

**Kunststoffeinträge von Kunstrasenplätzen in
Entwässerungssysteme**

**Aufkommen, Rahmenbedingungen und Möglichkeiten der
Eintragsminderung**

Marco Breitbarth, Anja Hentschel und Simon Kaser

sofia

Sonderforschungsgruppe
Institutionenanalyse

**Kunststoffeinträge von Kunstrasenplätzen in
Entwässerungssysteme**

**Aufkommen, Rahmenbedingungen und Möglichkeiten
der Eintragsminderung**

Marco Breitbarth, Anja Hentschel und Simon Kaser

sofia-Diskussionsbeiträge
zur Institutionenanalyse
Nr. 22-1

ISSN 1437-126X

ISBN 978-3-941627-99-4

Breitbarth, M.; Hentschel, A.; Kaser, S.: Kunststoffeinträge
von Kunstrasenplätzen in Entwässerungssysteme. Aufkommen,
Rahmenbedingungen und Möglichkeiten der Eintragsminderung.
sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 22-1,
Darmstadt 2022

Kunststoffeinträge von Kunstrasenplätzen in Entwässerungssysteme

**Aufkommen, Rahmenbedingungen und Möglichkeiten der
Eintragsminderung**

Marco Breitbarth

Anja Hentschel

Simon Kaser

Darmstadt, Mai 2022



Der Beitrag entstand im Forschungsprojekt „Umweltpolitische Instrumente zur Reduzierung der Plastikverschmutzung von Binnengewässern über Entwässerungssysteme (InRePlast)“, das im Forschungsschwerpunkt „Plastik in der Umwelt – Quellen • Senken • Lösungsansätze“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung von 2019 bis 2022 mit dem FKZ 01UP1803A-C gefördert wird. Siehe zum Projekt näher unter "<http://www.inreplast.de>"



Inhalt

1 Einführung	7
2 Messungen auf Großspielfeldern in Nordrhein-Westfalen	9
2.1 Untersuchungsgegenstand	9
2.2 Methodik	11
2.3 Ergebnisse	12
2.3.1 Einträge in die Entwässerungssysteme	12
2.3.2 Einflussfaktoren auf den Austrag vom Spielfeld und Eintrag in die Entwässerungssysteme	15
2.3.3 Einordnung der Ergebnisse in das Projekt InRePlast	22
2.3.4 Hochrechnung auf Bundesebene	25
3 Vergleich mit anderen Studien	28
4 Maßnahmen zur Eintragsminderung	31
4.1 Technische und organisatorische Maßnahmen	31
4.1.1 Optimierung des Rasensystems	31
4.1.2 Reduzierung der Verschleppungen vom Spielfeld	32
4.1.3 Vermeidung des Eintrags in Abwässer	32
4.1.4 Rasenpflege	33
4.1.5 Sensibilisierung und Bewusstseinschärfung	33
4.2 Rechtliche Regulierungsansätze	33
4.2.1 Beschränkungsverfahren der ECHA	33
4.2.1.1 Gesundheitliche Risiken von Gummigranulat aus Altreifen ...	34
4.2.1.2 Risiken durch intendiert zugesetztes Mikroplastik	35
4.2.2 Verpflichtende Vorgaben zu technischen, baulich-konstruktiven und organisatorischen Maßnahmen	37
4.2.3 Innovationsförderung	38
4.2.4 Finanzielle Förderung von Kunstrasensportplätzen	38
5 Fazit	39
6 Literatur	41

Abbildungen

Abbildung 1: Ablaufrinne mit Abstand zum Spielfeld hinter den Spielfeldbänden (links, Spielfeld 2), Ablaufrinne direkt am Spielfeld (Mitte, Spielfeld 3) und Ablauf in Mannschaftsduschen (rechts)	10
Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Niederschlag und Eintrag von Granulat in die Niederschlagsabläufe	16
Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Niederschlag und Eintrag von Rasenhalmen in die Niederschlagsabläufe	16
Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Anzahl der Spieler und Eintrag von Granulat in die Niederschlagsabläufe	17
Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Anzahl der Spieler und Eintrag von Rasenhalmen in die Niederschlagsabläufe	18
Abbildung 6: Verteilung der jährlichen Granulateinträge auf die einzelnen Abflüsse im Spielfeld 1	19
Abbildung 7: Verteilung der jährlichen Granulateinträge auf die einzelnen Abflüsse im Spielfeld 2	19
Abbildung 8: Verteilung der jährlichen Granulateinträge auf die einzelnen Abflüsse im Spielfeld 3	20
Abbildung 9: Verteilung der jährlichen Granulateinträge auf die einzelnen Abflüsse im Spielfeld 4	21
Abbildung 10: Eintragsvorgänge am Beispiel eines Niederschlagsablaufes	22
Abbildung 11: verstopfte Abläufe durch fehlende regelmäßige Wartung	25
Abbildung 12: Vergleich der jährlichen Nachfüllmengen und Eintragsmengen in die Niederschlagserfassungen für Kunststoff-Granulate der vier Spielfelder	30
Abbildung 13: Niederschlagsablauf mit Sedimentationsbecken (links, rechts) und ohne (unten)	32

Tabellen

Tabelle 1: Übersicht untersuchte Kunstrasenspielfelder	10
Tabelle 2: Spezifische Stückzahlkonzentrationen der Granulate und Rasenhalme in den Siebklassen	11
Tabelle 3: Absolute und flächenspezifische Einträge von Kunststoffgranulaten und Kunstrasenhalmen in die Niederschlagserfassung auf den vier Spielfeldern	12
Tabelle 4: Spezifischer Granulateintrag ins Schmutzwasser pro Spieler in den Umkleidekabinen und Duschen in Gramm pro Tag differenziert nach Trainingstagen und Spieltagen	13
Tabelle 5: Jahresfrachten für den Eintrag von Kunststoff-Granulaten in die Schmutzwasserableitung über die Umkleideräume und Duschen der vier Spielfelder	14
Tabelle 6: Hochrechnung Kunststoffeinträge von Kunstrasen-Fußballplätzen in die Entwässerungssysteme der vier Modellkommunen	23
Tabelle 7: Gegenüberstellung Eintragungspotenziale Kunstrasenplätze und Einträge in Kläranlagen der InRePlast Modellkommunen	24
Tabelle 8: Bundesweite Kunststoffeinträge von Kunstrasen-Fußballplätzen in Entwässerungssysteme	26
Tabelle 9: Vergleich spezifischer Granulat-Emissionen mit Literaturdaten	28

1

Einführung

Kunststoffe als Umweltproblem stehen seit längerem im Fokus von Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit. Diverse Quellen und Eintragspfade wurden bereits identifiziert und entsprechend vielfältige Maßnahmen entwickelt, um Einträge in die Umwelt zu reduzieren und möglichst zu vermeiden. Kunstrasenplätze stellen hierbei eine spezielle Quelle für Kunststoffeinträge in die Umwelt dar.

Kunstrasen mit unterschiedlichem Infill-Material findet seit einiger Zeit verbreitete Anwendung auf Flächen für verschiedenste Sportarten im Breiten- und Profisport. Er zeichnet sich durch verschiedene Vorteile gegenüber Naturrasen aus.¹ Kunstrasen ist robuster und wetterunabhängiger und ermöglicht damit mehr jährliche Spielstunden. Außerdem mindert das Infill-Material aufgrund seiner dämpfenden Eigenschaften das Verletzungsrisiko der Sportler. Hinzu kommt ein geringerer Pflegeaufwand im Vergleich zu Naturrasen und fehlende Unebenheiten auf der Fläche erhöhen die Spielqualität, da Bälle nicht verspringen. Kunstrasen ist für viele Kommunen, die als Errichter und Betreiber von Spiel- und Sportflächen für den Freizeitsport fungieren, insgesamt oftmals die effizienteste Lösung.

Der Einsatz von Kunstrasen auf Sportflächen hat jedoch auch seine Schattenseiten, insbesondere für die Umwelt. Problematisch sind hierbei zum einen die sich durch Verschleiß ablösenden synthetischen Rasenfasern selbst. Zum anderen kommt auf diesen Plätzen Kunststoffgranulat als Einstreu (Infill-Material) zum Einsatz, um die Verletzungsgefahr der Spieler zu verringern, die Kunstrasenhalme zu stützen und die Spieleigenschaften des Feldes zu verbessern. Dieses Granulat kann jedoch auf verschiedenen Wegen – indirekt über Entwässerungssysteme oder direkt – in die Umwelt gelangen. Nach Schätzungen der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) ist das auf Kunstrasensportplätzen verwendete Infill-Material mit bis zu 16.000 Tonnen pro Jahr die größte Einzelquelle von rund 42.000 Tonnen an Mikrokunststoffen, die jährlich in die Umwelt eingetragen werden.²

Für Kunststoffrasenflächen ergibt sich aus den Vorgaben der DIN 18035-7 und DIN EN 15330-1, nach denen diese zu errichten sind, eine erforderliche Füllmenge an Infill-Material von rund 5 kg pro Quadratmeter. In einer gemeinsamen Stellungnahme gehen der Deutsche Fußball-Bund und der Deutsche Städte- und Gemeindebund von einer Gesamtmenge an Infill-Material auf Bestands-, Neubau- und Sanierungsflächen in Höhe von knapp 185.815 Tonnen

¹ <https://www.presseportal.de/pm/134850/4624065> (Stand: 22.4.2022).

² https://echa.europa.eu/documents/10162/28801697/qa_intentionally_added_microplastics_restriction_en.pdf/5f3caa33-c51f-869e-81c8-7e1852a4171c, S. 2. (Stand: 22.4.2022)

aus.³ Im laufenden Betrieb dieser Flächen muss regelmäßig entsprechendes In-fill-Material nachgefüllt werden, da nutzungsbedingte „Setzungen“ des Materials innerhalb der Spielfläche stattfinden und ein Materialaustrag über unterschiedliche Pfade, wie über fehlende, zu geringe oder unsachgemäße Pflegemaßnahmen (z.B. Schneeräumung), Witterungseinwirkungen und Anhaftungen von Granulat an Kleidung, Schuhen und Haut der Sportler erfolgt.⁴

Die nachfolgenden Ausführungen geben Forschungsergebnisse aus dem Projekt InRePlast wieder. Im nachfolgenden Kapitel 2 werden die Ergebnisse eigener Untersuchungen zur Thematik präsentiert. Diese werden in Kapitel 3 zu anderen Veröffentlichungen in Bezug gestellt und hinsichtlich ihrer Aussagekraft bewertet. Kapitel 4 widmet sich technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Eintragsminderung sowie rechtlichen Regulierungsansätzen. Abschließend zieht Kapitel 5 ein Fazit.

³ Gemeinsame Stellungnahme des DFB und des DStGB im Rahmen der Konsultation zum Beschränkungsvorschlag der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) „Mikroplastik“ vom 17.9.2019, S. 2f., https://www.swfv.de/sites/default/files/2019-10/DFB_DStGB_Stellungnahme_ECHA_17092019_endg.pdf. (Stand: 22.4.2022).

⁴ Gemeinsame Stellungnahme des DFB und des DStGB im Rahmen der Konsultation zum Beschränkungsvorschlag der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) „Mikroplastik“ vom 17.9.2019, S. 2f., https://www.swfv.de/sites/default/files/2019-10/DFB_DStGB_Stellungnahme_ECHA_17092019_endg.pdf. (jeweils Stand: 22.4.2022).

2

Messungen auf Großspießfeldern in Nordrhein-Westfalen

Die Untersuchung der Kunststoffeinträge von Kunstrasenplätzen in Entwässerungssysteme erfolgte im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundvorhabens „Umweltpolitische Instrumente zur Reduzierung der Plastikverschmutzung von Binnengewässern über Entwässerungssysteme – InRePlast“⁵ im Förderschwerpunkt „Plastik in der Umwelt“⁶. InRePlast untersucht den Eintrag von Makrokunststoffen (> 5 mm) und großen Mikrokunststoffen (1 - 5 mm) in Entwässerungssysteme am Beispiel von vier Modellkommunen in der StädteRegion Aachen.

Ziel der Untersuchung war, die Relevanz der spezifischen Eintragsquelle Kunstrasenfußballplatz grundsätzlich und im Vergleich zu Einträgen anderer Quellen zu ermitteln. In den vier Modellkommunen gibt es 34 Kunstrasen-Fußballspielfelder. Mit Messungen auf vier dieser Spielfelder sollte der Eintrag der Rasenbestandteile (Granulat und Rasenhalme) in die Niederschlagserfassung festgestellt werden. Zusätzlich hierzu erfolgten in einem Vereinsheim Messungen zum Eintrag von Kunstrasenbestandteilen in die Schmutzwassererfassung über Mannschaftsduschen und Umkleieräume.

Weiterhin sollten spezifische Kennwerte auf Basis unterschiedlicher Bezugsgrößen (Rasenfläche und Nutzungsintensitäten) bestimmt und die Relevanz möglicher Einflussfaktoren (Niederschlag, Nutzungsintensität, Laufwege) auf den Eintrag untersucht werden.

2.1

Untersuchungsgegenstand

Die Erfassung von Granulaten und Rasenhalmen erfolgte auf vier Großspießfeldern, deren Charakteristiken in Tabelle 1 vergleichend zusammengestellt sind. Die Spielfelder wurden anhand ihrer unterschiedlichen Bauweisen ausgewählt, da auf Grund derer Differenzen in den Eintragungsmengen zu erwarten waren. Der wesentlichste Unterschied zwischen den vier Spielfeldern ist deshalb die Ausgestaltung der Niederschlagserfassung. Während Spielfeld 4 nur über zwei Abläufe an einer Breitenseite verfügt, ist Spielfeld 1 mit 18 Abläufen über alle vier Spielfeldseiten ausgestattet. Auch die Position der Sammelrinnen unterscheidet sich zwischen den einzelnen Spielfeldern. Sie liegen entweder direkt am Spielfeldrand oder mit Abstand hinter den Spielfeldbänden.

⁵ <http://inreplast.de/>

⁶ <https://www.bmbf-plastik.de/de>

Tabelle 1: Übersicht untersuchte Kunstrasenspielfelder

	Spielfeld 1	Spielfeld 2	Spielfeld 3	Spielfeld 4
Baujahr	2015	2015	2012	2015
Größe [m²]	6.968	6.732	6.014	6.111
Anzahl der Mannschaften[n]	9	9	14	9
Granulatart	PU-SBR	SBR-Rezyklat	SBR-Rezyklat	SBR-Rezyklat
Füllmenge [kg/m²]	4,45	4,75	6,54	5,73
Nachfüllmenge [kg/a]	35,0	37,5	125,0	167,0
Elastikschicht	ja	ja	Ja	nein
Kunstrasenhalm	gekräuselt	gerade	Gerade	gerade
Abflussrinnen	4 Seiten	2 Längsseiten	1 Breitenseite	1 Breitenseite
Anzahl der Abflüsse [n]	18	12	5	2
Trainingseinheiten [n/w]	18	18	28	18
Heimspiele im Versuchszeitraum	14	12	25	13

Alle vier Spielfelder befinden sich in der InRePlast-Modellgemeinde Stolberg. Mit der räumlichen Nähe sollten möglichst gleiche Witterungsverhältnisse für den Abgleich des potenziellen Einflussfaktors Niederschlag (Einspülungen in die Niederschlagsabläufe) während der Messungen abgebildet werden.

Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Sammelrinnen und Abläufe auf den untersuchten Spielfeldern sowie einen Schmutzwasserablauf in den Mannschaftsräumen (rechts). Insbesondere bei den spielfeldnahen Ablaufrinnen konnte bereits bei der Erstbegehung ein massiver Austrag der Granulate vom Spielfeld in die Sammelrinnen beobachtet werden (Mitte).



Abbildung 1: Ablaufrinne mit Abstand zum Spielfeld hinter den Spielfeldbändern (links, Spielfeld 2), Ablaufrinne direkt am Spielfeld (Mitte, Spielfeld 3) und Ablauf in Mannschaftsduschen (rechts)

2.2 Methodik

Die Erfassung in den Niederschlagsabläufen am Spielfeld und in den Schmutzwasserabläufen in den Umkleiden / Duschen erfolgte mit Sieben und Siebgebe mit 1 mm Maschenweite.

Insgesamt wurde der Eintrag über fünf Versuchsreihen mit 14, 9, 2, 3 und 47 Tagen Dauer von November 2019 bis Januar 2020 erfasst. Die Proben wurden bei 70 °C für mindestens fünf Tage getrocknet und anschließend analysiert. Alle Betrachtungen erfolgten jeweils differenziert für das Kunststoffgranulat und die Kunstrasenhalme. Sowohl für das Granulat als auch die Rasenhalme wurden die Massen und Stückzahlen als Datengrundlage herangezogen. Aufgrund der hohen Anzahl an Partikeln wurden hierzu spezifische Stückzahlkonzentrationen in vier Siebklassen (1 - 2 mm, 2 - 3 mm, 3 - 5 mm und > 5 mm) ermittelt.

Die Stückzahlbestimmung der Kunststoffgranulate erfolgte über die Verwiegung der Proben. Da eine Abscheidung von Störstoffen (Mineralik und Organik) mittels Schwimm- / Sinkabscheidung unbefriedigende Ergebnisse brachte, wurde nach Absiebung von Bestandteilen kleiner 1 mm und größer 5 mm der durchschnittliche Störstoffgehalt bestimmt und die Massen der Granulate in der Probe rechnerisch darüber ermittelt.

Sowohl die Stückzahlkonzentrationen als auch die Störstoffgehalte wurden für jedes Spielfeld individuell ermittelt, um die unterschiedlichen Größenverteilungen der Granulate der jeweilig eingesetzten Produkte und mögliche Einflussfaktoren auf die Störstoffgehalte, wie beispielsweise umliegende Vegetation (z. B. Laub) oder Art der Flächenbefestigung (z. B. Split), zu berücksichtigen.

Die spezifischen Stückzahlen sind in Tabelle 2 zusammengefasst und zeigen deutliche Unterschiede zwischen den Spielfeldern auf. Für Spielfeld 3 wurden auch Stückzahlkonzentrationen der Kunstrasenhalme zur Ermittlung genutzt. Bei den anderen Spielfeldern wurden die Kunstrasenhalme manuell aussortiert, gezählt und verwogen.

Tabelle 2: Spezifische Stückzahlkonzentrationen der Granulate und Rasenhalme in den Siebklassen

	Spielfeld 1	Spielfeld 2	Spielfeld 3	Spielfeld 4	
Siebklasse	Granulat [Stk./g]	Granulat [Stk./g]	Granulat [Stk./g]	Halme [Stk./g]	Granulat [Stk./g]
1: 1 - 2 mm	222	377	238	500	370
2: 2 - 3 mm	147	156	127	204	196
3: 3 - 5 mm	-	44	-	68	-
4: > 5 mm	-	-	-	67	-

Zur Analyse möglicher Einflussfaktoren auf den Eintrag wurden die Niederschlagsdaten von vier Wetterdiensten für zwei Messstationen in Aachen und Eschweiler während der Versuchsreihen herangezogen.

Weiterhin wurden die Spieleranzahl auf dem Spielfeld im Versuchszeitraum und die typischen Laufwege auf das Spielfeld und vom Spielfeld herunter ermittelt.

2.3 Ergebnisse

Aus den Untersuchungen lassen sich die folgenden Ergebnisse ableiten.

2.3.1

Einträge in die Entwässerungssysteme

Aus den fünf Versuchsreihen ergaben sich für die vier Spielfelder teils deutlich unterschiedliche Jahresmengen an in die Niederschlagsabläufe am Spielfeldrand eingetragenen Kunststoffgranulaten und Kunstrasenhalmen (Tabelle 3).

Tabelle 3: Absolute und flächenspezifische Einträge von Kunststoffgranulaten und Kunstrasenhalmen in die Niederschlagserfassung auf den vier Spielfeldern

Spielfeld	Ab-läufe [n]	Eintrag [g/a]		Eintrag [Stk./a]		Feldgröße [m ²]	spez. Eintrag [g/m ² *a]		spez. Eintrag [Stk./m ² *a]	
		Granul at	Rasen- halme	Gran- nulat	Rasen- halme		Gran- nulat	Rasen- halme	Granul at	Rasen- halme
1	18	2.500	21,5	452.500	5.000	6.968	0,35	0,0031	65	0,713
2	12	300	1,5	61.100	200	6.732	0,05	0,0002	9	0,026
3	5	14.500	483,6	1.941.600	37.000	6.014	2,41	0,0804	323	6,160
4	2	300	0,0	84.100	0	6.111	0,05	0,0000	14	0,000

Die Granulat-Mengen liegen zwischen 0,3 kg/a und 14,5 kg/a. Dabei zeigt sich, dass nicht die Anzahl der Abläufe die für den Eintrag ausschlaggebenden Ursache darstellt. Der höchste Eintrag wurde bei Spielfeld 3 mit nur fünf Abläufen festgestellt. Für die Hochrechnungen wurde von einem ganzjährigen Eintrag ausgegangen. Unter Beachtung von Sommer- und Winterpausen könnte der Eintrag geringer ausfallen. Da aber auch in den Spielpausen von witterungsbedingten Einträgen aufgrund von Regenereignissen oder solchen aufgrund der Rasenpflege ausgegangen werden muss, wurde hier auf eine Differenzierung verzichtet.

Bis auf Spielfeld 3 wurde in Relation zum Kunststoffgranulat kein relevanter Eintrag von Kunstrasenhalmen festgestellt. Auf Spielfeld 3 übersteigt dieser mit rd. 480 g/a allerdings sogar die Granulateinträge auf den Spielfeldern 2 und 4. Eine mögliche Ursache könnte im Alter des Kunstrasens liegen. Dieser ist auf Spielfeld 3 drei Jahre älter als auf den anderen Spielfeldern (siehe Tabelle 1) und aufgrund einer zunehmenden Sprödigkeit des Kunststoffs daher möglicherweise einer stärkeren Abnutzung ausgesetzt.

Die Spielfeldgröße wurde als Bezugsgröße zur Ermittlung spezifischer Kennwerte gewählt. Diese wurden für Übertragungen auf andere Spielfelder in den Modellkommunen im Projekt InRePlast und für die bundesweite Hochrechnung genutzt (siehe Kapitel 2.3.3).

Nicht nur im Vergleich der Spielfelder untereinander ist ein großer Unterschied in den Eintragsmengen festzustellen. Auch im zeitlichen Verlauf schwanken die Eintragsmengen teils erheblich, wie in Abbildung 2 im Kapitel 2.3.2 am Beispiel der Kunststoffgranulate insbesondere bei den Spielfeldern 2 und 4 zu erkennen ist.

Die durchschnittlichen spezifischen Einträge von Kunststoffgranulaten in das Schmutzwasser über die Abläufe in den Umkleideräumen und Duschkabinen belaufen sich pro Spieler und Tag auf rd. 2,6 g bis 3,5 g (siehe Tabelle 4). Dies entspricht rd. 520 bis 630 Granulat-Partikeln pro Spieler und Tag. Dabei ist festzustellen, dass an Spieltagen der Eintrag höher ist als an Trainingstagen, da bei Spielen durch die Halbzeitpause die Umkleideräume zweimal aufgesucht werden. In den Umkleidekabinen fallen mehr Granulate an als in den Duschen. Rasenhalme wurden im Versuchszeitraum nicht in die Umkleiden und Duschen verschleppt.

Tabelle 4: Spezifischer Granulateintrag ins Schmutzwasser pro Spieler in den Umkleidekabinen und Duschen in Gramm pro Tag differenziert nach Trainingstagen und Spieltagen

	Granulateintrag pro Spieler und Tag					
	Training			Spiel		
	Kabine	Dusche	gesamt	Kabine	Dusche	gesamt
[g/d*n]	1,804	0,856	2,660	2,249	1,302	3,552
[Stk./d*n]	473	47	520	589	45	634

Eine Hochrechnung der Jahresfrachten für die Einträge über die Umkleidekabinen und Duschen in den Vereinsräumen ist aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsintensitäten der Spielfelder schwierig. Die Anzahl der Mannschaften in den Vereinen und die Spieleranzahl in den jeweiligen Mannschaften sowie die sich daraus ergebenden Spiele und Trainingseinheiten bestimmen letztlich die Nutzerzahlen. Einzelne Mannschaften können aus 11 bis zu 25 Spielern bestehen. Die Spielzeit und die Anzahl an Heimspielen variieren zwischen den verschiedenen Altersgruppen. Zur Vereinfachung wurde mit 11 Spielern pro Trainingseinheit und 22 Spielern + Schiedsrichter pro Spiel gerechnet. Weiterhin wurde eine Spielzeit von neun Monaten pro Jahr mit 39 Spielwochen und einheitlich 18 Heimspielen pro Mannschaft zugrunde gelegt. Unter diesen Annahmen und der Übertragung der spezifischen Kennwerte aus den Sozialräumen

des Vereinsheims von Spielfeld 4 in Tabelle 4 ergeben sich die in Tabelle 5 dargestellten Jahresmengen für den Eintrag in das Schmutzwasser über die Umkleideräume und Duschen.

Tabelle 5: Jahresfrachten für den Eintrag von Kunststoff-Granulaten in die Schmutzwasserableitung über die Umkleideräume und Duschen der vier Spielfelder

Spielfeld	Heimspiele pro Jahr	Trainings-einheiten [n/w]	Spieler pro Jahr (Spiele)	Spieler pro Jahr (Training)	Spiele		Training		Gesamt	
					[kg/a]	[Stk./a]	[kg/a]	[Stk./a]	[kg/a]	[Stk./a]
1	162	18	3.726	7.722	13,2	2.362.284	20,5	4.015.440	33,8	6.377.724
2	162	18	3.726	7.722	13,2	2.362.284	20,5	4.015.440	33,8	6.377.724
3	252	28	5.796	12.012	20,6	3.674.664	32,0	6.246.240	52,5	9.920.904
4	162	18	3.726	7.722	13,2	2.362.284	20,5	4.015.440	33,8	6.377.724
Annahmen: 18 Heimspiele pro Mannschaft und Jahr; Spielzeit 39 w/a; 11 Spieler pro Training, 23 Spieler pro Spiel; Spiel: 3,6 g/Spieler, 634 Stk./Spieler; Training: 2,7 g/Spieler, 520 Stk./Spieler										

Die Ergebnisse für die drei Vereine mit neun Mannschaften zeigen jährliche Einträge von rund 34 kg/a, für den Verein mit 14 Mannschaften rund 53 kg/a. Damit zeigt sich im Vergleich zu den Einträgen über die Niederschlagserfassung (0,3 kg/a und 14,5 kg/a) ein deutlich größerer Eintrag über Dusche und Kabine und somit eine größere Relevanz der Einträge von Kunstrasenbestandteilen über das Schmutzwasser.

Für die Spielfelder 1 und 2 entsprechen die Gesamtmengen aus Einträgen über Niederschlags- und Schmutzwasser den jährlichen Nachfüllmengen (siehe Tabelle 1). Da wesentliche Mengen an Granulat augenscheinlich auch von den Spielfeldern emittiert werden, aber nicht in die Entwässerung gelangen, erscheinen die Hochrechnungen der Einträge über das Schmutzwasser als zu hoch. Andererseits liegen die Nachfüllmengen mit rund 35 kg/a auch deutlich unter den in der Literatur angegebenen typischen Nachfüllmengen von 500 bis 5.000 kg pro Jahr [Verschoor 2017] für Kunstrasen-Spielfelder und müssen nicht zwangsläufig den tatsächlichen Verlusten entsprechen.

Auffällig war zudem das in den Versuchsdurchführungen nachvollzogene Vorgehen der Reinigungskräfte. Dabei werden mit einem Wasserschlauch alle Partikel in den Umkleideräumen und in den Duschen in die Abläufe gespült. Würde hier eine Entsorgung der Partikel statt einer Einspülung erfolgen, wäre mit deutlich geringeren Einträgen zu rechnen.

2.3.2

Einflussfaktoren auf den Austrag vom Spielfeld und Eintrag in die Entwässerungssysteme

Zur Überprüfung der Einflussfaktoren auf den Eintrag der Kunststoffe in die Entwässerungssysteme wurden die gemessenen Einträge mit folgenden Parametern abgeglichen: Niederschlag, Nutzungsintensität (Anzahl Spieler) und Laufwege beim Betreten und Verlassen des Spielfeldes. Auch hier wurden wieder die Kunststoffgranulate und die Kunstrasenhalme differenziert betrachtet.

Für die Parameter Niederschlag und Nutzungsintensität wurden die durchschnittlichen Tagesmengen eingetragener Granulate und Rasenhalme in den fünf Versuchsreihen mit den jeweiligen Tagesmittelwerten der Parameter abgeglichen. Zeigen die Verläufe Korrelationen in den Intensitäten, ist von einem Einfluss des jeweiligen Parameters auszugehen, wobei auch mögliche Überschneidungen mehrerer Einflussparameter auftreten können und die Interpretation erschweren.

Zur Einschätzung der Relevanz von Laufwegen beim Betreten und Verlassen der Spielfelder auf den Kunststoffaustrag wurde die prozentuale Verteilung der Einträge in die Abläufe um die Spielfelder mit den Laufwegen auf dem Spielfeld abgeglichen (Abbildung 6 bis Abbildung 9). Wie auch bei der Nutzungsintensität erfolgt der Austrag über Verschleppungen von an den Spielern, deren Kleidung und Schuhen haftenden Partikeln.

Auch Verwehungen wurden als möglicher Einflussfaktor in Betracht gezogen. Direkt in Stolberg stand keine Wettermessstation zur Verfügung. Der Abgleich mit Messdaten der genutzten Wetterstationen in Aachen und Eschweiler zeigte keine Zusammenhänge zwischen den Einträgen und den Windgeschwindigkeiten. Da Winde sehr lokal auftreten, lassen die Daten der Wetterstationen keine verwertbaren Aussagen auf den tatsächlichen Einfluss zu. Aufgrund der Form und Dichte sowie der Einbindung in die Rasenstruktur ist für Kunststoffgranulate eine Verwehung grundsätzlich aber relativ unwahrscheinlich.

Eine qualitative Korrelation zwischen dem Eintrag von Kunststoffgranulaten in die Abflüsse und der Niederschlagsintensität im Versuchszeitraum lässt sich in Abbildung 2 (rechts) für die Kunststoffgranulate bei den Spielfeldern 2 und 4 erkennen.

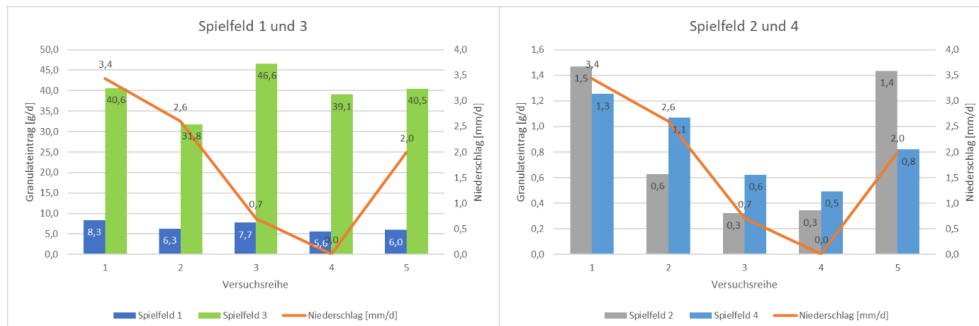


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Niederschlag und Eintrag von Granulat in die Niederschlagsabläufe

Bei den Spielfeldern 1 und 3 ist kein Zusammenhang mit den Niederschlagsintensitäten zu erkennen. Allerdings kam es auch bei den Spielfeldern 2 und 4 in der 4. Versuchsreihe ohne Niederschläge zu Einträgen in die Abläufe. Verschiedene Effekte müssen sich demnach beim Eintrag überlagern.

Ein Zusammenhang zwischen dem Niederschlag und dem Eintrag von Rasenhalmen kann bei keinem Spielfeld erkannt werden (Abbildung 3). Auf Spielfeld 4 wurden im Versuchszeitraum keine Rasenhalme in die Abläufe eingetragen.

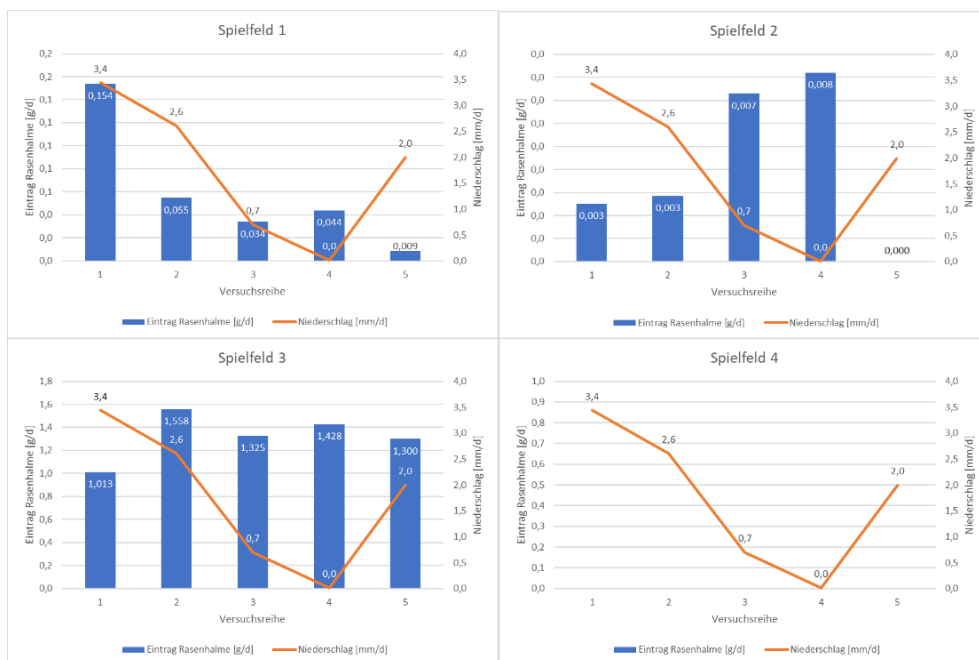


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Niederschlag und Eintrag von Rasenhalmen in die Niederschlagsabläufe

Der Niederschlag konnte somit nicht als dominierender Einflussfaktor nachgewiesen werden.

Auf den Spielfeldern 1, 3 und 4 sind überwiegende Korrelationen zwischen der Nutzungsintensität (Anzahl der Spieler) und dem Granulateintrag zu sehen (Abbildung 4).

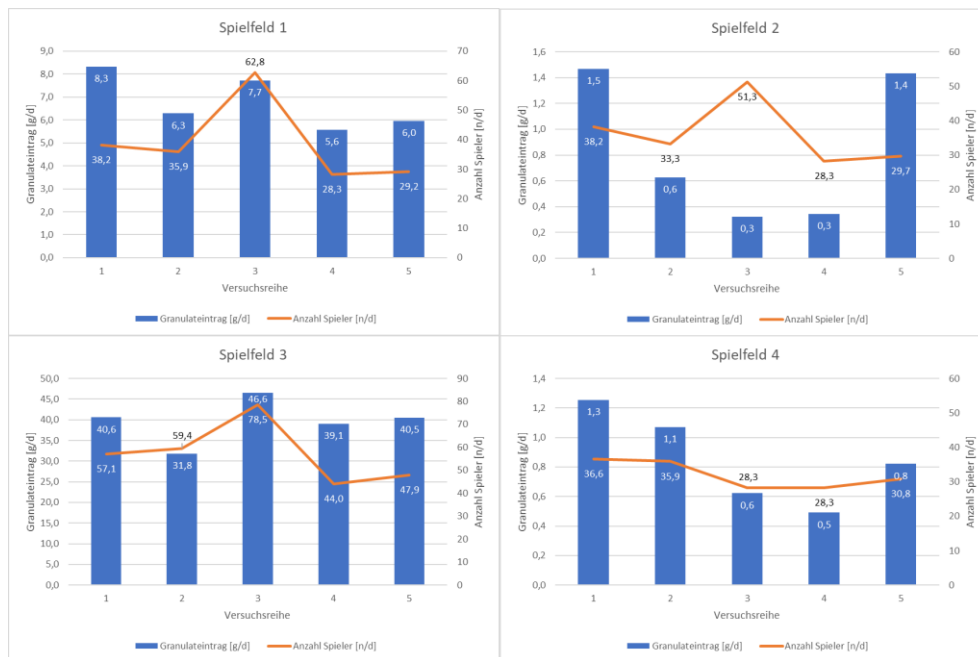


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Anzahl der Spieler und Eintrag von Granulat in die Niederschlagsabläufe

Auf Spielfeld 2 zeigt sich abgesehen von der 3. Versuchsreihe auch eine Übereinstimmung in der Tendenz. Allerdings sind hier die Unterschiede der Eintragsmengen deutlich größer als die Schwankungen der Spieleranzahl. Daraus lässt sich vermuten, dass bei diesem Spielfeld der Niederschlag der dominante Einflussfaktor auf den Eintrag der Granulate in die Abflüsse ist (Abbildung 2, rechts). Für die Spielfelder 1 und 3 scheint die Nutzungsintensität ausschlaggebend für den Eintrag zu sein. Spielfeld 4 zeigt wiederum Korrelationen sowohl mit den Niederschlägen als auch mit der Nutzungsintensität.

Beim Abgleich von Nutzungsintensität und Eintrag von Rasenhalmen in die Abflüsse (Abbildung 5) zeigen sich hingegen keinerlei Korrelationen. Der treibende Einflussfaktor für den Eintrag der Rasenhalme bleibt somit unklar.

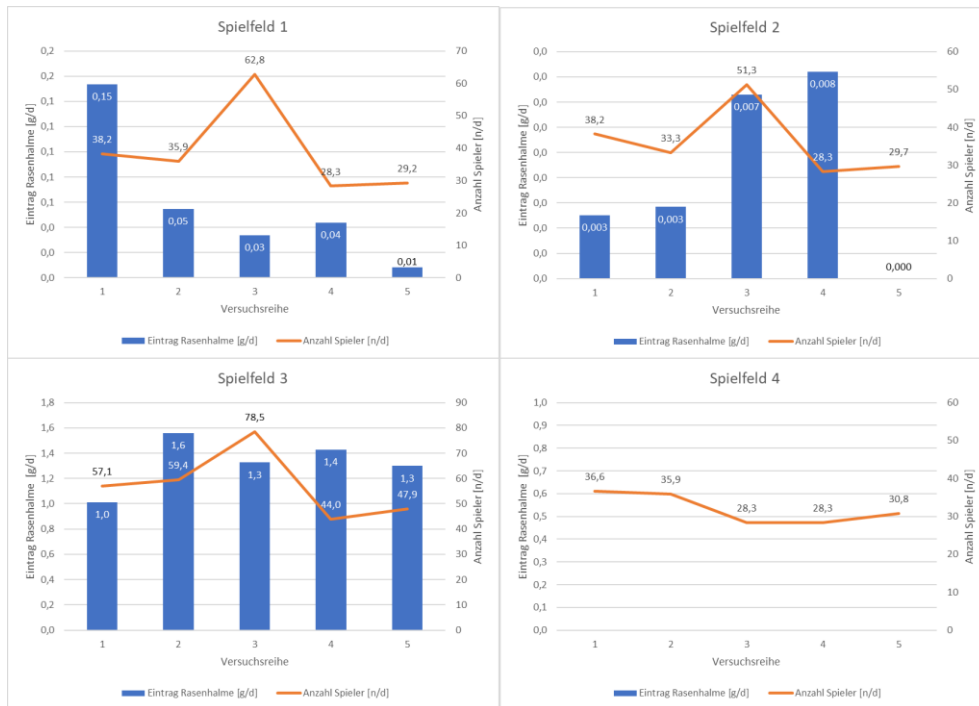


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Anzahl der Spieler und Eintrag von Rasenhalmen in die Niederschlagsabläufe

Die nachfolgenden Abbildungen stellen die prozentualen Verteilungen der Einträge in die Niederschlagsabläufe an den Spielfeldern dar. Hierzu wurden die Ablaufrinnen, die Spielerbänke und die Laufwege zu den Ein- und Ausgängen auf den Spielfeldern eingezeichnet.

Die Spielfelder 1 und 2 verfügen über Niederschlagsabläufe im Bereich der Spielerbänke (Abbildung 6 und Abbildung 7). Auf Spielfeld 1 erfolgt mit 26 % gut ein Viertel der Einträge über nur einen Ablauf (Nr. 3) direkt hinter den Spielerbänken bei insgesamt 18 Abläufen rund um das Spielfeld. Auf Spielfeld 2 entfallen mit 51 % die Hälfte aller Einträge auf die 4 Abläufe um die Spielerbänke (Nr. 4, 5, 8 und 9). Auf die vier Abläufe (Nr. 1, 14, 15, und 18) im Umfeld der Zugänge zu Spielfeld 1 entfallen mit 20 % ein Fünftel der Einträge. Spielfeld 2 weist keine Abläufe im Bereich der Zugänge und somit keine Einträge in das Niederschlagswasser beim Betreten oder Verlassen des Spielfeldes auf.

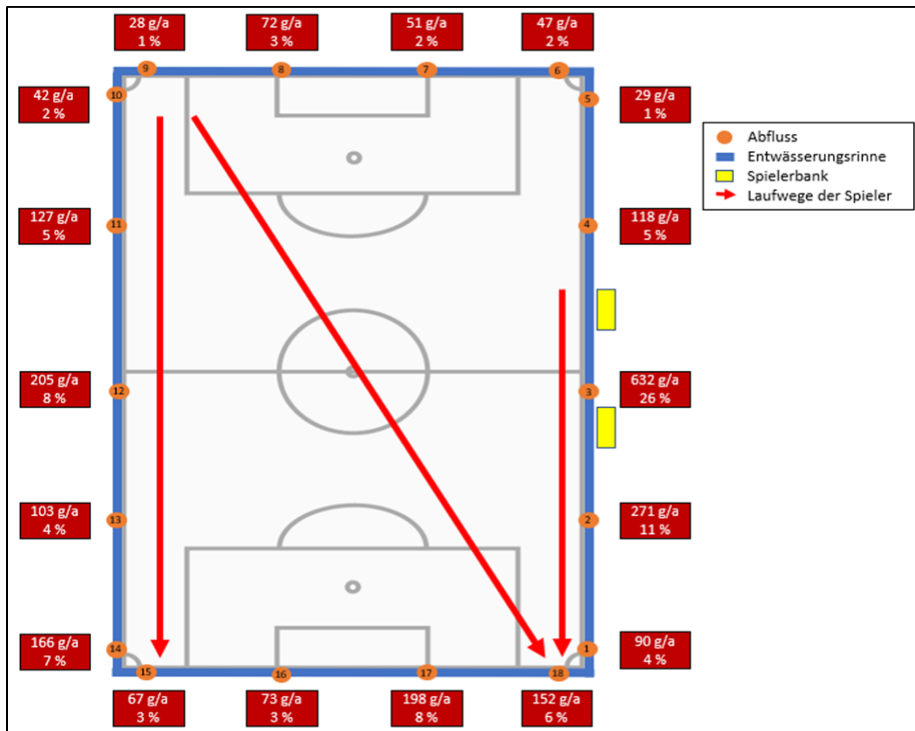


Abbildung 6: Verteilung der jährlichen Granulateinträge auf die einzelnen Abflüsse im Spielfeld 1

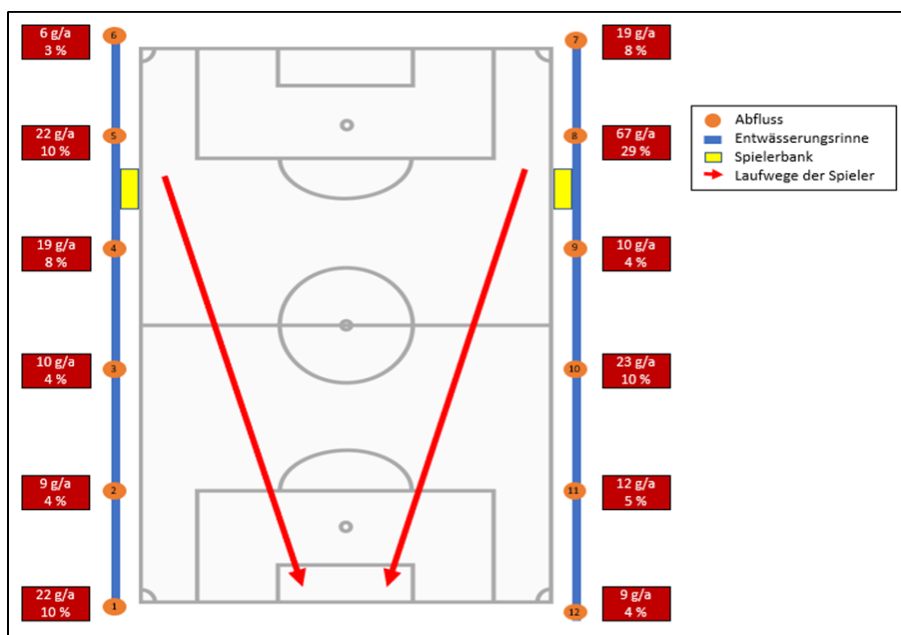


Abbildung 7: Verteilung der jährlichen Granulateinträge auf die einzelnen Abflüsse im Spielfeld 2

Die Spielfelder 3 und 4 (Abbildung 8 und Abbildung 9) besitzen wiederum keine Abläufe im Umfeld der Spielerbänke. Bei den beiden Spielfeldern wird deutlich, dass die Haupteinträge in die Abläufe im Bereich der Hauptlaufwege auf das Spielfeld und vom Spielfeld herunter erfolgen. Bei Spielfeld 3 entfallen 75 % der Einträge auf die Abläufe 1 und 2, bei Spielfeld 4 72 % auf Abfluss 1.

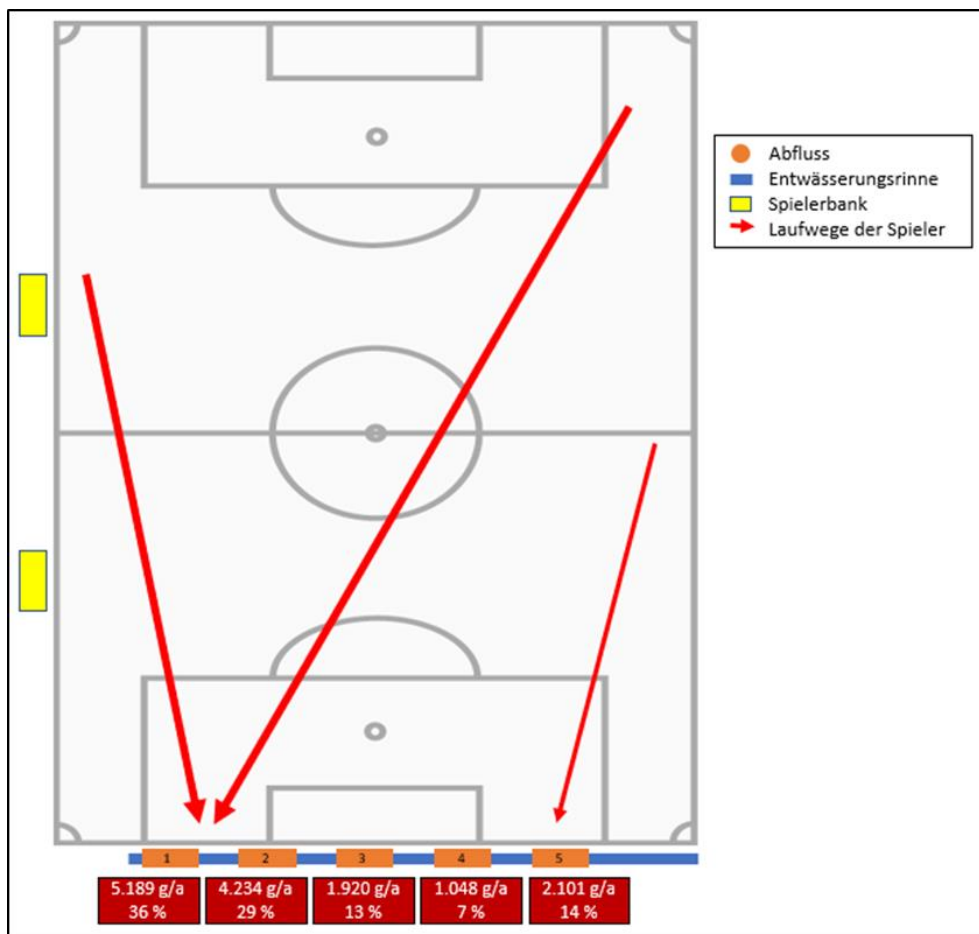


Abbildung 8: Verteilung der jährlichen Granulateinträge auf die einzelnen Abflüsse im Spielfeld 3

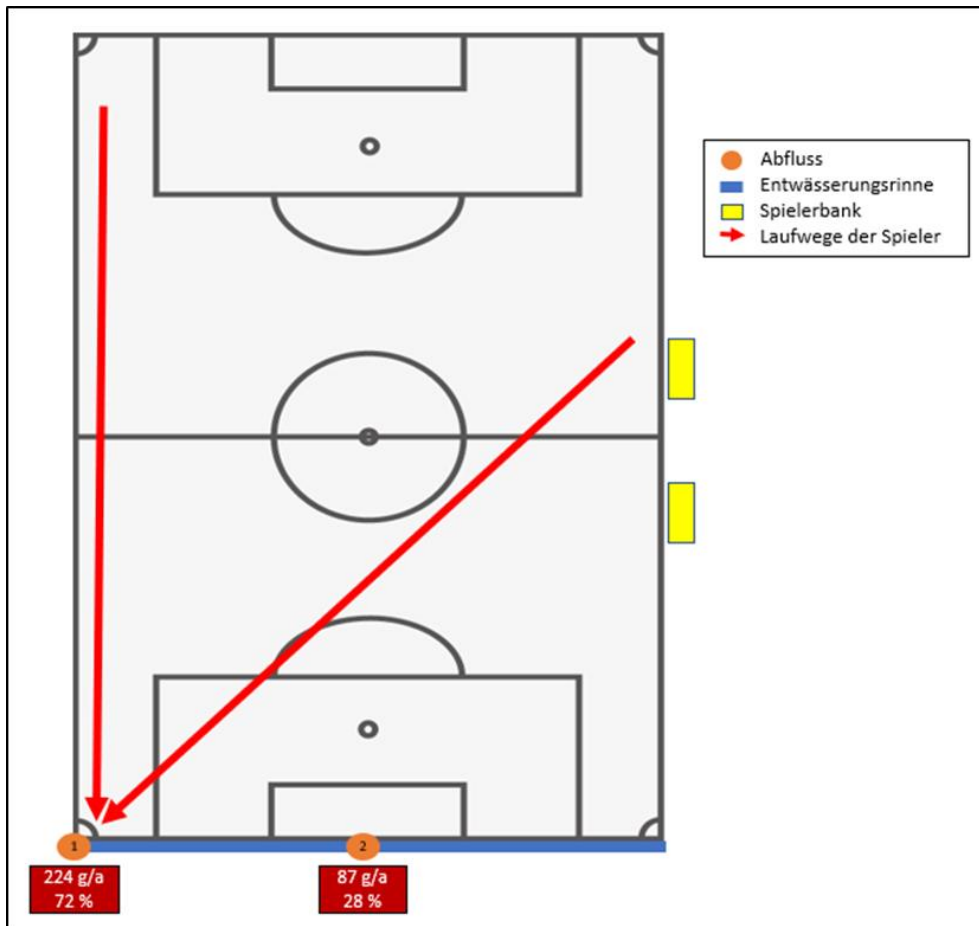


Abbildung 9: Verteilung der jährlichen Granulateinträge auf die einzelnen Abflüsse im Spielfeld 4

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Nutzungsintensität und die damit einhergehenden Verschleppungen von Kunststoffgranulaten und Kunstrasenhalmen von den Spielfeldern den wesentlichen Einflussfaktor auf den Austrag darstellen. Die Verschleppungen konzentrieren sich dabei überwiegend auf die Bereiche der Spielerbänke und der Zugänge auf die Spielfelder. Wo die Einträge stattfinden, hängt letztlich von der Ausgestaltung der Niederschlagswassererfassung ab.

Auch Niederschläge haben je nach Entwässerungssystem einen Einfluss auf den Eintrag der Kunststoffe in die Abläufe. Da die Einträge aber auch in Trockenzeiten erfolgen, können zwei grundsätzliche Eintragsvorgänge identifiziert werden. Entweder werden die Kunststoffpartikel (1) direkt in die Abläufe verschleppt oder sie werden (2) zunächst in den Randbereich der Spielfelder ausgetragen und anschließend in die Abläufe eingeschwemmt.

Am Beispiel von Ablauf 1 am Spielfeld 4 lassen sich die beiden Eintragsvorgänge klar identifizieren (Abbildung 10). Der Kunstrasen schließt hier bündig mit dem Ablauf ab, wodurch die Einträge der Granulate und Rasenhalme in den Ablauf durch direkte Verschleppungen und im Fall von Rasenhalmen ggf. auch Verwehungen begünstigt werden. Spätestens nach einem Regenereignis werden die in der Sammelrinne befindlichen Kunstrasenbestandteile in den Ablauf eingetragen.



Abbildung 10: Eintragsvorgänge am Beispiel eines Niederschlagsablaufes

2.3.3

Einordnung der Ergebnisse in das Projekt InRePlast

Um die Relevanz der Kunstrasen-Spielfelder im Gesamtkontext der Einträge von Kunststoffen in Entwässerungssysteme beurteilen zu können, wurden die Einträge auf alle Spielfelder in den vier Modellkommunen hochgerechnet und mit den gemessenen Einträgen in den Kläranlagen der Kommunen verglichen.

Für die Hochrechnungen wurden die minimalen und maximalen flächenbezogenen Eintragsmengen an Granulaten ($0,05 - 2,41 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$) und Rasenhalmen ($0,00 - 0,08 \text{ g/m}^2 \cdot \text{a}$) auf den vier untersuchten Spielfeldern angesetzt (siehe Tabelle 3). Daraus ergibt sich für die insgesamt 34 Spielfelder mit Kunstrasen in den vier Modellkommunen mit einer großen Bandbreite ein potenzieller Eintrag von $10,6$ bis $510,4 \text{ kg/a}$ an Granulaten und $0,0$ bis $17,0 \text{ kg/a}$ an Rasenhalmen in die Entwässerungssysteme über die Niederschlagsabläufe an den Spielfeldern (Tabelle 6).

Tabelle 6: Hochrechnung Kunststoffeinträge von Kunstrasen-Fußballplätzen in die Entwässerungssysteme der vier Modellkommunen

Kommune	Spielfeld	Größe [m²]	Granulat		Rasenhalm		Gesamt	
			Eintrag min [kg/a]	Eintrag max [kg/a]	Eintrag min [kg/a]	Eintrag max [kg/a]	Eintrag min [kg/a]	Eintrag max [kg/a]
Aachen	1	6.596	0,33	15,90	0,00	0,53	0,33	16,43
	2	7.242	0,36	17,45	0,00	0,58	0,36	18,04
	3	7.236	0,36	17,44	0,00	0,58	0,36	18,02
	4	6.732	0,34	16,22	0,00	0,54	0,34	16,77
	5	5.795	0,29	13,97	0,00	0,47	0,29	14,43
	6	7.245	0,36	17,46	0,00	0,58	0,36	18,04
	7	6.204	0,31	14,95	0,00	0,50	0,31	15,45
	8	7.668	0,38	18,48	0,00	0,62	0,38	19,10
	9	6.016	0,30	14,50	0,00	0,48	0,30	14,98
	10	5.888	0,29	14,19	0,00	0,47	0,29	14,66
	11	5.900	0,30	14,22	0,00	0,47	0,30	14,69
	12	6.080	0,30	14,65	0,00	0,49	0,30	15,14
	13	8.100	0,41	19,52	0,00	0,65	0,41	20,17
	14	7.884	0,39	19,00	0,00	0,63	0,39	19,63
	15	4.606	0,23	11,10	0,00	0,37	0,23	11,47
	16	7.107	0,36	17,13	0,00	0,57	0,36	17,70
	17	6.767	0,34	16,31	0,00	0,54	0,34	16,85
	18	7.176	0,36	17,29	0,00	0,58	0,36	17,87
	19	6.500	0,33	15,67	0,00	0,52	0,33	16,19
	20	6.834	0,34	16,47	0,00	0,55	0,34	17,02
	21	8.288	0,41	19,97	0,00	0,67	0,41	20,64
	Summe		7,09	341,89	0,00	11,41	7,09	353,30
Stolberg	1	2.479	0,12	5,97	0,00	0,20	0,12	6,17
	2	7.136	0,36	17,20	0,00	0,57	0,36	17,77
	3	6.014	0,30	14,49	0,00	0,48	0,30	14,98
	4	1.230	0,06	2,96	0,00	0,10	0,06	3,06
	5	6.666	0,33	16,07	0,00	0,54	0,33	16,60
	6	6.732	0,34	16,22	0,00	0,54	0,34	16,77
	7	6.111	0,31	14,73	0,00	0,49	0,31	15,22
	8	6.968	0,35	16,79	0,00	0,56	0,35	17,35
	Summe		2,17	104,44	0,00	3,48	2,17	107,92
Simmerath	1	4.836	0,24	11,65	0,00	0,39	0,24	12,04
	2	6.014	0,30	14,49	0,00	0,48	0,30	14,98
	Summe		0,54	26,15	0,00	0,87	0,54	27,02
Roetgen	1	7.810	0,39	18,82	0,00	0,63	0,39	19,45
	2	6.208	0,31	14,96	0,00	0,50	0,31	15,46
	3	1.728	0,09	4,16	0,00	0,14	0,09	4,30
	Summe		0,79	37,95	0,00	1,27	0,79	39,21
spezifische Eintragungsmengen [g/m²*a]			0,05	2,41	0,00	0,08		

Die 34 Spielfelder in den Modellkommunen werden von 30 Vereinen bespielt. Da die Anzahl der Mannschaften und die individuellen Nutzungsintensitäten sowie räumlichen Gegebenheiten in den einzelnen Vereinen nicht bekannt sind, kann der potenzielle Eintrag von Granulaten über das Schmutzwasser in den Duschen und Umkleieräumen nur anhand der Jahresmengen der vier untersuchten Vereine abgeschätzt werden. In den vier Vereinen beträgt der Eintrag gemäß Tabelle 5 rund 34 – 53 kg/a. Für die 30 Vereine in den Modellkommunen ergibt sich daraus ein Gesamteintrag von 980 bis 1.523 kg/a. Das Eintragungspotenzial in die Entwässerungssysteme über das Schmutzwasser ist damit um den Faktor 2 bis 3 höher als über die Niederschlagserfassungen an den Spielfeldern. Die ermittelten Bandbreiten der beiden Eintragungspfade werden in Tabelle 7 den im Projekt InRePlast über ein Jahr gemessenen Einträgen an Kunststoffen in die Kläranlagen der Kommunen gegenübergestellt.

Tabelle 7: Gegenüberstellung Eintragspotenziale Kunstrasenplätze und Einträge in Kläranlagen der InRePlast Modellkommunen

Kommune	Eintrag Niederschlags- erfassung Spielfelder*	Eintrag Schmutz- wasser Duschen und Kabinen**	Summe	Eintrag Kunststoffe in Kläranlagen
[kg/a]				
Aachen	7,1 - 353,3	676 - 1.050	683 - 1.403	4.565
Stolberg	2,2 - 107,9	169 - 263	171 - 370	825
Simmerath	0,5 - 27,0	68 - 105	68 - 132	130
Roetgen	0,8 - 39,2	68 - 105	68 - 144	138
* Granulat + Rasenhalme; ** nur Granulat				

Der Vergleich mit den hochgerechneten Jahresmengen an eingetragenen Kunststoffpartikeln in den vier untersuchten Kläranlagen zeigt eine potenziell hohe Relevanz der Kunstrasenplätze als Eintragsquelle. In den Kommunen Aachen und Stolberg liegen die maximalen Eintragsmengen bei 30 % bis 45 % der Gesamteintragsmenge an Kunststoffen. In den Kommunen Simmerath und Roetgen liegt der potenzielle maximale Eintrag in der gleichen Größenordnung wie die gemessenen Einträge in die Kläranlagen.

Tatsächlich konnten aber keinerlei Kunststoffgranulate von Kunstrasenplätzen in den vier Kläranlagen im Zeitraum der einjährigen Untersuchungen erfasst werden. Auch Kunstrasenhalme wurden nur vereinzelt in den Stoffströmen der Kläranlagen gefunden.

Vor allem die Einträge über die Niederschlagserfassung lassen sich stark relativieren.

1. Nicht alle Spielplätze entwässern in die Kanalisation. Von den vier untersuchten Spielfeldern erfolgt beispielsweise bei Spielfeld 3 mit den deutlich größten Einträgen an Granulaten (siehe Tabelle 3) die Entwässerung in eine lokale Rigole mit vorgeschaltetem Retentionsraum, der durch eine Überlaufmauer eine Sedimentationszone bildet. Die Rigole wird zwei Mal jährlich gereinigt. Es erfolgt demnach hier kein Eintrag von Granulaten oder Halmen in die Kanalisation.
2. Inwieweit die 34 Spielfelder in die Kanalisation entwässern und wie der jeweilige Aufbau der Entwässerungsschächte auf den Spielfeldern aussieht, konnte nicht für alle Spielfelder ermittelt werden.
3. In Stolberg leiten nur drei der insgesamt acht Spielfelder das Niederschlagswasser in die Mischkanalisation ein. Auf den anderen fünf Spielfeldern erfolgt eine lokale Versickerung. In Simmerath wird das Niederschlagswasser auf einem der beiden Spielfelder ebenfalls lokal versickert. In Roetgen erfolgt die Entwässerung auf einem der drei Spielfelder über eine Drainage direkt in einen Bach, bei den anderen beiden

Spielfeldern in eine nicht untersuchte Kleinkläranlage. Somit findet kein Eintrag in die Kläranlage Roetgen statt.

4. Ein weiterer Einflussfaktor ist die Geometrie der Abflussschächte. Bei Spielfeld 1 ist der Ablauf in den Schächten auf halber Höhe an der Wand angeordnet (siehe Abbildung 13, Mitte in Kapitel 4.1), wodurch bereits in den Abläufen ein Sedimentationsraum geschaffen wird. Die tatsächlichen Einträge dürften sich dadurch deutlich verringern.
5. Als dritter Einflussfaktor spielt die Wartung der Abläufe vermutlich eine maßgebliche Rolle. Auf allen vier untersuchten Spielfeldern waren zu Beginn der Erfassungen die Abläufe vollständig verstopft (siehe beispielhaft Abbildung 11). Der tatsächliche Eintrag ist daher vermutlich deutlich geringer.



Abbildung 11: verstopfte Abläufe durch fehlende regelmäßige Wartung

2.3.4

Hochrechnung auf Bundesebene

Als Datenbasis für die Übertragung der Ergebnisse auf andere Spielfelder zur Hochrechnung werden die gemessenen und berechneten flächenspezifischen Kennwerte aus Tabelle 3 genutzt. Die aus den Versuchsreihen ermittelten Jahresfrachten der in die Abläufe eingetragenen Kunststoffe werden dazu auf die Rasenfläche der jeweiligen Spielfelder bezogen.

In Abhängigkeit der Ausgestaltung des Entwässerungssystems (Anzahl und Lage der Abläufe), der Nutzungsintensität und der Laufwege der Spieler sind die eingetragenen Mengen an Kunststoffgranulaten und Kunstrasenhalmen pro Spielfeld in die Niederschlagserfassung sehr unterschiedlich. Die Hochrechnungen erfolgen daher mit der gemessenen Bandbreite über die vier Spielfelder.

In Deutschland gibt es rund 5.000 Großspielfelder mit Kunstrasen. Davon sind 3.500 Spielfelder bei einer durchschnittlichen Größe von 7.000 m² mit Kunststoffgranulat verfüllt⁷. Weitere 200 Kleinspielfelder mit einer durchschnittlichen

⁷ Die restlichen 1.500 Spielfelder ergeben sich aus 500 unverfüllten Hockeyspielfeldern und 1.000 sandverfüllten Großspielfeldern.

Größe von 700 m² und 1.400 Minispielfelder mit einer durchschnittlichen Größe von 260 m² haben ebenfalls eine Verfüllung mit Kunststoffgranulaten. Daraus ergibt sich eine Gesamtfläche von ca. 25 Mio. m² als Basis für die Hochrechnungen der Granulateinträge und 35,5 Mio. m² für die Kunstrasenhalme. [Deutscher Bundestag 2020]

Aus den ermittelten Kennwerten und den Spielfeldgrößen ergibt sich die in Tabelle 8 dargestellte Bandbreite für den bundesweiten Eintrag an Kunststoffgranulaten und Kunstrasenhalmen in die Niederschlagserfassung von Fußball-Kunstrasenspielfeldern.

Tabelle 8: Bundesweite Kunststoffeinträge von Kunstrasen-Fußballplätzen in Entwässerungssysteme

	Summe Spielflä- chen [1000m ²]	spez. Eintrag min. [g/m ² *a]	spez. Eintrag max. [g/m ² *a]	spez. Ein- trag min. [Stk./ m ² *a]	spez. Ein- trag max. [Stk./ m ² *a]	Ein- trag min. [kg/a]	Ein- trag max. [kg/a]	Ein- trag min. [Mio. Stk./a]	Ein- trag max. [Mio. Stk./a]
Granu- lat	25.004	0,05	2,41	9	323	1.250	60.260	225	8.076
Rasen- halme	35.504	0	0,0804	0	6,160	0	2.855	0	0,219

Mit einer sehr großen Bandbreite ergeben sich bundesweite Einträge von Kunststoffgranulaten in die Niederschlagserfassung an den Spielfeldern zwischen 1,25 Mg und 60,26 Mg pro Jahr. Das entspricht bis zu rund 8 Mrd. Granulatpartikeln. Deutlich geringer sind die Einträge der Kunstrasenhalme mit bis zu rund 2,9 Mg und 220 Mio. Partikeln.

Diese Hochrechnungen auf Basis von vier Spielfeldern von Amateurvereinen können nur eine sehr grobe Abschätzung liefern. Die in Kapitel 2.3.2 dargestellten Einflussfaktoren „Nutzungsintensität“ und „Ausgestaltung der Entwässerungssysteme“ lassen ein sehr diverses Eintragungsgeschehen bei den Spielfeldern auch bundesweit vermuten. Spielfeld 3 mit den weitaus größten Einträgen unter den betrachteten Spielfeldern wird beispielsweise von 14 Mannschaften genutzt, während die anderen 3 Spielfelder nur von neun Mannschaften genutzt werden. Dementsprechend fanden auf Spielfeld 3 im Versuchszeitraum deutlich mehr Trainingseinheiten und Spiele statt als auf den anderen Spielfeldern (siehe Tabelle 1).

Wie in Kapitel 2.3.3 beschrieben, erfolgt auch oftmals eine lokale Versickerung der Niederschläge, sodass der Eintrag in die Kanalisation eher geringer angesetzt werden muss. Letztlich ist zudem von einer überwiegenden Ausschleusung der Granulate in den Kläranlagen durch Sedimentation beispielsweise in den Sandfängen auszugehen.

Deutlich schwieriger ist die Abschätzung der Einträge über die Schmutzwassererfassung, da weder die Anzahl der Vereine hinter den 5.000 Spielfeldern bekannt ist noch sind es die individuellen Rahmenbedingungen hinsichtlich der Nutzungsintensitäten und organisatorischen Abläufe. Unter der vereinfachenden Annahme von 5.000 Vereinen entsprechend der Anzahl an Spielfeldern ergibt sich ein potenzieller bundesweiter jährlicher Eintrag von 170 Mg bis 265 Mg. Das entspricht im Minimum dem Dreifachen der maximalen Einträge über die Niederschlagserfassung.

3 Vergleich mit anderen Studien

Daten zu Emissionen von Kunststoffgranulaten aus Kunstrasen-Spielfeldern gibt es für verschiedene Emissions-Vorgänge und zu verschiedenen Bezugsgrößen. So werden beispielsweise Emissionen durch Verschleppung an Schuhen und Kleidung der Spieler und durch Rasenpflegemaßnahmen mit Wartungsgeräten oder bei der Schneeräumung angeführt [Møllhausen 2017; Regnell 2019]. Als Bezugsgrößen und Basis für Hochrechnungen werden neben Jahresmengen auch einwohnerspezifische Emissionen [Bertling 2018] herangezogen oder Emissionen pro Spieler und Spiel [Regnell 2019; Bertling 2018] angegeben.

In den hier vorgestellten Untersuchungen wurden die Einträge in die Niederschlagserfassungen an den Spielfeldrändern sowie der Eintrag in die Schmutzwassererfassung in den Duschen und Umkleideräumen erfasst. Dem Eintrag in die Schmutzwassererfassung in den Duschen und Umkleideräumen kann die Verschleppung an Schuhen und Kleidung der Spieler als vorausgehende Handlung zugeordnet werden. Emissionen durch die Rasenpflege oder Schneeräumung wurden nicht erfasst. Tabelle 9 fasst die ermittelten Daten zu spezifischen Granulat-Emissionen zusammen und stellt sie den Literaturdaten zu den gleichen Emissionsvorgängen und Bezugsgrößen gegenüber.

Tabelle 9: Vergleich spezifischer Granulat-Emissionen mit Literaturdaten

Emissionen	Bezugsgröße	Kennwerte	[Regnell 2019]	[Lundström 2019]	[Verschoor 2021]	[Weijer 2017]
Eintrag in die Niederschlagserfassung	kg pro Spielfeld und Jahr	0,3 – 14,5	15,5 (davon 4 – 5 Granulat)	30 - 38	1,5 – 1,7	0,3 – 0,9
Eintrag in die Schmutzwassererfassung	g pro Spieler und Spiel / Training	2,7 – 3,6	0,3 – 2,7*			
	kg pro Spielfeld und Jahr	34 - 53	26,8*			12*

** Daten beziehen sich auf Verschleppungen an Kleidung und Schuhen und wurden nicht in den Schmutzwasserabläufen von Duschen und Umkleidekabinen gemessen*

Die Literaturdaten zeigen für die gemessene Bandbreite an Granulat-Einträgen in die Niederschlagserfassung Eintragsmengen in vergleichbarer Größenordnung. Für den Eintrag über die Schmutzwasserefassung in Duschen und Umkleieräumen lassen sich keine vergleichbaren Untersuchungen finden. Zur Plausibilitätsabschätzung wurden den ermittelten Kennwerten Literaturwerte für die Verschleppung von Granulaten an der Kleidung und den Schuhen der Spieler gegenübergestellt. Diese Art der Emission vom Spielfeld ist den Einträgen in das Schmutzwasser vorgelagert. Auch hier zeigt sich ein ähnliches Aufkommen in gleicher Größenordnung, was die Plausibilität der Kennwerte untermauert.

In der Konsortialstudie „Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik“ wurden für Deutschland einwohnerspezifische Jahresmengen publiziert [Bertling 2018]. Neben eigenen Abschätzungen von 96,6 g/E*a wurden zwei weitere Quellen mit 79,0 g/E*a und 402,1 g/E*a angegeben. Die Daten wurden nicht empirisch erfasst, sondern über die Nachfüllmengen theoretisch ermittelt. Diese Methode muss schon allein wegen dem hohen Anteil an den Nachfüllmengen, der aus der Verdichtung im Feld entsteht, als zu ungenau angesehen werden. So zeigen beispielsweise [Verschoor 2021] auf, dass einer jährlichen Nachfüllmenge von 600 kg bis 1.200 kg eine Kompaktierung von 500 kg bis 600 kg gegenübersteht. Abbildung 12 stellt die Nachfüllmengen auf den vier untersuchten Spielfeldern den gemessenen Einträgen in die Niederschlagserfassung gegenüber. So wird auch hier deutlich, dass nur ein geringer Anteil der Nachfüllmengen auf die Verluste über den Eintrag in die Niederschlagsabläufe zurückzuführen ist.

Aus den Messungen auf den vier Spielfeldern zu den Einträgen in die Entwässerungssysteme ergeben sich einwohnerbezogen bei 82,5 Mio. Einwohnern 0,015 bis 0,73 g/E*a Granulateinträge. Diese verdeutlichen die erhebliche Diskrepanz zwischen den Abschätzungen von Bertling et. al. 2018 und den tatsächlichen Einträgen in die Umwelt. Die daraus in der Konsortialstudie abgeleitete Relevanz von Kunstrasen-Spielfeldern im Gesamtkontext der Einträge von Kunststoffen in die (aquatische) Umwelt (5.1 in Rang 5) ist demnach deutlich überschätzt.

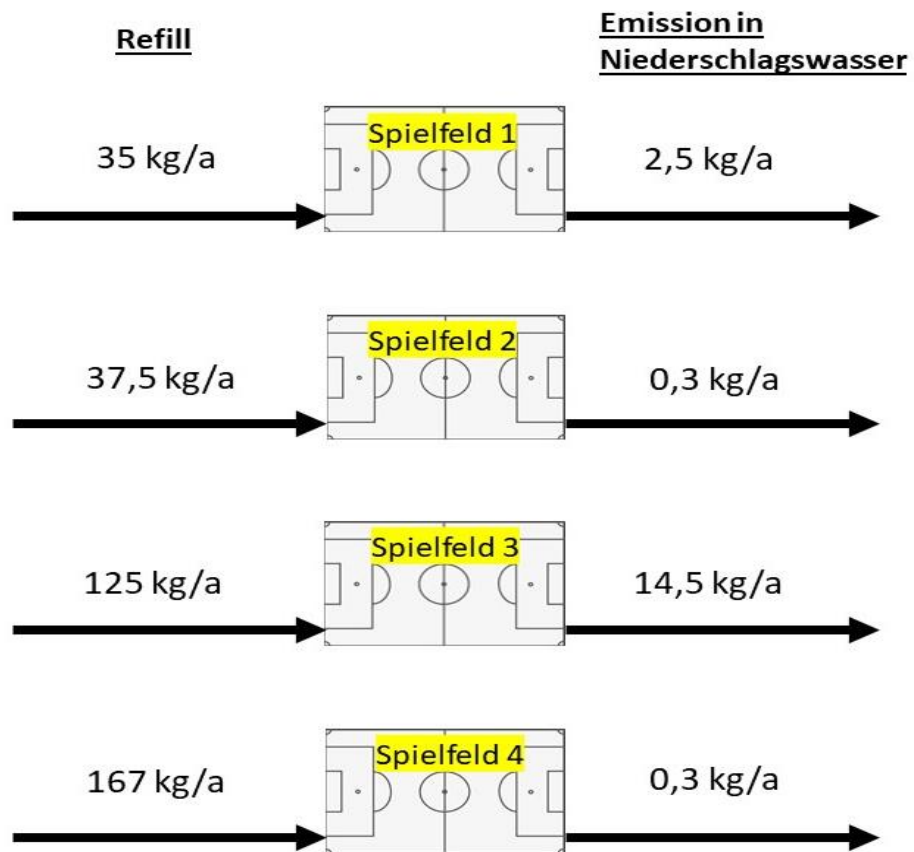


Abbildung 12: Vergleich der jährlichen Nachfüllmengen und Eintragungsmengen in die Niederschlagswassererfassungen für Kunststoff-Granulate der vier Spielfelder

4 Maßnahmen zur Eintragsminderung

Es existieren bereits eine Fülle von technischen und organisatorischen, um Kunststoffeinträge von Kunstrasenplätzen in die Umwelt zu vermindern.⁸ Zudem wird seit Veröffentlichung der Daten von [Bertling 2018] eine intensive rechtspolitische Debatte geführt, aus der erste Ansätze einer rechtlichen Regulierung resultieren.

4.1 Technische und organisatorische Maßnahmen

4.1.1 Optimierung des Rasensystems

Einträge lassen sich durch Änderung des Infill-Materials reduzieren. Hier könnten als Alternative zu Kunststoffgranulaten mineralische Stoffe, wie Einkornquarzsand⁹ oder organische Materialien, wie z.B. Kork Verwendung finden. Aber auch Olivenkerne, Nussschalen, Maiskolben, Holz, Rinden oder Mischungen verschiedener Naturmaterialien können als Infill-Material genutzt werden.¹⁰ Kork ist derzeit am verbreitetsten. Kork hat als ökologisches Material den Vorteil, dass er frei von Zusatzstoffen, komplett wiederverwendbar und 100% recyclingfähig, aber auch antimikrobiell, schwer entflammbar und geruchsfrei ist sowie sich ähnlich anfühlt wie Erde und eine kühlere Spielfläche als Kunststoffgranulat bietet.¹¹ Kunstrasensysteme mit Korkgranulat als Infill-Material zählen zudem zu den Systemen mit der geringsten CO₂-Belastung.¹² Kork ist allerdings weniger verschleißfest und witterungsbeständig als synthetische Materialien.¹³ Zudem ist er als nachwachsender Rohstoff zwar im Gegensatz zu rohölbasierten Kunststoffen theoretisch unbegrenzt verfügbar, Nutzungs- und Anbauflächenkonkurrenzen können jedoch die positiven Merkmale abschwächen.

Rasensysteme mit texturierter Faserstruktur haben den Vorteil, dass sie abriebfester sind und weniger Infill-Material benötigen und damit den möglichen Austrag verringern.

⁸ Siehe hierzu *DOSB*, https://cdn.dosb.de/user_upload/Sportstaetten-Umwelt/DOSB-AG_Mikroplastik_-_Handlungsempfehlungen_Kunststoffrasensysteme__Stand_20200420_.pdf. (Stand: 22.4.2022)

⁹ <https://www.hjweitzel.de/wp-content/uploads/2020/04/mikroplastik-kunstrasen.pdf> (Stand 22.4.2022).

¹⁰ <https://www.fidra.org.uk/artificial-pitches/plastic-pitches/solutions/#infills> (Stand: 22.4.2022).

¹¹ FIDRA, Microplastic loss from artificial (3G) pitches in context of the ECHA proposed restriction of microplastics intentionally added to products, 2020, S. 9.

¹² <https://www.lodenkemper.com/natuerlicher-kunstrasen-kork-als-oekologische-alternative-zum-gummigranulat/> (Stand: 22.4.2022).

¹³ <https://www.lodenkemper.com/natuerlicher-kunstrasen-kork-als-oekologische-alternative-zum-gummigranulat/> (Stand: 22.4.2022).

4.1.2

Reduzierung der Verschleppungen vom Spielfeld

Eine Maßnahme baulicher und organisatorischer Art können sogenannte „Sauberaufzonen“ für Spieler, bestehend aus Schutzfangmatten und Gitterrosten, sein, die idealerweise an einem zentralen Ein- und Ausgang zum Spielfeld eingerichtet werden. Reinigungsstationen mit Schuhreinigern, Handbürsten, Stollenreinigungsstationen und ähnliche Einrichtungen vermindern ebenfalls Verschleppungen und damit die Einträge in die Umwelt über Niederschlags- und Schmutzwasser.

4.1.3

Vermeidung des Eintrags in Abwässer

Als technische Maßnahmen, die den Eintrag von Granulat und Rasenfasern in die Entwässerungssysteme oder die Umwelt generell mindern, kommen bauliche Vorkehrungen in Betracht, wie Begrenzungen am Spielfeldrand oder ein Verwehungsschutz bspw. durch Zäune.

Filter in Abflüssen sowohl auf dem Außengelände in der Niederschlags Erfassung als auch in Umkleiden und sanitären Einrichtungen bei der Schmutzwasserableitung sind technisch gesehen die effektivste Maßnahme, um Einträge deutlich zu mindern. Vor allem für bestehende Spielfelder sind Filter eine einfache technische Maßnahme, die sich kostengünstig ohne Umbaumaßnahmen im Bestand des Spielfeldes und der Abläufe realisieren lässt.

Niederschlagsabläufe können bei entsprechender Bauform durch Sedimentationswirkung den Eintrag von Granulaten verringern (Abbildung 13). Eine räumliche Trennung der Sammelsysteme vom Spielfeld wirkt sich ebenfalls positiv auf die Reduzierung möglicher Einträge aus (siehe Abbildung 1 links und Mitte). Beide Maßnahmen lassen sich allerdings eher bei Sanierungen oder Neubauten berücksichtigen, in allen anderen Fällen erfordern sie kostspielige Umbaumaßnahmen.



Abbildung 13: Niederschlagsablauf mit Sedimentationsbecken (links, Mitte) und ohne (rechts)

Organisatorisch kann die vermehrte Reinigung von Abflüssen, Sammelrinnen und Freiflächen auf dem Außen- und Innengelände der Spielstätte ebenfalls die Eintragsmengen mindern.

4.1.4

Rasenpflege

Eine Eintragsminderung kann auch durch eine angepasste Pflege des Rasensystems selbsterreicht werden. Insbesondere witterungsabhängig können hier Einträge vermieden werden, indem bspw. keine Pflegemaßnahmen bei Niederschlag durchgeführt werden, da das Granulat dann leichter an Maschinen und Geräten anhaftet. Laubgebläse sollten stets zur Platzmitte hin verwendet werden. Insbesondere auf eine fachgerechte Schneeräumung und -lagerung sollte geachtet werden, da anderenfalls vermehrt Granulat mit ausgetragen wird.

4.1.5

Sensibilisierung und Bewusstseinschärfung

Darüber hinaus sollte eine Sensibilisierung und Bewusstseinschärfung für die Thematik bei den involvierten Akteuren wie Betreibern, Platzwartern, Trainern, Spielern etc. erfolgen, um die Einträge von Granulat und Rasenfasern in Entwässerungssysteme zu mindern.

Dies ist nach den Erfahrungen aus den Gesprächen mit Platzwartern besonders wichtig, da in den Amateurvereinen, die den Großteil der Spielstätten verwalten, in der Regel ehrenamtliche Personen tätig sind und daher die Wartungs- und Pflegearbeiten sehr vom persönlichen Engagement der Akteure abhängen.

4.2

Rechtliche Regulierungsansätze

Die Minderung des Eintrags von Kunststoffen in Entwässerungssysteme und die Umwelt durch Kunstrasenplätze kann auch Gegenstand rechtlicher Regulierung sein. Erste Ansätze werden aktuell auf europäischer Ebene vorangetrieben.

4.2.1

Beschränkungsverfahren der ECHA

Bei der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) waren mit unterschiedlichen Schwerpunkten zwei Verfahren zur Beschränkung des Einsatzes von Kunststoffgranulaten als Füllstoff in Kunstrasensystemen anhängig. Ein Verfahren (unter 4.2.1.1) befasste sich mit der Reduzierung von gesundheitlichen Gefährdungen der Nutzer und Nutzerinnen von Sport- und Spielplätzen, die aus der Verwendung von Granulaten und Mulchen, welche potenziell schädliche Inhaltsstoffe enthalten können, resultieren können. Es zielte auf eine Senkung des zulässigen

Grenzwertes. Das Verfahren ist abgeschlossen. Eine Änderung der REACH-Verordnung ist im August 2021 in Kraft getreten.¹⁴ Das zweite Verfahren (unter 4.2.1.2) hat umfassender die Reduzierung der Umweltverschmutzung durch Produkte bewusst zugesetztes Mikroplastik zum Ziel und adressiert nicht allein Füllmaterialien von Kunstrasenfeldern.

4.2.1.1 Gesundheitliche Risiken von Gummigranulat aus Altreifen

Anlass für das bei der ECHA geführte und von den Niederlanden angestoßene Verfahren zur Senkung des Grenzwertes für acht polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im Zusammenhang mit Kunststoffgranulaten als Einstreu-Material, ist deren Potential, die Gesundheit von Nutzenden von Sport- und Spielplätzen zu gefährden.

Häufig wird das eingesetzte Einstreu-Material aus Altreifen hergestellt, die zerkleinert und zermahlen werden. Diese können für den menschlichen Organismus potentiell schädliche polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie Metalle und Phthalate enthalten und flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC) und schwer flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (SVOC) freisetzen.¹⁵ Seit dem Jahr 2010 gilt daher ein EU-weiter Grenzwert für PAK-haltige Weichmacheröle in Autoreifen über Eintrag 50 in Anhang XVII der REACH-Verordnung.

Das Vorhandensein von acht gefährlichen Substanzen (PAK) in Gummigranulaten auf Sport- und Spielplätzen hat zu Bedenken hinsichtlich deren risikofreien Nutzung geführt. Granulate und Mulche sind Gemische im Sinne von Art. 3 Abs. 2 der REACH-Verordnung und fallen als solche nicht unter den bestehenden Eintrag 50 in Anhang XVII der genannten Verordnung. Die acht PAK sind jedoch als karzinogen eingestuft und unterliegen damit einer Abgabebeschränkung an die breite Öffentlichkeit, wenn sie bestimmte Konzentrationen überschreiten.¹⁶ Bei einem Vorhandensein aller acht PAK führt ein Aufaddieren der Konzentrationsgrenzwerte zu einer zu hohen Gesamtkonzentration, um eine sichere Abgabe der betreffenden Granulate sowie eine sichere Verwendung auf Kunstrasenplätzen zu gewährleisten (Erwägungsgrund 3 der Verordnung (EU) 2021/1199). Dementsprechend wurde ein deutlich niedrigerer Grenzwert vorgeschlagen. Granulate oder Mulche sollen für eine Verwendung als Füllmaterial auf Kunstrasenplätzen oder in loser Form auf Spielplätzen oder im Sportbereich dann nicht zum Einsatz kommen, wenn ihr Gehalt aller aufgeführten PAK zu-

¹⁴ Verordnung (EU) 2021/1199 der Kommission vom 20. Juli 2021 zur Änderung von Anhang XVII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Granulaten oder Mulchen zur Verwendung als Füllmaterial auf Kunstrasenplätzen oder in loser Form auf Spielplätzen oder im Sportbereich; ABl. EU vom 21.7.2021, L 259/1.

¹⁵ <https://echa.europa.eu/de/hot-topics/granules-mulches-on-pitches-playgrounds> (Stand: 22.4.2022).

¹⁶ Eintrag 28 Anhang XVII der REACH-Verordnung.

sammen mehr als 20 mg/kg (0,002 Gew.-%) beträgt. Die Mitgliedstaaten haben Ende 2020 diesem Grenzwert zugestimmt.¹⁷ Er findet sich nun in Eintrag 50 Abs. 9 und Abs. 10 des Anhangs XVII der REACH-Verordnung. Für zur Verwendung als Füllmaterial auf Kunstrasenplätzen oder in loser Form auf Spielplätzen oder im Sportbereich in Verkehr gebrachte Granulate oder Mulche sind mit einer eindeutigen Identifizierungsnummer der Charge zu versehen. Die Regelungen gelten nach Eintrag 50 Abs. 12 des Anhangs XVII der REACH-Verordnung ab dem 10. August 2022. Ein Austausch bereits eingebauter Granulate und Mulche wird nicht gefordert. Die Regelung gilt damit für Füllmaterialien, die ab dem 10. August 2022 in Verkehr gebracht und eingebaut werden.

Diese indirekte, aus Gründen des Gesundheitsschutzes erfolgende Regulierung des Einsatzes von Granulaten für Kunstrasenplätze wird durch das Beschränkungsverfahren der ECHA in Bezug auf absichtlich zugesetztes Mikroplastik nun auch aus Umweltschutzgründen betrachtet.

4.2.1.2 Risiken durch intendiert zugesetztes Mikroplastik

Die Europäische Union hatte bereits im November 2017 die Europäische Chemikalienagentur (ECHA) gemäß Art. 69 Abs. 1 der REACH-Verordnung gebeten, ein „Dossier für Anhang XV im Hinblick auf eine mögliche Beschränkung synthetischer wasserunlöslicher Polymere mit einer Größe von 5 mm oder weniger (d. h. Mikroplastikpartikel)“¹⁸ zu erstellen. Etwas mehr als ein Jahr später, am 30. Januar 2019, schlug die ECHA in einem Dossier nach Anhang XV der REACH-Verordnung weitreichende Beschränkungen von Mikroplastik, welches bestimmten Produkten absichtlich zugesetzt wird, vor¹⁹, um dessen Freisetzung in die Umwelt substantiell zu verringern.²⁰ Die ECHA selbst geht davon aus, dass die vorgeschlagene Beschränkung von intendiert zugesetztem Mikroplastik die Freisetzung von 500.000 Tonnen Mikrokunststoff in die Umwelt über die nächsten 20 Jahren verhindern wird und damit nach Ablauf entsprechender Übergangsfristen diese Emissionen um über 90% reduziert.²¹

Von März bis September 2019 fand die öffentliche Konsultation zum Beschränkungsvorschlag der ECHA statt. In diesem Zeitraum gingen 477 individuelle Kommentare zu diesem Vorschlag ein.²² Im Anschluss an diese Öffentlichkeitsbeteiligung hat die ECHA ihren Beschränkungsvorschlag, insbesondere auch in

¹⁷ <https://ec.europa.eu/transparency/comitology-register/core/api/integration/ers/212485/071351/1/attachment> (Stand: 22.4.2022).

¹⁸ Ref. Ares (2017)5463573 - 09/11/2017.

¹⁹ <https://echa.europa.eu/de/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e18244cd73> (Stand: 22.4.2022).

²⁰ Siehe allgemein zum Ablauf eines Beschränkungsverfahrens im Rahmen von REACH: <https://echa.europa.eu/-/rac-backs-restricting-intentional-uses-of-microplastics> (Stand: 22.4.2022).

²¹ ECHA, Restriction proposal on intentionally added microplastics – questions and answers, December 2020, S. 5.

²² <https://echa.europa.eu/de/hot-topics/microplastics> (Stand: 22.4.2022).

Bezug auf die Beschränkung für Füllmaterialien für Kunstrasenplätze überarbeitet.²³

Im Anschluss hieran haben der Ausschuss für Risikobeurteilung der ECHA („Committee for Risk Assessment“ - „RAC“) im Juni 2020 sowie der Ausschuss für sozioökonomische Analyse („Committee for Socio-Economic Analysis“ – „SEAC“) im Dezember 2020 ihre Stellungnahmen zu dem Beschränkungs-vorschlag abgegeben. Der Ausschuss für Risikobeurteilung unterstützt den Vorschlag und empfiehlt strengere Kriterien für biologisch abbaubare Polymere sowie ein Verbot des Inverkehrbringens von Mikroplaststoffen, die als Füllmaterial in Kunstrasenplätzen eingesetzt werden, mit einer Übergangsfrist von sechs Jahren.²⁴

Der Ausschuss für sozioökonomische Analyse unterstützt den Vorschlag der ECHA ebenfalls.²⁵ Bezüglich der von der ECHA vorgeschlagenen Risikomanagementoptionen zur Kontrolle der Freisetzung von Füllmaterial auf Kunstrasenplätzen äußerte er allerdings keine Präferenz. Die Auswahl hänge letztlich von den politischen Prioritäten, insbesondere hinsichtlich der Reduzierung von Emissionen, ab.²⁶

Die beiden finalen Stellungnahmen der Ausschüsse wurden im Januar 2021 durch die ECHA an die Europäische Kommission weitergeleitet. Innerhalb von drei Monaten nach Erhalt dieser Stellungnahmen hat die Europäische Kommission den EU-Mitgliedstaaten im REACH-Ausschuss einen Vorschlag zur Änderung des Verzeichnisses der Stoffe mit eingeschränkter Verwendung gemäß Anhang XVII der REACH-Verordnung zur Abstimmung vorzulegen. Dies ist allerdings noch nicht geschehen und wird im zweiten oder dritten Quartal 2022 erwartet. Die Kommission arbeitet derzeit (Stand: April 2022) intensiv an einem Regelungsvorschlag und will diesen zeitnah finalisieren. Der Entwurf des Beschränkungs-vorschlags soll eine Definition von Mikroplastik für die Zwecke der Beschränkung enthalten, die unter anderem auf Größe, Löslichkeit und biologischer Abbaubarkeit beruht. Er wird auch Bestimmungen zur Regulierung von Füllmaterialien aus Mikroplastik für Kunstrasenplätze enthalten.²⁷ Ob der für

²³ <https://echa.europa.eu/documents/10162/2ddaab18-76d6-49a2-ec46-8350dabf5dc6> (Stand: 22.4.2022).

²⁴ <https://echa.europa.eu/de/-/rac-backs-restricting-intentional-uses-of-microplastics>; https://echa.europa.eu/documents/10162/23665416/rest_microplastics_opinion_rac_16339_en.pdf/b4d383cd-24fc-82e9-cccf-6d9f66ee9089 (jeweils Stand: 22.4.2022).

²⁵ <https://echa.europa.eu/de/-/scientific-committees-eu-wide-restriction-best-way-to-reduce-microplastic-pollution> (Stand: 22.4.2022).

²⁶ https://echa.europa.eu/documents/10162/28801697/qa_intentionally_added_microplastics_restriction_en.pdf/5f3caa33-c51f-869e-81c8-7e1852a4171c; <https://echa.europa.eu/documents/10162/5a730193-cb17-2972-b595-93084c4f39c8> (jeweils Stand: 22.4.2022).

²⁷ https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2022-000381-ASW_EN.html (Stand: 22.4.2022).

mit Kunststoffgranulat befüllte Plätze diskutierte Bestandsschutz und ein Übergangszeitraum zur Umstellung von voraussichtlich sechs Jahren in dem Vorschlag enthalten sein werden, ist offen.²⁸ Sollten Verbote in den Vorschlag zur Änderung von Anhang XVII der REACH-Verordnung aufgenommen werden, wird es Übergangsfristen geben.

Die Erörterung mit den Behörden der Mitgliedstaaten und eine Abstimmung über den Vorschlag soll noch 2022 erfolgen. Innerhalb von drei Monaten vor einer möglichen Annahme der Beschränkungen für intendiert zugesetztes Mikroplastik müssen diese vom Europäischen Parlament und vom Rat geprüft werden. Die Verabschiedung der Beschränkung ist ebenfalls für 2022 terminiert.²⁹

Von dem erwarteten Beschränkungsvorschlag wäre das Inverkehrbringen von Kunststoffgranulat als Infill-Material betroffen, jedoch nicht der Bestand und Betrieb der Kunstrasenplätze selbst. Diese Anlagen dürfen auch weiterhin betrieben und genutzt werden. Bestehende Lagerbestände an Granulat könnten noch aufgebraucht werden.³⁰ Sobald ein Verbot des Inverkehrbringens von Kunststoffgranulaten in Kraft ist, steht das zur Befüllung eingesetzte Granulat nicht mehr dem Markt zur Verfügung. Die Betreiber entsprechender Sportstätten sollten sich daher frühzeitig mit alternativen Rasensystemen oder Ersatzstoffen für das Granulat auseinandersetzen.

Auch ein Verbot des Inverkehrbringens und der Verwendung von Kunststoffgranulaten als Füllstoff in Kunstrasensystemen unterliegt dem Verhältnismäßigkeitsprinzip. Es darf also keine mildereren, aber gleich wirksamen Mittel geben, die den Eintrag von Füllmaterial in die Umwelt mindern oder vermeiden. Geht es „nur“ um eine signifikante Minderung, dann existieren bereits technische und organisatorische Maßnahmen.³¹ Soll ein zukünftiger Eintrag allerdings vollständig vermieden werden, dann ist auch ein Verbot – auch auf Grund der existierenden Alternativen – mit einer entsprechenden Übergangsfrist verhältnismäßig.

4.2.2

Verpflichtende Vorgaben zu technischen, baulich-konstruktiven und organisatorischen Maßnahmen

Die Fraktion der FDP hat auf Bundesebene im Februar 2020 neben anderen Maßnahmen in Reaktion auf das ECHA-Verfahren zu intendiert eingesetzten Mikroplastik ein Tätigwerden des Gesetzgebers gefordert, mit dem der Eintrag

²⁸ Siehe https://echa.europa.eu/documents/10162/23665416/rest_microplastics_opinion_rac_16339_en.pdf/b4d383cd-24fc-82e9-cccf-6d9f66ee9089 (jeweils Stand: 22.4.2022); siehe auch Öttinger, SpuRt 3/2021, S. 148 (150).

²⁹ Zum Zeitplan siehe <https://echa.europa.eu/de/hot-topics/microplastics> (Stand: 22.4.2022).

³⁰ BT-Drs. 19/19091 vom 11.5.2020.

³¹ Siehe auch: Gemeinsame Stellungnahme des DFB und des DStGB im Rahmen der Konsultation zum Beschränkungsvorschlag der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) „Mikroplastik“ vom 17.9.2019, https://www.swfv.de/sites/default/files/2019-10/DFB_DStGB_Stellungnahme_ECHA_17092019_endg.pdf. (Stand: 22.4.2022).

von Mikroplastikpartikeln in die Umwelt von alten Kunstrasenplätzen innerhalb der Übergangsfrist bis zum Inkrafttreten eines europäischen Verbots durch verbindliche Vorgaben adressiert wird.³² Zu den geforderten Maßnahmen zählen die Einrichtung von „Abklopf- und Wegbürstbereichen“ für Sportler, Auffangmaßnahmen am Spielfeldrand durch erhöhte Spielfeldbegrenzungen oder abgedeckte Rinnsale und der Einbau von Sieben oder Filtern in den Nasszellen der Funktionsgebäude und in den Rinnsalen des Sportgeländes.

Nach Überweisung zur federführenden Beratung an den Sportausschuss und zur Mitberatung an den Ausschuss für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und den Ausschuss für Bau, Wohnen, Stadtentwicklung und Kommunen haben diese eine Ablehnung des Antrags der FDP empfohlen.³³ Begründet wurde dies insbesondere mit dem noch nicht abgeschlossenen Verfahren auf europäischer Ebene und den damit verbundenen Unklarheiten über das tatsächliche Ausmaß kommender europäischer Vorgaben.

Unabhängig vom Scheitern des Antrags scheinen vor dem Hintergrund der dargestellten Ergebnisse verbindliche Vorgaben für technische und organisatorische Maßnahmen an Kunstrasenplätzen zur Eintragsminderung von Granulaten in Entwässerungssysteme sinnvoll.

4.2.3

Innovationsförderung

Die vorgenannten Maßnahmen sollten auf übergeordneter Ebene durch eine Förderung von Forschung und Entwicklung an und von alternativen Rasenfasern, die kein Infill-Material benötigen, flankiert werden. Erste entsprechende Rasensysteme sind bereits auf dem Markt.³⁴

4.2.4

Finanzielle Förderung von Kunstrasensportplätzen

Die Fördersituation von neuen Kunstrasensportflächen mit Kunststoffgranulat als Infill-Material wird sich auf Grund der bevorstehenden Beschränkungsregelung zukünftig deutlich verschlechtern. So machen in allen Bundesländern bis auf Bayern, Brandenburg und Thüringen bereits jetzt Landessportbünde/-verbände ihre Förderungen von Kunstrasenplätzen von der Art des Infill-Materials abhängig. Kunststoffrasensysteme mit Kunststoffgranulaten werden demnach nicht mehr oder nur nach Sanierung gefördert.³⁵

³² BT-Drs. 19/17283.

³³ BT-Drs. 19/20763.

³⁴ https://www.kunststoffweb.de/technologie-news/polytan_fussball-kunstrasen_ohne_einstreugranulat_tn103011 (Stand: 22.4.2022).

³⁵ https://cdn.dosb.de/user_upload/Sportentwicklung/UEberblick_ueber_die_Foerdersituation_von_Kunststoffrasenplaetzen_in_den_Bundeslaendern__Stand_20200220_.pdf (Stand: 22.4.2022).

5 Fazit

Die dargestellten Ergebnisse aus den eigenen Untersuchungen zum Eintrag von Kunststoffpartikeln in die Entwässerungssysteme und der Abgleich mit anderen Studien haben gezeigt, dass Kunstrasenplätze als eine spezielle Quelle für Kunststoffeinträge weniger relevant sind, als bisher diskutiert. Dies liegt vor allem an der anfänglich angewandten Methode der Abschätzung von Granulatverlusten über die Nachfüllmengen auf den Spielfeldern. Hier zeigt sich nicht nur, dass es zahlreiche anderweitige Gründe für Verluste gibt, die nicht zu einer Exposition in die Umwelt führen (Setzungen, Reinigungen und Rasenpflege). Die angesetzten jährlichen Nachfüllmengen auf Basis der Empfehlungen der Hersteller sind ebenfalls deutlich zu hoch angesetzt, insbesondere für Spielfelder in Deutschland. Es bleibt jedoch auch festzuhalten, dass die tatsächlichen Eintragsmengen sehr divers und von den jeweils örtlichen Gegebenheiten abhängig sind. Eine örtliche Versickerung der Niederschlagserfassung, wie auf einigen Spielfeldern in den Modellkommunen praktiziert, schränkt die Reichweite niederschlagsbedingter Einträge deutlich ein und ist bei Neubauten wo möglich anzustreben.

Die Untersuchungen haben weiterhin gezeigt, dass der Eintrag in Entwässerungssysteme über die Schmutzwassererfassung eine deutlich höhere Relevanz hat als der Eintrag über die Niederschlagserfassung am Spielfeldrand und Maßnahmen sich daher auf die Verschleppungen an Kleidung und Schuhen der Spieler konzentrieren sollten.

Mögliche negative ökologische Auswirkungen der Granulatemissionen beschränken sich überwiegend sehr lokal auf das Umfeld der Spielstätten. Eine weitere Senke in den Entwässerungssystemen liegt zudem aufgrund der starken Sedimentierung der Granulate bei den Kläranlagen. Als Quelle für Kunststoffemissionen in die aquatische Umwelt und vor allem für den Eintrag in die Meere und Ozeane ist die Bedeutung von Kunstrasen-Spielfeldern zumindest für Deutschland dementsprechend als sehr gering einzuschätzen.

In jedem Fall sollten natur-offene Anwendungen und Hybridsysteme, bei denen Kunststoff- und Echtrasen gemischt werden, vermieden werden. Bei solchen Systemen sind Einträge in das Abwasser und die Umwelt sehr wahrscheinlich.

Ein weiterer Faktor, der den Eintrag in das Abwasser zusätzlich reduzieren dürfte, ist die oftmals fehlende Wartung der Niederschlagsabläufe. So waren alle Abläufe auf den vier untersuchten Spielfeldern und auch weiteren bei der Auswahl begangenen Spielfeldern in den InRePlast-Modellkommunen völlig verstopft. Die tatsächlichen Einträge dürften daher noch deutlich unter den Messergebnissen liegen. Dies wurde auch in anderen Studien beobachtet [Weijer 2017].

Es ist davon auszugehen, dass ein Großteil der Einträge durch technische Maßnahmen und eine Sensibilisierung der Akteure bei bestehenden Kunstrasensportflächen erheblich gemindert werden kann. Hinsichtlich der Neuerrichtung von Kunstrasenplätzen ist anzunehmen, dass diese aufgrund mangelnder Finanzierung oftmals nicht mehr mit Kunststoffgranulat errichtet werden und alternative Füllstoffe zum Einsatz kommen.

6 Literatur

Alle Internetquellen wurden zuletzt am 22.4.2022 geprüft.

- Bertling, J.; Bertling, R.; Hamann, L.: Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. (2018). Abzurufen unter: <https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>.
- Deutscher Bundestag: Drucksache 19/16387 - Kunstrasenplätze erhalten – Sportvereine schützen (2020). Abzurufen unter: <https://dserver.bundestag.de/btd/19/163/1916387.pdf>.
- ECHA, Restriction proposal on intentionally added microplastics – questions and answers, December 2020. Abzurufen unter: https://echa.europa.eu/documents/10162/28801697/qa_intentionally_added_microplastics_restriction_en.pdf/5f3caa33-c51f-869e-81c8-7e1852a4171c.
- FIDRA, Microplastic loss from artificial (3G) pitches in context of the ECHA proposed restriction of microplastics intentionally added to products, 2020. Abzurufen unter: https://www.fidra.org.uk/wp-content/uploads/Fidra-Microplastic-loss-from-artificial-3G-pitches_v4-.pdf.
- Møllhausen, M.; Thorsheim, F.; Herzke, D.: Forskningskampanjen 2017. Sjøkk kunstgressbanen. (2017). Abzurufen unter: https://www.miljolare.no/innsendt/oppslag/1486/5af04d407fd75/rapport_forskningskampanjen_2017.pdf.
- Lundström, J.: Spridning av mikroplaster från konstgräsplaner via dagvatten - Optimering av reningsmetoden granulatfälla. (2019). Abzurufen unter: <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1447055/FULLTEXT01.pdf>.
- Öttinger, M.: Kunstrasen und Mikroplastik – rechtliche Analyse des Beschränkungsvorschlags für „Mikroplastik“, SpuRt 3/2021, S. 148-153.
- Regnell, F.: Dispersal of microplastic from a modern artificial turf pitch with preventive measures – Case study Bergaviks IP, Kalmar. Report. (2019). Abzurufen unter: <https://www.genan.eu/wp-content/uploads/2020/02/MP-dispersal-from-Bergavik-IP-Kalmar-Report.pdf>.
- Verschoor, A., Hewijnen, R., Posthuma, C., Klessan, K., Werne, S.: Assessment document of land-based inputs of microplastics in the marine environment. Prepared for OSPAR. (2017). Abzurufen unter: <https://www.ospar.org/documents?v=38018>.
- Verschoor, A.; van Gelderen, A.; Hofstra, U.: Fate of recycled tyre granulate used on artificial turf. (2021). Abzurufen unter: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s12302-021-00459-1.pdf>.
- Weijer, A.; Knol, J.: Verspreiding van infill en indicatieve massabalans. (2017). Abzurufen unter: <https://www.bsnc.nl/wp-content/uploads/2017/05/Rapportage-Verspreiding-van-infill-en-indicatieve-massabalans.pdf>.

Breitbarth, Hentschel, Kaser

Kunstrasenplätze

Berichte aus der Forschung

Bücher, Studien und Diskussionsbeiträge

Die Forschungsgruppe sofia fragt nach der Funktionsfähigkeit von Institutionen und den Möglichkeiten, durch veränderte institutionelle Rahmenbedingungen staatliche oder gesellschaftliche Steuerungsziele zu erreichen. Dem sofia-Team gehören Ökonomen und Juristen ebenso an wie Politikwissenschaftler, Soziologen, Ingenieure und Naturwissenschaftler (-innen).

Der sozialwissenschaftliche Begriff der "Institution" bestimmt das gemeinsame methodische Herangehen: Institutionen sind danach "Spielregeln", die sich Gruppen oder Individuen geben, um bestimmte Ziele zu erreichen. Institutionen umfassen damit sowohl rechtliche Regelwerke als auch Regeln in Organisationen (z.B. im Unternehmen, im Verein oder in einer Partei) bis hin zu stillschweigenden Konventionen.

Die Funktionsfähigkeit von Institutionen ist abhängig von der Interessenlage der Beteiligten. Die Kernfragen lauten: "Welche Faktoren bestimmen die Motivationslage und welche Entscheidungsregeln bestimmen das Handeln?" Parallel sind die Ziele der Institution zu betrachten: "Wie lassen sich diese so erreichen, dass zugleich die Eigenmotivation der Beteiligten möglichst hoch bleibt?" Eine derart aufgebaute *Institutionenanalyse* ermöglicht ein besseres Verständnis des Zusammenspiels der Akteure, aber auch der Steuerungsbeiträge der verschiedenen institutionellen Rahmenbedingungen. Dies gilt nicht nur für den status quo, sondern auch für mögliche alternative Gestaltungen der Rahmenbedingungen.

Sonderforschungsgruppe Institutionenanalyse
h_da - FB GS / SuK, Haardtring 100, 64295 Darmstadt
Fon +49 6151 1638735, Fax +49 6151 1638470
info@sofia-darmstadt.de www.sofia-darmstadt.de

Die Forschungsgruppe finanziert sich aus Drittmitteln. Die wichtigsten **Drittmittelgeber** der Forschungsgruppe sind:

- Volkswagen-Stiftung, Hannover
- Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin/Bonn
- Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung über das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
- Bundesamt für Naturschutz, Bonn
- Umweltbundesamt, Berlin/Dessau
- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten
- Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst
- Hessenagentur (HA) / Hessisches Ministerium für Wirtschaft Verkehr und Landesentwicklung (HMWVL), Wiesbaden
- Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf
- Deutsches Institut für Urbanistik (DifU), Berlin
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Buchveröffentlichungen von sofia in anderen Verlagen

- Schenten, Julian; Führ, Martin (2019): Regulatory Risk Management of Chemicals, in: Responsible Consumption and Production, Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals, Walter Leal Filho, Anabela Marisa Azul, Luciana Brandli, Pinar Gökcin Özuyar, Tony Wall (Hrsg.), Springer, 2019 Cham Online ISBN 978-3-319-71062-4.
- Schenten, Julian: Governance of Nanomaterials in India: Learning from institutional analysis of the European REACH, in: Law and Economics: Market, Non-market and Network Transactions, Panta Murali Prasad und Ranita Nagar (Hrsg.), Vernon Press, Wilmington, Malaga 2019, ISBN 978-1-62273-452-8.
- Döring, Thomas; Zimmermann, Horst: Kommunal Finanzen. Eine Einführung in die finanzwissenschaftliche Analyse der kommunalen Finanzwirtschaft, 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. Berliner Wissenschaftsverlag, Berlin 2019 (ISBN 978-3-8305-3943-8).
- Führ, M.; Rudolph-Cleff, A.; Bizer, K.; Cichorowski, G.: Dämmen allein reicht nicht. Plädoyer für eine innovationsoffene Klimaschutzpolitik im Gebäudebereich. oekom Verlag, München 2018 (ISBN 978-3-96238-098-4)
- Döring, T.; Brenner, T.; Rischkowsky, F.: Interkommunale Finanzbedarfsermittlung im nordrhein-westfälischen Finanzausgleich. Eine finanzwissenschaftliche Analyse aktueller methodischer und systemischer Probleme. Berliner Wissenschaftsverlag Berlin 2018 (ISBN 978-3-8305-3871-4)
- Führ, Martin; Schenten, Julian: Sustainable Production and Consumption (SPC), in: Principles of Environmental Law, Ludwig Krämer und Emanuela Orlando (Hrsg.) Edward Elgar Publishing, Cheltenham 2018 (ISBN: 978-1-78536-565-2)
- Schenten, Julian: Rechtliche Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus bei Nanomaterialien in REACH. Defizitanalyse und Gestaltungsoptionen, Dissertation, Reihe Forum Wirtschaftsrecht, Nr. 23, kassel university press, Kassel 2017 (ISBN: 978-3-7376-0236-5)
- Schenten, Julian Führ, Martin; Bizer, Kilian: Marktpulse für Verbraucherprodukte ohne problematische Inhaltsstoffe, in: Innovation in der Nachhaltigkeitsforschung, Walter Leal (Hrsg.), Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, Print ISBN 978-3-662-54358-0, Online ISBN 978-3-662-54359-7
- Schenten, Julian; Führ, Martin; Bizer, Kilian: Overcoming Nanomaterial Uncertainties: A Responsive Governance Framework, in: Economic Analysis of Law in European Legal Scholarship (Vol. 4), Klaus Mathis und Bruce R. Huber (Hrsg.), Springer 2017 Print ISBN 978-3-319-50931-0, Online ISBN 978-3-319-50932-7
- Döring, Thomas: Öffentliche Finanzen und Verhaltensökonomik. Zur Psychologie der budgetwirksamen Staatstätigkeit. Springer Gabler Wiesbaden 2015 (ISBN 978-3-658-09913-8)
- Roller, Gerhard; Führ, Martin; Obermaier, Dorothee: Marktchancen für Umwelttechnologie und interkulturelle Kompetenz in ausgewählten Ländern der MENA-Region. Berichte des Instituts für Umweltstudien und angewandte Forschung der FH Bingen. Südwestdeutscher Verlag für Hochschulschriften 2012 (ISBN 978-3-8381-3287-7)
- Döring, T.; Otter, N.; Rischkowsky, F.: Kommunale Finanzausstattung zwischen Sachgerechtigkeit und politischem Verteilungskampf. Nomos Verlag Baden-Baden 2012 (ISBN 978-3-8329-7300-1)

- Bizer, K.; Einig, K.; Köck, W.; Siedentop, S. (Hrsg.): Raumordnungsinstrumente zur Flächenverbrauchsreduktion. Handelbare Flächenausweisungsrechte in der räumlichen Planung. Nomos Verlag Baden-Baden 2011 (ISBN 978-3-8329-6291-3)
- Führ, M. (Hrsg.): Praxishandbuch REACh. Carl Heymanns Verlag Köln (2011) (ISBN 978-3-452-27377-2)
- Döring, Thomas; Hansjürgens, Bernd; Blume, Lorenz: Kalibergbau und Gewässerschutz – Eine ökonomische Analyse der regionalwirtschaftlichen Bedeutung und umweltbezogenen Folgewirkungen, Reihe: Ökologie und Wirtschaftsforschung, Band 88, Marburg (2011), Metropolis Verlag (ISBN 978-3-89518-869-5).
- Hensel, Stephan; Bizer, Kilian; Führ, Martin; Lange, Joachim (Hrsg.): Gesetzesfolgenabschätzung in der Anwendung. Perspektiven und Entwicklungstendenzen. Nomos Verlag Baden-Baden 2010 (ISBN 978-3-8329-4486-5)
- Bizer, K.; Ewen, C.; Knieling, J.; Stieß, I. (Hrsg.): Nachfrageorientiertes Nutzungszyklus-Management. Konzeptionelle Überlegungen für nachhaltiges Flächenmanagement in Stadt und Region. Detmold 2010 (ISBN 978-3-939468-40-4)
- Bizer, Kilian; Lechner, Sebastian; Führ, Martin (eds.): The European Impact Assessment and the Environment. Springer Verlag, Berlin (2010).
- Bizer, Kilian; Köck, Wolfgang; Hansjürgens, Bernd; Einig, Klaus; Siedentop, Stefan (Hrsg.): Handelbare Flächenausweisungsrechte. Anforderungsprofil aus ökonomischer, planerischer und juristischer Sicht. Nomos Verlag Baden-Baden 2008. (ISBN 978-3-8329-3933-5)
- Führ, Martin; Wahl, Rainer; Wilmowsky, Peter von (Hrsg.): Umweltrecht und Umweltwissenschaft - Festschrift für Eckard Reh binder. Erich Schmidt Verlag, Berlin 2007. (ISBN 978-3-503-10008-8)
- Bizer, Kilian; Cichorowski, Georg; u.a.: Kreislaufwirtschaft in der städtischen/ stadtreionalen Flächennutzung. Hrsg.: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Reihe Werkstatt:Praxis Heft 51, Bonn 2007: (ISBN 978-3-87994-951-9)
- Bizer, Kilian; Cichorowski, Georg; Preuß, Thomas; Bunzel, Arno; Dosch, Fabian u.a.: Perspektive Flächenkreislaufwirtschaft. Band 1: Theoretische Grundlagen und Planspielkonzeption. Hrsg.: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Sonderveröffentlichung, Bonn 2007. (ISBN 978-3-88118-435-9)
- Bizer, Kilian; Cichorowski, Georg u.a.: Perspektive Flächenkreislaufwirtschaft. Band 3: Neue Instrumente für neue Ziele. Hrsg.: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Bonn 2007. (ISBN 978-3-88118-448-9)
- Ferber, Uwe; Preuß, Thomas; Bizer, Kilian; Cichorowski, Georg; Bunzel, Arno; Rottmann, Manuela u.a.: Perspektive Flächenkreislaufwirtschaft. Band 2: Was leisten bestehende Instrumente? Hrsg.: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Sonderveröffentlichung, Bonn 2007. (ISBN 978-3-88118-446-5)
- Führ, Martin; Bizer, Kilian; Feindt, Peter-Henning: Menschenbilder und Verhaltensmodelle in der wissenschaftlichen Politikberatung. Nomos Baden-Baden 2007
- Roller, Gerhard, Führ, Martin: EG-Umwelthaftungs-Richtlinie und Biodiversität. Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 19. Schriftenreihe des Bundesamtes für Naturschutz, Bonn 2005
- Führ, Martin: Eigen-Verantwortung im Rechtsstaat. Duncker & Humblot, Berlin 2003 (ISBN 3-428-11158-3)
- Bizer, Kilian; Führ, Martin; Hüttig, Christoph (Hrsg.): Responsive Regulierung – Beiträge zur interdisziplinären Institutionenanalyse und Gesetzesfolgenabschätzung. Mohr Siebeck, Tübingen 2002 (ISBN 3-16-147728-6)

Buchreihe

sofia Berichte zur Institutionenanalyse

Die Berichte sind im Buchhandel erhältlich. Außerdem können sie gegen Rechnung per e-mail [info@sofia-darmstadt.de] oder per Post bestellt werden

Der Verkaufspreis richtet sich nach den Herstellungskosten. Zusammenfassungen finden sich auf der Internetseite von sofia unter www.sofia-darmstadt.de

- Döring, T.; Gerhards, E.; Schrogl, F.; Thöne, M.: Fortentwicklung des horizontalen kommunalen Finanzausgleichs im Saarland. Finanzwissenschaftliche Analyse zur sachgerechten Bestimmung von Finanzbedarf und Finanzkraft. sofia Berichte sb 06, Darmstadt 2021
(ISBN: 978-3-941627-87-1). Preis: 36,00 Euro
- Döring, Thomas; Blume, Lorenz; Rischkowsky, Franziska: Wie belastet die deutsche Einheit die Länder im bundesstaatlichen Finanzausgleich? Eine finanzwissenschaftliche Analyse anhand des Fallbeispiels Nordrhein-Westfalen.
sofia Berichte sb 05, Darmstadt 2013
(ISBN: 978-3-941627-24-6). Preis: 36,00 Euro
- Kleihauer, S.; Führ, M.; Hommen, U.; Hund-Rinke, K.: Bestimmung von stoffbezogenen Umweltqualitätskriterien – ein Methodenvergleich von nationalen und internationalen Bewertungsgrundlagen. Fraunhofer IME und sofia im Auftrag des Umweltbundesamtes. sofia Berichte sb 04, Darmstadt 2013
(ISBN: 978-3-941627-20-8). Preis 36,00 Euro
- Bizer, Kilian; Harteisen, Ulrich (Hrsg.): Naturschutzförderung und Regionalentwicklung. Beiträge zur Tagung „Naturschutzförderprojekte und Nachhaltigkeit“ am 17. und 18. Februar 2010 in Göttingen. sofia Berichte sb 03, Darmstadt 2010
(ISBN: 978-3-941627-01-7). Preis 30,00 Euro
- Steffensen, Bernd; Below, Nicola; Merenyi, Stefanie: Neue Ansätze zur Risikokommunikation. Produktinformationen vor dem Hintergrund von REACH, GHS und Nanotechnologie. sofia-Berichte sb 02, Darmstadt 2009
(ISBN: 978-3-933795-93-1). Preis: 36,00 Euro
- Führ, M.; Bizer, K.; Dopfer, J.; Schlagbauer, S.; Bedke, N.; Belzer, F.: Evaluation des UVPG des Bundes: Auswirkungen des UVPG auf den Vollzug des Umweltrechts und die Durchführung von Zulassungsverfahren für Industrieanlagen und Infrastrukturmaßnahmen. Im Auftrag des Umweltbundesamtes.
sofia Berichte sb 01, Darmstadt 2009
(ISBN: 978-3-941627-00-0). Preis: 36,00 Euro

Sofia-Studien zur Institutionenanalyse (ISSN 1439-6874)

Die Studien sind gegen Rechnung (20 Euro) per e-mail [info@sofia-darmstadt.de] oder per Post zu bestellen. Die meisten Studien sind auch auf der Website von sofia verfügbar unter www.sofia-darmstadt.de

2021-2022

Wolf, Eva: Chemikalienmanagement in der textilen Lieferkette. Masterarbeit an der Hochschule Darmstadt. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 22-1, Darmstadt 2022 (ISBN 978-3-941627-98-7)

Döring, Thomas und Thomas Brenner: Überprüfung des Altersindikators für die jüngere Bevölkerung bei der Finanzbedarfsermittlung im nordrhein-westfälischen Finanzausgleich. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 21-1, Darmstadt 2021 (ISBN 978-3-941627-93-2)

2016 - 2020

Niebler, Rebecca: Abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle für Textilien in der Circular Economy. Masterarbeit an der Hochschule Darmstadt. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 20-2, Darmstadt 2020 (ISBN 978-3-941627-83-3)

Winkler-Portmann, Simon: Umsetzung einer wirksamen Compliance in globalen Lieferketten - am Beispiel der Anforderungen aus der europäischen Chemikalien-Regulierung an die Automobilindustrie. Masterarbeit an der Hochschule Darmstadt. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 20-1, Darmstadt 2020 (ISBN 978-3-941627-79-6)

Klemt, Myrjam (2019): Haltung = Handlung? Inwieweit entsprechen sich Haltung und Handlung bezüglich des nachhaltigen Kleidungskonsums? Bachelorarbeit an der Universität Göttingen. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 19-3, Darmstadt 2019 (ISBN 978-3-941627-76-5)

Führ, M.; Schenten, J.; Kleihauer, S: Integrating "Green Chemistry" into the Regulatory Framework of European Chemicals Policy. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 19-2, Darmstadt 2019 (ISBN 978-3-941627-72-7)

Kleihauer, S.; Führ, M.; Schenten, J.: Marktchancen für "nachhaltigere Chemie" durch die REACH-Verordnung - am Beispiel globaler Lieferketten in der Textil- und Sportartikel-Industrie. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 19-1, Darmstadt 2019 (ISBN 978-3-941627-69-7)

Meyer, Harald: Energierechtliche Darstellung von Energieflüssen in zellulären Energiesystemen. Masterarbeit an der Hochschule Darmstadt. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 18-1, Darmstadt 2018. (ISBN 978-3-941627-64-2)

Döring, Thomas und Franziska Rischkowsky: Finanzwissenschaftliche Bewertung der Einnahmenpolitik der rheinland-pfälzischen Kommunen im Zeitraum 2009 bis 2015. Aktualisierung und erweiterte Fortschreibung der Projektstudie aus dem Jahr 2015. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 17-1, Darmstadt 2017 (ISBN 978-3-941627-61-1)

Cichorowski, Georg: Energetische Gebäudemodernisierung. Ein analytischer Blick auf die Akteure der Gebäude-Energiewende. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 16-5, Darmstadt 2016 (ISBN 978-3-941627-58-1)

Bizer, K.; Führ, M.; Proeger, T.: Die ökonomischen Auswirkungen einer Verbesserung des deutschen Gewährleistungsrechts. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 16-4, Darmstadt 2016 (ISBN 978-3-941627-55-0)

- Schenten, Julian and Martin Führ: The European Commission Proposals and Legal Requirements Concerning the Determination of Scientific Criteria to Identify Endocrine Disruptive Properties of Active Substances. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 16-3, Darmstadt 2016 (ISBN 978-3-941627-52-9)
- Proeger, Till: Eine ideengeschichtliche Analyse der Kritik deutscher Ökonomen an Geldmengenexpansionen 1929-1933. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 16-2, Darmstadt 2016 (ISBN 978-3-941627-48-2)
- Deist, H.; Proeger, T.; Bizer, K.: Der Markt für Breitbandinternet in Deutschland und Politikempfehlungen zu seiner Förderung. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 16-1, Darmstadt 2016 (ISBN 978-3-941627-45-7)

2011 - 2015

- Döring, Thomas und Franziska Rischkowsky: Kommunale Einnahmepolitik auf dem Prüfstand - Eine finanzwissenschaftliche Analyse am Beispiel des Landes Rheinland-Pfalz. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 15-2, Darmstadt 2015 (ISBN 978-3-941627-44-4)
- Osigus, T.; Bizer, K.; Lankau, M.: Monitor Infrastrukturkosten im demographischen Wandel in Niedersachsen – MIW. Abschlussbericht. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 15-1, Darmstadt 2015 (ISBN 978-3-941627-42-0)
- Döring, Thomas: Staatliche Markteingriffe und Verhaltensökonomik – Zur Psychologie der Rechtfertigung und Gestaltung öffentlicher Interventionstätigkeit. Erkenntnisstand und politische Implikationen. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 14-3, Darmstadt 2014 (ISBN 978-3-941627-39-0)
- Döring, Thomas: Staatsausgaben und Verhaltensökonomik – Zur Psychologie der öffentlichen Ausgabentätigkeit. Erkenntnisstand und ausgabenpolitische Implikationen. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 14-2, Darmstadt 2014 (ISBN 978-3-941627-34-5)
- Cichorowski, Georg: Bestimmung des CO₂-Fußabdrucks für Bio-Produkte. Zwei PCF-Fallstudien: Bio-Darjeeling-Tee und T-Shirt aus kbA-Baumwolle. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 14-1, Darmstadt 2014 (ISBN 978-3-941627-30-7)
- von Römer, Bettina und Bernd Steffensen: Kundeninformationen über den Product Carbon Footprint (PCF) von Alltagsprodukten. Ergebnisse der Diskussion in sechs Fokusgruppen in Darmstadt und Bingen. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 13-3, Darmstadt 2013 (ISBN 978-3-941627-29-1)
- Bizer, Kilian; Scheier, Johannes; Spiwoks, Markus: Planspiel Kapitalmarktprognose. Ein empirischer Vergleich der Prognosekompetenz von Amateuren und Experten. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 13-2, Darmstadt 2013 (ISBN 978-3-941627-27-7)
- Döring, Thomas: Staatsfinanzierung und Verhaltensökonomik – Zur Psychologie der Besteuerung (und Verschuldung). Erkenntnisstand und finanzpolitische Implikationen. sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 13-1, Darmstadt 2013. (ISBN 978-3-941627-25-3)
- Bizer, Kilian und Christoph Boßmeyer: Regionalökonomische Auswirkungen der unkonventionellen Erdgasförderung (Hydraulic Fracturing). Vorstudie im Rahmen des Informations- und Dialogprozesses der ExxonMobil über die Sicherheit und Umweltverträglichkeit der Fracking-Technologie für die Erdgasgewinnung. sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 12-2, Darmstadt 2012. (ISBN 978-3-941627-19-2)

Döring, Thomas und Birgit Aigner-Walder: Standortwettbewerb und wissensbasierte Stadt- und Regionalentwicklung im strukturschwachen Raum – eine Fallanalyse. sofia - Studien zur Institutionenanalyse Nr. 12-1, Darmstadt 2012 (ISBN 978-3-941627-15-4)

Fricke, Claudia: Intellectual Property versus soziale Interessen von Entwicklungsländern. Das Patentrecht und seine Auswirkung auf die Ernährungssicherheit. Diplomarbeit am Fachbereich GS der Hochschule Darmstadt. sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 11-2, Darmstadt 2011 (ISBN 978-3-941627-07-9)

2006 – 2010

Schenten, Julian: Das Spannungsfeld zwischen Datenschutzerfordernissen und dem Aufbau und Betrieb eines internen Kontrollsystems. Die Zulässigkeit von automatisierten Datenanalysen aus der Sicht eines IT-Dienstleistungsunternehmens. Diplomarbeit. sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 10-2. Darmstadt, 2010. (ISBN 978-3-933795-99-0)

Cichorowski, Georg: Institutionen des Nutzungs(zyklus)managements. Eine städtebauliche und institutionenanalytische Perspektive auf Handlungsbedarf und –möglichkeiten zur Zukunftssicherung von Wohnquartieren der 50er und 60er Jahre. sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 09-1. Darmstadt, 2009. (ISBN 978-3-933795-94-X)

Cichorowski, Georg: Technische Optionen für eine automatische Produktidentifikation im Bereich des Elektrogeräterecyclings. Sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 08-1, Darmstadt 2008 (ISBN 978-3-933795-87-7)

Römer, Bettina von; Steffensen, Bernd: Kinder und Jugendliche als Zielgruppe des Erlebnismarketings. Werbung in Kinder- und Jugendzeitschriften sowie in korrespondierenden Internetangeboten. Sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 07-2, Darmstadt 2007 (ISBN 978-3-933795-85-0)

Reese, Dennis: Regionale Wachstumswirkungen von Universitäten – Am Beispiel der Georg-August-Universität Göttingen. Sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 06-2, Darmstadt 2006 (ISBN 3-933795-83-4)

2001 - 2005

Becker, Cornelia; Bizer, Kilian; Führ, Martin; Krieger, Natalie; Scholl, Johannes: Lebensmittelwerbung für Kinderprodukte - Strategieentwürfe für den vorbeugenden Verbraucherschutz. Sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 05-2, Darmstadt 2005

Appel-Kummer, Elisabeth; Mönnecke, Margit: Implementation von Naturschutz: Naturschutzstandards. Projektphase B, Teilbereich: Institutionelle und organisatorische Gestaltungsoptionen. Sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 04-2, Darmstadt 2004 (ISBN 3-933795-64-8)

Becker, Cornelia; Bizer, Kilian; Cichorowski, Georg; Führ, Martin: Implementation von Naturschutz: Naturschutzstandards. BfN-Forschungsprojekt, Abschlussbericht: Darstellung des Projektes. Sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 03-3, Darmstadt 2003 (ISBN 3-933795-58-3)

Bizer, Kilian; Führ, Martin: Responsive Regulierung für den homo oeconomicus institutionalis – Ökonomische Verhaltenstheorie in der Verhältnismäßigkeitsprüfung. Sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 01-1, Darmstadt 01 (ISBN 3-933795-29-X)

1998 - 2000

Führ, Martin unter Mitarbeit von Uwe Brendle, Betty Gebers, Gerhard Roller: Produktbezogene Normen in Europa zwischen Binnenmarkt und Umweltschutz - Reformbedarf aus der Sicht des Verfassungs- und des Europarechts. Sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 99-2, Darmstadt 1999 (ISBN 3-933795-14-1)

Sofia-Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse (ISSN 1437-126X)

Die Beiträge sind gegen Rechnung (10 Euro) per e-mail [info@sofia-darmstadt.de] oder per Post zu bestellen [Sofia, Haardtring 100, 64295 Darmstadt]. Die meisten Diskussionsbeiträge sind auch auf der Website von Sofia unter www.sofia-darmstadt.de als pdf-Datei verfügbar.

2021-2022

- Breitbarth, M.; Hentschel, A.; Kaser, S.: Kunststoffeinträge von Kunstrasenplätzen in Entwässerungssysteme. Aufkommen, Rahmenbedingungen und Möglichkeiten der Eintragsminderung. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 22-1, Darmstadt 2022 (ISBN 978-3-941627-99-4)
- Rittmeier, Aaron: Die EU-Taxonomie als Wegbereiter für Nachhaltig(er)e Chemie? sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 21-9, Darmstadt 2021 (ISBN 978-3-941627-96-3)
- Friedrich, Chr. und Feser, D.: Combining knowledge bases for system innovation in regions: Insights from an East German case study. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 21-8, Darmstadt 2021 (ISBN 978-3-941627-95-6)
- Döring, Thomas: Notwendigkeit zur Reform der interkommunalen Finanzbedarfsmessung im saarländischen Finanzausgleich. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 21-7, Darmstadt 2021 (ISBN 978-3-941627-94-9)
- Gubaydullina, Z.; Judek, J.R.; Lorenz, M.; Spiwoks, M.: Gestaltungswille und Algorithm Aversion. Die Auswirkungen der Einflussnahme im Prozess der algorithmischen Entscheidungsfindung auf die Algorithm Aversion. sofia-Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 21-6, Darmstadt 2021 (ISBN 978-3-941627-92-5)
- Döring, Thomas: Interaktionseffekte zwischen Gemeinde- und Kreisebene im nordrhein-westfälischen Finanzausgleich – eine aktualisierte Bewertung aus finanzwissenschaftlicher Sicht. sofia – Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 21-5, Darmstadt 2021 (ISBN 978-3-941627-91-8)
- Döring, Thomas: Verbraucherschutz aus Sicht der Informationsökonomik – Rechtfertigung, Maßnahmen und Erweiterungsbedarf. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 21-4, Darmstadt 2021. (ISBN 978-3-941627-90-1)
- Filiz, I.; Judek, J.R.; Lorenz, M.; Spiwoks, M.: Hüftsteife Aktienmarktanalysten. sofia-Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 21-3, Darmstadt 2021 (ISBN 978-3-941627-89-5)
- Filiz, I.; Judek, J.R.; Lorenz, M.; Spiwoks, M.: Die Tragik der Algorithm Aversion. sofia-Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 21-2, Darmstadt 2021 (ISBN 978-3-941627-88-8)
- Filiz, I.; Judek, J.R.; Lorenz, M.; Spiwoks, M.: Reduzierung der Algorithm Aversion durch Erfahrung. sofia-Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 21-1, Darmstadt 2021 (ISBN 978-3-941627-86-4)

2016-2020

- Bischoff, T. S.; von der Leyen, K.; Winkler-Portmann, S.; Bauknecht, D.: Regulatory experimentation as a tool to generate learning processes and govern innovation. An analysis of 26 international cases. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 20-7, Darmstadt 2020 (ISBN 978-3-941627-85-7)
- Führ, Martin: Öffentlich-rechtliche Fragestellungen in Prosumptions-Modellen. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 20-6, Darmstadt 2020 (ISBN 978-3-941627-84-0)

- Filiz, I.; Judek, J.R.; Lorenz, M.; Spiwoks, M.: Zinsprognosen in Lateinamerika. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 20-5, Darmstadt 2020 (ISBN 978-3-941627-82-6)
- Döring, Thomas: Corona-bedingte Finanzhilfen des Bundes zur Entlastung der kommunalen Haushalte.-Eine finanzwissenschaftliche Bewertung. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 20-4, Darmstadt 2020 (ISBN 978-3-941627-81-9)
- Rehn, Jonas: Das Unbekannte als Lösungsstrategie. Designmethodologische Betrachtung von Prozessen in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 20-3, Darmstadt 2020 (ISBN 978-3-941627-80-2)
- Döring, Thomas: Der Beitrag der Neoklassik zur ökonomischen Rechtfertigung einer eigenständigen Verbraucherpolitik. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 20-2 Darmstadt 2020 (ISBN 978-3-941627-79-8)
- Spiwoks, M. und Gubaydullina, Z.: Magie der Zahlen: Anchoring und Interferenzen. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 20-1, Darmstadt 2020 (ISBN 978-3-941627-77-2)
- Döring, Thomas und Peter Biwald: Herausforderungen und aktuelle Entwicklungen bei der Gewährleistung von Aufgaben der öffentlichen Daseinsvorsorge. Ein Vergleich zwischen Deutschland und Österreich. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 19-3 Darmstadt 2019 (ISBN 978-3-941627-75-8)
- Döring, Thomas: Wachstum und ökologischer Fußabdruck – Zum Zielkonflikt zwischen wirtschaftlicher Prosperität und Umweltverbrauch einschließlich möglicher Lösungskonzepte. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 19-2 Darmstadt 2019. (ISBN 978-3-941627-74-1)
- Döring, Thomas: Öffentliche Verschuldung (finanz-)psychologisch betrachtet. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 19-1, Darmstadt 2019 (ISBN 978-3-941627-73-4)
- Nahmer, Thomas: Die Investition in Fine Wine unter Diversifikations- und Kostengesichtspunkten. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 18-6, Darmstadt 2018 (ISBN 978-3-941627-71-0)
- Döring, Thomas: Finanzwissenschaftliche Kommentierung der für 2019 geplanten Änderungen des Gemeindefinanzierungs-gesetzes (GFG) des Landes Nordrhein-Westfalen. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 18-5, Darmstadt 2018 (ISBN 978-3-941627-70-3)
- Döring, Thomas: Aktuelle Reform des Landesfinanzausgleichs-Gesetzes in Rheinland-Pfalz. Eine finanzwissenschaftliche Bewertung. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 18-4, Darmstadt 2018 (ISBN 978-3-941627-68-0)
- Filiz, Ibrahim: Emotionen und Risikoexponierung: Der Einfluss positiver und negativer Affekte auf Portfolioentscheidungen. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 18-3, Darmstadt 2018 (ISBN 978-3-941627-67-3)
- Filiz, I.; Nahmer, T.; Spiwoks, M.; Bizer, K. Zuverlässigkeit von Zinsprognosen in der Region Asien-Pazifik. - Chancen für das Portfoliomanagement. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 18-2, Darmstadt 2018 (ISBN 978-3-941627-66-6)
- Filiz, I.; Nahmer, T.; Spiwoks, M.; Gubaydullina, Z.: Messung der Risikoneigung. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 18-1, Darmstadt 2018 (ISBN 978-3-941627-65-9)

- Brenner, Thomas und Thomas Döring: Methodische Überprüfung des Regressionsverfahrens zur Messung des Finanzbedarfs der Gemeinden im nordrhein-westfälischen Finanzausgleich. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 17-4, Darmstadt 2017 (ISBN 978-3-941627-63-5)
- Döring, Thomas und Franziska Rischkowsky: Ausschöpfungsgrad der Realsteuern in Rheinland-Pfalz. Eine finanzwissenschaftliche Folgeuntersuchung für den Zeitraum 2009 bis 2015. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 17-3, Darmstadt 2017 (ISBN 978-3-941627-62-8)
- Filiz, I.; Nahmer, T.; Spiwoks, M.; Bizer, K.: Portfoliodiversifikation: Der Einfluss von Herdenverhalten, Status-quo-Verzerrung und Spielerirrtum. Eine experimentelle Studie. sofia – Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 17-2 Darmstadt 2017 (ISBN 978-3-941627-60-4)
- Filiz, Ibrahim: Overconfidence: Der Einfluss positiver und negativer Affekte. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 17-1 Darmstadt 2017 (ISBN 978-3-941627-59-8)
- Spiwoks, Markus und Kilian Bizer: Zur Messung von Overconfidence - Eine experimentelle Studie. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 16-7, Darmstadt 2016 (ISBN 978-3-941627-57-4)
- Spiwoks, Markus und Kilian Bizer: Correlation Neglect und Overconfidence - Eine experimentelle Studie. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 16-6, Darmstadt 2016 (ISBN 978-3-941627-56-7)
- Steffensen, Bernd und Bettina von Römer: Mieter im Geschosswohnungsbau – Einstellungen zu den Themen Fassadendämmung, Heizen und CO₂-Reduktion. Ergebnisse der Diskussion in zwei Fokusgruppen in Mannheim. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 16-5, Darmstadt 2016 (ISBN 978-3-941627-54-3)
- Döring, Thomas und Franziska Rischkowsky: Umweltzerstörung als Folge von Markt und Wirtschaftswachstum? – Kritische Anmerkungen zur aktuellen Postwachstumsdebatte. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 16-4, Darmstadt 2016 (ISBN 978-3-941627-53-6)
- Döring, Thomas: Finanzwissenschaftliche Bewertung der Einnahmenpolitik der rheinland-pfälzischen Kommunen im Zeitraum 2007 bis 2014. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 16-3, Darmstadt 2016 (ISBN 978-3-941627-51-2)
- Aigner-Walder, Birgit und Thomas Döring: Einfluss des Alters auf private Verkehrsausgaben - ein europäischer Vergleich. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 16-2, Darmstadt 2016 (ISBN 978-3-941627-50-5)
- Döring, Thomas: Verhaltensökonomische Aspekte staatlicher Ausgabenpolitik. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 16-1, Darmstadt 2016 (ISBN 978-3-941627-49-9)

2011 -2015

- Döring, Thomas und Birgit Aigner-Walder: Verkehrs-, umwelt- und raumbezogene Aspekte der Elektromobilität unter Berücksichtigung entscheidungstheoretischer Überlegungen zum Nutzerverhalten. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 15-5, Darmstadt 2015 (ISBN 978-3-941627-46-8)
- Bizer, Kilian and Martin Führ: Compact Guidelines: Practical Procedure in Interdisciplinary Institutional Analysis. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 15-4, Darmstadt 2015 (ISBN 978-3-941627-45-1)
- Döring, Thomas und Franziska Rischkowsky: Finanzwissenschaftliche Bewertung des Ausschöpfungsgrads von Gewerbe- und Grundsteuer in Rheinland-Pfalz. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 15-3, Darmstadt 2015 (ISBN 978-3-941627-43-7)

- Bizer, Kilian und Martin Führ: Sustainable Behavioral Governance: Responsive Regulation for Innovation. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 15-2, Darmstadt 2015 (ISBN 978-3-941627-41-3)
- Feser, D.; Vogt, N.; Winnige, St.: Ökonomische Rahmenbedingungen der energetischen Gebäudesanierung. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 15-1, Darmstadt 2015 (ISBN 978-3-941627-40-6)
- Bizer, Kilian und Martin Führ: Praktisches Vorgehen in der interdisziplinären Institutionenanalyse. Ein Kompaktleitfaden: sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 14-7, Darmstadt 2014 (ISBN 978-3-941627-38-3)
- Döring, Thomas: Grundlegende Aspekte der Umweltpolitik aus ökonomischer und politikwissenschaftlicher Sicht. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 14-6, Darmstadt 2014 (ISBN 978-3-941627-37-6)
- Döring, Thomas: Ziele und Ausgestaltung von Standortpolitik vor dem Hintergrund aktueller ökonomischer Herausforderungen im Standortwettbewerb – ein kurzer Überblick. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 14-5, Darmstadt 2014 (ISBN 978-3-941627-36-9)
- Feindt, P.-H.; Fricke, C.; Dempfle, L.; Führ, M.; Rath, D.; Baulain, U.: Patentrecht und landwirtschaftliche Tierzucht: Grundlagen, Problembereiche, Handlungsempfehlungen. Gemeinsame Stellungnahme des Forschungsprojekts „Biopatente in der Tierzucht“ und des Friedrich-Loeffler-Instituts für Nutztiergenetik. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 14-4, Darmstadt 2014 (ISBN 978-3-941627-35-2)
- Döring, Thomas und Franziska Rischkowsky: Innovationen im Bereich der Kommunal Finanzen. Typologie, Bestimmungsfaktoren, Neuerungsverhalten im Zeitverlauf und dessen ökonomische Bewertung. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 14-3, Darmstadt 2014 (ISBN 978-3-941627-33-8)
- Döring, Thomas: Fiskalföderalismus und gesamtwirtschaftliche Entwicklung. Grundlegender Reformbedarf des österreichischen Finanzausgleichssystems. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 14-2, Darmstadt 2014 (ISBN 978-3-941627-32-1)
- Döring, Thomas und Franziska Rischkowsky: Problemorientierte Verbraucherpolitik. Der Beitrag der Verhaltensökonomik zu einem verbesserten Verbraucherschutz. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 14-1, Darmstadt 2014 (ISBN 978-3-941627-31-4)
- Aigner-Walder, Birgit und Thomas Döring: Zukünftige Entwicklung der privaten Verkehrsausgaben in Deutschland aufgrund des demographischen Wandels. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 13-2, Darmstadt 2013 (ISBN 978-3-941627-26-0)
- Döring, Thomas: John Maynard Keynes und der Friedensvertrag von Versailles. Eine Rekonstruktion aus Sicht der Verhaltensökonomik. sofia-Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 13-1, Darmstadt 2013 (ISBN 978-3-941627-23-9)
- Bizer, Kilian, Kathrin Enenkel und Miriam Röhrkasten: Nachhaltige Stadtentwicklung am Beispiel des Gewerbegebietes Siekhöhe der Stadt Göttingen. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 12-5, Darmstadt 2012 (ISBN 978-3-941627-22-2)
- Döring, Thomas und Lorenz Blume: Einbindung der neuen Länder in den bundesstaatlichen Finanzausgleich. Eine empirische Schätzung der Einheitslasten der westdeutschen Länder. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 12-4, Darmstadt 2012. (ISBN 978-3-941627-21-5)

- Döring, Thomas: Schumpeter und die Theorie unternehmerischer Innovation. Kernaussagen, kritische Abgrenzung zu anderen Ansätzen sowie Bausteine für eine Weiterentwicklung. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 12-3, Darmstadt 2012 (ISBN 978-3-941627-18-5)
- Döring, Thomas und Lorenz Blume: Finanzausgleichsbedingte Einheitslasten der Länder – eine empirische Quantifizierung am Beispiel des Landes Nordrhein-Westfalen. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 12-2, Darmstadt 2012 (ISBN 978-3-941627-17-8)
- Döring, Thomas und Birgit Aigner-Walder: Steigende Ausgaben für Wohnen, Energie und Gesundheit bei sinkenden Bildungs- und Verkehrsausgaben als Auswirkungen einer alternden Bevölkerung auf den privaten Konsum. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 12-1, Darmstadt 2012 (ISBN 978-3-941627-16-1)
- Cichorowski, Georg: Städteforschung. Stadt als Gegenstand interdisziplinärer Forschung – nur ein einfacher Perspektivwechsel? sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 11-11, Darmstadt 2011 (ISBN 978-3-941627-14-7)
- Schenten, Julian: Nanomaterialien in REACH. Fördert die Registrierung Innovationen für Nachhaltigkeit durch Nanomaterialien? sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 11-10, Darmstadt 2011 (ISBN 978-3-941627-13-0)
- Döring, Thomas und Birgit Aigner-Walder: Zukunftsperspektiven der Elektromobilität – Treibende Faktoren und Hemmnisse in ökonomischer Sicht. sofia - Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 11-7, Darmstadt 2011 (ISBN 978-3-941627-10-9)
- Döring, Thomas: Der Ansatz einer institutionenorientierten Wirtschafts- und Finanzpolitik – illustriert anhand des Konflikts um die Ausgestaltung des kommunalen Finanzausgleichs in Nordrhein-Westfalen. sofia-Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 11-3, Darmstadt 2011 (ISBN 978-3-941627-05-5)

2006 - 2010

- Jäger, Christian: Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse bei Zugang und Veröffentlichung von stoffbezogenen Daten nach REACH. sofia-Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 08-3, Darmstadt 2008 (ISBN 978-3-933795-92-3)
- Thießen, Friedrich; Cernavin, Oleg; Führ, Martin; Kaltenbach, Martin (Hrsg.): Dokumentation zum Konsensworkshop zur Evaluation der Gutachten im Planfeststellungsverfahren zum Ausbau des Rhein-Main-Flughafens. Sofia- Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 07-1, Darmstadt 2007 (ISBN 978-3-933795-86-9)

2000 - 2005

- Steinwachs, Jennifer: Menschenbilder und Verhaltensmodelle im Recht. Sofia-Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 02-4, Darmstadt 2002 (ISBN 3-933795-43-5)
- Bizer, Kilian; Sternberg, Rolf: Competition through indicators of regional sustainability in a federal system. Sofia-Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 02-6, Darmstadt 2002 (ISBN 3-933795-45-1)
- Führ, Martin: Ökonomisches Prinzip und juristische Rationalität – Ein Beitrag zu den Grundlagen interdisziplinärer Verständigung. Sofia-Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 00-1, Darmstadt 2000 (ISBN 3-933795-10-9)
- Führ, Martin: Grundlagen juristischer Institutionenanalyse – Das ökonomische Modell menschlichen Verhaltens aus der Perspektive des Rechts. Sofia-Diskussionsbeiträge zur Institutionenanalyse Nr. 00-3, Darmstadt 2000 (ISBN 3-933795-19-2)

Kooperationspartner

In ihren Forschungsvorhaben arbeitet sofia mit folgenden Einrichtungen zusammen:

- Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich, Eidgenössische Material-Prüfungsanstalt (EMPA) Prof. Hilti. Überlandstrasse 129, CH-8600 Dübendorf <http://www.empa.ch/>
- Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut an der Universität zu Köln. <http://www.wiso.uni-koeln.de/finanzfors/index.htm>
- Volkswirtschaftliches Seminar – Professur für Finanzpolitik und Mittelstandsfor- schung der Georg-August-Universität Göttingen. <http://www.uni-goettingen.de/de/64099.html>
- Technische Universität Darmstadt: Fachgebiet Entwerfen und Stadtentwicklung, Prof. Dr. Annette Rudolph-Cleff; Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressour- cenwirtschaft im IWAR, Prof. Dr. Liselotte Schebek. <http://www.tu- darmstadt.de>
- Institut für Ökologie und Politik GmbH, Hamburg. <http://www.oekopol.de>
- Bosch & Partner GmbH Hannover, Dr. Marie Hanusch, Dr. Stefan Balla <http://www.boschpartner.de>
- Prof. Dr. Thomas Bunge, Berlin
- Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie, Schmallen- berg. <http://www.ime.fraunhofer.de>
- Fachhochschule Bingen, Institut für Umweltstudien und angewandte Forschung; Prof. Dr. Gerhard Roller. gerhroller@aol.com
- Fachhochschule Pforzheim, Institut für angewandte Forschung, Prof. Mario Schmidt. mario.schmidt@fh-pforzheim
- Universität Kassel: Prof. Dr. Andreas Mengel, FG Politik und Recht räumlicher Entwicklung sowie Prof. Dr. Alexander Roßnagel, Öffentliches Recht.
- BC - Forschungs- und Beratungsgesellschaft mbH, Wiesbaden. www.bc-research.de
- Prof. Dr. E. Rehbinder, Forschungsstelle für Umweltrecht an der Universität Frank- furt/Main. <http://www.uni-frankfurt.de/fb01>
- Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen (ifh). <http://www.sfh.wiso.uni-goettingen.de>
- Rhein-Main-Institut e.V. - RMI Darmstadt. www.rm-institut.de
- HafenCityUniversität Hamburg-Harburg, Prof. Dr. Jörg Knieling, Stadtplanung und Regionalentwicklung. www.tu-harburg.de
- Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) Breslauer Straße 48 76139 Karlsruhe http://cms.isi.fraunhofer.de/wDefault_1/index.php
- Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH Dag- Hammarskjöld-Weg 1– 5 65760 Eschborn <http://www.gtz.de>
- Helmholtzzentrum für Umweltforschung Leipzig (UFZ), Prof. Dr. Wolfgang Köck, Umwelt- und Planungsrecht. <http://www.ufz.de/>

sofia

Sonderforschungsgruppe Institutionenanalyse
h_da - FB GS / SuK, Haardtring 100, 64295 Darmstadt
Fon +49 6151 168735, Fax +49 6151 168470
info@sofia-darmstadt.de www.sofia-darmstadt.de