

# Sportplätze als Sickeranlagen

Schriftenreihe, Heft 3/2024



# Sportplätze als Sickeranlagen

## Entwicklung einer nachhaltigen Bauweise der Entwässerung

Tom Kirsten, LfULG

## Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>8</b>
1.1 Zweck und Nutzen.....	8
1.2 Hintergrund.....	9
1.3 Zielsetzung und Forschungsfragen.....	12
1.4 Aufbau der Arbeit.....	13
<b>2 Theoretischer Teil</b> .....	<b>15</b>
2.1 Aufbau und Entwässerung von Sportanlagen.....	15
2.1.1 Einleitung.....	15
2.1.2 Rasen.....	16
2.1.3 Tennenbelag.....	19
2.1.4 Kunststoffbelag.....	21
2.1.5 Kunststoffrasen.....	22
2.1.6 Wasserdurchlässigkeit der Beläge.....	25
2.1.7 Tragschicht ohne Bindemittel.....	26
2.1.8 Erdplanum.....	27
2.2 Anlagen zur Niederschlagswasserversickerung.....	29
2.2.1 Anlagentypen.....	29
2.2.2 Bemessung von Rigolen.....	30
2.2.3 Ermittlung des Zuflusses $Q_{ZU}$ .....	31
2.2.4 Ermittlung der Versickerungsleistung $Q_s$ .....	34
2.3 Stoffliche Belastung des Sickerwassers.....	37
2.4 Tragfähigkeit des Planums.....	38
<b>3 Versuchsaufbau und Versuchsmethodik</b> .....	<b>40</b>
3.1 Einleitung.....	40
3.2 Anforderungen an die Versuchsanlage.....	40
3.3 Abflussbeiwert.....	41
3.4 Infiltrationsrate.....	41
3.5 Vorläufige Dimensionierung der Sickerpackungen.....	43
3.6 Berechnung der Entleerungszeit.....	43
3.7 Tragfähigkeit des Schotterplanums.....	45
3.8 Versuchsaufbau.....	46
3.9 Versuchsablauf.....	50
<b>4 Versuchsergebnisse</b> .....	<b>54</b>
4.1 Einleitung.....	54
4.2 Messergebnisse und Berechnungen.....	54
4.3 Abflussbeiwerte.....	58
4.4 Dimensionierung der Sickerpackungen.....	60
4.5 Beantwortung der Forschungsfragen.....	63
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>64</b>
5.1 Einleitung.....	64
5.2 Messergebnisse und Berechnungen.....	65

5.3	Abflussbeiwerte .....	68
5.4	Dimensionierung der Sickerpackungen .....	68
<b>6</b>	<b>Aufbauempfehlung</b> .....	<b>70</b>
6.1	Einleitung .....	70
6.2	Einstufung nach Wasserrecht .....	70
6.3	Bautechnische Voraussetzungen .....	71
6.4	Beschreibung der Bauweise .....	72
6.5	Grenzen der Bauweise .....	73
6.6	Übertragbarkeit auf Bauweisen mit andere Belägen .....	74
<b>7</b>	<b>Fazit und Ausblick</b> .....	<b>75</b>
	<b>Quellenverzeichnis</b> .....	<b>77</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Logos der Ziele nachhaltiger Entwicklung der Vereinten Nationen.....	9
Abbildung 2: Prinzip der Entwässerung von Sportplätzen nach DIN 18035-3.....	15
Abbildung 3: Sportrasenplatz Bauweise (3) DIN 18035-4, Kleinfeld Lipsia Leipzig-Eutritzsch, Eröffnungsspiel nach Fertigstellung.....	17
Abbildung 4: Kornverteilungsband für Rasentragschichten nach DIN 18035-4.....	18
Abbildung 5: Tennendecke nach DIN 18035-5 und Laufbahn mit Kunststoffbelag nach DIN 18035-6, Sportanlage „Am Dölzschgraben“ in Dresden.....	20
Abbildung 6: Kornverteilungsband für den Tennenbelag für Spielfelder, Segmente, Lauf- und Anlaufbahnen im eingebauten Zustand, Korngruppe 0/3 mm nach DIN 18035-5.....	21
Abbildung 7: Kunststoffrasenplatz DIN 18035-7 Sportanlage Dohnaer Straße in Dresden.....	23
Abbildung 8: Gesamtumweltbelastung von Rasenspielfeldern nach der Methode der ökologischen Knappheit (Frischknecht et al., 2013) pro Rasenspielfeld und Jahr (Itten et al., 2020) ....	24
Abbildung 9: Gesamtumweltbelastung von Rasenspielfeldern wie oben, jedoch pro theoretische und effektive Nutzungsstunde (Itten et al., 2020). ....	24
Abbildung 10: Faserabrieb in der Entwässerungsrinne eines Kunststoffrasenplatzes nach 15 Jahren Nutzungsdauer.....	25
Abbildung 11: Kiesrigole im Bau, Baustelle RoRo-Gymnasium Dresden.....	30
Abbildung 12: Verhältnis von Abflussbeiwert und Regenspende bei Pflaster und wassergebundener Decke, Darstellung von Untersuchungsergebnissen.....	33
Abbildung 13: Infiltrationsraten ausgewählter Böden nach DWA-A 138-1 (2020).....	35
Abbildung 14: Grundriss der Versuchsanlage.....	46
Abbildung 15: Schnitt A durch eine Sickerpackung.....	48
Abbildung 16: Schnitt D durch die Drainpackung.....	49
Abbildung 17: Versuchsaufbau bei den Versuchen Anfang Juli 2022.....	51
Abbildung 18: Benetzung eines angrenzenden Feldes bei einem Windstoß.....	51
Abbildung 19: Ablesen des Wasserstands im Beobachtungsrohr.....	52
Abbildung 20: Box-Plot der gemessenen Sickerraten.....	56
Abbildung 21: Box-Plot der Niederschlagsmengen, die bis Einstaubeginn gemessen worden sind.....	58
Abbildung 22: Box-Plot der berechneten Abflussbeiwerte.....	60
Abbildung 23: Mittlere Anzahl der Stunden mit einer Niederschlagssumme von mindestens 25 mm pro Monat und Station (Datenbasis: 8 Stationen unter 500 m NN, 1996 - 2010).....	62
Abbildung 24: Prinzipskizze von Bauweisen der Entwässerung, links: neue Bauweise mit Sickerpackungen, rechts: konventionelle Bauweise mit Drainpackungen.....	72
Abbildung 25: Pilotprojekt Sportanlage Hamburg-Kroonhorst, Sportplatz mit Sickerpackungen im Bau.....	73

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	erforderliche Wasserinfiltrationsraten von Sportbelägen.....	26
Tabelle 2:	erforderliche Wasserinfiltrationsrate von Tragschichten ohne Bindemittel (ToB) .....	27
Tabelle 3:	erforderliche Wasserinfiltrationsrate des Erdplanums bei Verzicht auf Drainpackungen .....	28
Tabelle 4:	Anforderungen an öffentliche Entwässerungssysteme (DWA, 2022) .....	32
Tabelle 5:	Abflussbeiwerte wasserdurchlässiger Sportanlagen in aktuell geltenden Regelwerken.....	34
Tabelle 6:	Ergebnisqualität der Methoden zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit bei anstehenden Böden für die Planung, Korrekturfaktor $f_{Methode}$ nach DWA-A 138-1 (2020), Tab. 8 .....	36
Tabelle 7:	Rechenwert E (Verformungsmodul) zur Darstellung der Veränderung der Tragfähigkeit bei Durchfeuchtung bei gemischtkörnigem Boden SU* (Landesamt für Straßenbau, 2004)	38
Tabelle 8:	Infiltrationsraten und Verformungsmoduln auf dem Erdplanum der Versuchsanlage (Bophys GmbH, 2020), Anlage D .....	42
Tabelle 9:	Regendauern, Niederschlagsmengen und berechnete Entleerungszeiten für die Regenspende 120 l/(s*ha) in Dresden-Pillnitz.....	44
Tabelle 10:	Infiltrationsraten und Verformungsmoduln auf der mineralischen Tragschicht der Versuchsanlage, siehe Anhang D (Bophys GmbH, 2020).....	47
Tabelle 11:	Ermittlung der Sickerraten – Messergebnisse und Berechnungen.....	55
Tabelle 12:	Beregnungsversuche – Messergebnisse und Berechnungen .....	56
Tabelle 13:	Ermittlung der Abflussbeiwerte .....	59
Tabelle 14:	Gegenüberstellung von Sickerflächen und Sickerraten.....	65

## Abkürzungsverzeichnis

ATV	Allgemeine Technische Vertragsbedingungen
bdla	Bund deutscher Landschaftsarchitekten
BGL	Bundesverband Garten- und Landschaftsbau
BWK	Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau
DFB	Deutscher Fußball-Bund
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall
DWA-A	DWA-Arbeitsblatt
DWA-M	DWA-Merkblatt
EN	Europäische Norm
F+E	Forschung und Entwicklung
FLL	Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
HTW	Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
MHGW	mittlerer höchster Grundwasserstand
ToB	Tragschicht ohne Bindemittel
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
WHG	Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz)

## Kurzfassung

Gegenstand des F+E-Projekts ist die Entwicklung einer neuen, nachhaltigen Bauweise zur Entwässerung von Sportanlagen. Niederschlagswasser soll bei wasserdurchlässigem Boden direkt auf dem Sportplatz über gefällelose Sickerpackungen im Untergrund versickern. Zu diesem Zweck wurde beim LfULG eine Versuchsanlage errichtet. Sicker- und Beregnungsversuche wurden durchgeführt und ausgewertet. Die Idee konnte damit bestätigt werden. Durch die neue Bauweise verbleibt das Niederschlagswasser auf dem Sportplatz, es entsteht kein Abwasser. Aspekte der Regenwasserbewirtschaftung, Bau- und Vegetationstechnik werden verbunden. Die neuen Sickerpackungen weisen einen Querschnitt von 50 cm Breite und 40 cm Höhe auf, sie ersetzen die herkömmlich verwendeten Drainpackungen. Eine Schlüsselrolle bei der Bemessung der Entwässerung von Sportanlagen spielt der Abflussbeiwert, er wird in einschlägigen Regelwerken mit 0,3 bis 0,6 angegeben. Im Ergebnis der Versuche und planerischer Überlegungen wird für die Planung der Entwässerung von Sportplätzen ein neuer Abflussbeiwert von 0,1 für Kunststoffrasenplätze, Kunststoffflächen und Sportrasenplätze vorgeschlagen. Für die neue Bauweise wurde eine Aufbauempfehlung formuliert, die auf bautechnische Voraussetzungen, ihre Umsetzung und die Grenzen der Bauweise eingeht. Wenn die Versickerung des Niederschlagswassers vor Ort nicht möglich ist, kann der Oberbau von Sportanlagen auch direkt als Rückhalteraum genutzt werden. Er verzögert den Abfluss von Niederschlagswasser erheblich. Aus den Ergebnissen der Versuche ergeben sich auch neue Forschungsansätze zu bautechnischen Fragen auf dem Feld der wassersensiblen Planung von Freianlagen.

# 1 Einleitung

## 1.1 Zweck und Nutzen

Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung ist ein Baustein der Klimavorsorge und Klimaanpassung. Bei der Grundstücksentwässerung sollen in Zukunft die Nutzung, Versickerung und Rückhaltung von Regenwasser Vorrang vor dem Ableiten haben. Das neu erschienene DWA-Arbeitsblatt 102-1 / BWK-A 3-1 „Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer“ (DWA, 2020) führt unter 5.2.1 „Grundlagen der Bewirtschaftung von Niederschlagswasser“ aus:

„Die konsequente Verfolgung der Zielvorgabe "Erhalt des lokalen Wasserhaushalts" bedeutet für zukünftige Entwässerungskonzepte vor allem den möglichst weitgehenden Erhalt der Flächendurchlässigkeit (Verdunstung, Versickerung, Grundwasserneubildung) [...]. Damit kann der oberflächige Abfluss gegenüber ableitungsbetonten Entwässerungskonzepten reduziert und dem unbebauten Zustand angenähert werden.“

Derzeit etablierte Bauweisen im Sportplatzbau tragen diesen Gesichtspunkten noch nicht oder nicht ausreichend Rechnung. Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Entwicklung von nachhaltigen, extensiven Bauweisen leisten, die einen möglichst weitgehenden Erhalt der Flächendurchlässigkeit gewährleisten. Zu diesem Zweck wird der Stand der Technik beim Bau von Sportanlagen mit aktuellem Wissen über die Planung von Anlagen der Niederschlagswasserversickerung verbunden und in einigen Punkten mit Versuchen weiterentwickelt.

Die neue Bauweise der Entwässerung von Sportanlagen soll, so die Erwartungen bei Projektstart, wie folgt von Nutzen sein:

- Die lokale Wasserbilanz wird verbessert, da das Niederschlagswasser nicht abgeleitet wird, sondern vor Ort verbleibt.
- Die lokale Verdunstungsrate wird erhöht, da das Wasser länger im Aufbau des Sportplatzes verweilt. Damit verbinden sich Kühlungseffekte für das Stadtklima.
- Die Bodenstruktur im Untergrund wird durch den Bau eines Sportplatzes weniger stark beeinträchtigt, da das Niederschlagswasser nicht abgeleitet wird, bevor es zur Versickerung gelangt.
- Die öffentliche Kanalisation kann, wenn der Anschluss zugunsten der Niederschlagswasserversickerung unterbleibt, entlastet werden.
- Bau- und Betriebskosten von Sportanlagen fallen geringer aus. Versickerungsanlagen werden in den Sportplatzaufbau integriert, sie sind in diesem Fall wartungsfrei.

Die Bedeutung des Begriffs „Nachhaltigkeit“ hat sich in den letzten Jahren erweitert, was sich nicht etwa nur im Sprachgebrauch an Hochschulen, sondern bereits in ersten Regelwerken widerspiegelt. Nach Duden online, abgerufen am 15. 2. 2022, handelt es sich noch um ein „forstwirtschaftliches Prinzip, nach dem nicht mehr Holz gefällt werden darf, als jeweils nachwachsen kann“ und in ökologischer Hinsicht um ein „Prinzip, nach dem nicht mehr verbraucht werden darf, als jeweils nachwachsen, sich regenerieren, künftig wieder bereitgestellt werden kann“.

Nach DIN EN 15643 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken“ (DIN EN 15643, 2021) ist Nachhaltigkeit der „Zustand des Gesamtsystems, einschließlich der umweltbezogenen, sozialen und ökonomischen Aspekte, innerhalb dessen gegenwärtige Bedürfnisse erfüllt werden, ohne die Fähigkeit zukünftiger Generationen zur Erfüllung

ihrer eigenen Bedürfnisse zu beeinträchtigen“. Laut Anmerkung 2 zum Begriff gilt: „Im Kontext der Errichtung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken bezieht sich der Begriff auf den Beitrag der Attribute der bei der Bauausführung durchgeführten Aktivitäten oder der bei der Bauausführung verwendeten Produkte [...] zum Erhalt von Teilen des Ökosystems und ihren Funktionen für zukünftige Generationen.“. Die neue Bauweise der Entwässerung von Sportplätzen, bei der Niederschlagswasser nicht abgeleitet wird, sondern auf dem Platz verbleibt, kann also ohne weiteres als nachhaltig bezeichnet werden.

Die UNO fasst den Begriff noch weiter. Sie definiert in ihrer Neupositionierung des Entwicklungssystems der Vereinten Nationen zur Verwirklichung der Agenda 2030 insgesamt 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (Vereinte Nationen, Wirtschafts- und Sozialrat, 2017). Enthalten sind dort auch nachhaltige Produktion und Maßnahmen zum Klimaschutz (Abbildung 1: Logos der Ziele nachhaltiger Entwicklung der Vereinten Nationen,

Quelle: (Vereinte Nationen, Wirtschafts- und Sozialrat, 2017)



**Abbildung 1: Logos der Ziele nachhaltiger Entwicklung der Vereinten Nationen, Quelle: (Vereinte Nationen, Wirtschafts- und Sozialrat, 2017)**

## 1.2 Hintergrund

Versickerungsanlagen werden in Deutschland im urbanen Raum in nennenswertem Umfang erst seit den 90er Jahren gebaut. Zu dieser Zeit waren Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Niederschlagswasserversickerung für Vegetationstechnik sowie Stadt- und Freiraumplanung etwas Neues. Grundstücksentwässerung mit Niederschlagswasserversickerung wurde, je nach Standpunkt, als bedrohlich oder als visionär verstanden (Stadtentwässerung Hannover, 2000), war aber keinesfalls selbstverständlich.

Die allgemein anerkannten Regeln der Technik zum Thema Niederschlagswasserversickerung bei der Grundstücksentwässerung enthält das DWA-Arbeitsblatt 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“. Derzeit gilt noch die Fassung von 2005. Die Anlagen zur Niederschlagswasserversickerung werden dort in Flächenversickerung, Muldenversickerung, Rigolenversickerung, Mulden-Rigolen-Versickerung und Schachtversickerung eingeteilt (DWA, 2005).

In anderen Ländern, insbesondere im englischsprachigen Raum, existieren weitere Formen von Anlagen zur Niederschlagswasserversickerung, wie Filter strips, Filter drains und Bioretention systems (Woods Ballard et al., 2015). Auch in Deutschland wurden in letzter Zeit neue Bauweisen wie Tiefbeete, Regengärten, Verdunstungsbeete und Baumrigolen entwickelt und auch schon umgesetzt. In der Neufassung des DWA-A 138 als DWA-A 138-1 (2020) wird nach derzeitigem Stand der Diskussion auf die Neuentwicklungen eingegangen werden. Aus den folgenden Gründen wird jedoch in diesem Arbeitsblatt auf detaillierte Ausführungen dazu verzichtet.

- Es gibt für die Neuentwicklungen noch keine einheitlichen Bauweisen. Derzeit werden beispielsweise Baumrigolen in einer Vielzahl von Varianten gebaut (Kirsten, 2022).
- Die Neuentwicklungen gehören noch nicht zu den allgemein anerkannten Bauweisen. Sie sind noch nicht der Mehrzahl der Praktiker bekannt und müssen sich oft noch in der Praxis bewähren. Sie sind damit noch nicht Stand der Technik.
- Die Neuentwicklungen lassen sich in funktionaler Hinsicht dem Grunde nach den bereits bekannten und etablierten Bauweisen zuordnen.

Auch wenn die DWA-Arbeitsgruppe ES-3.1 „Versickerung von Niederschlagswasser“ ein zusätzliches Merkblatt plant, welches auch Beispiele dieser Neuentwicklungen zeigen soll, bleibt es auch in Zukunft der Kreativität und Fachkenntnis der Beteiligten überlassen, beschriebene Bauweisen weiterzuentwickeln und eigene Lösungen zu finden. Darin liegt einerseits die Chance und Möglichkeit, beim Bau von zeitgemäßen Entwässerungsanlagen eigene Wege zu gehen. Andererseits fehlt es gerade bei der Planung von Sportanlagen an rechtlichem Spielraum, in Eigenregie neue Bauweisen zu entwickeln.

Sportplatzbau ist streng genormt. Er wird überwiegend aus Mitteln der öffentlichen Hand oder mit Förderung der öffentlichen Hand finanziert. Da die öffentliche Hand beteiligt ist, ist von den Beteiligten grundsätzlich die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) anzuwenden. Teil C der VOB umfasst Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen, die auch als DIN-Normen herausgegeben wurden. Dazu gehört ATV DIN 18320 Landschaftsbauarbeiten (NABau, 2016). Dort wiederum sind die einschlägigen Teile der DIN 18035 Sportplätze als allgemein anerkannte Regeln der Technik benannt. Diese Normen gehören dadurch zu den Vertragsbedingungen der öffentlichen Hand.

Neu entwickelte Bauweisen im Sportplatzbau weichen naturgemäß von diesen allgemein anerkannten, in DIN 18035, Teil 1-7, beschriebenen Bauweisen ab. Mit der Umsetzung einer solchen neuen Bauweise würden die Beteiligten gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik und gegen die Vertragsbedingungen in den Verträgen der öffentlichen Hand verstoßen. Aus rechtlicher Sicht ist bei der Planung von der Abweichung von den allgemein anerkannten Regeln der Technik abzuraten, können diese Risiken doch schlicht und einfach vermieden werden, wenn man die VOB in allen Teilen anwendet.

Auch wenn ein solches Abweichen theoretisch möglich ist, setzt es überdurchschnittliche Fachkenntnis bei der Planung, eine detaillierte Risikoabschätzung und umfassende Aufklärung sowie Mut zur Umsetzung voraus. In der Praxis sind diese Voraussetzungen nur selten gegeben. Die Pilotprojekte beim F+E-Vorhaben des LfULG konnten nur realisiert werden, da der Bauherr der Pilotprojekte, das Bezirksamt Hamburg-Mitte, in diesen Fällen ausdrücklich von den Fachnormen als allgemein anerkannten Regeln der Technik abweichen durfte und die Beteiligten, Planer und Bodengutachter, diesen Weg mitgegangen sind.

Standardbauweisen für Anlagen der Niederschlagswasserversickerung auf Sportanlagen fehlen. Sie müssen eigens geplant werden und werden in der Regel außerhalb des Sportfelds realisiert. Es erscheint

nachvollziehbar, dass die Planung solcher Anlagen in der Praxis oft den erfahrenen Herstellern entsprechender Entwässerungssysteme übertragen wird. Dies hat jedoch den überwiegenden Einsatz einschlägiger Bauprodukte, wie Kunststoff-Füllkörper oder Kunststoff-Tunnelsysteme, zur Folge. Der Einsatz solcher Produkte hat in Freianlagen beispielsweise unter beengten Verhältnissen seine Berechtigung. Sportanlagen sind jedoch in der Regel weitläufig und geeignet, breitflächige Versickerungsanlagen aufzunehmen, die ohne Einsatz von Kunststoffen auskommen.

Vor diesem Hintergrund erschien ein F+E-Projekt als ein geeignetes Mittel, die neue Bauweise voranzubringen. Eine erste Idee zu den Versuchen entstand Ende 2019. Es wurde zunächst eine Projektgruppe gegründet, welche in das Projekt eingebunden ist und Ideen einbringen kann. Die Ergebnisse sollen bekanntgemacht und in Regelwerksausschüsse eingebracht werden.

An der Projektgruppe beteiligt waren neben dem LfULG

- Stefan Bär, Landessportbund Sachsen, Leipzig,
- Markus Ilgas, Landschaftsarchitekt bdla und ö. b. v. Sachverständiger, Straelen,
- Jutta Katthage, Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Bonn,
- Beekje Möhle und Sven Kalis, Freie und Hansestadt Hamburg,
- Hansjörg Nestler, Eigenbetrieb Sportstätten Dresden,
- Heinz Schomakers, Referent beim Bundesverband Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e. V. und ö. b. v. Sachverständiger, Bad Honnef.

Erste fachliche Beratungen mit Mitgliedern der Projektgruppe erfolgten im Dezember 2019 und Januar 2020. Durch die Projektgruppe entstand eine Reihe weiterer positiver Effekte. Es ergaben sich Pilotvorhaben bei der Freien und Hansestadt Hamburg, die Möglichkeit zur Präsentation des Projekts beim Innovationsforum Sportstättenbau in Hamburg und bei den Osnabrücker Sportplatztagen sowie die Gelegenheit, das Projekt beim Regelwerksausschuss DIN 18035-3 Sportplätze, Entwässerung vorzustellen.

Gemäß den Richtlinien zur Versuchsarbeit im LfULG wurde Anfang 2020 eine Projektskizze erarbeitet. Der Projektauftrag wurde vom Präsidenten des LfULG im Mai 2020 erteilt. Die Versuchsanlage wurde geplant, der Bau wurde ausgeschrieben. Die Anlage wurde aus Mitteln des Freistaats Sachsen finanziert. Planung und Bauüberwachung erfolgten durch das LfULG.

Den Bauauftrag erhielt die Firma GLF GmbH aus Moritzburg, Ortsteil Boxdorf, Auftraggeber war das LfULG. Die Versuchsanlage wurde im Herbst 2020 errichtet. Es entstand die Idee, Versuchsdurchführung und Auswertung mit einer Masterarbeit zu verknüpfen. Nach einer freundlichen Beratung mit Prof. Cierjacks, HTW, Fachbereich Landbau/Umwelt/Chemie, mit Neuabstimmung der Versuchsmethodik und Bestätigung des Themas durch den Prüfungsausschuss wurden die Versuche, welche der Arbeit zugrunde liegen, von Dezember 2021 bis März 2022 durchgeführt.

Ein Verzeichnis der Gesprächspartner wäre bei einem F+E-Projekt dieser Größenordnung sehr umfangreich und deshalb wenig zielführend, es wurde aus diesem Grund nicht angelegt. Das Projekt durch Ideen bereichert haben neben den Betreuern insbesondere in frühen Phasen Markus Ilgas und Heinz Schomakers.

### 1.3 Zielsetzung und Forschungsfragen

Die Zielsetzung der Entwicklung einer nachhaltigen Bauweise zur Entwässerung von Sportplätzen beinhaltet, wie bei allen neuen Bauweisen der Regenwasserbewirtschaftung in der Vegetationstechnik, in erster Linie die Weiterentwicklung bereits bekannter Verfahren zur Versickerung von Niederschlagswasser.

Am Anfang stand die Idee, eine Bauweise zu entwickeln, welche das günstige Verhältnis des Einzugsgebiets der Entwässerung von Sportanlagen zur theoretisch möglichen Sickerfläche für die Niederschlagswasserversickerung nutzt. Ein flächenhaftes Versickern auf dem Erdplanum ist jedoch nur in Ausnahmefällen möglich, da das Planum beim Bau verdichtet wird und damit kaum noch wasserdurchlässig ist. Die Möglichkeit, die Drainpackungen zu Sickerpackungen weiterzuentwickeln, lag nahe.

Bei der Bemessung und Weiterentwicklung von Anlagen der Niederschlagswasserversickerung werden zunächst etablierte Eingangswerte verwendet. Ein Teil dieser Werte hat sich jedoch bereits bei der praktischen Anwendung, der Planung von Sportanlagen, als ungenau herausgestellt. Diese Werte werden im Zuge der Bearbeitung überprüft.

Die zentrale Forschungsfrage lautet wie folgt:

- Auf welche Weise kann Niederschlagswasser auf Sportanlagen zur Versickerung gebracht werden, ohne es zu fassen und von der Sportanlage abzuleiten?
- Um diese Frage zu klären, müssen insbesondere zwei wesentliche Unterfragen beantwortet werden.
- Welcher Abflussbeiwert ist bei der Bemessung der Entwässerung von Sportanlagen anzusetzen?
- Wie sollen die Sickerpackungen in den Sportanlagen dimensioniert sein?

Bei Umsetzung der neuen Bauweise können Sportanlagen neue Aufgaben erfüllen, es ergeben sich neue Anwendungsfälle und weitere Forschungsansätze. Diese Aufgaben, Anwendungsfälle und Forschungsansätze werden in der vorliegenden Arbeit ebenfalls diskutiert. Sie enthalten die folgenden weiterführenden Fragestellungen.

- In welchem Maße verzögert der Oberbau von Sportanlagen den Abfluss von Niederschlagswasser?
- Handelt es sich bei Sportanlagen nach der neuen Bauweise um Versickerungsanlagen nach Wasserrecht?
- Welche weiteren Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich aus den Versuchen?

Forschungsprojekte, die sich konkret mit der Entwässerung von Sportplätzen befassen, sind nicht bekannt. Impulse für den derzeitigen Stand der Technik kamen aus der Forschungsarbeit der 70er und 80er Jahre des 20. Jahrhunderts, stellvertretend seien insbesondere Arbeiten zur Entwässerung des Erdplanums von Prof. Werner Skirde genannt (Skirde, 1983). Klimawandel, Klimaanpassung und Regenwasserbewirtschaftung sind jedoch Themen, die derzeit in der Fachwelt vielfach bearbeitet werden. Stellvertretend sollen einige besonders wichtige Arbeiten und Projekte genannt werden, die sich vor diesem Hintergrund mit nachhaltiger Entwässerung im urbanen Raum befassen.

#### BlueGreenStreets

Gegenstand dieses umfassenden, gut ausgestatteten Forschungsvorhabens der HCU Hamburg ist die wassersensible Gestaltung des Straßenraums. Hitzevorsorge soll durch Kühlung verbessert werden. Quantitative und qualitative Belastungen der Vorflutgewässer und des Grundwassers durch Straßenabwasser soll vermieden oder vermindert werden. Vorhandene Entwässerungssysteme sind vielerorts bereits an der Grenze ihrer Auslastung, sie sind zu entlasten. Ein weiterer Zweck des Projekts ist die Überflutungsvorsorge aufgrund zunehmender Starkregenereignisse (BlueGreenStreets, 2020).

KURAS (Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme)

Im Projekt wurden aus siedlungswasserwirtschaftlicher Sicht integrierte Konzepte zum nachhaltigen Umgang mit Abwasser und Regenwasser an urbanen Standorten erarbeitet und modellhaft demonstriert. Bereits bekannte Maßnahmen des Regenwassermanagements auf Grundstücks- und Stadtquartiersebene wurden beschrieben und hinsichtlich ihrer Effekte auf Gebäude und Einwohner, Umweltgüter und ökonomische Effekte verglichen. Außerdem sollen Modelle und Software zu wasserwirtschaftlichen Wirkungen einschlägiger dezentraler Maßnahmen entwickelt und erprobt werden (Projekt KURAS, 2016).

Verdunstungskühlung in Städten

Mit dem Projekt sollte ermittelt werden, welches Potential Städte zu Nutzung von Regenwasser mit dem Zweck der Verdunstungskühlung bieten. Es wurden noch wenig erprobte Techniken und Verfahren, die einen Beitrag zur Verdunstungskühlung leisten, untersucht. In drei Fallstudien wurden die Wirkungen von Maßnahmen zur Regenwasserverdunstung untersucht. Untersuchungsebenen waren Gebäude, Stadtquartier und Gesamtstadt (Umweltbundesamt, 2019).

MURIEL (Multifunktionale Retentionsflächen)

Öffentliche Freiflächen können unter bestimmten Voraussetzungen als temporäre Retentionsräume für die Überflutungsvorsorge genutzt werden. Beim Forschungsvorhaben MURIEL wurden methodische Ansätze und Handlungsleitlinien zur Planung und Gestaltung von multifunktionalen urbanen Retentionsräumen erarbeitet. Freianlagen wurden aus siedlungswasserwirtschaftlicher Sicht betrachtet. Einige der selten realisierten Beispiele für multifunktionale Nutzung wurden beschrieben und ausgewertet (Benden et al., 2017). Auf institutioneller Ebene befassen sich seit 2021 die DWA-Arbeitsgruppen AG ES-3.11 „Planung und Bau von multifunktionalen Flächen“ und AG ES-7.9 „Betrieb und Unterhalt von multifunktionalen Flächen“ mit dieser Thematik.

Die Forschungsfragen sind nicht städtebaulicher, siedlungswasserwirtschaftlicher oder rechtlicher, sondern bau- und vegetationstechnischer Natur. Aspekte dieser Disziplinen, insbesondere der Bau- und Vegetationstechnik und der Siedlungswasserwirtschaft, müssen verbunden werden, um auf dem Feld der wassersensiblen Planung voranzukommen.

Vorliegende Erkenntnisse aus Forschung und Wissenschaft müssen an konkreten Beispielen umgesetzt werden, damit sie in der Praxis ankommen und Wirkung entfalten können. Dazu gehört auch die Entwicklung neuer, nachhaltiger Bauweisen. Solche Bauweisen müssen in einem weiteren Schritt in die allgemein anerkannten Regeln der Technik überführt werden. Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zu diesem Umsetzungsprozess leisten. Gewonnene Erkenntnisse werden unter anderem dem Regelwerksausschusses DIN 18035-3 „Sportplätze, Entwässerung“ vorgestellt.

## **1.4 Aufbau der Arbeit**

Im ersten Abschnitt der Einleitung werden der übergeordnete Zweck und der beabsichtigte Nutzen des Projekts benannt. Hier soll die Motivation deutlich werden, die hinter dem Projekt steckt. Im Titel des Projekts wird die neue Bauweise als nachhaltig bezeichnet, was bereits Fragen zur Bedeutung des Wortes aufgeworfen hat. Die Bauweise wird bewusst als nachhaltig bezeichnet, zur Begründung wird der Bedeutungswandel des Wortes geschildert. In Abschnitt „Hintergrund“ wird kurz auf Planung und Bau von Versickerungsanlagen in Deutschland, internationale Beispiele und neue Entwicklungen eingegangen. Es wird geschildert, welche Umstände die Einführung neuer Bauweisen auf diesem Sektor erschweren und weshalb eine neue Bauweise auf diesem Weg entwickelt und umgesetzt werden soll. Diese Schilderung

fällt ausführlicher aus, da in dieser Thematik echte Hemmschwellen für den Bau nachhaltiger Anlagen gesehen werden. Abschließend wird der Ablauf des F+E-Projekts bis zum Bau der Versuchsanlage beschrieben. Im nächsten Abschnitt werden die Forschungsfragen formuliert und eingegrenzt. Hier wird auch auf ausgewählte andere Forschungsvorhaben zu dieser Thematik eingegangen. Der letzte Abschnitt der Einleitung erläutert kurz gefasst das Vorgehen, welches zu den eigentlichen Versuchen geführt hat. Der Methodik ist ein eigenes Kapitel gewidmet.

Im Theoretischen Teil, Kapitel zwei, wird der Stand der Technik aufgearbeitet und, wo nötig, um darüberhinausgehende Betrachtungen ergänzt. Es soll eine Basis geschaffen werden, auf der die neue Bauweise nachvollzogen und beurteilt werden kann. In zwei Abschnitte geteilt, werden in diesem Kapitel derzeit gebräuchliche Verfahren zur Entwässerung von Sportanlagen und zur Planung einschlägiger Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser geschildert. Wichtige Punkte in Zusammenhang mit den Forschungsfragen, wie die Ermittlung der Wasserinfiltrationsrate, der Versickerungsleistung und der Ansatz des Abflussbeiwerts werden vertieft. Betrachtungen zur stofflichen Belastung des Sickerwassers und zur erforderlichen Tragfähigkeit des Aufbaus der Sportanlagen schließen den theoretischen Teil ab.

In Kapitel drei Versuchsmethodik wird zunächst der Versuchsaufbau zur Erfassung der Daten erläutert. In den weiteren Abschnitten werden Durchführung und Auswertung der Versuche geschildert und begründet. Die Abschnitte sind in Anlehnung an die Unterforschungsfragen nach den thematischen Schwerpunkten gegliedert.

Die folgenden zwei Kapitel sind ebenfalls nach den Themen der Unterforschungsfragen untergliedert. Die erfassten Daten werden in Kapitel vier zusammengefasst und aufgearbeitet. Erforderliche Berechnungen werden erläutert. Die Daten werden analysiert, Versuchsergebnisse werden formuliert. Kapitel fünf enthält die Diskussion der Ergebnisse. Randbedingungen, mögliche Fehlerquellen und Grenzen der Versuche werden aufgezählt.

In Kapitel sechs wird aus Versuchsergebnissen und Diskussion ein Vorschlag zur neuen Bauweise abgeleitet. Bauliche Voraussetzungen, unter denen die Bauweise gelingt, werden beschrieben. Die Aufbauempfehlung wird erläutert. Die Grenzen der neuen Bauweise werden aufgezeigt. Es werden Kriterien formuliert, nach denen die Bauweise in Bezug auf wasserrechtliche Gesichtspunkte eingeordnet werden kann. Der Vorschlag soll derart konkretisiert und begründet werden, dass er in der Fachwelt, diskutiert werden kann. Das Kapitel schließt mit Aussagen zur Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf die anderen üblichen Bauweisen in Sportplatzbau.

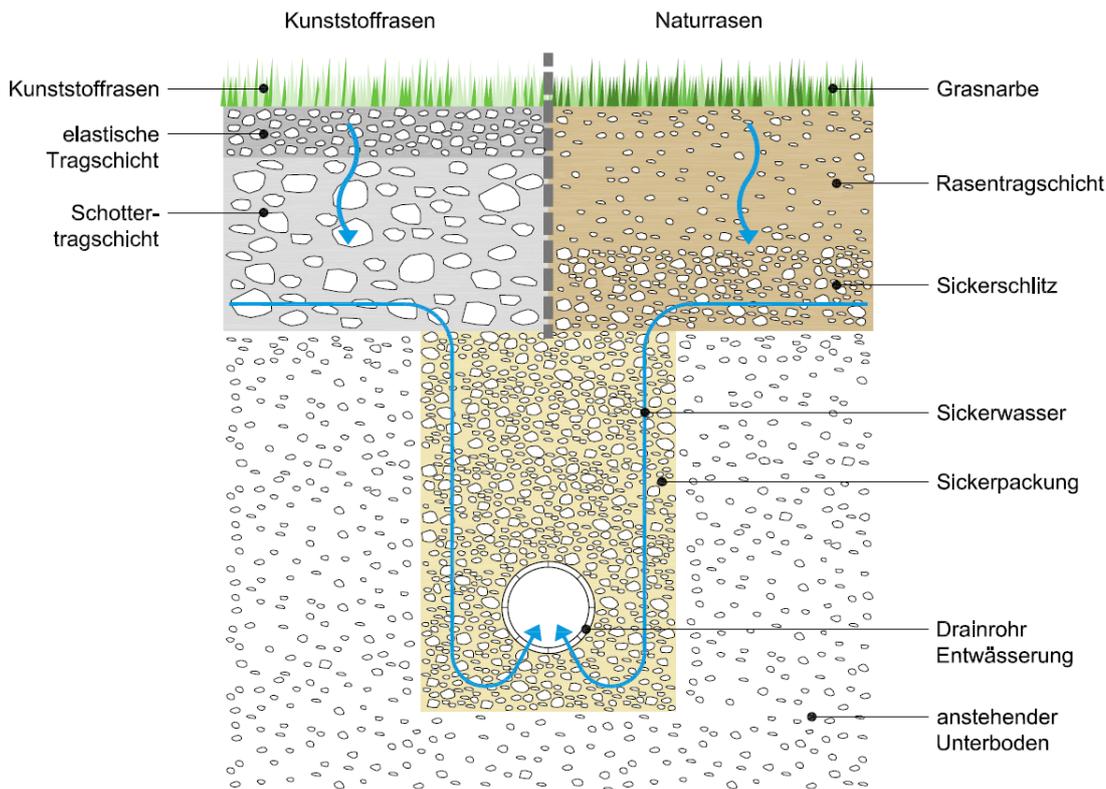
Im letzten Kapitel, Fazit und Ausblick, werden die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst. Eingangs gestellte Forschungsfragen werden beantwortet. Abschließend wird ein Ausblick auf künftige Forschungsaufgaben auf dem Feld der wassersensiblen Planung von Freianlagen gegeben.

## 2 Theoretischer Teil

### 2.1 Aufbau und Entwässerung von Sportanlagen

#### 2.1.1 Einleitung

Sportanlagen sollen auch bei nasser Witterung genutzt werden können. Auf dem Sportplatz stehendes Wasser würde die Gesundheit der Sportler, das Ballverhalten und das Spiel beeinträchtigen. Der Aufbau moderner Sportanlagen ist deshalb in der Regel besonders gut wasserdurchlässig. In diesem Kapitel wird der Aufbau eines Sportplatzes insbesondere in Hinblick auf die Entwässerung der einzelnen Schichten beschrieben.



**Abbildung 2: Prinzip der Entwässerung von Sportplätzen nach DIN 18035-3**

In Abbildung 2: Prinzip der Entwässerung von Sportplätzen nach DIN 18035-3 sind wesentliche Elemente der Entwässerung von Sportplätzen im Schnitt dargestellt. Die linke Bildhälfte stellt einen Kunststoffrasen, die rechte einen Naturrasen dar. Tennis- und Kunststoffbeläge sind in Hinblick auf Tragschichten und Entwässerung mit Kunststoffrasenbelägen vergleichbar.

Die Wasserdurchlässigkeit des Aufbaus von befestigten Flächen und Sportplätzen soll grundsätzlich von oben nach unten zunehmen. Der Wassertransport wird auf diese Weise erleichtert, stauende Nässe im Aufbau ausgeschlossen. Dieser Grundsatz ist in bautechnischer Hinsicht begründet, setzt aber die Verwendung besonders wasserdurchlässiger Baustoffe voraus.

## 2.1.2 Rasen

Die folgenden technischen Angaben zum Aufbau der Sportbeläge werden erläutert und in Hinblick auf einschlägige funktionale Eigenschaften und ihre Entwässerungsfunktion eingeordnet.

Naturrasen sind im Sportplatzbau nach DIN 18035-4 aus einer Rasentragschicht mit der Rasendecke und einem Entwässerungssystem aufgebaut (Abbildung 3: Sportrasenplatz Bauweise (3) DIN 18035-4, Kleinfeld Lipsia Leipzig-Eutritzsch, Eröffnungsspiel nach Fertigstellung

). Nach der Norm, dem derzeitigen Stand der Technik, stehen vier Bauweisen zur Wahl, die nachfolgend erläutert werden.

- (1) Bei ausreichend wasserdurchlässigem Baugrund liegt die Rasentragschicht direkt auf dem Erdplanum. Oberbodenplätze zu DDR-Zeiten waren so aufgebaut, allerdings ohne wasserdurchlässigen Boden und ohne sandreiche Rasentragschicht. Diese Plätze waren bei Nässe nur eingeschränkt bespielbar. Ihr Vorteil lag im geringen Aufwand für Bau und Betrieb<sup>1</sup>.
- (2) Bei gut bearbeitbarem Baugrund kann der Untergrund hinsichtlich der Wasserdurchlässigkeit verbessert werden. Die Entwässerung des Erdplanums erfolgt ausschließlich durch Drainstränge mit Drainrohren im 90-Grad-Winkel zur Neigung von Sportplatz und Erdplanum.
- (3) Bei wenig durchlässigem Baugrund wird die Rasentragschicht über schmale Drainschlitz im Abstand von etwa einem Meter entwässert. Die Schlitz binden in Drainstränge ein, die das Niederschlagswasser abführen. Die Drainschlitz verlaufen gefällelos im 90-Grad-Winkel zur Neigung. Diese Bauweise wird häufig umgesetzt (siehe Abbildung 2, rechte Hälfte).
- (4) Bei gewünschter unmittelbarer Entwässerung wird unter der Rasentragschicht eine flächenhafte Drainschicht eingebaut, die Wasser aufnimmt und zu Drainsträngen mit Drainrohren im 90-Grad-Winkel zur Neigung von Sportplatz und Erdplanum leitet. Diese Plätze haben einen hohen Bewässerungsbedarf, sind aber besonders gut entwässert. Sie werden insbesondere bei nicht ausreichend tragfähigem, bearbeitbarem oder wasserdurchlässigem Baugrund, in Grundwassernähe, bei Überschwemmungsgefahr, bei regelmäßigem Spielbetrieb im Winter und in regenreichen Gegenden gebaut (Thieme-Hack, 2018).

---

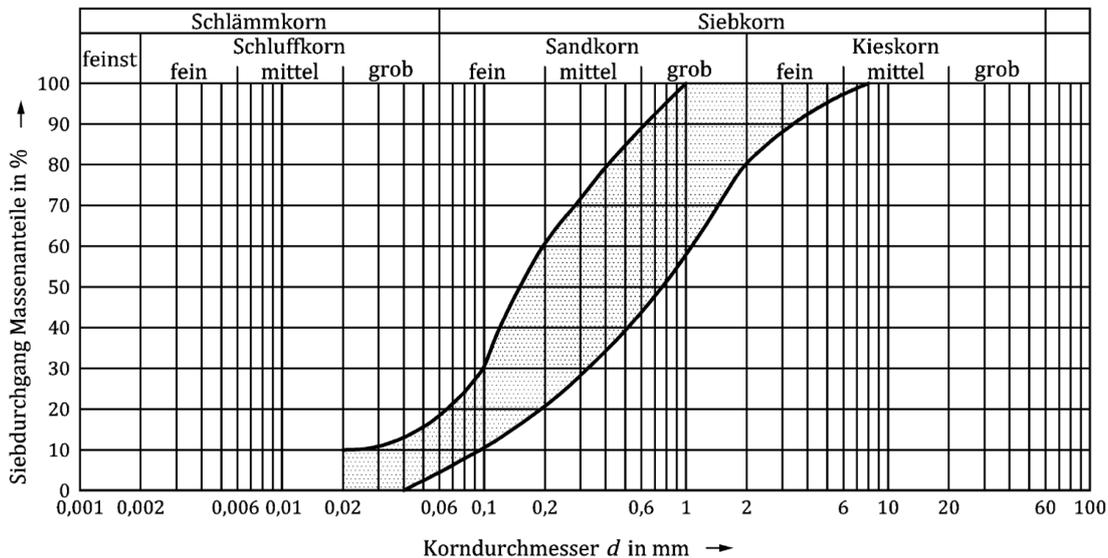
<sup>1</sup> Bei wenig bespielten Plätzen können in Zukunft die Gesichtspunkte Ressourcenverbrauch und CO<sub>2</sub>-Erzeugung sowie der erheblich geringere Aufwand für Herstellung und Transport der Baustoffe solcher Plätze und ihr geringerer Bedarf an Beregnungswasser an Bedeutung gewinnen.



**Abbildung 3: Sportrasenplatz Bauweise (3) DIN 18035-4, Kleinfeld Lipsia Leipzig-Eutritzsch, Eröffnungsspiel nach Fertigstellung**

Wichtige Auswahlkriterien bei der Planung sind neben den Bau- und Betriebskosten der einzelnen Bauweisen die Wasserdurchlässigkeit des Baugrunds, seine Bearbeitbarkeit sowie der gewünschte Entwässerungskomfort. Die ersten drei Bauweisen werden als bodennah bezeichnet, sie sind etwas weniger aufwändig als Bauweise 4, die Drainschichtbauweise. Diese kann weitgehend unabhängig von den bestehenden Bodenverhältnissen realisiert werden.

Die Rasentragschicht ist bei allen Bauweisen gleich, sie ist sandreich mit einem Feinanteil bei Siebung auf 0,02 mm Korndurchmesser von höchstens 10 %, bei 0,063 mm von höchstens 18 %, siehe Abbildung 4: Kornverteilungsband für Rasentragschichten nach DIN 18035-4.



**Abbildung 4: Kornverteilungsband für Rasentragschichten nach DIN 18035-4**

Durch diesen vergleichsweise geringen Feinanteil ist der Rasen wasserdurchlässig und die Rasenwurzeln werden gut belüftet. Es werden gute Wachstumsbedingungen für die Gräser bei gleichzeitig guter Wasserableitung erreicht, auf zusätzliche Beregnung kann jedoch nicht verzichtet werden. Aus sportfunktionalen Gründen stehen bei Sportbelägen die Tragfähigkeit und Scherfestigkeit der Decke, also ihr Zusammenhalt und ihr Widerstand gegen Verformungen, im Vordergrund. Für die erforderliche Scherfestigkeit sorgen im Wesentlichen die Wurzeln der Gräser. Das Wurzelwachstum wird durch die gute Belüftung gefördert. Aber auch bei Belastung einer beschädigten Grasnarbe muss die Rasentragschicht noch weitgehend zusammenhalten. Dies wird durch eine weitgestufte, verzahnte Korngrößenverteilung erzielt, bei der Feinsandanteil, Kornform und Rauigkeit eine große Rolle spielen (Schlesiger et al., 2017).

Ein höherer Feinsandanteil würde die Wasserspeicherung der Rasentragschicht verbessern sowie ihre Verdichtungsfähigkeit und Scherfestigkeit weiter erhöhen. Sie bleibt länger feucht, wird jedoch auch schwammig und rutschig. Es können sich flachwurzeln Gräser ansiedeln, was die Scherfestigkeit verringert und die Stresstoleranz der Gräser bei Trockenheit verschlechtert. Es können sich Algen bilden, was die Oberfläche weniger griffig macht (Thieme-Hack, 2018).

Zur Beständigkeit der Rasentragschicht gegen mechanische Belastung tragen ferner ihre Mindestdicke von 80 oder 120 mm, je nach Bauweise der Entwässerung, und ihre Lagerungsdichte von 90 bis 95 % der Proctordichte bei.

Der Anteil organischer Substanz liegt in der Rasentragschicht bei 1 bis 3 %. In Sandböden, wie der Rasentragschicht, bestimmt die organische Substanz in Gestalt des Humusgehalts die Feldkapazität, also die Fähigkeit des Bodens, Wasser zu binden (Amelung et al., 2018). Durch Verrottungsprozesse erhöht ein höherer Anteil an organischer Substanz jedoch nach einiger Zeit auch den Feinanteil des Bodens und verringert seine Scherfestigkeit. Diese Effekte sind aus sportfunktionalen Gründen nicht erwünscht. Der Anteil organischer Substanz wird demzufolge von vornherein geringgehalten, Wasser wird durch Beregnung zugeführt.

An die Zusammensetzung von Rasentragschichten werden also hohe Anforderungen gestellt. Es soll ein Gleichgewicht zwischen Wasserspeicherung, Scherfestigkeit und Tragfähigkeit sowie Wasserdurchlässigkeit hergestellt werden<sup>2</sup>. Die Wasserdurchlässigkeit der Sportrasendecken ist bei normgerechtem Aufbau und fachgerechter Instandhaltung dauerhaft gegeben. An die Instandhaltung werden, je höher die Spielklasse, desto höhere Anforderungen gestellt.

### **2.1.3 Tennenbelag**

Tennenbeläge wurden als robuste Alternative zu Rasenplätzen entwickelt, die auch im Winter bespielt werden können (Abbildung 5: Tennendecke nach DIN 18035-5 (links) und Laufbahn mit Kunststoffbelag nach DIN 18035-6, Sportanlage „Am Dölzschgraben“ in Dresden). Der dabei selbstgestellte Anspruch, einen Belag zu entwickeln, der ähnlich dämpft wie Waldboden, konnte freilich nicht ganz eingelöst werden. Die letzten Großfelder mit Tennenbelag wurden in Dresden im Jahre 2015 gebaut. Derzeit sind Tennenbeläge im Sportplatzbau vor allem für Tennisplätze von Bedeutung.

Neben Kornverteilung, Kornform und Rauigkeit der Deckschicht und ihren Verdichtungsgrad wird die Scherfestigkeit von Tennenbelägen durch den erforderlichen Wassergehalt erreicht. Die Tennenbeläge sind zweischichtig aufgebaut. In der Regel bestehen die Plätze aus Tennenbelägen mit Deckschicht und dynamischer Schicht auf einer ungebundenen Tragschicht. Das Erdplanum wird durch Drainstränge mit Drainrohren im 90-Grad-Winkel zur Neigung von Sportplatz und Erdplanum entwässert.

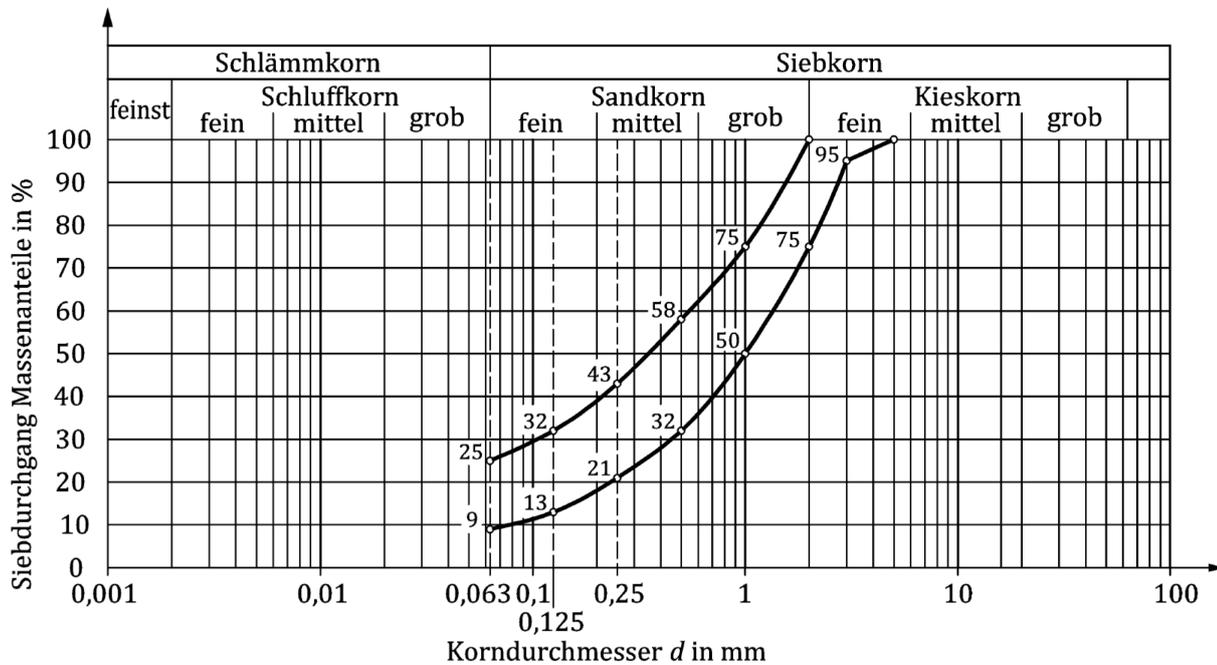
---

<sup>2</sup> Die Knappheit der Ressource Wasser wird aus heutiger Sicht vor dem Hintergrund von Klimawandel und erforderlicher Klimaanpassung nicht ausreichend berücksichtigt. Diese aktuelle Anforderung spielte offenbar früher keine Rolle. Zu diesem Punkt ist ein weiteres F+E-Projekt beim LfULG in Vorbereitung.



**Abbildung 5: Tennendecke nach DIN 18035-5 (links) und Laufbahn mit Kunststoffbelag nach DIN 18035-6, Sportanlage „Am Dölzschgraben“ in Dresden**

Die Zusammensetzung der Deckschicht unterscheidet sich bei Spielfeldern, Segmenten, Lauf- und Anlaufbahnen einerseits und bei Tennisplätzen andererseits. Bei ersteren darf der Feinanteil bei Siebung auf 0,063 mm Korndurchmesser 9 bis 25 % betragen, bei letzterem je nach Korngruppe zwischen 17 und 36 % (Abbildung 6: Kornverteilungsband für den Tennenbelag für Spielfelder, Segmente, Lauf- und Anlaufbahnen im eingebauten Zustand, Korngruppe 0/3 mm nach DIN 18035-5).



**Abbildung 6: Kornverteilungsband für den Tennenbelag für Spielfelder, Segmente, Lauf- und Anlaufbahnen im eingebauten Zustand, Korngruppe 0/3 mm nach DIN 18035-5**

Die dynamische Schicht stellt eine Übergangsschicht zwischen Trag- und Deckschicht dar. Ihre ursprünglich zugeordnete Aufgabe, sich dynamisch zu verformen und dabei Kraft abzubauen, kann sie nicht erfüllen. Ihre Bezeichnung hat sich jedoch erhalten (Schlesiger et al., 2017). Diese Schicht ist porös und wasser-durchlässiger als die Deckschicht, soll aber mehr Wasser speichern. Bei Trockenheit liefert sie Wasser durch kapillaren Aufstieg in die Deckschicht nach. Das Material für die beiden oberen Schichten stammt in der Regel aus demselben Steinbruch. Schäden an der Deckschicht werden durch den zweischichtigen Aufbau nicht unmittelbar sichtbar.

Der Wassergehalt der Tennendecke verringert sich durch Sonneneinstrahlung, andauernde Trockenheit und Wind. Damit der Belag seine Bindung behält und die Staubentwicklung unterbunden wird, muss ein Tennenbelag bewässert werden. Mit der Zeit verringert sich die Wasserdurchlässigkeit von Tennenbelägen durch Kompaktieren, Kornzertrümmerung und Verschlammen. Diesen Prozessen kann bei fachgerechter Instandhaltung entgegengewirkt werden, bis nach Jahrzehnten die maximale Lebensdauer eines Tennenbelags erreicht ist.

### 2.1.4 Kunststoffbelag

Kunststoffbeläge sind vergleichsweise pflegeleicht und robust. Sie werden vor allem für Laufbahnen und Segmente<sup>3</sup> in der Leichtathletik, für Tennisplätze sowie für kombinierte Kleinspielfelder im Schul- und Breitensport eingesetzt (Abbildung 5: Tennendecke nach DIN 18035-5 (links) und Laufbahn mit Kunststoffbelag nach DIN 18035-6, Sportanlage „Am Dölzschgraben“ in Dresden). Der einfachste, einschichtige Belag ist auch als Fallschutz auf Spielplätzen geeignet.

<sup>3</sup> Als Segmente werden die Bereiche zwischen der ovalen Laufbahn und dem rechteckigen Spielfeld bezeichnet. Hier werden vor allem Leichtathletikanlagen vorgesehen.

Wasserundurchlässiger Kunststoffbelag ist griffig, unempfindlich gegen Verschleiß und jahrzehntelang haltbar, aber teuer in der Herstellung. Er wird in Sportstadien und für den Leistungssport eingesetzt. Dieser Belag wird oberflächlich mit Einläufen entwässert. Wegen der eingeschränkten Frostsicherheit des Aufbaus wird zusätzlich eine Drainage eingebaut, die lediglich der Absicherung dient. Für den Schul- und Breiten-sport findet wasserundurchlässiger Kunststoffbelag keine Verwendung (Krämer, 2020). Wasserundurch-lässige Beläge werden bei diesem Projekt nicht betrachtet.

Wasserdurchlässiger Kunststoffbelag ist mehrschichtig aufgebaut. Die poröse Belagsschicht ist bis etwa 25 mm dick, sie besteht in der Regel aus Gummigranulat, Bindemittel und weiteren Zusätzen sowie einer Beschichtung. Nach DIN 18035-6 werden wasserdurchlässige Kunststoffbeläge in die Bauweisen A, B und C eingeteilt. Die Bauweisen unterscheiden sich in den Ausgangsmaterialien und ihrer Fertigungstechnologie sowie bei Kosten und Haltbarkeit.

Unter der Belagsschicht liegt eine poröse, wasserdurchlässige Tragschicht aus Asphalt. Sie soll neben der Tragfähigkeit auch die nötige Ebenheit dauerhaft gewährleisten. Eine ungebundene Tragschicht unter der Belagsschicht wäre bei Krafteinwirkung durch die Sportler nicht stabil genug.

Die Wasserdurchlässigkeit der Kunststoffbeläge bleibt bei fachgerechter Pflege über die gesamte Lebensdauer des Belags erhalten.

### **2.1.5 Kunststoffrasen**

Kunststoffrasensysteme, so die technisch exakte Bezeichnung, sind mehrlagig aufgebaut. Sichtbar ist der Kunststoffrasenbelag, bestehend aus rückwärtig beschichtetem, gelochtem Trägergewebe mit eingewebten Kunststoffrasenfasern und Verfüllung sowie einer elastischen Tragschicht aus geschnittenem Kunststoff und Splitt (Abbildung 7: Kunststoffrasenplatz DIN 18035-7 Sportanlage Dohnaer Straße in Dresden). Kunststoffrasen und elastische Tragschicht sind wasserdurchlässig. Das Trägergewebe des Kunststoffrasens ist gelocht, es lässt, gute Pflege der Füllung vorausgesetzt, jede Regenspense durch.

Der Kunststoffrasen wird in der Regel mit rieselfähigem, enggestuftem Quarzsand verfüllt. Solcher Sand ist wegen seiner enggestuften Korngrößenverteilung und der gedrungenen, rundlichen Kornform kaum verdichtbar, was sich günstig auf die Wasserdurchlässigkeit und die Spieleigenschaften des Belags auswirkt, sowie zum gewünschten Kraftabbau beiträgt. Die Verfüllung mit Gummi, ob aus geschnittenem Neumaterial oder aus aufbereiteten Altreifen, wird, um Mikroplastik zu vermeiden, von staatlicher Seite nicht mehr gefördert. Diese Verfüllung wird damit derzeit faktisch nicht mehr eingesetzt.

Die Verfüllung mit noch weicherem, vermeintlich umweltfreundlichem Kork hat sich bislang nicht durchgesetzt. Gegen Kork sprechen seine begrenzte Verfügbarkeit und die nach neuen Erfahrungen gegebene Gefahr der Verlagerung durch Wind und Regen.



**Abbildung 7: Kunststoffrasenplatz DIN 18035-7 Sportanlage Dohnaer Straße in Dresden**

Neu gebaute Sportplätze werden, zumindest in Sachsen, in der Regel seit etwa 20 Jahren mit einem Kunststoffrasenbelag ausgestattet. Der Eigenbetrieb Sportstätten Dresden verwaltete nach Angabe von Herrn Nestler, Leiter Technik, im Jahre 2018 68 Großfelder, davon 26 mit Kunststoffrasen. Sämtliche Tennenplätze, auch sanierte, werden nach und nach in Kunststoffrasenplätze umgebaut.

Da im LfULG Nachfragen kamen, warum die Versuchsanlage mit Kunststoffrasen und nicht mit Naturrasen ausgeführt werden soll, wird auf die Thematik hier ausführlicher eingegangen.

Bau und Betrieb von Kunststoffrasenplätzen sind teuer. Die Baukosten sind etwa drei Mal so hoch wie bei einem Naturrasenplatz. Ein Kunststoffrasenbelag muss alle 12-15 Jahre ausgetauscht werden. Diese Kosten rechnen sich nur, wenn diese Plätze wirklich stark genutzt werden.

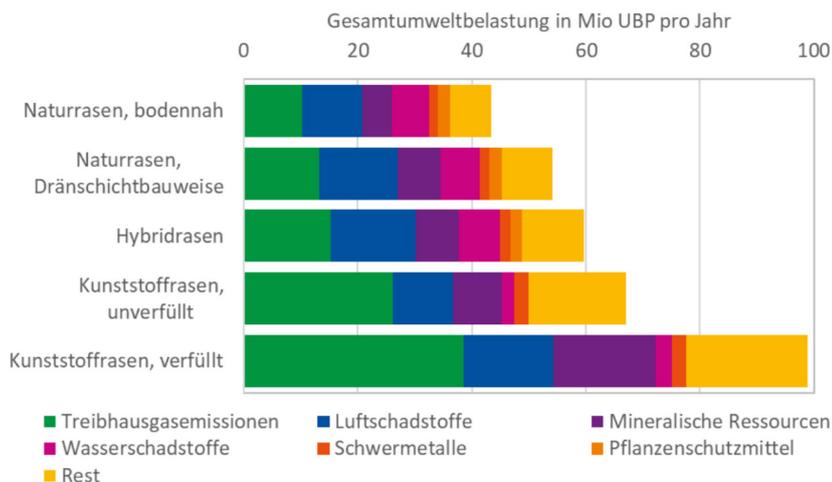
Nach den oft zitierten DFB-Empfehlungen für Kunststoffrasenplätze (DFB, 2006) wird von den folgenden potentiell möglichen Nutzungsstunden pro Jahr ausgegangen:

- Naturrasen: 400 bis 800 Nutzungsstunden pro Jahr,
- Tennenflächen: 1.000 bis 1.500 Nutzungsstunden pro Jahr,
- Kunststoffrasen: 2.000 bis 2.500 Nutzungsstunden pro Jahr.

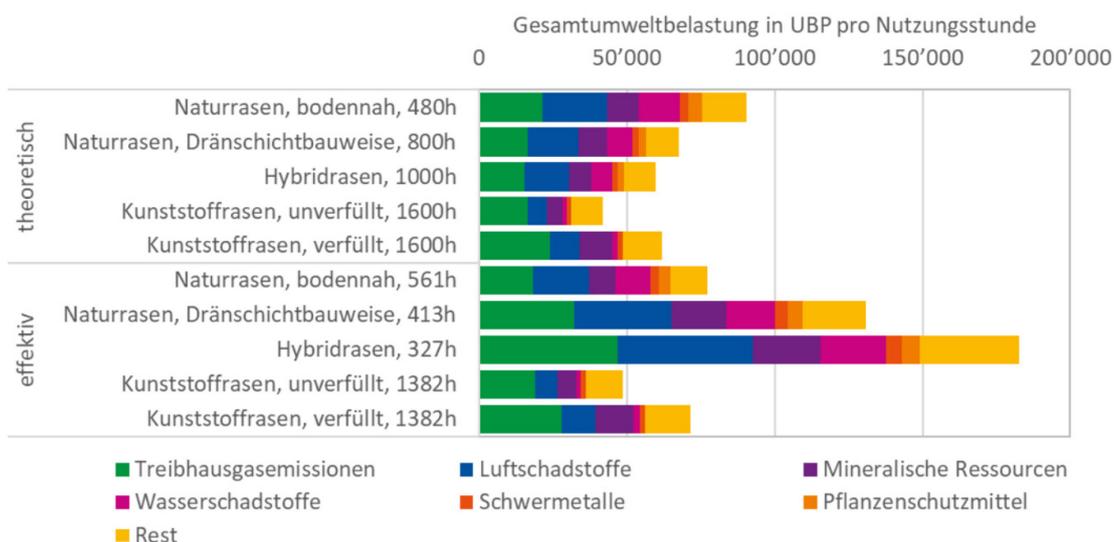
Diese Bilanz wird in der Praxis nur selten erreicht, da sich Vereinssport auf die Zeit nach 16:00 Uhr beschränkt. Eine Studie neueren Datums bestätigt diese Zahlen dem Grunde nach, auch wenn die tatsächlichen Nutzungsstunden bei Kunststoffrasen etwas niedriger ausfallen (Itten et al., 2020). Naturrasenplätze in Zürich wurden danach im ersten Halbjahr 2019 im Mittel etwa 500, Kunststoffrasen etwa 1400 Stunden pro Jahr genutzt.

Ein Thema, welches in den letzten Jahren an Bedeutung gewann, ist die Umweltbelastung durch Sportbeläge. Naturrasenplätze weisen nach der Studie grundsätzlich eine deutlich geringere Gesamtumweltbelastung auf als Kunststoffrasenplätze (Abbildung 8: Gesamtumweltbelastung von Rasenspielfeldern

nach der Methode der ökologischen Knappheit (Frischknecht et al., 2013) pro Rasenspielfeld und Jahr (Itten et al., 2020)). Umgerechnet auf die Nutzungsstunden schneidet Kunststoffrasen besser ab (Abbildung 9: Gesamtumweltbelastung von Rasenspielfeldern wie oben, jedoch pro theoretische und effektive Nutzungsstunde (Itten et al., 2020)).



**Abbildung 8: Gesamtumweltbelastung von Rasenspielfeldern nach der Methode der ökologischen Knappheit (Frischknecht et al., 2013) pro Rasenspielfeld und Jahr (Itten et al., 2020)**



**Abbildung 9: Gesamtumweltbelastung von Rasenspielfeldern wie oben, jedoch pro theoretische und effektive Nutzungsstunde (Itten et al., 2020).**

Durch Kunststoffrasen wird Mikroplastik erzeugt und gelangt in die Umwelt. Gummigranulate zur Verfüllung von Kunststoffrasen werden nicht mehr eingesetzt, Mikroplastik entsteht aber immer noch beim Verschleiß. Die grünen Fasern des Kunststoffrasens sind je nach Produkt beim Einbau etwa 4 cm lang, nach Ablauf der Lebensdauer des Belags verbleiben noch etwa 2 cm. Der Faserabrieb, schätzungsweise 2-3 t pro Platz, gelangt oberflächlich und durch das Entwässerungssystem in die Umwelt, kann aber durch Filter, zumindest im Entwässerungssystem, zurückgehalten werden (Abbildung 10: Faserabrieb in der Entwässerungsrinne eines Kunststoffrasenplatzes nach 15 Jahren Nutzungsdauer).



**Abbildung 10: Faserabrieb in der Entwässerungsrinne eines Kunststoffrasenplatzes nach 15 Jahren Nutzungsdauer**

Kunststoffrasenbeläge werden permanent weiterentwickelt, insbesondere sind Hybridrasen, eine Kombination aus Natur- und Kunststoffrasen, und vorgefertigte Elastikschichten zu nennen. Hybridrasen sollen die Vorteile der Bauweisen kombinieren. Probleme bei der Pflege, die aufwändige Entsorgung und die Umweltbilanz dieses Belags sprechen gegen diese Bauweise.

Ein höheres Verletzungsrisiko durch Kunststoffrasen wurde vielerorts anfangs, als dieser Belag neu eingeführt wurde, vermutet. Es gibt jedoch keine Belege, dass sich auf Kunststoffrasen schwere Sportverletzungen häufen würden (Williams et al., 2013). Hautabschürfungen, häufige, aber leichte Verletzungen, wurden durch den Einsatz von Gummigranulat als Verfüllung bereits deutlich reduziert. Solche Verletzungen werden nun, da Kunststoffrasen nur noch mit Sand verfüllt werden, wieder öfter auftreten. Sie werden bei Neuanlagen durch den Einbau von Bewässerungsanlagen, die den Kunststoffrasen anfeuchten, reduziert. Es ist zu erwarten, dass in Zukunft auch Kunststoffrasenplätze grundsätzlich bewässert werden. Der Wasserbedarf wird steigen.

### **2.1.6 Wasserdurchlässigkeit der Beläge**

Die Wasserdurchlässigkeit der Beläge unterscheidet sich (Tabelle 1: erforderliche Wasserinfiltrationsraten von Sportbelägen). Einerseits darf kein Wasser auf dem Platz stehen. Andererseits soll grundsätzlich nur so viel Wasser abgeführt werden, wie es aus bau- und vegetationstechnischen Gesichtspunkten erforderlich ist. Im Sportrasen wird Wasser für die Grasnarbe gebraucht, bei Tennenbelag sorgt Wasser für die erforderliche Bindung des Belags.

**Tabelle 1: erforderliche Wasserinfiltrationsraten von Sportbelägen**

	Naturrasen	Tennenbelag <sup>4</sup>	Kunststoff, wasserdurchlässig	Kunststoffrasen <sup>5</sup>
Fachnorm	DIN 18035-4:2018-12	DIN 18035-5:2021-03	DIN 18035-6:2021-08	E DIN 18035-7:2019-02
Wasserinfiltrationsrate $I_c$	$\geq 60$ mm/h	$\geq 3,6$ mm/h	$\geq 360$ mm/h	$\geq 360$ mm/h
Umrechnung in m/s <sup>6</sup>	$1,6 \cdot 10^{-5}$ m/s	$1 \cdot 10^{-6}$ m/s	$1 \cdot 10^{-4}$ m/s	$1 \cdot 10^{-4}$ m/s

Trocknen diese Beläge aus, kommt es bei Benutzung zu Schäden, die nur durch Instandsetzungsmaßnahmen wieder beseitigt werden können. Für den Betrieb von modernen Sportplätzen dieser Bauweisen sind deshalb Beregnungsanlagen erforderlich. Da die Wassergaben der Beregnung an den Bedarf angepasst werden, sollte bei der Beregnung in der Regel kein Wasser in die Entwässerungseinrichtungen gelangen.

Kunststoff und Kunststoffrasen sind besonders wasserdurchlässig. Hier kommt es nicht darauf an, dass Wasser aus bau- oder vegetationstechnischen Gründen im Aufbau gehalten werden muss. Es wurden dauerhaft wasserdurchlässige Beläge entwickelt.

Kunststoffbeläge werden nicht beregnet. Kunststoffrasen werden nur bei Hitze beregnet, um die Spieleigenschaften zu verbessern und um Sportverletzungen durch Abschürfungen zu minimieren. Hierfür reichen geringe Wassermengen aus, die Beläge werden nur angefeuchtet. Auch beim Anfeuchten gelangt in der Regel kein Wasser in die Entwässerungseinrichtungen.

### 2.1.7 Tragschicht ohne Bindemittel

Tragschichten ohne Bindemittel (ToB) bestehen nach den Fachnormen aus natürlichen Gesteinskörnungen der Korngrößen 0/32 oder 0/45. Sie dürfen bei Anlieferung maximal 5 % abschlämmbare Bestandteile enthalten, nach dem Einbau darf dieser Anteil nicht über 7 % liegen. Durch diese und weitere Anforderungen aus den Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (FGSV, 2018), wie Widerstand der Gesteinskörnungen gegen Kornzertrümmerung, Kornform und Widerstand gegen Frostbeanspruchung ist bei fachgerechtem Einbau eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit dieser Schichten gegeben. Für Sportrasen wird keine gesonderte ungebundene Tragschicht gebraucht, die Aufgaben der Tragschicht werden von der Rasentragschicht übernommen.

<sup>4</sup> Tennenbelag ist zweischichtig aufgebaut, angegeben ist der maßgebliche Wert für die Deckschicht. Die darunterliegende dynamische Sicht fällt wasserdurchlässiger aus als die Deckschicht.

<sup>5</sup> Der Belag besteht aus einem Kunststoffrasensystem mit Kunststoffrasen und gelochtem Trägergewebe sowie darunterliegenden gebundenen Schichten. In der Tabelle angegeben ist sie maßgebliche Wasserdurchlässigkeit der gebundenen Schichten.

<sup>6</sup> Umrechnungsfaktor  $2,7 \cdot 10^{-7}$

**Tabelle 2: erforderliche Wasserinfiltrationsrate<sup>7</sup> von Tragschichten ohne Bindemittel (ToB)**

	Sportrasen	Tennenbelag	Kunststoff, wasserdurchlässig	Kunststoffrasen
Fachnorm	DIN 18035-4:2018-12	DIN 18035-5:2021-03	DIN 18035-6:2021-08	E DIN 18035-7:2019-02
Wasserinfiltrationsrate IC	-	≥ 360 mm/h	≥ 360 mm/h	≥ 720 mm/h
Umrechnung in m/s <sup>8</sup>	-	1*10 <sup>-4</sup> m/s	1*10 <sup>-4</sup> m/s	1*10 <sup>-4</sup> m/s

Die Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit aus den Fachnormen erscheinen sehr hoch (Tabelle 2: erforderliche Wasserinfiltrationsrate von Tragschichten ohne Bindemittel (ToB)). Sie werden neben sportfunktionalen Gründen vor allem mit einer 10-fach verringerten horizontalen Sickergeschwindigkeit begründet. Die Anforderungen sind in Fachkreisen in der Diskussion.

Bei Untersuchungen zum Straßenbau (Wolf, 2014) wurde festgestellt, dass die Wasserdurchlässigkeit von Tragschichten ohne Bindemittel bei langjähriger Nutzung abnimmt. Aus dem Sportplatzbau sind keine solchen Untersuchungen bekannt. Bei der Sanierung von Kunststoffrasenplätzen kann aber der Erfahrung nach eine normgerecht hergestellte und eingebaute Tragschicht in der Regel ohne Weiteres wiederverwendet werden, ihre Wasserdurchlässigkeit ist nicht eingeschränkt.

Man kann vereinfacht feststellen, dass die Oberflächenentwässerung wasserdurchlässiger Sportanlagen nach unten auf das Erdplanum in eine zweite Entwässerungsebene verlegt worden ist. Oberflächenabfluss ist bei normgerechten Aufbau und guter Pflege kaum vorhanden.

### 2.1.8 Erdplanum

Das Erdplanum wird vor dem Einbau der Tragschicht ohne Bindemittel geplant. Die Anforderungen an seine Tragfähigkeit werden in den einschlägigen Normen beschrieben. Sie können in der Regel nur mit Verdichtung des Erdplanums erfüllt werden.

Das Erdplanum einer jeden Sportanlage ist geneigt, es entspricht der Neigung des Belags, so dass die Dicke der Schichten des Aufbaus gleichbleiben kann. Diese Neigung liegt, wie die des Belags, bei 0,5 bis 1 %. Sie ist möglichst gering, damit das Ballverhalten nicht stärker beeinflusst wird. Sickerwasser darf jedoch nicht auf dem Erdplanum stehen, damit Frostschäden ausgeschlossen sind und das Erdplanum nicht aufweicht.

Im Straßenbau wird aus diesen Gründen die Neigung des Erdplanums bei frostempfindlichen Böden erhöht. Im Sportplatzbau ergeben sich längere Fließwege für das Sickerwasser, die Schichtdicke der Tragschichten soll aber gleichbleiben. Aus diesen Gründen werden Drainstränge als Sammler in das Erdplanum eingebaut. Die Abstände zwischen den Drainsträngen soll nach den einschlägigen Normen zwischen 5 und 8 m liegen. Drainagen binden in den gewachsenen Boden ein. Drainstränge im Erdplanum sind laut Norm 24 cm, in der Regel 30 cm breit.

<sup>7</sup> Die Infiltrationsrate wird in den Quellen unterschiedlich bezeichnet, in der Regel mit *i* oder *k*. In der Arbeit wird das Formelzeichen verwendet, welches im jeweiligen Zusammenhang gebräuchlich ist.

<sup>8</sup> Umrechnungsfaktor  $2,7 \cdot 10^{-7}$

Der Stand der Technik bei der Entwässerung des Erdplanums im Sportplatzbau ist im Wesentlichen seit den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts unverändert geblieben. Die 1978 erstmals erschienene Fachnorm (DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 1978) bestimmt:

„Bei der Entwässerung des Oberbaues wird das [...] Sickerwasser im Regelfall in Drainsträngen gefasst und einem Vorfluter zugeleitet. Bei ausreichend wasserdurchlässigem Baugrund wird das Sickerwasser von diesen aufgenommen.“

Drainstränge bestehen nach der Norm aus Gräben, Drainrohren und Drainpackungen. Rohrlose Drainung ist in den anerkannten Regeln der Technik derzeit nicht vorgesehen. Wann der Baugrund ausreichend wasserdurchlässig ist, damit auf Drainpackungen verzichtet werden kann, wird in den anderen Teilen der Norm für die einzelnen Bauweisen von Sportplätzen, Sportrasen, Tennenbelag, Kunststoff und Kunststoffrasen, definiert. Dem Erdplanum von Naturrasenplätzen wird eine geringere Wasserdurchlässigkeit zugestanden.

Die für einen Verzicht auf Entwässerungseinrichtungen wie Drainpackungen erforderliche Wasserinfiltrationsrate des Erdplanums ist der folgenden Tabelle zu entnehmen (Tabelle 3: erforderliche Wasserinfiltrationsrate des Erdplanums bei Verzicht auf Drainpackungen). Die Werte sind den Tabellen zu Anforderungen und Prüfungen für den Baugrund und das Erdplanum aus den jeweiligen Fachnormen entnommen.

**Tabelle 3: erforderliche Wasserinfiltrationsrate des Erdplanums bei Verzicht auf Drainpackungen**

	Sportrasen	Tennenbelag	Kunststoff	Kunststoffrasen
Fachnorm	DIN 18035-4:2018-12	DIN 18035-5:2021-03	DIN 18035-6:2021-08	E DIN 18035-7:2019-02
Wasserinfiltrationsrate $I_c$	$\geq 30$ mm/h	$\geq 72$ mm/h	$\geq 72$ mm/h	$\geq 72$ mm/h
Umrechnung in m/s <sup>9</sup>	$8,3 \cdot 10^{-6}$ m/s	$2 \cdot 10^{-5}$ m/s	$2 \cdot 10^{-5}$ m/s	$2 \cdot 10^{-5}$ m/s

In der Praxis wird auf dem Erdplanum eine Wasserinfiltrationsrate, bei der auf die Planumsentwässerung mit Drainpackungen verzichtet werden kann, aus den folgenden Gründen in der Regel nicht erreicht:

- Böden enthalten Makroporen, die maßgeblich für die Wasserinfiltration verantwortlich sind. Das Erdplanum von Sportanlagen wird beim Bau planiert und verdichtet. Die Makroporen bindiger Böden werden bei Verdichtung zusammengedrückt. Die Versickerungsleistung auf der Oberfläche verringert sich dadurch. Der Boden kann weniger Wasser aufnehmen. Der Sickerweg des Wassers verlängert und die Versickerung verlangsamt sich. Bei Verdichtung nimmt deshalb die Wasserinfiltrationsrate bindiger Böden ab. Böden, die bei natürlicher Lagerung versickerungsfähig sind, werden durch das verdichtete Erdplanum undurchlässig. Bauverfahren ohne Bodenverdichtung wären aus Bodenschutzsicht von Vorteil, können aber aus bautechnischen Gründen im Sportplatzbau derzeit nur bei Naturrasenplätzen eingesetzt werden.
- Der Einfluss der Makroporen auf die Wasserinfiltration hängt auch von der Kontinuität der Makroporen ab (Amelung et al., 2018). Bereits oberflächige Verdichtung und Verschlämmung auf etwa 5 cm Schichtdicke kann einen bindigen Boden wasserundurchlässig machen, was eigene Infiltrationsmessungen erwiesen haben (Kirsten, 2014).
- In weiten Teilen Deutschlands, auch Sachsens, stehen bindige Böden an, die von vornherein nicht ausreichend wasserdurchlässig sind.

<sup>9</sup> Umrechnungsfaktor mm/h in m/s =  $2,7 \cdot 10^{-7}$

## 2.2 Anlagen zur Niederschlagswasserversickerung

### 2.2.1 Anlagentypen

In Deutschland sind die folgenden Anlagentypen der Niederschlagswasserversickerung gebräuchlich:

- Flächenversickerung,
- Muldenversickerung,
- Rigolenversickerung,
- Mulden-Rigolen-Element,
- Mulden-Rigolen-System (mit Ableitung),
- Versickerungsschacht und
- Versickerungsbecken.

In letzter Zeit ist in deutschen Fachkreisen eine Reihe weiterer Anlagentypen im Gespräch, insbesondere Baumrigolen, Tiefbeete, Regengärten, Filterstreifen und Verdunstungsbeete. Im englischen Sprachraum ist die Entwicklung anders verlaufen, solche Anlagen sind dort in ähnlicher Form bereits länger in Gebrauch. Das SuDS-Manual der CIRIA aus Großbritannien, SuDS steht für Sustainable Drainage Systems, benennt unter anderem infiltration systems, filter strips, filter drains, swales, bioretention systems, wetlands und tree pits (Woods Ballard et al., 2015).

Einige dieser neuartigen Anlagen wurden in Deutschland bereits realisiert. Der Bau solcher Anlagentypen wird auch hierzulande in Zukunft in großem Stil möglich sein, wenn die Bepflanzung von Mulden mit dem Erscheinen des DWA-A 138-1 als Weißdruck erlaubt sein wird.

In entwässerungstechnischer Hinsicht lassen sich die neuen Anlagentypen den zu Beginn des Abschnitts genannten, gebräuchlichen Typen zuordnen. Baumrigolen sind beispielsweise, entwässerungstechnisch betrachtet, Rigolen oder Muldenrigolen mit Bäumen.

Muldenversickerungen und Kombinationen aus Mulden und Rigolen sind Anlagen zur Niederschlagswasserversickerung mit zumindest teilweise an der Oberfläche liegendem Speicher. Versickerungsschacht und Versickerungsbecken sind technische Bauwerke. Im Zusammenhang mit den Forschungsfragen ist die Rigolenversickerung von Interesse, sie wird in diesem Kapitel erläutert.

Rigolen sind Anlagen zur Niederschlagswasserversickerung mit unterirdisch angeordnetem Speicher (Abbildung 11: Kiesrigole im Bau, Baustelle RoRo-Gymnasium Dresden). Die Speicher können aus Kieskörpern ohne Feinanteil oder aus Kunststoff-Füllkörpern bestehen. Kieskörper weisen ein Speichervolumen von 30 bis 35 %, Füllkörper ein Speichervolumen von 90 bis 95 % auf. Der Einsatz von Kunststofffüllkörpern sollte sich aus Gründen der Nachhaltigkeit auf Fälle beschränken, bei denen der Platz wirklich knapp ist.

Rigolen werden direkt, ohne Zwischenspeicherung in Mulden, meist über Versickerrohre, mit Wasser beschickt. Das Niederschlagswasser versickert zunächst nur über die Grundfläche der Rigole. Übersteigt bei starken Regenereignissen der Zufluss die Versickerungsleistung, staut sich das Wasser in der Rigole auf. Dann versickert das Wasser zusätzlich auch über die Seitenflächen.

Nach DWA-A 138 sollte zwischen der Sohle einer Versickerungsanlage und dem mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW) ein Abstand von mindestens 1 m liegen, damit die Reinigungswirkung gewahrt und das Grundwasser vor Verunreinigungen geschützt bleibt. Bei geringer stofflicher Belastung des Sickerwassers darf dieser Abstand unterschritten werden, er muss aber mindestens 50 cm betragen.



**Abbildung 11: Kiesrigole im Bau, Baustelle RoRo-Gymnasium Dresden**

### 2.2.2 Bemessung von Rigolen

Für Versickerungsanlagen gilt nach DWA-A 138-1 die folgende Bemessungsgleichung:

$$V_{VA} = (Q_{zu} - Q_S - Q_{Dr}) * D - 60 * f_Z * f_A$$

Zielgröße ist das Volumen der Versickerungsanlage  $V_{VA}$ , in diesem Fall das Volumen der Rigole. Zur Ermittlung von  $V_{VA}$  wird zunächst der Zufluss zur Versickerungsanlage berechnet, welcher bei einem Starkregenereignis der Dauerstufe  $D$  zusammenkommt ( $Q_{zu}$ ). Auf Regenereignisse, Einzugsgebiet und Abflussbeiwerte, aus denen sich  $Q_{zu}$  ergibt, wird in den nächsten Abschnitten eingegangen.

Vom Zufluss wird die Versickerungsleistung  $Q_S$  abgezogen. Die Versickerungsleistung wird aus der sicherwirksamen Fläche der Versickerungsanlage und der Infiltrationsrate berechnet. Auf diese Punkte wird ebenfalls in den nächsten Abschnitten eingegangen. Wenn bei bestimmten Anlagen zusätzlich noch Wasser aus der Rigole gedrosselt abläuft, wird auch der Drosselabfluss  $Q_{Dr}$  subtrahiert.

Das Ergebnis wird mit der Dauerstufe  $D$  und den Zuschlags- und Abminderungsfaktoren  $f_Z$  und  $f_A$  multipliziert. Man erhält das Volumen, welches vorzuhalten ist, um anfallendes Wasser, welches nicht versickern kann, temporär zu speichern, bis es zur Versickerung gelangt.

Das Ergebnis der Bemessung fällt je nach angesetzter Dauerstufe unterschiedlich aus. Kürzere Dauerstufen ergeben höhere Regenspenden. Die Bemessung beginnt mit der kürzesten Dauerstufe, 5 Minuten, und wird mit schrittweise erhöhten Dauerstufen fortgesetzt. Das erforderliche Volumen der Versickerungs-

anlage steigt typischerweise zunächst mit der Dauerstufe an. Der Zufluss übersteigt anfangs die Versickerungsleistung der Anlage, er nimmt jedoch mit der Regendauer ab. Nach Erreichen eines maximal erforderlichen Volumens, dem Bemessungsfall, nimmt das ermittelte Volumen schließlich wieder ab bis schließlich die Versickerungsleistung den Zufluss zur Versickerungsanlage übersteigt. Dieser stufenweise Bemessungsgang wird als iterative Bemessung bezeichnet.

Das höchste berechnete Volumen ergibt den Bemessungsfall. Er liegt bei sandigen Lehmen typischerweise bei Dauerstufe 30 bis 120 Minuten.

### 2.2.3 Ermittlung des Zuflusses $Q_{ZU}$

Die Wassermenge  $Q_{ZU}$ , die in der Anlage zufließt, wird durch Regenspende  $r_{D(n)}$ , angeschlossene Fläche  $A_E$  und Abflussbeiwert  $c_m$  bestimmt. Sportplätze sind wasserdurchlässig, es handelt sich nicht um oberirdischen Abfluss, sondern um Abfluss der auf der zweiten Entwässerungsebene, dem Erdplanum, entsteht. Der Zufluss wird bei der Bemessung nach DWA-A 138-1 wie folgt ermittelt:

$$Q_{ZU} = r_{D(n)} * A_E * c_m$$

Regenspenden  $r_{D(n)}$  werden in Deutschland vom Deutschen Wetterdienst als Geodaten in Form von statistisch ermittelten Rasterdaten zu Niederschlagshöhen im shp-Format zur Verfügung gestellt. Diese Daten werden für die Planung von dezentralen Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser verwendet. Die aktuelle Version, KOSTRA-DWD-2010R, stammt aus dem Jahr 2017. Der Datensatz ist in verschiedene Dauerstufen  $D$  (Niederschlagsdauer 5 min bis 72 h) und Jährlichkeiten  $T^{10}$  (1 a bis 100 a) gegliedert. Die Ergebnisse wurden auf ein deutschlandweites Rasternetz übertragen, ein Rasterfeld ist etwa 67 km<sup>2</sup> groß (DWD, 2020). Für die Regenspenden wird die Bezeichnung  $r_{D(n)}$  verwendet,  $r_{15,2}$  bezeichnet beispielsweise eine Regenspende von 15 Minuten Dauer, welche statistisch einmal in zwei Jahren auftritt.

Das Wiederkehrintervall  $n$ , welches bei der Bemessung angesetzt wird, ist bei der Planung festzulegen (Tabelle 4: Anforderungen an öffentliche Entwässerungssysteme (DWA, 2022)). Es bestimmt die Größe der geplanten Anlage und hängt von möglichen Auswirkungen eines Versagens der Anlage ab. Wenn das Speichervolumen einer Rigole für die anfallende Regenmenge nicht ausreicht, kommt es zu Rückstau in das Entwässerungssystem und schließlich zum Austreten von Wasser an Spannungspunkten wie Schachtdeckeln oder Einläufen. Mögliche Auswirkungen einer solchen Überflutung sind insbesondere die Einschränkung der Nutzung oder wirtschaftliche Schäden.

---

<sup>10</sup> Die Jährlichkeit  $T$  wird in Jahren angegeben, das Wiederkehrintervall  $n$  als Bruch.  $T = 10$  Jahre entspricht  $n = \frac{1}{10} = 0,1$ .

**Tabelle 4: Anforderungen an öffentliche Entwässerungssysteme (DWA, 2022) .**

<b>Schutzkategorie</b>	<b>Überstauhäufigkeit 1-mal in "T" Jahren, Neubau</b>	<b>Klassifizierung, Beispiele</b>
(1) gering	2	Bereiche, in denen Wasser überwiegend schadlos und ohne Nutzungseinschränkungen auf der Oberfläche abfließen oder verbleiben kann, z.B. ländliche Gebiete, Grün- und Freiflächen, Parks
(2) mäßig	3	Bereiche, in denen Überflutungen geringe bis mittlere Schäden oder Nutzungseinschränkungen verursachen können und die Sicherheit und Gesundheit nicht gefährden, z. B. Wohn- und Mischgebiete mit Gebäuden ohne zu Wohn- oder Gewerbebezwecken genutzte Untergeschosse
(3) stark	5	Bereiche, in denen Überflutungen lokal zu größeren Schäden oder Nutzungseinschränkungen führen oder die Sicherheit und Gesundheit potentiell gefährden können, z. B. Stadtzentren, Wohn- und Mischgebiete mit zu Wohn- oder Gewerbebezwecken genutzten Untergeschossen, Gewerbegebiete, Tiefgaragen
(4) sehr stark	10	Bereiche, in denen Überflutungen zu weitreichenden größeren Schäden oder Nutzungseinschränkungen führen oder die Sicherheit und Gesundheit akut gefährden können, z. B. Bereiche mit kritischer Infrastruktur, Tiefbahnhofzugänge, verkehrstechnisch übergeordnete Infrastrukturen / Tiefgaragen

Die Bemessungshäufigkeit oder Überstauhäufigkeit, also die maßgebliche Jährlichkeit bei der Dimensionierung einer Versickerungsanlage, wird anhand der möglichen Auswirkungen eines Überstaus und des gewünschten Entwässerungskomforts bestimmt.

Sportplätze fallen in der Regel in die Schutzkategorie 1 mit geringen Auswirkungen einer Überflutung. In Einzelfällen können sie auch einer der höheren Kategorien zugeordnet werden. Diese Einschätzung obliegt dem Planer in Abstimmung mit dem Bauherrn.

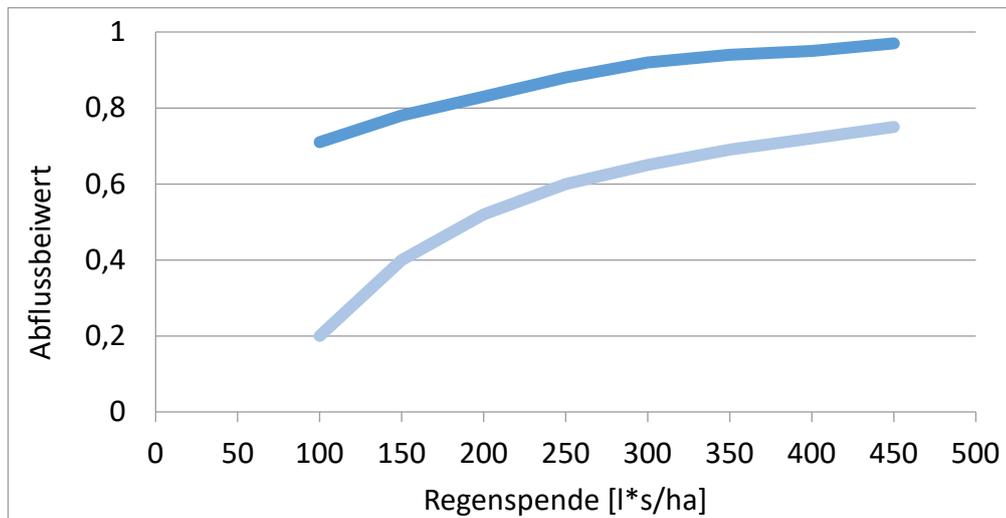
Nach DIN 18035-3 Sportplätze, Entwässerung ist Grundlage für die hydraulische Bemessung der Entwässerung von Sportanlagen ein Bemessungsregen mit einer Regenspende von  $r = 120 \text{ l/(s*ha)}$ . Diese Regenspende entspricht in Dresden in etwa der bei einem 15-minütigen Regenereignis, welches statistisch einmal jährlich auftritt.

Kurzfristiger Rückstau im Entwässerungssystem kann nach der Norm toleriert werden. Der Zeitbeiwert wird wegen der geringen Ausdehnung der Sportflächen gleich 1 gesetzt, man braucht also bei der Dimensionierung der Entwässerungseinrichtungen keine Fließzeiten zu berücksichtigen (DIN, 2006).

Versickerungsanlagen für die Entwässerung von Sportplätzen können aus entwässerungstechnischer Sicht demzufolge in der Regel mit dem 1- oder 2-jährlichen Regenereignis bemessen werden.

Das Einzugsgebiet  $A_E$ , also die angeschlossene Fläche, welche bei der Ermittlung des Zuflusses zu berücksichtigen ist, ist nach DIN 1896-100 dadurch gekennzeichnet, dass sie einen potentiellen Abfluss in das Entwässerungssystem aufweist (Heinrichs et al., 2016). Da Sportanlagen möglichst lange uneingeschränkt funktionstüchtig sein sollen, ist nach DIN 18035-3 auszuschließen, dass Niederschlagswasser von benachbarten Flächen auf die eigentliche Sportanlage gelangt. Als angeschlossene Fläche dient demzufolge in der Regel die Grundfläche des Sportplatzes.

Der Abflussbeiwert  $c_m$  wird als dimensionsloser Verhältniswert definiert, der aus dem Abflussvolumen und dem Niederschlagsvolumen als Mittelwert über einen definierten Zeitraum bestimmt werden kann (DWA, 2013). Abflussbeiwerte variieren je nach Oberfläche und zu betrachtender Regendauer. Abbildung 12: Verhältnis von Abflussbeiwert und Regenspende bei Pflaster (dunkelblau) und wassergebundener Decke (hellblau), Darstellung von Untersuchungsergebnissen (Borgwardt et al., 2000)).



**Abbildung 12: Verhältnis von Abflussbeiwert und Regenspende bei Pflaster (dunkelblau) und wassergebundener Decke (hellblau), Darstellung von Untersuchungsergebnissen (Borgwardt et al., 2000)**

Die Grafik sagt aus, dass von Belagsoberflächen umso mehr Niederschlagswasser abläuft, je stärker die Regenspende ist. Diese Aussage gilt sinngemäß für Oberflächen aller Art. Auch von Dächern oder Asphalt läuft bei geringeren Regenspenden wenig Wasser ab. Ein Teil des Niederschlagswassers verdunstet oder bleibt haften. Mit zunehmender Regendauer steigt der Anteil des abfließenden Wassers. Dann spricht man von Spitzenabflussbeiwerten.

Der mittlere Abflussbeiwert  $c_m$  soll im Gegensatz zum Spitzenabflussbeiwert  $c_s$  die Verhältnisse bei mittleren Regenereignissen abbilden. Dieser Wert wurde in der Grundstücksentwässerung erst 2016 eingeführt. Für die Bemessung von Anlagen zur Niederschlagswasserversickerung werden grundsätzlich mittlere Abflussbeiwerte angesetzt, da diese Anlagen in der Regel mit Regenreihen mit geringeren Wiederkehrintervallen bemessen werden.

Abflussbeiwerte werden darüber hinaus in der Planung je nach Zielsetzung der Bemessung flexibel festgesetzt. Ist zum Beispiel bei Entwässerung von gefährdeten Bereichen eine schnelle Wasserableitung erforderlich, wird mit einem hohen Abflussbeiwert die Leistungsfähigkeit der Entwässerung nachgewiesen. Wenn das Wasser länger auf einer Fläche oder im Aufbau verbleiben kann, bevor es abgeleitet wird, kann ein niedriger Abflussbeiwert zur Bemessung der Entwässerung verwendet werden. (Lösken, 2016). Abflussbeiwerte variieren ferner mit der Fließlänge und der Geländeneigung.

Die für die Grundstücksentwässerung geltenden Regelwerke enthalten derzeit für wasserdurchlässige Sportanlagen noch keine einheitlichen Abflussbeiwerte (Tabelle 5: Abflussbeiwerte wasserdurchlässiger Sportanlagen in aktuell geltenden Regelwerken).

**Tabelle 5: Abflussbeiwerte wasserdurchlässiger Sportanlagen in aktuell geltenden Regelwerken**

	<b>DIN 1986-100 (2016)</b>	<b>DWA-A 138 (2005)</b>	<b>DIN 18035/3 (2006)</b>
$C_m$	0,5	0,5	0,3
$C_s$	0,6	0,6	0,4

Es ist geplant, die Abflussbeiwerte zu vereinheitlichen. Das Projekt soll hierzu einen Beitrag in Bezug auf wasserdurchlässige Sportanlagen liefern.

#### **2.2.4 Ermittlung der Versickerungsleistung $Q_s$**

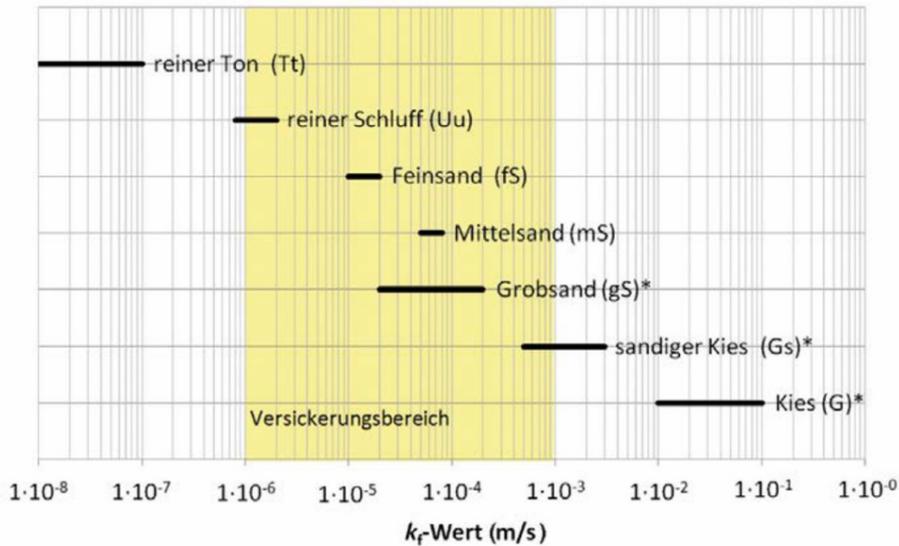
Die Versickerungsleistung wird bei der Bemessung nach DWA-A 138-1 wie folgt ermittelt:

$$Q_s = k_i * A_s$$

Die Sickerfläche  $A_s$  einer Rigole wird vereinfacht berechnet.

- Die Versickerungsleistung einer Rigole wird nach DWA-A 138-1 im Verlauf der Versickerung gemittelt und als konstant angenommen. Je höher die Wassersäule, umso stärker ist jedoch die Infiltration wegen des höheren statischen Wasserdrucks. Beim Einsatz von Infiltrometern muss aus diesem Grund die Einstauhöhe zu Beginn der Messung gleich sein, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.
- Die Seitenwände gehen nach DWA-A 138-1 unabhängig vom Füllstand in der Rigole einem Teil ihrer Fläche in die Ermittlung der Versickerungsleistung ein. Bei geringerem Füllstand ist die tatsächliche Versickerungsleistung geringer, bei Füllstand über 50 % fällt sie höher aus.
- Horizontale und vertikale Sickergeschwindigkeit werden bei der Ermittlung der Versickerungsleistung nach DWA-A 138-1 gleichgesetzt. Tatsächlich unterscheiden sie sich jedoch auch in homogenen Böden. In der Fachliteratur wird die Infiltrationsrate in horizontaler Richtung mit 2- bis 10-mal größer als vertikal angegeben (Wagner & Biesold, 2014). Dies hängt von Kornform, Korngrößenverteilung und Lagerungsdichte des Bodens ab. Nach verbreiteter Auffassung liegt bei genormten mineralischen Tragschichten im Straßen- und Sportplatzbau die vertikale Sickergeschwindigkeit um Faktor zehn über der horizontalen.

Für die planmäßige Versickerung von Niederschlagswasser kommt nur Boden mit einer Infiltrationsrate von  $1 \cdot 10^{-3}$  m/s bis  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s in Frage (Abbildung 13: Infiltrationsraten ausgewählter Böden nach DWA-A 138-1 (2020))



**Abbildung 13: Infiltrationsraten ausgewählter Böden nach DWA-A 138-1 (2020)**

Bei noch durchlässigerem Boden wäre die erforderliche Reinigungsleistung nicht gegeben. Bei undurchlässigerem Boden dauert die Entleerung der Rigole zu lange, sie sollte innerhalb von einem bis drei Tagen wieder betriebsbereit sein.

Für einen bindigen Boden mit  $k_i = 1 \cdot 10^{-6}$  m/s soll beispielhaft die Entleerungszeit  $t$  bei einem Wasserstand von 30 cm berechnet werden.

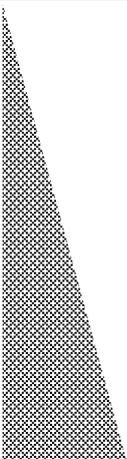
$$k_i = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} = 0,000001 \text{ m/s} = 0,36 \text{ cm/h}$$

$$\frac{0,36 \text{ cm}}{1 \text{ h}} = \frac{30 \text{ cm}}{t}; t = \text{ca. } 83 \text{ Stunden (3,5 Tage)}$$

Die Entleerung dauert im Beispiel etwa 3,5 Tage. Die geplanten Sickerpackungen unter Sportplätzen werden auch bei dieser geringen Wasserinfiltration schneller entleert sein, da hier Wasser auch über die Seitenflächen der Rigole versickern kann.

Die Ermittlung einer aussagekräftigen Wasserinfiltrationsrate  $k_i$  ist für die Bemessung von Sickeranlagen von grundlegender Bedeutung. Sie kann überschlägig durch Bodenansprache abgeschätzt oder durch Labor- und Feldmethoden ermittelt werden (Tabelle 6: Ergebnisqualität der Methoden zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit bei anstehenden Böden für die Planung, Korrekturfaktor  $f_{Methode}$  nach DWA-A 138-1 (2020), Tab. 8).

**Tabelle 6: Ergebnisqualität der Methoden zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit bei anstehenden Böden für die Planung, Korrekturfaktor  $f_{Methode}$  nach DWA-A 138-1 (2020), Tab. 8**

Methode	Ergebnisqualität	$f_{Methode}$
Abschätzung mit Bodenansprache		nicht zulässig
Sieblinienauswertung		0,1
Laborversuche an ungestörten Böden		0,7
Open-End-Test		0,8
Doppelringinfiltrrometer		0,9
kleinflächiger Probeschurf		0,9
großflächiger Probeschurf		1

Erfahrungsgemäß wird bei der Planung jedoch aus den folgenden Gründen oft von vornherein auf Erwägungen zur Niederschlagswasserversickerung verzichtet:

- Es liegen keine aussagekräftigen Daten zur Wasserinfiltrationsrate des anstehenden Bodens vor.
- Die Wasserinfiltrationsrate wird, wohl aus Vorsicht, zu gering angesetzt.
- Die Wasserinfiltrationsrate wird nicht ausreichend genau ermittelt.

In Bodengutachten, die der Planung von Sportstätten zugrunde liegen, wird sehr oft die Wasserinfiltrationsrate des Bodens ohne aufwändige Feldversuche aus der Korngrößenverteilung abgeschätzt. Hierzu werden die Gleichungen nach Hazen und Beyer verwendet. Die Gleichungen gelten jedoch nur eingeschränkt und liefern erfahrungsgemäß keine genauen Ergebnisse.

Mit der Gleichung von Hazen kann die Wasserdurchlässigkeit nur bei enggestuften Böden abgeleitet werden. Es gehen nur  $d_{10}$ , der Korndurchmesser bei den kleinsten 10 % des Siebdurchgangs, und ein empirischer Faktor in die Berechnung ein.

$$k[m/s] = 0,1116 * d_{10}^2 [mm]$$

Die Gleichung von Beyer gilt als genauer (Kuntsche & Richter, 2021). Sie gilt aber nur für Böden mit  $d_{10}$  zwischen 0,06 und 0,6 mm, also für Kiese, Sande und eng gestufte Feinsande. Solche Böden sind bei natürlicher Lagerung ohnehin in der Regel gut wasserdurchlässig. Neben  $d_{10}$  und der Ungleichförmigkeitszahl  $C_U$  gehen die Konstanten  $A$ ,  $B$  und  $C$  in die Berechnung ein, welche von der Lagerungsdichte des Bodens abhängen.

$$k[m/s] = \left( \frac{A}{C_U + B} + C \right) * d_{10}^2 [cm]$$

Bei der Dimensionierung von Anlagen der Niederschlagswasserversickerung nach DWA-A 138-1 (2020) ist bei Anwendung dieser Gleichungen ein Korrekturfaktor von 0,1 anzusetzen, siehe Tabelle oben. Die Wasserinfiltrationsrate für die Berechnung fällt dann 10-mal geringer aus.

Für bindige Böden<sup>11</sup> sollten zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit besser Versuche durchgeführt werden (Kuntsche & Richter, 2021).

Planer und Bodenlabore weisen immer wieder auf eine Notwendigkeit von Labormethoden mit Nachverdichtung für die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit an gestörten Bodenproben hin. Für hergestellte, besonders wasserdurchlässige Substrate in der Dachbegrünung, die genormt verdichtet werden, gibt es solche Verfahren. Für natürlich gelagerte Böden mit eingeschränkter Wasserdurchlässigkeit existieren sie jedoch nicht.

In Zusammenhang mit den obenstehenden Ausführungen zum Erdplanum lässt sich feststellen, dass das Erdplanum von Sportanlagen in der Regel nicht ausreichend wasserdurchlässig ausfällt und deshalb eine Planumsentwässerung eingebaut werden muss. Damit diese Entwässerung, wie hier geplant, rohrlos durch Versickerung funktioniert, kommt der Wasserdurchlässigkeit des anstehenden Bodens entscheidende Bedeutung bei der Planung von Sickeranlagen zu. Sie ist rechtzeitig sorgfältig zu ermitteln. Die erforderlichen Feldversuche können nicht durch Laborversuche oder Berechnungen ersetzt werden.

### **2.3 Stoffliche Belastung des Sickerwassers**

Aus Gründen des Grundwasserschutzes soll grundsätzlich einer möglichst breitflächigen Versickerung durch die belebte Bodenzone der Vorzug gegeben werden. Das Sickerwasser wird dadurch gereinigt. In Rigolen darf verunreinigtes Niederschlagswasser nicht ohne Vorreinigung eingeleitet werden.

Eine breitflächige Versickerung ist nach DWA-M 153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“ dann gegeben, wenn die Sickerfläche mindestens 20 % des Einzugsgebiets umfasst (DWA, 2007).

Durch Kunststoffrasenbeläge, deren Umwelteigenschaften geprüft worden sind, wird das Niederschlagswasser nicht erheblich verunreinigt. Kunststoffrasensysteme müssen den Umweltempfehlungen in DIN 18035-7, Tabelle B.1 entsprechen. Für die gebundene elastische Tragschicht, die Elastikschicht und den Kunststoffrasen mit oder ohne Gummifüllung werden im Regelwerk Empfehlungen zum Schadstoffgehalt des Eluats ausgesprochen. Diese Umweltempfehlungen definieren Prüfwerte für den Pfad Boden und Grundwasser sowie einschlägige Prüfverfahren. Sie haben informativen, keinen normativen Charakter, sollten jedoch grundsätzlich eingehalten werden. Sie werden nach meiner Erfahrung von sämtlichen Produkten namhafter Herstellern eingehalten.

Die Bewertung der stofflichen Belastung des Sickerwassers wird bei der Planung von Versickerungsanlagen in Deutschland derzeit durch die Anwendung des DWA-Merkblatts M 153 geregelt. Die Gewässerpunkte, ein Rechenwert, welcher zum Schutz des Gewässers dient, werden dem Rechenwert zur Abflussbelastung gegenübergestellt. Wenn der Rechenwert für die Abflussbelastung unter den Gewässerpunkten liegt, sind keine gesonderten Behandlungsmaßnahmen erforderlich. Eine solche Bewertung wurde exemplarisch durchgeführt, der Bewertungsbogen liegt als Anlage C bei.

Als Gewässer, in welches das Sickerwasser eingeleitet werden soll, dient das Grundwasser. Es wird im Merkblatt mit 10 Gewässerpunkten bewertet. Einer Versickerung von Niederschlagswasser in Trinkwasereinzugsgebieten oder Wasserschutz-zonen bedarf einer Einzelfallbetrachtung, sie wird hier nicht behandelt.

---

<sup>11</sup> Böden mit Feinanteil unter 0,063 mm über 15 Masse-% werden als bindig bezeichnet.

Niederschlagswasser kann mit Schadstoffen aus der Luft oder mit Schadstoffen von den Flächen im Einzugsgebiet belastet sein. Die Luftbelastung wird je nach Lage der Sportanlage im Siedlungsraum und Verkehrsaufkommen mit 1 bis 4 Bewertungspunkten bewertet. Während auf den Sportanlagen selbst keine nennenswerten Abgase freigesetzt werden, können in der Umgebung andere Bedingungen herrschen. Beispielsweise liegt der Sportplatz Dohnaer Straße 154 in Dresden neben einer vierspurigen Straße mit einem Verkehrsaufkommen von 35.400 Kfz/Tag, was eine Einstufung in Klasse L 3 mit 4 Bewertungspunkten rechtfertigt (*Themenstadtplan Dresden, 2022*). Bei der Bewertung wird die Luftbelastung demzufolge variabel mit 1 bis 4 Punkten angesetzt.

Eine Flächenkategorie „Sportanlagen“ ist im Merkblatt nicht enthalten. Die Belastung der Flächen im Einzugsgebiet wurde mit 5 Punkten für Kategorie F1 „Gründächer, Gärten, Wiesen und Kulturland mit möglichem Regenabfluss in das Entwässerungssystem“ angesetzt. Es handelt sich nicht um verunreinigte befestigte Flächen. Niederschlagswasser muss außerdem, bevor es ins Entwässerungssystem gelangt, mindestens durch eine 20 cm dicke mineralische Tragschicht und eine Drainpackung sickern. Diese Einstufung erscheint deshalb schlüssig und ist darüber hinaus gängige, von Unteren Wasserbehörden bestätigte Praxis.

Es ergibt sich eine Gesamt-Abflussbelastung von 6 bis 9 Punkten, welche 10 Gewässerpunkten gegenübersteht. Eine Abwasserbehandlung ist bei Kunststoffrasenplätzen demzufolge nicht erforderlich, da der Rechenwert für die Abflussbelastung unter den Gewässerpunkten liegt.

## 2.4 Tragfähigkeit des Planums

Die Tragfähigkeit bindiger Böden ist stark vom Wassergehalt abhängig. Die Weichheit solcher Böden wird durch die Konsistenzzahl  $I_c$  ausgedrückt. Die Tragfähigkeit eines Bodens nimmt bei Durchfeuchtung ab (Tabelle 7: Rechenwert E (Verformungsmodul) zur Darstellung der Veränderung der Tragfähigkeit bei Durchfeuchtung bei gemischtkörnigem Boden SU\* (Landesamt für Straßenbau, 2004)).

**Tabelle 7: Rechenwert E (Verformungsmodul) zur Darstellung der Veränderung der Tragfähigkeit bei Durchfeuchtung bei gemischtkörnigem Boden SU\* (Landesamt für Straßenbau, 2004)**

Bodenzustand	$I_c^{12}$	E [MN/mm <sup>2</sup> ]
Wassergehalt unterhalb des optimalen Wassergehalts, keine zusätzliche Durchfeuchtung	>1	30
Zwischenstufe		20
Wassergehalt kann über den optimalen steigen, zeitweilig zusätzliche Durchfeuchtung	0,75 – 1	15

Die Tabelle sagt aus, dass sich die Tragfähigkeit des Erdplanums eines lehmigen, gemischtkörnigen Bodens mit einem hohen Feinanteil bei zeitweiliger Durchfeuchtung und erhöhtem Wassergehalt halbiert. Diese Werte sind Richtwerte, sie basieren auf Erfahrungen und dienen als Anhaltspunkte bei der Planung zur Bemessung des im Straßenbau bei mangelnder Tragfähigkeit erforderlichen Bodenaustauschs.

<sup>12</sup> Konsistenzzahl nach DIN 4022

Im Straßenbau ist aus diesem Grund bei bindigen Böden das Erdplanum zusätzlich zur Belagsoberfläche zu entwässern. Die örtlichen Verhältnisse werden bei der Bemessung der Dicke des Straßenoberbaus in Hinblick auf mögliche Durchfeuchtung des Erdplanums berücksichtigt.

Bei Sportanlagen herrschen andere Verhältnisse als im Straßenbau. Sportplätze werden kaum belastet, lediglich Pflegefahrzeuge mit sehr geringem Gewicht dürfen dort fahren. Durch den Schichtenaufbau ergibt sich eine lastverteilende Wirkung. Die stärksten Belastungen muss das Erdplanum zweifellos während der Bauphase aushalten.

Das Erdplanum eines jeden Sportplatzes ist geneigt. Wasser darf auch bei Sportanlagen nicht auf dem Erdplanum stehen, damit Frostschäden ausgeschlossen werden und das Erdplanum nicht aufweicht. Die Drainagen oder rohrlosen Sickerpackungen müssen das Erdplanum sicher entwässern.

## 3 Versuchsaufbau und Versuchsmethodik

### 3.1 Einleitung

Erste konkrete Ideen zur neuen Bauweise und zum F+E-Projekt entstanden Ende 2019. Es erfolgten eine Literaturrecherche zur Thematik und die Abstimmung und Eingrenzung des Themas mit der externen Projektgruppe und der Forschungs koordinierung des LfULG. Forschungsfragen und Versuchsmethodik wurden im Herbst 2021 mit Prof. Dr. Cierjacks erarbeitet.

Die Bautechnik beim Sportstättenbau und die Bemessung und Planung von Versickerungsanlagen sind bekannt und gut dokumentiert. Die bloße Ableitung der neuen Bauweise aus der Literatur wäre theoretisch möglich, ist jedoch nach eigenen Praxiserfahrungen gerade nicht sinnvoll. Beide Fachrichtungen arbeiten derzeit nur selten gemeinsam.

Über den Abflussbeiwert von Sportanlagen und die Verzögerung des Abflusses im Oberbau gibt es beispielsweise keine verlässlichen Daten. Die Daten müssen eigens erhoben und mit einer empirischen Arbeit ausgewertet werden, eine rein theoretische Arbeit wäre nicht zielführend gewesen.

Die Sickerpackungen der neuen Bauweise wurden deshalb mit begründet angenommenen Werten vorbemessen. Die Vorbemessung diente dazu, bei der Entwurfsplanung angemessene Querschnitte für den Bau der Versuchsanlage zu finden. Sie liefert damit auch eine Hypothese, die mit Versuchen überprüft werden soll.

### 3.2 Anforderungen an die Versuchsanlage

Im LfULG ist bei jedem F+E-Projekt zunächst eine Projektskizze vorzulegen, um Forschungsmittel nutzen zu können. Die Projektskizze wird mit der Forschungs koordinierung beim Präsidium des LfULG abgestimmt. Dort wird auch auf Versuchsaufbau und Kosten eingegangen. Da Kostensicherheit bei der Planung der Mittel eine wichtige Rolle spielt, sollte der Versuchsaufbau zu diesem Zeitpunkt bereits weitgehend feststehen.

Um die Versuchsfragen zu beantworten und darüber hinaus in der praktischen Anwendung auch Skeptiker zu überzeugen, muss der Versuchsaufbau einige Randbedingungen erfüllen und die Untersuchung zentraler Parameter erlauben.

- Die Bemessung der Sickerpackungen muss mit den Versuchen überprüft werden können.
- Die Sickerpackungen sollten groß genug sein, um anfallendes Niederschlagswasser aufzunehmen und zur Versickerung zu bringen. Die Tragschicht auf dem Erdplanum darf nur in Ausnahmefällen als Speicher genutzt werden, damit Frostschäden ausgeschlossen sind.
- Die Anlage dient auch zur Demonstration der neuen Bauweise sowie zur Überleitung der Erkenntnisse und Vorschläge in Normenwesen und Baupraxis. Der Bemessungsfall sollte deshalb bei den Versuchen dargestellt werden. Eine der geprüften Varianten sollte dem Aufbauvorschlag entsprechen bzw. ihm möglichst nahekommen (Biometrische Gesellschaft, 2012).
- Da die Abflussbeiwerte mit der Regenspende variieren, ist der Bemessungsregen möglichst auch auf der Versuchsanlage zu simulieren. Versuche mit wesentlich geringeren oder höheren Regenspenden können Einfluss auf die Versuchsergebnisse haben.
- Der Abflussbeiwert muss mit den Versuchen überprüfbar sein.
- Das Erdplanum wird überbaut. Die Infiltrationsrate auf dem Erdplanum ist gering, aber vorhanden. Sie ist sehr wahrscheinlich geringer als auf dem Planum der Sickerpackungen. Sie muss beim Bau dokumentiert werden.

Bei der Bemessung der Sickerpackungen bedürfen zwei Werte, Abflussbeiwert und Infiltrationsrate, einer ausführlicheren Erläuterung. Sie sind durchaus variabel und beeinflussen das Ergebnis erheblich. Diese Werte werden in eigenen Abschnitten behandelt, danach wird auf die Dimensionierung der Sickerpackungen, die Tragfähigkeit des Schotterplanums und den Versuchsaufbau eingegangen.

### 3.3 Abflussbeiwert

Der Abflussbeiwert spielt bei der Dimensionierung der Entwässerungseinrichtungen eine grundlegende Rolle. Die Rahmenbedingungen werden in Abschnitt 2.2.3 erläutert.

Bei der Planung und im langjährigen Betrieb von Sportanlagen wurde beobachtet, dass Versickerungsanlagen, die mit dem DWA-Arbeitsblatt 138 korrekt bemessen worden sind, sehr groß oder zu groß ausfallen. Bewiesen werden konnte dieser Umstand derzeit mangels eigener Daten nicht.

Es wurde aber nach Abwägung der Risiken vom Eigenbetrieb Sportstätten Dresden eine Reihe von Sportanlagen geplant und gebaut, deren Entwässerung über Versickerungsanlagen mit einem abweichenden mittleren Abflussbeiwert,  $c_m = 0,15$ , dimensioniert worden ist. Die Entwässerung dieser Anlagen funktioniert bis dato ohne Beanstandungen.

Der Abflussbeiwert wasserdurchlässiger Sportanlagen als Verhältniswert aus Abflussvolumen und Niederschlagsvolumen kann im Unterschied zu befestigten Flächen nicht als Oberflächenabfluss ermittelt werden, da die Entwässerungsebene auf dem Erdplanum liegt.

Es liegen einige Untersuchungen zum Oberflächenabfluss wasserdurchlässiger Beläge (Schmitt et al., 2007), (DWA-AG ES-2.6, 2009), (Illgen, 2009) und zur Wasserinfiltration von Tragschichten (Wolf, 2014) vor. Untersuchungen zur Menge des Wassers, welches durch eine Schottertragschicht durchsickert und auf dem Erdplanum abläuft, sind nicht bekannt. Einzelne Daten kann man aus den genannten Untersuchungen ableiten, es handelt sich hierbei aber um keine Versuchsergebnisse, eher um Beobachtungen. Der Zweck der Versuche ist jeweils ein anderer. Etwa 10 bis 20 % des Niederschlagswassers sickert demnach bei lysimeterähnlichen Versuchsaufbauten durch den Aufbau.

Vergleichbar sind auch Ergebnisse von Untersuchungen aus der Dachbegrünung. Dort ist die Menge an Sickerwasser, welche den Dachaufbau durchsickert, für die Bemessung der Entwässerungseinrichtungen von besonderer Wichtigkeit. In der FLL-Dachbegrünungsrichtlinie wird der Spitzenabflussbeiwert  $c_s$  bei 25 bis 50 cm Substratdicke mit 0,2 angesetzt (FLL, 2016). Die Werte in der Dachbegrünungsrichtlinie liegen für die Anwendung in der Planung „auf der sicheren Seite“ (Lösken, 2016).

Für die Planung der Sickerpackungen der Versuchsanlage wurde im Ergebnis dieser Überlegungen abweichend von den Angaben in den Regelwerken ein Abflussbeiwert von 0,1 angesetzt.

### 3.4 Infiltrationsrate

Die Bodenverhältnisse in der Versuchsfläche wurden bei der Planung und in der Bauphase untersucht. Die Bodenschichten wurden Homogenbereichen zugeordnet. Vom Unterboden im Bereich der Sickerpackungen wurde eine Mischprobe genommen. Ihre Korngrößenverteilung wurde per Siebanalyse ermittelt.

- Homogenbereich 1: Oberboden, Schichtdicke 30 bis 40 cm,
- Homogenbereich 2: Unterboden, Schichtdicke 40 bis 100 cm, Schluff, sandig, schwach kiesig, F3-Boden, frost- und wasserempfindlich, 44 Masse-% Feinanteil unter 0,063 mm,
- Homogenbereich 3: Unterboden, Schichtdicke 210 bis 270 cm, Sand, feinkornarm, F1-Boden, sickerfähig.

Grundwasser steht erst in mindestens 6,00 m Tiefe an.

Die Bodenverhältnisse auf der Versuchsfläche sind nur augenscheinlich homogen, die Infiltrationsraten im natürlich gelagerten Boden variieren. Im Bereich direkt östlich neben der Versuchsanlage wird das F+E-Projekt Versickerung und Bepflanzung durchgeführt. Dort wurden 2019 21 Sickerringe aus Beton 70 cm tief in den Boden eingebaut. Oberboden und darunterliegender Bodenkörper wurden dabei möglichst ungestört gelassen. Nach Setzung der Böden und ersten Versuchen wurden Infiltrationsmessungen durchgeführt. Die dort gemessenen Infiltrationsraten<sup>13</sup> liegen zwischen  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s und  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s. Die Infiltrationsraten weichen also um Faktor 5 voneinander ab.

Die Abweichungen liegen vor allem in den Bodenverhältnissen begründet. Wenn man Erdarbeiten im Versuchsfeld verfolgt, sind kleinräumige Abweichungen von Lagerungsdichte und Korngröße erkennbar. Weitere Gründe für die Abweichungen sind die unterschiedliche Dichtigkeit der Betonringe und unterschiedliche Randeffekte an den Sickerringen. Die letztgenannten Umstände wirken sich jedoch verhältnismäßig gering auf die Versickerungsleistung aus. Die Betonringe nehmen im Vergleich zur Gesamtwassermenge in den Ringen nur wenig Wasser auf. Die Versickerungsraten in den Randbereichen haben sich durch Setzungen des Bodens und das Einschlämmen etwaiger Zwischenräume zwischen Sickerringen und Boden während der ersten Versuche angeglichen.

Die Wasserinfiltrationsrate auf der Sohle der Sickeranlage musste bei der Planung, also lange vor dem Bau, feststehen. Zu erwartende Infiltrationsraten im Bereich der Versuchsanlage waren aus früheren Messungen bekannt. Wegen der erfahrungsgemäß unterschiedlichen Werte wurde eine Annahme getroffen.

Als Infiltrationsrate für die Planung wurde  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s angesetzt. Wäre sie noch geringer, stauen Versickerungsanlagen lange ein. Dann können anaerobe Verhältnisse auftreten, welche die Leistung der Versickerungsanlage verringern (DWA, 2005).

Die Wasserinfiltrationsraten auf dem verdichteten Erdplanum wurden beim Bau der Anlage in den vier Feldern mit Doppelring-Infiltrimeter durch ein externes, über die Baufirma beauftragtes Büro, Bophys aus Schkeuditz, gemessen (Tabelle 8: Infiltrationsraten und Verformungsmoduln auf dem Erdplanum der Versuchsanlage (Bophys GmbH, 2020), Anlage D).

**Tabelle 8: Infiltrationsraten und Verformungsmoduln auf dem Erdplanum der Versuchsanlage (Bophys GmbH, 2020), Anlage D**

Feld	A	B	C	D
Infiltrationsrate $i_c$ [mm/h]	8	14	15	17
Infiltrationsrate $i_c$ [m/s]	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$3,9 \cdot 10^{-6}$	$4,2 \cdot 10^{-6}$	$4,7 \cdot 10^{-6}$
Verformungsmodul $E_{v_d}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	24,81	36,95	37,50	31,21

<sup>13</sup> Diese Infiltrationsraten liegen höher als die des Unterbodens, sind aber nur eingeschränkt damit vergleichbar. Belebter, strukturreicher Oberboden enthält durch Bioturbation und Pflanzenwurzeln einen höheren Anteil an versickerungswirksamen Makroporen. Die Infiltrationsrate des Oberbodens wurde ferner mit anderen Verfahren, insbesondere bei einem höheren Wasserstand, gemessen als die Wasserdurchlässigkeit des Unterbodens.

Die Infiltrationsraten weichen mit Faktor 2 beim verdichteten Erdplanum weniger stark voneinander ab als um Faktor 5 bei natürlich gelagertem Boden. Auch wenn die Messungen für Abschnitte von 30 m<sup>2</sup> Fläche aus bautechnischer Sicht als repräsentativ einzustufen sind, erfolgten sie nur punktuell. Mögliche Abweichungen bei der Infiltrationsrate des Erdplanums können nicht ausgeschlossen werden.

Das Verformungsmodul  $E_{v_d}$  wurde der Vollständigkeit halber in der Tabelle angegeben. Der Wert ermöglicht Aussagen zur Tragfähigkeit. Die gemessenen Werte reichen für Bau und Betrieb der Anlage aus.

### 3.5 Vorläufige Dimensionierung der Sickerpackungen

Die Sickerpackungen wurden mit ATV-A138.xls von Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH dimensioniert. Die in der Versuchsanlage geplanten Kiespackungen werden wie Rigolen bemessen. Das Programm ermittelt als Zielgröße iterativ die erforderliche Rigolenlänge. Die Dimensionierung liegt in Anhang B bei.

Im Abstand von 6 m sind auf der Versuchsanlage Sickerpackungen quer zur Neigung des Erdplanums geplant. Es wird zur Bemessung eine Einzugsgebietsfläche  $A_E$  von 600 m<sup>2</sup> angesetzt. Wenn das Programm eine Rigolenlänge von 100 m ermittelt, würden die Eingabedaten passen, freilich ohne Reserven.

Als Abflussbeiwert  $\psi_m$  wird 0,1 angesetzt. Die undurchlässige Fläche  $A_U$  wird vom Programm als Produkt von  $A_E$  und  $\psi_m$  ermittelt, sie beträgt 60 m<sup>2</sup>.

Als Höhe der Rigole  $h$  wird 0,35 m eingegeben, im Programm rundet automatisch auf 0,4 m und rechnet mit 0,35 m. Die Breite  $b_R$  beträgt 0,4 m.

Der Speicherkoeffizient beträgt 0,35. Da das Wasser in der Sickerpackung nicht über Rohre eingespeist und verteilt wird, sondern seitlich zuläuft, bleiben die betreffenden Zeilen leer.

Als Regenhäufigkeit  $n$  wurde  $0,5/a$ , der zweijährliche Regen, gewählt. Nach den Hinweisen zur Bemessung von Versickerungsanlagen, dargestellt in Tabelle 4, wäre auch die Wahl des einjährigen Regens möglich gewesen. Es handelt sich bei Freisportanlagen in der Regel um Grün- und Freiflächen abseits von Gebäuden mit geringen Auswirkungen. Da es jedoch auch Fälle gibt, bei denen mit stärkeren Auswirkungen eines Überstaus zu rechnen ist, wird die Sickerpackung mit dem zweijährlichen Regen bemessen.

Zur Berücksichtigung des Einflusses der Intensitätsvariabilität natürlicher Ereignisse wird nach DWA-A 117 ein empirischer Zuschlagsfaktor eingesetzt, der Zuschlagsfaktor soll zwischen 1,1 und 1,2 liegen (DWA, 2013). Es wurde 1,15 gewählt.

Die Regendaten des Standorts liegen in Anhang A bei. Bei der Bemessung wird im Programm immer nur der Bereich der Regendaten angegeben, bei dem sich die größte Rigolenlänge ergibt.

Die maßgebende Dauer des Bemessungsregens liegt nach Bemessung bei 1080 Minuten (18 Stunden), es ergibt sich eine erforderliche Rigolenlänge von 49,5 m. Das bedeutet, dass die Sickerpackung auf einen Füllungsgrad von 0,5 bemessen worden ist. Sie wird beim betrachteten 2-jährlichen Ereignis nur maximal halbvoll.

### 3.6 Berechnung der Entleerungszeit

Für die Berechnung der Entleerungszeit wird zunächst die Versickerungsfläche  $A_s$  der oben dimensionierten Sickerpackung als Mittelwert der benetzten Fläche bei Beginn der Versickerung und der benetzten Fläche am Ende der Versickerung ermittelt.

$$A_s = (A_{s,min} + A_{s,max})/2$$

Zu beachten ist, dass man hier von einer vollgefüllten Sickerpackung ausgeht. Die Sickerpackungen wurden unter 3.4 auf einen Füllungsgrad von 0,5 bemessen, hierzu weiter unten im Text.

$$A_s = ((100 \text{ m} * 0,35 \text{ m}) + (100 \text{ m} * (0,35 \text{ m} + 0,40 \text{ m} + 0,35 \text{ m}))) / 2 = 72,5 \text{ m}^2$$

Die Versickerungsleistung mit der folgenden Formel aus DWA-A 138-1 (2020) ermittelt.

$$Q_s = k_i * A_s$$

$Q_s$  = Versickerungsleistung [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$K_i$  = Infiltrationsrate [ $\text{m}/\text{s}$ ]

$A_s$  = Versickerungsfläche [ $\text{m}^2$ ]

Als Infiltrationsrate wird die nach DWA-A 138-1 geringste zulässige Infiltrationsrate eingesetzt.

$$Q_s = 1 * 10^{-6} \text{ m/s} * 72,5 \text{ m}^2 = 7,25 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Nun wird die Entleerungszeit berechnet. Die Dauer des Bemessungsregens mit einer Regenspende 120  $\text{l}/(\text{s} * \text{ha})$  wird mit der folgenden Formel interpoliert.

$$D_i = D_1 + (D_2 - D_1) * \frac{(r_i - r_1)}{(r_2 - r_1)}$$

$D$  = Dauer [ $\text{min}$ ]

$r$  = Regenspende [ $\text{l}/(\text{s} * \text{ha})$ ]

$i$  = interpolierter/zu interpolierender Wert

$_1$  = nächsthöherer Wert

$_2$  = nächstniedrigerer Wert

Für die dimensionierte Sickerpackung ergeben sich die in Tabelle 9 folgenden Niederschlagsmengen (Tabelle 9: Regendauern, Niederschlagsmengen und berechnete Entleerungszeiten für die Regenspende 120  $\text{l}/(\text{s} * \text{ha})$  in Dresden-Pillnitz). Zur Berechnung der Entleerungszeit wird die berechnete Niederschlagsmenge durch die Versickerungsleistung geteilt und in Stunden umgerechnet.

**Tabelle 9: Regendauern, Niederschlagsmengen und berechnete Entleerungszeiten für die Regenspende 120  $\text{l}/(\text{s} * \text{ha})$  in Dresden-Pillnitz**

Bemessungshäufigkeit $n$	0,5/a	0,1/a	0,033/a
Regendauer, interpoliert [ $\text{min}$ ]	24	35	59
Regenspende [ $\text{l}/(\text{s} * \text{ha})$ ]	120	120	120
Regenspende [ $\text{l}/\text{min} * \text{m}^2$ ]	0,72	0,72	0,72
Niederschlagsmenge auf 600 $\text{m}^2$ [ $\text{m}^3$ ]	10,368	15,120	25,488

Bemessungshäufigkeit $n$	0,5/a	0,1/a	0,033/a
Versickerungsleistung [m <sup>3</sup> /s]	7,25*10 <sup>-5</sup>	7,25*10 <sup>-5</sup>	7,25*10 <sup>-5</sup>
Entleerungszeit [s]	143007	208552	351559
Entleerungszeit [h]	39,7	57,9	97,6

Die Entleerungszeit von 48 h bei Regenspende von 120 l/(s\*ha) und vollgefüllten Sickerpackungen wird bei Ansatz des 2-jährlichen Regens eingehalten. Bei Ansatz des 10-jährlichen Regens wird sie um 10 Stunden überschritten. Bei Ansatz des 30-jährlichen Regens wird sie um mehr als das Doppelte überschritten.

Bei der Bemessung von Anlagen zur Niederschlagswasserversickerung ist die Entleerungszeit von rund 40 h bei Ansatz des 2-jährlichen Regens normal. Eine Versickerungsmulde hat bei den angesetzten ungünstigen Bodenverhältnissen und 30 cm Wasserstand eine Entleerungszeit von etwa 83 Stunden.

Längere Entleerungszeiten sind bei vollgefüllter Sickerpackung beim Bemessungsereignis nur alle 2 bis 3 Jahre zu erwarten. Die Sickerpackungen wurden auf einen Füllungsgrad von 0,5 bemessen. Sie werden beim betrachteten 2-jährlichen Regen nur maximal halbvoll, das geplante System enthält also damit eine planmäßige Reserve.

### 3.7 Tragfähigkeit des Schotterplanums

Drainagen oder Sickerpackungen werden nach dem flächenhaften Planieren und Verdichten des Erdplanums eingebaut. Das Erdplanum wird auch bei konventioneller Bauweise durch die Drainstränge unterbrochen. Das Drainmaterial wird lagenweise eingebaut und verdichtet, wobei hierzu keine einschlägigen Vorgaben hinsichtlich der Verdichtungswilligkeit des Drainmaterials, des Verdichtungsgrads oder der erforderlichen Tragfähigkeit existieren.

So werden in der Praxis für Drainstränge enggestufte, gewaschene Sande, die kaum tragfähig sind oder auch weitgestufte, verdichtungswillige Brechsand-Splitt-Gemische verwendet. Es sind jedoch keine Schäden an Sportplätzen durch Setzungen von Drainagen bekannt. Der Schichtenaufbau von Sportplätzen wirkt darüber hinaus lastverteilend.

Die Tragfähigkeit könnte nur mit einer leichten Fallplatte gemessen werden. Lastplattendruckversuche sind für fertiggestellte Sportanlagen nicht geeignet, sie erfordern zu schweres Gerät. Die Aussagekraft der Ergebnisse von Messungen mit der leichten Fallplatte ist in einer Tiefe über 20 cm eingeschränkt. Für tiefere Bereiche sind diese Messungen nicht aussagekräftig.

Bekannt ist, dass bindige Böden, wenn sie durchweicht sind, an Tragfähigkeit einbüßen. Allerdings sollten sich diese Veränderungen bei Böden mit Infiltrationsraten von über 1\*10<sup>-6</sup> m/s und Einstauzeiten von in der Regel bis 40 h nicht schädlich auswirken. Außerdem wird das Planum in den Sickerpackungen mit 35 cm Drainmaterial, 20 cm mineralischer Tragschicht und dem Kunststoffrasensystem überbaut. Die Lasten im Sportplatzbau sind gering, die stärkste Belastung tritt beim Einbau oder bei der Sanierung auf.

Auf Versuche zur Einschränkung der Tragfähigkeit durch die geplanten Sickerpackungen wird im Rahmen dieses Projekts aus den genannten Gründen verzichtet.

### 3.8 Versuchsaufbau

Als Sportbelag auf der Versuchsanlage wurde aus zwei Gründen Kunststoffrasen gewählt.

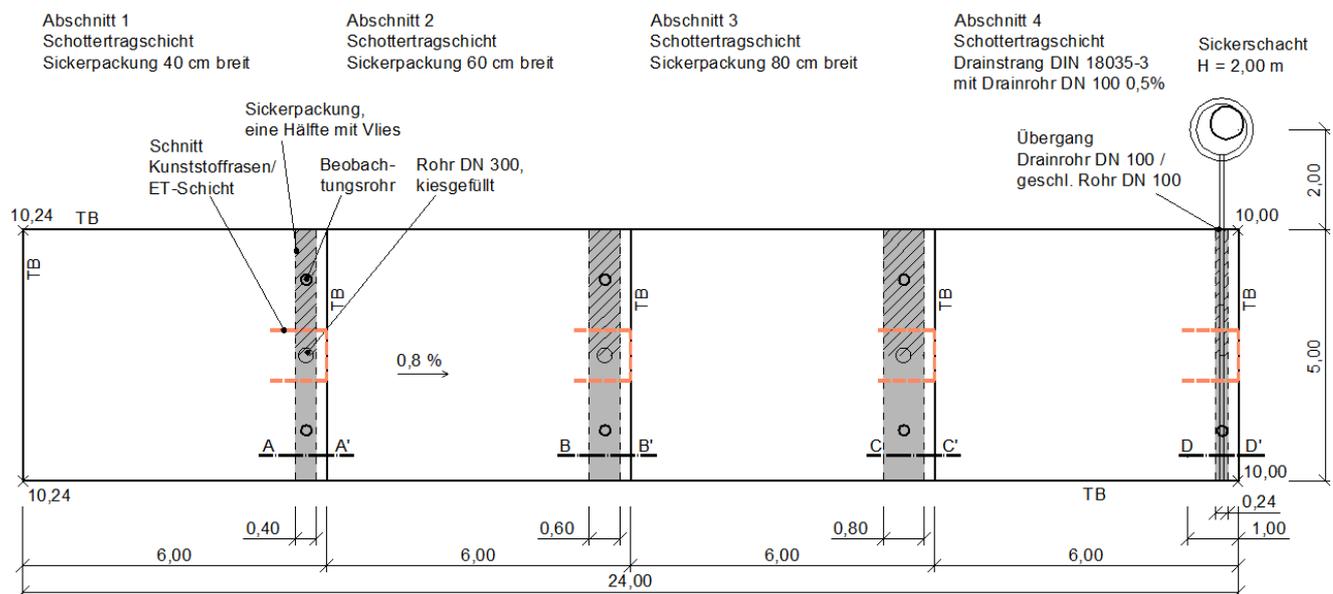
- Für den Breitensport werden faktisch nur noch Kunststoffrasenplätze neu gebaut. Bestehende Plätze werden zu Kunststoffrasenplätzen umgebaut.
- Der Aufbau eines Kunststoffrasenplatzes und die meisten verwendeten Bauprodukte sind streng genormt. Die Kunststoffrasendecke ist gleichmäßig wasserdurchlässig. Versuchsfehler durch unterschiedliche Eigenschaften des Oberbaus und eine unterschiedliche Ausbildung der Rasendecke sind bei Kunststoffrasen minimiert.

Die Versuchsanlage weist mehrere Sickerpackungen und eine konventionelle Drainpackung auf, damit eine ausreichende Bandbreite untersucht werden kann und ein Vergleich zwischen den Packungen möglich ist. Wenn die Dimensionierung der Sickerpackungen Spielraum für Abweichungen lässt, schienen drei verschieden große Sickerpackungen für Versuchszwecke ausreichend zu sein.

Jedes Feld ist 6,00 m lang und 5,00 m breit. Die Länge orientiert sich am Abstand von Drainsträngen, der DIN 18035-3 erforderlich ist.

Die Breite wurde gewählt, um bautechnisch bedingte Unterschiede auszugleichen. Beispielsweise können sich durch Ebenheitstoleranzen auf dem Planum, Toleranzen bei Baustoffen und Einbau Unterschiede ergeben, welche den Zufluss zu den Sickerpackungen beeinflussen.

Aus bautechnischen Gründen wurden die Felder direkt aneinandergereiht. Sie haben eine durchgehende Neigung von 0,8 % in Richtung der Sicker- und Drainpackungen, wie im Sportplatzbau üblich. Die Felder sind durch Tiefbordsteine (TB) voneinander getrennt, so dass kein Sickerwasser von einem Feld auf das andere überlaufen kann. Die Anlage ist im folgenden Grundriss dargestellt (Tabelle 14: Gegenüberstellung von Sickerflächen und Sickerraten).



**Abbildung 14: Grundriss der Versuchsanlage**

Es wurden vier Felder errichtet, die Anlage ist somit 24,00 m lang. Drei Felder wurden mit Sickerpackungen in drei Querschnitten mit Breite 40, 60 und 80 cm ausgestattet. Das vierte Feld wird mit einem konventionellen Drainstrang entwässert, der in einen Sickerschacht einbindet. Für den Sickerschacht wurde

ein Einlegesack aus Kunststoffmaterial gefertigt, so dass abfließendes Wasser aufgefangen werden kann. Sickerpackungen und Drainpackung liegen im 90°-Winkel zur Neigung der Anlage.

Auf der Anlage wird ein sandgefüllter Kunststoffrasen mit wasserdurchlässiger, elastischer Tragschicht eingesetzt. Die darunterliegende mineralische Tragschicht aus feinkornarmem Schotter ist 20 cm dick. Die Tragschicht wurde verdichtet, Wasserinfiltrationsrate und Tragfähigkeit wurden wie beim Erdplanum durch ein externes Büro gemessen. Sie sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt, zum Vergleich ist zusätzlich die Infiltrationsrate des Erdplanums angegeben (Tabelle 10: Infiltrationsraten und Verformungsmoduln auf der mineralischen Tragschicht der Versuchsanlage, siehe Anhang D (Bophys GmbH, 2020)).

**Tabelle 10: Infiltrationsraten und Verformungsmoduln auf der mineralischen Tragschicht der Versuchsanlage, siehe Anhang D (Bophys GmbH, 2020)**

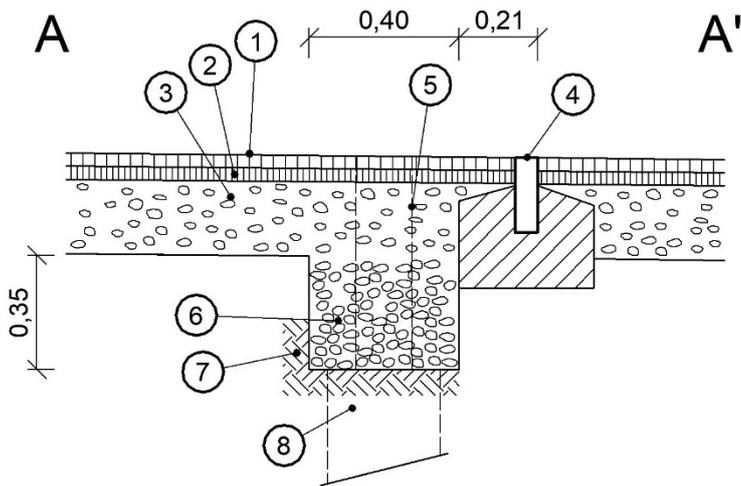
Feld	A	B	C	D
Infiltrationsrate $i_c$ [mm/h]	1242	1289	2320	1305
Infiltrationsrate $i_c$ [m/s]	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$6,4 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$
Verformungsmodul $E_{v_d}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	36,70	39,47	28,85	50,56
<i>Infiltrationsrate des Erdplanums <math>i_c</math> [mm/h]</i>	<i>8</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>17</i>

Die gemessenen Werte von Infiltrationsrate und Verformungsmodul liegen im bautechnisch erforderlichen Bereich.

Wenn man die Infiltrationsraten der mineralischen Tragschicht mit denen des Erdplanums vergleicht, wird deutlich, dass beim Sportplatzbau durch den wasserdurchlässigen Aufbau die Entwässerungsebene planmäßig nach unten auf das Erdplanum verlegt worden ist. Die Infiltrationsraten der mineralischen Tragschicht liegen um ein Vielfaches höher als die des Erdplanums.

Die geplanten drei Sickerpackungen sind verschieden breit, aber jeweils gleich hoch. Für das Speichervolumen in den Sickerpackungen ist das Verhältnis von Höhe zu Breite unerheblich. Aus bautechnischer Sicht wären schmalere Sickerstränge möglicherweise vorteilhaft, da das verdichtete, tragfähige Erdplanum in geringerem Maße unterbrochen wird. Andererseits müssten tiefere Gräben bei bestimmten Bodenverhältnissen gesichert werden. Das Seitenverhältnis wurde bei der Versuchsanlage so gewählt, dass die Höhe aller Sickerpackungen übereinstimmt. Die Wasserinfiltration in den Boden nimmt mit zunehmender Anstauhöhe zu. Die vertikale Sickergeschwindigkeit übersteigt die horizontale. Aus diesen Umständen resultierende Fehler bei der Ermittlung der Versickerungsleistung der Sickerpackungen sollen durch gleiche Höhen der Sickerpackungen ausgeglichen werden.

Die Felder der Versuchsanlage unterscheiden sich in der Breite der Sickerpackungen. Der Aufbau wird anhand von Schnitt A erläutert (Abbildung 15: Schnitt A durch eine Sickerpackung). Auf die Darstellung von Schnitt B und C wird verzichtet. Die Schnittführung ist im Grundriss dargestellt.



**Abbildung 15: Schnitt A durch eine Sickerpackung**

#### Beschreibung Schnitt A

##### 1 - 4 cm Kunststoffrasen

Eingebaut wurde ein Produkt der Firma Polytan, Bezeichnung LigaGrass Pro CoolPlus 238 13/8 ACS 73 Sand. Prüfzeugnisse der Eignungsprüfung gemäß DIN EN 15330-1:2013-12 und RAL-Gütezeichen 944/1; 2014-05 liegen vom Labor Lehmacher Schneider, Osnabrück, für das Gesamtsystem vor. Die Erfüllung der Anforderungen an die Umweltverträglichkeit des Produkts wird damit bestätigt.

##### 2 - 3,5 cm Elastische Tragschicht

Die Elastische Tragschicht wurde im Handeinbau eingebaut. Verwendet wurde ein Produkt der Firma Polytan, Bezeichnung ET 35.

##### 3 - 20 cm ungebundene STS DIN 18035-7 0/32

Die Schottertragschicht wurde einlagig ausgeführt. Ihre Zusammensetzung wurde durch einen Prüfbericht des Straßenbaulabors der TU Dresden nachgewiesen. Das eingesetzte Gemisch ist mit lediglich 1,8 Masse-% Kornanteil unter 0,063 mm besonders feinkornarm, erlaubt wären bis zu 5 Masse-%.

##### 4 - Tiefbord 6/20 mit Bettung und Rückenstütze

Eingebaut wurde ein handelsüblicher Tiefbord. Beim Einbau war auf Sauberkeit und die möglichst schmale Ausführung der Betonbettung zu achten, damit der Zufluss zu den Sickerpackungen nicht behindert wird.

##### 5 - Beobachtungsrohr Drainrohr DN 150 mit Deckel

Das Beobachtungsrohr dient zur Messung des Wasserstands in den Sickerpackungen mit Zollstock. Für die Rohre wurde Stangenware verwendet.

##### 6 - 30 cm Sickerpackung Kies 8/16 mm, B = 40 cm

In der Sickerpackung wurde handelsüblicher Kies 8/16 mm eingesetzt. Zur Ermittlung des Speichervolumens des Materials wurden in einem einfachen Feldversuch in einen Behälter 10 l Kies eingefüllt und mit einem Hammer verdichtet. Anschließend konnten noch bis Oberkante Kies 3,5 l Wasser nachgefüllt werden. Das in der Sickerpackung nutzbare Speichervolumen des Materials beträgt demzufolge 35 %.

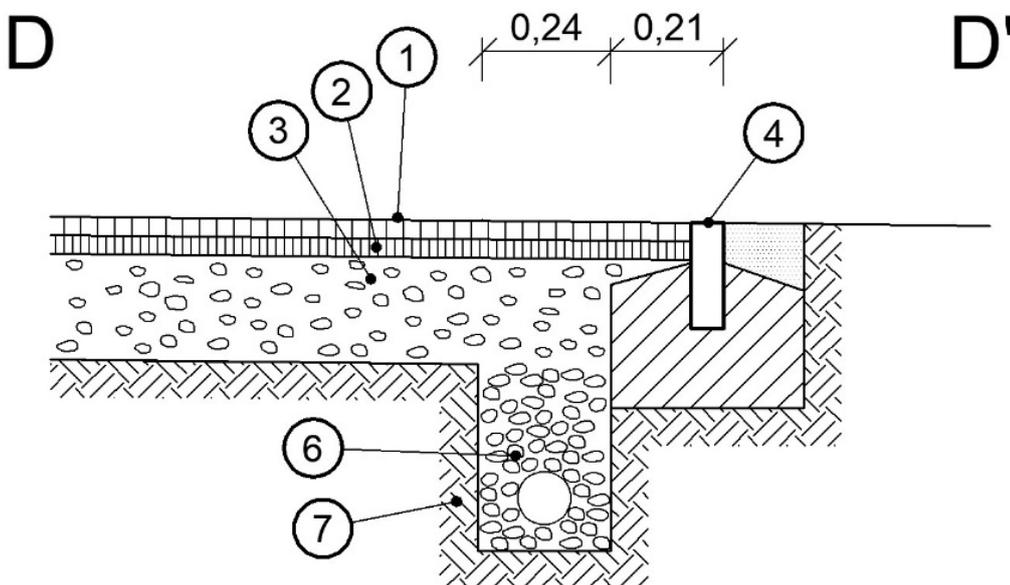
## 7 - anstehender Boden

Der anstehende Boden wurde bereits beschrieben. Im Bereich der Sickerpackungen wurde die Lagerungsdichte des Bodens beim Bau nicht verändert.

## 8 - Rohr DN 300, kiesgefüllt

Das Rohr war für den Fall gedacht, dass der Abflussbeiwert der Felder höher ausfällt als bei der Planung vermutet oder die Wasserdurchlässigkeit des anstehenden Bodens nicht ausreicht, um das anfallende Sickerwasser aufzunehmen. Dann können die Seitenwände des Rohres stellenweise geschlitzt werden, der Schacht dient als Sickerschacht und leitet anfallendes Wasser in tieferliegende Bereiche. Das Rohr wurde nicht gebraucht, die Versickerungsleistungen reichten aus.

Der Aufbau des vierten Felds der Versuchsanlage, welches konventionell entwässert wird, wird anhand von Schnitt D erläutert (Abbildung 16: Schnitt D durch die Drainpackung). Es wird nur die von Schnitt A abweichende Drainpackung zusätzlich beschrieben. Die Versuche, welche in dieser Arbeit beschrieben werden, wurden nur auf den Feldern A, B und C durchgeführt.



**Abbildung 16: Schnitt D durch die Drainpackung**

### Beschreibung Schnitt D

1 - 4 cm Kunststoffrasen

2 - 3,5 cm Elastische Tragschicht

3 - 20 cm ungebundene STS DIN 18035-7 0/32

4 - Tiefbord 6/20 mit Bettung und Rückenstütze

5 - Beobachtungsrohr Drainrohr DN 150 mit Deckel

6 - Drainpackung Kies 8/16 mm, B = 24 cm, mit Drainrohr DN 100, 0,5 % Gefälle

Als Drainrohr wird ein Vollsickerrohr mit Wassereintrittsfläche  $80 \text{ cm}^2/\text{m}$  als Stangenware verwendet, um das Rohr gleichmäßig im geplanten Gefälle verlegen zu können. Das Rohr wird auf 5 cm Kies verlegt und

mit Kies ummantelt. Das Volumen der Bettung ist bei den Messungen zu berücksichtigen. Sickerwasser staut sich zunächst in der Drainpackung an, bevor es zum Abfluss im Drainrohr kommt.

## 7 - anstehender Boden

Der Bauauftrag wurde nach beschränkter Ausschreibung vom LfULG an die Firma GLF aus Moritzburg/Boxdorf vergeben. Die Versuchsanlage wurde im Herbst 2020 errichtet, so dass sich das Bauwerk bis zum Versuchsbeginn noch setzen konnte. Die Anlage liegt in Dresden-Pillnitz, Lohmener Straße 12, auf dem Gelände des LfULG östlich der Obstlagerhalle. Sie ist über öffentliche Straßen erreichbar.

Zunächst wurde Oberboden abgetragen und vor Ort gelagert. Nach dem Erstellen des Planums und bereichsweisem Bodenaustausch wurden Sicker- und Drainpackungen in verschiedenen Breiten eingebaut. Dann erfolgte der Einbau der Randbegrenzungen und der Schichten des Sportplatzaufbaus. Baubegleitend wurden zu Dokumentationszwecken mehrfach Tragfähigkeit und Wasserdurchlässigkeit gemessen.

### 3.9 Versuchsablauf

In diesem Abschnitt wird das Vorgehen bei der Versuchsdurchführung erläutert (Abbildung 17: Versuchsaufbau bei den Versuchen Anfang Juli 2022). Erfahrungen bei Probeläufen der Versuchsdurchführung, die sich auf den Versuchsablauf auswirken, werden ebenfalls erklärt. Aus den Versuchsergebnissen berechnete Werte und ihre Herleitung werden im nächsten Kapitel erläutert.

Es wurden zwei Versuche durchgeführt. Der Sicker Versuch dient zur Ermittlung der Versickerungsleistung<sup>14</sup> der Sickerpackungen. Beim Beregnungsversuch werden die Felder beregnet und die Füllstände der Sickerpackungen gemessen.

Die Versuche fanden in relativ regnerischen Perioden statt, die Regenspenden in Dresden-Pillnitz waren Ende Juni 2022 aber gering. Der anstehende Boden war jedoch zumindest erdfeucht und nicht hart und ausgetrocknet wie in den Jahren 2018 und 2019. Vor der Durchführung von Versuchen wurden die Felder bzw. die Sickerpackungen jeweils vorgewässert.

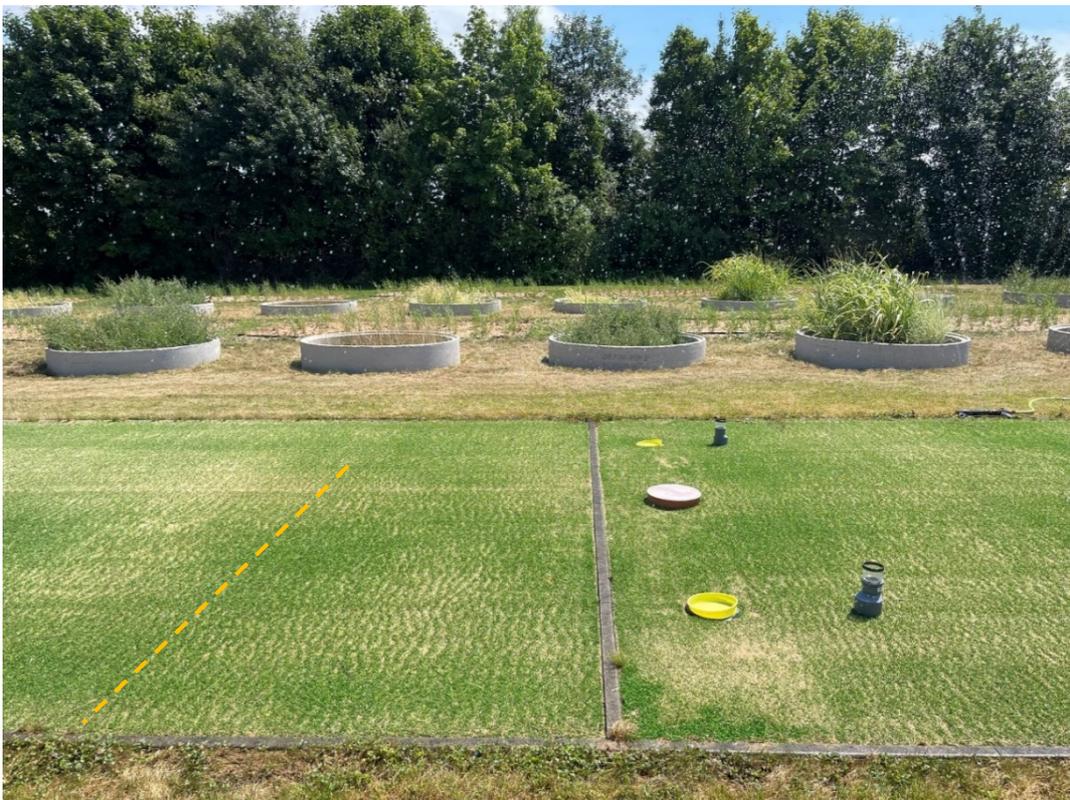
Das Zusammenfassen beider Versuche wurde erwogen. Zunächst beregnet man die Felder, anschließend würde das Absinken des Wasserspiegels gemessen werden. Bei der Beregnung stellen sich jedoch unerwünschte Nebenwirkungen ein. Bei den Beregnungsversuchen wird immer ein Teil des angrenzenden Feldes mitberegnet (Abbildung 17: Versuchsaufbau bei den Versuchen Anfang Juli 2022, Abbildung 18: Benetzung eines angrenzenden Feldes bei einem Windstoß).

---

<sup>14</sup> Die Begriffe „Versickerungsleistung“ und „Sickerrate“ bezeichnen beide das Wasservolumen pro Zeiteinheit, welches versickert. „Versickerungsleistung“ ist ein entwässerungstechnischer Begriff und in DWA-A 138 definiert, Sickerrate ist ein Begriff aus der Geotechnik.



**Abbildung 17: Versuchsaufbau bei den Versuchen Anfang Juli 2022**



**Abbildung 18: Benetzung eines angrenzenden Feldes bei einem Windstoß**

Die Größe des mitberegneten Anteils auf dem angrenzenden Feld und die dort niedergehende Wassermenge ist variabel, sie hängt davon ab, wie genau sich die Beregnungsbreite einstellen lässt, wie hoch

der Wasserdruck ausfällt und welche Windverhältnisse herrschen. Diese Faktoren können sich durchaus innerhalb kurzer Zeit ändern, sie lassen sich deshalb nur schwer erfassen.

Darüber hinaus wirken sich die Fließzeiten, welche sich im Feld einstellen, auf die Frage der Sickerraten aus. Mit dem jeweils anschließenden Feld wird der Bereich direkt über der Sickerpackung mit beregnet. Durch die geringe Fließzeit erhöht diese Beregnung die Wassermenge in der Sickerpackung, was ohne Zweifel die Versuchsergebnisse beeinflussen wird. Aus diesen Gründen werden die Versuche zur Ermittlung der Sickerraten und die Beregnungsversuche getrennt voneinander durchgeführt.

Zur Ermittlung der Versickerungsleistung der Sickerpackungen wurde eine der Sickerpackungen über ein Beobachtungsrohr mittels Schlauch befüllt. Wenn die Sickerpackung voll ist, wird die Befüllung beendet. Der sinkende Wasserstand wird alle 5 Minuten über einen Zeitraum von einer Stunde protokolliert (Abbildung 19: Ablesen des Wasserstands im Beobachtungsrohr).



**Abbildung 19: Ablesen des Wasserstands im Beobachtungsrohr**

Der Wasserstand wurde im jeweils anderen Beobachtungsrohr abgelesen, nicht an dem Rohr, in welchem eingefüllt worden ist. Bei der Befüllung über ein Beobachtungsrohr dauert es einige Zeit, 10 Minuten und länger, bis überall in der Sickerpackung der gleiche Wasserstand erreicht ist.

Bei der Versuchsauswertung fällt auf, dass trotz Vorwässerns der Wasserspiegel in den Sickerpackungen in der ersten Zeit deutlich schneller sinkt als im weiteren Verlauf. Gründe können die verzögerte Ausbreitung des Wassers in den Sickerpackungen, mögliche Ungenauigkeiten bei der Bauausführung oder unterschiedliche Sickergeschwindigkeiten in der Phase direkt nach dem Einfüllen sein. Die Sickerrate nimmt ferner mit zunehmender Regendauer ab wegen der eingeschlossenen, nicht mehr entweichenden Porenluft, die die weitere Durchsickerung blockiert. Die größere Sickerfläche, wenn zu Beginn des Vorgangs die gesamten 35 cm Höhe benetzt sind, und der etwas höhere Wasserdruck in dieser Phase, tragen ebenfalls dazu bei. Von den über den Zeitraum von einer Stunde protokollierten Werten wurden, um Fehler zu vermeiden, nur die Werte der letzten 45 Minuten in die Ermittlung der Sickerraten einbezogen.

Beim Berechnungsversuch wurden die Felder beregnet und die Füllstände der Sickerpackungen ermittelt.

Berechnungsanlagen für gärtnerische Zwecke sind grundsätzlich nicht darauf ausgelegt, Starkregenereignisse zu simulieren. Der Regen soll sanft niedergehen und langsam in den Boden einsickern. Für die Versuche wurde jedoch vergleichsweise starker Regen gebraucht.

Sprinkleranlagen zur Kühlung von Holzstapeln oder für Löschzwecke sind zu stark und damit ungeeignet. Es wurden also handelsübliche Regner verwendet, die einstellbar sind und an sich eine weit größere Fläche beregnen sollen.

Die Beregnung eines 30 m<sup>2</sup> großen Feldes erfolgte über zwei Rechteckregner. Um Druckverluste zu minimieren, wurden 1-Zoll-Schläuche zum Heranführen des Wassers an die Felder verwendet. Die Regner wurden über ein T-Stück und kurze ¾-Zoll Schläuche angeschlossen. Verwendet wurde Brunnenwasser, welches zur Beregnung im Versuchsfeld vorgehalten wird. Im Bereich der Versuchsanlage steht eine Anschlussleitung mit einer gemessenen Durchflussmenge von maximal etwa 4,2 m<sup>3</sup>/h zur Verfügung.

Das Wetter im Juni und Anfang Juli 2022 war durch etwas Niederschlag, starke Sonneneinstrahlung und warmen, starken Wind gekennzeichnet. Beregnungswasser aus dem Brunnen wurde auch im Versuchsfeld der Abteilung 8 des LfULG in Dresden-Pillnitz gebraucht. Der Wasserdruck lag somit niedriger als ohne den Betrieb der Bewässerungsanlagen im Versuchsfeld. Er unterliegt zudem Schwankungen, je nachdem, wie im Versuchsfeld bewässert wird und ob die Zwischenspeicher dort gerade automatisch aufgefüllt werden.

Es konnten bei der Beregnung der Versuchsflächen Regenereignisse von um die 100 l/(s\*ha) simuliert werden. Eine Stunde bringt, zum Vergleich, etwa 36 l/m<sup>2</sup>.

Bedingt durch eine Havarie im Bewässerungssystem war die Bewässerung bei den Versuchen in diesem Zeitraum außerdem nicht uneingeschränkt möglich. Der Betrieb von Bewässerungsanlagen nach der regulären Arbeitszeit und am Wochenende war wegen der Havarie untersagt.

Die Niederschlagswassermenge wurde über Regenmesser gemessen. Es wurden 5 Stück aufgestellt, vier Stück an den Ecken eines Feldes, jeweils 1,00 m von den Borden entfernt, einer in der Mitte. Durch die einen Meter langen Bordsteine und die Rohrdeckel war eine gute Orientierung für die Aufstellung gegeben. Die während der Beregnung gemessene Wassermenge in den einzelnen Regenmessern war unterschiedlich. Sie hängt von der Aufstellung und Einstellung der Regner, vom Wasserdruck und vom Wind ab. Bei den Messungen wurde der Durchschnittswert ermittelt. Die Regenmenge im mittleren Regenmesser zählte hierbei doppelt, da dieser für eine größere Fläche steht als die Regenmesser an den Ecken des Feldes.

Die Felder wurden zunächst über eine Stunde vorgewässert, bis die Sohle der Sickerpackung nass und ein beginnender Einstau sichtbar war. Nach dem Versickern des Wassers begannen die Versuche.

Die Beregnung der Felder wurde kontinuierlich fortgesetzt. Nach etwa einer Stunde wurde jeweils der erste Einstau in den Sickerpackungen festgestellt. Bei Einstauhöhe von 1 cm oder gegebenenfalls auch etwas mehr wurde der Zeitpunkt notiert sowie die Wassermenge in den Regenmessern abgelesen. Nun wurden im Abstand von 15 min der Wasserstand in den Sickerpackungen und die Wassermenge in den Regnern gemessen und notiert. Da die Sickerpackung in Feld A nach 45 Minuten voll war, wurde der Versuch auf allen Feldern jeweils nach 45 Minuten Einstauzeit beendet. Insgesamt wurde während eines Versuchs auf jedem Feld also knapp zwei Stunden beregnet.

## 4 Versuchsergebnisse

### 4.1 Einleitung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Versuche und Berechnungen in Tabellenform dargestellt. Die Dimensionierung der Sickerpackungen wird unter Bezug auf diese Resultate verbal begründet. Im letzten Abschnitt werden die Forschungsfragen zusammenfassend beantwortet. Versuchsprotokolle liegen in Anhang E bei.

Statistische Auswertungen wurden mit dem Programm IBM SPSS Statistics Version 23 erstellt. Das Programm steht im LfULG zur Verfügung. Es wurden mit den gemessenen Sickerraten, den Niederschlagsmengen, die bis zum Einstau gemessen worden sind und den aus den Daten berechneten Abflussbeiwerten drei wesentliche Versuchsergebnisse statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik und der einfaktoriellen ANOVA liegen in Anhang F bei.

Bei der Auswertung der Beregnungsversuche wurden nur die Versuche im Juni/Juli 2022 berücksichtigt, da sie unter vergleichbaren Bedingungen in Bezug auf Witterung und Wasserdruck durchgeführt werden konnten.

### 4.2 Messergebnisse und Berechnungen

Aus den bei den Sickerversuchen gemessenen Werten wurden zunächst Infiltrationsraten und Versickerungsleistungen beziehungsweise Sickerraten errechnet.

Zur Ermittlung der Versickerungsleistung der Sickerpackungen wurden die Sickerraten der jeweils letzten 45 Minuten auf eine Stunde hochgerechnet (Faktor  $1,3\bar{3}$ ). Die Sickerfläche wurde aus den Maßen der Sickerpackung mit der Formel aus DWA-A 138-1 berechnet.

$$A_s = (A_{s,min} + A_{s,max})/2$$

Aus den Werten wurde zu Vergleichszwecken die Infiltrationsrate  $k_{mod}$  berechnet. Die bei den Versuchen ermittelte Differenz der Wasserstände wurde zu diesem Zweck von cm/h auf m/s und, da sich die Infiltrationsrate  $k$  auf die vertikale Infiltration bezieht, auf die Grundfläche der Sickerpackung umgerechnet. Da die Sickerpackung kiesgefüllt ist, geht die Differenz der Wasserstände nur zu 35 % in die Rechnung ein. Bei Absinken des Wasserspiegels in der kiesgefüllten Sickerpackung beispielsweise um 10 cm versickern, wenn das Kiesvolumen abgezogen wird, nur 3,5 cm Wassersäule.

$$k_{mod} = \Delta(60 \text{ min}) * 0,35 \div 100 \div 3600 * \frac{A_{s,min}}{A_{s,max}}$$

Die Sickerrate  $V_s$  kann mit den oben berechneten Hilfwerten berechnet oder einfach als Wassermenge, welche in der Sickerpackung binnen 60 Minuten versickert ist, angegeben werden.

$$V_s = A_s * k_{mod} * 3600$$

$$V_s = L * B * \Delta(60 \text{ min}) * 0,35$$

Bei der Auswertung wurde zu Vergleichszwecken die Regenspende pro Quadratmeter in die Regenspende in l/(s\*ha) umgerechnet. Als Dauerstufe  $D$  gilt die jeweilige Beregnungszeit.

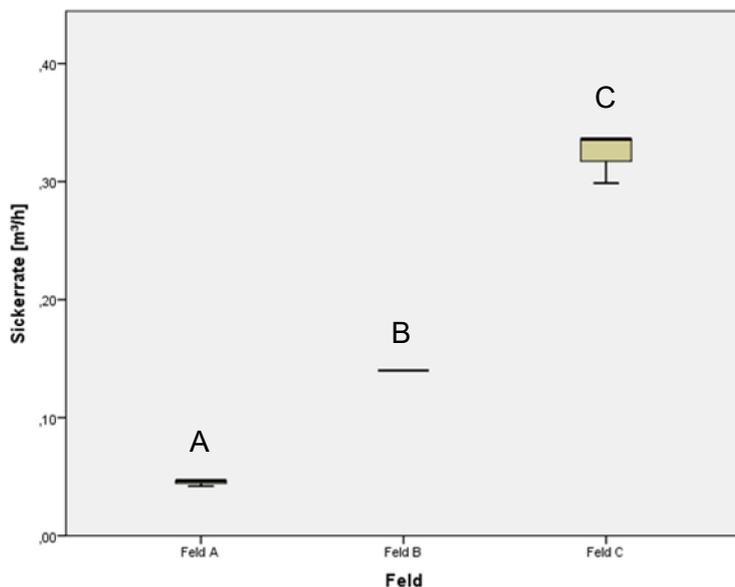
$$r \left[ \frac{l}{s} * ha \right] = r [l/m^2] \times 10000 \div D [min] \div 60$$

Tabellarisch zusammengefasst ergeben sich die folgenden Ergebnisse (Tabelle 11: Ermittlung der Sickerraten – Messergebnisse und Berechnungen).

**Tabelle 11: Ermittlung der Sickerraten – Messergebnisse und Berechnungen**

	<b>Feld A (40/35)</b>	<b>Feld B (60/35)</b>	<b>Feld C (80/35)</b>
Infiltrationsrate Erdplanum $k_i$ [m/s]	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$3,9 \cdot 10^{-6}$	$4,2 \cdot 10^{-6}$
Sickerfläche $A_{s,min}$ [m <sup>2</sup> ]	2	3	4
Sickerfläche $A_{s,max}$ [m <sup>2</sup> ]	5,5	6,5	7,5
Sickerfläche $A_s$ [m <sup>2</sup> ]	3,75	4,75	5,75
<b>Versuch am 2. 12. 21</b>			
$\Delta$ Wasserspiegel, 60 min [cm]	6	13	21
Infiltrationsrate Sickerpackung $k_{mod}$ [m/s]	$3,26 \cdot 10^{-6}$	$7,07 \cdot 10^{-6}$	$1,11 \cdot 10^{-5}$
Sickerrate $V_s$ [m <sup>3</sup> /h]	0,03	0,12	0,23
<b>Versuch am 2. 7. 22, vormittags</b>			
$\Delta$ Wasserspiegel, 60 min [cm]	7	13	24
Infiltrationsrate Sickerpackung $k_{mod}$ [m/s]	$2,36 \cdot 10^{-6}$	$7,07 \cdot 10^{-6}$	$1,24 \cdot 10^{-5}$
Sickerrate $V_s$ [m <sup>3</sup> /h]	0,03	0,12	0,26
<b>Versuch am 2. 7. 22, nachmittags</b>			
$\Delta$ Wasserspiegel, 60 min [cm]	7	13	24
Infiltrationsrate Sickerpackung $k_{mod}$ [m/s]	$2,36 \cdot 10^{-6}$	$7,07 \cdot 10^{-6}$	$1,24 \cdot 10^{-5}$
Sickerrate $V_s$ [m <sup>3</sup> /h]	0,03	0,12	0,26
<b>Ø Sickerrate <math>V_s</math> [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>0,03</b>	<b>0,12</b>	<b>0,25</b>

Um Daten zu Sickerraten, Niederschlagsmengen und Abflussbeiwerten bei den Versuchen zu gewinnen, steht nur eine Versuchsanlage zur Verfügung. Die Anlage dient somit, da Wiederholungen fehlen, vor allem der Demonstration. Die Aussagekraft und Auswertbarkeit der Daten wäre höher, wenn mehrere Wiederholungen zur Auswertung zur Verfügung stehen würden, um zufällige Fehler auszuschließen. Andererseits sind Baustoffe und Einbaubedingungen genormt. Die Versuchsergebnisse sind deshalb grundsätzlich verwertbar. Die Sickerraten wurden ausgewertet (Abbildung 20: Box-Plot der gemessenen Sickerraten).



**Abbildung 20: Box-Plot der gemessenen Sickerraten**

Die gemessenen Sickerraten unterscheiden sich von Feld zu Feld signifikant (Signifikanz < 0,000). Die von Feld zu Feld unterschiedlichen Sickerflächen der Sickerpackungen können demzufolge als die wesentliche Ursache für die unterschiedlichen Sickerraten angesehen werden.

Bei den Beregnungsversuchen wurden die Regenmengen, welche sich bei der Beregnung einstellten, Regendauern und gegebenenfalls zugehörige Wasserstände in den Sickerpackungen gemessen. Die Werte dienen als Grundlage für die Ableitung des Abflussbeiwerts, zur Dimensionierung der Sickerpackungen und für weitere Parameter (Tabelle 12: Beregnungsversuche - Messergebnisse und Berechnungen).

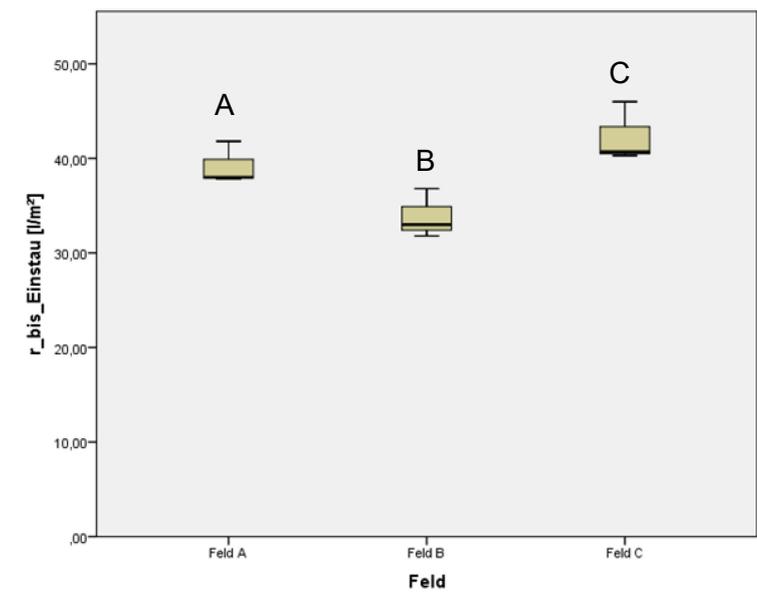
**Tabelle 12: Beregnungsversuche - Messergebnisse und Berechnungen**

	Feld A (40/35)	Feld B (60/35)	Feld C (80/35)
Infiltrationsrate Erdplanum $k_i$ [m/s]	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$3,9 \cdot 10^{-6}$	$4,2 \cdot 10^{-6}$
Sickerfläche $A_s$ [m <sup>2</sup> ]	3,75	4,75	5,75
<b>Versuch am 1. 12. 21</b>			
Gesamtdauer der Beregnung [min]	82	77	86
Dauer bis zum Einstau [min]	37	32	41
Niederschlag bis zum Einstau [l/m <sup>2</sup> ]	39,8	21,5	25,7

	Feld A (40/35)	Feld B (60/35)	Feld C (80/35)
Wasserstand bei Versuchsende [cm]	45	32	9
Niederschlag insgesamt [l/m <sup>2</sup> ]	71,5	50,3	57,5
Regenspende [l/s*ha]	145,3	108,9	111,4
<b>Versuch am 30. 6. 21</b>			
Gesamtdauer der Beregnung [min]	120	107	145
Dauer bis zum Einstau [min]	75	63	100
Niederschlag bis zum Einstau [l/m <sup>2</sup> ]	38	31,8	46,0
Wasserstand bei Versuchsende [cm]	36	8	7
Niederschlag insgesamt [l/m <sup>2</sup> ]	59,7	56,7	67,3
Regenspende [l/s*ha]	82,9	88,3	77,4
<b>Versuch am 1. 7. 22</b>			
Gesamtdauer der Beregnung [min]	130	102	117
Dauer bis zum Einstau [min]	85	57	72
Niederschlag bis zum Einstau [l/m <sup>2</sup> ]	41,8	36,8	40,7
Wasserstand bei Versuchsende [cm]	43	7	7
Niederschlag insgesamt [l/m <sup>2</sup> ]	70,5	61,8	75,7
Regenspende [l/s <sup>2</sup> *ha]	90,4	92,0	107,8
<b>Versuch am 4. 7. 22</b>			
Gesamtdauer der Beregnung [min]	118	110	112
Dauer bis zum Einstau [min]	73	65	67
Niederschlag bis zum Einstau [l/m <sup>2</sup> ]	37,8	33,0	40,3
Wasserstand bei Versuchsende [cm]	41	7	7
Niederschlag insgesamt [l/m <sup>2</sup> ]	63,8	58,5	68,7
Regenspende [l/s <sup>2</sup> *ha]	90,2	88,6	102,2

Bis in den Sickerpackungen Wassereinstau zu verzeichnen war, dauerte es je nach Regenspende zwischen 57 und 100 Minuten. Die weiteren gemessenen Werte werden in den folgenden Abschnitten aufgegriffen.

Die jeweils bis zum Wassereinstau in den Sickerpackungen auf dem Feld niedergegangene Niederschlagsmenge wurde ausgewertet (Abbildung 21: Box-Plot der Niederschlagsmengen, die bis Eintaubeginn gemessen worden sind).



**Abbildung 21: Box-Plot der Niederschlagsmengen, die bis Eintaubeginn gemessen worden sind**

Die gemessenen Niederschlagsmengen, welche niedergingen, bis Einstau in den Sickerpackungen zu verzeichnen war, unterscheiden sich leicht von Feld zu Feld.

### 4.3 Abflussbeiwerte

Entwässerungsanlagen werden mit Abflussbeiwerten dimensioniert. Durch den wasserdurchlässigen Aufbau von Sportplätzen, den Sickerweg im Schichtenaufbau und die Versickerung auf der zweiten Entwässerungsebene, dem Erdplanum, herrschen bei Sportanlagen andere Bedingungen als bei befestigten Flächen. Zur Dimensionierung der Entwässerungseinrichtungen von Sportanlagen wird der Abfluss, der vom Erdplanum in die Drain- bzw. Sickerpackung gelangt, ins Verhältnis zum Niederschlag gesetzt. Die Abflussbeiwerte, welche unter den Versuchsbedingungen gelten, können aus den gemessenen Daten berechnet werden (Tabelle 13: Ermittlung der Abflussbeiwerte). Zunächst wird die Menge des Wassers, welche bei den Beregnungsversuchen in den Sickerpackungen versickert ist, zur Wassermenge, welche sich am Ende der Versuche in den Sickerpackungen befindet, addiert (Zeile 2+ Zeile 6). Das Verhältnis dieser Wassermenge zum Niederschlag insgesamt (Zeile 4) stellt den Abflussbeiwert dar (Zeile 7).

**Tabelle 13: Ermittlung der Abflussbeiwerte**

		<b>Feld A (40/35)</b>	<b>Feld B (60/35)</b>	<b>Feld C (80/35)</b>
1	Ø Sickerrate $V_s$ [m³/h]	0,0466	0,14	0,3266
2	Ø versickerte Wassermenge während 45 min [m³]	0,035	0,105	0,245

**Berechnungsversuch am 30. 6. 22**

3	Niederschlag insgesamt [l/m²]	59,7	56,7	67,3
4	Niederschlag pro Feld mit 30 m² [m³]	1,791	1,701	2,019
5	Wasserstand Sickerpackung Versuchsende [cm]	36	8	7
6	Wassermenge in der Sickerpackung [m³]	0,221	0,084	0,098
7	Abflussbeiwert c	0,143	0,111	0,170

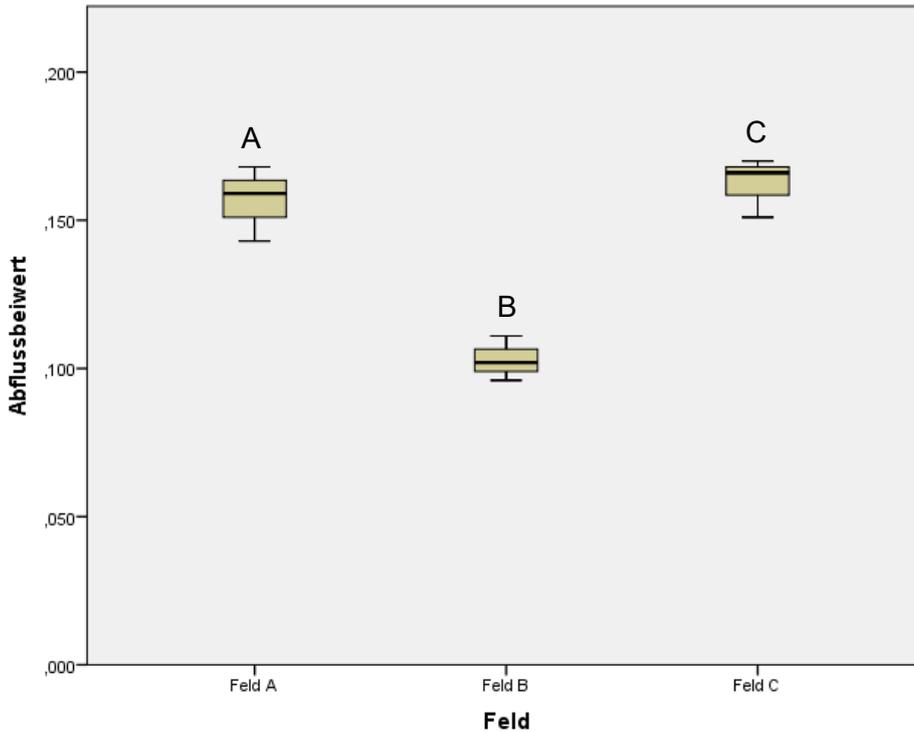
**Berechnungsversuch am 1. 7. 22**

3	Niederschlag insgesamt [l/m²]	70,5	61,8	75,7
4	Niederschlag pro Feld mit 30 m² [m³]	2,115	1,854	2,271
5	Wasserstand Sickerpackung Versuchsende [cm]	43	7	7
6	Wassermenge in der Sickerpackung [m³]	0,301	0,0735	0,098
7	Abflussbeiwert c	0,159	0,096	0,151

**Berechnungsversuch am 4. 7. 22**

3	Niederschlag insgesamt [l/m²]	63,8	58,5	68,7
4	Niederschlag pro Feld mit 30 m² [m³]	1,914	1,755	2,061
5	Wasserstand Sickerpackung Versuchsende [cm]	41	7	7
6	Wassermenge in der Sickerpackung [m³]	0,287	0,0735	0,098
7	Abflussbeiwert c	0,168	0,102	0,166

Die berechneten Abflussbeiwerte wurden ausgewertet (Abbildung 22: Box-Plot der berechneten Abflussbeiwerte).



**Abbildung 22: Box-Plot der berechneten Abflussbeiwerte**

Bei den Versuchen wurden Abflussbeiwerte von 0,1 bis 0,17 ermittelt. Die berechneten Abflussbeiwerte unterscheiden sich von Feld zu Feld. Die Werte der Felder A und C sind vergleichbar. Der Abflussbeiwert von Feld B ist deutlich geringer.

Die gemessenen Abflussbeiwerte resultieren aus den Abflussverhältnissen bei stark bindigem Boden und extrem starken Regenereignissen von 58,5 l/m<sup>2</sup> bis 68,7 l/m<sup>2</sup>. Es handelt sich somit um Spitzenabflussbeiwerte. Für die Bemessung von Entwässerungseinrichtungen sowohl im Sportplatzbau als auch bei der Planung von Anlagen zur Niederschlagswasserversickerung werden jedoch keine Spitzenabflussbeiwerte, sondern mittlere Abflussbeiwerte genutzt. Da Wasser schadlos länger im Aufbau der Sportanlage verbleiben kann, bevor es zur Versickerung gelangt, kann ein niedriger Abflussbeiwert zur Bemessung verwendet werden. Die sportfunktionellen Eigenschaften der Anlagen werden dadurch keinesfalls eingeschränkt.

In den Normen zur Bemessung der Entwässerungseinrichtungen von Sportplätzen, DIN 19886-100, DIN 18035-3 und DWA-A 138, sind Abflussbeiwerte von 0,3 und höher benannt. Nach Auswertung der Versuche und Abwägung der Umstände wird zur Bemessung der Entwässerungseinrichtungen von Sportplätzen ein Abflussbeiwert von 0,1 als sachgerecht angesehen.

#### 4.4 Dimensionierung der Sickerpackungen

In diesem Abschnitt wird erörtert, bei welchem Regenereignissen die Sickerpackungen der Versuchsanlage die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit erreichen. Anschließend wird ein Vorschlag zur allgemeingültigen Dimensionierung der Sickerpackungen formuliert.

Die Beregnungsversuche wurden jeweils bei Vollenfüllung oder beginnendem Überstau der Sickerpackung in Feld A beendet. Die optimale Größe der Sickerpackung für das simulierte Regenereignis liegt demzufolge zwischen der Größe der Sickerpackungen der Felder A und B, näher an Feld A.

Bei den Berechnungsversuchen im Sommer 2022 hat sich erwartungsgemäß am schnellsten die Sickerpackung von Feld A mit Querschnitt 40/35 cm gefüllt.

- Die Regenspenden der simulierten Regenereignisse lagen bei 82,9 l/(s\*ha) bis 90,4 l/(s\*ha).
- Die zugehörige Regendauer lag bei 112 bis 130 Minuten.
- Sie führten zu Niederschlägen vom 61,8 bis 75,7 l/m<sup>2</sup>.

Laut Regenreihe Dresden-Pillnitz<sup>15</sup> gehen beim 30-jährlichen Regenereignis von 120 Minuten Dauer 72,1 l/(s\*ha) nieder, was einen Niederschlag von 51,9 l/m<sup>2</sup> ergibt. Diese Regenspende liegt etwa 15% niedriger als bei den Versuchen.

Die simulierten Regenereignisse haben unter den Versuchsbedingungen, insbesondere bei einer Infiltrationsrate in den Sickerpackungen von etwa  $3 \cdot 10^{-6}$  m/s, zur Vollfüllung der Sickerpackung von Feld A und einigen Zentimetern Überstau geführt. Dagegen lagen die Infiltrationsraten aus den nur jeweils 6 m davon entfernten Sickerpackungen der Felder B und C um das 2,5- bzw. 5- fache höher und bewirkten somit eine viel größere Sickerrate.

Die Infiltrationsrate in Feld A liegt noch etwas über der Marke von  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s, unter der nach DWA-A 138-1 in der Regel keine Versickerungsanlagen mehr betrieben werden können. Bei der gemessenen Infiltrationsrate versickert Wasser drei Mal schneller.

Die Versuchsanlage wurde mit  $k = 3 \cdot 10^{-6}$  m/s und dem 30-jährlichen Regenereignis nachbemessen, um einschätzen zu können, wie sich die anderen Dauerstufen der 30-jährlichen Ereignisse auswirken. Nach dieser Bemessung liegt das simulierte Regenereignis mit 92% nahe beim errechneten Maximum der Sickerpackung. Dieses Maximum wird bei Dauerstufe 360 Minuten erreicht. Die Nachbemessung wird deshalb als vergleichbar angesehen. Sie liegt in Anhang B bei.

Die Sickerpackung von Feld A auf der Versuchsanlage erreicht demzufolge beim 30-jährlichen Regenereignis und Dauerstufen um die 120 Minuten Dauer die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit.

Die beabsichtigte allgemeingültige Dimensionierung der Sickerpackungen kann nicht direkt aus den gemessenen Werten oder den berechneten Versuchsergebnissen abgeleitet werden. Werte, die bei den Versuchen gemessen worden sind, werden auf andere Regenereignisse umgerechnet oder mit diesen Regenereignissen verglichen. Die Versuchsergebnisse werden somit eingeordnet.

Welche allgemeingültige Dimensionierung vorgeschlagen wird, richtet sich nach dem gewünschten Entwässerungskomfort, möglichen Auswirkungen des Überstaus und eingeplanten Sicherheiten. Diese Kriterien müssen abgewogen werden. Die Empfehlung ist eine planerische Einschätzung.

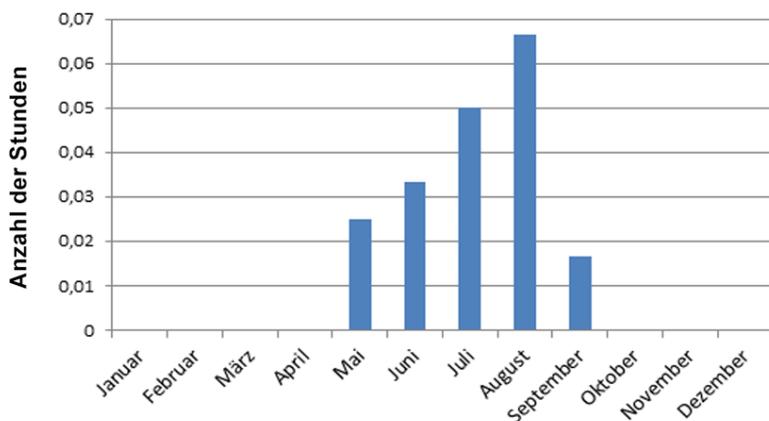
Die folgenden Überlegungen sprechen für eine Dimensionierung in der Größenordnung der Sickerpackung von Feld A mit Querschnitt 35/40 cm.

- Die Entwässerung von Sportplätzen wird grundsätzlich nicht nach 30-jährlichen, sondern nach ein- bis zweijährlichen Regenereignissen dimensioniert. Die Auswirkungen von Überstau der Entwässerung sind auf Sportplätzen gering.
- Kurzfristiger Rückstau im Entwässerungssystem wird nach DIN 18035-3 bereits jetzt toleriert.
- Das Erdplanum wird beim Einbau von Sickerpackungen nur bei 30-jährlichen und selteneren Starkregen länger durchfeuchtet als bei konventioneller Entwässerung.

---

<sup>15</sup> Quelle: KOSTRA-DWD 2010R siehe Anhang A

- Die durchschnittliche Sickerpackung von Feld A lag bei etwa  $0,03 \text{ m}^3/\text{h}$ , ihre Wasserkapazität bei  $0,245 \text{ m}^3$ . Die Sickerpackung ist also bei Vollfüllung nach 5 bis 6 Stunden wieder leer.
- Wenn die Infiltrationsrate statt  $3 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  wie in der Versuchsanlage nur  $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ , die bei Versickerungsanlagen minimal zulässige Rate, betragen würde, würde sich die Entleerungszeit auf 18 Stunden erhöhen. Diese Entleerungszeit liegt unter der bei der Bemessung von Versickerungsanlagen in der Regel üblichen Dauer von einem bis drei Tagen.
- Ein großer Teil des Niederschlags infiltriert nach den Ergebnissen der Beregnungsversuche in das Erdplanum unter der Tragschicht, bevor es zum Abfluss in die Sickerpackungen kommt.
- Der Bemessungsregen einer Sportplatzentwässerung nach DIN 18035-3 liegt bei  $r = 120 \text{ l/(s*ha)}$ . Diese Regenspende entspricht in Dresden in etwa der bei einem 15-minütigen Regenereignis, welches statistisch einmal in zwei Jahren auftritt, ( $14 \text{ l/m}^2$  Niederschlag) oder der bei einem 60-minütigen Regenereignis, welches statistisch einmal in dreißig Jahren auftritt ( $42 \text{ l/m}^2$  Niederschlag). Beide Niederschläge werden von den Sickerpackungen aufgenommen und entwässert. Bei etwa  $42 \text{ l/m}^2$  begann bei den Versuchen zum Beispiel erst die Einstauphase.
- Regenereignisse in Deutschland fallen unterschiedlich aus, Dresden liegt hinsichtlich der Regenspenden im mittleren Bereich. Deutlich, über 20 %, höhere Regenspenden fallen nur in einzelnen Lagen des Schwarzwalds und im Alpenraum. Die im vorigen Anstrich erwähnten Regenspende  $r_{60,30}$  liegt auch in diesen Lagen nicht über  $60 \text{ l/m}^2$ . Auch diese Regenspende wird durch die Sickerpackung in der Regel ohne Überstau in die Tragschicht entwässert.
- Die Durchfeuchtung des Erdplanums und des Sportplatzaufbaus kann sich in bautechnischer Hinsicht vor allem im Winter, wenn Frostschäden drohen, problematisch auswirken. Starkregen treten aber in unseren Breiten nur zwischen Mai und September auf, wenn keine Frostschäden zu befürchten sind (Abbildung 23: Mittlere Anzahl der Stunden mit einer Niederschlagssumme von mindestens 25 mm pro Monat und Station (Datenbasis: 8 Stationen unter 500 m NN, 1996 - 2010) (Quelle: Deutscher Wetterdienst)).



**Abbildung 23: Mittlere Anzahl der Stunden mit einer Niederschlagssumme von mindestens 25 mm pro Monat und Station (Datenbasis: 8 Stationen unter 500 m NN, 1996 - 2010) (Quelle: Deutscher Wetterdienst)**

Es wird vorgeschlagen, die Sickerpackungen bei einem Boden mit Infiltrationsrate von mindestens  $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  mit einem Querschnitt von 50/40 cm auszuführen.

Dieser Querschnitt weist 40% mehr Wasserkapazität auf als Querschnitt 35/40 cm. Sickerwasser, welches bei Infiltrationsrate  $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  verzögert versickert, wird darin aufgenommen.

Das Erdplanum wird durch solche Sickerpackungen bis zu den 30-jährlichen Regenereignissen in der Regel ohne Überstau in die Tragschicht entwässert.

#### **4.5 Beantwortung der Forschungsfragen**

Auf welche Weise kann Niederschlagswasser auf Sportanlagen zur Versickerung gebracht werden, ohne es zu fassen und von der Sportanlage abzuleiten?

Die konventionelle Bauweise der Entwässerung von Sportanlagen wurde weiterentwickelt. Im Erdplanum von Sportanlagen können im 90°-Winkel zur Neigung des Planums in Abständen von 6,00 m rohrlose Sickerpackungen mit 50 cm Breite und 40 cm Höhe ohne Neigung eingebaut werden. Das Material, mit dem die Sickerpackungen verfüllt werden, sollte eine Wasserkapazität von 35 % aufweisen. Voraussetzung ist, dass der anstehende Boden eine Infiltrationsrate von mindestens  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s aufweist.

Das Erdplanum wird durch solche Sickerpackungen bis zu den 30-jährlichen Regenereignissen in der Regel ohne Überstau in die Tragschicht entwässert. Die Entleerungszeit der Sickerpackungen liegt unter 24 Stunden.

Welcher Abflussbeiwert ist bei der Bemessung der Entwässerung von Sportanlagen anzusetzen?

Bei den Versuchen wurden Abflussbeiwerte von 0,1 bis 0,17 ermittelt, es handelt sich hierbei um Spitzenabflussbeiwerte. Für die Bemessung der Entwässerung von Sportanlagen wird ein mittlerer Abflussbeiwert von 0,1 als sachgerecht angesehen.

Wie sollen die Sickerpackungen in den Sportanlagen dimensioniert sein?

Die Sickerpackungen sollten einen Querschnitt von 50 cm Breite und 40 cm Höhe aufweisen.

Weitere Aspekte und weiterführende Fragestellungen werden in den nächsten Abschnitten erörtert.

## 5 Diskussion

### 5.1 Einleitung

Die zentrale Forschungsfrage lautet, auf welche Weise Niederschlagswasser auf Sportanlagen zur Versickerung gebracht werden kann, ohne es zu fassen und abzuleiten.

Die im Projekt betrachtete neue Bauweise der Entwässerung wurde aus der bekannten konventionellen Bauweise entwickelt. Sie unterscheidet sich nur dadurch, dass statt der herkömmlichen Drainpackungen mit Rohren und Sohlgefälle nun gefällelose Sickerpackungen ohne Rohre eingebaut werden sollen. Die Anordnung der Sickerpackungen quer zur Neigung des Sportplatzes in Abständen von 6,00 m unterscheidet sich praktisch nicht. Insofern sind Ausführungen zu diesen Punkten nicht erforderlich, die Diskussion hat in erster Linie die Wirkungsweise der Sickerpackungen zum Thema.

Statistisch ausgewertet wurden die gemessenen Werte der Sickerraten, der Niederschlagsmengen, die bis zum Einstau niedergegangen sind, und die berechneten Abflussbeiwerte. Die Parameter sind aufschlussreich in Zusammenhang mit Aufbau und Wirkungsweise der Versuchsanlage und Grundlage für die Dimensionierung der Sickerpackungen. Sie dienen zur Beantwortung der gestellten Unterfragen.

Ein zentraler Parameter bei der Bemessung ist der Abflussbeiwert. Eine der Unterfragen hat ihn zum Thema. Wie bereits ausgeführt, hängt der Abflussbeiwert von einer Reihe von Einflussfaktoren ab, wird aber letztlich abhängig von der Situation festgesetzt.

Die zweite Unterfrage behandelt die eigentliche Dimensionierung der Sickerpackungen in den Sportanlagen. Diese Frage lässt sich nicht allein durch Versuche beantworten, sie muss auch planerisch bewertet werden. Wichtige Aspekte der Diskussion wurden deshalb bereits, soweit sie mit der Beantwortung dieser Unterfrage in Zusammenhang stehen, in Abschnitt 4.4 behandelt.

Durch die Versuche wurden noch weitere Fragestellungen berührt, die soweit möglich, in diesem Kapitel diskutiert werden.

Auch in Zukunft wird es Fälle geben, bei denen die Entwässerung von Sportplätzen an eine Vorflut angeschlossen werden muss. Kanalbetreiber können dann Einleitbeschränkungen, zum Beispiel auf einen Liter pro Sekunde, vorgeben. Hier ist von Interesse, in welchem Maße der Oberbau von Sportanlagen den Abfluss von Niederschlagswasser ohnehin verzögert.

Die Versickerung von Niederschlagswasser unterliegt, sofern es sich nicht um erlaubnisfreie Anlagen nach Landesrecht handelt, einem wasserrechtlichen Verfahren. Auch bei erlaubnisfreien Anlagen müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein, die bei Sportanlagen nicht von vornherein gegeben sind. Bei der Einschätzung, ob das neue Verfahren als Versickerungsanlage im rechtlichen Sinne eingestuft wird, handelt es sich um eine rechtliche Bewertung. Sie würde, wenn vollständig und erschöpfend, über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen. Die Forschungsfragen sind nicht rechtlicher, sondern bau- und vegetationsstechnischer Natur. Es gibt jedoch Hinweise und erste Erfahrungen, die in Kapitel 6 erörtert werden.

Die neue Bauweise soll sich als nachhaltige Alternative im Sportplatzbau etablieren. Die Übertragung der Erkenntnisse auf andere Bauweisen und Themen im Garten- und Landschaftsbau erscheint naheliegend, sie wird in diesem Kapitel ebenfalls erörtert.

## 5.2 Messergebnisse und Berechnungen

Die gemessenen Sickerraten sind erwartungsgemäß von Feld zu Feld unterschiedlich. Die Bemessungsmethodik für Rigolen ist etabliert. Je größer die Sickerfläche, desto größer fällt die Versickerungsleistung aus.

Die gemessenen Sickerraten unterscheiden sich von Feld zu Feld signifikant. Die auf einem Feld gemessenen Werte fallen nicht zu unterschiedlich aus. Da Befüllung und Messungen allein in den unterirdischen Sickerpackungen vorgenommen wurden, spielt ein großer Teil der Einflussfaktoren auf die Versuche, wie Wasserdruck und Wind, keine Rolle. Bei der Bauausführung wurde ferner weitgehend standardisiert gearbeitet, die verwendeten Baustoffe sind homogen. In Bezug auf die Sickerraten wurden keine größeren Abweichungen erwartet.

Unterschiede zwischen den Feldern sind dennoch gegeben. Die Differenzen zwischen den Sickerraten sind nicht direkt mit den zugehörigen Sickerflächen vergleichbar. Der Umstand wirkt sich nicht auf die Gültigkeit der Versuche aus. Auch andere Sickerraten wären grundsätzlich für die Versuchsauswertung verwendbar.

Die Unterschiede sollen erörtert werden, da sich hier Ansatzpunkte für weitere Ausführungen und weiteren Forschungsbedarf bieten. Sie sind in der folgenden Tabelle gegenübergestellt (Tabelle 14: Gegenüberstellung von Sickerflächen und Sickerraten).

**Tabelle 14: Gegenüberstellung von Sickerflächen und Sickerraten**

	Feld A (40/35)	Feld B (60/35)	Feld C (80/35)
Sickerfläche $A_s$ [m <sup>2</sup> ]	3,75 (100 %)	4,75 (127 %)	5,75 (153 %)
Ø Sickerrate $V_s$ [m <sup>3</sup> /h]	0,03 (100 %)	0,12 (400 %)	0,256 (833 %)

Während die Sickerflächen der Felder B und C um 27 und 53 % größer sind als die von Feld A, fallen die gemessenen Sickerraten bis zu 830 % höher aus.

Die Sickerrate  $V_s$  ist als Produkt von Sickerfläche  $A_s$  und Infiltrationsrate  $i$  definiert. Die Sickerflächen der Sickerpackungen sind bekannt. Die Differenz muss an der Infiltrationsrate liegen. Für Differenzen bei den gemessenen Infiltrationsraten kommen mehrere mögliche Ursachen in Frage.

- Beim Bau können Unterschiede zwischen den Sickerpackungen verursacht worden sein. Die Gräben für die Sickerpackungen sahen zwar vor der Verfüllung vergleichbar aus, wurden aber unterschiedlich ausgehoben. Für breitere Gräben musste beispielsweise der Baggerlöffel mehrfach angesetzt werden, was sich auf Grabensohle oder Grabenwände auswirken kann. Auf diese Weise verursachte Auflockerungen sollten jedoch nicht sehr tief reichen und durch zwischenzeitlich erfolgte Setzungen weniger starke Folgen haben.
- Die Sickerrate steigt mit der Einstauhöhe. Diese betrug bei Versuchsende in der Sickerpackung von Feld A ein Vielfaches der Einstauhöhe der Felder B und C. Ohne diesen Effekt würde die Sickerrate von Feld A jedoch noch geringer ausfallen.
- In Feld A entfällt ein großer Teil der Versickerung auf die Seitenwände. In Anbetracht der Seitenverhältnisse kann hier eine Ursache liegen. Die Unterschiede der Sickerraten zwischen Grund- und Seitenflächen sind nicht im Detail untersucht wurden und nicht bekannt.
- Die Sickerraten auf dem Erdplanum unterscheiden sich, sie sind kleinräumig unterschiedlich.

Trotz dieser Umstände sind die Unterschiede zwischen den gemessenen Sickerraten der Felder deutlich. Die Versuchsergebnisse sind verwertbar.

Eine wichtige Ursache für die festgestellten Differenzen scheint im Unterschied zwischen horizontaler und vertikaler Versickerungsgeschwindigkeit zu liegen. Hier wären in Zukunft weitere Versuche mit typischen Materialien und den Einbaubedingungen im Sportplatzbau von Interesse. Diese Fragen werden auch bei den Versuchsfragen eines weiteren F+E-Projekts, welches beim LfULG durchgeführt werden wird, berührt.

Bei der Versuchsdurchführung fiel auf, dass das Sickerwasser geraume Zeit braucht, um sich in der Sickerpackung zu verteilen. Bis sich in beiden Beobachtungsrohren gleiche Wasserstände ausgebildet hatten, vergingen teilweise über 10 Minuten. Auch hierbei spielt die horizontale Sickergeschwindigkeit eine Rolle.

Bei den Sickerversuchen wurden auch wegen dieser Verteilung die Sickerraten der ersten 15 Minuten nach Versuchsbeginn nicht gewertet. Auf das Ergebnis der Beregnungsversuche hat sich die langsame Verteilung in den Sickerpackungen aber nicht ausgewirkt. Der Zulauf in die Sickerpackungen auf dem Erdplanum erfolgt gleichförmig über ihre gesamte Länge. Das rundkörnige Material in den Drainpackungen weist eine höhere Sickergeschwindigkeit auf als eine Schottertragschicht aus gebrochenem Korn.

Die gleichmäßige Beregnung der Versuchsanlage gestaltete sich aus den folgenden Gründen schwieriger als ursprünglich erwartet.

- Die Unterschiede der Regenmenge in den einzelnen Regenmessern betragen in der Regel 20 %, bei stärkeren Windböen bis zu 50 %. Weniger Wasser bekamen jeweils die Regner, welche an der dem Wind zugewandten Seite platziert waren. Diese Abdrift ist nicht unerheblich, aber normal. Bei der Beregnung von Sportplätzen wird erfahrungsgemäß keine höhere Gleichmäßigkeit erreicht.
- Der Wasserdruck an der Versuchsanlage war nicht immer gleich. Er hängt von der Leistung der Pumpe und von den anderen Verbrauchern ab. Nach dem Mittag wurde beispielsweise im Versuchsfeld weniger stark beregnet, was sich beim Wasserdruck bemerkbar gemacht hat. Havariebedingt lag bei den Versuchen im Sommer außerdem ein geringerer Wasserdruck an.
- Rechteckregner schwenken, sie ändern regelmäßig die Beregnungsrichtung. Dadurch kommt an den Rändern jeweils mehr Wasser an als in der Mitte der Felder. Da die Regner, um das Feld gleichmäßig zu beregnen, über das Feld hinaus beregnen, wird dieser Umstand abgemildert.
- Konstruktionsbedingte Unterschiede in der Gleichmäßigkeit der Regnerleistung wurden durch zwei gegenüberstehende Regner, die jeweils bis zum Standort des anderen Regners beregnet haben, so weit wie möglich ausgeglichen.

Aus terminlichen Gründen konnte mit den Versuchen keine windstille Periode abgewartet werden. Eine Bewässerung außerhalb der normalen Arbeitszeit war wegen der Havarie untersagt.

Die ungleichmäßige Beregnung wurde soweit möglich durch kontinuierliche, häufige Messung, das Bilden von Durchschnittswerten und häufiges Ablesen korrigiert.

Niederschlagsmengen, die bis zum Einstau niedergegangen sind, wurden statistisch ausgewertet. Dadurch sollte ein Einblick in den Aufbau der Anlagen gewonnen werden. Die Sickerleistung der Sickerpackungen spielt bei dieser Messung keine Rolle. Unterschiede bei der Beregnung wurden in die Werte einbezogen. Die gemessenen Niederschlagsmengen waren nicht stark unterschiedlich, sie unterscheiden sich von Feld zu Feld nicht signifikant.

Die Berechnung war technisch bedingt unterschiedlich stark. An Einflussfaktoren, welche die Unterschiede ausgemacht waren, sind neben Wind und Wasserdruck die folgenden Ursachen in Zusammenhang mit dem Sickerweg des Wassers zu nennen:

- Die verwendeten Baustoffe sind genormt, es ergeben sich jedoch auch bei fachgerechtem Einbau Unterschiede. Tragfähigkeit und Wasserdurchlässigkeit der eingebauten Tragschicht unterscheiden sich beispielsweise (Bophys GmbH, 2020). Damit unterscheiden sich auch der Sickerweg, den das Sickerwasser zurücklegen muss, und die Wasseraufnahme der Tragschicht. Die Dauer von Beginn der Berechnung bis zum Aufstau des Sickerwassers an der Sohle der Sickerpackung unterscheidet sich. Es handelt sich dabei aber um Auswirkungen normaler Toleranzen bei Baustoffen und Einbau.
- Auch im verdichteten Erdplanum versickert noch Wasser, diese Versickerungsleistung ist jedoch vergleichsweise gering. Die beim Bau dort gemessenen Sickerraten lagen bei  $2,2 \cdot 10^{-6}$  bis  $4,2 \cdot 10^{-6}$  m/s, was 8 bis 17 mm/h entspricht. Die Messung erfolgte in der Bauphase mit Doppelringinfiltrrometer und über 20 cm Einstauhöhe. Bei 20 cm hoch anstauendem Wasser, wie im Infiltrrometer, ist die Infiltrationsrate höher, als wenn Wasser auf dem Erdplanum versickert, wenn mit 40 bis 70 mm über einen Zeitraum von einer Stunde und länger berechnet wird. Die Infiltrationsrate des Erdplanums bei den Versuchen ist deshalb deutlich geringer als beim Bau. Die Einstauhöhe fällt bei den Versuchen geringer aus, damit auch die Infiltrationsrate. Die Infiltration auf dem Erdplanum wurde deshalb bei der Versuchsauswertung vernachlässigt. Ihr Anteil ist gering, die Unterschiede zwischen den Feldern sind unter Versuchsbedingungen nicht feststellbar.
- Praktisch versickert in jedem Erdplanum noch etwas Wasser, auch Unebenheiten beim Bau sind überall noch vorhanden. Die Auswirkungen dieser Punkte sind für die vorgeschlagene Bauweise unerheblich und bei jedem Bauvorhaben mit vergleichbaren Bodenverhältnissen wie bei der Versuchsanlage ähnlich. Bei weniger durchlässigen Böden mit Infiltrationsraten unter  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s kommt die vorgeschlagene Bauweise ohnehin an ihre Grenzen, sie kann nur bei besser wasserdurchlässigen Böden umgesetzt werden. Bei stärker durchlässigem Boden liegt man mit den vorgeschlagenen Sickerpackungen auf der sicheren Seite.

Insgesamt unterscheiden sich die drei Felder nicht so stark, dass die Versuchsergebnisse in Frage stehen. Die Anlagen sind vergleichbar. Es wird festgestellt, dass es je nach Regenspende bis zum Einstaubeginn zwischen 32 und 100 Minuten gedauert hat. Der Aufbau von Sportanlagen verzögert den Abfluss demzufolge erheblich.

Diese Verzögerung ist in der Praxis allerdings von vielen Faktoren abhängig. Sie ändert sich mit der betrachteten Regenspende, dem Aufbau der Sportfläche, der geplanten Entwässerung, der Größe der Anlage und den Bodenverhältnissen. Von Sportanlage zu Sportanlage vergleichbar ist die Geländeneigung.

Der Abfluss wird durch den Sickerweg mit Sicherheit auf jeder Sportanlage verzögert. Die bei den Versuchen gemessene Verzögerung kann aber nicht verallgemeinert werden. Wenn allgemeingültige Werte benannt werden sollen, besteht weiterer Forschungsbedarf.

Allerdings kann die Entleerungszeit des Aufbaus berechnet werden. So führt eine Regenhöhe von 30 mm bzw. 30 l/m<sup>2</sup> auf einer Grundfläche von 8000 m<sup>2</sup> zu 240 m<sup>3</sup> Niederschlagswasser, die im Aufbau eines Sportplatzes versickern. Bei Abflussbeiwert 0,1 müssten 24 m<sup>3</sup> abgeleitet werden. Wenn der Abfluss auf 1 l/s begrenzt ist, weil die Vorflut möglichst gering belastet werden soll, würde die Entleerungszeit nur knapp sieben Stunden betragen.

Bei der Planung wäre darauf zu achten, dass die Sportanlage nicht zu tief eingebaut wird, da es in diesen sieben Stunden zur Durchfeuchtung des Aufbaus und oberflächiger Nässe an den Tiefpunkten kommen kann.

Die exemplarische Angabe der Berechnung der Entleerungszeit im Regelwerk wäre sinnvoll, nicht normativ, sondern informativ im Anhang, damit bei der Planung Sicherheit gewonnen werden kann.

### **5.3 Abflussbeiwerte**

Bei den Versuchen wurden Abflussbeiwerte von 0,1 bis 0,17 berechnet. Die Werte unterscheiden sich von Feld zu Feld. Die Abflussbeiwerte der Felder A und C sind vergleichbar, der Abflussbeiwert von Feld B ist geringer.

Ein Erklärungsansatz für den geringeren Abflussbeiwert von Feld B ist die um etwa 10 bis 15 % geringere Regenspende, welche während der Versuche dort niedergegangen ist. Der Abflussbeiwert erhöht sich mit der Regenspende.

Die Anzahl der gemessenen Werte reicht jedoch nicht aus, um eine wirklich statistisch abgesicherte Aussage zu treffen. Wiederholungen der Anlage und andere Sportanlagen im Allgemeinen würden aber in der Regel auf stärker oder ähnlich durchlässigen Böden errichtet werden, die übereinstimmende Wasserdurchlässigkeit ist nicht erreichbar. Deutlich undurchlässigere Böden kommen für die Bauweise ohnehin nicht in Frage. Man kann also davon ausgehen, dass auf anderen Standorten ein größerer Anteil des Sickerwassers im Erdplanum versickert, bevor es zum Abfluss gelangt. Der Abflussbeiwert fällt dann geringer aus.

Abflussbeiwerte wasserdurchlässiger Sportanlagen liegen in den Regelwerken derzeit noch bei 0,3 bis 0,6. Die Annahme, dass der tatsächliche Abflussbeiwert von Sportanlagen deutlich geringer ausfällt, hat sich bei den Versuchen bestätigt. Es wird ein Abflussbeiwert von 0,1 für die Bemessung der Entwässerung von wasserdurchlässigen Sportanlagen mit Kunststoffrasen, Kunststoffbelag oder Naturrasen vorgeschlagen.

Die Festlegung des Abflussbeiwerts orientiert sich neben Erkenntnissen aus den Versuchen auch am Erfordernis beziehungsweise der Erwartung, wie schnell das Wasser abgeleitet werden muss. Die Bezeichnung „Entwässerungskomfort“ umschreibt solche Erwartungen, geht jedoch in ihrer Anschaulichkeit am Thema vorbei. Guter Entwässerungskomfort ist auch bei Abflussbeiwert 0,1 gegeben, da das Niederschlagswasser auch bei Starkregen sofort im wasserdurchlässigen Aufbau versickert. Die Entwässerungsebene liegt erst auf dem Erdplanum.

Bautechnische Schäden durch den vorgeschlagenen Abflussbeiwert sind unter den Rahmenbedingungen im Sportplatzbau ausgeschlossen. Diese werden in Kapitel 6 zusammengefasst beschrieben.

Die Anforderungen an die Entwässerung enden heute nicht mehr beim Entwässerungskomfort. Niederschlagswasser soll, wo immer möglich, schadlos zurückgehalten oder gespeichert werden beziehungsweise dezentral versickern, bevor es abgeleitet wird.

Weitere Argumente dafür, den Abflussbeiwert mit 0,1 festzulegen, wurden bereits in Zusammenhang mit der Dimensionierung der Sickerpackungen und der Diskussion der Messergebnisse erörtert.

### **5.4 Dimensionierung der Sickerpackungen**

Die Sickerpackungen mussten bei der Planung der Anlage vorbemessen werden. Die Anlage wurde auf Grundlage dieser Bemessung mit drei verschiedenen großen Sickerpackungen geplant. Der im Ergebnis der Versuchsauswertung vorgeschlagene Querschnitt von 50/40 cm liegt zwischen zwei Querschnitten, die Bemessung kann also als erfolgreich bezeichnet werden.

Da die Dimensionierung im Abschnitt 4.4 bereits begründet worden ist, wurden einige Themen bereits erörtert. Dennoch bleiben einige Punkte, die noch zu diskutieren sind.

Mit der Versuchsanlage war es nicht möglich, verschieden starke Regenereignisse zu simulieren. Der Niederschlag war wegen der wechselnden Druckverhältnisse und der Windeinwirkung nicht dauerhaft regelbar. Verschiedene Bodenverhältnisse oder verschiedene Sportplatzaufbauten konnten ebenfalls nicht untersucht werden. Öffentliche Mittel müssen sparsam eingesetzt werden. Eine Versuchsanlage, auf der all diese Themen untersucht werden können, würde diesen Rahmen sicher sprengen.

Die Aussagen der Versuche können, da die Rahmenbedingungen für den Bau von Sportanlagen überall verschieden sind, nicht ohne weiteres auf andere Verhältnisse übertragen werden. Rückschlüsse auf andere Regenereignisse und andere Bodenverhältnisse waren trotzdem möglich, so dass diese Aussagen verallgemeinert werden können. Bereits die bei den Versuchen simulierte enorme Regenmenge von 70 l/m<sup>2</sup> spricht für sich.

Der Anwendungsbereich der neuen Bauweise mit den Sickerpackungen wird durch die vorhandenen Bodenverhältnisse eingeschränkt. Sportanlagen auf Böden mit Infiltrationsrate unter  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s müssen, auch wenn sich die neue Bauweise etabliert, nach wie vor in der Regel an eine Vorflut angeschlossen werden.

Denkbar wäre unter solchen Bodenverhältnissen der Einbau eines Skelettbodens, eine Bodenverbesserung oder die Verdickung der Tragschicht, um Niederschlagswasser aufzunehmen und schließlich verzögert zur Versickerung oder Verdunstung zu bringen. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Baupraktiker und Fachingenieure sind erfahrungsgemäß vorsichtig und neigen dazu, zusätzliche Sicherheiten einzuplanen. Argumente für einen größeren Querschnitt der Sickerpackungen lassen sich aus den Versuchen nicht ableiten. Aus meiner Sicht bedürfen Sicherheiten, wenn sie bewusst eingeplant werden sollen, einer rationalen Begründung. Sie sollten in Fachkreisen und Gremien diskutiert werden.

Sportanlagen werden, außer mit Pflegefahrzeugen, nicht befahren. Die stärksten Belastungen der Schichten des Aufbaus treten in der Bauphase auf. Beim Spiel werden die Anlagen nur oberflächlich verdichtet, solche Verdichtungen können behoben werden.

Beim Straßen- und Wegebau müssen höhere Lasten beachtet werden. Schwerverkehr, unter dem der Straßenaufbau besonders leidet, kommt in Anlagen des Garten- und Landschaftsbaus jedoch nur sehr selten vor. Unter diesen Bedingungen erscheinen Entwässerungslösungen, welche das Niederschlagswasser dem Planum zuführen und dort versickern lassen, naheliegend. Aus Sicht zeitgemäßer Regenwasserbewirtschaftung sind sie sicher wünschenswert. Forschungsbedarf besteht deshalb in Bezug auf die Reinigungswirkung der Schichten und auf die Tragfähigkeit des durchnässten Untergrunds für geringe Lasten in Freianlagen.

## 6 Aufbauempfehlung

### 6.1 Einleitung

Bauweisen im Sportplatzbau haben nur dann eine gute Chance auf Verbreitung, wenn sie in den allgemein anerkannten Regeln der Technik enthalten sind. Dieses Kapitel soll die Diskussion der neuen Bauweise in der Fachwelt und einschlägigen Gremien vorbereiten. Die Bauweise, ihre wesentlichen Voraussetzungen und Grenzen werden in komprimierter Form dargestellt.

### 6.2 Einstufung nach Wasserrecht

Die Einstufung der Bauweise in wasserrechtlicher Hinsicht ist ein juristisches Thema, sie kann deshalb hier nur angerissen werden. Diese Einstufung ist jedoch wichtig für die Planung und Umsetzung.

Abwasser wird im Wasserhaushaltsgesetz wie folgt definiert: „Abwasser ist das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (Niederschlagswasser)“ (§ 54 Absatz 1, Satz 2 WHG).

Laut § 55 Absatz 2 WHG gehört zu den Grundsätzen der Abwasserbeseitigung: „Niederschlagswasser soll ortsnah versickert, verrieselt oder direkt oder über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet werden, soweit dem weder wasserrechtliche noch sonstige öffentlich-rechtliche Vorschriften noch wasserwirtschaftliche Belange entgegenstehen.“

Nach § 9 Absatz 1 Nr. 4 WHG liegt beim Einleiten von Stoffen in ein Gewässer eine Benutzung des Grundwassers vor, die in der Regel einer Wasserrechtlichen Erlaubnis bedarf.

Laut Anwendungsbereich von DWA-A 138-1 (2020) „...bezieht sich (das Arbeitsblatt) auf Niederschlagswasser im Sinne des Abwasserbegriffs nach § 54 WHG, also Wasser, das von Niederschlägen aus dem Bereich von befestigten oder bebauten Flächen abfließt“.

DWA-A 138-1 (2020) führt aus: „Niederschlagswasser, das ungesammelt abläuft und nicht zielgerichtet versickert, z. B. über Pflasterbeläge oder begrünte Böschungen, fällt nicht unter die Legaldefinition des Abwasserbegriffs“. Für diese Situationen ist also keine wasserrechtliche Erlaubnis der Versickerung von Niederschlagswasser erforderlich.

Da das Niederschlagswasser bei der geplanten Bauweise nicht gesammelt und abgeleitet wird, sondern auf dem Sportplatz verbleibt, entsteht kein Abwasser im Sinne des WHG. Es ist demzufolge keine wasserrechtliche Erlaubnis für Bau und Betrieb der Anlage erforderlich. Sportanlagen, die über diese Bauweise entwässert werden, sind keine Versickerungsanlagen nach DWA-A 138-1 (2020).

Diese Einschätzung wird von den bisher angefragten Unteren Wasserbehörden geteilt. Untere Wasserbehörde und kommunaler Entwässerungsbetrieb sollten aber in jedem Fall bereits in der Planungsphase einbezogen werden.

Der planmäßigen Versickerung von Niederschlagswasser bei der neuen Bauweise können unabhängig von der Einstufung als Abwasser nach WHG die folgenden Punkte entgegenstehen, welche den Behörden bekannt sind:

- Altlastenverdacht,
- mangelhaft geschütztes Grundwasser,
- die Lage des Baufelds in einem Trinkwasserschutzgebiet,
- potentielle Gefährdung in geotechnischer Hinsicht, zum Beispiel in Karstgebieten.

Mit dem Einbeziehen der Unteren Wasserschutzbehörde wird Rechtssicherheit für den Bauherrn erreicht.

Beim Pilotprojekt Hamburg-Kroonhorst, welches die FHH Hamburg im Rahmen des Projekts „Mitte machen“, einem Modellvorhaben zur Weiterentwicklung der Städtebauförderung, realisieren konnte, wurde die Bauweise bereits umgesetzt (Abbildung 25: Pilotprojekt Sportanlage Hamburg-Kroonhorst, Sportplatz mit Sickerpackungen im Bau). Im Baufeld steht Grundwasser bis auf 65 cm unter Geländeniveau an. Die Untere Wasserbehörde und Hamburg Wasser, der kommunale Entwässerungsbetrieb, haben der Planung zugestimmt.

### **6.3 Bautechnische Voraussetzungen**

Wenn die neue Bauweise umgesetzt werden soll, ist eine sorgfältige Bodenuntersuchung obligatorisch.

Zunächst muss Sicherheit über die oben bereits genannten Punkte gewonnen werden. Einem etwaigen Altlastenverdacht kann durch Probenahme und Laboruntersuchungen des Baugrunds auf den Grund gegangen werden. Die weiteren oben genannten Punkte lassen sich in der Regel durch eine Recherche von Geodaten klären.

Die Gefährdung von baulichen Anlagen durch Sickerpackungen muss in bautechnischer Hinsicht ausgeschlossen sein. Denkbar wäre eine solche Gefährdung etwa bei unterkellerten Gebäuden und unzureichender Abdichtung, bei Einläufen unterhalb der Rückstauenebene oder einer zusätzlichen zeitweisen Nutzung der Sportanlage als Überflutungsfläche.

Der Baugrund muss, wenn die neue Bauweise umgesetzt werden soll, bei natürlicher Lagerung eine Infiltrationsrate über  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s aufweisen. Die Sickerpackungen müssen in die natürliche Lagerung einbinden. Der Ermittlung dieser Infiltrationsrate kommt eine besondere Bedeutung zu.

Probeschurfe und Feldversuche, beispielsweise mit Doppelring-Infiltrometern, sind kleinräumigen Untersuchungen oder Laborverfahren vorzuziehen. Erfahrungsgemäß werden Bodenuntersuchungen jedoch aus Kostengründen in der Vorplanung nicht in erforderlichem Umfang beauftragt oder durchgeführt und zum späteren Zeitpunkt nicht nachgeholt.

Für die Messung der Infiltrationsrate sollte deshalb ein einfacher Feldversuch mit Schürfgrube im Regelwerk beschrieben werden. Kommunale Bauherren, aber auch Sportvereine, sind in der Regel in der Lage, einen Minibagger zu stellen und den Bodengutachter bei den Feldversuchen zu unterstützen.

Die erforderliche Häufigkeit dieser Feldversuche hängt von den Bodenverhältnissen auf dem Baugrundstück ab. Bei homogenen Bodenverhältnissen und durchlässigen Böden sind wenige Versuche ausreichend.

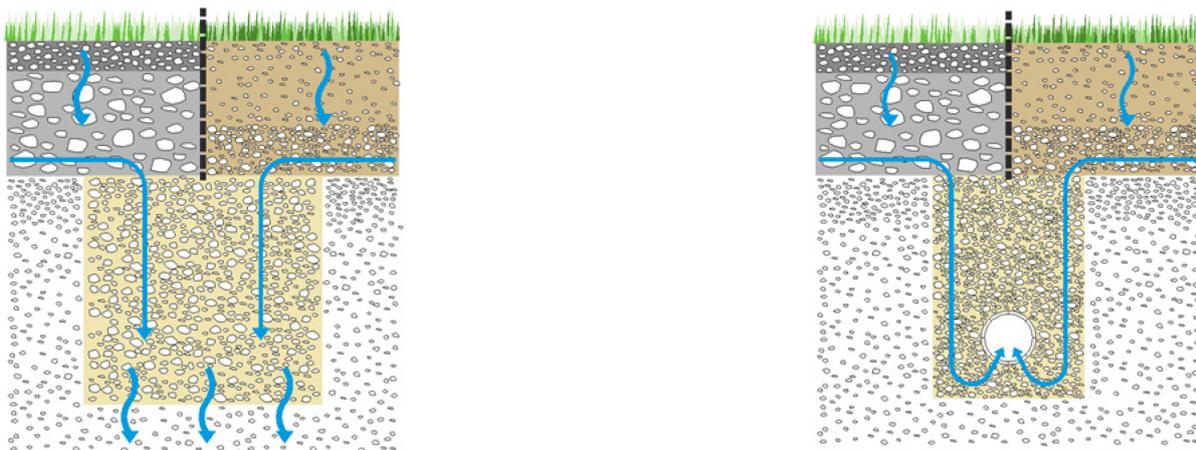
Bei Abstand der Sohle von Versickerungsanlagen nach DWA-A 138 zum MHGW sollte einen Meter nicht unterschreiten, in Ausnahmefällen sind bei geringer stofflicher Belastung des Niederschlagswassers auch 50 cm zulässig. Obwohl ein Sportplatz mit Entwässerung nach der neuen Bauweise in der Regel nicht als Versickerungsanlage nach DWA-A 138 einzustufen ist, wird insbesondere bei hoch anstehendem Grundwasser eine Rücksprache mit der Unteren Wasserbehörde empfohlen.

Grundsätzlich sollten Sportanlagen eher oberhalb des Geländeniveaus als unterhalb eingebaut werden. Vorteile liegen in einer besseren Erdmassenbilanz, geringeren Kosten und bei der Entwässerung. Liegt die Sportanlage zu tief, läuft Niederschlagswasser aus dem Umfeld zusätzlich in die Entwässerung, übersäuendes Wasser kann nicht ablaufen. Starkregenereignisse können zur zeitweisen Überflutung führen.

Bei Anschluss weiterer Flächen, beispielweise der Dachflächen eines Vereinsgebäudes, an die Sickerpackungen des Sportfelds sollte unterbleiben. Durch die Dachflächen werden Moos und Laub in die Sickerpackungen eingetragen. Grundsätzlich wird, wie bei jedem Sportplatz, Fremdwasser separat entwässert. Die Sickerpackungen werden beim Anschluss weiterer Flächen als Versickerungsanlage nach Wasserrecht und nach DWA-A 138 eingestuft. Die multifunktionale Nutzung eines Sportplatzes als Überflutungsfläche oder Notwasserweg ist grundsätzlich möglich. Bei Einsatz der neuen Bauweise sollten in diesem Fall die Anstauhöhe auf dem Platz, die Auswirkungen einer Durchströmung und die Entleerungszeit der Sickerpackungen geprüft werden. Gegebenenfalls ist zeitweise höher anstehendes Grund- und Schichtenwasser in die Betrachtung einzubeziehen.

## 6.4 Beschreibung der Bauweise

Die neue Bauweise der Entwässerung wurde aus der bekannten konventionellen Bauweise entwickelt. Die geplanten Sickerpackungen ersetzen die Drainpackungen, die bei konventioneller Entwässerung zum Einsatz kommen. Die Bauweise kann realisiert werden, wenn der Baugrund im Bereich der Sickerpackungen eine Infiltrationsrate über  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s aufweist. Die Sickerpackungen werden quer zur Neigung des Sportplatzes in Abständen von 6,00 m eingebaut. Sickerpackungen müssen 50 cm Sohlbreite und 40 cm Tiefe haben (Abbildung 24: Prinzipskizze von Bauweisen der Entwässerung, links: neue Bauweise mit Sickerpackungen, rechts: konventionelle Bauweise mit Drainpackungen). Sie werden in der Regel gefälleslos ausgebildet.



**Abbildung 24: Prinzipskizze von Bauweisen der Entwässerung, links: neue Bauweise mit Sickerpackungen, rechts: konventionelle Bauweise mit Drainpackungen**

Für Baustoffeigenschaften, Wasserdurchlässigkeit und Korngrößenverteilung des Materials in den Sickerpackungen gelten die Vorgaben von DIN 18035-3 für Drainpackungen, darüber hinaus muss die Wasserkapazität des Baustoffs in den Sickerpackungen 35 % betragen. Bei geringerer Wasserkapazität sind die Maße der Sickerpackungen anzupassen, so dass das Speichervolumen erhalten bleibt. Alternativ wäre bei besser durchlässigen Böden auch eine Neuberechnung der Größe der Sickerpackungen denkbar. Im Sinne einer einfachen Umsetzung sollte sich das Maß der Sickerpackungen jedoch besser auf einen Regelquerschnitt beschränken.

Zur Verdichtung beziehungsweise Tragfähigkeit des Materials in Drain- oder Sickerpackungen fehlen bisher Angaben im Regelwerk. Da die Sickerpackungen mit 50 cm breiter ausfallen als die etwa 30 cm breiten

Drainpackungen, erscheint eine solche Angabe sinnvoll. Konkretisiert werden könnten Verdichtungsgeräte, Gewicht, Anzahl der Übergänge und Schütthöhe des Baustoffs. Vergleichbare Angaben finden sich in Regelwerken des Straßenbaus und der Siedlungswasserwirtschaft (FGSV, 2012), (FGSV, 2017), (DWA, 2017).

Sickergräben mit gleicher Sohlhöhe können verbunden werden, um Teilflächen zu entwässern, Unterschiede zwischen den einzelnen Gräben auszugleichen und Fließwege bei Gefällewechslern zu verkürzen. Bei Verbindung von Sickergräben mit unterschiedlicher Sohlhöhe ist Überstau im Erdplanum auszuschließen.



**Abbildung 25: Pilotprojekt Sportanlage Hamburg-Kroonhorst, Sportplatz mit Sickerpackungen im Bau**

## 6.5 Grenzen der Bauweise

Die Grenzen der Bauweise wurden im Wesentlichen bereits in den einzelnen Abschnitten genannt. Sie werden noch einmal zusammengefasst. Es sollen alle Anwendungsfälle abgedeckt werden, die Aufzählung ist dennoch nicht vollständig.

Unter den folgenden Umständen kann die neue Bauweise mit Sickerpackungen zur Entwässerung des Erdplanums nicht umgesetzt werden:

- die Infiltrationsrate des anstehenden Bodens liegt bei natürlicher Lagerung unter  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s,
- bei Untersagung durch die Untere Wasserbehörde,
- Schichtenwasser oder hoch anstehendes Grundwasser beeinflusst die Versickerungsleistung.

Unter den folgenden Umständen kann die neue Bauweise mit Sickerpackungen zur Entwässerung des Erdplanums nur eingeschränkt oder mit zusätzlichem Planungsaufwand umgesetzt werden:

- geplante multifunktionale Nutzung der Sportanlage als Überflutungsfläche mit sehr langen Entleerungszeiten,
- Lage an Geländetiefpunkten oder in Bereichen, in denen mit Überflutung zu rechnen ist,
- Altlastenverdacht,
- mangelhaft geschütztes Grundwasser,
- die Lage des Baufelds in einem Trinkwasserschutzgebiet,
- Gefährdung in geotechnischer Hinsicht, zum Beispiel in Karstgebieten,
- Anschluss weiterer Flächen an die Entwässerung oder Zulauf von Fremdwasser,
- Gefährdung baulicher Anlagen durch Sickerwasser.

## 6.6 Übertragbarkeit auf Bauweisen mit andere Belägen

Grundsätzlich ist die neue Bauweise bei allen Arten von Sportbelägen einsetzbar. Die verschiedenen Sportbeläge haben jedoch unterschiedliche Ansprüche an die Entwässerung, die in der Planung berücksichtigt werden müssen.

Auf Rasensportplätzen ist vor allem die Gleichmäßigkeit der Durchfeuchtung der Rasentragschicht wichtig. Regen- und Beregnungswasser muss außerdem zügig abgeleitet werden, damit keine Staunässe entsteht. Bei der Drainschichtbauweise und bei gut wasserdurchlässigem Baugrund können die Drainstränge durch Sickerpackungen ersetzt werden. Bei bodennaher Bauweise mit Entwässerung über Drainschlitze können die darunter quer verlaufenden Drainstränge durch Sickerpackungen ersetzt werden. Wichtig ist die gefällelose Ausbildung der Sickerpackungen, damit das Erdplanum gleichmäßig durchfeuchtet wird und anfallendes Wasser gleichmäßig versickern kann.

Bei undurchlässigem Baugrund können Drainstränge nicht durch Sickerpackungen ersetzt werden.

Bei wasserdurchlässigen Kunststoffflächen wie Laufbahnen oder Kleinfeldern werden besonders hohe Ansprüche an die Ebenheit gestellt. Sie müssen vor allem sicher entwässert werden, damit keine Frostschäden am Belag entstehen. Eine Sanierung wäre teuer und aufwändig. Solange die Entwässerung zweifelsfrei sicher funktioniert, beispielsweise bei gut wasserdurchlässigem Boden, bestehen gegen den Einsatz der neuen Bauweise unter wasserdurchlässigen Kunststoffflächen keine Bedenken.

Für wasserundurchlässige Kunststoffflächen gilt sinngemäß dasselbe, hier kommt es aber vor allem auf die einwandfreie Entwässerung der Belagsoberfläche an, da auf der zweiten Entwässerungsebene, dem Erdplanum, in der Regel nur wenig Wasser anfällt, welches entwässert werden muss.

Tennenflächen sind eher unempfindlich, sie weisen außerdem einen stärkeren Abfluss auf der Oberfläche auf. In Fachkreisen wird derzeit ein mittlerer Abflussbeiwert von 0,3 diskutiert. Durch den Aufbau gelangt also weniger Wasser zu den Sickerpackungen. Die neue Bauweise ist ohne Einschränkungen einsetzbar. Oberflächenwasser von Tennenplätzen sollte an den Spielfeldrändern, den Tiefpunkten, aufgenommen und separat zur Versickerung gebracht werden. Hier ist eine Absetzeinrichtung erforderlich. Alternativ kann das abfließende Oberflächenwasser, wenn die Platzverhältnisse es zulassen, auch ohne Fassung über die Schulter in Mulden versickern. Dies wäre eine naturnahe, besonders wartungsarme Variante der Versickerung von Niederschlagswasser.

## 7 Fazit und Ausblick

Im F+E-Projekt wurde eine neue, nachhaltige Bauweise zur Entwässerung von Sportanlage untersucht. Zu diesem Zweck wurde eigens eine Versuchsanlage errichtet. Mit der Anlage wurden Sicker- und Beregnungsversuche durchgeführt und ausgewertet.

Niederschlagswasser auf Sportanlagen kann über Sickerpackungen im Erdplanum zur Versickerung gebracht werden, ohne es zu fassen und von der Sportanlage abzuleiten. Die Sickerpackungen ersetzen die herkömmlichen Drainpackungen. Bautechnische Grundsätze im Sportplatzbau wie die Entwässerungsrichtung und der Abstand der Packungen zueinander bleiben unverändert. Das Erdplanum wird durch die Sickerpackungen sicher entwässert. Voraussetzung ist, dass der Baugrund im Bereich der Sickerpackungen eine Infiltrationsrate über  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s aufweist.

Das Regenereignis, welches bei den Versuchen simuliert worden ist, ergibt etwa  $70 \text{ l/m}^2$  Niederschlag innerhalb von zwei Stunden. Dieses Regenereignis ist mit einem Starkregen vergleichbar, der seltener als einmal in dreißig Jahren auftritt.

Im Bereich der Versuchsanlage steht sandiger Schluff mit einem Gehalt abschlämmbarer Teilen von 44 Masse-% an. Die Bodenverhältnisse sind für die Versickerung von Niederschlagswasser nicht optimal, es handelt sich um wenig wasserdurchlässigen Boden mit Sickerraten um die  $5 \cdot 10^{-6}$  m/s. Für die Versuche waren diese niedrigen Sickerraten gut geeignet, liegen sie doch nahe der Grenze, ab der in der Regel keine planmäßige Versickerung von Niederschlagswasser mehr möglich ist.

Die Versuchsbedingungen waren technisch bedingt trotz der genormten Baustoffe und fachgerechten Einbaus nicht immer gleichmäßig. Unterschiede traten vor allem bei der Niederschlagsverteilung, dem Wasserdruck und den Bodenverhältnissen zutage. Sie wurden bei den Versuchen erfasst und bei den Berechnungen berücksichtigt. Die Versuchsergebnisse waren verwertbar.

Der Abflussbeiwert, der zur Bemessung der Entwässerung von Sportanlagen verwendet werden soll, ist bei der Versuchsanordnung messbar. Er hängt jedoch neben dem Aufbau, durch den das Niederschlagswasser sickert, erheblich von den Rahmenbedingungen wie Regenspende und Regendauer ab. Er wird außerdem planerisch in Zusammenhang mit bautechnischen und siedlungswasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten festgelegt. Es gibt nicht „den einen“ Abflussbeiwert.

Der Abflussbeiwert bei den durchgeführten Versuchen wurde bei der Auswertung bilanziert. Unter den oben beschriebenen Bedingungen ergaben sich Werte von 0,09 bis 0,17. Es handelt sich hierbei um Spitzenabflussbeiwerte. Für die Planung der Entwässerungsanlagen von wasserdurchlässigen Sportanlagen mit Kunststoffrasen, Kunststoffbelag oder Naturrasen wird ein Abflussbeiwert von 0,1 vorgeschlagen.

Bei den Versuchen wurden drei verschieden große Sickerpackungen untersucht. Die Bemessung der Sickerpackungen im Vorfeld der Versuche war erfolgreich, der letztlich vorgeschlagene Querschnitt liegt mit 50 cm Breite und 40 cm Höhe zwischen den Querschnitten von zwei der bemessenen Packungen. Mit diesen Sickerpackungen wird das Planum bis zur 30-jährlichen Regenreihe sicher entwässert.

Die Maße der Sickerpackungen gelten für die verschiedenen Regenspenden, die in ganz Deutschland auftreten und für Böden mit Infiltrationsraten von über  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s.

Der Oberbau von Sportanlagen verzögert den unterirdischen Abfluss von Niederschlagswasser erheblich. Bei den Versuchen verging mindestens eine halbe Stunde, bis sich Wasser auf der Sohle der Sickerpackung angestaut hat. Diese Dauer lässt sich jedoch nicht verallgemeinern. Auch hier liegt, wenn das Thema vertieft werden soll, weiterer Forschungsbedarf.

Erwiesen wurde, dass der Oberbau eines Sportplatzes als Rückhalteraum genutzt werden kann, wenn er bei wasserundurchlässigem Boden an eine Vorflut angeschlossen werden soll und der Abfluss gedrosselt werden muss. Die Entleerungszeit eines Sportplatzes liegt bei Abflussdrosselung auf 1 l/s und einer Regenspende von 30 l/m<sup>2</sup> bei unter sechs Stunden.

Der Abwasserbegriff nach WHG umfasst Niederschlagswasser, welches gesammelt und abgeleitet wird. Durch die neue Bauweise verbleibt das Niederschlagswasser auf dem Sportplatz, es entsteht kein Abwasser im Sinne des WHG. Für Bau und Betrieb einer Sportanlage mit der neuen Bauweise wäre demzufolge keine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich. Sportanlagen, die über diese Bauweise entwässert werden, sind auch keine Versickerungsanlagen nach DWA-A 138-1 (2020). Untere Wasserbehörde und kommunaler Entwässerungsbetrieb sollten aber in jedem Fall bereits in der Planungsphase einbezogen werden. Es ist möglich, dass nicht alle Behörden in Deutschland diese Einschätzung teilen.

Die neue Bauweise der Entwässerung kann bei wasserdurchlässigen Böden auf Rasensportplätzen und Tennenplätzen uneingeschränkt eingesetzt werden. Bei Rasensportplätzen ist die gleichmäßige Entwässerung des Erdplanums besonders wichtig. Bei wasserdurchlässigen Kunststoffplätzen muss die Entwässerung zweifelsfrei sicher funktionieren, was insbesondere bei gut wasserdurchlässigem Boden gegeben ist.

Das Niederschlagswasser von Sportplätzen sollte, wo immer möglich, auf dem Sportplatz verbleiben und nicht abgeleitet werden. Die Vorteile liegen auf der Hand. Die lokale Wasserbilanz wird verbessert. Die lokale Verdunstungsrate wird erhöht, Wasser verbleibt länger oberflächennah im Boden. Damit verbundene Kühlungseffekte für das Stadtklima sind wahrscheinlich, müssten jedoch verifiziert werden. Hier besteht Forschungsbedarf. Die Bodenstruktur im Untergrund wird durch den Bau eines Sportplatzes mit Versickerung vor Ort weniger stark beeinträchtigt. Die öffentliche Kanalisation kann entlastet werden. Bau- und Betriebskosten von Sportanlagen fallen geringer aus.

Eine Entwässerung über Sickerpackungen ist auch in anderen, weniger stark belasteten befestigten Flächen in Freianlagen denkbar. Um die Bauweise auf andere Flächen zu übertragen zu können, besteht weiterer Forschungsbedarf.

Für die neue Bauweise wurde eine Aufbauempfehlung formuliert, die auf bautechnische Voraussetzungen, ihre Umsetzung und die Grenzen der Bauweise eingeht. Mit dieser Aufbauempfehlung soll die neue Bauweise in Fachwelt und Gremien bekannt gemacht werden.

## Quellenverzeichnis

- AMELUNG, W., BLUME, H.-P., FLEIGE, H., HORN, R., KANDELER, E., KÖGEL-KNABNER, I., KRETZSCHMAR, R., STAHR, K., WILKE, B.-M., Springer-Verlag GmbH, Scheffer, F., Schachtschabel, P., Gaiser, T., Gauer, J., Stoppe, N., Thiele-Bruhn, S., & Welp, G. (2018). Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde (17., überarbeitete und ergänzte Auflage). Springer Spektrum.
- BENDEN, J., BROESI, R., ILGEN, M., LENNARTZ, G., SCHEID, C., SCHMITT, T. G., & LEINWEBER, U. (2017). Multifunktionale Retentionsflächen. Teil 3: Arbeitshilfe für Planung, Umsetzung und Betrieb. MURIEL Publikation.
- Biometrische Gesellschaft (Hrsg.). (2012). Leitfaden zur Einordnung, Planung, Durchführung und Auswertung von Versuchen unter Produktionsbedingungen (On-Farm-Experimente).
- BlueGreenStreets (Hrsg.). (2020). BlueGreenStreets als multicodierte Strategie zur Klimafolgenanpassung – Wissensstand 2020. Statusbericht im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z). Online-Publikation.
- Bophys GmbH. (2020). Bestimmung des Verformungsmoduls und der Wasserinfiltrationsrate.
- BORGWARDT, S., GERLACH, A., & KÖHLER, M. (2000). Versickerungsfähige Verkehrsflächen - Anforderungen, Einsatz und Bemessung. Springer.
- DIN (Hrsg.). (2006). DIN 18035-3 Sportplätze - Teil 3: Entwässerung. Beuth Verlag GmbH.  
<https://perinorm.com/document.aspx?hitnr=0&q=DE30020554>
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.). (1978). DIN 18035-3 Sportplätze - Teil 3: Entwässerung. Beuth Verlag GmbH.
- DIN EN 15643:2021-12.Nachhaltigkeit von Bauwerken\_ - Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken. (2021). Beuth Verlag GmbH.  
<https://doi.org/10.31030/3239367>
- DWA. (2005). DWA-A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA. (2007). DWA-M 153 Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA. (2013). DWA-A 117 Bemessung von Regenrückhalteräumen (2013.–12. Aufl.). DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.  
<https://perinorm.com/document.aspx?hitnr=0&q=DE45627712>
- DWA. (2017). DWA-A 139 Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen. DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA. (2020). DWA-A 102-1 / BWK-A 3-1 Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer Teil 1: Allgemeines. DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA. (2022). DWA-A 118—Planung und hydraulische Überprüfung von öffentlichen Entwässerungssystemen, Entwurf.
- DWA-AG ES-2.6. (2009). Ermittlung abflusswirksamer Flächen für Niederschlag-Abfluss-Berechnungen in der Siedlungsentwässerung. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 668–674.
- DWD (Hrsg.). (2020). Unterstützungsdokumentation. Hinweise zur Verwendung der KOSTRA-DWD-Datensätze. Deutscher Wetterdienst - Abteilung Hydrometeorologie -.
- FGSV. (2012). Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen: ZTV E-StB 12. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.

- FGSV. (2017). Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau: ZTVE-StB 17. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- FLL (Hrsg.). (2016). Musterleistungsverzeichnis Freianlagen. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL).
- FRISCHKNECHT, R., BÜSSER KNÖPFEL, S., FLURY, K., STUCKI, M., & AHMADI, M. (2013). Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- HEINRICHS, F.-J., RICKMANN, B., SONDERGELD, K.-D., & STÖRRLEIN, K.-H. (2016). Gebäude- und Grundstücksentwässerung, Planung und Ausführung – Kommentar zu DIN 1986-100 und DIN EN 12056-4 (6.). Beuth Verlag.
- ILLGEN, M. (2009). Das Versickerungsverhalten durchlässig befestigter Siedlungsflächen und seine urbanhydrologische Quantifizierung. Kaiserslautern.
- ITTEN, R., GLAUSER, L., & STUCKI, M. (2020). Ökobilanzierung von Rasensportfeldern: Natur-, Kunststoff- und Hybridrasen der Stadt Zürich im Vergleich. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW.
- KIRSTEN, T. (2014). Gutachten zu den Rasenflächen im Sport- und Spielbereich, Grundschule „Friedrich Schiller“ in Cunewalde. unveröffentlicht.
- KRÄMER, T. (Hrsg.). (2020). Kompendium Sportplatz. Stadionwelt.
- Kunstrasen für Bühlauer Fußballer. (2015, 5). Sächsische Zeitung.
- KUNTSCHKE, K., & RICHTER, S. (2021). Geotechnik: Erkunden – Untersuchen – Berechnen – Ausführen – Messen. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32290-8>
- Landesamt für Straßenbau (Hrsg.). (2004). Arbeitsanleitung für die Bemessung des Bodenaustausches bei nicht dauerhaft tragfähigem, frostempfindlichen Planum in Thüringen. FS Thüringen.
- LH Dresden (Hrsg.). (2022). Themenstadtplan Dresden [Map].
- LÖSKEN, G. (2016). Abflussbeiwerte von Dachbegrünungen—Definitionen, Messmethoden, Anwendungsbereiche. 14. Internationales FBB-Gründachsymposium, Ditzingen.
- NABau (Hrsg.). (2016). DIN 18320 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Landschaftsbauarbeiten. Beuth Verlag.
- Projekt KURAS (Hrsg.). (2016). Zukunftsorientierte Anpassung der urbanen Abwasserinfrastruktur – Leitfaden zum methodischen Vorgehen. [http://www.kuras-projekt.de/fileadmin/Dokumente/\\_Verwaltung/pdf/Leitfaden\\_AP2\\_20161209\\_02.pdf](http://www.kuras-projekt.de/fileadmin/Dokumente/_Verwaltung/pdf/Leitfaden_AP2_20161209_02.pdf)
- SCHLESIGER, G., SNOWADSKY, R., BAADER, P., ULENBERG, A., TROJAHN, K., & KLEIN, W. (2017). Sportplatzbau und -erhaltung. Deutscher Fußball-Bund e. V., 5. Überarbeitete Auflage, 2017 (Bd. 13). DFB.
- SCHMITT, T. G., WELKER, A., & ILLGEN, M. (2007). Untersuchung des Abfluss- und Versickerungsverhaltens wasserdurchlässiger Flächenbeläge. TU Kaiserslautern.
- SKIRDE, W. (1983). Untersuchungen zur Be- und Entwässerung von Rasensportflächen (BISp, Hrsg.). Bundesinstitut für Sportwissenschaften BISp.
- Stadtentwässerung Hannover (Hrsg.). (2000). Naturnaher Umgang mit Regenwasser. Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz, Heft 20.
- THIEME-HACK, M. (Hrsg.). (2018). Handbuch Rasen. Ulmer.

- Umweltbundesamt. (2019). Untersuchung der Potentiale für die Nutzung von Regenwasser zur Verdunstungskühlung in Städten. UBA Texte.  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-09-16\\_texte\\_111-2019\\_verdunstungskuehlung.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-09-16_texte_111-2019_verdunstungskuehlung.pdf)
- Vereinte Nationen, Wirtschafts- und Sozialrat (Hrsg.). (2017). Neupositionierung des Entwicklungssystems der Vereinten Nationen zur Verwirklichung der Agenda 2030: Unser Versprechen von Würde, Wohlstand und Frieden auf einem gesunden Planeten, A/72/684, E/2018/7. UNO.
- WOLF, M. (2014). Untersuchungen zur Wasserdurchlässigkeit von Tragschichten ohne Bindemittel in Straßenbefestigungen. Technische Universität Dresden.
- WOODS BALLARD, B., WILSON, S., UDALE-CLARKE, H., ILLMAN, S., SCOTT, T., ASHLEY, R., & KELLAGHER, R. (2015). The SuDS Manual. CIRIA.

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft  
und Geologie (LfULG)

Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden

Telefon: +49 351 2612-0

Telefax: +49 351 2612-1099

E- Mail: [poststelle.lfulg@smekul.sachsen.de](mailto:poststelle.lfulg@smekul.sachsen.de)

[www.lfulg.sachsen.de](http://www.lfulg.sachsen.de)

Das LfULG ist eine nachgeordnete Behörde des  
Sächsischen Staatsministeriums für Energie, Klimaschutz,  
Umwelt und Landwirtschaft.

Diese Veröffentlichung wird finanziert mit Steuermitteln auf  
Grundlage des von den Abgeordneten des Sächsischen  
Landtags beschlossenen Haushalts.

**Autor:**

Tom Kirsten M.Sc.

Abteilung 8 / Referat 83 Garten- und Landschaftsbau  
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und  
Geologie

Söbrigener Straße 3a, 01326 Dresden-Pillnitz

Telefon: +49 351 2612-8300, Telefax: +49 351 2612-8099

**Fotos:**

LfULG, Tom Kirsten

**Auflage:**

1. Auflage

**Redaktionsschluss:**

2. 8. 2022

**ISSN:**

1867-2868

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung,  
kann aber als PDF-Datei heruntergeladen werden  
<https://publikationen.sachsen.de>.

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsre-  
gierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung  
zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf we-  
der von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern zum  
Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle  
Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf  
Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien so-  
wie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer  
Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weiter-  
gabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

*Täglich für  
ein gutes Leben.*

[www.lfulg.sachsen.de](http://www.lfulg.sachsen.de)