

TEXTE

198/2020

Kunststoffe in der Umwelt – Erarbeitung einer Systematik für erste Schätzungen zum Verbleib von Abfällen und anderen Produkten aus Kunststoffen in verschiedenen Umweltmedien

Abschlussbericht

TEXTE 198/2020

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3716 34 326 0
FB000329

Kunststoffe in der Umwelt – Erarbeitung einer Systematik für erste Schätzungen zum Verbleib von Abfällen und anderen Produkten aus Kunststoffen in verschiedenen Umweltmedien

Abschlussbericht

von

Dirk Jepsen, Dr. Till Zimmermann, Dr. Laura Spengler,
Lisa Rödig & Rebecca Bliklen
Ökopol GmbH, Hamburg

Jörg Wagner, Karsten Struck
Intecus GmbH, Dresden

Lutz Hiestermann, Heinrich Schulz
CONSULTIC Marketing & Industrieberatung GmbH, Alzenau

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

Ökopool – Institut für Ökologie und Politik GmbH
Nernstweg 32-34
22765 Hamburg

Abschlussdatum:

Mai 2019

Redaktion:

Fachgebiet III 1.6 Produktverantwortung
Franziska Krüger

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, November 2020

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Der Eintrag und Verbleib von Kunststoffen in die Umwelt ist seit einigen Jahren ein viel beachtetes und viel diskutiertes Thema. In diesem Vorhaben wurde eine Abschätzung des quantitativen Verbleibs von Kunststoffen in der Umwelt aus dem Bereich der achtlos weggeworfenen oder liegen gelassenen Kunststoffabfälle („Littering“) sowie der Kunststoffprodukte, die umweltschonend eingesetzt werden und aus denen Einträge in Form von Kunststoffpartikeln in die Umwelt hervorgehen können, vorgenommen. Auf dieser Basis wurden zum einen relevante Quellen für Kunststoffeinträge identifiziert und Handlungsmöglichkeiten diskutiert. Die größten Einträge ergeben sich aus dem Verkehrsbereich mit dem Reifenabrieb als größter Quelle. Daneben tragen der Baubereich und der Landwirtschafts- und Gartenbaubereich relevant zu den Gesamtmengen bei. Zum anderen ist eine kritische Betrachtung der Datenlage erfolgt und besonders zentrale Aspekte für eine Verbesserung der Datenlage wurden identifiziert. Die Berechnungsergebnisse wurden mit aktuellen einschlägigen Studien abgeglichen und eingeordnet.

Abstract

Plastic entries into the environment are an increasingly discussed issue. In this project, a first estimation of plastic entries into the environment from littered plastic items as well as plastic applications has been made. Based on this, the most relevant sources could be identified and possible mitigation actions have been discussed. Major emissions result from the transportation sector with tyre wear as key source. In addition, the construction sector as well as the agriculture and horticulture sectors contribute significantly. Besides the quantification of entries from various sources, the data situation has been critically assessed and key points for improving the data situation have been identified. Finally, results from this study have been cross-checked with findings from related recent studies.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	14
Tabellenverzeichnis	15
Abkürzungsverzeichnis	21
Zusammenfassung	23
Summary	34
1 Ziel und Inhalt des Vorhabens	44
2 Aufbau und Struktur des Berichts	45
3 Herangehensweise	46
4 Kunststoffeinträge durch Littering	47
4.1 Definitionen von Littering und mögliche Typisierungen	47
4.2 Modellierungsansatz	47
4.2.1 Begriffsglossar	47
4.2.2 Bestimmung der Schlupfquote	49
4.2.3 Beziehung zwischen dem Kunststoffanteil des Abfalleintrags und dem Litteranteil des Kunststoffabfalls	52
4.2.4 Bestimmung des Abfalleintrags	52
4.2.5 Zusammensetzung des Schlupfes	53
4.2.6 Grundsätzliches Bilanzmodell	54
4.3 Betrachtete Flächentypen	55
4.4 Kunststofflitterverbleib: Straßenränder	56
4.4.1 Beschreibung des Betrachtungsgegenstands	56
4.4.2 Konkretisierung des methodischen Vorgehens auf Grundlage der verfügbaren Daten	56
4.4.3 Charakterisierung des Abfalleintrags	57
4.4.4 Beschreibung zentraler Rechengrößen	57
4.4.5 Ergebnisse	58
4.5 Kunststofflitterverbleib: Rastanlagen	59
4.5.1 Beschreibung des Betrachtungsgegenstands	59
4.5.2 Konkretisierung des methodischen Vorgehens auf Grundlage der verfügbaren Daten	59
4.5.3 Charakterisierung des Abfalleintrags	60
4.5.4 Beschreibung zentraler Rechengrößen	60
4.5.5 Ergebnisse	60
4.6 Kunststofflitterverbleib: Parkanlagen	62
4.6.1 Beschreibung des Betrachtungsgegenstandes	62

4.6.2	Konkretisierung des methodischen Vorgehens auf Grundlage der verfügbaren Daten	63
4.6.3	Charakterisierung des Abfalleintrags	63
4.6.4	Beschreibung zentraler Rechengröße	63
4.6.5	Ergebnisse	63
4.7	Kunststofflitterverbleib: Fußgängerzonen.....	64
4.7.1	Beschreibung des Betrachtungsgegenstandes	64
4.7.2	Konkretisierung des methodischen Vorgehens auf Grundlage der verfügbaren Daten	65
4.7.3	Charakterisierung des Abfalleintrags	65
4.7.4	Beschreibung zentraler Rechengröße	65
4.7.5	Ergebnisse	66
4.8	Kunststofflitterverbleib: Flussrandstreifen.....	66
4.8.1	Beschreibung des Untersuchungsgegenstands.....	66
4.8.2	Konkretisierung des methodischen Vorgehens auf Grundlage der verfügbaren Daten	68
4.8.3	Charakterisierung des Abfalleintrags	68
4.8.4	Beschreibung zentraler Rechengrößen.....	68
4.8.5	Ergebnisse	68
4.9	Kunststofflitterverbleib: Küsten.....	69
4.9.1	Beschreibung des Untersuchungsgegenstands.....	69
4.9.2	Konkretisierung des methodischen Vorgehens auf Grundlage der verfügbaren Daten	70
4.9.3	Charakterisierung des Abfalleintrags	71
4.9.4	Beschreibung zentraler Rechengrößen.....	71
4.9.5	Ergebnisse	71
4.10	Kunststofflitterverbleib: Binnenbadestellen	72
4.10.1	Beschreibung des Betrachtungsgegenstandes	72
4.10.2	Konkretisierung des methodischen Vorgehens auf Grundlage der verfügbaren Daten	72
4.10.3	Charakterisierung des Abfalleintrags	72
4.10.4	Beschreibung zentraler Rechengrößen.....	72
4.10.5	Ergebnisse	73
4.11	Weitere Flächennutzungstypen.....	73
4.11.1	Touristisch genutzter Naturraum.....	73
4.11.2	Wälder.....	74
4.12	Fortschreibungsfähigkeit der Abschätzung	74

4.13	Zusammenfassung der Ergebnisse: Jährlich verbleibender Kunststofflitter in Deutschland	75
5	Kunststoffeinträge in Folge umweltoffener Kunststoffanwendungen	77
5.1	Grundsätzliches methodisches Vorgehen	77
5.1.1	Ableitung einer strukturierten „Produktliste“ als zentrales Element der Modellierung	77
5.1.1.1	Festlegung von Produktkategorien der Verwendung in der Umwelt	77
5.1.1.2	Identifikation von Produktgruppen innerhalb der Produktkategorien	78
5.1.2	Beschreibung der Produktgruppen in Bezug auf Produkte, Polymerarte und typische Additivierungen	78
5.1.2.1	Beschreibung typischer Produkte und hauptsächlich verwendeter Polymerarten	78
5.1.2.2	Identifikation von (problematischen) Inhaltsstoffen	78
5.1.3	Charakterisierung der Umwelteinträge	79
5.1.3.1	Bildung von Umwelteintragskategorien	79
5.1.3.2	Zeithorizonte für die Umwelteinträge	81
5.1.3.3	Quantifizierung der Verwendungsmengen und der resultierenden Umwelteinträge	81
5.1.3.4	Priorisierung	81
5.2	Charakterisierung und Mengenabschätzung für die identifizierten Produktgruppen	82
5.2.1	Baubereich - Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie	82
5.2.2	„Baubereich“ - Abschätzung der Eintragsmengen für die Produktgruppen der Produktkategorie	85
5.2.3	„Fahrzeuge / Verkehr“ - Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie	86
5.2.4	„Fahrzeuge / Verkehr“ - Abschätzung der Eintragsmengen für die Produktgruppen der Produktkategorie	88
5.2.5	„Landwirtschaft und Gartenbau“ - Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie	88
5.2.6	„Landwirtschaft und Gartenbau“ - Abschätzung der Eintragsmengen für die Produktgruppen der Produktkategorie	91
5.2.7	„Sport-, Spiel-, Freizeit- sowie Eventbereich“ - Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie	92
5.2.8	„Sport-, Spiel-, Freizeit- sowie Eventbereich“ - Abschätzung der Eintragsmengen für die Produktgruppen der Produktkategorie	92
5.2.9	„Verbraucherprodukte“ - Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie	93
5.2.10	„Verbraucherprodukte“ - Abschätzung der Eintragsmengen für die Produktgruppen der Produktkategorie	94
5.3	Überblick über die Eintragsmengen in allen fünf untersuchten Produktkategorien	95

6	Studienvergleich	97
6.1	Vergleich von Methodik, Ziel und Untersuchungsrahmen	97
6.2	Vergleich auf Ebene der Gesamtergebnisse: Größte Quellen und Gesamtmengen	99
6.3	Vergleich auf Ebene einzelner ausgewählter Produktgruppen und Bereiche.....	102
6.3.1	Reifen	102
6.3.2	Komposte, Klärschlamm, Gärreste.....	103
6.3.3	Rohre	103
6.3.4	Kunststoffverpackungen/Littering	103
6.3.5	Schuhe	107
6.3.6	Straßenmarkierungen	107
6.3.7	Gebäudebereich.....	108
6.3.8	Agrarbereich.....	108
6.3.9	In der Ökopol-Studie nicht betrachtete Aktivitäten	109
6.3.9.1	Freisetzungen bei der Abfallentsorgung	109
6.3.9.2	Abrieb auf der Baustelle bei Abbrucharbeiten	109
6.3.9.3	Verarbeitung von Kunststoffen auf der Baustelle	109
6.3.9.4	Abrieb von Bitumen aus Asphalt	109
6.3.9.5	Pelletverluste	109
6.4	Zusammenfassung	110
7	Zusammenführung der Erkenntnisse	111
8	Nähere Betrachtung und Ableitung von Handlungsempfehlungen für ausgewählte Produktgruppen.....	118
8.1	Querschnittsfragen: Verbleib von Kunststoffen und mögliche Einträge durch Abwasser.....	119
8.2	Handlungsbereich Straßennutzung	122
8.2.1	Reifen	123
8.2.2	Fahrbahnmarkierungen.....	126
8.2.3	Schuhe	127
8.3	Bauwirtschaft und Landschaftsbau.....	129
8.3.1	Geotextilien	129
8.3.2	Rohre	130
8.3.3	Bautenfarbe.....	130
8.3.4	Kunstrasenplätze.....	130
8.3.5	Rasengitter	131
8.4	Agrarwirtschaft	131
8.4.1	Agrarfolien / Erntefolien	131

8.4.2	Pflanztöpfe	132
8.5	Klärschlamm und Kompost	134
8.5.1	Komposte	134
8.5.1.1	Ausgangslage	134
8.5.1.2	Handlungsansätze	135
8.5.2	Klärschlamm	137
8.5.2.1	Ausgangslage	137
8.5.2.2	Handlungsansätze	138
8.6	Sonderbereich: Zigaretten	139
8.6.1	Informationen von Umweltverbänden	139
8.6.2	Initiativen von Kommunen	139
8.6.3	Ordnungsrechtliche Maßnahmen	141
8.6.4	Initiativen von Veranstaltern	141
8.6.5	Initiativen von Zigaretten-Herstellern	141
8.6.6	Handlungsansätze anderer europäischer Länder	142
8.6.6.1	England: Leitfaden zur Reduzierung des Litterings von Zigarettenkippen für Kommunen	142
8.6.6.2	Schweiz: Aufklärungskampagnen und „No-Littering-Label“	142
8.6.6.3	Portugal: „Stationsbasierte“ Strandascher	142
8.6.7	Handlungsansätze auf EU-Ebene	143
8.6.8	Zusammenfassung	144
8.6.9	Empfehlungen	144
9	Quellenverzeichnis	146
10	Anhang A: Ausführliche Vorgehensbeschreibung zu Kapitel 4	153
10.1	Definitionen von Littering und mögliche Typisierungen	153
10.2	Kunststofflitterverbleib: Straßenränder	155
10.2.1	Bestimmung der gesammelten Abfallmenge für Nordrhein-Westfalen	155
10.2.1.1	Autobahnen in Nordrhein-Westfalen	155
10.2.1.2	Bundes-, Landes- und Kreisstraßen von Straßen.NRW	156
10.2.1.3	Bundes-, Landes- und Kreisstraßen von Nordrhein-Westfalen	157
10.2.2	Bestimmung der gesammelten Abfallmenge in Deutschland	158
10.2.3	Bestimmung des Kunststoffanteils des Abfalleintrags, des Litteranteils des Kunststoffabfalls und der Schlupfquote	160
10.2.4	Bestimmung des verbleibenden Kunststofflitters	160
10.2.4.1	Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen	160
10.2.4.2	Sonstige Straßen	160

10.2.4.3	Gesamtbetrachtung	161
10.3	Kunststofflitterverbleib: Rastanlagen	162
10.3.1	Bestimmung der Papierkorbabfallmenge für Nordrhein-Westfalen	162
10.3.2	Bestimmung der Papierkorbabfallmenge in Deutschland	164
10.3.3	Bestimmung der Litterrate.....	166
10.3.4	Bestimmung des Kunststoffanteils, Litteranteils und der Schlupfquote	166
10.3.5	Bestimmung des verbleibenden Kunststofflitters.....	167
10.4	Kunststofflitterverbleib: Parkanlagen.....	167
10.4.1	Kategorisierung der Parkanlagen	167
10.4.2	Parkanlagenfläche in Deutschland.....	168
10.4.2.1	Grünanlagenfläche der einzelnen Kategorien	168
10.4.2.2	Parkanlagenfläche der einzelnen Kategorien	169
10.4.3	Bestimmung der gesammelten Abfallmenge.....	171
10.4.3.1	Bestimmung der gesammelten Abfallmenge des Pilotprojekts Parkreinigung	171
10.4.4	Bestimmung des Kunststoffanteils, Litteranteils und der Schlupfquote	172
10.4.5	Bestimmung des verbleibenden Kunststofflitters.....	173
10.5	Kunststofflitterverbleib: Fußgängerzonen.....	174
10.5.1	Ausführliche Informationen zur Charakterisierung des Abfalleintrags.....	174
10.5.2	Kategorisierung der Fußgängerzonen	174
10.5.3	Fußgängerzonenfläche in Deutschland.....	175
10.5.3.1	Fläche der Straßen, Wege und Plätze der einzelnen Kategorien	175
10.5.3.2	Fußgängerzonenfläche der einzelnen Kategorien	176
10.5.4	Bestimmung des Kunststofflittereintrags und der Schlupfquote	177
10.5.5	Bestimmung des verbleibenden Kunststofflitters.....	179
10.6	Kunststofflitterverbleib: Flussrandstreifen.....	180
10.6.1	Bestimmung der Flusslänge	180
10.6.2	Bestimmung des Abfalleintrags	182
10.6.3	Bestimmung des Kunststoffanteils.....	183
10.6.4	Bestimmung des Litteranteils.....	183
10.6.5	Bestimmung der Schlupfquote	184
10.6.6	Bestimmung des verbleibenden Kunststofflitters.....	184
10.7	Kunststofflitterverbleib: Küsten.....	186
10.7.1	Weiterführende Information zur Kategorisierung der Küste.....	186
10.7.1.1	Urbane Küste	186
10.7.1.2	Seebäder, sonstige Badestellen und sonstige Küste	187

10.7.1.3	Sonstige Binnenküste von Mecklenburg-Vorpommern	188
10.7.2	Bestimmung der einzelnen Küstenlängen	188
10.7.2.1	Seebäder	188
10.7.2.2	Sonstige Badestellen	189
10.7.2.3	Sonstige Küste	189
10.7.2.4	Sonstige Binnenküste von MV	189
10.7.2.5	Urbane Küste	189
10.7.3	Anfragen an Träger und Betreiber von Badestellen	189
10.7.4	Bestimmung der Schlupfquote	191
10.7.5	Bestimmung des Littereintrags	191
10.7.5.1	Seebäder	191
10.7.5.2	Sonstige Badestellen	192
10.7.5.3	Urbane Küste, sonstige Küste und Binnenküste von Mecklenburg-Vorpommern	196
10.7.6	Bestimmung des Kunststoffanteils des Litters	196
10.7.7	Bestimmung des verbleibenden Kunststofflitters.....	196
10.8	Exkurs: Zigarettenkippen	197
10.8.1	Küste.....	198
10.8.2	Binnenbadestellen	199
10.8.3	Flussrandstreifen.....	200
10.8.4	Straßenränder	200
10.8.5	Fußgängerzonen.....	201
10.8.6	Parkanlagen.....	202
10.8.7	Rastanlagen	203
10.8.8	Zusammenfassung der Ergebnisse: jährlich verbleibende Menge der Zigarettenkippen	203
11	Anhang B: Produktgruppen-„Steckbriefe“	204
11.1	Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie Baubereich	204
11.1.1	Baufolien (1-01).....	204
11.1.2	Geotextilien (1-02)	204
11.1.3	Fassadenelemente (1-03).....	205
11.1.4	Lagerzelte (1-04)	205
11.1.5	Palisaden (1-05).....	205
11.1.6	Rasengitter (1-06).....	206
11.1.7	Entwässerungsrinnen (Regenrinnen) (1-07)	206
11.1.8	Kabelummantelungen (1-08)	206

11.1.9	Rohre (1-09)	207
11.1.10	Formteile (1-10)	207
11.1.11	Lagertanks IBC oberirdisch (1-11)	208
11.1.12	Dachabdeckungen (1-12)	208
11.1.13	Außenisolierungen (1-13).....	208
11.1.14	Kabelkanäle (1-14).....	209
11.1.15	Polymer Cement Concrete (PCC) (1-15).....	209
11.1.16	Kunststofffenster (1-16).....	210
11.1.17	Sickerblöcke (1-17).....	210
11.1.18	Lärmschutzwände (1-18).....	210
11.1.19	Bautenfarben (1-19).....	211
11.2	Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie Fahrzeuge / Verkehr	211
11.2.1	Reifen (2-01).....	211
11.2.2	Absperrungen (2-02)	212
11.2.3	Fahrbahnmarkierungen (2-03).....	212
11.2.4	Leitelemente (2-04).....	213
11.2.5	Baken (2-05)	213
11.2.6	Fußplatten (Bakenfüße) (2-06).....	213
11.2.7	Fahrzeugteile (2-07)	214
11.2.8	Mülltonnen (2-08)	214
11.2.9	Schiffsfarbe (2-09)	214
11.2.10	Fahrradreifen (2-10).....	215
11.2.11	Schuhe (2-11)	215
11.3	Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie Landwirtschaft und Gartenbau	216
11.3.1	Teichfolien (3-01)	216
11.3.2	Agrarfolien / Erntefolien (3-02).....	216
11.3.3	Silagefolie (3-03).....	216
11.3.4	Erntegarne (3-04)	217
11.3.5	Drainage (3-05).....	217
11.3.6	Pflanztöpfe (3-06).....	217
11.3.7	Landwirtschaftliche Netze (3-07)	218
11.3.8	Düngemittel (3-08).....	218
11.3.9	Gewächshäuser (3-09)	218
11.3.10	Zäune (3-10)	219

11.3.11	Tore (3-11).....	219
11.3.12	Sonstige Landschaftsgestaltungselemente (3-12)	220
11.3.13	Fischwirtschaftliche Netze (3-13).....	220
11.3.14	Bojen / Fender (3-14)	220
11.3.15	Verbissschutz (3-15)	221
11.3.16	Klärschlamm (3-16)	221
11.3.17	Gärreste (3-17)	222
11.3.18	Komposte (3-18).....	222
11.3.19	Biocarrier (3-19)	223
11.4	Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie Sport-, Spiel-, Freizeit- sowie Eventbereich.....	223
11.4.1	Granulat für Kunstrasenplätze (4-01).....	223
11.4.2	Spielgeräte/Spielzeug (4-02)	224
11.4.3	Gartendekorationsartikel (4-03)	224
11.4.4	Angelschnur (4-04).....	224
11.5	Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie Verbraucherprodukte	225
11.5.1	Garten-/Terrassenmöbel (5-01)	225
11.5.2	Luftballons (5-02)	225
11.5.3	Feuerwerk (Raketenkappen) (5-03)	225
11.5.4	Zigarettenfilter (5-04).....	226
11.5.5	Feuerzeuge (5-05)	226
11.5.6	Kosmetika (5-06)	227
11.5.7	Kleidungsfasern (5-07)	227
11.5.8	Dekorationselemente Kunststoff (5-08).....	227
11.5.9	Sonstige Farben und Lacke (5-09)	228

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Zusammenfassung der Abschätzung der Kunststoffeinträge.....	27
Abbildung 2:	Schematische Darstellung über die Beziehung zwischen den Begriffen "Abfalleintrag", "Kunststoffanteil des Abfalleintrags" und "Litteranteil des Kunststoffabfalls"	52
Abbildung 3:	Berechnungsvarianten Abfalleintrag	53
Abbildung 4:	Systematik des Eintragsmodells	54
Abbildung 5:	Zusammenhänge von Eintrag, Austrag, Reinigung und Schlupf.....	55
Abbildung 6:	Vorgehen für die Abschätzung des verbleibenden Kunststofflitters an Rändern der jeweiligen Straßenkategorie.....	57
Abbildung 7:	Vorgehen für die Abschätzung des verbleibenden Kunststofflitters, der auf deutschen Rastanlagen gelittert wurde	59
Abbildung 8:	Kategorisierung der Flussrandstreifen.....	67
Abbildung 9:	Vorgehen für die Abschätzung des verbleibenden Kunststofflitters ausgehend von Küsten.....	70
Abbildung 10:	Abfallströme und Kunststoffeinträge an Straßenrändern: Szenario 1a mit mittlerem Schlupf von 15 %	106
Abbildung 11:	Abfallströme und Kunststoffeinträge an Straßenrändern: Szenario 1b mit hohem Schlupf von 50 %	106
Abbildung 12:	Abfallströme und Kunststoffeinträge an Straßenrändern: Szenario 2 mit hohem Schlupf von 50 %	106
Abbildung 13:	Zusammenfassung der Abschätzung der Kunststoffeinträge.....	114
Abbildung 14:	Schematische Darstellung von Verbleibmechanismen von Kunststoffeinträgen	121
Abbildung 15:	Schematische Darstellung grundsätzlicher Inputs und Outputs von Kläranlagen	121
Abbildung 16:	Mögliche Verteilung von Reifenabrieb und Senken für Reifenabrieb in der Umwelt	125
Abbildung 17:	„Stationsbasierte“ Strandascher in Portugal	143
Abbildung 18:	Verteilung der gesammelten Abfallmengen für die 25 Autobahnmeistereien.....	156
Abbildung 19:	Verteilung der gesammelten Abfallmengen für die 38 Straßenmeistereien	157
Abbildung 20:	Verteilung der Übernachtungszahlen an der Nord- und Ostsee mit zusätzlicher Unterteilung in die jeweiligen angrenzenden Bundesländer und dem Mittelwert dieser vier Gebiete.....	195

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Die abgeschätzten jährlichen Eintragsmengen, dauerhaft in der Umwelt verbleibenden Kunststoffmengen für die 30 mengenrelevantesten Eintragsbereiche.....	25
Tabelle 2:	Übersicht über die Berichtsstruktur	45
Tabelle 3:	Glossar der relevanten Begriffe zur Modellierung für die Abschätzung der Kunststoffeinträge durch Littering	48
Tabelle 4:	Schlupfquoten der einzelnen Flächennutzungstypen mit dazugehöriger Beschreibung der Einflussfaktoren (Exponierung hinsichtlich Verwehung/Verspülung, Reinigungsintervalle, Reinigungsschlupf).....	50
Tabelle 5:	Straßenrandkategorien mit jeweiligen Längen	56
Tabelle 6:	Zentrale Rechengrößen - Straßenränder.....	57
Tabelle 7:	Ergebnisse über die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs ausgehend vom Littering an Straßenrändern.....	58
Tabelle 8:	Rastanlagenkategorie mit jeweiliger Rastanlagenanzahl in Deutschland	59
Tabelle 9:	Zentrale Rechengrößen - Rastanlagen	60
Tabelle 10:	Ergebnisse über die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs ausgehend vom Littering in Rastanlagen.....	61
Tabelle 11:	Parkanlagenkategorie mit geschätzten Flächen.....	63
Tabelle 12:	Zentrale Rechengrößen - Parkanlagen	63
Tabelle 13:	Ergebnisse über die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs ausgehend vom Littering in Parkanlagen	64
Tabelle 14:	Fußgängerzonenkategorien mit Flächen der Straßen, Wege und Plätze, den Fußgängerzonenflächenanteilen und den Fußgängerzonenfläche	65
Tabelle 15:	Zentrale Rechengrößen - Fußgängerzonen	66
Tabelle 16:	Ergebnisse über die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs ausgehend vom Littering in Fußgängerzonen	66
Tabelle 17:	Flussrandstreifenkategorien mit geschätzten Flusslängen	67
Tabelle 18:	Zentrale Rechengrößen - Flussrandstreifen	68
Tabelle 19:	Ergebnisse über die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs ausgehend vom Littering an Flussrandstreifen	69
Tabelle 20:	Küstenkategorien mit geschätzten Längen	70
Tabelle 21:	Zentrale Rechengrößen - Küste	71
Tabelle 22:	Ergebnisse über die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs ausgehend vom Littering an der Küste.....	71
Tabelle 23:	Zentrale Rechengrößen - Binnenbadestellen.....	73

Tabelle 24:	Ergebnisse über die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs ausgehend vom Littering von Binnenbadestellen	73
Tabelle 25:	Menge des verbleibenden Kunststofflitters der betrachteten Flächennutzungstypen mit Gesamtsumme	75
Tabelle 26:	Gebildete Umwelt-Eintragskategorien sowie angesetzte Verbleibsfaktoren	80
Tabelle 27:	Beschreibung der Produktgruppen der Produktkategorie „Baubereich“	83
Tabelle 28:	Mengenabschätzung zum Umwelteintrag aus den Produktgruppen der Produktkategorie „Baubereich“	85
Tabelle 29:	Beschreibung der Produktgruppen der Produktkategorie „Fahrzeuge / Verkehr“	86
Tabelle 30:	Mengenabschätzung zum Umwelteintrag aus den Produktgruppen der Produktkategorie „Fahrzeuge / Verkehr“	88
Tabelle 31:	Beschreibung der Produktgruppen der Produktkategorie „Landwirtschaft und Gartenbau“	89
Tabelle 32:	Mengenabschätzung zum Umwelteintrag aus den Produktgruppen der Produktkategorie „Landwirtschaft und Gartenbau“	91
Tabelle 33:	Beschreibung der Produktgruppen der Produktkategorie „Sport-, Spiel-, Freizeit- sowie Eventbereich“	92
Tabelle 34:	Mengenabschätzung zum Umwelteintrag aus den Produktgruppen der Produktkategorie „Sport-, Spiel-, Freizeit- sowie Eventbereich“	93
Tabelle 35:	Beschreibung der Produktgruppen der Produktkategorie „Verbraucherprodukte“	93
Tabelle 36:	Mengenabschätzung zum Umwelteintrag aus den Produktgruppen der Produktkategorie „Verbraucherprodukte“	95
Tabelle 37:	Mengenabschätzung zum Umwelteintrag aus allen fünf untersuchten Produktkategorien	95
Tabelle 38:	Zusammenfassung von Methodik, Ziel und Untersuchungsrahmen ..	98
Tabelle 39:	Ordnung der Kunststoff-Quellen nach Mengenrelevanz entsprechend Conversio-Studie	100
Tabelle 40:	Größte Quellen für Kunststoffeinträge in die Umwelt nach Ökopol- und Umsicht-Studie, sortiert nach Eintragsmenge	100
Tabelle 41:	Vergleich der Eintragsmengen – Reifenabrieb	102
Tabelle 42:	Vergleich der Eintragsmengen – Komposte, Klärschlamm, Gärreste	103
Tabelle 43:	Vergleich der Eintragsmengen – Rohre	103
Tabelle 44:	Vergleich der Eintragsmengen – Kunststoffverpackungen	104

Tabelle 45:	Gesammelte Abfallmenge und resultierender Kunststoffeintrag in Deutschland an Straßenrändern in Deutschland basierend auf den Straßenreinigungsdaten von Nordrhein-Westfalen – Vergleich auf Basis variierender Annahmen.....	105
Tabelle 46:	Vergleich der Eintragsmengen – Schuhabrieb.....	107
Tabelle 47:	Vergleich der Eintragsmengen – Fahrbahnmarkierungen.....	107
Tabelle 48:	Vergleich der Eintragsmengen – Gebäudebereich	108
Tabelle 49:	Vergleich der Eintragsmengen – Agrarbereich.....	108
Tabelle 50:	Zusammenfassung der 30 relevantesten Quellen für Kunststoffeinträge	113
Tabelle 51:	Mögliche Produktgruppen für die Entwicklung von Handlungsempfehlungen	118
Tabelle 52:	Abwasserströme in Deutschland	120
Tabelle 53:	Zusammensetzung von Reifenabrieb nach verschiedenen Studien.	123
Tabelle 54:	Beispielhafte relevante Eigenschaften von Straßenmarkierungsfarben.....	127
Tabelle 55:	Vorgaben im Blauen Engel zur Abriebsfestigkeit von Schuhen	129
Tabelle 56:	Input-Ströme in biologische Behandlungsanlagen 2016 (Daten nach Destatis)	134
Tabelle 57:	Streckenlänge der von den 38 berücksichtigten Straßenmeistereien betreuten Straßen	158
Tabelle 58:	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) von Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen in Deutschland und deren Verhältnis zu der jeweiligen DTV in Nordrhein-Westfalen (DTV NRW).....	159
Tabelle 59:	DTV der Landes- und Kreisstraßen ausgewählter Bundesländer	159
Tabelle 60:	Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Kunststofflittereintrag und –verbleib pro Jahr an Straßenrändern in Deutschland	161
Tabelle 61:	Anzahl der bewirtschafteten Rastanlagen in Nordrhein-Westfalen, durchschnittliches Leerungsgewicht, Anzahl der Leerungen pro Rastanlage und die Papierkorbabfallmenge pro Jahr einerseits für Autobahnen und andererseits für Bundes-, Landes- und Kreisstraßen	163
Tabelle 62:	Anzahl der unbewirtschafteten Rastanlagen in Nordrhein-Westfalen, durchschnittliches Leerungsgewicht, Anzahl der Leerungen pro Rastanlage und die Papierkorbabfallmenge pro Jahr einerseits für Autobahnen und andererseits für Bundes-, Landes- und Kreisstraßen	163
Tabelle 63:	DTV der Autobahnen und der Bundes-, Landes- und Kreisstraßen in NRW und im Bundesgebiet.....	164

Tabelle 64:	Anzahl der bewirtschafteten Rastanlagen und deren Papierkorbabfallmengen an Autobahnen und an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen für Nordrhein-Westfalen und für das Bundesgebiet	165
Tabelle 65:	Anzahl der unbewirtschafteten Rastanlagen und deren Papierkorbabfallmengen an Autobahnen und an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen für Nordrhein-Westfalen und für das Bundesgebiet	166
Tabelle 66:	Rechengrößen und Ergebnis der Abschätzung des verbleibenden Kunststofflitters verursacht durch das Littering auf deutschen Rastanlagen	167
Tabelle 67:	Stadttypen mit Definition nach Einwohnerzahl, Anzahl, Bodenfläche und Bevölkerung in Deutschland.....	168
Tabelle 68:	Anzahl und Bodenfläche der kreisfreien Städte in Deutschland eingeteilt nach den jeweiligen Stadttypen	168
Tabelle 69:	Durchschnittliche Grünanlagenfläche kreisfreier Städte und aller Städte in Deutschland eingeteilt nach den jeweiligen Stadttypen außer große Großstadt	169
Tabelle 70:	Parkanlagenkategorie mit dazugehöriger Grünanlagenfläche.....	169
Tabelle 71:	Absolute Grünanlagenfläche, absolute Parkanlagenfläche, Parkanlagenanteile an Grünanlagenfläche und Bevölkerungsdichte von fünf ausgewählten Bundesländern.....	170
Tabelle 72:	Parkanlagenkategorie mit geschätztem Parkanlagenanteil an Grünanlagenfläche und darauf aufbauend berechneter Parkanlagenfläche	171
Tabelle 73:	Flächen und gesammelte Abfallmengen der Pilotobjekte des Projektes Parkreinigung der Berliner Stadtreinigung (BSR 2017)	172
Tabelle 74:	Rechengrößen und Ergebnis der Abschätzung des verbleibenden Kunststofflitters verursacht durch das Littering in deutschen Parkanlagen	173
Tabelle 75:	Stückzahlbezogene prozentuale Verteilung der Abfallfraktionen der Basler und der Wiener Studie (Heeb et al., 2005)	174
Tabelle 76:	Anzahl, Bodenfläche und Fläche der Straßen, Wege und Plätze der kreisfreien Städte in Deutschland eingeteilt nach den jeweiligen Stadttypen	175
Tabelle 77:	Durchschnittliche Fläche der Straßen, Wege und Plätze der kreisfreien Städte und aller Städte in Deutschland eingeteilt nach den jeweiligen Stadttypen außer große Großstadt	176
Tabelle 78:	Städtekategorie mit dazugehöriger Fläche der Straßen, Wege und Plätze	176
Tabelle 79:	Fußgängerzonenkategorie mit geschätztem Fußgängerzonenanteil an Fläche der Straßen, Wege und Plätze und darauf aufbauend berechnete Fußgängerzonenfläche.....	177

Tabelle 80:	Kunststoffstückzahlen auf Plätzen (Fußgängerzone) in fünf europäischen Städten (Ableidinger 2004).....	177
Tabelle 81:	Spezifische Gewichte der Kunststofffraktionen PET-Getränke-Flaschen, Kunststoff-Getränke-Becher, Kunststoff-Verpackungen: Nicht-Getränke, Verbundstoffe und Kunststoff –sonstiges	178
Tabelle 82:	Gewichte der Kunststofflitterfraktionen auf Plätzen (Fußgängerzone) der fünf europäischen Städte von Ableidinger (2004)	178
Tabelle 83:	Kunststofflittergewichte auf Plätzen (Fußgängerzone) in fünf europäischen Städten.....	179
Tabelle 84:	Rechengrößen und Ergebnis der Abschätzung des verbleibenden Kunststofflitters verursacht durch das Littering in deutschen Fußgängerzonen	179
Tabelle 85:	Längen von schiffbaren Flüssen in ausgewählten großen und kleinen Großstädten.....	180
Tabelle 86:	Anzahl der Städte, die an schiffbaren Flüssen liegen mit Gesamtanzahl der Städte unterteilt in den jeweiligen Stadttyp	181
Tabelle 87:	Flusslängen, Anteile an der Gesamtlänge und Flussrandstreifenlänge der schiffbaren Flüsse bzw. der sonstigen Flüsse mit einem Einzugsgebiet von mehr als 10 km ²	181
Tabelle 88:	Abfalleintrag in unterschiedliche Flussrandstreifenkategorien	182
Tabelle 89:	Massenbezogene Zusammensetzung nach Materialart von Flussrandstreifenabfällen der Fulda	183
Tabelle 90:	Massenbezogene Zusammensetzung von Flussrandstreifenabfällen der Fulda nach Produktklassen.....	184
Tabelle 91:	Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Kunststofflittereintrag und –verbleib ausgehend vom Littering auf Flussrandstreifen von schiffbaren Flüssen	184
Tabelle 92:	Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Kunststofflittereintrag und –verbleib ausgehend vom Littering auf Flussrandstreifen von sonstigen Flüssen mit einem Einzugsgebiet über 10 km ²	185
Tabelle 93:	Kleine Großstädte, große Mittelstädte, kleine Mittelstädte, große Kleinstädte und kleine Kleinstädte an der Küste aufgelistet nach Küstenbundesland	187
Tabelle 94:	Reinigungsintervalle in angefragten Seebädern und bei Trägern und Betreibern von sonstigen Badestellen.....	190
Tabelle 95:	Reinigungsarten von angefragten Seebädern und von Trägern und Betreibern von sonstigen Badestellen.....	190
Tabelle 96:	Abfallabholgewichte von der Kurverwaltung Dierhagen (2017) und darauf aufbauend abgeschätzte monatlich entsorgte Abfälle	191
Tabelle 97:	Reinigungsintervalle, Anzahl der Wiederholungen, durchschnittlich erfasste Abfallteile mit deren Minima und Maxima aus Smith und Markic (2013).....	194

Tabelle 98:	Verteilung der Übernachtungszahlen (Mittelwert) der vier Gebiete an der Küste und der jeweilige Littereintrag.....	195
Tabelle 99:	Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Kunststofflittereintrag und –verbleib, ausgehend vom Littering an der Küste	197
Tabelle 100:	Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Zigarettenkippeneintrag und –verbleib verursacht durch das Littering an der Küste.....	199
Tabelle 101:	Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Zigarettenkippeneintrag und –verbleib verursacht durch das Littering auf Binnenbadestellen.....	199
Tabelle 102:	Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Zigarettenkippeneintrag und –verbleib ausgehend vom Littering auf Flussrandstreifen	200
Tabelle 103:	Rechengrößen und Ergebnis der Abschätzung des Zigarettenkippeneintrags und -verbleibs ausgehend vom Littering an Straßenrändern.....	201
Tabelle 104:	Rechengrößen und Ergebnis der Abschätzung den Zigarettenkippeneintrag und -verbleib verursacht durch das Littering in deutschen Fußgängerzonen	202
Tabelle 105:	Rechengrößen und Ergebnis der Abschätzung des Zigarettenkippeneintrags und –verbleibs, verursacht durch das Littering in deutschen Parkanlagen	202
Tabelle 106:	Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Zigarettenkippeneintrag und –verbleib, verursacht durch das Littering auf Rastanlagen	203
Tabelle 107:	Menge der verbleibenden Zigarettenkippen der betrachteten Flächennutzungstypen mit Gesamtsumme	203

Abkürzungsverzeichnis

ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer
AC	Acrylate Copolymer
ACS	Acrylate Crosspolymer
AM	Autobahnmeisterei
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BSR	Berliner Stadtreinigung
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
EP	Epoxidharz
EPS	Expandiertes Polystyrol
EVA	Ethylen-Vinylacetat-Copolymer
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
gG	große Großstädte
gM	große Mittelstädte
gK	große Kleinstädte
HELCOM	Kommission zum Schutz der Meeresumwelt im Ostseeraum (Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area).
iVgM	In Verkehr gebrachte Menge
Kfz	Kraftfahrzeug
kG	kleine Großstädte
kM	kleine Mittelstädte
IR	ländlicher Raum
MV	Mecklenburg-Vorpommern
NI	Niedersachsen
NRW	Nordrhein-Westfalen
OSPAR	Oslo-Paris Konvention
PA	Polyamid
PE	Polyethylen
PE-HD	Polyethylen – High Density
PE-LD	Polyethylen – Low Density
PES	Polyethersulfon
PET	Polyethylenterephthalat
POM	Polyoxymethylen
PP	Polypropylen

PS	Polystyrol
PU	Polyurethan
PVA	Polyvinylacetat
PVC	Polyvinylchlorid
RPT	Regierungspräsidium Tübingen
ReFoPlan	Ressortforschungsplan
SH	Schleswig-Holstein
SM	Straßenmeisterei
Straßen.NRW	Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen
TPU	Thermoplastisches Polyurethan
TSF	Teilweise schiffbare Flüsse
UBA	Umweltbundesamt
WPC	Wood-Plastics-Composites
XPS	extrudiertes Polystyrol

Zusammenfassung

Kunststoffe werden in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt. Aus zahlreichen dieser Kunststoffanwendungen sowie aus nicht ordnungsgemäß entsorgten Kunststoffabfällen können Kunststoffeinträge in die Umwelt resultieren.

Während der Eintrag von Kunststoffen in die Umwelt seit einiger Zeit ein viel beachtetes und viel diskutiertes Thema darstellt, ist der tatsächliche Wissensstand zum Thema bislang lückenhaft. Abschätzungen zum mengenmäßigen Eintrag aus den verschiedenen Quellen gibt es bislang nur vereinzelt. Vor diesem Hintergrund war es Ziel des durchgeführten Vorhabens aus dem Ressortforschungsplan (ReFoPlan), eine erste strukturierte Abschätzung über den quantitativen Eintrag von Kunststoffen in die Umwelt in Deutschland zu erhalten. Dabei wurde sowohl der Bereich der achtlos weggeworfenen oder liegen gelassenen Kunststoffabfälle („Littering“) betrachtet als auch das Feld der Kunststoffprodukte, die in der Umwelt genutzt werden. Bei den in der Umwelt genutzten Kunststoffprodukten können sowohl während der Nutzung als auch nach deren Nutzungsende Einträge von Kunststoffe in die Umwelt resultieren.

Viele der auf den unterschiedlichen Wegen in die Umwelt eingetragenen Kunststoffe werden im Zuge von Reinigungs- und Rückbaumaßnahmen wieder aus der Umwelt entfernt.

Das Projekt zielt konkret darauf ab, eine Abschätzung derjenigen Masse an Kunststoffen vorzunehmen, die nach solchen üblichen Maßnahmen letztlich in der Umwelt verbleiben.

Methodisches Vorgehen

Der im Vorhaben untersuchte Betrachtungsraum ist die Umwelt in Deutschland. Die Herangehensweise unterscheidet zwischen den zwei grundlegenden Eintragungspfaden:

1. Eintrag aus dem Littering von Kunststoffabfällen (Littering wird hier verstanden als das achtlose Wegwerfen oder Liegenlassen von Abfällen im öffentlichen Raum)¹
2. Eintrag aus beabsichtigt in der Umwelt verwendeten („umweltoffen““ eingesetzten) Kunststoffprodukten und kunststoffhaltigen Produkten

Für beide Eintragungspfade wurden Modelle gebildet, die auf Basis verfügbarer Informationen und fachlich begründeter Annahmen eine Abschätzung der in der Umwelt verbleibenden Kunststoffmengen erlauben.

Die Modellierung des Eintragungspfad aus dem Littering basiert auf Informationen zu den in der Umwelt vorgefundenen Kunststoffmengen. Dabei erfolgt eine Differenzierung der Hauptfundorte nach Flächennutzungsarten/-typen (Straßen, Rastanlagen, Parkanlagen, Fußgängerzonen, Küsten, Flussrandstreifen und Binnenbadestellen).

Beim Eintragungspfad der beabsichtigt in der Umwelt verwendeten („umweltoffen““ eingesetzten) Kunststoffprodukte und kunststoffhaltigen Produkte erfolgt die Modellierung anhand der in Verkehr gebrachten Menge (iVgM) für 63 Produktgruppen und dem Ansatz der Kunststoffanteile, die während der Nutzung in die Umwelt emittierten sowie der Anteile der iVgM, die nach dem Ende der Nutzungsdauer in der Umwelt verbleiben.

¹ Entsprechend des vorgegebenen Untersuchungsrahmens für diese Studie werden illegale Abfallentsorgung, die nicht unter die achtlos weggeworfenen oder liegen gelassenen Abfälle fallen, nicht mitbetrachtet. Es erfolgt jedoch eine zusätzliche abschätzende Betrachtung der mengenmäßigen Auswirkung auf die ermittelten Kunststoffeinträge dieser Setzung zum Untersuchungsrahmen; siehe hierzu insbesondere die Parametervariation in Abschnitt 6.3.6.

Im Bereich der umweltoffenen Anwendungen erstreckt sich der Eintrag häufig über längere Zeiträume (bis zu mehreren Jahrzehnten) und auch der mögliche dauerhafte Verbleib von ganzen Produkten oder Produkt-Teilen findet erst nach den teilweise sehr langjährigen Nutzungen statt. In der jetzt entwickelten Modellierung werden diese zukünftigen Umwelteinträge der Periode des „Inverkehrbringens“ angerechnet. Für eine noch exaktere Abbildung der jährlichen Eintragsmengen müssten Zeitreihenanalysen der iVgM sowie die Varianz der jeweiligen Nutzungsdauern im Zeitverlauf mit in die Betrachtungen einfließen. Für beide Aspekte fehlen bislang konsistente Datengrundlagen.

Die Berechnungsergebnisse der beiden Eintragspfade werden zusammengeführt und dabei nach folgenden Eintragsorten gegliedert:

- ▶ Straßen
- ▶ Flüsse und Gewässerrandstreifen
- ▶ Siedlungsflächen
- ▶ Landwirtschaftliche Flächen
- ▶ Küstenstreifen

Für jeden dieser Eintragsorte/Flächennutzungstypen findet sich also im Ergebnis eine Quantifizierung des in der Umwelt verbleibenden Kunststoffeintrags.

Parallel zu dem vorliegenden ReFoPlan-Vorhaben des Umweltbundesamtes erfolgte auch in den Studien anderer Auftraggeber eine Quantifizierung des Eintrags von Kunststoffen in die Umwelt in Deutschland. Zu benennen sind hier:

- ▶ Bertling, Jürgen; Hamann, Leandra; Bertling, Ralf (2018): Kunststoffe in der Umwelt. Unter Mitarbeit von Tatiana Bladier, Rodion Kopitzky, Daniel Maga, Nils Thonemann und Torsten Weber. Fraunhofer Umsicht. Oberhausen.
- ▶ Conversio (2018): Vom Land ins Meer - Modell zur Erfassung landbasierter Kunststoffabfälle. Unter Mitarbeit von Christoph Lindner und Thomas Jäger. Hg. v. Conversio und BKV. Frankfurt.

In Anbetracht der hohen umweltpolitischen Bedeutung der Gesamthematik der Umwelteinträge von Kunststoffen wurde im Rahmen der Qualitätssicherung der Analyse- und Modellierungsergebnisse der vorliegenden Studie ein systematischer Querabgleich mit diesen beiden Studien durchgeführt. Dieser Abgleich erfolgte auf Grundlage der veröffentlichten Berichte und Dokumentationen der benannten Parallelstudien mit den vorliegenden Zwischenergebnissen des ReFoPlan-Vorhabens sowie einer vertiefenden Fachdiskussion zwischen den jeweiligen Autoren. Dafür wurde im September 2018 zwischen den Autoren von Fraunhofer Umsicht, Conversio und Ökopol ein entsprechendes Arbeitstreffen in Hamburg durchgeführt.

Dabei zeigten sich einige grundlegende Unterschiede im Bereich des betrachteten Sachgegenstandes (vom primären Mikroplastik über sekundäres Mikroplastik bis zu großen Kunststoffherzeugnissen), der jeweils betrachteten Eintragsmechanismen (vom achtlosen „Littering“, über unvermeidbare Einträge aus der Nutzung bis zu hingenommenem Verbleib in der Umwelt) sowie auch der bilanzierten Umwelträume (von der Fokussierung auf den schlussendlichen Eintrag in das Meer bis hin zur Betrachtung des gesamten Umweltraumes in Deutschland). Die Kenntnis dieser Unterschiede ist sehr wichtig, um die jeweils getroffenen Aussagen und Ergebnisse der Studien korrekt zu interpretieren. Aus diesem Grund beinhaltet der vorliegende Bericht eine systematische Gegenüberstellung zentraler Grundannahmen und Grenzziehungen der drei Studien.

Übereinstimmend zeigen alle durchgeführten Studien, dass die bislang verfügbaren Grunddaten und Untersuchungsergebnisse nicht ausreichend sind, um ein durchgehend valides Mengengerüst der Umwelteinträge von Kunststoffen zu erstellen. In relevantem Maß sind die bisherigen Ergebnisse deshalb

auf der Extrapolation von Einzelbefunden sowie begründeten Expertenschätzungen basiert, was aus wissenschaftlicher Sicht zu entsprechend hohen Unsicherheiten in den Endergebnissen führt.

Ungeachtet der systematischen Unterschiede und der skizzierten Herausforderungen im Bereich fehlender Grunddaten zeigte die differenzierte Analyse der Ergebnisse der drei Studien in Eintragsbereichen, die sachlich direkt vergleichbar sind, vielfach hohe Übereinstimmung in der Größenordnung der Ergebniswerte.

Dort, wo sich relevante Unterschiede zwischen den Parallelstudien und den Zwischenergebnissen des ReFoPlan-Vorhabens zeigten, wurden die jeweiligen fachlichen Ableitungen und Erwägungen der getroffenen Annahmen und Setzungen nochmals überprüft und, soweit begründet umsetzbar, bei der Sensitivitätsprüfung der Ergebnisse im Rahmen des vorliegenden Ergebnisberichtes berücksichtigt.

Ergebnisse: In der Umwelt verbleibende Kunststoffeinträge

Die im Vorhaben ermittelten dauerhaft in der Umwelt verbleibenden Kunststoffeinträge aus dem Littering-Pfad über die unterschiedenen Flächennutzungstypen (Straßen, Rastanlagen, Parkanlagen, Fußgängerzonen, Küsten, Flussrandstreifen und Binnenbadestellen) belaufen sich auf 650 bis 2.500 t/a. Ohne Unterscheidung zwischen Littering- und Nicht-Littering-Abfällen (bspw. Abfälle aus illegalen Ablagerungen) erhöht sich diese Menge auf bis zu 3.750 t/a. Werden die getroffenen Annahmen unter Berücksichtigung der anderen aktuellen Studien angepasst, so steigt die Menge auf rund 13.100 t/a an. Dies macht den Einfluss der bestehenden Datenunsicherheiten aufgrund des Fehlens systematischer und für eine Hochrechnung geeigneter statistischer Erfassungen gelitterter Mengen deutlich.

Im Bereich der umweltoffenen Kunststoffanwendungen ergeben sich dauerhaft in der Umwelt verbleibende Kunststoffeinträge von 150.540 t/a bis 253.045 t/a. Hierbei entstammen 132.790 t/a bis 165.440 t/a dem Verkehrsbereich mit dem Reifenabrieb als größter Quelle. Daneben tragen der Baubereich (8.875 - 60.425 t/a) und der Landwirtschafts- und Gartenbaubereich (6.200 - 21.500 t/a) relevant zu den Gesamtmengen bei. Auch hier zeigen die Ergebnisspannbreiten deutliche Unsicherheiten. Neben Unschärfen bei der Abgrenzung der umweltoffen verwendeten Produktmengen an den gesamten in Verkehr gebrachten Mengen in vielen Produktbereichen liegen diese Unsicherheiten insbesondere im Bereich der Annahmen zu den Anteilen der umweltoffen genutzten Produkte, die auch nach dem Ende der Nutzung langfristig in der Umwelt verbleiben.

Die unter Beachtung der skizzierten Unsicherheiten relevantesten, endgültig, in der Umwelt verbleibenden Einträge von Kunststoffen sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

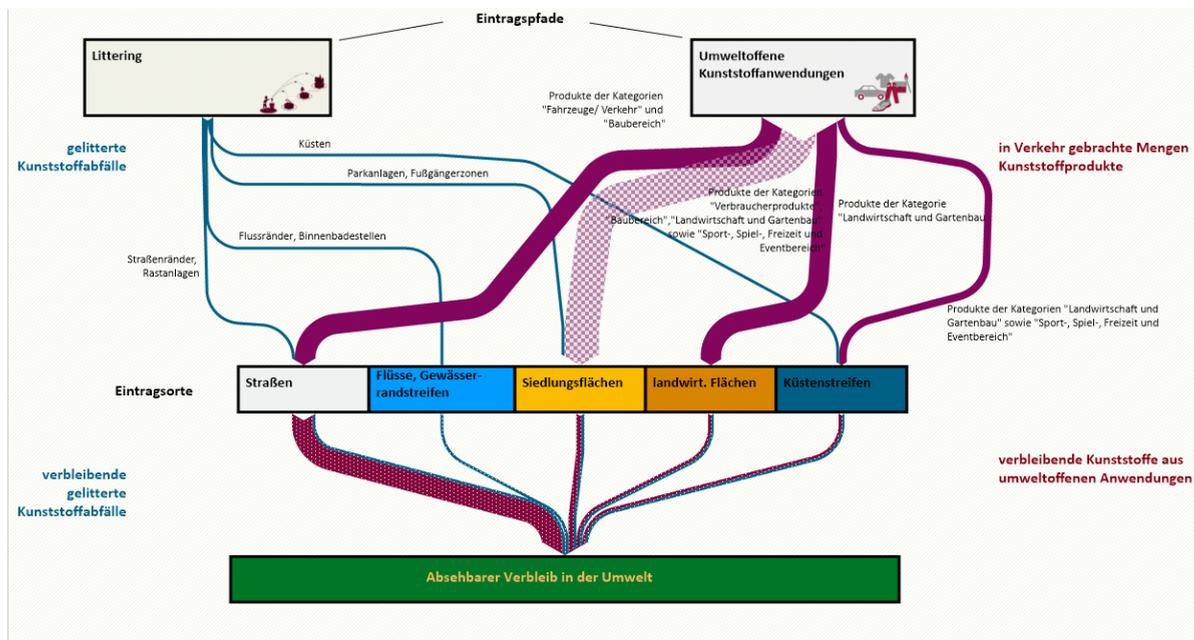
Tabelle 1: Die abgeschätzten jährlichen Eintragsmengen, dauerhaft in der Umwelt verbleibenden Kunststoffmengen für die 30 mengenrelevantesten Eintragsbereiche

Eintragspfad	Quelle / Eintragsbereich	Kunststoffeintrag [t/a]
Eintrag aus beabsichtigt in der Umwelt verwendeten („umweltoffen“ eingesetzten) Kunststoffprodukten und kunststoffhaltigen Produkten	Reifen, KFZ (Abrieb)	143.260 (129.000- 158.000)
	Rohre	25.410 (4.620-46.200)
	Geotextilien	3.500 (2.500-4.500)
	Schuhe (Abrieb)	2.400 (1.600-3.200)
	Pflanztöpfe	2.285 (415-4.150)
	Klärschlamm	2.250 (1.500 – 3.000)
	Komposte	2.230 (1.090 – 3.340)
	Düngemittel	2.025 (1.970-2.075)
	Granulat für Kunstrasenplätze	1.930 (1.545 – 2.315)
	Rasengitter	1.790 (325 – 3.250)

Eintragspfad	Quelle / Eintragsbereich	Kunststoffeintrag [t/a]
	Fahrbahnmarkierungen	1.760 (1.130-2.390)
	Agrarfolien/Erntefolien	1.650 (300-3.000)
	Fahrradreifen	1.095 (820-1.370)
	Entwässerungsrinnen (Regenrinnen)	895 (165 – 1.625)
	Zigarettenfilter / -kippen	890 (165 – 1.620)
	landwirtschaftliche Netze, Schläuche, Vliese	880 (160 – 1.600)
	Sickerblöcke	825 (150 – 1.500)
	Erntegarne	825 (150 – 1.500)
	Bautenfarben	700 (350 – 1.049)
	Palisaden	650 (325-975)
	Fußplatten (Bakenfüße)	500 (250-759)
	Spielgeräte/Spielzeug	500 (250-75)
	Kosmetika	490 (475-500)
	Silagefolie	460 (230-690)
	Teichfolien	460 (83-830)
	Kabelummantelungen	395 (200-590)
	Verbissschutz	275 (50-500)
	Drainage	230 (40-415)
	Baufolien	200 (100—300)
Eintrag aus dem Littering von Kunststoffabfällen	Achtlos weggeworfene („gelitterte“) Kunststoffe, sowie inklusive Abfälle der illegalen Entsorgung, verlorengegangene Produkte etc.	1.500 (650-13.100)

Die Mengenströme des Kunststoffeintrags sind zudem gegliedert nach den Eintragspfaden in folgender Abbildung visualisiert. Hier erfolgt weiterhin eine Zuordnung zu den Eintragsorten.

Abbildung 1: Zusammenfassung der Abschätzung der Kunststoffeinträge



Quelle: Ökopool, die Breite der Pfeile ist proportional zur entsprechenden Menge (t/a) dargestellt, wobei der schraffierte Pfeil „Umweltoffene Kunststoffanwendungen auf Siedlungsflächen“ aufgrund seiner Größe nicht maßstabsgetreu abgebildet werden kann.

Zusammenfassend lässt sich anhand dieser Datenbasis festhalten:

- ▶ Die Einträge aus der Vielzahl der umweltoffenen Kunststoffanwendungen dominieren das Gesamtbild. Neben dem Verkehrsbereich, welcher überwiegend vom Reifenabrieb bestimmt wird, stellt insbesondere der Baubereich einen mengenrelevanten Eintragsbereich dar.
- ▶ Reifenabrieb stellt die mengenmäßig größte (einzelne) Quelle für Kunststoffeinträge dar. Die Unsicherheiten (bzw. Unterschiede in den angenommenen Abriebfaktoren) betragen hier weniger als 30 %. Es besteht unter Fachexperten eine breite Einigkeit bzgl. der Mengenrelevanz dieser Quelle.
- ▶ Neben dem Abrieb aus der bestimmungsgemäßen Nutzung von Reifen stellt insbesondere die nicht vollständige Entnahme von Kunststoffprodukten nach der Nutzung den relevanten Eintragsmechanismus dar, der langfristig zu hohen Einträgen führt.
- ▶ Das Littering von zumeist kleineren Kunststoffgegenständen wie insbesondere Verpackungen ist ebenfalls eine relevante Quelle für Kunststoffeinträge in die Umwelt. In Bezug auf die Gesamteinträge handelt es sich dabei allerdings lediglich um eine, unter vielen vergleichbar bedeutsamen Quellen. Durch Reinigungsmaßnahmen erfolgt hier in vielen Bereichen eine Reduzierung des Verbleibs (bzw. der dauerhaften Umwelteinträge). Veränderungen in der Art und Intensität solcher Reinigungsmaßnahmen schlagen sich im erarbeiteten Modell in einer Änderung des erfassten Abfallanteils bzw. des Reinigungsschlupfes nieder. Zentrale Unsicherheiten und Fragen bestehen bezüglich
 - der Wirksamkeit bestehender Reinigungsmaßnahmen: Hier fehlen für die unterschiedlichen Flächennutzungen und Reinigungsmaßnahmen systematisch ermittelte Daten, die sowohl die Reinigungsmenge als auch den Reinigungsschlupf ausweisen und die sich auf den jeweiligen Kunststoffanteil dieser Mengen beziehen lassen. Der Einfluss getroffener Annahmen zu Schlupf und Kunststoffanteil wurde hier insbesondere am Beispiel Straßen veranschaulicht. Parametervariationen können die Ergebnisse der Abschätzungen um bis zu einem Faktor 10 beeinflussen.

- der Unterscheidung zwischen Littering (achtlos weggeworfene oder liegen liegende Abfälle) und nicht-Littering (Umwelteinträge aufgrund von illegaler Entsorgung, Unfällen, Transportverluste etc.): Da sich diese Differenzierung an den in der Umwelt vorgefundenen Kunststoffprodukten faktisch kaum feststellen lässt, wird durch diese Unterscheidung eine zusätzliche Unschärfe in den Gesamtergebnissen erzeugt, der nach gutachterlicher Einschätzung kein entsprechender Mehrwert bei den Ergebnisaussagen entgegensteht.

Ableitung von Handlungsempfehlungen

Aus den durchgeführten Arbeiten und den erreichten Ergebnissen ergeben sich auf zwei Ebenen Handlungsempfehlungen.

Zum einen haben die durchgeführten Recherchen sowie die Analysen von bislang verfügbaren Informationen zu Umwelteinträgen von Kunststoffen gezeigt, dass diese in vielen Bereichen ungenügend sind, um eine valide Basis für die Abschätzung der Eintragsmengen zu bieten. Hier besteht dringender Handlungsbedarf, um den Wissensstand zum Status quo aber auch in Hinblick auf die Beobachtungen zukünftiger Entwicklungen zu verbessern.

Zum anderen zeigen bereits die durchgeführten ersten Abschätzungen zum Kunststoffeintrag (und -verbleib) in die Umwelt recht deutlich Bereiche der umweltoffenen Nutzung von Kunststoffprodukten, die mit Blick auf zukünftige Minderungsbestrebungen relevant für entsprechende Maßnahmendiskussionen sind.

Es sind dies die Handlungsbereiche:

- ▶ Einträge aus der Straßennutzung: Reifen, Fahrbahnmarkierungen, Schuhe
- ▶ Einträge aus Bauwirtschaft und Landschaftsbau: Geotextilien, Rohre, Bautenfarben, Kunstrasenplätze, Rasengitter
- ▶ Einträge aus Klärschlamm und Komposten
- ▶ Einträge aus der Agrarwirtschaft; Folien etc.

Ergänzend sind der Bereich der Abwasserbehandlung aufgrund seiner Querschnittsfunktion sowie der Bereich der gelitterten Zigarettenfilter aufgrund seiner medialen Aufmerksamkeit und der anstehenden rechtlichen Verpflichtungen (erweiterte Herstellerverantwortung) im Rahmen der Einweg-Kunststoff-Richtlinie von entsprechender Bedeutung.

Im Rahmen des Vorhabens wurden die vorstehend skizzierten Handlungsbereiche in Hinblick auf bereits bestehende Maßnahmen und Ansätze für mögliche zukünftige (Minderungs-)Maßnahmen untersucht.

Abwasserbehandlung

Je nach Art und Ort der Kunststoffanwendung erfolgt ein möglicher Eintrag von Kunststoffen in unterschiedliche Umweltmedien mit jeweils variierendem weiteren Verbleib und Verhalten der Kunststoffpartikel.

Besonders relevant – und ungeklärt – ist die Frage nach dem weiteren Verbleib in den Fällen, in denen davon ausgegangen werden kann, dass die Kunststoffteilchen ganz oder teilweise im Abwasser (Schmutzwasser oder Niederschlagswasser) mit nachfolgender Abwasserbehandlung landen. In diesen Fällen ist der Abwasserpfad ein relevantes Transportmedium für die Kunststoffeinträge und der Abwasserbehandlung kommt eine wichtige Rolle bei der Minderung der Einträge in die Umwelt zu.

Erkenntnisse darüber, in welchen Outputs von Kläranlagen Kunststoffpartikel in welchen Mengen zu finden sind und welche Einträge in die Umwelt hieraus resultieren, sind bislang nur lückenhaft vorhanden. Diesbezüglich laufen aktuell mehrere Forschungsvorhaben im BMBF-Förderschwerpunkt „Plastik in der Umwelt“, die hier zu einer Verbesserung des Wissenstandes beitragen können.

Die Ergebnisse dieser Forschungsvorhaben sind systematisch auszuwerten und bei der Fortschreibung der Gesamtmodellierung zu berücksichtigen.

Straßennutzung

Im Bereich der Straßennutzung wurden Reifenabrieb, Fahrbahnmarkierungen und Schuhe näher betrachtet. Im Bereich der Reifen kann insbesondere eine zukünftige Anpassung der EG-Verordnungen Nr. 1222/2009 oder 661/2009 eine Möglichkeit zur Reduktion des Kunststoffeintrags darstellen. Zudem sind aus dem aktuell laufenden BMBF-Forschungsvorhaben „RAU – Reifenabrieb in die Umwelt“ wertvolle Erkenntnisse über Eintrag und Vermeidungsmöglichkeiten von Reifenabrieb zu erwarten.

Bezüglich der Fahrbahnmarkierungen bestehen aus Sicht der Gutachter aktuell keine konkreten sinnvollen Handlungsansätze. Zwar ließe sich die Art der eingesetzten Markierungen grundsätzlich über das öffentliche Ausschreibungswesen regeln, aber da echte (preislich vergleichbare) Alternativen fehlen, bleibt dies ein theoretischer Ansatz.

Im Bereich der Schuhe kann ein Handlungsansatz in verbindlichen Vorgaben zur Abriebfestigkeit bestehen. Entsprechende Vorgaben finden sich bislang z. B. im Bereich der Sicherheitsschuhe sowie in freiwilligen Umweltzeichen (im Blauen Engel und EU-Ecolabel).

Bauwirtschaft und Landschaftsbau

Gerade im Bereich von Tief- und Straßenbau aber auch im Hochbau werden in stetig zunehmendem Maß Kunststoffprodukte direkt in den Boden eingebaut. Es handelt sich zum einen um Kunststofffolien oder -gewebe, die als Dämm-, Dicht- oder Ausgleichsbahnen verwendet werden, zum anderen um eine breite Palette an Kunststoffformteilen wie z. B. Rohrleitungen, Abwasserrinnen, Kabelschächte u.ä. Auch Stützelemente für Geländestufen, Wegbefestigungen und anderes mehr wird mittlerweile zunehmend aus Kunststoffen gefertigt.

All diese Kunststofferzeugnisse sind für die langjährige Nutzung in Ihrem jeweiligen Einsatzbereich ausgelegt. In Hinblick auf Kunststoffeinträge in die Umwelt stellen sich dennoch durchgehend die drei zentralen Fragen:

- a) In welchem Maß ist bei unterschiedlichen Einbaubedingungen aus der bestimmungsgemäßen Nutzung mit Emissionen von Kunststoffpartikeln oder Bestandteilen in die umgebende Umwelt zu rechnen?
- b) In welchem Maß ist aufgrund von Beschädigungen aus der Nutzung, aber auch aus dem Einbau bzw. im Rahmen von Renovierungs-/Umbaumaßnahmen an den jeweiligen Bauwerken mit Kunststoffverlusten in die Umwelt zu rechnen?
- c) Bei welchem Anteil der ursprünglich verbauten Kunststoffprodukte ist damit zu rechnen, dass diese nach dem Ende ihrer Nutzung dauerhaft in der Umwelt verbleiben, da sie entweder insgesamt im Boden verbleiben oder es während des Rückbaus des Bauwerkes zu Beschädigungen kommt, die dazu führen dass mehr oder minder große Teile nicht aus dem Boden entfernt werden?

Mit Blick auf die Gesamtmengen sind insbesondere die Fragen b) und c) von Relevanz. Für diese Bereiche liegen allerdings bislang keinerlei systematisch verwendbaren Basisinformationen vor.

In Bezug auf Frage b) besteht systematisch die Herausforderung, dass es gerade für die hier in Frage stehenden fest eingebauten Kunststoffprodukte im Normalfall keine routinemäßigen Wartungs- und

Instandhaltungsroutinen o.ä. gibt, sodass Beschädigungen und damit Kunststoffeinträge, die nicht unmittelbar die Funktion des Gesamtbauwerkes in Frage stellen, üblicherweise nicht erkannt oder aber in Kauf genommen werden, ohne dass dies strukturiert erfasst wird.

Dies ist im Fall der Frage c) der Tatsache geschuldet, dass die vorgesehen Gesamtnutzungsdauer für einen Großteil der hier umweltoffen eingesetzten Kunststoffprodukte bislang (noch) nicht erreicht wurden und dass es selbst bei zwischenzeitlich erfolgtem Rückbau von Bauwerken mit entsprechenden Kunststoffkomponenten keinen Rückwärtsabgleich zwischen ursprünglich eingebauten und rückgebauten Kunststoffmengen gibt.

Aufgrund der hohen Mengenrelevanz dieses Eintragsbereiches erscheint es aus gutachterlicher Sicht unverzichtbar, im Bereich dieser Kunststoffprodukte konkrete Detailuntersuchungen zur derzeitigen Praxis der Bewirtschaftung und des Rückbaus der umweltoffen eingesetzten Kunststoffprodukte im Baubereich durchzuführen.

Klärschlamm und Kompost

Mögliche Handlungsansätze zur Verringerung der mit dem Klärschlamm ausgebrachten Kunststoffmengen sind eine Verringerung der in Kläranlagen eingetragenen Kunststoffmengen, eine Verringerung des Gehalts an Kunststoff im Klärschlamm sowie eine weitere Verringerung oder ein gänzlich Verbot der Klärschlammausbringung für landwirtschaftliche/landschaftsbauliche Zwecke. Ersteres wäre wünschenswert, würde aber Veränderungen in vielen anderen Bereichen erfordern. Eine Verringerung des Gehalts an Kunststoff im Klärschlamm wäre nur durch verbesserte Absiebung sinnvoll möglich. Um dies zu erreichen, könnte beispielsweise der gesetzliche Grenzwert für Klärschlamm, der landwirtschaftlich ausgebracht werden soll, verschärft und/oder auf Partikel unter 2 mm ausgedehnt werden. Da davon auszugehen ist, dass im Klärschlamm besonders viele sehr kleine Kunststoffpartikel enthalten sind (Reifenabrieb, Fasern etc.), ist fraglich, ob es technisch machbar ist, Kunststoffe in ausreichendem Maße zu entfernen. Dass eine weitere Verringerung oder ein gänzlich Verbot der Klärschlammausbringung in naher Zukunft rechtlich verbindlich beschlossen wird, ist eher unwahrscheinlich, da dies gerade erst für große Kläranlagen beschlossen wurde und jetzt umgesetzt werden muss. Darüber hinaus ist die Verbesserung der Datenlage ein wichtiger Handlungsansatz. Eine Reihe der laufenden Forschungsvorhaben im BMBF-Förderschwerpunkt „Plastik in der Umwelt“ widmen sich unter anderem diesem Thema.

Bei den Handlungsansätzen zur Verringerung des Kunststoffanteils im Kompost lassen sich zwei grundsätzliche Wege unterscheiden: zum einen die Reduzierung von Kunststoffen in den Inputs in die Kompostierungsanlagen (insb. Abfall aus Biotonne, Grüngut) und zum anderen das Reduzieren der Kunststoffgehalte in den Outputs (Produkt der Anlagen – Kompost) durch verbesserte Anlagentechnik, strengere Grenzwerte und/oder verschärften Vollzug. Auf der Input-Seite wäre es sinnvoll, auf Information der Verbraucherinnen und Verbraucher ausgerichtete Instrumente, wie die derzeit laufende „WirfürBio“-Kampagne auszubauen, wobei eine Evaluation der Effekte der Kampagne noch aussteht. Weitere mögliche Maßnahmen könnten eine verursachergerechte Gestaltung der Annahmepreise für Bioabfall sein sowie eine Anpassung der Normen DIN EN 13432 und DIN EN 14995, die Bedingungen für die Abbaubarkeit von Kunststoffen definiert, an die tatsächlichen Gegebenheiten in Kompostierungsanlagen.

Auf der Behandlungs- und Output-Seite bestünde die Möglichkeit, die gesetzlichen Grenzwerte zu verschärfen. Dafür hat sich im September 2018 auf Antrag einiger Länder der Bundesrat ausgesprochen. Die meisten Anlagen bleiben heute bereits deutlich unterhalb der Grenzwerte. Die Grenzwerte decken jedoch Partikel unter 2 mm nicht ab. Ob es technisch und wirtschaftlich machbar ist, bei der biologischen Behandlung Kunststoffe noch gründlicher (einschließlich noch kleinerer Partikel) zu entfernen, müsste im Detail mit Anlagenbetreibern und weiteren Expertinnen und Experten diskutiert werden. Des Weiteren könnten die Bioabfallverordnung und Düngemittelverkehrskontrolle in Bezug auf die

Einhaltung der Fremdstoffgrenzwerte verstärkt werden. Diese obliegt den Bundesländern und wird stichprobenartig durchgeführt, die Situation ist jedoch von Land zu Land verschieden. Ob die Düngemittelverkehrskontrolle in Bezug auf Kunststoffgehalte in Komposten ausreichend ist, kann nach aktueller Informationslage nicht beurteilt werden.

Darüber hinaus ist eine Verbesserung der Datenlage zu Kunststoffgehalten im Kompost sinnvoll, da die meisten Erhebungen und Studien nur Kunststoffpartikel über 2 mm erfassen und somit der Kunststoffanteil an kleineren Partikeln unbekannt ist.

Agrarwirtschaft

Der Bereich der Agrarfolien umfasst Folien zur Ernteverfrüfung sowie zur Futterkonservierung. Der Eintrag in die Umwelt erfolgt durch Verbleib im Boden ganzer Folien oder von kleineren Folienteilen, durch Verwehung sowie durch eine eventuelle nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung. Zentrale Herausforderung ist die Gewährleistung einer weitgehenden Entnahme und Zuführung zu entsprechenden Verwertungssystemen. Mit der Initiative ERDE der RIGK GmbH besteht bereits ein solches System. Die Initiative ERDE (Erntekunststoffe Recycling Deutschland) ist ein Rücknahmesystem für Agrarfolien, initiiert von der Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e. V. (IK). Finanziert wird das System von derzeit zehn teilnehmenden Herstellern von Agrarkunststoffen (RIGK 2018), um den Landwirten einen kostengünstigen Service für die Rücknahme der Folien zu bieten. Nutzer der Agrarfolien (Landwirte) können die gebrauchten Folien bei Sammelstellen abgeben oder abholen lassen.

Pflanztöpfe

Der Eintrag von Kunststoff durch Pflanztöpfe erfolgt durch Abtrennung (z. B. Abrieb) oder Absplittern kleiner Teilchen während der Nutzung oder vollständigen Verbleib in der Umwelt z. B. dadurch, dass die Töpfe im Außenbereich liegen gelassen und vom Wind verteilt werden. Der Eintrag von Kunststoff ließe sich ganz verhindern, wenn die Töpfe nicht aus Kunststoff, sondern aus unter den im Freiland gegebenen Bedingungen abbaubarem Material hergestellt wären. Derartige Töpfe aus biologisch abbaubaren und kompostierfähigen Materialien wie Stroh, Kork, Holzmehl und Maisstärke stehen auf dem Markt zur Verfügung.

Für im Handel für die private Nutzung angebotenen Pflanzen ist eine solche Lösung allerdings nur sehr begrenzt zielführend. Es wird derzeit nach geeigneten und bezahlbaren Alternativen gesucht. Eine weitere Möglichkeit, um den Eintrag zu verringern oder weniger wahrscheinlich zu machen, ist es, Verbraucherinnen und Verbrauchern Anreize zu bieten, die Töpfe intakt wieder einzusammeln und zurückzugeben (z. B. über Pfandsysteme).

Zigaretten

Im Bereich der Vermeidung des Litterings und Verbleibs von Zigarettenkippen in der Umwelt lassen sich diverse Handlungsansätze identifizieren, die sich wie folgt zusammenfassen lassen:

- ▶ eine gezielte Aufklärung über die negativen Umweltfolgen des Litterings,
- ▶ strukturierte Handlungshilfen für Kommunen,
- ▶ die Adressierung des Themas im Rahmen von übergeordneten „Anti-Littering-Kampagnen“,
- ▶ die Bereitstellung von „mobilen“ Aschenbechern (kostenlos oder gegen Entgelt) sowie
- ▶ die ordnungsrechtliche Ahndung des Litterings.

In Deutschland finden solche Aktivitäten bislang lediglich vereinzelt statt. Für eine mögliche Auswahl und (Weiter-)Entwicklung von wirksamen und gleichermaßen effizienten Handlungsempfehlungen für Deutschland wäre es aus Sicht der Gutachter sinnvoll zu prüfen, welche der identifizierten Handlungsansätze konkret zu einer Reduktion der gelitterten Menge von Zigarettenkippen geführt haben. Hierfür wäre zu prüfen, ob in ausgewählten Kommunen, die aktiv Maßnahmen gegen Littering umsetzen,

Daten darüber erhoben werden, wie groß die Wirkung der umgesetzten Maßnahmen ist. Grundsätzlich wäre entlang des weiteren Legislativprozesses der EU-Kunststoffrichtlinie² zu prüfen, um welche Arten von „Sensibilisierungsmaßnahmen“ es sich bei dem Vorschlag der EU-Kommission konkret handeln könnte und wie das vorgeschlagene neue mögliche Instrumentarium der erweiterten Herstellerverantwortung konkret ausgestaltet werden könnte.

Systematische Weiterentwicklung der Gesamtmodellierung

Im Rahmen des durchgeführten ReFoPlan-Vorhabens wurde erstmalig ein Gesamtmodell für alle Bereiche des Kunststoffeintrages in die Umwelt in Deutschland erarbeitet. Angesichts der skizzierten Problematik der Datengrundlagen konnten für einige Bereiche bislang nur erste Abschätzungen mit entsprechend hohen Unsicherheiten vorgenommen werden. Dennoch erlaubt diese Modellierung eine erste rationale Ableitung der Gesamtrelevanz der Thematik der Einträge und des Verbleibs von Kunststoffen in die Umwelt.

Damit eröffnet sich nach Wahrnehmung der Autoren sowie der am Abschlussfachgespräch im Juni 2019 beteiligten Vertreter der Kunststoffbranche, der Umweltverwaltung und der Fachwissenschaft die Perspektive einer stärkeren Faktenbasierung der bislang z. T. recht kontroversen und emotional geführten Diskussionen zur Thematik.

Um dieser Funktion zukünftig gerecht werden zu können, bedarf es nach Einschätzung der benannten Akteure allerdings einer konsequenten Fortschreibung des Gesamtmodells, bei der bestehende Unsicherheiten und verbliebene Datenlücken gezielt minimiert werden.

Hierfür ist relevant, dass die in der erarbeiteten Modellierung angelegte strukturierte Darstellung aller Eintragsbereiche es jederzeit erlaubt, die derzeit verwendeten (Abschätz-)Werte durch aktualisierte und/oder besser unterlegte Detaildaten zu überschreiben. Damit wäre es ermöglicht, zukünftig in einem transparenten und ggf. auch arbeitsteiligen Prozess die Datenbasis zu verbessern und fortzuschreiben.

Der im Vorhabenverlauf durchgeführte Abgleich mit anderen parallel erarbeiteten Teil-Modellen zu Umwelteinträgen von Kunststoffen und die mit den beteiligten Akteuren geführten Diskussionen zeigen allerdings auch, dass es wichtig ist im Kontext mit einer Fortschreibung und Weiterentwicklung eines Gesamt-Modells, die Zielstellung, d. h. die erwarteten Antworten, erneut zu überprüfen.

Grundlegend können mit einer Modellierung sowohl

- ▶ **Vorsorgeorientierung**
durch die Schaffung einer systematischen Faktenlage als rationale Basis für gezieltes Handeln bei neu identifizierten Risiken und vorsorgende Minderungsstrategien als auch
- ▶ **Risikomanagement/-minderung**
durch die (fokussierte) Verfolgung aus konkreten Risikoerwägungen abgeleiteter Beeinträchtigung der Umweltqualität in definierten Umweltkompartimenten

unterlegt werden. Es stellen sich aber Fragen in Bezug auf die Art der Aufbereitung der Informationen, also u. a.:

- ▶ **Eintragsmenge in die Umwelt und/oder Verbleibsmenge in der Umwelt?**
=> leitet zur Frage: Sind z. B. versiegelte (urbane) Flächen Teil der „Umwelt“?

² Richtlinie (EU) 2019/904 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt.

- ▶ Akkumulierter Bestand und/oder jährlicher (Eintrags-/Verbleibs) Zuwachs?
=> leitet zur Frage: Betrachtungshorizont (Verbleib nach x Jahren ...)?
- ▶ Menge an Makro und/oder Mikro-Kunststoffen?
=> Ist verknüpft mit der Frage des Zeithorizontes und damit der Bildung „sekundärer“ Mikro-Kunststoffe.
- ▶ Bilanzierung am Ort des Eintrages und/oder des Verbleibs?
=> Die aus Vorsorge- und Risikoerwägungen relevanten Fragen des (dauerhaften) Verbleibs machen die Integration von Transport- und Abbaumodellen notwendig.
- ▶ Bilanzierung der Grundpolymere und/oder auch der Mengen an Zusatzstoffen zur Additivierung/Funktionalisierung?
=> Erfordert weitergehende Kenntnisse/Informationen zu stofflicher Zusammensetzung verschiedener Produktgruppen.

Mit Blick auf diese Fragestellungen, die in Teilbereichen einer vermutlich durchaus längeren fachlichen Diskussion und Abstimmung bedürfen, schlagen die Autoren das folgende, gestufte weitere Vorgehen für die Weiterentwicklung der Gesamtmodellierung vor.

Schritt 1: Fortschreibung des bestehenden Gesamt-Modells als einheitliches Eintragsmodells auf der Basis von verwendeten Produktmengen.

Dabei sollten

- ▶ ergebnisbezogene Datenbezüge (also die derzeit verwendeten vorgefundenen Littering-Mengen) zugunsten eines einheitlichen Bezuges auf Verwendungsmengen aufgegeben werden und
- ▶ eine gezielte Einladung an die Marktakteure zur Mitwirkung an der Verbesserung der Datenbasis erfolgen. Im Fokus stehen dabei diejenigen Marktakteure, die (möglicherweise) relevante Produkte auf den Markt bringen.

Schritt 2: Entwicklung und Integration von Transport- und Abbaumodellen für in die Umwelt eingetragene Kunststoffe.

Dabei

- ▶ sind derartige Modelle systematisch an die verschiedenen Eintrags- und Verbleibsorte anzupassen.
- ▶ wird ein gezielter Transfer aktueller Forschungsarbeiten und -ergebnisse notwendig werden

Schritt 3: Transparente Durchführung von Risikobewertungen und Ableitung von Risikomanagementmaßnahmen für die identifizierten Verbleibsmengen.

Dies

- ▶ erfordert die Zusammenführung der Mengeninformatoren mit aktuellen Erkenntnissen zur (Umwelt- und Gesundheitsbezogenen) Wirkung von (Mikro-)Kunststoffen in den verschiedenen Umweltkompartimenten.
- ▶ ermöglicht eine gezielte Überprüfung bereits (aus Vorsorgeerwägungen) ergriffener Maßnahmen zum Risikomanagement und ihrer Anpassung/Fortschreibung.

Summary

Plastics are used in a variety of applications. From many of these applications as well as from improperly disposed plastic waste, plastic entries into the environment may result.

While, recently, the input of plastics into the environment has received broad attention and has been a widely discussed topic for some time now, the actual state of knowledge on the subject is, so far, fragmentary. Only few estimations quantifying plastic entries from different sources are available to date. Against this background, it was the goal of this study to obtain a first structured estimation of the quantitative entries of plastics from different sources into the environment for Germany. In this regard, littered plastics (plastic items thrown away or left behind in places not intended or designated for such a purpose) as well as the sector of plastic products used in the environment were considered. From the plastic products used in the environment, plastic inputs can result both during the usage and after the end of use span.

Many of the plastics entering the environment through different pathways are removed by cleaning and removal measures.

The project particularly aims at estimating the share of plastic entries which remain in the environment after such measures.

Methodical approach

The scope of this study is the environment in Germany. The approach differentiates between two basic emission pathways:

- ▶ Emission from littering of plastic waste
- ▶ Emissions from plastic products and plastic containing products intended to be used in the environment.

For both pathways, models were built, allowing an estimation of the plastics remaining in the environment based on available information and expert assumptions.

The modelling of the pathway from littering is based on information on the plastics found in the environment. Here the main sinks have been differentiated according to their use (roads, service stations, parking lots, pedestrian zones, coasts, river sides and inland swimming areas).

For the pathway of plastic products and plastic containing products intended to be used in the environment, the modelling is based on the quantities placed on the market (POM) for 63 product groups and assumptions on the share remaining in the environment after the end of the use-phase.

From plastic products used in the environment, emissions often occur over a long time span (up to multiple decades) and also the permanent remain of entire products or product parts in the environment partly occurs only after long-time usage. In the developed model these emissions occurring in the future are counted “back” to the period of “the placing on market”. For an even more exact depiction of the yearly emissions, time series analyses of the POM as well as the variance of the respective usage lengths over time would have to be considered in the modelling. For both aspects, so far no consistent databases are available.

The calculation results of both emission pathways were brought together and structured according to the following sites:

- ▶ Streets
- ▶ Rivers and river sides
- ▶ Settlement areas
- ▶ Agricultural areas

► Coastlines

Thus, for each of these sites/ land use types a quantification of plastic emissions can be found in the results.

Parallel to this project commissioned by the German Environment Agency (Umweltbundesamt), a quantification of the plastic emissions into the environment in Germany has been subject to two other recent studies:

- Bertling, Jürgen; Hamann, Leandra; Bertling, Ralf (2018): Kunststoffe in der Umwelt. Unter Mitarbeit von Tatiana Bladier, Rodion Kopitzky, Daniel Maga, Nils Thonemann und Torsten Weber. Fraunhofer Umsicht. Oberhausen.
- Conversio (2018): Vom Land ins Meer - Modell zur Erfassung landbasierter Kunststoffabfälle. Unter Mitarbeit von Christoph Lindner und Thomas Jäger. Hg. v. Conversio und BKV. Frankfurt.

Considering the high environmental and political relevance of the subject, a systematic cross check with these other two studies has been performed. This check was done based on the published reports and documentation of the above-mentioned parallel studies with the present preliminary results of this project as well as in intensive expert discussions between the involved authors. For this purpose, a workshop between the authors of Fraunhofer Umsicht, Conversio and Ökopol was held in September 2018 in Hamburg.

Here, fundamental differences became apparent regarding the subject in question (from primary microplastics to secondary microplastics to large plastic products), the emission pathways considered (from careless littering to inevitable emissions from usage to tolerated remain in the environment) as well as the sinks in question (from the focus on the final emission into the sea to the entire environment of Germany). The knowledge about these differences is very important in order to interpret the respective conclusions and statements of the studies correctly. For this reason the present report includes a systematic comparison of central assumptions and limits of the three studies.

The three studies consistently show that all data and findings available to this date do not suffice to build a continuously valid framework for the quantitative plastic emissions into the environment. The current results are therefore based to a relevant extent on extrapolations of single data points as well as expert assumptions, which from a scientific point of view, leads to high uncertainties of the results.

Regardless of the systematic differences and the challenges concerning missing data, the differentiated analysis of the results of all three studies showed in many cases high accordance in the magnitude of emissions from different sources.

In those cases where relevant differences in the calculated emissions between the parallel studies and the preliminary results of this project were identified, the calculations, underlying data and assumptions made were examined in more detail. As far as viable these aspects were considered in the sensitivity analysis of the results presented in this report.

Results: Plastic emissions into the environment

The plastic waste identified in the project, which is introduced by littering into the various types of land use (roads, rest areas, parks, pedestrian zones, coasts, river sides and inland swimming areas) and remains permanently in the environment, amounts to 650 to 2,500 t/a. Without differentiation between littering and non-littering waste (i.e. waste from illegal deposition) this amount increases up to 3,750 t/a. If the assumptions are adjusted in consideration of the other current studies, the mass increases to about 13,100 t/a. This exemplifies the existing data uncertainties because of the lack of systematic statistical data regarding littered waste which is suited for extrapolation.

From plastic applications, plastic emissions amount from 150,540 t/a to 235,045 t/a. Of these, 132,790 t/a to 165,440 t/a originate from the transport sector with tyre abrasion as main source. Next to this the building sector (8,875 – 60,425 t/a) and the agricultural and horticultural sector (6,200 – 21,500 t/a) relevantly contribute to the total emissions. Here again the result ranges show considerable uncertainties. In addition to uncertainties in the distinction between the quantities of products used in an environmentally open manner and the total quantities placed on the market in many product areas, uncertainties exist in particular in the area of assumptions about the proportions of products used in an environmentally open manner that will remain in the environment in the long term even after the end of use.

With regard to the outlined uncertainties, the most relevant emissions of plastics remaining in the environment are summarized in the following table.

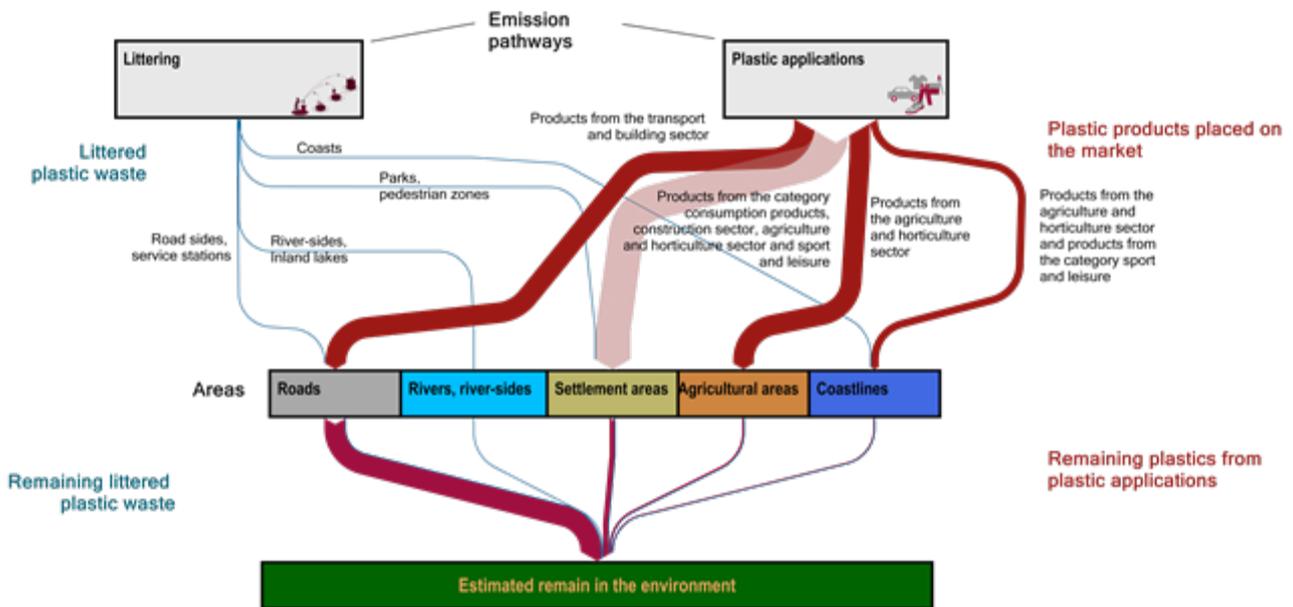
Table 1: The estimated yearly emissions of plastics permanently remaining in the environment for the 30 most mass-relevant emission sectors

Emission pathway	Source / Emission sector	Plastic emission [t/a]
Emission from intended use of plastic products or plastic containing products	Tyres, motor vehicle (abrasion)	143,260 (129,000-158,000)
	Pipes	25,410 (4,620-46,200)
	Geotextiles	3,500 (2,500-4,500)
	Shoes (abrasion)	2,400 (1,600-3,200)
	Planting pots	2,285 (415-4,150)
	Sewage sludge	2,250 (1,500 – 3,000)
	Compost	2,230 (1,090 – 3,340)
	Fertilizers	2,025 (1,970-2,075)
	Granulate for artificial pitches	1,930 (1,545 – 2,315)
	Grass paver	1,790 (325 – 3,250)
	Road markings	1,760 (1,130-2,390)
	Agricultural foils	1,650 (300-3,000)
	Bicycle tyres	1,095 (820-1,370)
	Drainage channel (rain channel)	895 (165 – 1,625)
	Cigarette filters (butts)	890 (165 – 1,620)
	Agricultural nets, tubes, fleeces	880 (160 – 1,600)
	Seepage blocs	825 (150 – 1,500)
	Baler twines	825 (150 – 1,500)
	Construction paints	700 (350 – 1,049)
	Palisades	650 (325-975)
	Base plates	500 (250-759)
	Toys / play equipment	500 (250-75)
	Cosmetics	490 (475-500)
	Silage films	460 (230-690)
	Pond liners	460 (83-830)
	Cable coatings	395 (200-590)

Emission pathway	Source / Emission sector	Plastic emission [t/a]
Emissions from littering of plastic products	Browsing protection	275 (50-500)
	Drainage	230 (40-415)
	Construction foil	200 (100—300)
	Carelessly disposed of (“littered”) plastics including waste from illegal disposal, lost products, etc,	1,500 (650-13,100)

The mass flows of plastic emissions are furthermore depicted in the following graph structured by emission pathways. Here also an allocation to the emission site is made.

Figure 1: Plastic emissions to the environment - Summary of estimations



In conclusion based on this data basis the following observations can be made:

- ▶ The emissions from various plastic applications dominate the overall picture. Next to the transport sector, which is dominated by tyre abrasion, particularly the construction sector is a relevant source for plastic emissions.
- ▶ Tyre abrasion represents the quantitatively largest (single) source for plastic emission. The uncertainties (or differences in the assumed abrasion factors) are below 30 %. There is strong consensus among experts on the quantitative relevance of this source.
- ▶ Next to the abrasion from the intended use of tyres, the source contributing the most to emissions remaining in the environment is the incomplete removal of plastic products after their use.
- ▶ Littering of mostly small plastic objects such as packaging is also a relevant source of plastic emissions into the environment. Regarding the total emissions, however, this source is one amongst many similarly important sources. In many areas, cleaning measures can reduce the permanent presence in the environment. Changes in the nature and intensity of such cleaning measures are reflected in the developed model as a change of the captured share of waste or rather as slippage. Main uncertainties and questions exist regarding:

- The effectiveness of the existing cleaning measurements: Systematic data regarding cleaning measures, accounting for amounts with regard to different land use types, efficacy / slippage are missing here. The influence of the assumptions made on slip and plastic proportion has been depicted using the example of littering along roads. Parameter variations in line with the assumptions made in other studies can influence the results of the estimations by up to a factor of 10.
- The differentiation between littering and non-littering: because this distinction cannot be made for the plastic products found in the environment, this differentiation brings an additional uncertainty into the total estimations, which according to expert's valuation is not countered by an added value regarding the conclusions.

Derivation of recommended actions

Based on the results of the modelling of the plastic emissions into the environment, recommendations for actions can be derived on two levels.

Firstly, the research as well as the analysis of the currently available data on plastic emissions into the environment showed that in many areas the data availability is insufficient. Here, need for action exists to improve the knowledge on the status quo and also improve the analysis of future developments.

Secondly, the estimations on plastic emissions already show quite clearly which sectors of emission are relevant with regard to future mitigation measurements.

These are:

- ▶ Emissions from sewage sludge and composts
- ▶ Emissions from roads: tyres, road markings, shoes
- ▶ Emissions from agriculture and horticulture: geotextiles, pipes, architectural paints, artificial grass, grass paver
- ▶ Emissions from the agricultural industry; foils etc.

Additionally the sector of waste water treatment is of importance because of its cross divisional function and the area of littered cigarette filters because of its attention in the media.

In the course of the project, these sectors were looked at in more detail with regard to existing mitigation measurements and approaches for future action.

Waste water treatment

Emissions of plastic parts and particles into waste water (sewage water and rainwater) are to be expected from various plastic applications. Findings on the quantity of plastic emissions in the different output streams and the resulting plastic emissions into the environment are only sparsely available. Multiple research projects with the focus on "plastics in the environment" are currently underway which could improve the state of knowledge. The results of these research projects should be systematically evaluated and taken into account when updating the overall emission model.

Emissions from roads

In the sector of road use, a closer look has been taken at tyre abrasion, road markings and shoe abrasions. For tyres a prospective adjustment of the regulation (EC) No 1222/2009 or 661/2009 may be an option for the reduction of the plastic emissions. Additionally, from the current research project "RAU - tyre abrasions into the environment" valuable findings on the emission and mitigation possibilities of tyre abrasions can be expected.

With regard to road markings the expert are of the opinion that there are currently no concise and reasonable approaches to action. In principle the kind of used road markings could be regulated via the

public invitation for tender, however regarding the missing alternatives this remains a theoretical approach.

In the area of shoe abrasions an approach could be to make binding standards on abrasion resistance. Corresponding standards are to date available for the area of safety footwear and in voluntary eco labels (Blue Angel and EU-Ecolabel).

Construction and landscaping

Especially in the sector of civil engineering and road construction but also in buildings plastic products are increasingly being installed directly in the ground. These products are on the one hand plastic foils or plastic textiles which are being used as insulation, sealing or compensating membranes and on the other hand a broad variety of moulded plastic parts such as pipes, wastewater channels and cable ducts. Also supporting elements for terrain levels, road attachments and more are by now increasingly made out of plastic.

All of these plastic products are designed for long term use in their respective area of application. However, with regard to plastic emissions into the environment three main questions arise:

1. To which extent can emissions of plastic particles or parts be expected from the different conditions of installation and from the intended use?
2. To which extent can emissions of plastic be expected due to either damage from the use phase or from the installation or in the course of renovation and reconstruction measures?
3. Which share of the initially installed plastic products can be expected to remain in the environment permanently after their use phase, either because they remain entirely in the ground or because they are damaged during the dismantling of the building and remain partly in the ground?

Regarding to the total quantities especially questions 1 and 2 are relevant. For these sectors however, to date no systematically suitable basic information is available.

With respect to question 2 the challenge is the lack of routine maintenance for the plastic parts in question. Therefore damages of plastic parts and plastic emissions related to those are usually not detected or are accepted as long as they do not compromise the function of the building and are usually not recorded in a structured manner.

With respect to question 3 this is due to the fact that the intended overall usage time is not yet reached for the majority of the plastic products and that even if the plastic parts are removed during dismantling, no comparison is made of the initially installed parts and those plastic parts removed during dismantling of the building.

Because of the high quantitative relevance of this emission sector, in the experts' opinion it is indispensable to carry out detailed investigations on the current state of management and dismantling of plastic products used in an environmentally open manner in the building sector.

Sewage sludge and compost

Possible mitigation measures for the plastic quantities emitted with the sewage sludge output are either a reduction of the plastic quantities introduced into the waste water treatment plant (WWTP) or a reduction of the plastic content of the sewage sludge or a further reduction/total ban of the application of sewage sludge on land for agricultural purposes. The first measure would be desirable, however it requires changes in many other areas. A reduction of the plastic content in sewage sludge would only be feasible through an improved screening. To achieve this, either the legal threshold for sewage sludge intended for agricultural application could be strengthened or extended to particles smaller than 2 mm. It is however questionable whether it is possible to technically remove plastics from

sludge to a sufficient degree, as the plastic particles in the sludge can be expected to be particularly small (from tyre abrasion, plastic fibres etc.). A further reduction or total ban of sewage sludge application on agricultural land is rather unlikely, as this regulation has only just been adopted for large WWTPs and has to be implemented now. Furthermore, an improvement of the data base is an important measure for action. A number of currently ongoing research projects are devoted to this topic.

Two fundamental mitigation measures can be distinguished for the reduction of plastic contents in composts: firstly the reduction of plastic contents in the input into composting facilities (in particular waste from the organic waste bin and garden waste), secondly the reduction of plastic contents in the output product (compost) through improved technology, stricter thresholds or enforcement. On the input side it would be useful to expand and develop consumer information tools, whereby an evaluation of the effectiveness of such campaigns is still pending. Further possible measures could be a polluter-pays pricing for biological waste as well as an adaptation of the standards EN 13432 and EN 14995, which define conditions for the degradability of plastics, to the actual conditions in composting plants.

On the side of the treatment and outputs a possible measure could be to tighten the legal thresholds. In September 2018, at the request of a number of federal states, the Federal Council expressed its support for this. Today, most of the facilities are already significantly below the thresholds, however the thresholds do not cover particles smaller than the size of 2 mm. Whether it is technically and economically feasible to remove plastics more thoroughly (including smaller particles) during the biological treatment has to be clarified in detail with the composting plant operators and further experts. Moreover, the German bio waste ordinance as well as quality monitoring of fertilizers could be strengthened with regard to the foreign substance thresholds. This monitoring is the responsibility of the federal states and is done randomly, the situation however differs from state to state. Whether the monitoring with regard to plastic contents in composts is sufficient cannot be evaluated with the current information available.

On top of this, the improvement of the data base on plastic contents in compost is reasonable because most surveys and studies only record plastic particles larger than 2 mm thus the content of smaller particles remains unknown.

Agricultural industry

The range of agricultural films includes films intended for earlier harvesting and for fodder preservation. The emission into the environment results from remainders of entire foils or smaller foil parts in the soil due to drift or incomplete removal after usage. The main challenge is to guarantee a wide removal and recycling of the films. With the initiative ERDE of the RIGK GmbH such a collection and recycling and system already exists. The initiative ERDE (Erntekunststoffe Recycling Deutschland) is a collection system for agricultural films, initiated by the Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e. V (IK) . The system is currently financed by ten participating producers of agricultural plastics (RIGK 2018) in order to offer farmers a cost-effective service for collection of the films. Users of agricultural films (farmers) can bring the used films to collection points or have them collected.

Planting pots

The emission of plastic from planting pots stems from abrasion or chipping off of small plastic parts during the use or from remainders of the product in the environment i.e. by leaving the pots outside and blowing them away with the wind. The emission of plastic from this source could be entirely avoided if the pots were not made of plastic but of material that is degradable under given conditions. Such pots made of biologically degradable and compostable materials like straw, cork, sawdust and corn starch are available on the market.

The feasibility of this solution is however limited for plants offered for private use in retail markets. Suited and affordable alternatives are currently searched for. Another possible measure to reduce the emission is to give incentives to the consumers to collect the pots and return them (i.e. via a deposit system).

Cigarettes

For the avoidance of littering and remain of cigarette butts in the environment several measurements can be identified:

- ▶ Targeted information about the negative impacts on the environment of litter,
- ▶ Structured guidance for municipalities,
- ▶ Addressing the issue in “anti-litter campaigns”,
- ▶ Provision of “mobile” ashtrays (either free of charge or against payment) and
- ▶ Punishment of littering through regulations.

In Germany, such activities have so far taken place only rarely. In the experts opinion it should be assessed which of the identified mitigation measures lead to a reduction of littered cigarettes to further develop effective and equally efficient action measurements for Germany. For this purpose it should be determined whether data on the impact of these measures are collected in selected municipalities that have implemented measures against littering. In principle, it should be examined along the further legislative process of the EU-plastic strategy which kind of awareness raising measures specifically are intended in the proposal of the EU commission and how the proposed new instrument of extended producer responsibility could be designed in concrete terms.

Systematic further development of the overall modelling

As part of the project, an overall model was developed for the first time for all areas of plastic discharge into the environment in Germany. In view of the problems with the data bases outlined above, only initial estimates with correspondingly high uncertainties could be made for some areas. Nevertheless, this modelling allows a first rational derivation of the overall relevance of the topic of entries and the fate of plastic in the environment.

According to the authors, however, the representatives of the plastics industry, environmental administration and specialist science involved in the final expert discussion in June 2019 see this as opening up the perspective of a stronger fact-based debate on the topic, which has so far been quite controversial and emotional.

In order to be able to fulfil this function in the future, however, in the opinion of the named actors, a consistent updating of the overall model is required, in which the existing uncertainties and remaining data gaps must be specifically minimised.

For this it is relevant that the structured representation of all entry areas created in the developed modelling allows to overwrite the currently used (estimated) values with updated and/or better substantiated detailed data at any time. This would make it possible in future to improve and update the database in a transparent and, if necessary, also work-sharing process.

The comparison with other partial models on environmental inputs of plastics developed in parallel carried out in the course of the project and the discussions conducted with the actors involved also showed, however, that it is important in the context of updating and further developing an overall model to re-examine the objective, i.e. the expected answers.

Basically, with a modelling both

- ▶ precautionary orientation
by creating a systematic factual situation as a rational basis for targeted action in the case of newly identified risks and precautionary reduction strategies and
- ▶ risk management/reduction
through the (focused) pursuit of environmental quality impairments derived from concrete risk considerations in defined environmental compartments

may be under laid. However, there are questions regarding the type of preparation of the information, i.e., among other things:

- ▶ Input quantity into the environment and/or quantity remaining in the environment?
=> Leads to the question: are e.g. sealed (urban) areas part of the "environment"?
- ▶ Accumulated stock and/or annual (entry/remaining) increase?
=> Leads to the question: Period of observation (whereabouts after x years ...)?
- ▶ Amount of macro and/or micro plastics
=> Is linked to the question of the time horizon and thus the formation of "secondary" micro-plastics.
- ▶ Accounting at the place of entry and/or whereabouts?
=> The questions of (permanent) retention relevant for precautionary and risk considerations make the integration of transport and degradation models necessary.
- ▶ Balancing of the basic polymer quantities and/or also the quantities of additives/functionalisation substances
=> Requires further knowledge/information on the material composition of different product groups

In view of these questions, which in some areas will presumably require longer discussion and coordination, the authors propose the following staged further procedure for the further development of the overall modelling.

Step 1: Update of the existing overall model as a uniform entry model on the basis of the product quantities used.

In this context

- ▶ result-related data references (i.e. the litter quantities currently found) are abandoned in favour of a uniform reference to usage quantities.
- ▶ a targeted invitation to the market players to participate in the improvement of the data base is issued. The focus is on those market players who (possibly) bring relevant products into use.

Step 2: Development and integration of transport and degradation models for plastics released into the environment.

Here

- ▶ such models have to be adapted systematically to the different entry pathways of plastic into the environment and the compartments where they are transported to.
- ▶ a targeted transfer of current research work and results will become necessary.

Step 3: Transparent performance of risk assessments and derivation of risk management measures for the identified environmental fate quantities.

This

- ▶ requires the combination of information on quantities with current findings on the (environmental and health-related) effects of (micro-)plastics in the various environmental compartments
- ▶ enables a targeted review of measures already taken (for precautionary reasons) with regard to risk management and their adjustment/update.

1 Ziel und Inhalt des Vorhabens

Der Eintrag und Verbleib von Kunststoffen in die Umwelt ist seit einigen Jahren ein viel beachtetes und viel diskutiertes Thema sowohl auf der Ebene der Öffentlichkeit als auch in den wissenschaftlichen Fachdiskussionen, zunehmend aber auch in politischen Gremien. Besonders im Fokus der Aufmerksamkeit steht dabei das sogenannte „marine littering“, also der Eintrag von Kunststoffabfällen in die Meere. Faktisch sind allerdings auch andere Umweltmedien, wie Binnengewässer oder Böden und weitere Naturräume wie Wiesen, Wälder und Ackerflächen, aber auch städtische Bereiche von dieser Problematik betroffen.

Für einzelne Flächen und Umweltmedien gibt es, basierend auf gezielten Untersuchungen (Monitoring, Sammlungen, Analysen etc.), bereits Erkenntnisse über Mengen an Kunststoffen, die hier vorgefunden werden. Es fehlte bislang aber eine Gesamtabschätzung der Einträge von Kunststoffen in die Umwelt. Eine derartige Gesamtabschätzung wäre aber sehr hilfreich zur Unterstützung rationaler Schwerpunktsetzungen bei der wissenschaftlich-politischen Diskussion um Minderungsstrategien und Handlungsansätze.

Vor diesem Hintergrund war es Ziel dieses Vorhabens, einen ersten Überblick über den quantitativen Eintrag von Kunststoffen in die Umwelt zu erhalten. Dabei wurden sowohl der Bereich der achtlos weggeworfenen oder liegen gelassenen Kunststoffabfälle („Littering“) als auch das Feld der Kunststoffprodukte, die umweltoffen eingesetzt werden und aus denen Einträge in Form von Kunststoffpartikeln in die Umwelt hervorgehen können, betrachtet. Viele der Kunststoffabfälle werden im Zuge von Reinigungs- und Rückbaumaßnahmen wieder aus der Umwelt entfernt. Dieses Projekt zielte konkret auf die Abschätzung derjenigen Masse an Kunststoffen ab, die über diese verschiedenen Wege in die Umwelt gelangen und letztlich auch dort verbleiben.

2 Aufbau und Struktur des Berichts

Der Bericht lässt sich in vier Teile untergliedern, die wiederum auf mehrere Kapitel aufgeteilt sind: Einführung, Analyse und Modellbildung, Auswertung und Zusammenführung sowie die Ableitung von Handlungsempfehlungen. Diese Struktur des Berichts ist in folgender Tabelle zusammengefasst. Ergänzend ist hier die federführende Bearbeitung den beteiligten Institutionen zugeordnet.

Tabelle 2: Übersicht über die Berichtsstruktur

Berichtsteil	Kapitel	Federführende Bearbeitung
Einführung	Kapitel 1: Ziel und Inhalt des Vorhabens Kapitel 2: Aufbau und Struktur des Berichts Kapitel 3: Herangehensweise	Ökopol
Analyse und Modellbildung	Kapitel 4: Kunststoffeinträge durch Littering Kapitel 5: Kunststoffeinträge in Folge umweltoffener Kunststoffanwendungen	Intecus Consultic
Auswertung und Zusammenführung	Kapitel 6: Studienvergleich Kapitel 7: Zusammenführung der Erkenntnisse	Ökopol
Ableitung von Handlungsempfehlungen	Kapitel 8: Nähere Betrachtung und Ableitung von Handlungsempfehlungen für ausgewählte Produktgruppen	Ökopol

3 Herangehensweise

Auf Basis der jährlich gelitterten Kunststoffabfälle sowie der in Verkehr gebrachten Menge an Kunststoffprodukten, die für eine umweltoffene Anwendung gedacht sind, erfolgt in dieser Studie eine Abschätzung der Kunststoffmengen, die auch nach Reinigungs- und Rückbaumaßnahmen in der Umwelt verbleiben. Der Betrachtungsraum ist Deutschland. Die Herangehensweise im Projekt unterscheidet zwischen zwei grundlegenden Eintragspfaden:

1. Eintrag über das Littering von Kunststoffabfällen (Kapitel 4)
2. Eintrag über die beabsichtigte umweltoffene Verwendung von Kunststoffprodukten und kunststoffhaltigen Produkten (Kapitel 5)

Bei beiden Eintragspfaden erfolgt eine Modellierung der in der Umwelt verbleibenden Menge anhand des jährlichen Eintrags bzw. der jährlich in Verkehr gebrachten Mengen (iVgM). In Bezug auf das Littering von Kunststoffabfällen wurden die Haupteintragsorte mit Unterscheidung verschiedener Flächennutzungsarten/typen bilanziert.

Das Vorgehen anhand der iVgM der Kunststoffprodukte und kunststoffhaltigen Produkte in umweltoffenen Anwendungen liefert zwar ein Bild der Einträge, die aus der jährlichen iVgM resultieren, jedoch kein vollständiges Bild der jährlichen Einträge in die Umwelt: Im Bereich der umweltoffenen Anwendungen erstreckt sich der Eintrag häufig über längere Zeiträume (von über einem Jahr bis mehrere Jahrzehnte) und für eine vollständige Abbildung müssten auch die Zeitreihen der historischen Inverkehrbringung berücksichtigt werden, was im Rahmen dieses Vorhabens nicht vorgesehen ist. Dennoch liefert das Vorgehen eine Abschätzung der jährlichen Einträge: Wenn die relevanten Produkte über die Zeit konstante in Verkehr gebrachte Mengen aufweisen würden, würde die hier ermittelte Menge (Einträge, die aus der iVgM eines Jahres resultieren) auch dem jährlichen Eintrag entsprechen. Nur bei über die Zeit schwankenden iVgM – insbesondere für Produkte mit langen Nutzungs- bzw. Verweildauern in der Umwelt – ergibt sich eine Abweichung zwischen den beiden Größen.

Die Modellierung für die beiden grundlegenden Eintragspfade ist im Detail separat in den Kapiteln 4 und 5 beschrieben.

Die Berechnungsergebnisse beider Eintragspfade wiederum werden zusammengeführt (Kapitel 6) und dabei nach folgenden Eintragsorten gliedert:

- ▶ Straßen
- ▶ Flüsse und Gewässerrandstreifen
- ▶ Siedlungsflächen
- ▶ Landwirtschaftliche Flächen
- ▶ Küstenstreifen

Für jeden dieser Eintragsorte/Flächennutzungstypen findet sich also im Ergebnis eine Quantifizierung des jährlichen Eintrags, der in der Umwelt verbleibt. Zu beachten ist jedoch, dass der Eintragsort nicht mit einem dauerhaften Verbleib der eingetragenen Kunststoffe an diesem Ort verbunden sein muss. Bei den Einträgen aus Littering findet typischerweise eine Verwehung (oder Verspülung) auf anliegende Flächen oder Gewässer statt. Bei einigen umweltoffenen Anwendungen entspricht der Eintragsort weitgehend dem Verbleibsort (bspw. Kunststofffolien o.ä. im Grundbau eingesetzte Kunststoffprodukte, die nach dem Ende ihrer Nutzung dort im Boden verbleiben). Reifenabrieb bspw. ist wiederum eine typische Eintragsquelle mit einem klaren Eintragschwerpunkt auf/entlang der Straßen, aber vielfältigen Transporten innerhalb der Umwelt bis zum Ort des letztendlichen Verbleibes.

4 Kunststoffeinträge durch Littering

4.1 Definitionen von Littering und mögliche Typisierungen

Unter Littering wird hier das achtlose Wegwerfen oder Liegenlassen von Abfällen im öffentlichen Raum am Ort des Entstehens verstanden. Zu den Litteringabfällen gehören neben den achtlos weggeworfenen und liegengelassenen Abfällen weiterhin Abfälle, die versehentlich in die Umwelt gelangten (z.B. unbemerktes Herausfallen aus Taschen, Teile, die in Folge von Unfällen eingetragen wurden oder verloren gegangene Ladung). Eine Herkunftsanalyse dieser Abfälle ist im Allgemeinen nicht möglich, weswegen sie einheitlich betrachtet werden. Die nicht ordnungsgemäße Ablagerung von größeren Abfällen, wie z.B. Autoreifen, Sperrmüll oder Kühlschränke wird dagegen als illegale Entsorgung und nicht als Littering gewertet³. Neben der Abfallgröße lassen sich illegale Entsorgung und Littering zusätzlich über die Motivation der Verursacher unterscheiden. Illegale Entsorgungen werden im Gegensatz zum spontanen oder versehentlichen Littering planmäßig durchgeführt. Die Orte, auf denen illegal entsorgt wird, werden gezielt aufgesucht. Sie richten sich meist danach, dass dort wenig bis keine Zeugen anwesend sind. Littering hingegen findet ortsunabhängig statt.

4.2 Modellierungsansatz

Die Untersuchung der Kunststoffeinträge durch Littering zielt darauf ab, die Menge an gelitterten Kunststoffabfällen zu bestimmen, die langfristig in der Umwelt verbleibt. Grundsätzlich gibt es zwei verschiedene Herangehensweisen, um eine Modellierung dieser vorzunehmen:

- ▶ Eine Modellierung auf Basis von Verbleibsmengen
- ▶ Eine Modellierung auf Basis von Eintragsmengen

Eine Modellierung auf Basis des Verbleibes würde erfordern, dass als Eingangsdaten direkte Informationen zur Eintragsmenge der in einem bestimmten Zeitraum gelitterten und in der Umwelt verbleibenden Kunststoffabfälle auf unterschiedlichsten Flächen und Flächentypen verfügbar sind. Auf dieser Basis könnte dann eine entsprechende Hochskalierung auf die gesamte Fläche der Bundesrepublik Deutschland erfolgen. Entsprechende Eingangsdaten liegen jedoch bislang nicht vor.

Der zweite Modellierungsansatz geht vom Eintrag von Kunststofflitter in die Umwelt an unterschiedlichen Orten aus und berechnet hieraus „indirekt“ die in der Umwelt verbleibende Menge. Dieser Ansatz wird im Rahmen dieses Vorhabens verfolgt und im Folgenden näher beschrieben. Eine Erläuterung der im Modell verwendeten Begriffe findet sich in Abschnitt 4.2.1.

Bei dem Modell zur Ermittlung des in der Umwelt verbleibenden Kunststofflitters handelt es sich grundsätzlich um ein Bilanzmodell. Das Bilanzmodell bezieht sich auf einen definierten Zeitraum, hier ein Jahr. Geografischer Bezugsraum ist Deutschland. Die Eingangsgrößen (Eintrag und Austrag) entsprechen im Bilanzmodell Summenwerten über den definierten Zeitraum (von einem Jahr), ebenso ergibt sich der Verbleib als Summe pro Zeitraum.

4.2.1 Begriffsglossar

Tabelle 3 listet die relevanten Größen des Berechnungsmodells für die Abschätzung des Kunststoffeintrags aus Littering auf und erläutert diese kurz. Hierbei ist speziell auf Abbildung 2, Abbildung 3 und Abbildung 5 hinzuweisen, in denen die Zusammenhänge der relevanten Berechnungsgrößen untereinander veranschaulicht sind.

³ Eine Übersicht bestehender Definitionen für Littering aus der Literatur befindet sich im Anhang/ Kapitel 10.1.

Tabelle 3: Glossar der relevanten Begriffe zur Modellierung für die Abschätzung der Kunststoffeinträge durch Littering

Begriff	Bedeutung / Definition
Abfalleintrag	Menge aller auf dem betrachteten Eintragsort/Flächennutzungstyp eingetragenen Abfälle; dabei ist anzumerken, dass ein Teil des Abfalleintrags zeitversetzt durch Reinigungen und Sammlungen ausgetragen werden und ein anderer Teil als verbleibender Kunststofflitter bzw. Schlupf in der Umwelt verbleibt (s. Abbildung 4).
Ausgetragener Kunststofflitter bzw. Kunststofflitteraustrag	Menge aller aus dem/von dem betrachteten Eintragsort/Flächennutzungstyp ausgetragenen Litteringabfälle aus Kunststoff.
Eingetragener Kunststofflitter bzw. Kunststofflittereintrag	Menge aller in den/auf dem betrachteten Eintragsort/Flächennutzungstyp eingetragenen Litteringabfälle aus Kunststoff.
Gesammelte Abfallmenge	Menge aller auf dem betrachteten Eintragsort/Flächennutzungstyp bei der Reinigung/Sammlung erfassten Abfälle.
Kunststoffanteil des Abfalleintrags/Littereintrags	Anteil von Kunststoffen am Gesamtanteil des Abfalleintrags/Littereintrags auf dem betrachteten Eintragsort/Flächennutzungstyp.
Litteranteil des Kunststoffabfalls	Anteil der gelitterten Kunststoffe am Gesamtanteil aller eingetragenen Kunststoffe (dazu zählen z.B. auch illegale Ablagerungen) auf dem betrachteten Eintragsort/Flächennutzungstyp.
Littereintrag	Menge aller auf dem betrachteten Eintragsort/Flächennutzungstyp eingetragenen Abfälle, die gelittert wurden.
Literrate	Gewichtsanteil der gelitterten Abfälle am Gesamtanteil der Papierkorbabfälle auf dem betrachteten Eintragsort/Flächennutzungstyp.
Nicht-Littereintrag	Menge aller auf dem betrachteten Eintragsort/Flächennutzungstyp eingetragenen Abfälle, die nicht den Litteringabfällen zugeordnet werden; Beispiele sind u.a. illegale Ablagerungen.
Papierkorbabfallmenge	Menge aller auf dem betrachteten Eintragsort/Flächennutzungstyp bei der Leerung von Papierkörben angefallenen Abfälle.
(sozio-technischer) Reinigungsschlupf	Menge aller auf dem betrachteten Eintragsort/Flächennutzungstyp Litteringabfälle aus Kunststoff, die nicht durch die Reinigung/Sammlung erfasst werden.
Schlupfquote	Anteil des verbleibenden Kunststofflitters am eingetragenen Kunststofflitter.
Verbleibender Kunststofflitter, Schlupf	Menge aller auf dem betrachteten Eintragsort/Flächennutzungstyp verbleibender Litteringabfälle aus Kunststoff; es wird davon ausgegangen, dass es keinen zukünftigen Gewichtsverlust des verbleibenden Kunststofflitters gibt und dass die bislang vorherrschende Flächennutzung auf unbestimmte Zeit bestehen bleibt. Letzteres bezieht sich darauf, dass es im Falle einer Flächennutzungsänderung auch zu einem Austrag des Kunststofflitters kommen könnte, bspw. durch den Aushub von Boden, in dem der Kunststofflitter bis dato vorhanden war.

Begriff	Bedeutung / Definition
Verwehte Menge	Menge aller Litteringabfälle aus Kunststoff, die in den betrachteten Eintragsort/Flächennutzungstyp eingetragen worden sind und von diesem verweht/verspült wurden, jedoch in der Umwelt verbleiben.

4.2.2 Bestimmung der Schlupfquote

Unter Berücksichtigung von Datenverfügbarkeit und -qualität wurden für die *Schlupfquote* bezogen auf die verschiedenen Eintragsorte Spannweiten und Basiswerte abgeschätzt. Die Basiswerte sind dabei als Mittelwerte der minimalen und maximalen Grenzen der Spannweite angenommen. Die Abschätzungen der Spannweiten und Basiswerte beruhen darauf, wie häufig und stark Verwehungen/Verspülungen auf den jeweiligen Flächennutzungstypen stattfinden, wie kurz (bzw. lang) die Reinigungsintervalle sind und wie hoch der Reinigungsschlupf ist bzw. ob Reinigungen überhaupt durchgeführt werden. Aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit beruhen die Schlupfquoten nicht auf einer (quantitativen) Bewertung oder Berechnung, sondern weitgehend auf Experteneinschätzungen der Gutachter zu den relevanten Einflussfaktoren (Exponierung hinsichtlich Verwehung/Verspülung, Reinigungsintervalle, Reinigungsschlupf) (s. Tabelle 4).

Die Einschätzungen über den Reinigungsschlupf folgen der zentralen Annahme, dass eine maschinelle Reinigung gründlicher ist als eine manuelle Reinigung, insbesondere an Stränden, wo Strandreinigungsmaschinen eingesetzt werden, aber auch Flächen, die von Kehrmaschinen gereinigt werden können (z.B. Straßen, befestigte Gehwege und Plätze). Anlass zu dieser Annahme geben Herstellerinformationen von Strandreinigungsmaschinen, in denen eine Reinigungstiefe von 15 cm (H. Barber & Sons, Inc. o.J.) bis 30 cm (Kässbohrer Geländefahrzeug AG 2007) angegeben werden. Zusätzlich gibt es Strandreinigungsmaschinen, die ebenfalls kleinste Abfallteile wie z.B. Zigarettenkippen aus dem Strandsand sieben können (H. Barber & Sons, Inc. o.J.). Demgegenüber steht eine manuelle Reinigung, die in der Regel oberflächlich erfolgt und nur sichtbare Abfallteile umfasst (z.B. werden die mit Sand überdeckten Abfallteile an Stränden eher nicht erfasst), weswegen die manuelle Reinigung in vielen Fällen als weniger gründlich eingeschätzt wird. In Bezug auf Flächennutzungstypen, auf denen Kehrmaschinen eingesetzt werden, wird eine gründlichere Reinigung ausschließlich für befestigte Flächen angenommen, sofern die Befestigung fugenfrei bzw. die Fugentiefe so gering ist, dass diese von Abfällen gereinigt werden können.

Tabelle 4: Schlupfquoten der einzelnen Flächennutzungstypen mit dazugehöriger Beschreibung der Einflussfaktoren (Exponierung hinsichtlich Verwehung/Verspülung, Reinigungsintervalle, Reinigungsschlupf)

Flächennutzungstyp	Unterteilung	Exponierung hinsichtlich Verwehungen/ Verspülungen	Reinigungsintervalle	Reinigungsschlupf	Basiswert und Spannweite
Straßenränder	-	Mittel; Windschutz durch Bäume möglich; Zurückhalten von größeren Abfällen durch Zäune möglich	Lang; jährliche bis monatliche Reinigung typisch; auf den vom Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW) betreuten Straßen wird mindestens einmal jährlich eine Reinigung durchgeführt (Wilk 2017)	Mittel; manuelle Reinigung; Verdecken der Abfälle durch Gräser und Pflanzen typisch	15 % (5 – 25 %)
Rastanlagen	-	Mittel; Windschutz durch Bäume möglich; Zurückhalten von größeren Abfällen durch Zäune möglich	Mittel; monatliche bis wöchentliche Reinigung typisch	Gering; maschinelle und manuelle Reinigung typisch; größere Abfälle sind durch geringe Bewuchshöhe weniger verdeckt.	10 % (5 – 15 %)
Parkanlagen	-	Gering; Aufgrund der Lage innerhalb von Städten (Windschutz von Gebäuden) und dem Windschutz durch Bäume/Pflanzen auf dem Gelände wird kaum Verwehung erwartet. Falls doch Verwehungen stattfinden, ist die Wahrscheinlichkeit sehr hoch, dass die Abfälle auf den angrenzenden Stadtfächen erfasst werden.	Kurz; tägliche bis wöchentliche Reinigung typisch; innerhalb eines Pilotprojektes der Berliner Stadtreinigung (s. Kapitel 10.4.3.1) wurden die Parkanlagen bedarfsgerecht von einmal wöchentlich bis hin zu mehrmals am Tag gereinigt (BSR 2017).	Gering; maschinelle und manuelle Reinigung; größere Abfälle sind durch geringe Bewuchshöhe weniger verdeckt	3 % (1 – 5 %)
Fußgängerzonen	-	Sehr gering; aufgrund hoher umstehender Bebauung	Sehr kurz; tägliche Reinigung typisch, z.B. in den von Ableidinger (2004) untersuchten Fußgängerzonen	Sehr gering; durch vorwiegend maschinelle Reinigung auf befestigten Flächen	0,55 % (0,1 – 1,0 %)

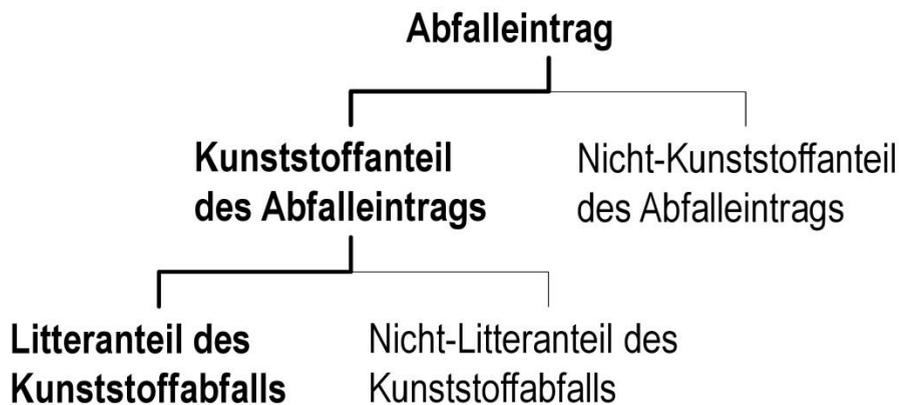
Flächennutzungstyp	Unterteilung	Exponierung hinsichtlich Verwehungen/ Verspülungen	Reinigungsintervalle	Reinigungsschlupf	Basiswert und Spannweite
Flussrandstreifen	urban	Mittel; von der Randstreifenseite Windschutz durch Bäume/Pflanzen und Gebäude möglich; Verspülungen ebenfalls möglich	Mittel; jährliche bis monatliche Reinigung typisch; die Ahna in Kassel wird einmal monatlich gereinigt (Breitbarth 2017)	Mittel; manuelle Reinigung typisch; Verdecken der Abfälle auf begrünten Flächen durch Gräser und Pflanzen typisch	60 % (40 – 80 %) (s. Kapitel 10.6.5)
Flussrandstreifen	ländlich	Hoch; von der Landseite Windschutz durch Bäume/Pflanzen möglich; Verspülungen ebenfalls möglich	Sehr lang; Randstreifen mit jährlicher oder ohne Reinigung typisch	Hoch; manuelle Reinigung typisch; Verdecken der Abfälle durch Gräser und Pflanzen typisch; unzugängliche Stellen typisch	80 % (70 – 90 %) (s. Kapitel 10.6.5)
Küste	Seebäder	Sehr hoch; hohe Windgeschwindigkeiten und Verspülungen möglich	Kurz; saisonal bedingt, ein gepflegter Strand ist nach den Kurortgesetzen/-verordnungen der Küstenbundesländer Bedingung in Seebädern; s. Anfragen an Betreiber und Träger (Kapitel 10.7.3)	Gering; vorwiegend maschinelle Reinigung (s. Kapitel 10.7.3)	25 % (10 – 40 %)
Küste	Sonstige Badestellen	Sehr hoch; hohe Windgeschwindigkeiten und Verspülungen möglich	Mittel; saisonal bedingt, wöchentliche bis keine Reinigung typisch; s. Anfragen an Betreiber und Träger (Kapitel 10.7.3)	Mittel; vorwiegend manuelle Reinigung (s. Kapitel 10.7.3)	75 % (60 – 90 %)
Küste	Sonstige Küste	Sehr hoch; hohe Windgeschwindigkeiten und Verspülungen möglich	Sehr lang; jährliche bis keine Reinigung typisch	Mittel; vorwiegend manuelle Reinigung	95 % (90 – 100 %)
Küste	Urbane Küste	Sehr hoch; hohe Windgeschwindigkeiten und Verspülungen möglich	Mittel; saisonal bedingt, wöchentliche bis jährliche Reinigung typisch	Mittel; maschinelle und manuelle Reinigung typisch	50 % (40 – 60 %)
Binnenbadestellen	-	Mittel; von der Landseite Windschutz durch Bäume/Pflanzen möglich; Verspülungen ebenfalls möglich	Mittel; saisonal bedingt, wöchentliche bis keine Reinigung typisch	Mittel; manuelle Reinigung typisch	60 % (40 – 80 %)

Die Beschreibungen der drei Einflussfaktoren (Exponierung hinsichtlich Verwehung/Verspülung, Reinigungsintervalle, Reinigungsschlupf) beruhen überwiegend auf Einschätzungen der Autoren sowie vereinzelt auf durchgeführte Datenbefragungen und Literaturquellen. Die Einflussfaktoren sind nicht als gleichgewichtige quantitative Faktoren zu verstehen, auf Grundlage derer die Schlupfquoten berechnet wurden, sondern sollen eher die Einschätzung der Schlupfquoten nachvollziehbarer machen. In Bezug auf den Reinigungsschlupf ist zu beachten, dass eine maschinelle Reinigung gegenüber der manuellen Reinigung als gründlicher angesehen wird.

4.2.3 Beziehung zwischen dem Kunststoffanteil des Abfalleintrags und dem Litteranteil des Kunststoffabfalls

Der *Kunststoffanteil des Abfalleintrags* und der *Litteranteil des Kunststoffabfalls* sind Rechengrößen, die benutzt werden, um den *Schlupf* bzw. den *verbleibenden Kunststofflitter* zu berechnen (s. Abbildung 5). Beides sind Teilmengen der insgesamt an einem Eintragsort/auf einem Flächennutzungstyp eingetragenen Abfälle. Der *Kunststoffanteil des Abfalleintrags* beinhaltet alle Kunststoffabfälle, die eingetragen wurden (s. Abbildung 2). Dazu gehören gelitterte Kunststoffeinträge und Nicht-Littereinträge (z.B. illegale Ablagerungen von Kunststoffabfällen). Der *Litteranteil des Kunststoffabfalls* beinhaltet alle gelitterten Kunststoffabfälle, also den Anteil der eingetragenen Kunststoffabfälle, der aufgrund von Unachtsamkeit und sorglosem Umgang in die Umwelt gelangt ist. Dabei ist anzumerken, dass es noch mehr gelitterte Abfälle gibt, nur bestehen diese nicht aus Kunststoff.

Abbildung 2: Schematische Darstellung über die Beziehung zwischen den Begriffen "Abfalleintrag", "Kunststoffanteil des Abfalleintrags" und "Litteranteil des Kunststoffabfalls"



Quelle: Ökopol, die fett geschriebenen Begriffe sind in Bezug auf die Abschätzung wichtige Rechengrößen.

4.2.4 Bestimmung des Abfalleintrags

Zentrale Eingangsgrößen für die Bestimmung des Abfalleintrags sind Ergebnisse bzw. Auswertungen von Sammel- und Reinigungsmaßnahmen. Liegen Daten über *gesammelte Abfallmengen* vor, so kann mit Hilfe der *Schlupfquote* der *Abfalleintrag* ermittelt werden (s. Variante 1 in Abbildung 3). Liegen keine Daten über die gesammelte Abfallmenge vor, jedoch Daten über *Papierkorbabfallmengen*, so kann mit der Variante 2 in Abbildung 3 der *Abfalleintrag* berechnet werden. Wird Variante 2 (s. Abbildung 3) zu Grunde gelegt, so ist zu beachten, dass in der weiteren Berechnung (s. Abbildung 5) der *Litteranteil des Kunststoffabfalls* 100% beträgt, da der *Abfalleintrag* mittels der *Literrate* berechnet wurde und sich diese ausschließlich auf gelitterte Abfälle bezieht, Nicht-Littereinträge dagegen nicht betrachtet (s. Begriffsglossar in Tabelle 3).

Abbildung 3: Berechnungsvarianten Abfalleintrag

<u>Variante 1</u>	Gesammelte Abfallmenge [Masse pro Zeiteinheit]	/	(1 -	Schlupfquote q [Gew.-%])	=	Abfalleintrag [Masse pro Zeiteinheit]
<u>Variante 2</u>	Papierkorbabfallmenge [Masse pro Zeiteinheit]	/	(1 -	Literrate [Gew.-%])	x	

Quelle: Ökopol, der Abfalleintrag ist eine Rechengröße zur Ermittlung des Schlupfes/verbleibenden Kunststofflitters (s. Abbildung 5) und kann über zwei Varianten berechnet werden.

Der so bestimmte *Abfalleintrag* bezieht sich nicht notwendigerweise auf den für die Bilanzierung relevanten Zeitraum von einem Jahr. Die Ergebnisse können bspw. für eine von mehreren Sammelaktionen im Jahr vorliegen und müssen dann entsprechend hochgerechnet werden. Dies kann linear erfolgen (dies entspricht der Annahme, dass das Littering und damit das Abfallaufkommen über das Jahr konstant ist) oder über Anpassungsfaktoren (bspw. unter der Annahme, dass in den Sommermonaten mehr Abfälle nicht ordnungsgemäß entsorgt werden als in den Wintermonaten).

4.2.5 Zusammensetzung des Schlupfes

Wie in Tabelle 3 beschrieben, setzt sich der gesamte *Schlupf* zusammen aus dem *Reinigungsschlupf* und dem *Verwehungsschlupf* bzw. der *verwehten Mengen*. Beide Größen sind von den lokalen Gegebenheiten abhängig. *Verwehte Mengen* werden hier umfassend verstanden, weil darin auch der Transport durch Wasserströmungen, bspw. an Stränden und Flussufern, beinhaltet ist. Der *Verwehungsschlupf* gibt an, welcher Anteil zwischen den Reinigungen verweht wird. Ein hoher *Verwehungsschlupf* bedeutet, dass ein großer Anteil des *Abfalleintrags* sich der Reinigung entzieht. Bei einem Flächennutzungstyp, der selten gereinigt wird und einer hohen *Verwehung* ausgesetzt ist, kann das trotz eines niedrigen *Reinigungsschlupfes* (also einem sehr effektiven Vorgehen während der Reinigung selbst) zu einem hohen Gesamt-*Schlupf* bzw. einer hohen *Schlupfquote* führen.

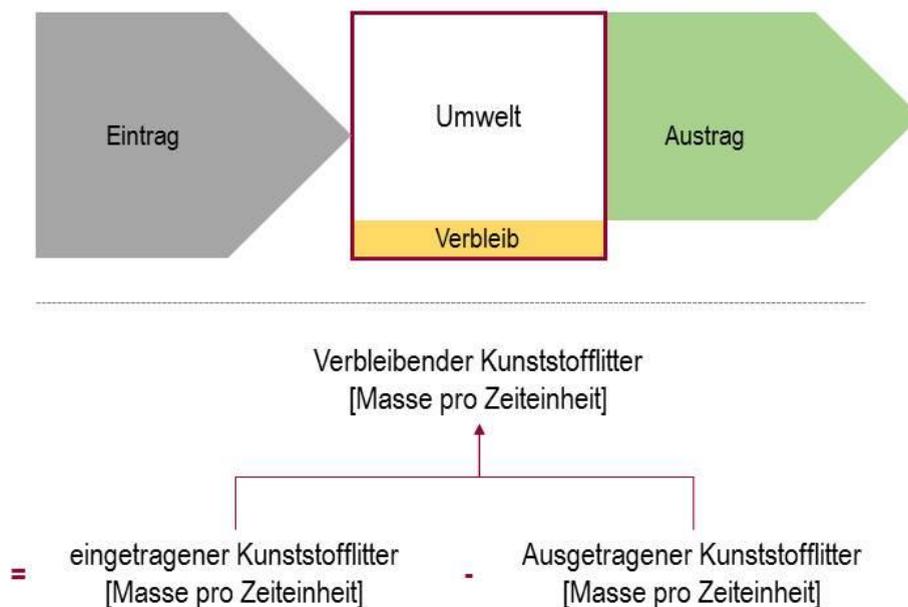
Der *Reinigungsschlupf* ist eine sozio-technische Komponente, welche die Qualität bzw. die Erfolgsquote der durchgeführten Reinigungen angibt. Er beinhaltet den Anteil des Abfalls, der zum Zeitpunkt der Reinigungsmaßnahme auf einer Fläche vorhanden ist und nicht gesammelt wird. Ein *Reinigungsschlupf* von 0 % bedeutet, dass bei einer Reinigung die komplette Menge des vorhandenen Abfalls erfasst wird. Ein *Reinigungsschlupf* von 50 % würde bspw. bedeuten, dass nur die Hälfte des vorhandenen Abfalls abgereinigt wird. Der *Reinigungsschlupf* hängt wie die *verwehte Menge* von lokalen Gegebenheiten ab. Für das Eintragsmodell ist zu beachten, dass die *verwehte Menge*, die von einem Flächennutzungstyp A auf einem Flächennutzungstyp B verweht wird und dort verbleibt, als Verbleib für den Flächennutzungstyp A gewertet wird. Dementgegen zählt die *verwehte Menge*, die von dem Flächennutzungstyp A auf den Flächennutzungstyp B verweht wird und (durch Reinigung/Sammlung) ausgetragen wird (*verwehte Menge* ohne Verbleib in der Umwelt) zum Austrag des Flächennutzungstyps A. In der Realität können Litteringabfälle selten einem genauen Eintragsort sicher zugeordnet werden. Das Modell bezieht sich aber auf den Eintragsort des Litteringabfalls, um die einzelnen Flächennutzungstypen abzugrenzen. Würde sich das Modell lediglich auf den Verbleibsort beziehen, würden Flächennutzungstypen mit hohen Verwehungen unterschätzt werden.

Die Größe des *Schlupfes* bezogen auf den *eingetragenen Kunststofflitter* kann als eine *Gesamt-Schlupfquote* dargestellt werden oder separat als *Reinigungsschlupfquote* und *Verwehungsquote*. Diese Zusammenhänge sind in *Abbildung 5* veranschaulicht.

4.2.6 Grundsätzliches Bilanzmodell

Die dem Eintragsmodell zu Grunde liegende Systematik ist in *Abbildung 4* dargestellt.

Abbildung 4: Systematik des Eintragsmodells

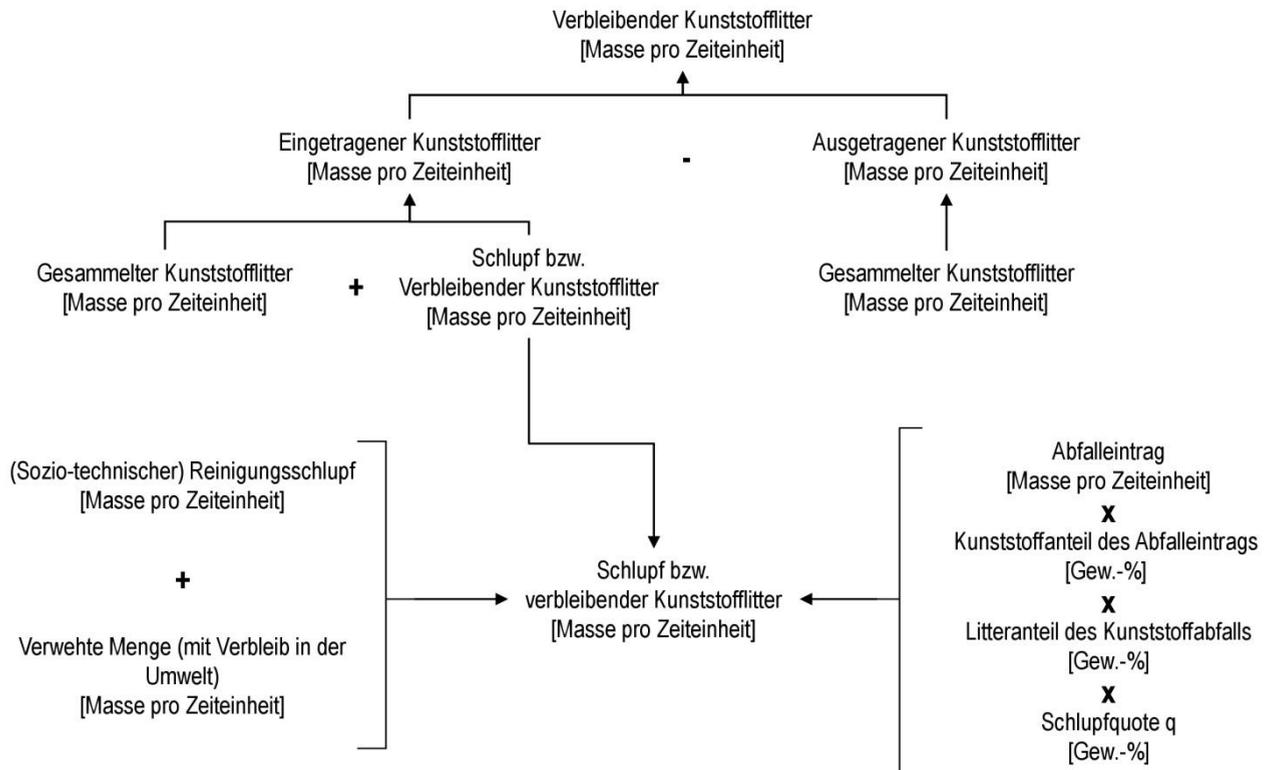


Quelle: Ökopol

Der *Verbleib* pro Jahr (bzw. Zeiteinheit) ergibt sich aus der Differenz des *Eintrags* pro Jahr (bzw. Zeiteinheit) und des *Austrags* pro Jahr (bzw. Zeiteinheit). Der *Eintrag* ist die Menge der über den zeitlichen Betrachtungsraum (hier: ein Jahr) gelitterten Kunststoffabfälle. Der *Austrag* ergibt sich aus der Entnahme gelitterter Kunststoffabfälle durch Reinigungsaktivitäten aller Art. Demgemäß entspricht der *Eintrag* der Summe aus *Austrag* und *Verbleib*, also nicht-gereinigter Menge bzw. der Menge, die sich der *Reinigung* entzieht, dem sogenannten *Schlupf*. Der *Schlupf* wiederum setzt sich zusammen aus dem *Reinigungsschlupf* und der *verwehten Menge* (bzw. anderweitig in der Umwelt transportierten Mengen) (s. Kapitel 4.2.4).

Der absolute *Schlupf* bzw. der *verbleibende Kunststofflitter* lässt sich als Produkt aus *Abfalleintrag*, *Kunststoffanteil des Abfalleintrags*, *Litteranteil des Kunststoffabfalls* und der *Schlupfquote* berechnen (s. *Abbildung 5*). Dieser Berechnungsweg beinhaltet eine Abschätzung der genannten Faktoren, idealerweise basierend auf belastbaren Daten. Der *Schlupf* bzw. der *verbleibende Kunststofflitter* wurde mit einem Basiswert und einer Spannbreite angegeben, da der *Schlupf* mit der *Schlupfquote* berechnet wurde, welche ebenfalls als Basiswert mit einer Spannbreite angegeben wurde. In *Abbildung 5* sind die einzelnen Beziehungen zwischen den genannten Rechengrößen zusammenfassend dargestellt.

Abbildung 5: Zusammenhänge von Eintrag, Austrag, Reinigung und Schlupf



Quelle: Ökopool, im oberen Teil der Abbildung ist die Systematik des Eintragsmodells aus Abbildung 4 nochmals aufgeführt. Im unteren Teil der Abbildung wird auf die Ermittlung des Schlupfes bzw. des verbleibenden Kunststofflitters eingegangen. Die Berechnung des verbleibenden Kunststofflitters kann einerseits theoretisch erfolgen, indem der Reinigungsschlupf mit der verwehten Menge addiert wird. Die Datengrundlage dafür ist aber recht limitiert. Für die Praxis der Modellierung ist deshalb auf der rechten Seite ein weiterer Berechnungsweg dargestellt, um den verbleibenden Kunststofflitter zu berechnen (s. Kapitel 4.2.4). Die einzelnen Faktoren dieses Berechnungsweges (Abfalleintrag, Kunststoffanteil des Abfalleintrags, Litteranteil des Kunststoffabfalls, Schlupfquote) sind oftmals ebenfalls nicht bekannt, können jedoch aufgrund von Literaturdaten und darauf aufbauende Annahmen abgeschätzt werden. Die Bestimmung des Abfalleintrags ist in Abbildung 3 veranschaulicht.

Das Eintragsmodell geht von Orten aus, an denen es mit erhöhter Wahrscheinlichkeit zu anthropogenen Einträgen in Form von Littering kommt. Dies können faktisch sowohl eher Linien (z.B. Straßen, Bahnstrecken, Flussufer, Wege) als auch eher Flächen (z.B. Parkanlagen, Fußgängerzonen) sein.

4.3 Betrachtete Flächentypen

Die in diesem Bericht betrachteten Eintragsorte/Flächennutzungstypen sind:

- ▶ Straßenränder
- ▶ Rastanlagen
- ▶ Parkanlagen
- ▶ Fußgängerzonen
- ▶ Flussrandstreifen
- ▶ Küste (Nord- und Ostseeküste)
- ▶ Binnenbadestellen

Diese Eintragsorte wurden ausgewählt, weil sie vollständig oder zum überwiegenden Teil öffentlich zugänglich sind. Für nicht öffentlich zugängliche Eintragsorte wurde angenommen, dass diejenigen, die Zugang haben, nicht bzw. nicht in relevanter Größenordnung littern.

4.4 Kunststofflitterverbleib: Straßenränder

In den nachfolgenden Abschnitten wird die Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters* an Straßenrändern vorgenommen. Eine ausführlichere Beschreibung des Rechenweges und der Datenquellen befindet sich in Kapitel 10.2.

4.4.1 Beschreibung des Betrachtungsgegenstands

Der Flächennutzungstyp Straßenränder ist kategorisiert in Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen sowie sonstige Straßen im Bundesgebiet. Sonstige Straßen umfassen z.B. Gemeindestraßen und Privatstraßen. Die Straßen wurden anhand der Nutzungsintensität kategorisiert, gemessen über die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV), welche sich für die verschiedenen Straßentypen unterschiedlich darstellt. Es wurde angenommen, dass hieraus unterschiedliche Abfalleinträge resultieren: je höher die Nutzungsintensität, desto höher der Abfalleintrag. Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die unterschiedenen Straßenkategorien und deren Länge.

Tabelle 5: Straßenrandkategorien mitjeweiligen Längen

Straßentyp	Gesamtlänge in Deutschland [km]
Autobahnen	12.996
Bundesstraßen	38.069
Landesstraßen	86.970
Kreisstraßen	91.939
Sonstige Straßen	600.000

Quelle für Länge der Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen: Destatis (2017a); Quelle für Länge der sonstigen Straßen: BMVI (2016).

Zu beachten für die Interpretation der Zahlen und Berechnungen ist, dass ein Kilometer Straßenlänge zwei Kilometer Seitenstreifen entspricht, auf denen der Abfall eingetragen werden kann. Bei Autobahnen ist zusätzlich der Mittelstreifen berücksichtigt.

4.4.2 Konkretisierung des methodischen Vorgehens auf Grundlage der verfügbaren Daten

In Anlehnung an das im Kapitel 4.2 beschriebene Vorgehen zur Modellierung, erfolgt die Bestimmung des verbleibenden Kunststofflitters auf Basis von Daten von Straßen- bzw. Autobahnmeistereien zu gesammelten Abfallmengen sowie ergänzenden Informationen von Beyer und Winter (2016) zum Kunststoffanteil des Abfalleintrags sowie Annahmen zur Schlupfquote (s. Kapitel 4.2.2).

Daten von Straßen- und Autobahnmeistereien liegen nahezu flächendeckend für Nordrhein-Westfalen (NRW) vor (Wilk 2017). Unter der Annahme, dass der Abfalleintrag von der Intensität der Nutzung der Straßen abhängt, werden diese Daten anhand der DTV auf Deutschland übertragen (s. Abbildung 6).

Schlupfquote

Experteneinschätzung der Autoren beruhend auf der Annahme einer mittleren Exponierung (hinsichtlich Verwehungen/Verseilungen), langer Reinigungsintervalle und eines mittleren Reinigungsschlupfs (s. Kapitel 4.2.2). Informationen, auf denen die Angaben zu Reinigungsintervallen beruhen, stammen von Wilk (2017).

4.4.5 Ergebnisse

Übersichtshalber sind in Tabelle 7 der Abfalleintrag quantifiziert und die Ergebnisse bzgl. der Abschätzung des an Straßenrändern eingetragenen und dort *verbleibenden Kunststofflitters* in Abhängigkeit von der Straßenrandkategorie aufgeführt.

Aufgrund der bedeutenden Mengenanteile an Abfällen, die nicht dem Littering zugeordnet werden (z.B. illegale Ablagerungen), ist hierbei die Bedeutung der Unterscheidung zwischen Abfalleintrag und Littereintrag hervorzuheben. Ohne eine entsprechende Unterscheidung (bzw. einer Annahme von Litteranteil = 100 %) würde sich bei sonst gleichen Annahmen zu Schlupf und Kunststoffanteil (was jedoch eine deutliche Vereinfachung darstellen würde), die ermittelte Menge des verbleibenden Kunststofflitters auf bis zu 2.475 t/a erhöhen⁴.

Tabelle 7: Ergebnisse über die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs ausgehend vom Littering an Straßenrändern

Kategorie – Straßenränder	Abfalleintrag [t/a]	Littereintrag [t/a]	Kunststofflittereintrag [t/a]	Verbleibender Kunststofflitter [t/a]
Autobahnen	8.776 (7.852-9.946)	5.266 (4.711-5.968)	1.158 (1.037-1.313)	174 (52-328)
Bundesstraßen	7.779 (6.933-8.782)	4.649 (4.160-5.269)	1.023 (915-1.159)	153 (46-290)
Landesstraßen	7.581 (6.783-8.592)	4.549 (4.070-5.155)	1.001 (895-1.134)	153 (46-290)
Kreisstraßen	5.009 (4.482-5.677)	3.005 (2.689-3.406)	661 (592-749)	99 (30-187)
Sonstige Straßen	10.588 (9.474-12.000)	6.353 (5.684-7.200)	1.398 (1.251-1.584)	210 (63-396)
Gesamtsumme	39.703 (35.524-44.997)	23.822 (21.314-26.998)	5.241 (4.689-5.940)	786 (234-1.485/ 2.475)

Der Abfalleintrag wurde auf Basis von Daten von Straßen.NRW, Destatis (2017a) und BASt (2013, 2017) berechnet. Der dazugehörige Rechenweg ist in Abbildung 6 veranschaulicht. Für die Abfalleinträge wurden Spannbreiten angegeben, weil der Abfalleintrag u.a. auf Basis der Schlupfquote berechnet wurde, welche jeweils einen Basiswert, ein Minimum und ein Maximum beinhaltete (s. Abbildung 6). Für den Littereintrag, Kunststofflittereintrag und den verbleibenden Kunststofflitter wurden ebenfalls Spannbreiten angegeben, weil diese Rechengrößen auf Grundlage des Abfalleintrags berechnet wurden. Der Littereintrag wurde auf Basis des Abfalleintrags und Daten von Beyer und Winter (2016) berechnet. Der Kunststofflittereintrag wurde auf Basis des Littereintrags und Daten von Beyer und Winter (2016) berechnet. Der verbleibende Kunststofflitter wurde auf Basis des Kunststofflittereintrags und den Einschätzungen über die Schlupfquoten berechnet (s. Tabelle 4).

⁴ Eine weiterführende Parametervariation findet sich zudem im Kapitel 6 (Studienvergleich).

4.5 Kunststofflitterverbleib: Rastanlagen

In den nachfolgenden Kapiteln wird die Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters*, eingetragen durch das Littering in Rastanlagen, erläutert. Eine ausführliche Beschreibung des Rechenweges und der Datenquellen befindet sich in Kapitel 10.3.

4.5.1 Beschreibung des Betrachtungsgegenstands

Bewirtschaftete Rastanlagen bestehen aus einer Verkehrsanlage, wozu Fahrgassen, Parkplätze und Erholungsflächen gehören, und einem oder mehreren Nebenbetrieben (Tankstelle, Raststätte, Motel) (BMVI 2016b). Unbewirtschaftete Rastanlagen bestehen lediglich aus einer Verkehrsanlage und eventuell zusätzlich aus einem Toilettengebäude (BMVI 2016b).

Dieser Flächennutzungstyp ist für die nachfolgende Betrachtung kategorisiert in bewirtschaftete Rastanlagen an Autobahnen, bewirtschaftete Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen, unbewirtschaftete Rastanlagen an Autobahnen und unbewirtschaftete Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen (s. Tabelle 8). Die Kategorisierung wurde aufgrund der Annahme vorgenommen, dass die Rastanlagen der vier Kategorien unterschiedlich genutzt werden. Anlass dazu gaben Daten von Straßen.NRW, die bezogen auf die genannten Kategorien Unterschiede bei der durchschnittlichen Papierkorbanzahl beinhalteten.

Tabelle 8: Rastanlagenkategorie mit jeweiliger Rastanlagenanzahl in Deutschland

Kategorie - Rastanlagen	Anzahl in Deutschland
bewirtschaftete Rastanlagen an Autobahnen	434
bewirtschaftete Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen	159
unbewirtschaftete Rastanlagen an Autobahnen	1.500
unbewirtschaftete Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen	389

Quelle für Gesamtanzahl der bewirtschafteten und unbewirtschafteten Rastanlagen an Autobahnen: BMVI (2016b). Die Anzahl der bewirtschafteten und unbewirtschafteten Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen wurde auf Grundlage von Daten von Straßen.NRW für das Bundesgebiet hochgerechnet (s. Kapitel 10.2).

4.5.2 Konkretisierung des methodischen Vorgehens auf Grundlage der verfügbaren Daten

Die Abschätzung erfolgt in Anlehnung an das in Kapitel 4.2 beschriebene Vorgehen (s. Abbildung 7). Die Grundlagendaten wurden von Straßen.NRW zur Verfügung gestellt, weshalb analog zur Betrachtung der Straßenränder zunächst eine Betrachtung bezogen auf NRW durchgeführt wird, bevor eine Hochrechnung auf die Situation in Deutschland erfolgt.

Abbildung 7: Vorgehen für die Abschätzung des verbleibenden Kunststofflitters, der auf deutschen Rastanlagen gelittert wurde

$$\begin{array}{l}
 \text{Papierkorbabfallmenge [t/a]} \quad / \quad \left(1 - \text{Literrate [Gew.\%]} \right) \quad \times \quad \text{Literrate [Gew.\%]} \quad = \quad \text{Abfalleintrag [t/a]} \\
 \downarrow \\
 \text{Abfalleintrag [t/a]} \quad \times \quad \text{Kunststoffanteil des Abfalleintrags [Gew.\%]} \quad \times \quad \text{Litteranteil des Kunststoffabfalls [Gew.\%]} \quad \times \quad \text{Schlupfquote [Gew.\%]} \quad = \quad \text{Verbleibender Kunststofflitter [t/a]}
 \end{array}$$

Quelle: Ökopol, der Abfalleintrag wurde mit der Variante 2 ermittelt (s. Abbildung 3). In dieser Darstellung sind die einzelnen Rechenoperationen aus Abbildung 5 und Abbildung 3 leicht verändert zusammengefasst. Der Litteranteil des Kunststoffabfalls beträgt hier 100 Gew.-%, da für die Ermittlung des Abfalleintrags die Litterrate benutzt wurde (s. Kapitel 4.2.4).

4.5.3 Charakterisierung des Abfalleintrags

Die Abfälle auf Rastanlagen lassen sich unterteilen in typische Rastanlagenabfälle (Getränkeverpackungen, Einweggeschirr, Essensreste) und nicht ordnungsgemäß entsorgte Abfälle (sonstige gemischte Abfälle in Tüten, Hausabfall in Tüten, Handwerkerabfall) (vgl. Untersuchungen von Beyer und Winter (2016)). Weitere mögliche Abfälle sind Zigarettenverpackungen und -kippen, sowie Druckerzeugnisse, die zum Zeitvertreib während der Fahrt von Mitfahrenden gelesen wurden.

Das Abfallaufkommen kann auf bewirtschafteten Rastanlagen mit Take-away-Restaurants höher sein als auf Rastanlagen ohne Take-away-Restaurants. Bei weniger frequentierten Rastanlagen und/oder bei Rastanlagen, die zu bestimmten Tageszeiten wenig Nutzer aufweisen, wird das Aufkommen von illegalen Ablagerungen als höher eingeschätzt.

4.5.4 Beschreibung zentraler Rechengrößen

In folgender Tabelle wird eine Übersicht über die zentralen Rechengrößen der Berechnung des verbleibenden Kunststofflitters, der aus dem Eintrag auf Rastanlagen resultiert, gegeben.

Tabelle 9: Zentrale Rechengrößen - Rastanlagen

Rechengröße	Beschreibung
Abfalleintrag	Berechnungen beruhen auf Daten von Papierkorbabfallmengen in Nordrhein-Westfalen, erfasst vom Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW), und Schätzungen zur Litterrate, basierend auf Untersuchungen und Informationen von Breitbarth und Urban (2014), Heeb et al. (2005) und Wilk (2017). Die Übertragung auf das Gebiet der Bundesrepublik erfolgte anhand von Daten zur jeweiligen Rastanlagenanzahl vom BMVI (2016b) und der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV) (BAST 2013, BAST 2017).
Kunststoffanteil des Abfalleintrags	Daten von Beyer und Winter (2016).
Litteranteil des Kunststoffabfalls	Ergibt sich aufgrund der methodischen Herangehensweise zur Abschätzung des Abfalleintrags mit Variante 2 (s. Kapitel 4.2.4).
Schlupfquote	Experteneinschätzung der Autoren beruhend auf der Annahme einer mittleren Exponierung (hinsichtlich Verwehungen/Verseilungen), mittlerer Reinigungsintervalle und eines geringen Reinigungsschlupfs (s. Kapitel 4.2.2).

4.5.5 Ergebnisse

Übersichtshalber sind in Tabelle 10 der *Abfalleintrag* und der *verbleibende Kunststofflitter* je nach Rastanlagenkategorie quantifiziert.

Tabelle 10: Ergebnisse über die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs ausgehend vom Littering in Rastanlagen

Kategorie – Rastanlagen	Abfalleintrag bzw. Littereintrag [t/a]	Kunststofflittereintrag [t/a]	Verbleibender Kunststofflitter [t/a]
Bewirtschaftete Rastanlagen an Autobahnen	931	205	20,5 (10,2 -30,7)
Bewirtschaftete Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen	12	2,6	0,26 (0,13-0,38)
Unbewirtschaftete Rastanlagen an Autobahnen	1.367	301	30,1 (15,0-45,1)
Unbewirtschaftete Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen	32	7,0	0,70 (0,35-1,06)
Gesamtsumme	2.342	515	51,5 (25,8-77,3)

Die Abschätzung des Abfalleintrags erfolgte mit Variante 2 (s. Abbildung 3 in Kapitel 4.2.4), d.h., dass der Abfalleintrag gleich der Littereintrag ist. Weitere Erläuterungen dazu sind in Kapitel 4.2.4 zu finden. Die Berechnung des Abfalleintrags bzw. Littereintrags erfolgte auf Basis von Daten von Straßen.NRW, Breitbarth und Urban (2014), Heeb et al. (2005), Wilk (2017), BMVI (2016b) und BASt (2013, 2017). Die Berechnung des Kunststofflittereintrags erfolgte auf Basis des Abfalleintrags bzw. des Littereintrags und Daten von Beyer und Winter (2016). Für den Abfalleintrag bzw. Littereintrag und den Kunststofflittereintrag wurden keine Spannbreiten angegeben, weil die Berechnungen dieser Größen nicht auf Grundlage der Schlupfquoten erfolgten. Im Unterschied dazu sind für die Mengen des verbleibenden Kunststofflitters Spannbreiten angegeben, weil in den Berechnungen des verbleibenden Kunststofflitters Schlupfquoten, einschließlich der Spannbreiten, beinhaltet waren.

4.6 Kunststofflitterverbleib: Parkanlagen

In den nachfolgenden Kapiteln wird die Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters* erläutert, der durch das Littering in Parkanlagen verursacht wird. Eine ausführliche Beschreibung des Rechenweges und der Datenquellen befindet sich in Kapitel 10.4.

4.6.1 Beschreibung des Betrachtungsgegenstandes

Eine Parkanlage ist eine von Überbauung freigehaltene Fläche, die mit Wegen durchzogen sein kann (Leser et al. 1998). Die Bandbreite der Vegetation in Parkanlagen reicht von Krautschichten bis hin zu Bäumen. Der Ursprung dieser Vegetation kann in vier Gruppen eingeteilt werden: ursprüngliche Naturlandschaft, landwirtschaftliche Kulturlandschaft, symbolisch-gärtnerische Anlagen und spontanes urban-industrielles Wachstum (Sukopp und Wittig 1998).

Die Parkanlagen wurden kategorisiert, um die Parkanlagenfläche zu erhalten. Die Kategorisierung der Parkanlagen erfolgte teilweise nach dem Stadttyp, in welcher die jeweiligen Parkanlagen lagen. Für Kleinstädte (<20.000 EW) waren keine Daten hinsichtlich der Grünanlagenfläche, auf der die Berechnung der Parkanlagenfläche beruhen, gegeben. Die Parkanlagen der Kleinstädte sind deswegen zusammen mit allen anderen Parkanlagen außerhalb von Städten in der Kategorie *sonstige Parkanlagen* zusammengefasst. Die Parkanlagen wurden kategorisiert in:

- ▶ Parkanlagen in großen Großstädten (> 500.000 Einwohner)
- ▶ Parkanlagen in kleinen Großstädten (100.000 – 500.000 Einwohner)
- ▶ Parkanlagen in großen Mittelstädten (50.000 – 100.000 Einwohner)
- ▶ Parkanlagen in kleinen Mittelstädten (20.000 – 50.000 Einwohner)
- ▶ sonstige Parkanlagen.

Es lagen keine bundesweiten Angaben zur Fläche der Parkanlagen vor. Die nächst höhere Kategorie innerhalb der Einteilung des Statistischen Bundesamtes sind die Grünanlagen, deren Flächen für alle kreisfreien Städte in Deutschland gegeben waren. Auf Grundlage dieses Datensatzes wurden zunächst die Grünanlagenflächen für jede Stadttypkategorie berechnet. Anschließend wurde ein bestimmter Parkanlagenflächenanteil am Gesamtanteil der Grünanlagen für jede Kategorie geschätzt. Diese Parkanlagenflächenanteile unterschieden sich je nach Kategorie, da angenommen wurde, dass mit zunehmender Stadtgröße auch der Parkanlagenflächenanteil zunimmt. Grund für diese Annahme liefert Wöllper (2009), der feststellte, dass mit zunehmender Verstädterung der Anteil von öffentlichen Grünanlagen, wozu Parkanlagen gehören, an der Gesamtfläche der Städte zunimmt. Die Schätzungen für den Parkanlagenflächenanteil beruhen auf Daten der Statistischen Landesämter von Bremen, Mecklenburg-Vorpommern (MV), NRW, Rheinland-Pfalz und Thüringen (s. Tabelle 71). Durch Multiplikation der Grünanlagenfläche mit dem jeweiligen Parkanlagenflächenanteil wurden die einzelnen Parkanlagenflächen erhalten. In Tabelle 11 sind zur besseren Übersichtlichkeit die berechneten Flächen der einzelnen Kategorien mit den dazugehörigen Parkanlagenflächenanteilen aufgelistet. Für die darauf folgende Abschätzung über den verbleibenden Kunststofflitter war eine Kategorisierung nicht mehr erforderlich, weil angenommen wurde, dass die normierten Rechengrößen der einzelnen Kategorien (*gesammelte Abfallmenge*, *Schlupfquote*, *Kunststoffanteil des Abfalleintrags*, *Litteranteil des Kunststoffabfalls*) für die verschiedenen Siedlungstypen sich nicht unterscheiden. Für zukünftige Aktualisierungen der Abschätzung ist diese Kategorisierung dennoch sinnvoll, da anzunehmen ist, dass sich dann die normierten Rechengrößen je nach Kategorie unterscheiden, weswegen diese Kategorisierung ebenfalls im Ergebnisteil wiedergegeben ist.

Tabelle 11: Parkanlagenkategorie mit geschätzten Flächen

Kategorie – Parkanlagen	Grünanlagenfläche [km ²]	Parkanlagenflächenanteil an Grünanlagenfläche	Parkanlagenfläche [km ²]
Große Großstädte	359	30%	108
Kleine Großstädte	396	24%	95,1
Große Mittelstädte	360	18%	64,8
Kleine Mittelstädte	273	12%	32,8
Sonstige	1.527	6%	91,6
Gesamtsumme	-	-	392

Die ausführliche Beschreibung zur Schätzung der Fläche ist in Kapitel 10.4.2.

4.6.2 Konkretisierung des methodischen Vorgehens auf Grundlage der verfügbaren Daten

Die Abschätzung erfolgte nach den Ausführungen in Kapitel 4.2. Der Abfalleintrag wurde nach der Variante 1 in Abbildung 3 berechnet. Die Datengrundlage für die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs in Parkanlagen stammt aus einem Pilotprojekt der Berliner Stadtreinigung (BSR).

4.6.3 Charakterisierung des Abfalleintrags

Typische vom Menschen entsorgte Parkanlagenabfälle können eingeteilt werden in Littering-Abfälle, Papierkorbabfälle und Sperrmüll. Durch die Pflege der Pflanzen fallen weitere Parkabfälle an. Hertner und Großmann (2017) zählen dazu Laub, Grünschnitt und den Wildwuchs auf befestigten Flächen.

4.6.4 Beschreibung zentraler Rechengröße

In Tabelle 12 sind die zentralen Rechengrößen, auf denen die Abschätzung basiert, mit dazugehöriger Beschreibung aufgelistet.

Tabelle 12: Zentrale Rechengrößen - Parkanlagen

Rechengröße	Beschreibung
Abfalleintrag	Berechnungen beruhen auf Daten von erfassten Abfallmengen durch die Berliner Stadtreinigung innerhalb eines Pilotprojektes (Hertner und Großmann 2017; BSR 2017).
Kunststoffanteil des Abfalleintrags	Daten stammen aus einer Sortieranalyse von Dresdner Papierkorbabfällen, welche die INTECUS GmbH im Jahr 2017 durchführte.
Litteranteil des Kunststoffabfalls	Daten von der Berliner Stadtreinigung (BSR 2017).
Schlupfquote	Experteneinschätzung der Autoren beruhend auf der Annahme einer geringen Exponierung (hinsichtlich Verwehungen/Verspülungen), kurzer Reinigungsintervalle und eines geringen Reinigungsschlupfs (s. Kapitel 4.2.2).

4.6.5 Ergebnisse

Die Ergebnisse bzgl. der Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs in Parkanlagen sind in Tabelle 13 aufgelistet.

Tabelle 13: Ergebnisse über die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs ausgehend vom Littering in Parkanlagen

Kategorie – Parkanlagen	Littereintrag [t/a]	Kunststofflittereintrag [t/a]	Verbleibender Kunststofflitter [t/a]
Große Großstädte	27.725	1.664	50 (16-85)
Kleine Großstädte	24.521	1.471	44 (14-75)
Große Mittelstädte	16.706	1.002	30 (10-51)
Kleine Mittelstädte	8.443	507	15 (5,0-26)
Sonstige Parkanlagen	23.609	1.417	42 (14-72)
Gesamtsumme	101.005	6.060	182 (59-309)

Der Abfalleintrag wurde nicht ausgewiesen, weil die Ausgangsdaten der Berliner Stadtreinigung sich ausschließlich auf Litter im Sinne dieser Studie bezogen und andere Abfälle, wie z.B. illegale Ablagerungen im Sinne dieser Studie, nicht berücksichtigten. Die Berechnung des Littereintrags erfolgte auf Basis von Daten von Hertner und Großmann (2017) und BSR (2017). Die Berechnung des Kunststofflittereintrags erfolgte auf Basis des Littereintrags und Analysen der Autoren. Der verbleibende Kunststofflitter wurde auf Basis des Kunststofflittereintrags und den Einschätzungen über die Schlupfquoten berechnet (s. Tabelle 4). Für den Littereintrag und den Kunststofflittereintrag wurden keine Spannbreiten angegeben, weil die Berechnungen dieser Größen nicht auf Grundlage der Schlupfquoten erfolgten.

4.7 Kunststofflitterverbleib: Fußgängerzonen

In diesem Kapitel wird die Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters* zusammenfassend erläutert, der durch das Littering in Fußgängerzonen verursacht wurde. Eine ausführliche Beschreibung des Rechenweges und der Datenquellen befindet sich in Kapitel 10.5.

4.7.1 Beschreibung des Betrachtungsgegenstandes

Unter Fußgängerzonen wurden Verkehrsflächen verstanden, auf denen Fußgängern Vorrang vor anderen Verkehrsteilnehmern gewährt wird (Höfler 2004). Oft liegen diese im Zentrum von Städten oder Siedlungen. Die Fußgängerzonen wurden für die Ermittlung der Fußgängerzonenfläche in folgende Kategorien eingeteilt:

- ▶ Fußgängerzonen in großen Großstädten (>500.000 Einwohner)
- ▶ Fußgängerzonen in kleinen Großstädten (100.000 – 500.000 Einwohner)
- ▶ Fußgängerzonen in großen Mittelstädten (50.000 – 100.000 Einwohner)
- ▶ Fußgängerzonen in kleinen Mittelstädten (20.000 – 50.000 Einwohner)
- ▶ Fußgängerzonen in großen Kleinstädten (10.000 – 20.000 Einwohner).

Das Vorgehen zur Berechnung der Fußgängerzonenfläche war dem Vorgehen zur Berechnung der Parkanlagenfläche ähnlich. Wie bei den Parkanlagen lagen auch bei den Fußgängerzonen keine bundesweiten Angaben zur Fläche vor. Die nächst höhere Kategorie innerhalb der Einteilung des Statistischen Bundesamtes sind die Straßen, Wege und Plätze, deren Flächen für alle kreisfreien Städte in Deutschland gegeben waren. Aufbauend darauf wurden zunächst die Flächen der Straßen, Wege und Plätze für jede Kategorie berechnet. Für jede einzelne Kategorie wurde ein bestimmter Flächenanteil der Fußgängerzonen am Gesamtanteil der Straßen, Wege und Plätze geschätzt, da angenommen wurde, dass der Fußgängerzonenflächenanteil bzw. das Vorhandensein einer Fußgängerzone in einer Stadt abhängig von der Größe der Stadt seien. Anlass zu dieser Annahme gab Monheim (2011), der beschreibt, dass in Bayern im Jahr 1985 nur 50 % aller kleinen Mittelstädte und 20 % aller großen Kleinstädte Fußgängerzonen beinhalteten, während es bei Städten ab Einwohnerzahlen von 50.000, also ab großen Mittelstädten, 100 % sind. Aufgrund dieser Aussage wurde angenommen, dass die Anzahl klei-

ner Kleinstädte mit Fußgängerzonen sehr gering ist, woraufhin die Fußgängerzonen in kleinen Kleinstädten vernachlässigt wurden. Für den Fußgängerzonenflächenanteil in großen und kleinen Großstädten und großen Mittelstädten wurde sich auf den Fußgängerzonenflächenanteil des Bundeslandes Bremen bezogen. Ausgehend von der Aussage von Monheim (2011) wurde für die Fußgängerzonenanteile der kleinen Mittelstädte und großen Kleinstädte angenommen, dass diese die Hälfte bzw. ein Fünftel des Fußgängerzonenanteils der drei anderen Kategorien betragen (s. Tabelle 14). Tabelle 14 umfasst je nach Kategorie die berechneten Flächen der Straßen, Wege und Plätze, die Fußgängerzonenflächenanteile und die Fußgängerzonenflächen. Für die darauffolgende Abschätzung über den *verbleibenden Kunststofflitter* war eine Kategorisierung nicht mehr erforderlich, weil die (normierten) Rechengrößen der einzelnen Kategorien gleich angenommen wurden (*Kunststofflittereintrag, Schlupfquote*). Für zukünftige Aktualisierungen der Abschätzung ist eine Kategorisierung dennoch sinnvoll, da anzunehmen ist, dass sich dann die normierten Rechengrößen je nach Kategorie unterscheiden.

Tabelle 14: Fußgängerzonenkategorien mit Flächen der Straßen, Wege und Plätze, den Fußgängerzonenflächenanteilen und den Fußgängerzonenfläche

Kategorie – Fußgängerzonen	Fläche der Straßen, Wege und Plätze [km ²]	Fußgängerzonenflächenanteil an Fläche der Straßen, Wege und Plätze	Fußgängerzonenfläche [km ²]
Große Großstädte	534	0,321 %	1,71
Kleine Großstädte	809	0,321 %	2,60
Große Mittelstädte	713	0,321 %	2,29
Kleine Mittelstädte	1.148	0,161 %	1,84
Große Kleinstädte	638	0,064 %	0,41
Gesamtsumme	-	-	8,86

Die ausführliche Beschreibung zur Ermittlung der Flächen ist in Kapitel 10.5.3.

4.7.2 Konkretisierung des methodischen Vorgehens auf Grundlage der verfügbaren Daten

Die Abschätzung erfolgte in Anlehnung an die in Kapitel 4.2 beschriebene Methodik. Ableidinger (2004) enthält Daten über den Kunststofflittereintrag in Fußgängerzonen, auf denen die Abschätzung basiert. Dadurch, dass Daten zum Kunststofflittereintrag verwendet wurden, erübrigte sich die Berechnung des *Abfalleintrags* und die anschließende Multiplikation mit dem *Kunststoffanteil des Abfalleintrags* und *Litteranteil des Kunststoffabfalls*.

4.7.3 Charakterisierung des Abfalleintrags

Der Abfalleintrag in Fußgängerzonen setzt sich laut Heeb et al. (2005) aus Einweg-Getränke-Verpackungen, Take-away-Verpackungen, Zeitungen und Werbung, Tragetaschen und Diversem zusammen. Letzteres beinhaltet z.B. Textilien, Problemstoffe und undefinierbares.

4.7.4 Beschreibung zentraler Rechengröße

Die zentralen Rechengrößen für die Abschätzung sind mit dazugehöriger Beschreibung in Tabelle 15 aufgelistet.

Tabelle 15: Zentrale Rechengrößen - Fußgängerzonen

Rechengröße	Beschreibung
Kunststofflittereintrag	Daten basieren auf Untersuchungen von Ableidinger (2004) und Analysen der Autoren
Schlupfquote	Experteneinschätzung der Autoren beruhend auf der Annahme einer sehr geringen Exponierung (hinsichtlich Verwehungen/Verspülungen), sehr kurzer Reinigungsintervalle und eines sehr geringem Reinigungsschlupfs (s. Kapitel 4.2.2).

4.7.5 Ergebnisse

Die Ergebnisse bzgl. des *Kunststofflittereintrags* und der Menge des *verbleibenden Kunststofflitters* in Fußgängerzonen sind in Tabelle 16 aufgelistet.

Tabelle 16: Ergebnisse über die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs ausgehend vom Littering in Fußgängerzonen

Kategorie – Fußgängerzonen	Kunststofflittereintrag [t/a]	Verbleibender Kunststofflitter [t/a]
Große Großstädte	125	0,63 (0,13-1,25)
Kleine Großstädte	190	0,95 (0,19-1,90)
Große Mittelstädte	167	0,84 (0,17-1,67)
Kleine Mittelstädte	135	0,67 (0,13-1,35)
Große Kleinstädte	30	0,15 (0,03-0,30)
Gesamtsumme	646	3,23 (0,65-6,46)

Der Abfalleintrag und der Littereintrag wurden nicht ausgewiesen, weil die Abschätzung auf Grundlage des Kunststofflittereintrags erfolgte. Der Kunststofflittereintrag wurde auf Basis von Daten von Ableidinger (2004) und Analysen der Autoren berechnet. Der verbleibende Kunststofflitter wurde auf Basis des Kunststofflittereintrags und den Einschätzungen über die Schlupfquoten berechnet (s. Tabelle 4).

4.8 Kunststofflitterverbleib: Flussrandstreifen

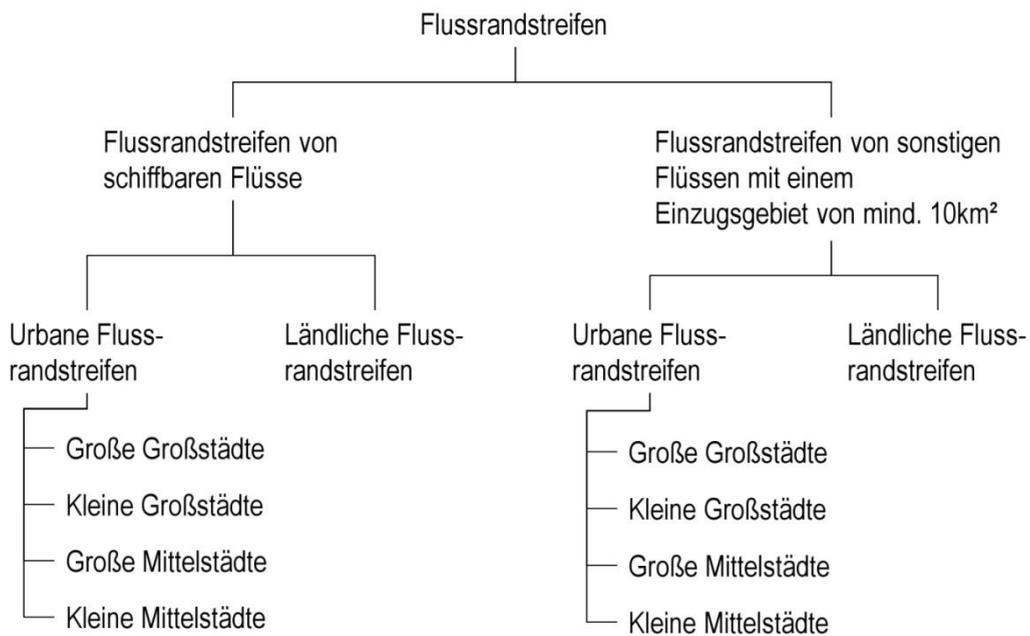
In den nachfolgenden Kapiteln wird die Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters* zusammengefasst, der durch das Littering auf Flussrandstreifen verursacht wurde. Eine ausführliche Beschreibung des Rechenweges und der Datenquellen befindet sich in Kapitel 10.6.

4.8.1 Beschreibung des Untersuchungsgegenstands

Die Flussrandstreifen wurden unterteilt in Flussrandstreifen von teilweise oder vollständig schiffbaren Flüssen, welche nachfolgend als schiffbare Flüsse bezeichnet werden, und sonstigen Flüssen mit einem Einzugsgebiet über 10 km², welche nachfolgend als sonstige Flüsse bezeichnet werden, und nicht schiffbar sind (s. Abbildung 8). Diese Unterteilung wurde vorgenommen, weil angenommen wurde, dass breitere Flüsse, wozu schiffbare Flüsse gehören, ein höheres Anziehungspotential für Bewohner und Touristen haben, und damit verbunden einen höheren Abfalleintrag beinhalten als Flüsse mit geringerer Breite. Die Flussrandstreifen der schiffbaren Flüsse und der sonstigen Flüsse wurden jeweils weiter unterteilt in Flussrandstreifen urbaner und ländlicher Flüsse, weil angenommen wurde, dass die Nutzungsintensität und damit der Abfalleintrag im urbanen Raum größer seien. Die Flussrandstreifen der urbanen schiffbaren Flüsse und der urbanen sonstigen Flüsse sind weiterhin unterteilt in große Großstädte, kleine Großstädte, große Mittelstädte und kleine Mittelstädte. Diese Unterteilung

war wichtig für die Längenbestimmung der Flussrandstreifen von schiffbaren Flüssen und von sonstigen Flüssen innerhalb der Städte, da Flüsse in größeren Städten im Mittel länger sind als in kleineren Städten. Für die darauffolgende Abschätzung sind die normierten Rechengrößen innerhalb der Stadtkategorien (*Abfalleintrag, Schlupfquote, Kunststoffanteil des Abfalleintrags, Litteranteil des Kunststoffabfalls*) gleich. Bei zukünftigen Aktualisierungen der Abschätzung ist die Kategorisierung in unterschiedliche Stadttypen dennoch sinnvoll, da anzunehmen ist, dass sich dann die normierten Rechengrößen je nach Stadttyp unterscheiden. Daten über die Anzahl der großen und kleinen Kleinstädte in Deutschland, die Flüsse beinhalten, waren nicht gegeben. Diese könnten aber bei zukünftigen Aktualisierungen und gegebener Datengrundlage mit einbezogen werden. Da eine eigenständige Kategorie der Kleinstädte derzeit nicht möglich ist, werden sie in der aktuellen Untergliederung gemeinsam mit den ländlichen Flussrandstreifen betrachtet.

Abbildung 8: Kategorisierung der Flussrandstreifen



Quelle: Ökopol

Zu beachten für die Interpretation der Zahlen und Berechnungen ist, dass ein Kilometer Flusslänge normalerweise zwei Kilometer Flussrandstreifen entspricht, auf denen der Abfall eingetragen werden kann. Darauf basierend wurde die Flussrandstreifenlänge als das Doppelte der Flusslänge angenommen (s. Tabelle 17). In der Realität müssten zusätzliche Flussrandstreifen durch Inseln miteinbezogen werden. Weiterhin wären bei Grenzflüssen nur die Flussrandstreifen einer Flussseite zu beachten.

Tabelle 17: Flussrandstreifenkategorien mit geschätzten Flusslängen

Flussrandstreifenkategorie	Geschätzte Flusslänge in Deutschland [km]	Geschätzte Flussrandstreifenlänge in Deutschland [km]
Schiffbare Flüsse in großen Großstädten	420	840
Schiffbare Flüsse in kleinen Großstädten	690	1.380
Schiffbare Flüsse in großen Mittelstädten	330	660
Schiffbare Flüsse in kleinen Mittelstädten	356	712
Schiffbare Flüsse im ländlichem Raum	7.372	14.744

Flussrandstreifenkategorie	Geschätzte Flusslänge in Deutschland [km]	Geschätzte Flussrandstreifenlänge in Deutschland [km]
Sonstige Flüsse in großen Großstädten	6.073	12.146
Sonstige Flüsse in kleinen Großstädten	9.977	19.954
Sonstige Flüsse in großen Mittelstädten	4.771	9.542
Sonstige Flüsse in kleinen Mittelstädten	5.151	10.302
Sonstige Flüsse im ländlichem Raum	106.586	213.172

Die ausführliche Beschreibung zur Schätzung der Länge ist in Kapitel 10.6.1.

4.8.2 Konkretisierung des methodischen Vorgehens auf Grundlage der verfügbaren Daten

Die Abschätzung erfolgte nach dem in Kapitel 4.2 beschriebenen Vorgehen. Die Grundlagendaten lieferten Breitbarth und Urban (2016), welche ein quantitatives Stoffstrommodell für den Fluss Ahna in Kassel aufstellten. Die Ahna in Kassel gehört zu den sonstigen Flüssen im urbanen Raum (kleine Großstadt). Ausgehend von diesen Daten wurden unter bestimmten Annahmen die Abschätzungen der anderen Kategorien vorgenommen.

4.8.3 Charakterisierung des Abfalleintrags

Abfälle an Flüssen können charakterisiert werden als Baumaterialien, Getränkeverpackungen, Lebensmittelverpackungen, sonstige Verpackungen, Folien/Tüten/Säcke, Gegenstände aus Abwasseranlagen, Sport- und Freizeitgegenstände, Gartengegenstände und Sonstiges. Diese Einteilung entstammt Breitbarth (2017), der Abfälle an sechs Flüssen (Rhein, Elbe, Fulda, Saale, Haune und Ahna) untersuchte.

4.8.4 Beschreibung zentraler Rechengrößen

In Tabelle 18 sind die zentralen Rechengrößen, auf denen die Abschätzung basiert, mit dazugehöriger Beschreibung aufgelistet.

Tabelle 18: Zentrale Rechengrößen - Flussrandstreifen

Rechengröße	Beschreibung
Abfalleintrag	Daten von Breitbarth und Urban (2016) und Breitbarth (2017)
Kunststoffanteil des Abfalleintrags	Daten von Breitbarth (2017)
Litteranteil des Kunststoffabfalls	Daten von Breitbarth (2017)
Schlupfquote	Experteneinschätzung der Autoren beruhend auf der Annahme einer mittleren Exponierung (hinsichtlich Verwehungen/Verspülungen), mittlerer Reinigungsintervalle und eines mittleren Reinigungsschlupfs für urbane Flussrandstreifen und einer hoher Exponierung (hinsichtlich Verwehungen/Verspülungen), sehr langer Reinigungsintervalle und eines hohen Reinigungsschlupfs für ländliche Flussrandstreifen (s. Kapitel 4.2.2). Basisdaten für den Flussrandstreifen von sonstigen Flüssen im urbanen Raum einer kleinen Großstadt lieferte Breitbarth (2017).

4.8.5 Ergebnisse

Die Ergebnisse bzgl. des Abfalleintrags und der Menge von in der Umwelt verbleibendem Kunststofflitter, ausgehend vom Littering an Flussrandstreifen, sind in Tabelle 19 aufgelistet.

Tabelle 19: Ergebnisse über die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs ausgehend vom Littering an Flussrandstreifen

Kategorie – Flussrandstreifen	Abfalleintrag [t/a]	Littereintrag [t/a]	Kunststofflittereintrag [t/a]	Verbleibender Kunststofflitter [t/a]
Schiffbare Flüsse in großen Großstädten	67	43	15	9,1 (6,1-12)
Schiffbare Flüsse in kleinen Großstädten	110	71	25	15 (9,9-20)
Schiffbare Flüsse in großen Mittelstädten	53	34	12	7,1 (4,8-9,5)
Schiffbare Flüsse in kleinen Mittelstädten	57	36	13	7,7 (5,1-10)
Schiffbare Flüsse im ländlichem Raum	15	9,4	3,3	2,7 (2,3-3,0)
Sonstige Flüsse in großen Großstädten	486	311	109	66 (44-88)
Sonstige Flüsse in kleinen Großstädten	798	511	180	108 (72-144)
Sonstige Flüsse in großen Mittelstädten	382	244	86	52 (34-69)
Sonstige Flüsse in kleinen Mittelstädten	412	264	93	56 (37-74)
Sonstige Flüsse im ländlichem Raum	107	68	24	19 (17-22)
Gesamtsumme	2.486	1.591	560	342 (232-451)

Die Berechnung des Abfalleintrags erfolgte auf Basis von Daten von Breitbarth und Urban (2016) und Breitbarth (2017). Die Berechnung des Littereintrags erfolgte auf Basis des Abfalleintrags und Daten von Breitbarth (2017). Die Berechnung des Kunststofflittereintrags erfolgte auf Basis des Littereintrags und Daten von Breitbarth (2017). Der verbleibende Kunststofflitter wurde auf Basis des Kunststofflittereintrags und den Einschätzungen über die Schlupfquoten berechnet (s. Tabelle 4).

4.9 Kunststofflitterverbleib: Küsten

In den nachfolgenden Kapiteln wird die Zusammenfassung der Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters* ausgehend von deutschen Küsten erläutert. Eine ausführliche Beschreibung des Rechenweges und der Datenquellen befindet sich in Kapitel 10.7.

4.9.1 Beschreibung des Untersuchungsgegenstands

Der Flächennutzungstyp Küste wird je nach Küstenbundesland folgendermaßen eingegrenzt. In Niedersachsen (NI) wurde sich auf das an die Nordsee grenzende Festland und auf die zu NI gehörenden Inseln bezogen. In Schleswig-Holstein (SH) wurden neben der Festlandküste und den Inseln auch die Halligen mitbetrachtet. In Mecklenburg-Vorpommern (MV) wurde sich auf die Außenküste und Binnenküste bezogen. Zur Außenküste von MV gehört neben den Inseln und Halbinseln die Landgrenze, die unmittelbar an die Ostsee grenzt. Zur Binnenküste von MV gehören die Bodden- und Haffküsten.

Die Küste wurde kategorisiert, da angenommen wurde, dass der Littereintrag (bzw. die Nutzungsintensität) und die Schlupfquote (bzw. die Reinigungshäufigkeit und die Art der Reinigung) in den jeweiligen Kategorien variieren. Die einzelnen Kategorien lauten:

- ▶ Seebäder
- ▶ Sonstige Badestellen
- ▶ Sonstige Küste
- ▶ Sonstige Binnenküste von MV
- ▶ Urbane Küste.

Zwischen der urbanen Küste und den Kategorien Seebäder, sonstige Badestellen und sonstige Küste kann es Überschneidungen geben. Demnach ist es also möglich, dass eine sonstige Badestelle gleichzeitig auch eine urbane Küste sein kann. Die vier Kategorien Seebäder, sonstige Badestellen, sonstige Küste und sonstige Binnenküste von MV überschneiden sich nicht und ergeben insgesamt die Länge der gesamten deutschen Küstenlinie. Die sonstige Binnenküste von MV wurde einzeln kategorisiert, weil angenommen wurde, dass sie weniger stark genutzt wird als die Außenküste von MV. Anlass dazu gab die Badestellenanzahl in Relation zur jeweiligen Länge (s. Kapitel 10.7.1.3). Die geschätzten Küstenlängen für jede Kategorie sind in Tabelle 20 aufgelistet.

Tabelle 20: Küstenkategorien mit geschätzten Längen

Kategorie – Küste	Länge in D [km]
Seebäder	399
Sonstige Badestellen	196
Sonstige Küste	1.308
Sonstige Binnenküste von MV	1.541
Urbane Küste	74

Die ausführliche Beschreibung zur Schätzung der Länge ist in Kapitel 10.7.2.

4.9.2 Konkretisierung des methodischen Vorgehens auf Grundlage der verfügbaren Daten

Das Vorgehen zur Ermittlung des verbleibenden Kunststofflitters ausgehend von Küsten unterschied sich leicht zum grundsätzlichen Vorgehen (s. Kapitel 4.2). Zunächst wurde der *Littereintrag* (normiert auf 100 m) für die einzelnen Küstenkategorien (s. Kapitel 10.7.5) abgeschätzt. Darauf aufbauend wurde der *Littereintrag* mit dem *Kunststoffanteil des Litters* und der *Schlupfquote* multipliziert, um den jeweiligen *verbleibenden Kunststofflitter* zu erhalten (s. Abbildung 9).

Abbildung 9: Vorgehen für die Abschätzung des verbleibenden Kunststofflitters ausgehend von Küsten

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Littereintrag} & & \text{Kunststoffanteil} & & \text{Schlupfquote } q & & \text{Streckenlänge} & & \text{Verbleibender} \\ \text{[t/(100 m}^2\text{a)]} & \times & \text{des Litters} & \times & \text{[Gew.-%]} & \times & \text{[100 m]} & = & \text{Kunststofflitter} \\ & & \text{[Gew.-%]} & & & & & & \text{[t/a]} \end{array}$$

Quelle: Ökopol, das Vorgehen für die Abschätzung des verbleibenden Kunststofflitters ausgehend von Küsten ist im Vergleich zum grundsätzlichen Vorgehen (s. Kapitel 4.2) leicht verändert, denn es wurde zunächst der Littereintrag berechnet. Der Littereintrag wurde dann mit dem Kunststoffanteil des Litters, der Schlupfquote und der Streckenlänge multipliziert, um den verbleibenden Kunststofflitter zu erhalten. Der Litteranteil des Kunststoffabfalls wurde nicht in der dargestellten Berechnung aufgeführt, weil der Abfalleintrag bzw. der Littereintrag zu 100% aus Litter bestand.

4.9.3 Charakterisierung des Abfalleintrags

Der Küstenabfall lässt sich unterteilen in an Land entsorgte (landseitige) und auf See entsorgte (seeseitige) Abfälle. Quellen für landseitige Abfälle sind Tourismus-/Freizeitaktivitäten, sowie Abfälle aus eingeleiteten Abwässern (einschließlich Mischwasserüberläufen in Folge von Starkregenereignissen) (OSPAR, 2007). Quellen für seeseitige Abfälle sind Fischerei (einschließlich Aquakulturen), Schifffahrt und Kombüsen (OSPAR, 2007). Schernewski et al. (2017) geben zusätzlich noch Offshoreplattformen als seeseitige Quelle an. Die einzelnen Anteile dieser Gruppen am Küstenabfall und auch die absoluten Mengen sind standortabhängig. So ist der Abfallanteil von Tourismus-/Freizeitaktivitäten an der Nordseeküste geringer als an der Ostseeküste, während der Anteil der seeseitigen Abfälle an der Nordsee höher ist (Schernewski et al., 2017). Auch der landbasierte Eintrag ist stark standortgebunden, d.h. in der Nähe von hohen touristischen Aktivitäten bzw. der Einleitung von Abwässern (einschließlich Mischwasserüberläufe in Folge von Starkregenereignissen) ist mit höheren Einträgen zu rechnen. Weiterhin ist die Verteilung von Abfallobjekten auf kleinstem Raum sehr variabel, so kann die Anzahl von Abfällen (Stückzahl) an benachbarten 100-m-Küstenabschnitten um bis auf das Doppelte zunehmen (Schernewski et al., 2017). In dieser Studie wird nachfolgend der Strandabfall in Litter, welcher den Abfall von Tourismus-/Freizeitaktivitäten beinhaltet, und Nicht-Litter, also Abfälle aus eingeleiteten Abwässern, der Fischerei, der Schifffahrt, von Kombüsen und von Offshoreplattformen, eingeteilt.

4.9.4 Beschreibung zentraler Rechengrößen

In Tabelle 21 sind die zentralen Rechengrößen, auf denen die Abschätzung basiert, mit dazugehöriger Beschreibung aufgelistet.

Tabelle 21: Zentrale Rechengrößen - Küste

Rechengröße	Beschreibung
Littereintrag	Grundlagendaten von Hengstmann et al. (2017) und der Kurverwaltung Dierhagen
Kunststoffanteil des Litters	Daten von Hengstmann et al. (2017)
Schlupfquote	Experteneinschätzung der Autoren (s. Kapitel 4.2.2); für Seebäder und sonstige Badestellen basiert die Einschätzung auf Befragung von Trägern und Betreibern (s. Kapitel 10.7.3)

4.9.5 Ergebnisse

Die Ergebnisse bzgl. des *Abfalleintrags* und der Menge von *verbleibendem Kunststofflitter*, ausgehend vom Littering an der Küste, sind in Tabelle 22 aufgelistet.

Tabelle 22: Ergebnisse über die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs ausgehend vom Littering an der Küste

Kategorie – Küste	Länge in D [km]	Littereintrag [t/a]	Kunststofflittereintrag [t/a]	Verbleibender Kunststofflitter [t/a]
Seebäder	399	383	115	29 (11-46)
Sonstige Badestellen	196	132	40	30 (24-36)
Sonstige Küste	1.308	153	46	43 (41-46)
Sonstige Binnenküste von MV	1.541	6	1,7	1,6 (1,5-1,7)

Kategorie – Küste	Länge in D [km]	Littereintrag [t/a]	Kunststofflittereintrag [t/a]	Verbleibender Kunststofflitter [t/a]
Urbane Küste	74	26	8	3,9 (3,1-4,7)
Gesamtsumme	-	699	210	107 (81-134)

Die Berechnungen der einzelnen Längen sind in Kapitel 10.7.2 beschrieben. Die Berechnung des Littereintrags erfolgte auf Basis von Daten von Hengstmann et al. (2017), Schernewski et al. (2017) und der Kurverwaltung Dierhagen. Die Berechnung des Kunststofflittereintrags erfolgte auf Basis des Littereintrags und Daten von Hengstmann et al. (2017). Der verbleibende Kunststofflitter wurde auf Basis des Kunststofflittereintrags und den Einschätzungen über die Schlupfquoten berechnet (s. Tabelle 4). Der dazugehörige Rechenweg ist in Abbildung 9 veranschaulicht.

4.10 Kunststofflitterverbleib: Binnenbadestellen

In diesem Kapitel wird die Abschätzung über den *verbleibenden Kunststofflitter* an Binnenbadestellen beschrieben.

4.10.1 Beschreibung des Betrachtungsgegenstandes

In Deutschland gab es im Jahr 2015 1.925 EU-Binnenbadestellen (EUA 2016). Eine Definition der EU-Badestellen befindet sich in Kapitel 10.7.1.2. Neben den EU-Binnenbadestellen gibt es aber noch weitere Badestellen. Um diese zu erfassen, wurden die für MV vorhandenen Daten des KGeo LAIV (2017) ausgewertet. Dort waren neben den 152 EU-Binnenbadestellen noch 187 weitere Binnenbadestellen vermerkt (KGeo LAIV 2017). Das bedeutet, dass in MV 45% aller Binnenbadestellen EU-Binnenbadestellen sind. Wird dieses Zahlenverhältnis auf das Bundesgebiet übertragen, ergibt sich insgesamt eine Anzahl der Binnenbadestellen von etwa 4.300. Um die gesamte Binnenbadestellenlänge zu berechnen, musste eine spezifische Binnenbadestellenlänge angenommen werden. In Schleswig-Holstein beträgt der Mittelwert der Binnenbadestellenlänge 81 m und der Median 50 m (GDI-SH LVerteo 2017). Da der Mittelwert relativ stark vom Median abweicht, wurde aufgrund des Medians die Binnenbadestellenlänge im Bundesgebiet auf 50 m geschätzt. Mit der Anzahl der Binnenbadestellen (4.300) und der spezifischen Länge von 50 m ergibt sich eine Gesamtlänge von 215 km.

4.10.2 Konkretisierung des methodischen Vorgehens auf Grundlage der verfügbaren Daten

Die Abschätzung des Kunststofflittereintrags und -verbleibs ausgehend vom Littering von Binnenbadestellen entspricht der Abschätzung der sonstigen Badestellen in Kapitel 4.9 bzw. 10.7 an.

4.10.3 Charakterisierung des Abfalleintrags

Der Abfalleintrag an Binnenbadestellen kann ebenso wie der Abfalleintrag an der Küste (s. Kapitel 4.9.3) in landseitige und seeseitige Abfälle eingeteilt werden. Seeseitige Abfälle sind Fischereiabfälle (einschließlich Aquakulturen) und Abfälle, die der Schifffahrt und Kombüsen entstammen. Im Vergleich zu den seeseitigen Abfalleinträgen an der Küste werden Abfälle von Offshoreplattformen als Einträge an Binnenbadestellen ausgeschlossen. Mögliche landseitige Einträge sind Reste und Verpackungen aus dem Bereich des Unterwegskonsums von Lebensmitteln, Zigaretten/-filter, Zigaretten- und Tabakverpackungen, Kinderspielzeug (z.B. Schaukeln) und Bade- und Strandutensilien (z.B. leere Sonnencremeverpackungen, defekte Sonnenschirme, vergessene Handtücher und Badebekleidung).

4.10.4 Beschreibung zentraler Rechengrößen

Es wird angenommen, dass die Werte der einzelnen Rechengrößen (*Littereintrag, Kunststoffanteil des Litters*) zur Ermittlung des *verbleibenden Kunststofflitters* ausgehend von Binnenbadestellen gleich der Werte der sonstigen Badestellen an der Küste (s. Kapitel 4.9 bzw. 10.7) sind. Diese Annahme beruht darauf, dass die Nutzungsintensität und die Reinigungsintervalle von sonstigen Badestellen an der Küste und Binnenbadestellen als ähnlich eingeschätzt werden. Die einzige Rechengröße, bei der ein

Unterschied im Vergleich zur Abschätzung der sonstigen Badestellen an der Küste besteht, ist die Schlupfquote (s. Kapitel 4.2.2).

Tabelle 23: Zentrale Rechengrößen - Binnenbadestellen

Rechengröße	Beschreibung
Littereintrag	Grundlagendaten von Hengstmann et al. (2017)
Kunststoffanteil des Abfalleintrags	Daten von Hengstmann et al. (2017)
Litteranteil des Kunststoffabfalls	Daten von Schernewski et al. (2017)
Schlupfquote	Experteneinschätzung der Autoren beruhend auf der Annahme mittlerer Exponierung (hinsichtlich Verwehungen/Verspülungen), mittlerer Reinigungsintervalle und eines mittleren Reinigungsschlupfs (s. Kapitel 4.2.2).

4.10.5 Ergebnisse

Die Ergebnisse bzgl. des *Abfalleintrags* und der Menge von *verbleibendem Kunststofflitter*, ausgehend vom Littering von Binnenbadestellen, sind in Tabelle 24 aufgelistet.

Tabelle 24: Ergebnisse über die Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs ausgehend vom Littering von Binnenbadestellen

Binnenbadestellen	Länge in D [km]	Littereintrag [t/a]	Kunststofflittereintrag [t/a]	Verbleibender Kunststofflitter [t/a]
Gesamtsumme	215	145	43	26 (17-35)

Die Berechnung der Länge ist in Kapitel 0 beschrieben. Die Berechnung des Littereintrags erfolgte auf Basis von Daten von Hengstmann et al. (2017) und Schernewski et al. (2017). Die Berechnung des Kunststofflittereintrags erfolgte auf Basis des Littereintrags und Daten von Hengstmann et al. (2017). Der verbleibende Kunststofflitter wurde auf Basis des Kunststofflittereintrags und den Einschätzungen über die Schlupfquoten berechnet (s. Tabelle 4). Der dazugehörige Rechenweg ist in Abbildung 9 veranschaulicht.

4.11 Weitere Flächennutzungstypen

Es gibt weitere Flächennutzungstypen, in denen gelittert wird, wie z.B. touristisch genutzte Naturräume, Wälder oder Wasserflächen (direkt von Gewässerrandstreifen oder Brücken). Für eine Abschätzung der auf diesen Flächennutzungstypen in die Umwelt eingetragenen Kunststoffabfälle war die Datengrundlage jedoch nicht gegeben. Bei einer zukünftigen Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters* in der Umwelt von Deutschland und gegebener Datengrundlage sollten diese Flächennutzungstypen mitbetrachtet werden.

4.11.1 Touristisch genutzter Naturraum

Unter touristisch genutzten Naturräumen werden hierbei z.B. Wanderwege oder Radwege im ländlichen Raum verstanden. Der Anteil von Litteringabfällen am Abfalleintrag (Litteringabfälle und illegal entsorgte Abfälle) an Rad- und Wanderwegen wird als sehr hoch eingeschätzt. Grund hierfür ist, dass die Zugänglichkeit für Autos, die als mögliches Transportmittel für illegale entsorgte Abfälle fungieren, als stark eingeschränkt eingeschätzt wird.

Im Vergleich zu den Abfällen der anderen Flächennutzungstypen wird davon ausgegangen, dass die Litteringabfälle an Wander- und Radwegen einen höheren Kunststoffanteil aufweisen, da im Allgemeinen Wanderer und Radfahrer so wenig wie möglich schwere Materialien wie z.B. Glasflaschen mit sich tragen und daher auf Kunststoffverpackungen als Alternative ausweichen.

Im Folgenden wird beschrieben, wie eine Abschätzung des Kunststofflitterverbleibs an Wanderwegen vorgenommen werden könnte, wenn eine ausreichende Datengrundlage vorliegt. Eine mögliche Kategorisierung der Wanderwege könnte erfolgen, indem die Wanderwege nach ihrer Nutzungsintensität eingeteilt werden. Damit erhielte man bestimmte Wanderweglängen, die beispielsweise eine hohe, mittlere oder niedrige Nutzung aufweisen. Über Untersuchungen des Abfalls an Wanderwegen könnten für die einzelnen Kategorien der *Abfalleintrag*, der *Kunststoffanteil des Abfalleintrags* und der *Litteranteil des Kunststoffabfalls* ermittelt werden. Die *Schlupfquote* könnte anhand der Anzahl der Reinigungen und deren Intervalle abgeschätzt werden. Darauf aufbauend wäre der Kunststofflitterverbleib in der Umwelt durch das Littering an Wanderwegen abschätzbar. Eine Abschätzung über den verbleibenden Kunststofflitter ausgehend vom Littering von Radwegen könnte analog erfolgen.

4.11.2 Wälder

Der Anteil von illegalen Ablagerungen am Gesamtanteil der vom Menschen entsorgten Abfälle in Wäldern wird im Vergleich zu den touristisch genutzten Naturräumen (s. Kapitel 4.11.1) als hoch eingeschätzt, da ein Zugang für Autos zumindest in Wäldern, in denen Holz geschlagen und abgefahren wird, gegeben ist. Besonders an wenig frequentierten Waldwegen, die in der Nähe des öffentlichen Straßennetzes liegen, sind höhere Aufkommen von illegalen Ablagerungen zu erwarten. Damit verbunden ist ein im Vergleich zu den touristisch genutzten Naturräumen (s. Kapitel 4.11.1) ein geringerer Litteringanteil am Gesamtanteil der vom Menschen entsorgten Abfälle.

Wälder könnten kategorisiert werden in Waldwege und sonstiger Wald. Diese beiden Kategorien könnten weiterhin unterteilt werden anhand ihrer Nutzungsintensität (hoch, mittel, niedrig). Untersuchungen der vom Menschen entsorgten Abfälle im Wald könnten Daten liefern für die einzelnen Berechnungsgrößen (*Abfalleintrag*, *Kunststoffanteil des Abfalleintrags*, *Litteranteil des Kunststoffabfalls*). Die Schlupfquote könnte über die Anzahl der Reinigungen und deren Intervalle geschätzt werden. Wenn diese Daten für die einzelnen Kategorien gegeben sind und somit eine ausreichende Datengrundlage vorliegt, kann der Kunststofflittereintrag ausgehend vom Littering in Wäldern abgeschätzt werden.

4.12 Fortschreibungsfähigkeit der Abschätzung

Die vorgenommene Untersuchung stellt eine Abschätzung des in einem Jahr eingetragenen und verbleibenden Kunststofflitters dar. Für eine Fortschreibung der vorgenommenen Modellierung wären periodisch (frei) verfügbare Eingangsdaten notwendig. Das heißt, es müssten die in der Abschätzung verwendeten Daten in dem entsprechenden Zeitraum mehrmals unter gleichen Randbedingungen erhoben werden. Ausgehend von den in dieser einmaligen Abschätzung verwendeten Daten ist das je nach Flächennutzungstyp oft nur eingeschränkt möglich.

Eingeschränkte Fortschreibungsfähigkeit ist für die Flächennutzungstypen Fußgängerzonen, Flussrandstreifen, Binnenbadestellen und alle Kategorien der Küste außer Seebäder gegeben, da diese Abschätzungen auf Daten aus Einzelstudien, Experteninterviews und Ergebnissen aus Befragungen aufbauen. Sofern es sich um Daten aus Einzelstudien handelt, ist eine Fortschreibung nur unter den gleichen Randbedingungen wie bei der ursprünglichen Datengenerierung möglich. Im Falle der Flächennutzungstypen Straßenränder, Rastanlagen, Parkanlagen und der Kategorie der Seebäder (Flächennutzungstyp: Küste) ist eine Fortschreibung einfacher möglich, da die verwendeten Daten unter den gleichen Randbedingungen auch in Zukunft erhoben werden bzw. werden könnten. Für die Fortschreibung dieser Flächennutzungstypen wäre es dann notwendig, dass diese Daten bei den entsprechenden Stellen abgefragt und in der Abschätzung aktualisiert werden.

4.13 Zusammenfassung der Ergebnisse: Jährlich verbleibender Kunststofflitter in Deutschland

Um am Ende die Menge des verbleibenden Kunststofflitters mit einem Basiswert und einer Spannweite zu berechnen, wurde zunächst ein Bilanzmodell aufgestellt, in dem verschiedene Rechengrößen entwickelt wurden. Dieses Bilanzmodell wurde auf öffentlich zugängliche Eintragsorte bzw. Flächennutzungstypen angewandt, innerhalb derer gelittert wird. Zu diesen Flächennutzungstypen gehören Straßenränder, Rastanlagen, Parkanlagen, Fußgängerzonen, Flussrandstreifen, Küste (Nord- und Ostseeküste) und Binnenbadestellen. Anschließend wurden die Daten für die einzelnen Rechengrößen des Bilanzmodells recherchiert. In den Fällen, in denen die Daten nicht verfügbar waren, wurden die Rechengrößen auf Grundlage von Annahmen geschätzt.

Die Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters* auf den betrachteten Flächennutzungstypen beläuft sich auf eine Menge von 1.500 t/a (650-2.500 t/a) (s. Tabelle 25). Zwischen den einzelnen Flächennutzungstypen schwanken die Werte stark, z.B. beträgt der *verbleibende Kunststofflitter* an Straßenrändern das 218-fache des *verbleibenden Kunststofflitters* der Fußgängerzonen. Besonders die Größe bzw. Länge des jeweiligen Flächennutzungstyps und die Schlupfquote bewirken diese Schwankungen.

Tabelle 25: Menge des verbleibenden Kunststofflitters der betrachteten Flächennutzungstypen mit Gesamtsumme

Flächennutzungstyp	Littereintrag [t/a]	Kunststofflittereintrag [t/a]	Verbleibender Kunststofflitter [t/a]
Straßenränder	23.822 (21.314-26.998)	5.241 (4.689-5.940)	786 (234-1.485)
Rastanlagen	2.342	515	52 (26-77)
Parkanlagen	101.005	6.060	182 (59-309)
Fußgängerzonen	>646	646	3,2 (0,6-6,5)
Flussrandstreifen	1.591	560	342 (232-451)
Küste	699	210	107 (81-134)
Binnenbadestellen	145	43	26 (17-35)
Gesamtsumme	>130.250	13.275	1.498 (651-2.497)

Die Berechnungen der einzelnen Werte sind in den jeweiligen Kapiteln sowie im Anhang erläutert. Die ausgewiesene Gesamtsumme des Littereintrags beinhaltet alle Flächennutzungstypen außer Fußgängerzonen. Daten über den Littereintrag in Fußgängerzonen waren nicht gegeben, stattdessen konnte nur die Menge des Kunststofflittereintrags angesetzt werden. Somit wäre die Gesamtsumme des Littereintrags größer, wenn der Littereintrag in Fußgängerzonen mitbetrachtet werden würde. Für den Littereintrag und den Kunststofflittereintrag der Straßenränder sind Spannbreiten angegeben, weil die Berechnung dieser Größen auf Basis der Schlupfquoten und deren Spannbreiten erfolgte. Im Unterschied dazu sind die Litter- und Kunststofflittereinträge der anderen Flächennutzungstypen ohne Spannbreiten angegeben, weil aufgrund einer anderen Datengrundlage deren Berechnung nicht über die Schlupfquote und deren Spannweite erfolgte. Die Berechnungen des verbleibenden Kunststofflitters basieren bei allen Flächennutzungstypen auf der Annahme von Schlupfquoten und deren Spannbreiten, weswegen die Menge des verbleibenden Kunststofflitters ebenso mit Spannbreiten angegeben wurde.

Bei Einbeziehung weiterer relevanter Flächennutzungstypen (vgl. Abschnitt 4.11) wird sich die Summe weiter erhöhen, jedoch sind in der vorliegenden Abschätzung die wichtigsten Flächennutzungstypen enthalten. Ohne die vorgenommene Unterscheidung zwischen Litterabfällen und nicht-Litterabfällen (bzw. einer Annahme von Litteranteil = 100 %) würde sich die Summe der Kunststoffeinträge – bei sonst unveränderten Annahmen – auf bis zu 3.750 t/a erhöhen, wobei dies nur eine erste

grobe Abschätzung darstellt, da eine erneute Prüfung der Quellen und getroffenen Annahmen notwendig wäre.

Eine genauere Abschätzung (Reduzierung der Spannbreiten) wäre nur bei besserer Datengrundlage möglich. Die Literaturrecherche zeigte, dass stückzahlbezogene Daten zum Abfalleintrag vorliegen, gewichtsbezogene Daten aufgrund des hohen Aufwandes der Datengenerierung (Separieren der Abfälle, Entfernung von Anhaftungen, Trocknung) aber sehr häufig nicht gegeben waren. Zudem war die Datengrundlage zur Bestimmung der Flächengrößen häufig nicht oder nur teilweise verfügbar. Daraus resultierend mussten Annahmen für viele Rechengrößen getroffen werden, was eine Schwachstelle der vorgelegten Abschätzungen und Berechnungen bildet.

5 Kunststoffeinträge in Folge umweltoffener Kunststoffanwendungen

5.1 Grundsätzliches methodisches Vorgehen

Im Folgenden wird der Eintrag von Kunststoffen in die Umwelt abgeschätzt, der aus der umweltoffenen Anwendung von Kunststoffprodukten resultiert.

Grundsätzlich wird dabei von der Art und Menge der in Deutschland in der Umwelt verwendeten Kunststoffprodukte ausgegangen. Als Eintrag in die Umwelt wird dabei aber nicht die Verwendung der Produkte selber verstanden, sondern nur diejenigen Kunststoffmengen, die auch nach dem Ende der Nutzung der Produkte in der Umwelt verbleiben. Dies sind zum einen Kunststoffmengen, die während des umweltoffenen Gebrauchs der Produkte von diesen Produkten – zumeist unbeabsichtigt, aber vielfach dennoch in bestimmtem Ausmaß erwartbar bzw. unvermeidbar – in die Umwelt eingetragen werden (z. B. in Folge von Alterungsprozessen, Abnutzung, Abrieb oder Beschädigungen). Zum anderen handelt es sich um die Anteile an den Kunststoffprodukten, die nach dem Ende ihrer Nutzung nicht oder nicht vollständig wieder aus der natürlichen Umwelt entfernt werden (die also z. B. von Rückbaumaßnahmen nicht erfasst werden).

Um eine Vergleichbarkeit und Zusammenführbarkeit mit den Ergebnissen des Kapitel 4 (Littering von Kunststoffen) zu ermöglichen, wird auch hier ein Bilanzmodell verwendet, welches gedanklich den Netto-Eintrag an Kunststoffen aus der Produktverwendung in die Umwelt erfasst. Dieser Netto-Eintrag ergibt sich prinzipiell aus der Differenz zwischen den in Verkehr gebrachten Mengen an Kunststoffprodukten, die für den umweltoffenen Einsatz gedacht sind, abzüglich der nach deren Nutzung wieder aus der Umwelt entfernten Kunststoffmengen.

Während für die jährlich in Deutschland in Verkehr gebrachten (Kunststoff-)Produkte zur umweltoffenen Verwendung - zumindest vom Grundsatz her – auf verfügbare Daten zurückgegriffen werden kann, fehlen entsprechende quantifizierte Informationen zur jährlichen Entnahme solcher Produkte aus der Umwelt praktisch vollständig.

Aus diesem Grund wurde der Bilanzrahmen so gezogen, dass für die derzeit pro Jahr in Verkehr gebrachten Mengen an Kunststoffprodukten die zukünftigen, erwartbaren Umwelteinträge während und nach der Nutzung bestimmt und auf die Bilanzperiode des Inverkehrbringens bezogen werden.

Aussagen darüber, in welcher Form die in die Umwelt eingetragenen Kunststoffe vorliegen, also Aussagen zur Größenstruktur oder aber zu ihrem möglichen Degradationszustand, sind nicht Gegenstand dieser Abschätzungen.

5.1.1 Ableitung einer strukturierten „Produktliste“ als zentrales Element der Modellierung

Korrespondierend zu diesem methodischen Grundansatz bedarf es einer möglichst vollständigen „Listung“ aller Produkte, die in der Umwelt eingesetzt werden und von denen während und nach der Nutzung Kunststoffeinträge in die Umwelt resultieren können. Um diese „Produktliste“ zusammenzustellen, wurde wie folgt vorgegangen:

5.1.1.1 Festlegung von Produktkategorien der Verwendung in der Umwelt

Um relevante Produktgruppen zu identifizieren und abzugrenzen, die (zumindest überwiegend) in der Umwelt zur Verwendung kommen, wurden zunächst grundlegende Kategorien der Verwendung von Produkten in der Umwelt bestimmt. Es handelt sich dabei um die folgenden Kategorien:

- ▶ Baubereich
- ▶ Fahrzeuge / Verkehr
- ▶ Landwirtschaft und Gartenbau
- ▶ Sport-, Spiel-, Freizeit- und Eventbereich
- ▶ Verbraucherprodukte

5.1.1.2 Identifikation von Produktgruppen innerhalb der Produktkategorien

Bezogen auf diese Verwendungsbereiche wurde ein systematisches Screening der Produkt- und Warengruppen der Produktions- und Handelsstatistik sowie von Verbandsstatistiken durchgeführt, um Produktgruppen zu identifizieren, die (überwiegend) aus Kunststoffen bestehen und zu einem relevanten Anteil in der Umwelt eingesetzt werden.

Insgesamt wurden in diesem Prozess bislang 62 Produktgruppen identifiziert, die sich den fünf Produktkategorien wie folgt zuordnen lassen:

- ▶ Baubereich –19 Produktgruppen
- ▶ Fahrzeuge / Verkehr –11 Produktgruppen
- ▶ Landwirtschaft und Gartenbau –19 Produktgruppen
- ▶ Sport-, Spiel-, Freizeit- und Eventbereich – 4 Produktgruppen
- ▶ Verbraucherprodukte – 9 Produktgruppen

5.1.2 Beschreibung der Produktgruppen in Bezug auf Produkte, Polymerarte und typische Additivierungen

Die 62 identifizierten Produktgruppen der „Produktliste“ werden in der nachfolgend skizzierten Art und Weise konkreter beschrieben.

5.1.2.1 Beschreibung typischer Produkte und hauptsächlich verwendeter Polymer-Arten

Um im Verlauf der weiteren Diskussion und Abstimmung der verwendeten Produktgruppensystematik anschaulich zu machen, welche Produkte in den unterschiedlichen Produktgruppen subsummiert sind, erfolgt jeweils eine kurze Produktbeschreibung typischer Produkte. Darüber hinaus wurden die für diese Produkte bzw. innerhalb der Produktgruppe überwiegend verwendeten Polymer-Arten recherchiert.

5.1.2.2 Identifikation von (problematischen) Inhaltsstoffen

Da neben einer rein quantitativen Abschätzung der Eintragungsmengen der Kunststoffe im Projektrahmen auch eine Diskussion von Einträgen ggf. problematischer Inhaltsstoffe (z. B. aus Additivierungen und weitere Funktionalisierungen) erfolgen soll, wird für die einzelnen Produktgruppen auch ausgeführt, ob (vor dem Hintergrund der verwendeten Grundpolymere und der Verwendungsbedingungen) davon auszugehen ist, dass Additivierungen aus einer oder mehreren der folgenden funktionalen Gruppen in relevantem Maß⁵ enthalten sind:

- ▶ Flammschutzmittel
- ▶ Stabilisatoren
- ▶ Weichmacher
- ▶ Antistatika
- ▶ Farbstoffe
- ▶ Füllstoffe
- ▶ Gleitmittel

Eine vertiefende Betrachtung möglicher stofflicher Risiken kann im Weiteren auf Basis dieser ersten orientierenden Zuordnung sachgerechter Weise nur bei einer Fokussierung der Untersuchungen auf einzelne Produkte innerhalb der größeren Produktgruppen erfolgen.

⁵ Die Relevanz wurde hier nicht auf Basis vorhandener Mengen- oder Konzentrationsschwellen definiert, sondern auf Basis eigener Expertise, von Rückmeldungen von Experten oder auf Basis von Internetrecherchen z. B. bei Herstellern.

Mit Bezug auf konkrete Produkte können dann brancheninterne Quellen wie z. B. die Additivliste der Europäischen Kunststoffverwerter sowie im Zusammenwirken mit Herstellern entsprechende Produktinformationen und Sicherheitsdatenblätter in Bezug auf die Gefährlichkeitsmerkmale der zugesetzten Additive und Compounds ausgewertet werden.

5.1.3 Charakterisierung der Umwelteinträge

5.1.3.1 Bildung von Umwelteintragskategorien

Wie eingangs bereits ausgeführt, lassen sich bezogen auf die Produktnutzung zwei grundlegend unterschiedliche Arten des Eintrages von Kunststoffen in die Umwelt unterscheiden:

- ▶ Einträge während der Nutzungsphase
- ▶ Einträge bzw. Verbleib in der Umwelt nach dem Ende der Nutzung

Der Zeitpunkt des Umwelteintrages ist nach Produkt jeweils unterschiedlich. Bei Reifen erfolgt er offensichtlich über die gesamte Nutzungsdauer, während er bei Zigarettenkippen zu nahezu 100 % nach der Nutzung erfolgt.

Während der Nutzungsphase können dann zum einen Einträge aus Auswasch- oder Ab-/ Verwitterungsprozessen und zum anderen Einträge aus (stärkeren) mechanischen Belastungen und/oder Beschädigungen unterschieden werden.

Bei den Recherchen zur Quantifizierung der Eintragsmengen für die verschiedenen Produktgruppen wurden die folgenden Herausforderungen deutlich:

- ▶ Quantifizierte Untersuchungen, z. B. zur Kunststoffkonzentration im (Regen-) Wasserablauf von bewitterten Flächen liegen nur sehr vereinzelt und nur für konkrete Produkte in spezifischen Verwendungsbedingungen vor. Darüber hinaus fehlt derartigen Analysen praktisch durchgehend ein Bezug zur jeweiligen Gesamtmasse des umweltoffen verwendeten Produktes (also z. B. der Regenrinne, der Dachabdeckungen u. ä.). Damit sind die verfügbaren Einzelanalysen für den methodischen Schritt der Input-Output-Analyse faktisch nicht verwendbar.
- ▶ In Bezug auf mechanisch bedingte Nutzungsverluste sowie den Umweltverbleib nach der Nutzungsphase fehlen quantifizierte Sekundärstudien praktisch vollständig.

Befragungen von Akteuren, die in der Praxis konkrete Produktbestände (aus einer Produktgruppe) bewirtschaften (z. B. Bakenfüße) oder einsetzen (z. B. Lärmschutzwände), stellen damit in vielen Fällen die einzige Quelle für konkrete Informationen bzw. Abschätzungen dar. Beispiele sind hier u. a. Mitarbeiter einer Straßenmeisterei, die über Praxiserfahrungen und z. T. auch spezifische Daten über den Grad der nutzungsbedingten Beschädigungen und den daraus resultierenden Nachbeschaffungsbedarf an Bakenfüßen o. ä. verfügen. Gleiches gilt z. B. auch für die Nutzung von Verbisschutz in einer Försterei.

Doch selbst in derartigen Fällen erfolgt naturgemäß keine wirklich quantitative Aufteilung der beschädigten Produkte in die Massenanteile, die in die geordnete Entsorgung gegeben werden können, und die Anteile, die während/aufgrund der Beschädigung (nicht rückholbar) in die Umwelt eingetragen wurden. Hier können dann nur Experteneinschätzung herangezogen werden, wobei berücksichtigt werden muss, dass die Erfahrungen von verschiedenen Experten bzw. Anwendern sehr unterschiedlich sein können (z. B. holt der eine Förster den Verbisschutz so weit wie möglich aus der Schonung und kann somit den materiellen Verlust während der Nutzungsphase zumindest näherungsweise abschätzen, während der andere sie eher im Wald belässt, da die Sammelkosten zu hoch wären und daher keine Aussage über den Verbleib in der Umwelt während der Nutzungsphase möglich ist).

Noch gravierender sind diese Unschärfen in Bezug auf den Anteil der Produkte (einer Produktgruppe), die nach dem Ende ihrer Nutzungsdauer in der Umwelt verbleiben, z. B. bestimmte Bauprodukten wie

etwa Rohre. Zwar kann auch hier ein Abbruchunternehmer eine vermutlich vergleichsweise gute Abschätzung darüber geben, wieviel Prozent der verschiedenen Baugruppen/Produkte nach dem Rückbau in der Umwelt verbleiben. Die Fragen, für welchen Mengenanteil der in der Umwelt verbauten Kunststoffprodukte einer Produktgruppe aber überhaupt solche gezielten Rückbaumaßnahmen erfolgen, entzieht sich jedoch üblicherweise seiner Kenntnis.

Erschwerend kommt hinzu, dass bei vielen der heute in relevantem Maß in der Umwelt eingesetzten Produkte, besonders im Bereich des Grund- und des Geländebaus, die bestimmungsgemäßen Nutzungsdauern noch gar nicht erreicht wurden, da ihre quantitative Verwendung z. B. erst in den 70er oder 80er Jahren begann. Damit liegen naturgemäß noch keinerlei praktische Referenzerfahrungen vor.

Vor diesem Hintergrund wurde beschlossen, die Mengenabschätzung der Umwelteinträge auf Basis einer Zuordnung der verschiedenen Produktgruppen zu quantifizierten Umwelteintragskategorien vorzunehmen.

Dafür wurden die nachfolgend aufgeführten „idealtypischen“ Eintragskategorien gebildet.

Tabelle 26: Gebildete Umwelt-Eintragskategorien sowie angesetzte Verbleibsfaktoren

Umwelt-Eintragskategorien	Produktbeispiele	Mittl. Verbleibsfaktor Basiswert	Min. Verbleibsfaktor Minwert	Max. Verbleibsfaktor Maxwert
äußerst gering	Fassaden, Fenster, Gartenmöbel etc.	0,0001	0,00005	0,00015
sehr gering	Lärmschutzwände, Bautenfarben	0,001	0,0005	0,0015
mittel	Markierungsfarben	0,01	0,005	0,015
mittel bis hoch	Agrarfolien	0,055	0,01	0,1
hoch	Nur zum Teil rückgebaute Produktgruppen wie z. B. Geotextilien	0,7	0,5	0,9
sehr hoch	EPS-Flocken zur Bodenauflockerung; ummantelte Depotdünger	0,975	0,95	1

Der Verbleibsfaktor bemisst den Anteil der in Verkehr gebrachten Menge, der nach dem Zeitpunkt der Inverkehrbringung (in der Regel bis zur Entnahme des Produktes aus der Umwelt) in die Umwelt eingetragen wird. Die Verbleibsfaktoren wurden wie nachfolgend beschrieben auf Basis von Einzelinformationen und Expertenabschätzungen bestimmt.

Auf Basis der verfügbaren Einzelinformationen und Expertenabschätzungen erfolgte dann eine Zuordnung der Größenordnung des Umwelt-Verbleibsfaktors zu diesen Eintragskategorien, wobei neben einem Basiswert jeweils auch noch ein Min- und ein Max-Wert für diese Quote angelegt wurden. Der Verbleibsfaktor ist definiert als Anteil der in Verkehr gebrachten Menge einer Produktgruppe, der absehbar dauerhaft in der Umwelt verbleibt. Die Spannweite von Min- und Max-Wert soll verdeutlichen, dass eine genaue Abschätzung des Verbleibsfaktors auf Basis der vorliegenden Informationen in vielen Produktgruppen nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich ist.

Jeder Produktgruppe wurde auf Basis der verfügbaren Informationen, der Experteneinschätzungen sowie mittels Analogieschluss eine dieser Eintragskategorien zugeordnet. Bei einzelnen Produktgruppen wurde von der Zuordnung zu den in Tabelle 26 genannten Verbleibsfaktoren abgesehen, sofern es

primäre oder sekundäre Informationen gab, die andere Verbleibsfaktoren wahrscheinlich machten (z. B. bei den Markierungsfarben). Für diese Produktgruppen wurden dann die jeweiligen „individuellen“ Verbleibsfaktoren angegeben.

Lediglich in einigen ausgewählten Produktgruppen wurden – wie z. B. im Fall der Reifen oder der Fahrbahnmarkierungen - andere Berechnungsansätze zur Abschätzung der Umwelteinträge herangezogen.

5.1.3.2 Zeithorizonte für die Umwelteinträge

Auch wenn, wie eingangs beschrieben, das zugrunde gelegte „Bilanzmodell“ die zukünftigen Umwelteinträge auf den Zeitpunkt der erstmaligen Verwendung der jeweiligen Produkte „vorverlegt“, so ist es in Bezug auf die nachfolgende Diskussion von Ansatzstellen zur Minderung und mögliche Maßnahmenentwicklungen dennoch hilfreich, die typischen Nutzungsdauern der verschiedenen Produktgruppen zu kennen, aus denen sich dann sowohl für die nutzungsbedingten Einträge eine Eintragsperiode ergibt, als auch der mögliche Beginn der nachnutzungsbedingten Einträge/Verbleibe in die Umwelt.

Aufgrund der Heterogenität der Produkte innerhalb der Produktgruppen und der Unterschiedlichkeit ihrer konkreten Verwendungen können hier allerdings ebenfalls nur Größenordnungen an Nutzungsdauern angelegt werden.

Es erfolgte deshalb eine Zuordnung der einzelnen Produktgruppen zu den folgenden Nutzungsdauerklassen:

- ▶ < 1 Jahr (z. B. Pflanztöpfe oder Düngemittel)
- ▶ 1 < 10 Jahre (Bojen/Fender oder Kabelummantelungen)
- ▶ 10 < 30 Jahre (Rohre, Teichfolien)
- ▶ >30 Jahre (Palisaden, Abwasser-, Wasserrohre)

5.1.3.3 Quantifizierung der Verwendungsmengen und der resultierenden Umwelteinträge

Für die *in Verkehr gebrachte Menge (iVgM)* als der für die Abschätzung der Eintragsmenge nach der gewählten Methodik in den meisten Produktkategorien maßgeblichen Größe wurde – sofern möglich - auf öffentliche Produktions- und Handelsstatistiken sowie auf Branchenpublikationen zurückgegriffen. Da diese Statistiken vielfach aber nicht über eine ausreichende Differenzierung der Produktgruppen verfügen, wurden darüber hinaus in vielen Fällen hauseigene Consultic-Studien zur Bewertung und Mengenermittlung herangezogen.

In einigen Produktkategorien wie z. B. bei den Reifen oder bei Kunstrasenplätzen wurden eigene Berechnungen angestellt, um eine sinnvolle Ableitung von Umwelteinträgen vornehmen zu können. Bei den Reifen wurde z. B. auf die in Deutschland gefahrenen Kilometer von Pkw und Lkw zurückgegriffen und mithilfe von aus der Literatur bekannten Abnutzungsverlusten berechnet, welcher Eintrag in die Umwelt unter verschiedenen Annahmen aus dem Reifenabrieb besteht. Mit anderen Worten – nicht in allen Fällen bezieht sich die abgeleitete Menge auf Produktionszahlen. Dies wurde an den entsprechenden Stellen vermerkt.

Soweit möglich wurde jeweils das Jahr **2015 als Referenzjahr** für die Verwendungsmengen verwendet.

Die jeweiligen **Eintragsmengen** pro Produktgruppe wurden dann dadurch ermittelt bzw. abgeschätzt, dass die iVgM mit den drei Bezugswerten (Min, Basis, Max) für die Verbleibsfaktoren der jeweils angelegten Eintragskategorie multipliziert wurden.

5.1.3.4 Priorisierung

Da es im vorgegebenen Rahmen nicht möglich war, für alle 62 Produktgruppen alle relevanten Informationen zu recherchieren und zu verifizieren (z. B. durch Gespräche mit Marktteilnehmern oder

sonstigen Know-how-Trägern), wurde in einem weiteren methodischen Schritt eine Priorisierung der Produktgruppen zur näheren Betrachtung durchgeführt. Die Priorisierung ist in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt unter Berücksichtigung der Mengenrelevanz erfolgt.

Die wesentlichen Ziele dieser Priorisierung bestehen darin,

- ▶ diejenigen Produktgruppen zu benennen, die für die überwiegende Mehrheit des unintendierten Eintrags von Kunststoffen verantwortlich sind und
- ▶ für diese Gruppen erste Handlungsansätze zu definieren, die geeignet sind, den unintendierten Eintrag zu minimieren (siehe Kapitel 8).

In diesem Schritt wurden die folgenden Produktgruppen zur prioritären Betrachtung ausgewählt:

- ▶ Reifen
- ▶ Rohre
- ▶ Komposte
- ▶ Agrarfolien
- ▶ Geotextilien
- ▶ Bodenbeläge für Sport-/ Spielplätze
- ▶ Pflanztöpfe
- ▶ Klärschlamm
- ▶ Bautenfarben
- ▶ Düngemittel
- ▶ Rasengitter
- ▶ Fahrbahnmarkierungen
- ▶ Schuhe
- ▶ Zigaretten

5.2 Charakterisierung und Mengenabschätzung für die identifizierten Produktgruppen

In den folgenden Kapiteln werden zunächst die in den fünf Produktkategorien zusammengefassten Produktgruppen vorgestellt und anschließend die Mengenabschätzungen für die jeweiligen Produktgruppen einzeln und für die Kategorie zusammenfassend dokumentiert.

Bei der Charakterisierung der Produktgruppen wird die Datengrundlage für die in Verkehr gebrachte Menge (iVgM) ebenso skizziert wie die Eintragskategorie und die zugrunde gelegten Verbleibsfaktoren in ihrer minimalen, maximalen sowie der angenommenen Basisausprägung.

Die detaillierteren Steckbriefe zu den einzelnen Produktgruppen finden sich im Anhang.

5.2.1 Baubereich - Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie

Die Produktkategorie Baubereich umfasst folgende 19 Produktgruppen, die in nachfolgender Tabelle dargestellt sind.

Tabelle 27: Beschreibung der Produktgruppen der Produktkategorie „Baubereich“

Produktgruppe	Datengrundlage iVgM	Eintragskategorie	Verbleibsfaktor Min. / Basis / Max.
Baufolien	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Expertengesprächen	Verbleib im Bereich der Baustelle. Eintrag erfolgt durch Abtrennung kleiner Teilchen nach / während der Nutzung. Nach der Nutzung: Entnahme.	0,005 / 0,01 / 0,015
Geotextilien	dito	Verbleiben nach der Nutzungszeit zum großen Teil in der Umwelt, kein genereller Rückbau.	0,5 / 0,7 / 0,9
Fassadenelemente	dito	Verbleib im Bereich der Baustelle. Eintrag erfolgt durch Abtrennung/ Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach / während der Nutzung. Nach der Nutzung: Entnahme.	0,00005 / 0,0001 / 0,00015
Lagerzelte	dito	Eintrag erfolgt während der Nutzung (Abrieb).	0,00005 / 0,0001 / 0,00015
Palisaden	dito	Verbleib im Bereich der Baustelle. Eintrag erfolgt durch Abtrennung/ Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach / während der Nutzung. Nach der Nutzung: Entnahme.	0,005 / 0,01 / 0,015
Rasengitter	dito	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/ Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach / während der Nutzung. Nach der Nutzung: teilweise Entnahme.	0,01 / 0,055 / 0,1
Entwässerungsrinnen (Regenrinnen)	dito	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach / während der Nutzung. Nach der Nutzung: Entnahme, bei Einsatz im Boden ggf. Verbleib	0,01 / 0,055 / 0,1
Kabelummantelungen	dito	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach / während der Nutzung.	0,005 / 0,01 / 0,015

Produktgruppe	Datengrundlage iVgM	Eintragskategorie	Verbleibsfaktor Min. / Basis / Max.
Rohre	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und anhand einer Studie des DWA (Dt. Wasser- und Abwasserverband)	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach / während der Nutzung. Eintrag erfolgt durch Verbleib im Boden nach der Nutzung.	0,01 / 0,055 / 0,1
Formteile	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Expertengesprächen	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach / während der Nutzung.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
Lagertanks IBC oberirdisch	2015er iVgM-Zahlen von IPA (Industrial Packaging Association) für Deutschland verfügbar	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach / während der Nutzung. Nach der Nutzung: Entnahme	0,0005 / 0,001 / 0,0015
Dachabdeckungen	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Expertengesprächen	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach der Nutzung.	0,00005 / 0,0001 / 0,00015
Außenisolierungen	dito	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach der Nutzung.	0,00005 / 0,0001 / 0,00015
Kabelkanäle	dito	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach der Nutzung.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
PCC (Polymer Cement Concrete)	dito	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach der Nutzung.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
Kunststofffenster	dito	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach der Nutzung.	0,00005 / 0,0001 / 0,00015
Sickerblöcke	dito	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach der Nutzung. Eintrag erfolgt durch unvollständige Entnahme nach der Nutzung.	0,01 / 0,055 / 0,1

Produktgruppe	Datengrundlage iVgM	Eintragskategorie	Verbleibsfaktor Min. / Basis / Max.
Lärmschutzwände	Daten aus Lärm- schutzstatistik 2015, Gespräche mit Her- stellern	Eintrag erfolgt in geringe- rem Maße beim Rückbau, der i. d. R. nach einem sehr langen Zeitraum, in Prob- lemfällen auch nach weni- gen Jahren erfolgt. Geringe Schäden entstehen durch Wildverbiss.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
Bautenfarben	Eigene Recherche so- wie Angaben des Ver- bands der deutschen Lack- und Druckfarbe- nindustrie (VdL) zu Kunststoffgehalten	Eintrag erfolgt bei der Nut- zung i. d. R. durch Verwitte- rung	0,0025 / 0,005 / 0,0075

Die Modellierung der Produktgruppen erfolgte nach dem beschriebenen Vorgehen.

5.2.2 „Baubereich“ - Abschätzung der Eintragsmengen für die Produktgruppen der Produktkategorie

Aus den für das Jahr 2015 ermittelten in Verkehr gebrachten Mengen pro Produktgruppe und unter Ansatz der den Umwelteintrag determinierenden Faktorwerte aus der vorstehend dargestellten Produktgruppencharakterisierung ergeben sich für die Produktkategorie „Baubereich“ die nachfolgend dargestellten Mengenabschätzungen in Bezug auf den Kunststoffeintrag in die Umwelt. Je nach Verbleibsfaktor schwankt die zu erwartende eingetragene Verbleibsmenge zwischen rund 8.875 t/a und 60.425 t/a, wobei die Rohre mit Abstand die relevanteste Produktgruppe darstellen (Verbleibsmenge zwischen 4.600 und 46.000 t/a). Die zweitwichtigste Produktgruppe sind die Geotextilien, gefolgt von den Bautenfarben. Diese drei Produktgruppen sind nach den vorgenommenen Schätzungen für über 85 % der erwarteten Verbleibsmenge verantwortlich.

Tabelle 28: Mengenabschätzung zum Umwelteintrag aus den Produktgruppen der Produktkategorie „Baubereich“

Nr.	Produktgruppe	iVgM [t/a]	Verbleibsmenge min [t/a]	Verbleibsmenge Basis [t/a]	Verbleibsmenge max [t/a]
1-01	Baufolien	20.000	100	200	300
1-02	Geotextilien	5.000	2.500	3.500	4.500
1-03	Fassadenelemente	28.802	1,4	2,9	4,3
1-04	Lagerzelte	2.000	0,1	0,2	0,3
1-05	Palisaden	65.000	325	650	975
1-06	Rasengitter	32.500	325	1.788	3.250
1-07	Entwässerungsrin- nen (Regenrinnen)	16.250	163	894	1.625
1-08	Kabelummantelun- gen	39.250	196	393	589
1-09	Rohre	462.000	4.620	25.410	46.200

Nr.	Produktgruppe	iVgM [t/a]	Verbleibsmenge min [t/a]	Verbleibsmenge Basis [t/a]	Verbleibsmenge max [t/a]
1-10	Formteile	105.000	53	105	158
1-11	Lagertanks IBC oberirdisch	30.400	15	30	46
1-12	Dachabdeckungen	40.000	2,0	4,0	6,0
1-13	Außenisolierungen	546.000	27	55	82
1-14	Kabelkanäle	20.000	10	20	30
1-15	PCC (Polymer Cement Concrete)	5.000	2,5	5,0	7,5
1-16	Kunststofffenster	682.500	34	68	102
1-17	Sickerblöcke	15.000	150	825	1.500
1-18	Lärmschutzwände	750	0,4	0,8	1,1
1-19	Bautenfarben	139.915	350	700	1.049
(-)	Gesamtsumme	2.255.367	8.874	34.649	60.425

5.2.3 „Fahrzeuge / Verkehr“ - Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie

Die Produktkategorie Fahrzeuge / Verkehr setzt sich aus den folgenden 11 Produktgruppen zusammen.

Tabelle 29: Beschreibung der Produktgruppen der Produktkategorie „Fahrzeuge / Verkehr“

Produktgruppe	Datengrundlage iVgM	Eintragskategorie	Verbleibsfaktor Min. / Basis / Max.
Reifen	Separate Berechnung u. a. anhand der in Deutschland gefahrenen km pro Fahrzeugtyp, des Reifenabriebs pro Fahrzeugtyp, des Anteils der außerörtlichen Fahrten pro Fahrzeugtyp – verschiedene Datenquellen	Eintrag erfolgt während der gesamten Nutzungszeit	- / - / -
Absperrungen	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie)	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
Fahrbahnmarkierungen	Daten aus Ökopol-Studie, detaillierte Informationen von Evonik; Gespräche mit Autobahnmeistereien	Eintrag erfolgt während der Nutzung durch Abrieb (Lkw- Pkw-Reifen) sowie durch Abtrennung/ Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung.	0,18 / 0,28 / 0,38

Produktgruppe	Datengrundlage iVgM	Eintragskategorie	Verbleibsfaktor Min. / Basis / Max.
Leitelemente	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie)	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
Baken	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie)	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
Fußplatten (Bakenfüße)	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Expertengesprächen	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung.	0,005 / 0,01 / 0,015
Fahrzeugteile	Schätzung auf Basis der zugelassene Fahrzeuge 2015	Eintrag erfolgt durch Abfallen von Teilen während der Nutzung (z. B. Abdeckungen) oder bei Unfällen.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
Mülltonnen	Schätzung auf Basis von Herstellerangaben zur Produktionsmenge in Deutschland von Tonnen verschiedener Größen	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Abrieb) kleiner Teilchen während der Nutzung.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
Schiffsfarbe	Basismenge aus Destatis-Daten und Zahlen des Verbands der deutschen Lack- und Druckfarben-industrie (VdL)	Eintrag erfolgt während der gesamten Nutzungszeit durch abblättern.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
Fahrradreifen	separate Berechnung anhand von Anzahl Fahrradmänteln, Gewicht, Abrieb etc.	Eintrag erfolgt bei der Nutzung durch Abrieb	- / - / -
Schuhe	Schätzwert u. a. auf Basis von Gesprächen mit Schuhsohlenherstellern und Forschungsinstituten	Eintrag erfolgt während der gesamten Nutzungszeit	- / - / -

Bei den PKW- und LKW-Reifen sowie den Fahrradreifen wurde nicht die in Verkehr gebrachte Menge zur Berechnung der Verbleibsmengen berücksichtigt, sondern der Abrieb pro in Deutschland gefahrenem Kilometer (jeweils differenziert nach Fahrzeugtyp). Auch bei den Schuhen wurde eine separate Berechnung mithilfe eines (auf Basis von Fachgesprächen) angenommenen jährlichen Sohlenabriebs und einer durchschnittlichen Anzahl an in Verkehr gebrachten Schuhen pro Jahr durchgeführt.

5.2.4 „Fahrzeuge / Verkehr“ - Abschätzung der Eintragsmengen für die Produktgruppen der Produktkategorie

Für die in der Produktkategorie Fahrzeuge / Verkehr im Jahr 2015 in Verkehr gebrachte Menge kann die Verbleibsmenge auf zwischen 132.785 t (min.) und 165.440 t (max.) geschätzt werden. Dominiert wird diese Kategorie durch die Reifen, die über 97 % der Verbleibsmenge ausmachen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Reifenabrieb in der vorliegenden Schätzung vollumfänglich berücksichtigt wurde, auch wenn es hierbei nicht um typische Kunststoffeinträge geht. Der Kautschuk- und Erdölanteil im Reifen liegt bei etwa 60 %, aber auch dieser ist von den ansonsten betrachteten „typischen“ Kunststoffeinträgen abzugrenzen.

Außerdem wurde bei der Analyse des Reifenabriebs berücksichtigt, wie viel des Abriebs auf Straßen erfolgt, die an die Kanalisation angeschlossen sind, da der Abrieb auf diesen Straßen nur zu einem geringeren Teil unbeabsichtigt in der Umwelt verbleibt. Diese Abschätzung erfolgte auf Basis der Fahrleistungserhebung 2014 der Bundesanstalt für Straßenwesen.

Nach den Reifen sind die Schuhe die zweitrelevanteste Produktgruppe mit einer Verbleibsmenge zwischen 1.600 und 3.200 Tonnen, gefolgt von den Fahrbahnmarkierungen (zwischen 1.130 und fast 2.400 Tonnen).

Tabelle 30: Mengenabschätzung zum Umwelteintrag aus den Produktgruppen der Produktkategorie „Fahrzeuge / Verkehr“

Nr	Produktgruppe	iVgM [t/a]	Verbleibsmenge min [t/a]	Verbleibsmenge Basis [t/a]	Verbleibsmenge max [t/a]
2-01	Reifen	andere Berechnung	128.934	143.261	157.587
2-02	Absperrungen	20.000	10	20	30
2-03	Fahrbahnmarkierungen	6.290	1.132	1.761	2.390
2-04	Leitelemente	10.000	5,0	10,0	15,0
2-05	Baken	10.000	5,0	10,0	15,0
2-06	Fußplatten (Bakenfüße)	50.000	250	500	750
2-07	Fahrzeugteile	1.000	0,5	1,0	1,5
2-08	Mülltonnen	33.130	17	33	50
2-09	Schiffsfarbe	21.312	11	21	32
2-10	Fahrradreifen	andere Berechnung	821	1.095	1.369
2-11	Schuhe	andere Berechnung	1.600	2.400	3.200
	Gesamtsumme	(151.732)	132.786	149.112	165.439

Die Gesamtsumme der iVgM beinhaltet nur die Produktgruppen, für die eine iVgM angegeben ist.

5.2.5 „Landwirtschaft und Gartenbau“ - Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie

Die Produktkategorie Landwirtschaft und Gartenbau umfasst 19 Produktgruppen. Für alle diese Produktgruppen wurden die in Verkehr gebrachte Menge sowie der Verbleib standardmäßig nach der beschriebenen Vorgehensweise berechnet bzw. abgeleitet.

Tabelle 31: Beschreibung der Produktgruppen der Produktkategorie „Landwirtschaft und Gartenbau“

Produktgruppe	Datengrundlage iVgM	Eintragskategorie	Verbleibsfaktor Min. / Basis / Max.
Teichfolien	Schätzwert	Teichfolie verbleibt im Boden während der Nutzung, Eintrag in die Umwelt erfolgt nach der Nutzung. Nach der Nutzung: überwiegend Entnahme.	0,01 / 0,055 / 0,1
Agrarfolien/Erntefolien	Daten aus Consultic Studie; Abgleich mit Zahlen von RIGK	Eintrag erfolgt durch Verbleib im Boden während/nach der Nutzung (Verwehungen).	0,01 / 0,055 / 0,1
Silagefolie	Daten aus Consultic Studie; Abgleich mit Zahlen von RIGK	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z.B. Abrieb) kleiner Teilchen während der Nutzung.	0,005 / 0,01 / 0,015
Erntegarne	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie)	Eintrag erfolgt durch Verbleib im Boden während/nach der Nutzung (Verwehungen).	0,01 / 0,055 / 0,1
Drainage	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie)	Eintrag erfolgt durch teilweisen Verbleib im Boden nach der Nutzung infolge unvollständiger Entnahme.	0,01 / 0,055 / 0,1
Pflanztöpfe	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie)	Eintrag erfolgt durch Verbleib im Boden nach der Nutzung, Verwehungen, sonstige unsachgemäße Entsorgung.	0,01 / 0,055 / 0,1
landwirtschaftliche Netze	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie)	Eintrag erfolgt durch Verbleib im Boden während/nach der Nutzung, Verwehungen, sonstige unsachgemäße Entsorgung.	0,01 / 0,055 / 0,1
Düngemittel	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie)	Eintrag erfolgt durch Verbleib im Boden nach/ während der Nutzung.	0,95 / 0,975 / 1
Gewächshäuser	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie)	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z.B. Abrieb) kleiner Teilchen während der Nutzung oder beim Rückbau.	0,0005 / 0,001 / 0,0015

Produktgruppe	Datengrundlage iVgM	Eintragskategorie	Verbleibsfaktor Min. / Basis / Max.
Zäune	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie)	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z.B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach/während der Nutzung oder beim Rückbau.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
Tore	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie)	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z.B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach / während der Nutzung oder beim Rückbau.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
sonst. Landschaftsgestaltungselemente	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie)	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z.B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach/während der Nutzung oder beim Rückbau.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
fischereiwirtschaftliche Netze	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie)	Eintrag erfolgt durch Materialverlust während der Nutzung.	0,005 / 0,01 / 0,015
Bojen / Fender	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie)	Eintrag erfolgt durch Materialverlust während der Nutzung.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
Verbisschutz	Schätzwert, u. a. auf Basis von Expertengesprächen	Eintrag erfolgt durch Materialverlust. Nach der Nutzung: überwiegend Entnahme.	0,01 / 0,055 / 0,1
Klärschlamm	Destatis-Angaben sowie Fachgespräche u. a. mit Verbänden	Eintrag erfolgt bei der Nutzung i. d. R. auf landwirtschaftlichen Nutzflächen	- / 1 / -
Gärreste	Statistische Angaben des Umweltbundesamts sowie Analysen der Gütegemeinschaft Kompost	Eintrag erfolgt bei der Nutzung i. d. R. auf landwirtschaftlichen Nutzflächen	- / 1 / -
Komposte	Statistische Angaben des Umweltbundesamts sowie Analysen der Gütegemeinschaft Kompost	Eintrag erfolgt bei der Nutzung i. d. R. auf Parkflächen, im Gartenbau und im Gemüse- bzw. Obstanbau	- / 1 / -

Produktgruppe	Datengrundlage iVgM	Eintragskategorie	Verbleibsfaktor Min. / Basis / Max.
Biocarrier	Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Expertengesprächen	Eintrag erfolgt durch Ausschwemmung aus den Kläranlagen während der Nutzung.	0,005 / 0,01 / 0,015

5.2.6 „Landwirtschaft und Gartenbau“ - Abschätzung der Eintragsmengen für die Produktgruppen der Produktkategorie

Für die Produktkategorie „Landwirtschaft und Gartenbau“ schwanken die errechneten Verbleibsmengen für das Jahr 2015 zwischen rund 6.200 t/a (min.) und 21.500 t/a (max.). Auffällig ist, dass sich die Verbleibsmengen auf viele verschiedene Produktgruppen verteilen und es nicht wie in anderen Produktkategorien einzelne, in Bezug auf den Verbleib sehr dominante Gruppen gibt. Am dominantesten sind die Komposte, gefolgt von - je nach verwendetem Verbleibsfaktor - entweder den Düngemitteln oder den Agrar-/Erntefolien sowie den Pflanztöpfen und Klärschlämmen.

Tabelle 32: Mengenabschätzung zum Umwelteintrag aus den Produktgruppen der Produktkategorie „Landwirtschaft und Gartenbau“

Nr	Produktgruppe	iVgM [t/a]	Verbleibsmenge min [t/a]	Verbleibsmenge Basis [t/a]	Verbleibsmenge max [t/a]
3-01	Teichfolien	8.300	83	457	830
3-02	Agrarfolien/Erntefolien	30.000	300	1.650	3.000
3-03	Silagefolie	46.000	230	460	690
3-04	Erntegarne	15.000	150	825	1.500
3-05	Drainage	4.150	42	228	415
3-06	Pflanztöpfe	41.500	415	2.283	4.150
3-07	landwirtschaftliche Netze, Schläuche, Vliese	16.000	160	880	1.600
3-08	Düngemittel	2.075	1.971	2.023	2.075
3-09	Gewächshäuser	1	0,0	0,0	0,0
3-10	Zäune	100	0,1	0,1	0,2
3-11	Tore	100	0,1	0,1	0,2
3-12	sonst. Landschaftsgestaltungselemente	2.000	1,0	2,0	3,0
3-13	fischwirtschaftliche Netze	10.000	50	100	150
3-14	Bojen / Fender	5.000	2,5	5,0	7,5
3-15	Verbissschutz	5.000	50	275	500
3-16	Klärschlamm	andere Berechnung	1.500	2.250	3.000

Nr	Produktgruppe	iVgM [t/a]	Verbleibsmenge min [t/a]	Verbleibsmenge Basis [t/a]	Verbleibsmenge max [t/a]
3-17	Gärreste	andere Berechnung	149	166	183
3-18	Komposte	andere Berechnung	1.088	2.229	3.369
3-19	Biocarrier	2.000	10	20	30
	Gesamtsumme	(190.226)	6.202	13.853	21.502

Die Gesamtsumme der iVgM beinhaltet nur die Produktgruppen, für die eine iVgM angegeben ist.

5.2.7 „Sport-, Spiel-, Freizeit- sowie Eventbereich“ - Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie

In dieser Produktkategorie sind vier Produktgruppen zusammengefasst.

Tabelle 33: Beschreibung der Produktgruppen der Produktkategorie „Sport-, Spiel-, Freizeit- sowie Eventbereich“

Produktgruppe	Datengrundlage iVgM	Eintragskategorie	Verbleibsfaktor Min. / Basis / Max.
Granulat für Kunstrasenplätze	separate Berechnung anhand von geschätztem Granulatersatz pro qm des Bestands an Kunstrasenplätzen in Deutschland sowie des Granulatverlusts auf neugebauten Plätzen	Eintrag erfolgt durch Materialverlust.	0,4 / 0,5 / 0,6
Spielgeräte/Spielzeug	Schätzwert	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung oder durch Verlust/Vergessen.	0,005 / 0,01 / 0,015
Gartendekorationsartikel	Eigene überschlägige Berechnung Consultic	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
Angelschnur	Destatis Produktionsmenge, nicht bereinigt um Im- und Export	Eintrag erfolgt durch Materialverlust.	0,005 / 0,01 / 0,015

5.2.8 „Sport-, Spiel-, Freizeit- sowie Eventbereich“ - Abschätzung der Eintragsmengen für die Produktgruppen der Produktkategorie

In der Produktkategorie „Sport-, Spiel-, Freizeit- sowie Eventbereich“ kann von einer Verbleibsmenge von rund 1.820 t (min.) und 3.140 t (max.) ausgegangen werden. Diese Kategorie wird in Bezug auf die Verbleibsmenge dominiert durch das Granulat für Sport- und Spielplätze aus Kunstrasen, die für 80 bis 85 % der gesamten Verbleibsmenge stehen.

Tabelle 34: Mengenabschätzung zum Umwelteintrag aus den Produktgruppen der Produktkategorie „Sport-, Spiel-, Freizeit- sowie Eventbereich“

Nr-	Produktgruppe	iVgM [t/a]	Verbleibsmenge min [t/a]	Verbleibsmenge Basis [t/a]	Verbleibsmenge max [t/a]
4-01	Granulat für Kunstrasenplätze	3.857	1.543	1.929	2.314
4-02	Spielgeräte/Spielzeug	50.000	250	500	750
4-03	Gartendekorationsartikel	22.296	11	22	33
4-04	Angelschnur	2.890	14	29	43
(-)	Gesamtsumme	79.043	1.818	2.480	3.141

5.2.9 „Verbraucherprodukte“ - Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie

9 Produktgruppen bilden zusammen diese Produktkategorie. Es bleibt festzuhalten, dass bei den Zigarettenfiltern eine eigene Berechnung anhand des Filtergewichts sowie einer Annahme bezüglich des Anteils der nicht ordnungsgemäß entsorgten Kippen erfolgte.

Tabelle 35: Beschreibung der Produktgruppen der Produktkategorie „Verbraucherprodukte“

Produktgruppe	Datengrundlage iVgM	Eintragskategorie	Verbleibsfaktor Min. / Basis / Max.
Garten-/Terrassemöbel	Schätzwert	Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung.	0,00005 / 0,0001 / 0,00015
Luftballons	Eigene überschlägige Berechnung Consultic	Eintrag erfolgt nach der Nutzung.	0,005 / 0,01 / 0,015
Feuerwerk (Raketenkappen)	Eigene überschlägige Berechnung Consultic	Eintrag erfolgt nach der Nutzung.	0,0005 / 0,001 / 0,0015
Zigarettenfilter / -kippen	Abverkauf an Zigaretten 2015; Berechnung des Filtergewichts, Annahme zu nicht ordnungsgemäß entsorgten Kippen	Eintrag erfolgt nach der Nutzung.	0,01 / 0,055 / 0,1
Feuerzeuge	Eigene überschlägige Berechnung Consultic	Eintrag erfolgt nach der Nutzung.	0,005 / 0,01 / 0,015
Kosmetika	Abschätzungen auf Basis der UBA-Studie "Quellen für Mikroplastik mit Relevanz für den Meeresschutz in Deutschland"	Eintrag erfolgt während der Nutzung.	0,95 / 0,975 / 1

Produktgruppe	Datengrundlage iVgM	Eintragskategorie	Verbleibsfaktor Min. / Basis / Max.
Kleidungsfasern	Schätzung auf Basis der Consultic-Studie Vom Land ins Meer – Modell zur Erfassung landbasierter Kunststoffabfälle 2016	Eintrag erfolgt während der gesamten Nutzungszeit.	- / - / -
Dekorationselemente Kunststoff (z. B. bei Hochzeit)	Eigene überschlägige Berechnung Consultic	Eintrag erfolgt während der gesamten Nutzungszeit.	0,01 / 0,055 / 0,1
Sonstige Farben und Lacke (ohne Bauten- anstriche und Schiffsfarben)	Daten aus Ökopol-Bericht zu Farben und Lacken sowie Abschätzungen des Kunststoffanteiles auf Basis von Internetrecherche und Expertengesprächen	Eintrag erfolgt während der gesamten Nutzungszeit durch Abblättern.	0,0005 / 0,001 / 0,0015

5.2.10 „Verbraucherprodukte“ - Abschätzung der Eintragsmengen für die Produktgruppen der Produktkategorie

Für die Produktkategorie „Verbraucherprodukte“ ergeben sich die nachfolgend dargestellten Mengenabschätzungen in Bezug auf den Kunststoffeintrag in die Umwelt. Die gesamte Verbleibsmenge schwankt zwischen 860 und rund 2.540 t/a, wobei die Produktgruppen „sonstige Farben und Lacke“ sowie „Kosmetika“ in der Minimumvariante bzw. in den beiden anderen Varianten „Zigarettenfilter“ mit einem gemeinsamen Anteil von über 85 % sehr dominant sind.⁶

⁶ Die Zigarettenfilter wurden im in Kapitel 8 ausführlich auf Basis eines bottom-up-Ansatzes berücksichtigt. Die herausgearbeiteten Eintragsmengen sind nicht zusätzlich zu den Mengen aus Kapitel 8 zu verstehen.

Tabelle 36: Mengenabschätzung zum Umwelteintrag aus den Produktgruppen der Produktkategorie „Verbraucherprodukte“

Nr	Produktgruppe	iVgM [t/a]	Verbleibsmenge min [t/a]	Verbleibsmenge Basis [t/a]	Verbleibsmenge max [t/a]
5-01	Garten-/ Terrassenmöbel	5.000	0,3	0,5	0,8
5-02	Luftballons	2.000	10	20	30
5-03	Feuerwerk (Raketenkappen)	49	0,0	0,0	0,1
5-04	Zigarettenfilter / -kippen	16.200	162	891	1.620
5-05	Feuerzeuge	820	4,1	8,2	12,3
5-06	Kosmetika	500	475	488	500
5-07	Kleidungsfasern	175	150	175	200
5-08	Dekorationselemente Kunststoff (z. B. bei Hochzeit)	5,6	0,1	0,3	0,6
5-09	Sonstige Farben und Lacke (ohne Bautenanstriche und Schiffsfarben)	116.238	58	116	174
(-)	Gesamtsumme	140.988	860	1.699	2.538

5.3 Überblick über die Eintragungsmengen in allen fünf untersuchten Produktkategorien

Zusammenfassend lässt sich die Verbleibsmenge in den fünf untersuchten Produktkategorien wie folgt abschätzen. In Abhängigkeit von den angenommenen Verbleibsfaktoren kann von einem minimalen Verbleib von 150.540 t/a und einem maximalen Verbleib von 253.045 t/a ausgegangen werden.

Dabei wird deutlich, dass die Kategorie „Fahrzeuge / Verkehr“ mit Abstand den größten Anteil an den Einträgen darstellt, gefolgt vom Baubereich. Die beiden Produktkategorien Sport-, Spiel-, Freizeit- sowie Eventbereich und Verbraucherprodukte spielen in Bezug auf die zu erwartenden Umwelteinträge eher eine untergeordnete Rolle.

Tabelle 37: Mengenabschätzung zum Umwelteintrag aus allen fünf untersuchten Produktkategorien

Nr.	Produktkategorie	iVgM [t/a]	Verbleibsmenge min [t/a]	Verbleibsmenge Basis [t/a]	Verbleibsmenge max [t/a]
1	Baubereich	2.255.367	8.874	34.649	60.425
2	Fahrzeuge / Verkehr	151.732	132.786	149.112	165.439
3	Landwirtschaft und Gartenbau	190.226	6.202	13.853	21.502
4	Sport-, Spiel-, Freizeit- sowie Eventbereich	79.043	1.818	2.480	3.141

Nr.	Produktkategorie	iVgM [t/a]	Verbleibsmenge min [t/a]	Verbleibsmenge Basis [t/a]	Verbleibsmenge max [t/a]
5	Verbraucherprodukte	140.988	860	1.699	2.538
(-)	Gesamtsumme	2.817.355	150.539	201.793	253.045

Bezüglich der angegebenen iVgM ist zu beachten, dass einzelne Produkte, bei denen die Berechnung des Verbleibs in abweichender Methodik (vgl. Ausführungen in den einzelnen Unterabschnitten) erfolgt ist, in den angegebenen Mengen nicht inbegriffen sind (dies gilt für Fahrzeugreifen, Fahrradreifen und Schuhe sowie Klärschlamm, Gärreste und Komposte).

6 Studienvergleich

Neben dem UFOPLAN-Vorhaben „Kunststoffe in der Umwelt“, welches dieser Bericht behandelt und das von Ökopol bearbeitet wird (im Folgenden: Ökopol-Studie), befassen sich aktuell auch andere Studien mit einer Quantifizierung des Eintrags von Kunststoffen in die Umwelt. Konkret sind hier zu nennen:

- ▶ Bertling, Jürgen; Hamann, Leandra; Bertling, Ralf (2018): Kunststoffe in der Umwelt. Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Unter Mitarbeit von Tatiana Bladier, Rodion Kopitzky, Daniel Maga, Nils Thonemann und Torsten Weber. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Hg.), Oberhausen (im Folgenden: Umsicht-Studie) sowie
- ▶ Conversio (2018): Vom Land ins Meer - Modell zur Erfassung landbasierter Kunststoffabfälle. Unter Mitarbeit von Christoph Lindner und Thomas Jäger. Hg. v. Conversio und BKV. Frankfurt. (im Folgenden: Conversio-Studie)

Zwar unterscheiden sich die drei Studien bzw. Vorhaben in einigen Punkten, es bestehen jedoch grundsätzliche Gemeinsamkeiten – es erfolgt jeweils eine Quantifizierung von Kunststoffeinträgen aus verschiedenen Anwendungen bzw. Aktivitäten. Alle Studien haben im Grunde das Ziel, relevante Quellen für Kunststoffeinträge zu identifizieren und zu quantifizieren. Hierbei gehen alle drei Studien unterschiedlich mit der schwierigen Datenlage um und unterscheiden sich in verschiedenen Aspekten der methodischen Vorgehensweise sowie bei Ziel und Untersuchungsrahmen.

Um die jeweils getroffenen Aussagen und Ergebnisse der Studien korrekt zu interpretieren, ist es wichtig, die wesentlichen Unterschiede zu verstehen.

Vor diesem Hintergrund erfolgt im Folgenden ein Vergleich der drei Studien. Basis dieses Vergleichs ist zum einen eine Auswertung der jeweils veröffentlichten Berichte und Dokumentationen⁷, zum anderen ein Workshop, der im September 2018 unter Beteiligung der jeweiligen Autoren von Fraunhofer Umsicht sowie Conversio bei Ökopol in Hamburg durchgeführt wurde.

6.1 Vergleich von Methodik, Ziel und Untersuchungsrahmen

Die drei Studien unterscheiden sich in verschiedenen methodischen Aspekten sowie bezüglich ihrer Ziele und Untersuchungsrahmen. Ein ganz wesentlicher Unterschied zwischen der Ökopol- und der Umsicht-Studie auf der einen Seite und der Conversio-Studie auf der anderen Seite besteht darin, dass die Conversio-Studie auf Einträge ins Meer fokussiert, während die anderen beiden Studien Einträge in die Umwelt insgesamt (d. h., in alle Umweltmedien) betrachten. Darüber hinaus bestehen eine Reihe weiterer relevanter Unterschiede. Tabelle 38 fasst wesentliche Gemeinsamkeiten und Unterschiede zusammen.

⁷ In Bezug auf die veröffentlichten Berichte und Dokumentationen ist anzumerken, dass hier die Berechnungsansätze und getroffenen Annahmen sowie verwendeten Daten nicht in einem Maße offen gelegt sind, die eine volle Nachvollziehbarkeit erlaubt.

Tabelle 38: Zusammenfassung von Methodik, Ziel und Untersuchungsrahmen

Aspekt	Ökopol-Studie	Conversio-Studie	Umsicht-Studie
Gegenstand	Verbleib aus Kunststoffanwendungen in der Umwelt	Einträge vom Land ins Meer Modell zur Erfassung landbasierter Kunststoffe	Lose Kunststoffe in der Umwelt (Mikro- und Makro-Kunststoffe)
Geographischer Bezug	Deutschland	Nordsee, Ostsee, Schwarzes Meer ausgehend von Einträgen in Deutschland	Deutschland
Zeitliche Dimension	Bezugsjahr: Jahr der Produktion / des Inverkehrbringens; Rückbezug der Einträge auf dieses Jahr	Eintrag im aktuellen Jahr	Bezugsjahr: Jahr der Produktion/ des Inverkehrbringens
Form des Eintrags	Keine Unterscheidung der Kunststoffe nach Größe: Abrieb wird ebenso quantifiziert wie komplette Produkte	Mikro- (< 5mm) und Makrokunststoffe (> 5mm)	Mikroplastik (Typ A/B) und Makrokunststoffe Typ A: gezielt hergestellt Typ B: entsteht während Nutzung;
Betrachtungsgegenstand	Littering sowie 62 Produktgruppen, ausgewählt auf Basis von Expertenwissen	8 Produktbereiche	49 Produktgruppen auf Basis von Experteneinschätzungen (Befragung)
Modellierungsansatz	Littering (von Verpackungen etc.): Bottom-up auf Basis von Sammeldaten; Kunststoffanwendungen: Top-Down auf Basis von Produktionsdaten (und iVgM-Daten) auf Ebene einzelner Produktgruppen	Top-Down auf Basis von Abfallmengen	Top-Down auf Basis von Produktionsdaten (und iVgM-Daten) auf Ebene einzelner Produktgruppen
Ursache des Eintrags	intendiert, in Kauf genommen, achtlos	in Kauf genommen, achtlos	intendiert, in Kauf genommen, achtlos

Erläuterungen:

iVgM = in Verkehr gebrachte Mengen

Für eine vergleichende Betrachtung der drei Studien sind also insbesondere folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Unterschiede bezüglich der berücksichtigten Produktgruppen/Anwendungsbereiche: Die Auswahl der einbezogenen Produktgruppen bzw. Anwendungsbereiche und Aktivitäten in den drei Studien stützt sich jeweils auf Experteneinschätzungen zu deren Relevanz sowie die Verfügbarkeit von Daten. Hier gibt es jeweils Unterschiede zwischen den drei Studien (wenn auch mit größeren Schnittmengen zwischen Umsicht- und Ökopol-Studie).

- ▶ Unterschiedliches Verständnis von Kunststoffeinträgen: Zwar befassen sich alle drei Studien mit Kunststoffeinträgen, sie unterscheiden sich jedoch darin, was einbezogen wird und was nicht. So bezieht die Conversio-Studie keine Produktanwendungen ein, die nicht Abfall werden bzw. geworden sind. In der Umsicht-Studie wird Abrieb aus Anwendungen mitbetrachtet sowie der Eintrag von Makrokunststoffen in Folge von Littering. Hierüber hinausgehend wird in der Ökopol-Studie auch der (mögliche) Verbleib kompletter Produkte in der Umwelt nach der Nutzung miteinbezogen.
- ▶ Unterschiede im Modellierungsansatz und – hiermit verbunden – bei der herangezogenen Datengrundlage:
 1. Top-Down vs. Bottom-Up: In Bezug auf die Kunststoffeinträge in Folge des Litterings (von Kunststoffverpackungen) wird in der Ökopol-Studie ein Bottom-Up-Ansatz, ausgehend von Daten der Straßenreinigung (und anderen Reinigungsaktivitäten), verwendet. Die anderen Studien verfolgen hier einen Top-Down-Ansatz, in der Conversio-Studie ausgehend von der Gesamtmenge an Verpackungsabfällen, in der Umsicht-Studie ausgehend von Daten der Abfallstatistik (Menge Straßenkehricht). Sowohl im Top-Down als auch im Bottom-Up Ansatz sind jeweils verschiedene Annahmen zu treffen.
In der Ökopol- und der Umsicht-Studie wird zudem eine Betrachtung von Produkten vorgenommen; Datengrundlage ist hier jeweils die in Verkehr gebrachte Menge. In der Conversio-Studie wird eine deutlich stärker aggregierte Betrachtungsweise verfolgt; Ausgangspunkt sind Daten zu Abfallmengen.
 2. Berücksichtigung von Zeithorizonten: Die Conversio-Studie quantifiziert die Einträge in einem Kalenderjahr. Die Ökopol-Studie und die Umsicht-Studie nutzen jeweils das Jahr des Inverkehrbringens (von Produkten) als Bezugsjahr. Größere Unterschiede ergeben sich hier aber speziell für die Ökopol-Studie, da diese den (endgültigen) Verbleib von Produkten nach der Nutzung mit betrachtet, was einen entsprechend längeren relevanten Zeitraum bedeutet.

Neben diesen Aspekten kann auch eine unterschiedliche Verwendung des Begriffs Littering für Unklarheiten beim Leser der drei Studien sorgen: In der Ökopol-Studie wird Littering eng im Sinne der einschlägigen Literatur verwendet (siehe bspw. Breitbarth und Urban 2014, Meer et al. 2007, Heeb et al. 2005) und verstanden als das achtlose Wegwerfen oder Liegenlassen von Abfällen im öffentlichen Raum am Ort des Entstehens. Die nicht ordnungsgemäße Ablagerung von größeren Abfällen, wie z. B. Autoreifen, Sperrmüll oder Kühlschränken wird dagegen als illegale Entsorgung und nicht als Littering gewertet und ist nicht explizit Teil der Betrachtung. In der Conversio-Studie werden sämtliche (hier relevanten) Einträge unter Marine-Litter gefasst, was bspw. auch Einträge von Kunststofffasern oder Mikrokunststoffen aus Komposten umfasst. In der Umsicht-Studie werden, soweit aus der Studie nachvollziehbar, alle Einträge von Makrokunststoffen unter Littering gefasst.

6.2 Vergleich auf Ebene der Gesamtergebnisse: Größte Quellen und Gesamtmengen

Ein grundsätzlicher Unterschied besteht zwischen Ökopol- und Umsicht-Studie auf der einen Seite und der Conversio-Studie auf der anderen Seite. Während erstere sich auf einzelne Produktgruppen beziehen, wird in der Conversio-Studie ein stärker aggregierter Ansatz verfolgt. In der Conversio-Studie werden sechs Unterkategorien für Mikrokunststoffe (Fasern, Verbraucherprodukte, Haushalt-Sonstige, Kompost/Gärrückstände, Produktions- und Verarbeitungsabfälle, Industrie/Gewerbe-Sonstiges) und drei Unterkategorien von Makrokunststoffen (Verpackungen, Agrar, Sonstiges) unterschieden, für die Mengen berichtet werden:

Tabelle 39: Ordnung der Kunststoff-Quellen nach Mengenrelevanz entsprechend Conversio-Studie

Art der Quelle	Eintrag ins Meer in 2014 [t]	Nähere Beschreibung
Verpackungen (Makrokunststoffe)	741	Verkaufs-, Transport- und Umverpackungen (z. B. Haushalt, Agrarbereich, Bau und Industrie), unter anderem Flaschen und Folien
Makrokunststoffe-Sonstiges	434	Einträge aus Abfällen (Haushaltswaren, sonstige Bereiche)
Mikrokunststoffe - Fasern	93	Fasern aus Textilwäsche
Agrar (Makrokunststoffe)	50	Abfälle aus dem Agrarsektor, hauptsächlich Folien, Kanister, Bewässerungssysteme
Verbraucherprodukte (Mikrokunststoffe)	46	Insb. Kosmetik
Haushalt-Sonstiges (Mikrokunststoffe)	27	z. B. Reinigungsmittel
Produktions- und Verarbeitungsabfälle (Mikrokunststoffe)	8	Kunststoffgranulate aus Produktion und Verarbeitung, Mikrokunststoffe in Industrieabwasser
Industrie/Gewerbe-Sonstiges	3	Abfälle aus den Bereichen Automotive, Bau, Elektronik und anderen Bereiche
Kompost/ Gärrückstände	3	In Bioabfällen/Grüngut aus Haushalten und Gewerbe, Gärprodukten aus der Vergärung von Bioabfällen, Küchenabfällen etc. enthaltene Kunststoffe

Ökopol- und Umsicht-Studie hingegen betrachten einerseits das Littering nach Flächennutzungstypen (Ökopol-Studie) bzw. den Eintrag von Makrokunststoffen innerorts und außerorts (Umsicht-Studie) und andererseits Einträge aus der Anwendung von Kunststoffprodukten, für die jeweils eine Auswahl anhand von Experteneinschätzungen erfolgt ist.

Tabelle 40: Größte Quellen für Kunststoffeinträge in die Umwelt nach Ökopol- und Umsicht-Studie, sortiert nach Eintragsmenge

Quelle Nr.	Ökopol-Studie	Eintrag [t/a]	Umsicht-Studie	Eintrag [t/a]
1	Reifen, KFZ	143.261 (129.000- 158.000)	Reifen, KFZ	90.338
2	Rohre	25.410 (4.620- 46.200)	Makroplastiken (Littering von Abfällen)	34.000
3	Geotextilien	3.500 (2.500-4.500)	Abrieb Bitumen in Asphalt*	18.810
4	Schuhe	2.400 (1.600-3.200)	Pelletverluste	15.015
5	Pflanztöpfe	2.283 (415-4.150)	Kompost	13.943
6	Klärschlamm	2.250 (1.500 – 3.000)	Freisetzung bei der Abfallentsorgung, ohne Komposte*	11.039

Quelle Nr.	Ökopol-Studie	Eintrag [t/a]	Umsicht-Studie	Eintrag [t/a]
7	Komposte	2.229 (1.088 – 3.369)	Verwehungen Sport- und Spielplätze	10.874
8	Düngemittel	2.023 (1.971-2.075)	Abrieb Schuhsohlen	8.993
9	Granulat für Kunstrasenplätze	1.929 (1.543 – 2.314)	Abrieb Kunststoffverpackungen*	8.176
10	Rasengitter	1.788 (325 – 3.250)	Abrieb Fahrbahnmarkierungen	7.508
11	Fahrbahnmarkierungen	1.761 (1.132-2.390)	Abrieb auf der Baustelle bei Abbrucharbeiten*	7.425
12	Agrarfolien/Erntefolien	1.650 (300-3.000)	Faserabrieb bei der Textilwäsche	6.336
13	Littering (von Kunststoffverpackungen)	1.497 (651-2.497)	Abrieb Farben und Lacke	5.363
14	Fahrradreifen	1.095 (821-1.369)	Abrieb landwirtschaftlich genutzter Kunststoffe	3.713
15	Entwässerungsrinnen (Regenrinnen)	894 (163 – 1.625)	Flockungsmittel in der Siedlungswasserwirtschaft*	3.589
16	Zigarettenfilter/-kippen	891 (162 – 1.620)	Abrieb Besen und Kehrmaschinen*	3.160
17	landwirtschaftliche Netze, Schläuche, Vliese	880 (160 – 1.600)	Abrieb Gebäudefassaden	3.053
18	Sickerblöcke	825 (150 – 1.500)	Abrieb industrieller Verschleißschutz, Förderbänder	2.475
19	Erntegarne	825 (150 – 1.500)	Verarbeitung von Kunststoffen auf der Baustelle*	2.096
20	Bautenfarben	700 (350 – 1.049)	Nassreinigung von Gebinden	1.898
21	Palisaden	650 (325-975)	Inhalt Mikroplastik in Kosmetik	1.568
22	Fußplatten (Balkenfüße)	500 (250-759)	Abrieb von Reifen, Skateboards, usw.	1.477
23	Spielgeräte/Spielzeug	500 (250-75)	Abrieb Riemen*	1.361
24	Kosmetika	488 (475-500)	Abrieb Reifen, Fahrräder	1.287
25	Silagefolie	460 (230-690)	Abrieb Rohrleitungen	990
26	Teichfolien	457 (83-830)	Abrieb von Dekorationsmaterial, Glitter, Konfetti etc.	479

Quelle Nr.	Ökopol-Studie	Eintrag [t/a]	Umsicht-Studie	Eintrag [t/a]
27	Kabelummantelungen	393 (196-589)	Inhaltsstoff von Wasch-, Pflege- und Reinigungsmitteln privater Haushalte*	380
28	Verbisschutz	275 (50-500)	Abrieb Fischereiausrüstung	371
29	Drainage	228 (42-415)	Abrieb Zahnräder, Gleitlager, Gleitschienen*	206
30	Baufolien	200 (100—300)	Abrieb Rasentrimmer/Motorsensen*	124

Erläuterungen:

Die Angaben zur Ökopol-Studie beziehen sich auf die Basiswerte der Studie, ergänzend sind in Klammern die Spannbreiten angegeben.

Die Angaben zur Umsicht-Studie stammen aus Bertling et al. (2018)

* Die mit *-markierten Produkte in der vierten Spalte kennzeichnen Produkte bzw. Aktivitäten, die keine direkte Entsprechung in der Ökopol-Studie haben und mögliche Lücken darstellen können. Eine nähere Betrachtung findet in Abschnitt 6.3.9 statt.

6.3 Vergleich auf Ebene einzelner ausgewählter Produktgruppen und Bereiche

Im Folgenden findet ein Vergleich der in der Ökopol- und der Umsicht-Studie berichteten Eintragungsmengen auf Ebene einzelner ausgewählter Produkte bzw. Produktgruppen statt. Hierbei sind die genannten Unterschiede in der Herangehensweise zu berücksichtigen. Die Conversio-Studie kann bei diesem Vergleich aufgrund des abweichenden Vorgehens nur bei der Betrachtung des Litterings von Kunststoffverpackungen berücksichtigt werden.

6.3.1 Reifen

Die angegebenen Eintragungsmengen von Reifenabrieb in der Ökopol-Studie liegen etwas über den Zahlen der Umsicht-Studie. Hier ist anzumerken, dass in der Ökopol-Studie der vollständige Reifenabrieb beziffert wurde, welcher natürlichen und synthetischen Kautschuk (40-60 %), Füllstoffe (Carbon Black, SiO₂: 20-35 %), Mineralöl (15-20 %) und weitere Stoffe beinhaltet (vgl. Kocher 2010, Dave 2013, Degussa 2007).

Studien, die Abriebfaktoren für Reifen ermittelt haben, zeigen keine allzu großen Unterschiede (Hillenbrand et al. 2005, Giese et al. 2018, Wigger et al. 2018, Wang et al. 2016, Essel et al. 2015, Kole et al. 2017; Zimmermann et al. 2018). Die angegebenen Abriebfaktoren schwanken um weniger als 30 %. Vor diesem Hintergrund ist keine Diskrepanz zwischen den Zahlen von Ökopol- und Umsicht-Studie feststellbar. Eine Studie der Bundesanstalt für Straßenwesen (Kocher 2010) gibt eine Abriebmenge von 111.420 t/a an, was ebenfalls in derselben Größenordnung liegt.

Tabelle 41: Vergleich der Eintragungsmengen – Reifenabrieb

Produktgruppe	Ökopol-Studie [t/a]	Umsicht-Studie [t/a]
Reifen	128.934 - 157.587	90.338
Fahrradreifen	821 - 1.369	1.287
Reifen Skateboards etc.	nicht berücksichtigt	1.477

6.3.2 Komposte, Klärschlamm, Gärreste

In Bezug auf Komposte besteht ein relevanter Unterschied in den zu Grunde gelegten Annahmen zum Kunststoffanteil im Kompost. Die Verwendung des gesetzlichen Grenzwertes von 0,5 % der Kompost-Trockenmasse in der Umsicht-Studie führt zu relativ hohen Zahlen. Analysen der Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK) weisen auf einen deutlich geringeren Kunststoffanteil hin (0,038 % durchschnittlicher Kunststoffanteil in Komposten). Hinsichtlich der Daten der BGK ist anzumerken, dass diese sich auf nur ca. 70 % aller Kompostierungsanlagen beziehen und keine Aussage zu den verbleibenden 30 % zulassen. Daher ist in der Ökopol-Studie ein Bereich angegeben zwischen einem angenommenen Mindest-Kunststoffanteil von 0,038 % für den gesamten Kompost (dies wäre der Fall, wenn die BGK-Daten für 100 % des Kompost zutreffen würden) sowie für einen Anteil von 0,038 % bei 70 % des Komposts und einem angenommenen Kunststoffanteil von 0,3 %⁸ bei den restlichen 30 %.

Tabelle 42: Vergleich der Eintragsmengen – Komposte, Klärschlamm, Gärreste

Produktgruppe	Ökopol -Studie [t/a]	Umsicht-Studie [t/a]
Komposte	1.088 - 3.369	13.943
Klärschlamm	1.500 - 3.000	nicht betrachtet
Gärreste	149 - 183	nicht betrachtet

6.3.3 Rohre

Bezüglich des Kunststoffeintrags aus dem Einsatz von Kunststoffrohren bestehen nennenswerte Unterschiede zwischen den Zahlen der Ökopol-Studie und der Umsicht-Studie. Diese liegen darin begründet, dass in der Ökopol-Studie der (endgültige) Verbleib der Rohre nach der Nutzung mit bilanziert wird (Annahme, dass 1-10 % der Rohre nach der Nutzung in der Umwelt verbleiben). In der Umsicht-Studie wird allein der Abrieb der Rohre während der Nutzung bilanziert.

Tabelle 43: Vergleich der Eintragsmengen – Rohre

Produktgruppe	Ökopol -Studie [t/a]	Umsicht-Studie [t/a]
Rohre	4.620 - 46.200	990

6.3.4 Kunststoffverpackungen/Littering

Bezüglich der Kunststoffeinträge in Folge der Verwendung von Kunststoffverpackungen unterscheiden sich alle drei Studien teilweise deutlich hinsichtlich des gewählten Vorgehens.

In der Ökopol-Studie erfolgt eine Quantifizierung der Kunststoffeinträge in Folge von Littering nach oben genannter Definition (dem achtlosen Wegwerfen oder Liegenlassen von Abfällen im öffentlichen Raum am Ort des Entstehens), was nicht ausschließlich, aber primär Verpackungsabfälle aus Kunststoffen umfasst. Die Modellierung erfolgt ausgehend von verschiedenen Flächennutzungstypen (Straßen, Rastanlagen, Parkanlagen, Fußgängerzonen, Flussrandstreifen, Küstenstreifen, Binnenbadestellen) unter Nutzung eines Bottom-Up-Ansatzes, der auf Reinigungsmengen (Menge gereinigter Abfälle) und Annahmen zum Schlupf (d. h. der nicht erfassten Mengen in der Reinigung) aufbaut.

⁸ Dieser Wert basiert auf einer Studie, die EU-weite Daten verwendet und einen gesamten Kunststoffanteil in Feuchtkomposten von 0,12 % annimmt, aus dem sich ein Anteil von 0,3 % in der Trockenmasse ergibt (Sundt et al. 2014, S. 47).

In der Umsicht-Studie erfolgt keine Unterscheidung zwischen Littering und „nicht-Littering-Abfällen“ im Sinne des Verständnisses von Littering in der Ökopol-Studie. Es erfolgt eine Quantifizierung des Eintrags von Makrokunststoffen ausgehend von Abfällen innerorts und außerorts. Die Berechnung erfolgt anhand eines hybriden Ansatzes: Für außerorts wird – analog zum Vorgehen der Ökopol-Studie – auf Daten von Straßen- und Autobahnmeistereien zurückgegriffen (Bottom-up-Ansatz). Innerorts wird auf abfallstatistische Daten für gereinigte Mengen Straßenkehricht zurückgegriffen. Neben Makrokunststoffen wird in der Umsicht-Studie auch der Abrieb von Kunststoffverpackungen (als zusätzlicher Eintrag von Mikrokunststoffen) quantifiziert.

In der Conversio-Studie wird das Littering von Kunststoffverpackungen anhand eines Top-Down-Ansatzes berechnet. In Bezug auf die Gesamtmenge von Kunststoffverpackungsabfällen wird angenommen, dass 0,3 % nicht erfasst werden und in der Umwelt verbleiben.

In allen drei Studien ergeben sich abweichende Eintragsmengen wie in Tabelle 44 dargestellt.

Tabelle 44: Vergleich der Eintragsmengen – Kunststoffverpackungen

Produktgruppe/Eintragungspfad	Ökopol-Studie [t/a]	Umsicht-Studie [t/a]	Conversio-Studie [t/a]
Kunststoffverpackungen/Littering	647 - 2.499	abweichende Kategorisierung	9.293*
Eintrag von Makrokunststoffen (Infrastrukturabfälle, Abfälle auf Verkehrs- und Grünflächen)	abweichende Kategorisierung	34.000	abweichende Kategorisierung
Kunststoffverpackungen/Abrieb	nicht betrachtet	8.176	nicht betrachtet

*Eintragsmenge der Conversio-Studie, berechnet auf Basis einer Eintragsquote von 0,3 % und einer Kunststoffverpackungsabfallmenge von 3.097.700 [t/a] (Schüler 2018).

In dieser Studie (Ökopol-Studie) wurden im Bereich der Kunststoffeinträge durch Littering nicht nur Kunststoffverpackungen erfasst, wobei diese – soweit aus den zu Grunde liegenden Daten ersichtlich – dennoch mengenmäßig den größten Anteil ausmachen.

Bezüglich des Abriebs von Kunststoffverpackungen ist festzuhalten, dass dieser nur in der Umsicht-Studie mitbilanziert wird. Gelitterte Kunststoffabfälle sind in allen drei Studien Teil der Betrachtung. In der Conversio-Studie erfolgt die Quantifizierung anhand eines stark aggregierten Vorgehens ausgehend von der Gesamtmenge anfallender Kunststoff(verpackungs-)abfälle.

Kunststoffeinträge entlang von Straßen

Bezüglich der Bilanzierung des Eintrags von Makrokunststoffen in der Umsicht-Studie und der Quantifizierung der Einträge in Folge von Littering in der Ökopol-Studie besteht ein zentraler Unterschied darin, dass „nicht-Littering-Abfälle“ in der Ökopol-Studie nicht in der angegebenen Summe der Einträge enthalten sind, während in der Umsicht-Studie keine entsprechende Abgrenzung erfolgt. Dieser Aspekt tritt insbesondere im Bereich der Straßen auf, für den beide Studien die gleiche Datengrundlage (Daten von Straßen in Nordrhein-Westfalen) genutzt haben⁹. Der beschriebene methodische Un-

⁹ In Bezug auf die Vergleichbarkeit der Datengrundlage ist dennoch anzumerken, dass in der Ökopol-Studie eine Hochrechnung von Nordrhein-Westfalen auf die Bundesrepublik erfolgt ist. In der Umsicht-Studie ist die Hochrechnung auf abweichende Art und Weise erfolgt, weshalb auch hier keine „1:1-Vergleichbarkeit“ besteht.

terschied spiegelt sich in der Ökopol-Studie in den Annahmen zum „Litteranteil“ (Anteil der Litter-Abfälle an den Gesamtabfällen) wider. Hier wurde in der Ökopol-Studie angenommen, dass 60 % der Abfälle aus Littering stammen; 40 % (z.B. illegale Ablagerungen) sind entsprechend nicht Bestandteil der angegebenen Summe.

Weitere Unterschiede bestehen in den zu Grunde gelegten Annahmen zum Schlupf, d. h. zur nicht von Sammlung und Reinigungsmaßnahmen erfassten Menge. Während in der Umsicht-Studie von einem nicht erfassten Anteil von 50 % ausgegangen wird, werden in der Ökopol-Studie 5 % bis 25 % angenommen. Der angenommene Schlupf ist eine entscheidende Rechengröße, da ausgehend von diesem und den Reinigungsdaten der Abfalleintrag bestimmt wird. Die dritte relevante Annahme betrifft den Kunststoffanteil der Abfälle. In der Ökopol-Studie wurde hier ein Anteil von 22 % angenommen. In der Umsicht-Studie wurde ein höherer Anteil von 35 %¹⁰ angenommen.

Tabelle 45 veranschaulicht den potenziellen Einfluss dieser variierenden Annahmen. Ohne eine Unterscheidung zwischen Litter-Abfällen und „nicht-Litter-Abfällen“ bei Annahme eines Schlupfes von 50 % und einem angenommenen Kunststoffanteil von 35 % erhöhen sich im Ökopol-Modell die Einträge auf bis zu rund 11.800 [t/a].

Tabelle 45: Gesammelte Abfallmenge und resultierender Kunststoffeintrag in Deutschland an Straßenrändern in Deutschland basierend auf den Straßenreinigungsdaten von Nordrhein-Westfalen – Vergleich auf Basis variierender Annahmen

Rechengröße	Summe – Szenario 1	Summe – Szenario 2
Abfalleintrag [t/a]	39.703 (35.524 - 67.496)	39.703 (35.524 - 67.496)
Litter-Eintrag [t/a]	23.822 (21.314 - 40.497)	39.703 (35.524 - 67.496)
Kunststofflitter-Eintrag [t/a]	5.241 (4.689 - 8.909)	13.896 (12.433 - 23.623)
Verbleibender Kunststofflitter [t/a]	786 (234 - 4.455)	2.084 (622 - 11.812)

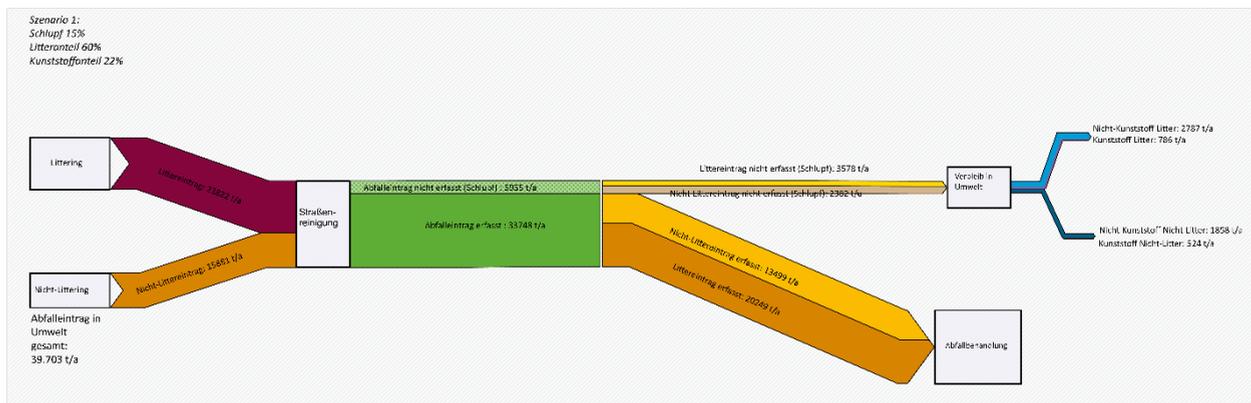
Szenario 1: Schlupf 5; 15; 50 %; Litter-Anteil 60 %; Kunststoffanteil 22 %

Szenario 2: Abfalleintrag = Litter-Eintrag, d. h. angenommener Litter-Anteil: 100 %; Kunststoffanteil: 35 %; Schlupf wie Szenario 1

Die Unterschiede, welche aus den verschiedenen Annahmen resultieren, werden insb. auch beim grafischen Vergleich deutlich, welcher in Abbildung 10 bis Abbildung 12 vorgenommen wurde. Konstant ist jeweils die Menge des von Straßenreinigungsmaßnahmen erfassten Abfalls. Je nach getroffenen Annahmen zum Schlupf variiert der errechnete Gesamteintrag an Abfall sowie die nicht erfasste Menge erheblich. Je nach Annahme zum Litter-Anteil im Abfall variieren die Mengenströme von Litter- und „nicht-Litter-Anteil“ entsprechend. Im letzten Schritt variiert der Kunststoffeintrag je nach Annahme zum Kunststoffanteil im Abfall.

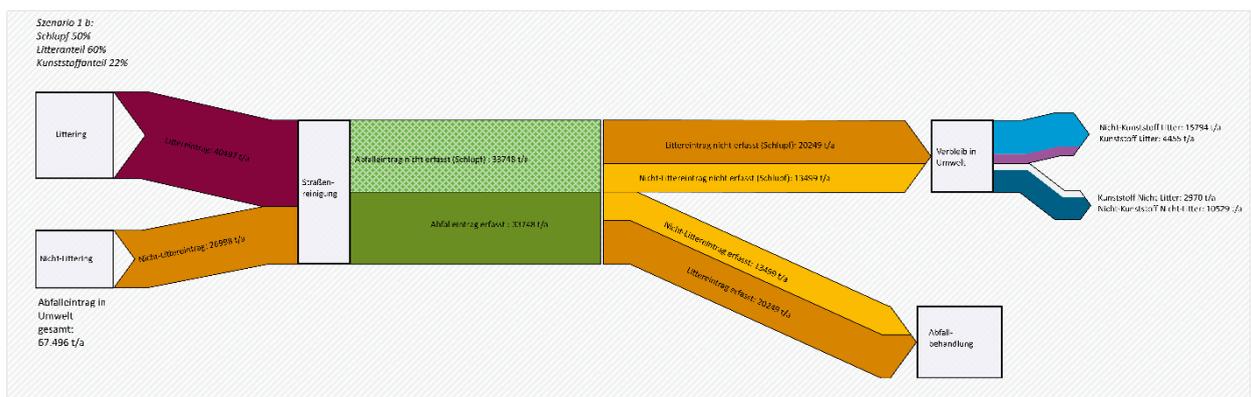
¹⁰ In Bertling et al. (2018) wird kein Kunststoffanteil angegeben. Der Wert von 35 % wurde auf Basis der verfügbaren Daten errechnet und es kann nicht ausgeschlossen werden, dass aufgrund nicht verfügbarer Informationen (bspw. weitere getroffene Annahmen) der tatsächlich angenommene Kunststoffanteil hiervon abweicht.

Abbildung 10: Abfallströme und Kunststoffeinträge an Straßenrändern: Szenario 1a mit mittlerem Schlupf von 15 %



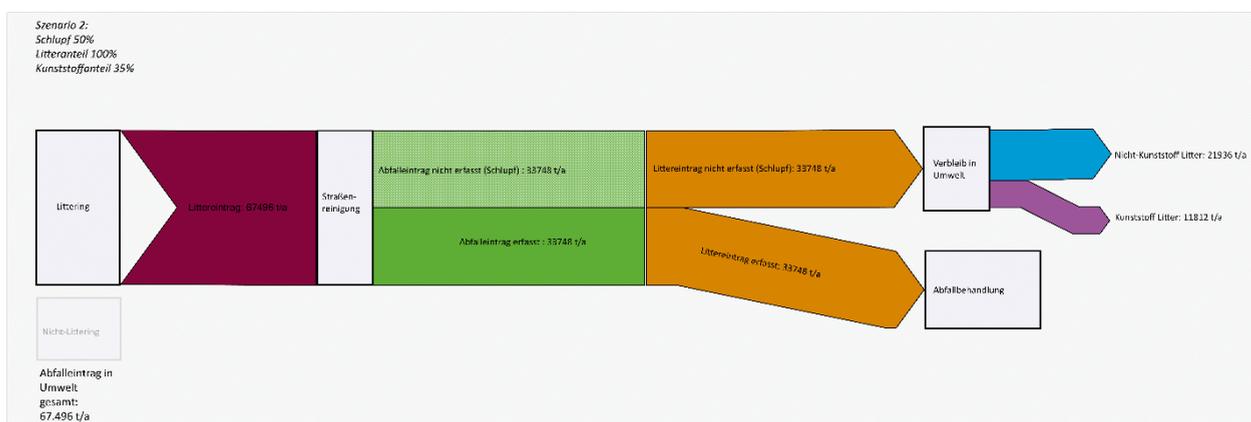
Quelle: Ökopool, Szenario 1a: Schlupf: 15 %; Litter-Anteil: 60 %; Kunststoffanteil: 22 %

Abbildung 11: Abfallströme und Kunststoffeinträge an Straßenrändern: Szenario 1b mit hohem Schlupf von 50 %



Quelle: Ökopool, Szenario 1b: Schlupf: 50 %; Litter-Anteil: 60 %; Kunststoffanteil: 22 %

Abbildung 12: Abfallströme und Kunststoffeinträge an Straßenrändern: Szenario 2 mit hohem Schlupf von 50 %



Quelle: Ökopool, Szenario 2: Schlupf: 50 %; Litter-Anteil: 100 %; Kunststoffanteil: 35 %

Je nach Definition des Betrachtungsraums (mit Bilanzierung von „nicht-Litter-Abfällen“) und Annahmen zur Effizienz der Straßenreinigung (5-25 % Schlupf vs. 50 % Schlupf) reduzieren sich die Unter-

schiede zwischen den Studien – bezogen auf den Eintrag über Straßen – also deutlich. Auch bei anderen Flächennutzungstypen ist in der Ökopol-Studie der Zielstellung entsprechend eine Abschätzung der relevanten Menge Litter-Abfälle erfolgt. Läge man stattdessen die Gesamtabfalleinträge zu Grunde, würden sich die Differenzen in den berichteten Mengen weiter reduzieren.

In Bezug auf die Betrachtung innerorts unterscheiden sich beide Studien maßgeblich. Die Umsicht-Studie baut hier auf Daten zum Straßenkehrricht auf, während die Ökopol-Studie auf Reinigungsdaten zu Fußgängerzonen und Grünflächen aufbaut, was methodisch sehr unterschiedlich zu bewerten ist. Straßenkehrricht fällt nur zu einem geringen Teil auf den in der Ökopol-Studie betrachteten Flächen an, sondern stammt überwiegend aus dem Straßenverkehrsraum. Er besteht überwiegend aus Laub und Splitt, je nach Jahreszeit. Der Kunststoffanteil ist eher gering und die Herkunft der Kunststoffe ist nicht aufzuklären. Hier dürfte Verwehung eine wesentliche Rolle spielen. Insofern wurde in der Ökopol-Studie der Straßenkehrricht nicht als zielführendes Maß für Littering im öffentlichen Raum erachtet. In 2016 sind bundesweit 738.000 t Straßenkehrricht angefallen. Bei einer angenommenen Schlupfquote von 20 % müsste der Kunststoffanteil in Straßenkehrricht 11 % betragen, um auf 16.000 t Kunststoff zu kommen, was nach einer Einschätzung von Intecus als sehr hoch zu bewerten ist.

6.3.5 Schuhe

Die Eintragsmengen aus dem Abrieb von Schuhsohlen unterscheiden sich zwischen Ökopol- und Umsicht-Studie um den Faktor 3 bis 4. Auch hier wurde ein unterschiedliches methodisches Vorgehen gewählt. In der Umsicht-Studie wurde die Berechnung unter anderem von der Gesamtzahl der pro Jahr in Deutschland verkauften Schuhe ausgegangen (tagesschau.de 2018). In der Ökopol-Studie wurde angenommen, dass nicht die Zahl verkaufter Schuhe, sondern die Zahl der Schuhträger die relevante Bezugsgröße darstellt. Aus dem Berechnungsmodell der Umsicht-Studie ergibt sich ein Pro-Kopf-Schuhsohlenabrieb von 109 g/a, im Vergleich hierzu steht in der Ökopol-Studie ein Pro-Kopf-Abrieb von 20-40 g/a.

Es ist festzuhalten, dass neben der durchgeführten Literaturrecherche eine Expertenkonsultation, welche im Rahmen der Ökopol-Studie durchgeführt wurde, deutlich gemacht hat, dass keinerlei repräsentative Erhebungen zum tatsächlichen Umfang von Schuhsohlenabrieb bekannt sind. Daher besteht aktuell kein Ansatz, die Unterschiede zwischen den Studien tiefergehend zu bewerten.

Tabelle 46: Vergleich der Eintragsmengen – Schuhabrieb

Produktgruppe	Ökopol-Studie [t/a]	Umsicht-Studie [t/a]
Schuhe	1.600 - 3.200	8.993

6.3.6 Straßenmarkierungen

In Bezug auf den Eintrag in Folge des Einsatzes von Straßenmarkierungsfarben bestehen auf den ersten Blick relevante Unterschiede zwischen Ökopol- und Umsicht-Studie. Hier hat jedoch das Gespräch mit den Autoren der Umsicht-Studie ergeben, dass in der berichteten Menge nicht nur Kunststoffe, sondern auch Additive und weitere Bestandteile enthalten sind, was den Unterschied zu einem großen Anteil erklärt. Darüber hinaus wurde auf eine andere Datengrundlage zurückgegriffen, was aber in diesem Zusammenhang von untergeordneter Bedeutung sein dürfte.

Tabelle 47: Vergleich der Eintragsmengen – Fahrbahnmarkierungen

Produktgruppe	Ökopol-Studie [t/a]	Umsicht-Studie [t/a]
Fahrbahnmarkierungen	1.132 - 2.390	7.508

6.3.7 Gebäudebereich

Im Gebäudebereich bestehen Unterschiede in der Auswahl der betrachteten Produkte bzw. Produktgruppen. Die Ökopol-Studie betrachtet hier eine Reihe einzelner Produkte (Bautenfarben, Außenisolierungen, Fassadenelemente, Entwässerungsrinnen (Regenrinnen), Dachabdeckungen, Kunststofffenster). In der Umsicht-Studie wird dagegen der Abrieb von Gebäudefassaden als stärker aggregierte Produktgruppe betrachtet. Vergleicht man die Summen, so liegen beide Studien nicht allzu weit auseinander. Die Rücksprache mit Autoren der Umsicht-Studie hat jedoch auch ergeben, dass primär der Abrieb von Farben im Umsicht-Modell für die Eintragsmenge relevant ist, welcher in der Ökopol-Studie als einzelne Produktgruppe aufgeführt ist. Die Datenlage bezüglich der eingesetzten (in Verkehr gebrachten) Mengen von Gebäudefarben wird von den Autoren beider Studien gleichermaßen als schwierig eingestuft, weshalb hier entsprechende Unsicherheiten bestehen.

Tabelle 48: Vergleich der Eintragsmengen – Gebäudebereich

Produktgruppe	Ökopol-Studie [t/a]	Umsicht-Studie [t/a]
Abrieb Gebäudefassaden	nicht betrachtet	3.053
Bautenfarben	350 - 1.049	nicht betrachtet
Außenisolierungen	27 - 82	nicht betrachtet
Fassadenelemente	1,4 - 4,3	nicht betrachtet
Entwässerungsrinnen (Regenrinnen)	163 - 1.625	nicht betrachtet
Dachabdeckungen	2,0 - 4,0	nicht betrachtet
Kunststofffenster	34 - 102	nicht betrachtet
SUMME	577 - 2.866	3.053

6.3.8 Agrarbereich

Im Agrarbereich besteht ähnlich wie im Gebäudebereich ein unterschiedlicher Zuschnitt der betrachteten Produktgruppen. Während in der Ökopol-Studie verschiedene einzelne Produkte betrachtet werden, erfolgt in der Umsicht-Studie eine aggregierte Betrachtung des Abriebs landwirtschaftlich genutzter Kunststoffe. Die Gegenüberstellung der Summen ergibt jedoch eine gute Übereinstimmung der Zahlen.

Tabelle 49: Vergleich der Eintragsmengen – Agrarbereich

Produktgruppe	Ökopol-Studie [t/a]	Umsicht-Studie [t/a]
Abrieb landwirtschaftl. genutzter Kunststoffe	nicht betrachtet	3.713
Teichfolien	83 - 830	nicht betrachtet
Agrarfolien/Erntefolien	300 - 3.000	nicht betrachtet
Silagefolien	230 - 690	nicht betrachtet
Erntegarne	150 - 1.500	nicht betrachtet
Fischwirtschaftliche Netze	50 - 150	nicht betrachtet
SUMME	813 - 6.170	3.713

6.3.9 In der Ökopol-Studie nicht betrachtete Aktivitäten

Die Umsicht-Studie umfasst eine Reihe von Anwendungen bzw. Aktivitäten, die in der Ökopol-Studie nicht betrachtet wurden. Das ist primär durch den Fokus der Ökopol-Studie auf Produkte, die umwelt-offen angewendet werden, begründet.

6.3.9.1 Freisetzungen bei der Abfallentsorgung

Diese stellen in der Umsicht-Studie die zweitgrößte Quellgruppe dar, welche die Einzelquellen Kompost, Zerkleinerung Bauschutt, Metallzerkleinerung, Kunststoffrecycling und Deponien umfasst. Abgesehen von den Komposten sind die anderen Quellen in der Ökopol-Studie nicht einzeln betrachtet worden. Aufgrund der Mengenrelevanz wäre eine Einbeziehung von Kunststoffrecycling und der Zerkleinerung von Bauschutt zu prüfen. Insbesondere bezüglich des letzteren Punktes ist es jedoch möglich, dass die entsprechenden Einträge im Modell bereits durch die Betrachtung einzelner Produktgruppen (Geotextilien, Außenisolierungen, Fassadenelemente, Entwässerungsrinnen etc.) abgedeckt sind.

6.3.9.2 Abrieb auf der Baustelle bei Abbrucharbeiten

Der Abrieb auf Baustellen bei Abbrucharbeiten stellt in der Umsicht-Studie eine relevante Aktivität dar, aus der Kunststoffeinträge in die Umwelt resultieren. Eine entsprechende Betrachtung in der Ökopol-Studie ist nicht erfolgt, könnte aber gegebenenfalls eine sinnvolle zukünftige Erweiterung darstellen. Zu prüfen wäre insbesondere, inwieweit Doppelzählungen in Bezug auf die bereits im Ökopol-Modell abgedeckten Produkte des Baubereichs (Geotextilien, Außenisolierungen, Fassadenelemente, Entwässerungsrinnen etc.) – vgl. hierzu auch die Ausführungen zu Freisetzungen bei der Abfallentsorgung in Kapitel 6.3.9.1 – möglich sind.

6.3.9.3 Verarbeitung von Kunststoffen auf der Baustelle

Bezüglich der Verarbeitung von Kunststoffen auf der Baustelle lässt sich dasselbe konstatieren wie bezüglich der Freisetzungen bei der Abfallentsorgung und dem Abrieb auf der Baustelle bei Abbrucharbeiten. Eine Einbeziehung für eine zukünftige Erweiterung des Ökopol-Modells kann sinnvoll sein, zu prüfen sind mögliche Doppelzählungen.

6.3.9.4 Abrieb von Bitumen aus Asphalt

Der Abrieb von Bitumen im Asphalt – insbesondere durch motorisierten Verkehr – stellt in der Umsicht-Studie die drittgrößte Quellgruppe dar. Aufgrund der Mengenrelevanz wäre eine Berücksichtigung für die Ökopol-Studie eine denkbare zukünftige Erweiterung. Hier wäre aber zunächst zu klären, inwieweit Bitumen-Abrieb in Bezug auf Kunststoffeinträge grundsätzlich zu berücksichtigen ist bzw. welche Bestandteile Teil einer solchen Betrachtung sein sollten.

Aufgrund der durchaus vorhandenen Umweltrelevanz von Straßenabrieb werden auch in der deutschen Emissionsberichterstattung unter der CLRTAP¹¹ und NEC-Richtlinie¹² (Luft-)Emissionen aus Straßenabrieb berichtet. Dies umfasst die Schwermetalle Cadmium, Blei, Quecksilber, Arsen, Chrom, Kupfer, Nickel, Selen und Zink sowie Staub- und Partikelemissionen.

6.3.9.5 Pelletverluste

Pelletverluste wurden in der Ökopol-Studie nicht betrachtet. Dies ergibt sich aus dem Fokus der Ökopol-Studie auf „umweltoffene Anwendungen“, worunter Pelletverarbeitung und -transport nicht fallen. In der Umsicht-Studie hingegen werden Pelletverluste mit einer jährlichen Eintragsmenge von über

¹¹ UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) Convention on Long Range Transboundary Air Pollution.

¹² Richtlinie (EU) 2016/2284 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2016 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe, zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/81/EG.

15.000 t als eine der mengenmäßig größten Quellen geführt. Diese Menge wurde auf Basis von Verarbeitungsmengen und angenommenen Verlustfaktoren errechnet.

6.4 Zusammenfassung

Alle drei betrachtete Studien quantifizieren Kunststoffeinträge in die Umwelt (Conversio-Studie: nur Meere) aus verschiedenen Quellen. Die Datenlage ist dabei jeweils eine zentrale Herausforderung, der mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen und unterschiedlichen ausgewählten Datengrundlagen Rechnung getragen wird.

Aufgrund bestehender Unterschiede zwischen den drei Studien bzgl. Ziel, Untersuchungsrahmen und methodischer Herangehensweise ist ein Vergleich auf Ebene der Summen der jeweils ermittelten Gesamtkunststoffeinträge nicht sinnvoll. Dennoch können bezüglich der identifizierten relevanten (Haupt-)Quellen und im direkten Vergleich einzelner Produktanwendungen (bezogen auf Ökopol- und Umsicht-Studie) folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- ▶ Reifenabrieb stellt die mengenmäßig größte (einzelne) Quelle für Kunststoffeinträge dar.
- ▶ Das Littering von Kunststoffverpackungen stellt eine relevante Quelle für Kunststoffeinträge in die Umwelt dar, ist aber dennoch in Bezug auf die Gesamteinträge nur eine unter vielen Quellen für Kunststoffeinträge in die Umwelt. Durch Reinigungsmaßnahmen kann hier eine Reduzierung der Einträge erfolgen – in den Modellen schläge sich dies in einer Änderung des erfassten Abfallanteils bzw. des Schlupfes nieder. Bezüglich dieses Faktors (Schlupf) bestehen gleichzeitig große Unsicherheiten in den Modellen.
- ▶ Der Abrieb von Kunststoffverpackungen wurde in dieser Studie nicht berücksichtigt (außerhalb des Untersuchungsrahmens), jedoch in der Studie von Fraunhofer Umsicht (Bertling et al. 2018), wo hohe Mengen für diesen Eintragsbereich abgeschätzt werden. Eine Einbeziehung dieser wäre bei der Weiterentwicklung des aus diesem Vorhaben resultierenden Modells und Mengengerüsts sinnvoll zu prüfen.
- ▶ Weitere mengenmäßig relevante Bereiche sind insbesondere:
 - Produktanwendungen und Aktivitäten im Baubereich,
 - Produktanwendungen und Aktivitäten im Agrarbereich sowie
 - Produktanwendungen und Aktivitäten im Bereich des persönlichen Konsums und der Freizeitgestaltung.

Für eine Zusammenführung bzw. Konsolidierung der Erkenntnisse aller drei Studien bestünden sinnvolle Schritte in

- ▶ der Erstellung einer einheitlichen Kategorisierung in Bezug auf abgedeckte Produkte (Harmonisierung der Produkttypen),
- ▶ der Erstellung und Überführung in eine einheitliche Kategorisierung der Kunststoffeinträge, bzgl.
 - Mikro-Makro (Mikroplastikdefinition und sonstige Größenunterscheidung)
 - Polymertypen und Umgang mit Additiven etc.
 - Persistenz der Kunststoffeinträge
- ▶ sowie in der Entwicklung eines einheitlichen Datengerüsts/ Datenbank.

7 Zusammenführung der Erkenntnisse

Um eine Abschätzung für den quantitativen Eintrag von Kunststoffen in die Umwelt zu erhalten, wurden der Bereich der achtlos weggeworfenen oder liegen gelassenen Kunststoffabfälle („Littering“) (Kapitel 4) sowie der Bereich des Verbleibs aus der umweltoffenen Verwendung von Kunststoffprodukten (Kapitel 5) untersucht. Im Folgenden werden die Ergebnisse der beiden getrennten Modelle für die beiden Eintragspfade zusammengeführt und gemeinsam betrachtet. Dabei sind insbesondere folgende Punkte zu beachten:

Umgang mit und Verbesserung der Datenlage

Die Datenlage für beide Eintragspfade ist lückenhaft; dies hat auch der Studienvergleich bekräftigt. Entsprechend sind die angegebenen Spannbreiten als erste Abschätzungen zu verstehen. Eine zukünftige Verfeinerung der Berechnungen durch neue Daten kann hier zu einer Reduzierung der bestehenden Unsicherheiten beitragen. Als zentrale Punkte, die zu einer verbesserten Abschätzung beitragen würden, können hier insbesondere benannt werden:

- ▶ Verbesserung der Erkenntnisse zum Schlupf, d. h. zum nicht von Reinigungsmaßnahmen erfassten Abfallanteil nach Flächentypen;
- ▶ Verbesserung der Datenlage zum Verbleib von Produkten nach der Nutzung – insbesondere im Baubereich (Rohre, Geotextilien etc.) sowie Garten- und Agrarbereich (Folien, Pflanztöpfe etc.)
- ▶ Verbesserung der Datenlage zum Abriebverhalten besonders mengenrelevanter Produkte (Reifen, Schuhe, Farben, Rohre usw.)

Festlegung des Untersuchungsrahmens – „Littering“- und „nicht-Littering“- Abfälle

Die durchgeführten Betrachtungen für den Bereich der achtlos weggeworfenen oder liegen gelassenen Kunststoffabfälle („Littering“) (Kapitel 4) haben deutlich gemacht, dass die vorgenommene Abgrenzung zwischen „Littering“ und „nicht-Littering“-Abfällen (illegale Ablagerungen usw.) auf Basis der verfügbaren Daten kaum sinnvoll vorzunehmen sind. Für die notwendige Abgrenzung waren ergänzende Annahmen zu treffen (zum „Litteranteil“ der Abfälle), was einen zusätzlichen (unsicheren) Berechnungsparameter darstellt. Die aufgrund der Vorgaben für die Studie vorgenommene Unterscheidung ist daher aus Sicht der Gutachter nicht sinnvoll. Zudem ist für eine Gesamtaberschätzung des Kunststoffeintrags ohnehin die Gesamtmenge die relevante Bezugsgröße.

In dieser Studie fand die Einbeziehung der „nicht-Littering“-Abfälle nur ergänzend und näherungsweise statt, der Einfluss der vorgenommenen Abgrenzung konnte auf dieser Basis jedoch sichtbar gemacht werden.

Verständnis der ermittelten Mengen

Der Kunststoffverbleib in der Umwelt in Folge des achtlosen Wegwerfens oder Liegenlassens von Kunststoffabfällen resultiert aus der in einem Jahr gelitterten Menge. Bezüglich Eintrag und dem Beginn des (dauerhaften) Verbleibs in der Umwelt kann mit hinreichender Genauigkeit angenommen werden, dass diese unmittelbar aufeinanderfolgen, d. h. in der gleichen Periode stattfinden.

Beim Kunststoffverbleib in der Umwelt, der sich aus der umweltoffenen Verwendung von Kunststoffprodukten ergibt, ist dies anders. Hier resultiert der Verbleib zum einen (soweit dies bei der jeweiligen Produktverwendung relevant ist) aus jährlichen Einträgen eines Teils der ursprünglichen Produktmenge (z. B. in Folge von Abrieb, Verwitterungen oder Beschädigungen) sowie zum anderen aus dem Verbleib eines Teils der ursprünglich verwendeten Produktmenge in der Umwelt nach dem Ende der Nutzungsphase (soweit keine vollständige Entnahme aus der Umwelt erfolgt). Da die Produkte z. T. eine Nutzungsdauer von mehreren Jahrzehnten haben, liegt in der Realität zwischen der ursprünglichen Produktanwendung (auf deren jährliche Gesamtmenge Bezug genommen wird) und dem

Eintreten des Verbleibs in der Umwelt ein deutlicher zeitlicher Versatz. In dem hier verwendeten Modellierungsansatz wird dieser zukünftige Verbleib in der Umwelt (mit wenigen Ausnahmen, die in entsprechenden Abschnitten des Kapitels 4 im Text kenntlich gemacht sind) in die Periode der ursprünglichen Verwendung des Kunststoffproduktes (in Verkehr gebrachte Menge in der jeweiligen Periode) vorgezogen.

Ergebnisse: Kunststoffeinträge in die Umwelt

Die Abschätzung des verbleibenden Kunststofflitters (achtlos weggeworfene oder liegengelassene Abfälle), ausgehend von den betrachteten Flächennutzungstypen, beläuft sich auf eine Menge von rund 1.500 t/a (650-2.500 t/a). Straßenränder, Parkanlagen und Flussrandstreifen sind hier die Eintragsorte mit dem höchsten potenziellen Eintrag und anschließendem Kunststoffverbleib. Unter Einbeziehung der „nicht-Littering“-Abfälle (bspw. illegale Entsorgung.) erhöht sich die Menge (bei sonst gleichbleibenden Annahmen zu Schlupf und Kunststoffanteil) auf bis zu 3.750 t/a, wobei dies nur eine erste grobe Abschätzung darstellt, da eine erneute Prüfung der Quellen und getroffenen Annahmen notwendig wäre. Der Studienvergleich hat den Einfluss der getroffenen Annahmen zu Schlupf und Kunststoffanteil noch deutlicher gemacht. Eine Anpassung der in Kapitel 4 getroffenen Annahmen, welche exemplarisch am Beispiel der Straßen unter Nutzung der Annahmen der Umsicht-Studie vorgenommen wurde (vgl. Kap. 6.3.4), vergrößert die berechnete Gesamtmenge auf rund 13.100 t/a (bei 11.800 t/a im Bereich der Straßen, vgl. Kap. 6.3.4). Im Vergleich zum ursprünglichen Basisszenario (1.500 t/a) ergeben sich also aus entsprechenden Anpassungen der Annahmen im Ergebnis Änderungen der ermittelten Menge um fast einen Faktor 10. Um dem Rechnung zu tragen, wird in folgender Zusammenfassung die Spannweite in Bezug auf den Eintragsbereich der achtlos weggeworfenen Kunststoffe inklusive der Abfälle der illegalen Entsorgung etc. entsprechend angepasst.

Die Abschätzung der verbleibenden Kunststoffmenge aus umweltoffenen Anwendungen hat eine Menge von rund 200.000 t/a (150.540 t/a bis 253.045 t/a) ergeben, wobei hier die Produktgruppe „Fahrzeuge / Verkehr“ den größten Beitrag leistet, was in der großen Menge Reifenabrieb (129.000 bis 158.000 t/a) begründet liegt. Die meisten Einträge (über alle Flächentypen) neben Reifenabrieb resultieren aus

- ▶ Rohren, die nach der Nutzung zu einem relevanten Anteil nicht rückgebaut werden, sondern in der Umwelt verbleiben (4.620-46.200 t/a),
- ▶ Geotextilien (2.500-4.500 t/a), Rasengittern (325 – 3.250 t/a) und Sickerblöcken (150 – 1.500 t/a), die nicht rückgebaut werden,
- ▶ Schuhen (1.600-3.200 t/a) und Fahrradreifen (820-1.370 t/a), die während der Nutzung teilweise abgetragen (abgerieben) werden,
- ▶ Agrarfolien (300-3.000 t/a), Pflanztöpfe (415-4.150 t/a), landwirtschaftliche Netze etc. (160 – 1.600 t/a) und Erntegarne (150 – 1.500 t/a), die nach der Nutzung nicht vollständig entnommen bzw. korrekt entsorgt werden,
- ▶ Komposten (1.090-3.370 t/a) und Klärschlämmen¹³ (1.500 – 3.000 t/a), die gezielt in die Umwelt eingebracht werden,
- ▶ Granulaten für Kunstrasenplätze (1.545 – 2.315 t/a), die während der Nutzung teilweise abgetragen werden,
- ▶ Fahrbahnmarkierungen (1.130-2.390 t/a), die während der Nutzung teilweise abgetragen (abgerieben) werden,
- ▶ Düngemitteln (1.970-2.075 t/a), die gezielt ausgebracht werden,
- ▶ Mikrokunststoffen in Kosmetika (475 - 500 t/a), die im Zuge der Abwasserbehandlung überwiegend herausgefiltert und in den Klärschlamm eingebracht werden,

¹³ Doppelzählungen mit anderen Einträgen (aus Kosmetika, Farben, ...) können hierbei nicht ausgeschlossen werden.

- ▶ Entwässerungsrinnen (Regenrinnen), die in großen Mengen eingesetzt und zu einem geringen Teil über die Nutzungsdauer abgetragen werden (165 – 1.625 t/a),
- ▶ Bautenfarben, die in großen Mengen zum Einsatz kommen und über die langjährige Nutzung nach und nach abgetragen werden (350 – 1.050 t/a),
- ▶ Zigarettenkippen, die nicht korrekt entsorgt werden (160 – 1.620 t/a).

Die nachfolgende Tabelle fasst die 30 relevantesten Quellen zusammen:

Tabelle 50: Zusammenfassung der 30 relevantesten Quellen für Kunststoffeinträge

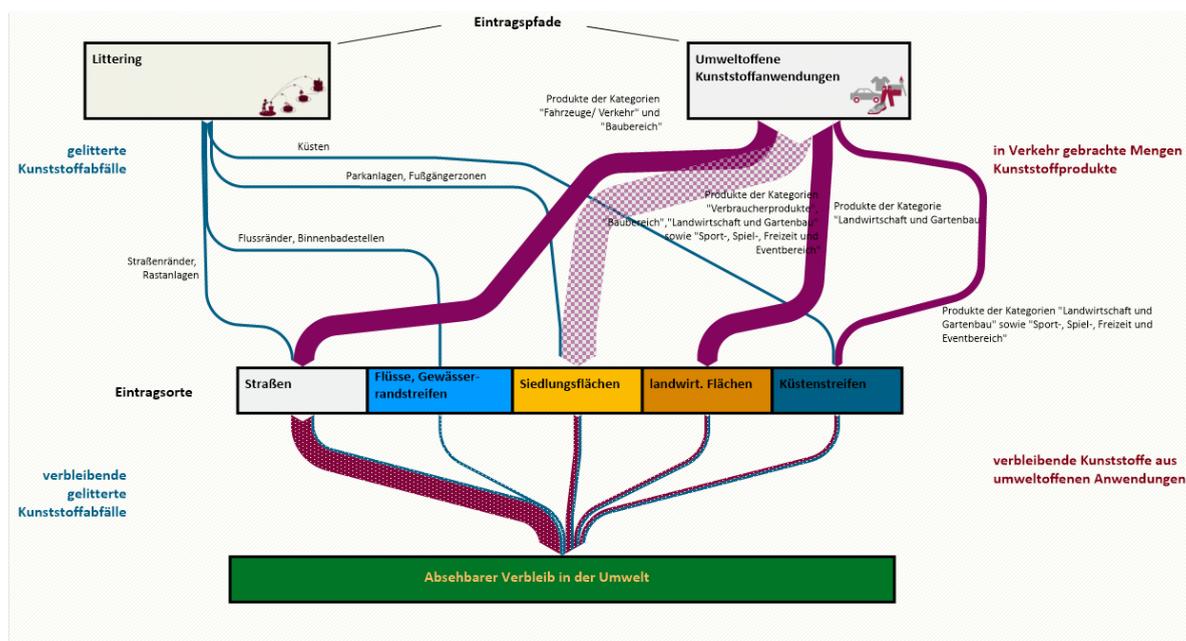
Quelle für Kunststoffeintrag	Eintrag [t/a]
Reifen, KFZ	143.261 (129.000- 158.000)
Rohre	25.410 (4.620-46.200),
Geotextilien	3.500 (2.500-4.500)
Schuhe	2.400 (1.600-3.200)
Pflanztöpfe	2.285 (415-4.150)
Klärschlamm	2.250 (1.500 – 3.000)
Komposte	2.230 (1.090 – 3.340)
Düngemittel	2.025 (1.970-2.075)
Granulat für Kunstrasenplätze	1.930 (1.545 – 2.315)
Rasengitter	1.790 (325 – 3.250)
Fahrbahnmarkierungen	1.760 (1.130-2.390)
Agrarfolien/Erntefolien	1.650 (300-3.000)
Achtlos weggeworfene Kunststoffe, inklusive Abfälle der illegalen Entsorgung, verlorengegangene Produkte etc.	1.500 (650-13.100)
Fahrradreifen	1.095 (820-1.370)
Entwässerungsrinnen (Regenrinnen)	895 (165 – 1.625)
Zigarettenfilter / -kippen	890 (160 – 1.620)
landwirtschaftliche Netze, Schläuche, Vliese	880 (160 – 1.600)
Sickerblöcke	825 (150 – 1.500)
Erntegarne	825 (150 – 1.500)
Bautenfarben	700 (350 – 1.050)
Palisaden	650 (325-975)
Fußplatten (Bakenfüße)	500 (250-759)
Spielgeräte/Spielzeug	500 (250-75)
Kosmetika	490 (475-500)
Silagefolie	460 (230-690)
Teichfolien	460 (83-830)
Kabelummantelungen	395 (200-590)
Verbisschutz	275 (50-500)
Drainage	230 (40-415)

Quelle für Kunststoffeintrag	Eintrag [t/a]
Baufolien	200 (100–300)

Mengenmäßig dominieren im Vergleich der beiden grundsätzlich unterschiedlichen Eintragspfade die Einträge aus den umweltoffenen Anwendungen von Kunststoffprodukten. In der Summe ergeben sich über beide Eintragspfade, also dem Littering und der umweltoffenen Anwendung, abgeschätzte Einträge von 151.190 t bis 266.545 t/a, die dauerhaft in der Umwelt verbleiben.

Die Berechnungsergebnisse der beiden Eintragspfade werden in Abbildung 13 nach Eintragsorten gegliedert (vgl. Abschnitt 3) visualisiert. Weitere (mögliche) Transporte in der Umwelt werden in diesem Vorhaben nicht berücksichtigt, so dass in Bezug auf die Orte und Medien des „dauerhaften“ Verbleibs in der Umwelt keine weitere Differenzierung erfolgen kann.

Abbildung 13: Zusammenfassung der Abschätzung der Kunststoffeinträge



Quelle: Ökopol, die Breite der Pfeile ist proportional zur entsprechenden Menge (t), wobei der schraffierte Pfeil „Umweltfreie Kunststoffanwendungen auf Siedlungsflächen“ aufgrund seiner Größe nicht maßstabsgetreu abgebildet werden kann.

Bezüglich der iVgM (in Verkehr gebrachten Mengen) an Kunststoffprodukten ist zu beachten, dass wie in den entsprechenden Abschnitten von Kapitel 5 beschrieben für einzelne Produkte keine Daten zu iVgM vorlagen bzw. verwendet wurden. Die dargestellten Mengen bilden daher nicht die für den Verbleib relevante Gesamt-iVgM ab.

In Bezug auf die Eintragsorte ergibt sich die größte Menge für den Eintragsort „Straßen“. Es folgen die Einträge über Siedlungsflächen und von landwirtschaftlichen Flächen. Die Siedlungsflächen sind der Eintragsort mit den absolut größten Mengen an umweltfreien Kunststoffanwendungen und den größten Mengen gelitterter Abfälle.

Schlussfolgerungen

- ▶ Die Einträge aus der Vielzahl von umweltfreien Kunststoffanwendungen dominieren das Gesamtbild. Neben dem Verkehrsbereich, welcher vom Reifenabrieb dominiert ist, stellt insbesondere der Baubereich einen besonders mengenrelevanten Eintragsbereich dar.
- ▶ Reifenabrieb stellt die mengenmäßig größte (einzelne) Quelle für Kunststoffeinträge dar. Unsicherheiten (bzw. Unterschiede in den angenommenen Abriebfaktoren) betragen weniger als 30 %. Es besteht grundsätzliche Einigkeit bzgl. der Mengenrelevanz dieser Quelle.

- ▶ Neben Abrieb stellt insbesondere die nicht vollständige Entnahme von Produkten nach der Nutzung einen bedeutenden Eintragsmechanismus dar, der langfristig zu hohen Einträgen führt.
- ▶ Das Littering von Kunststoffen stellt eine relevante Quelle für Kunststoffeinträge in die Umwelt dar, ist aber dennoch in Bezug auf die Gesamteinträge nur eine unter vielen Quellen. Durch Reinigungsmaßnahmen kann hier eine Reduzierung der Einträge erfolgen – in den Modellen schlägt sich dies in einer Änderung des erfassten Abfallanteils bzw. des Schlupfes nieder. Eine Unterscheidung zwischen Littering (achtlos weggeworfene oder liegengelassene Abfälle) und nicht-Littering (illegale Entsorgung, Unfälle, Verluste etc.) ist nicht empfehlenswert. Zentrale Unsicherheiten und Fragen bestehen bezüglich
 - Schlupf bzw. nicht erfasste Mengen: Hier werden in allen vorliegenden Studien Experteneinschätzungen getroffen. Eine Validierung auf Grundlage verfügbarer Daten ist kaum möglich.
 - Der Einfluss getroffener Annahmen zu Schlupf und Kunststoffanteil wurde hier insbesondere am Beispiel Straßen veranschaulicht. Parametervariationen können die Ergebnisse um bis zu einem Faktor 10 beeinflussen.
 - Abrieb von Verpackungen (im Rahmen des bestimmungsgemäßen Umgangs): Hier werden in der Umsicht-Studie hohe Mengen abgeschätzt, die eine zukünftige Prüfung sinnvoll erscheinen lassen.
- ▶ Eine Verbesserung der Datenbasis ist dringend erforderlich. Dies betrifft insbesondere den Schlupf, die Datenlage zum Verbleib von Produkten nach der Nutzung und das Abriebverhalten besonders mengenrelevanter Produkte.

Weiterentwicklung

Im Rahmen des durchgeführten ReFoPlan-Vorhabens wurde erstmalig ein Gesamtmodell für alle Bereiche des Kunststoffeintrages in die Umwelt in Deutschland erarbeitet. Angesichts der skizzierten Problematik der Datengrundlagen konnten für einige Bereiche bislang nur erste Abschätzungen mit entsprechend hohen Unsicherheiten vorgenommen werden. Dennoch erlaubt diese Modellierung eine erste rationale Ableitung der Gesamtrelevanz der Thematik der Einträge und des Verbleibs von Kunststoffen in die Umwelt.

Damit eröffnet sich nach Wahrnehmung der Autoren aber der am Abschlussfachgespräch im Juni 2019 beteiligten Vertreter der Kunststoffbranche, der Umweltverwaltung und der Fachwissenschaft die Perspektive einer stärkeren Faktenbasierung der bislang z.T. recht kontroversen und emotional geführten Diskussionen zur Thematik.

Um dieser Funktion zukünftig gerecht werden zu können, braucht es nach Einschätzung der benannten Akteure allerdings einer konsequenten Fortschreibung des Gesamtmodells bei der bestehende Unsicherheiten und verbliebene Datenlücken gezielt minimiert werden.

Hierfür ist relevant, dass die in der erarbeiteten Modellierung angelegte strukturierte Darstellung aller Eintragsbereiche es jederzeit erlaubt die derzeit verwendeten (Abschätz-)Werte durch aktualisierte und/oder besser unterlegte Detaildaten zu überschreiben. Damit wäre es ermöglicht, zukünftig in einem transparenten und ggf. auch arbeitsteiligen Prozess die Datenbasis zu verbessern und fortzuschreiben.

Der im Vorhabenverlauf durchgeführte Abgleich mit anderen parallel erarbeiteten Teil-Modellen zu Umwelteinträge von Kunststoffen und die mit dem beteiligten Akteuren geführten Diskussionen zeigte allerdings auch, dass es wichtig ist im Kontext mit einer Fortschreibung und Weiterentwicklung eines Gesamt-Modells die Zielstellung d.h. die erwarteten Antworten erneut zu überprüfen.

Grundlegend können mit einer Modellierung sowohl

- ▶ Vorsorgeorientierung
durch die Schaffung einer systematischen Faktenlage als rationale Basis für gezieltes Handeln bei neu identifizierten Risiken und vorsorgende Minderungsstrategien
- ▶ Risikomanagement/-minderung
durch die (fokussierte) Verfolgung aus konkreten Risikoerwägungen abgeleiteter Beeinträchtigung der Umweltqualität in definierten Umweltkompartimenten

unterlegt werden. Es stellen sich aber Fragen in Bezug auf die Art der Aufbereitung der Informationen, also u.a.:

- ▶ Eintragsmenge in die Umwelt und/oder Verbleibsmenge in der Umwelt
=> leitet zur Frage: sind z.B. versiegelte (urbane) Flächen Teil der „Umwelt“
- ▶ Akkumulierter Bestand und/oder jährlicher (Eintrags-/Verbleibs) Zuwachs
=> leitet zur Frage: Betrachtungshorizont (Verbleib nach x Jahren ...)
- ▶ Menge an Makro und/oder Mikro-Kunststoffen
=> ist verknüpft mit der Frage des Zeithorizontes und damit der Bildung „sekundärer“ Mikro-Kunststoffe
- ▶ Bilanzierung am Ort des Eintrages und/oder des Verbleibs?
=> die aus vorsorge- und Risikoerwägungen relevante Fragen des (dauerhaften) Verbleibs machen die Integration von Transport- und Abbaumodellen notwendig.
- ▶ Bilanzierung der Grundpolymermengen und/oder auch der Mengen an Additivierungs/Funktionalisierungs-Stoffen
=> Erfordert weitergehende Kenntnisse/Informationen zu stofflicher Zusammensetzung verschiedener Produktgruppen

Mit Blick auf diese Fragestellungen die in Teilbereichen einer vermutlich durchaus längeren fachlichen Diskussion und Abstimmung bedürfen, schlagen die Autoren, das folgende, gestufte weitere Vorgehen für die Weiterentwicklung der Gesamtmodellierung vor.

Schritt 1: Fortschreibung des bestehenden Gesamt-Modell als einheitliches Eintragsmodells auf der Basis von verwendeten Produktmengen

Dabei sollte

- ▶ Ergebnisbezogene Datenbezüge (also die derzeit verwendeten vorgefundenen Littering-Mengen) zugunsten eines einheitlichen Bezuges auf Verwendungsmengen aufgegeben werden
- ▶ Eine gezielte Einladung an die Marktakteure zur Mitwirkung an der Verbesserung der Datenbasis erfolgen. Im Fokus stehen dabei diejenigen Marktakteure die (möglicherweise) relevante Produkte in die Verwendung bringen

Schritt 2: Entwicklung und Integration von Transport- und Abbaumodellen für in die Umwelt eingetragene Kunststoffe

Dabei

- ▶ sind derartige Modelle systematisch an die verschiedenen Eintrags- und Verbleibsorte anzupassen
- ▶ wird hier ein gezielter Transfer aktueller Forschungsarbeiten und –ergebnisse notwendig werden

Schritt 3: Transparente Durchführung von Risikobewertungen und Ableitung von Risikomanagementmaßnahmen für die identifizierten Verbleibsmengen

Dies

- ▶ erfordert die Zusammenführung der Mengeninformatoren mit aktuellen Erkenntnissen zur (Umwelt- und Gesundheitsbezogenen) Wirkung von (Mikro-)Kunststoffen in den Verschiedenen Umweltkompartimenten

ermöglicht eine gezielte Überprüfung bereits (aus Vorsorgeerwägungen) ergriffener Maßnahmen zum Risikomanagement und zur Ihrer Anpassung/Fortschreibung.

8 Nähere Betrachtung und Ableitung von Handlungsempfehlungen für ausgewählte Produktgruppen

Auf Basis der Modellierungen zur Abschätzung der Kunststoffeinträge erfolgt nun eine nähere Betrachtung ausgewählter Produktgruppen mit einer Prüfung möglicher Handlungsansätze bzw. Identifizierung zu klärender Fragen. Die Liste der vertiefend zu betrachtenden Produkte wurde von den Gutachtern abgeleitet und mit dem Umweltbundesamt abgestimmt. Die folgende Tabelle zeigt die Liste in der Übersicht, gegliedert nach Handlungsbereichen. Zentrales Auswahlkriterium ist hierbei die Mengenrelevanz des jeweils abgeschätzten Kunststoffverbleibs in der Umwelt. Daneben wurde berücksichtigt, in welchen Verwendungsbereichen sich möglicherweise handlungsfähige Akteurskonstellationen finden lassen, mit denen Vorschläge für wirksame Minderungsmaßnahmen abgestimmt werden können.

Tabelle 51: Mögliche Produktgruppen für die Entwicklung von Handlungsempfehlungen

Handlungsbereich	Produktgruppe/ Eintragsbereich	Eintrag in die Umwelt [t/a]	Relevanzkriterium
Straßen-Nutzung	Reifen	129.000 - 158.000	Sehr hohe Mengenrelevanz, ggf. Schadstoffgehalte und Umwelteintrag als (Fein)-Staub bei in Kauf genommener Freisetzung
	Fahrbahnmarkierungen	1.130-2.390	Hohe Mengenrelevanz und Umweltfreisetzung als Feinstaub
	Schuhe	1.600 – 3.200	Hohe Mengenrelevanz
Bauwirtschaft und Landschaftsbau	Rohre	4.620 – 46.200	Sehr hohe Mengenrelevanz, teilweise fehlender Rückbau als Eintragsursache
	Bautenfarben	350 – 1.050	Mittlere bis hohe Mengenrelevanz; mögliche Schadstoffgehalte aufgrund zahlreicher Funktionalisierungen/Additive (Belastung insbesondere urbaner Böden). Eintrag meist als Staub bzw. in Form von kleinen Partikeln
	Geotextilien	2.500 – 4.500	Hohe Mengenrelevanz, fehlender systematischer Rückbau (bzw. intendierter Verbleib)
	Granulat für Kunstrasenplätze	1.545 – 2.315	Hohe Mengenrelevanz
	Rasengitter	325 – 3.250	Hohe Mengenrelevanz und (intendierter?) quantitativer Verbleib
Klärschlamm/ Kompost	Komposte	1.090 – 3.370	Hohe Mengenrelevanz und in Kauf genommene Ausbringung (mit möglichem Eintrag in Nahrungskette)
	Klärschlamm	1.500 – 3.000	Hohe Mengenrelevanz und intendierte Ausbringung (mit möglichem Eintrag in Nahrungskette)
Agrarwirtschaft	Pflanztöpfe	415 – 4.150	Hohe Mengenrelevanz und hoher Rezyklantanteil (ggf. Schadstoffverschleppung)
	Agrarfolien	300 – 3.000	Hohe Mengenrelevanz

Handlungsbereich	Produktgruppe/ Eintragsbereich	Eintrag in die Umwelt [t/a]	Relevanzkriterium
Sonderbereich	Zigaretten	162 – 1.620	„leicht zu vermeidende Einträge in die Umwelt“; in der öffentlichen Debatte relevant

Methodisch stützt sich die Entwicklung der Handlungsempfehlungen zunächst auf eine nähere Betrachtung unter Einbeziehung einschlägiger Veröffentlichungen, bevor – wo es als notwendig und sinnvoll erachtet worden ist – auf dieser Basis eine Konsultation von Experten erfolgt ist.

Bevor auf die einzelnen Handlungsbereiche und Produktgruppen eingegangen wird, erfolgt zunächst eine allgemeinere Betrachtung des Verbleibs von Kunststoffen, die ins Abwasser eingetragen werden, was eine relevante Querschnittsfrage für verschiedene Produktgruppen darstellt.

8.1 Querschnittsfragen: Verbleib von Kunststoffen und mögliche Einträge durch Abwasser

Je nach Art und Ort der Kunststoffanwendung erfolgt ein möglicher Eintrag von Kunststoffen in unterschiedliche Umweltmedien mit jeweils variierendem weiteren Verbleib und Verhalten der Kunststoffpartikel.

Besonders relevant – und ungeklärt – ist die Frage nach dem weiteren Verbleib in den Fällen, in denen davon ausgegangen werden kann, dass die Kunststoffteilchen ganz oder teilweise im Abwasser (Schmutzwasser oder Niederschlagswasser) mit nachfolgender Abwasserbehandlung landen. In diesen Fällen ist der Abwasserpfad ein relevantes Transportmedium für diestoffeinträge und der Abwasserbehandlung kommt eine wichtige Rolle bei der Minderung der Einträge in die Umwelt zu.

Dies kann beispielsweise der Fall sein für Einträge aus

- ▶ Reifenabrieb (inkl. Fahrradreifen),
- ▶ Abrieb von Bautenfarben und sonstigen Kunststoffteilen an Gebäuden,
- ▶ Schuhabrieb,
- ▶ Fasern oder
- ▶ Kosmetika.

Der Kunststoffabrieb aus Anwendungen wie Reifen, Bautenfarben, Gebäudeteilen etc. wird – teilweise – über Regenwasser in die kommunalen Abwassersysteme bzw. die Siedlungswasserwirtschaft transportiert¹⁴. Kunststofffasern, Kunststoffe aus Kosmetika etc. werden über häusliches Abwasser transportiert.

Innerhalb der Siedlungswasserwirtschaft sind Misch- und Trennsysteme zu unterscheiden. In Mischsystemen werden Schmutz- und Niederschlagswasser der Kläranlage zugeleitet, während in Trennsystemen das Niederschlagswasser direkt den Gewässern zugeleitet wird. Beide Systeme finden sich in Deutschland etwa jeweils zu gleichgroßen Anteilen. In Deutschland werden in den kommunalen Kläranlagen jährlich etwa fünf Milliarden Kubikmeter häusliches Abwasser behandelt. Hinzu kommen etwa zwei Milliarden Kubikmeter Niederschlagswasser sowie die gleiche Menge an Fremdwasser

¹⁴ Von in Deutschland niedergehenden Regenmengen werden ca. 0,1 % in der Siedlungswasserwirtschaft behandelt, weshalb von einem relevanten Transport und Eintrag von Kunststoffen durch abfließende Niederschläge ausgegangen werden kann (Bertling et al. 2018).

(Schätzung des Umweltbundesamtes; Busse et al. 2019)). Abwasserströme in Deutschland, Volumen und Art der Behandlung sind zusammenfassend in Tabelle 52 dargestellt.

Tabelle 52: Abwasserströme in Deutschland

Abwasserstrom	Art der Behandlung	Volumen in Mio. m ³
Schmutzwasser (häuslich/gewerblich)	in Kläranlagen behandelt	5080
Fremdwasser		2240
Niederschlagswasser		2570
Gesamtabwassermenge		9890
Abschläge aus der Mischkanalisation	nicht in Kläranlagen behandelt, teilw. mechanische Behandlung	1310
Einleitung von Niederschlagswasser	nicht in Kläranlagen behandelt, teilw. mechanische Behandlung oder natürliche Prozesse	3960

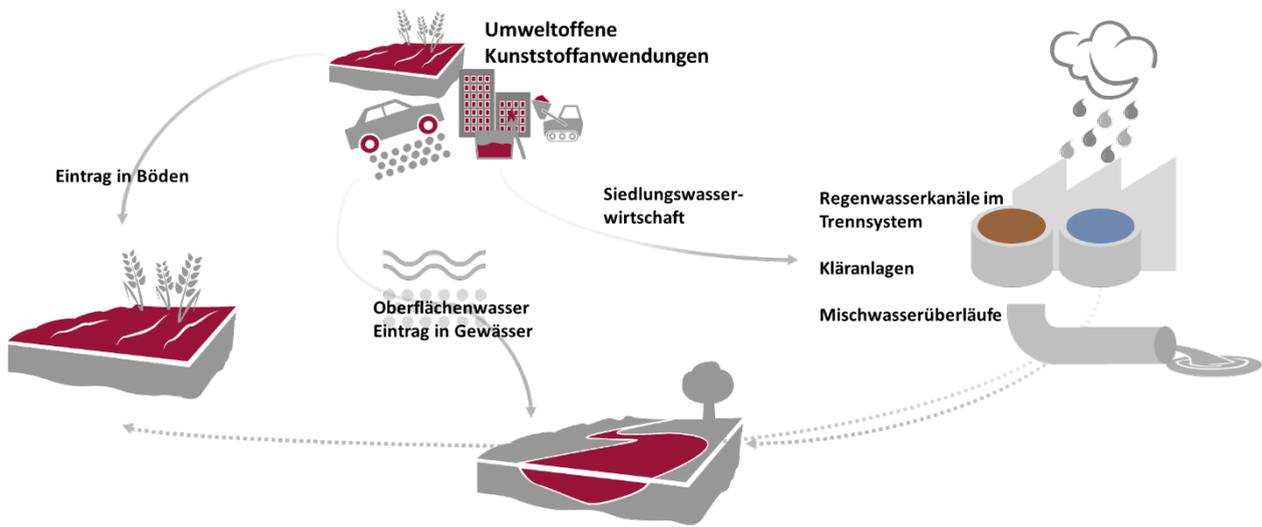
Quelle: Umweltbundesamt / Positionspapier „Kunststoffe in der Umwelt“

In diesem Zusammenhang sind im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft als grundsätzliche Eintragspfade für Kunststoffe in die Umwelt zu unterscheiden:

- ▶ Regenwasserkanäle im Trennsystem/ Niederschlagswassereinleitungen: Einleitung von Niederschlagswasser aus der Trennkanalisation überwiegend ohne effektive Reinigung in Gewässer.
- ▶ Mischwasserüberläufe: Leitung von Mischwasser bei starken Niederschlägen aus den Kläranlagen in Oberflächengewässer um Schäden an der Infrastruktur (Kanäle, Pumpen, Kläranlagen) zu verhindern.
- ▶ gereinigte Abläufe der Kläranlagen: Behandeltes Abwasser aus Kläranlagen wird in Gewässer eingeleitet oder zur Bewässerung eingesetzt.
- ▶ Sonstige ausgehende Ströme der Kläranlagen, insbesondere Klärschlamm und Sandfanggut: Kunststoffe in Abwässern, die Kläranlagen zuströmen, verteilen sich neben dem Ablauf auf drei weitere aus der Kläranlage ausgehende Ströme: Rechengut, Sandfanggut und Klärschlamm (vgl. Abbildung 15). Die Erkenntnisse, in welchen Outputs von Kläranlagen Kunststoffpartikel in welchen Mengen zu finden sind und welche Einträge in die Umwelt hieraus resultieren, z.B. über die Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzte Böden, sind jedoch sehr lückenhaft.¹⁵ Rechengut geht in der Regel in die Verbrennung, weshalb hier Kunststoffeinträge ausgeschlossen werden können.

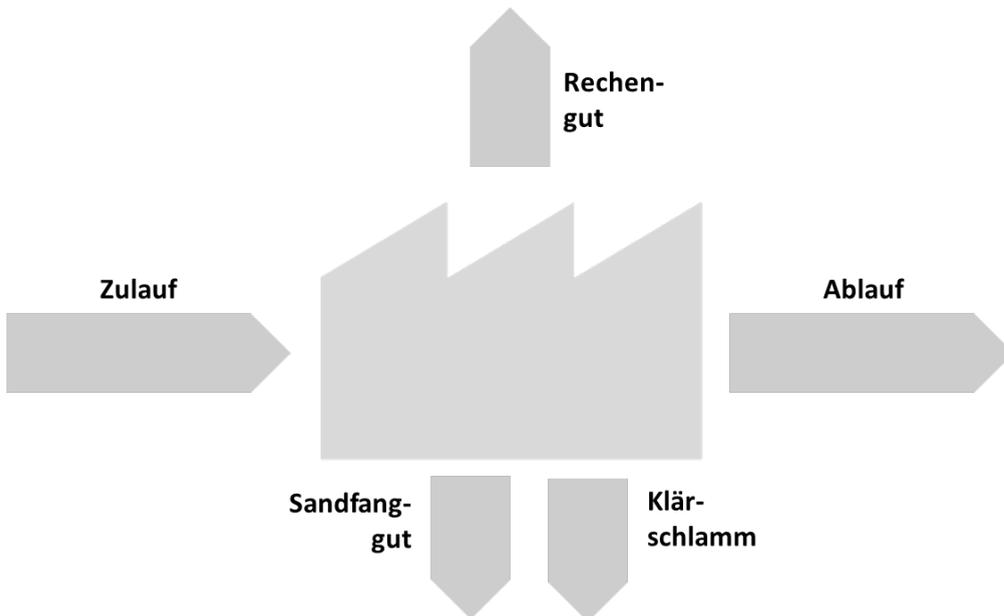
¹⁵ In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass aufgrund einer in 2017 beschlossenen Änderung der Klärschlammverordnung ab 2029 bzw. 2032 Klärschlamm aus großen Kläranlagen nicht mehr landwirtschaftlich ausgebracht werden darf, was die Mengen an in die Umwelt eingetragenen Kunststoff über den Klärschlamm verringern wird (vgl. hierzu im Detail Abschnitt 8.5.2).

Abbildung 14: Schematische Darstellung von Verbleibmechanismen von Kunststoffeinträgen



Quelle: Ökopol

Abbildung 15: Schematische Darstellung grundsätzlicher Inputs und Outputs von Kläranlagen



Quelle: Ökopol, in Anlehnung an (Bertling et al. 2018)

In Bezug auf die Bestimmung und Vermeidung von Kunststoffeinträgen in die Umwelt lassen sich also folgende grundlegende zentrale Fragen benennen:

- ▶ Welche Anteile an Kunststoffeinträgen gelangen in eine Abwasserreinigung, welche nicht?
- ▶ In welchen Mengen befinden sich Kunststoffe im Zulauf?
- ▶ In welchen Mengen verteilen sich Kunststoffe auf die Outputs?
- ▶ Wie lassen sich Kunststoffe in der Abwasserreinigung (gezielt) entfernen bzw. Fraktionen zuführen, die in die Verbrennung gehen?

In Bezug auf diese zentralen Fragen laufen aktuell im Umweltbundesamt verschiedene Forschungsvorhaben, um die Datenlage zu verbessern und darauf gestützte Aussagen treffen zu können. Zudem werden im BMBF-Förderschwerpunkt „Plastik in der Umwelt“ diverse in diesem Kontext relevante Fragen in einer Reihe von Forschungsvorhaben behandelt (vgl. Projektauswahl im Kasten).

Ein Ziel ist in jedem Fall ein einheitliches Monitoring auf Grundlage einer einheitlichen Methode, was die Voraussetzung für eine valide und vergleichbare Datenlage ist.

Auswahl von Projekten im BMBF-Förderschwerpunkt „Plastik in der Umwelt“

Projekt „MicBin: Mikroplastik in Binnengewässern – Untersuchung und Modellierung des Eintrags und Verbleibs im Donaugebiet als Grundlage für Maßnahmenplanungen“ unter Koordination des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ

Ziel des Projektes ist die erstmalige Bilanzierung des Eintrags von Makro-, Meso- und Mikroplastik für ein größeres Einzugsgebiet eines Binnengewässers am Beispiel des deutschen Donaeinzugsgebiets mit Messkampagnen an zwei der größeren Donau-Zuflüsse. Dabei werden sowohl Kläranlagenabläufe als auch bisher weniger betrachtete potenzielle Eintragspfade untersucht und ermittelt. Dazu zählen landwirtschaftliche Nutzflächen, Einträge aus der Luft sowie Zerkleinerungs- und Transportprozesse von Makro- und Mikroplastik in der Umwelt. Ziel des Verbundprojekts ist es, Einträge, Transportwege, Verteilung und Verbleib des Mikroplastiks zu quantifizieren.

Das Projekt liefert also Erkenntnisse darüber, welche Mengen an Mikroplastik über Kläranlagenabläufe in Gewässer eingetragen werden (können). Die darüber hinausgehende Betrachtung der Einträge aus der Luft sowie über landwirtschaftliche Nutzflächen kann wertvolle Erkenntnisse über diese Eintragspfade, welche keine Abwasserreinigung unterlaufen, liefern.

Projekt „Plastrat - Lösungsstrategien zur Verminderung von Einträgen von urbanem Plastik in limnische Systeme“ unter Koordination der Universität der Bundeswehr München

Ziel des Projektes ist die Entwicklung von Lösungsstrategien zur nachhaltigen Begrenzung der Ausbreitung von Kunststoffrückständen in der aquatischen Umwelt. Hierzu erfolgt eine Quantifizierung und Abschätzung möglicher technischer Maßnahmen zum Mikroplastikrückhalt in der Siedlungswasserwirtschaft. Darüber hinaus erfolgen Analysen von Klärschlamm, Gärresten und Kompost als mögliche Mikroplastik-Senken zur Ermittlung der jeweiligen Belastung mit Kunststoffen. In einem weiteren Arbeitspaket soll ein multikriterieller Bewertungsansatz zur Umweltverträglichkeit für limnische Systeme von Kunststofftypen entwickelt werden, auf dessen Basis ein Gütesiegel für Kunststoffe entwickelt werden soll. Hierzu sind u.a. Stakeholderdialoge vorgesehen.

Projekt „REPLAWA - Reduktion des Eintrags von Plastik über das Abwasser in die aquatische Umwelt“

Das Projekt befasst sich mit möglichen Ansätzen zum Schutz der Ressource Wasser vor Kunststoffeinträgen in Zusammenhang mit der Abwasserableitung und Abwasserbehandlung. Die Eintragspfade ins Gewässer durch Kläranlagen, Niederschlagswassereinflüsse und Mischwasserentlastungen sowie die Senken bei der Abwasserbehandlung und im Klärschlamm werden ermittelt und quantitativ beurteilt. Verschiedene Verfahren zur Reduktion und Elimination des Eintrags von Kunststoffen bei der Abwasserbehandlung werden praktisch erprobt und bewertet. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen und Auswertungen internationaler Regulierungsansätze werden Strategien zur Reduzierung von Kunststoffeinträgen und zur Sensibilisierung von Entscheidungsträgern und Anlagenbetreibern sowie zu Verminderung des Eintrags über das Abwasser abgeleitet.

8.2 Handlungsbereich Straßennutzung

Im Handlungsbereich „Straßennutzung“ werden drei Produktgruppen, Reifen, Schuhe und Fahrbahnmarkierungen, näher betrachtet. Mengenmäßig sind hier die Reifen dominant (vgl. Tabelle 51), während Fahrbahnmarkierungen und Schuhe jeweils auch zu Einträgen oberhalb von 1.000 t/a führen.

8.2.1 Reifen

Die Berechnung bei Reifen ist anhand der jährlich in Deutschland gefahrenen Kilometer erfolgt, wobei zwischen verschiedenen Fahrzeugtypen differenziert wurde. Der Eintrag erfolgt durch den Abrieb der Reifen während der Nutzung. Die angelegten Emissionsfaktoren (bzw. Abriebsfaktoren) entstammen einer UBA-Studie (Hillenbrand et al. 2005). Darüber hinaus wurden auf Basis von Daten der Bundesanstalt für Straßenwesen (Bäumer et al. 2017) Annahmen getroffen für den Anteil der innerörtlich gefahrenen Kilometer.

Die hier ermittelten Zahlen unterscheiden sich nicht signifikant von Angaben anderer Autoren. Bezüglich der Größenordnung, in der Reifenabrieb auftritt, besteht zwischen verschiedenen Studien weitgehende Einigkeit (Hillenbrand et al. 2005; Giese et al. 2018; Wigger et al. 2018; Wang et al. 2016; Essel et al. 2015; Kole et al. 2017; Zimmermann et al. 2018), die jeweils berichteten oder ableitbaren Verbleibsfaktoren schwanken meist um weniger als 30 %.

Bezüglich der Zusammensetzung von Reifenabrieb wird in der Literatur ebenfalls ein eher homogenes Bild wiedergegeben:

Tabelle 53: Zusammensetzung von Reifenabrieb nach verschiedenen Studien

Material	Dave (2013); Wik und Dave (2009)	Kocher (2010)	Krömer et al. (1999)	Degussa (2007) zitiert in Kocher (2010)	Okel und Rueby (2016)
Synthetischer oder natürlicher Kautschuk	40-60%	39%	42%	53,6%	Keine Angabe
Carbon Black / SiO₂	20-35%	34%	34%	34%	22-40 %
Mineralöl	15-20%	Keine Angabe	17,1%	4,3%	Keine Angabe
Schwefel	1%	Keine Angabe	Keine Angabe	2,1%	1-4%
Zinkoxide	1,5%	1,1%	0,5%	1,3%	1%
Stearinsäure	1%	Keine Angabe	Keine Angabe	0,9%	Keine Angabe
Sulfenamide oder Thiazole	0,5%	Keine Angabe	Keine Angabe	2,7%	Keine Angabe
Sonstige / nicht näher spezifiziert	1,2%	24,5%	6,4%	1,1%	55-76 %

Hier speziell in Bezug auf die Thematik der Kunststoffeinträge in die Umwelt relevant ist der Anteil synthetischer Kautschuke. Jedoch sind auch die anderen Bestandteile umweltrelevant, weshalb eine Betrachtung des gesamten Reifenabriebs als zielführender erscheint als eine Einzelbetrachtung der Mengen der einzelnen Bestandteile.

Die konkrete Zusammensetzung von Reifen ergibt sich aus einer Vielzahl von Anforderungen für den jeweiligen Anwendungsfall, wobei insbesondere Aspekte wie Sicherheit (Bremsverhalten, Bodenhaftung), Fahreigenschaften (hierzu zählen auch Geräuschentwicklung und Rollwiderstand) und Haltbarkeit bzw. Nutzungsdauer (Laufleistung) eine Rolle spielen. Das Abriebverhalten wiederum ergibt sich aus diesen Eigenschaften, ist jedoch keine primäre Zielgröße in der Reifenentwicklung, auch wenn es eng mit der Laufleistung zusammenhängt.

Regelungen oder Normen, die Reifenabrieb begrenzen, gibt es bislang nicht. Auch im EU Reifenlabel ist Abrieb bislang kein Kriterium. Im Bericht der Europäischen Kommission an das Europäische Parlament und den Europäischen Rat zur Beurteilung der Notwendigkeit zur Überprüfung der Verordnung (EG) Nr. 1222/2009 über die Kennzeichnung von Reifen in Bezug auf die Kraftstoffeffizienz und andere wesentliche Parameter (EU Kommission 2017) heißt es hierzu:

„Der Abrieb hängt, wie auch die Laufleistung, größtenteils von externen Faktoren ab (d. h. Reifendruck, Fahrbahnoberfläche, Last, Fahrstile usw.). Das Reifenkennzeichnungssystem dürfte nicht zwangsläufig auch der Regulierung von TRWP [Tire Road Wear Particles] -Emissionen dienen. Allerdings könnte diese Frage in einer künftigen Überarbeitung der Verordnung näher erforscht werden. Hierbei sollte jedoch den zunehmenden Bedenken hinsichtlich der Luftverschmutzung und von Mikroplastik in den Ozeanen sowie den Folgen für die Umwelt und die menschliche Gesundheit Rechnung getragen werden. [...] Zudem dürfte es relevant sein, zu erwähnen, dass diese Frage auch im Rahmen der Reifengenehmigungsverordnung [Verordnung (EG) Nr. 661/2009] für Reifen untersucht werden könnte.“

Dies macht deutlich, dass eine Berücksichtigung in den EG-Verordnungen Nr. 1222/2009 oder 661/2009 eine zukünftige Möglichkeit darstellen könnte, hier Kunststoffeinträge in die Umwelt zu reduzieren.

Neben diesem regulativen Ansatz lassen sich zwei weitere Ansätze bezüglich der Verringerung der Einträge von Reifenabrieb in die Umwelt benennen:

- ▶ Reduktion des Reifenabriebs durch Reduktion des Verkehrsaufkommens und/oder Begrenzung der zulässigen Fahrgeschwindigkeit (Verhinderung der Entstehung)
- ▶ Reduktion der Einträge von Reifenabrieb in die Umwelt durch Verhinderung des Eintrags nach der Entstehung

Die Reduktion des Verkehrsaufkommens ist Gegenstand verschiedener öffentlicher Programme. In den Sustainable Development Goals ist nachhaltige Mobilität ein Teilaspekt von Ziel 11 „Nachhaltige Städte und Gemeinden“ („sichere, bezahlbare und nachhaltige Mobilität in der Stadt und auf dem Land“). Im Wettbewerb „Zukunftsstadt“ des BMBF werden entsprechende Konzepte prämiert¹⁶. In der Nachhaltigkeitsstrategie des Bundes ist zumindest die Absicht erklärt, den „Endenergieverbrauch im Güter- und Personenverkehr [...] bis 2030 um 15 bis 20 Prozent“ zu senken und „die schnelle Erreichbarkeit von Zentren mit öffentlichen Verkehrsmitteln“ zu verbessern. Für konkrete Umsetzungen stellt bspw. die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) für Kommunen Förderkredite für die Umsetzung von Maßnahmen zur Nachhaltigen Gestaltung städtischer Verkehrspolitik zur Verfügung¹⁷. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung hat in einer Publikation eine Reihe von Best-Practice Beispielen gesammelt (BMVBS und BBR 2007). Die wesentlichen Säulen zur Reduktion des Verkehrsaufkommens in diesen Beispielen sind:

- ▶ Die Gewährleistung kurzer Wege zur Versorgungsinfrastruktur
- ▶ Verbotszonen für PKW (teilweise mit Ausnahme für Anwohner), Straßenumnutzung, Verkehrsberuhigung
- ▶ Reduzierung von Parkmöglichkeiten
- ▶ Ausbau des ÖPNV-Angebots
- ▶ Ausbau des Fahrradwegenetzes
- ▶ Schaffung von Fahrradabstellplätzen

¹⁶ Siehe <https://www.wettbewerb-zukunftsstadt.de/der-wettbewerb/kurzbeschreibung.html>

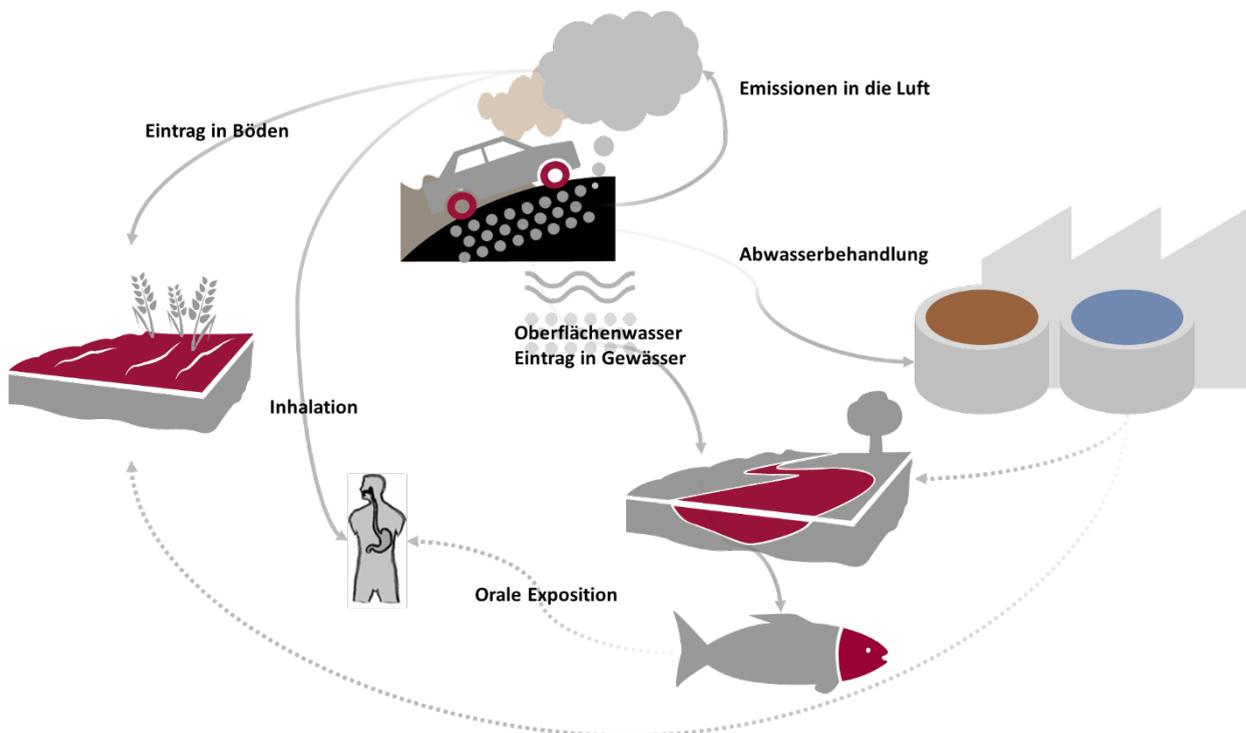
¹⁷ Siehe bspw. <https://www.kfw.de/PDF/KfW-Research/Economic-Research/Publikationsarchiv/Mittelstands-und-Strukturpolitik/Umweltschutz-und-Energie/Per-43-Nachhaltige-Verkehrskonzepte.pdf>

► Fahrrad(kurzzeit)-Verleihmöglichkeiten, „City Bikes“

Diese Möglichkeiten sind grundsätzlich bekannt und werden hier nicht weiter vertieft.

Die Reduktion der Einträge von Reifenabrieb in die Umwelt durch Verminderung des Eintrags nach der Entstehung adressiert die Frage nach dem Verbleib des Abriebs. Der Abrieb von den Reifen wird entweder während des Fahrens in die Luft gewirbelt oder verbleibt direkt auf der Straße, z.B. bei feuchter Straße/Regen. Mit dem (Regen-) Wasser oder durch Deposition verteilt sich der Reifenabrieb in Böden (siehe bspw. Hillenbrand et al. 2005) und Gewässern (siehe bspw. Sundt et al. 2014; Wik und Dave 2009). Ein Modell der Verteilung von Reifenabrieb in der Umwelt ist in Abbildung 16 dargestellt.

Abbildung 16: Mögliche Verteilung von Reifenabrieb und Senken für Reifenabrieb in der Umwelt



Quelle: Ökopol, auf Basis von Zimmermann et al. (2018)

Mögliche Maßnahmen können zum einen an einer verbesserten Straßenreinigung¹⁸ ansetzen, die einen relevanten Anteil des Reifenabriebs entfernt und einen weiteren Eintrag in die Umwelt verhindert, sowie an einer optimierten Abwasserbehandlung, die verhindert, dass Reifenabrieb über die Regenwasserabläufe oder Klärschlämme in die Umwelt gelangt.

Wie sich die Straßenreinigung optimierten ließe, um eine bessere Abreinigung von Reifenabrieb zu erreichen, und durch welche technischen Maßnahmen eine Minimierung der Einträge realisiert werden kann, wird aktuell im BMBF-geförderten Forschungsvorhaben „RAU – Reifenabrieb in die Umwelt“¹⁹ erforscht (konkret genannt wird ein Nassschlammfang als Senke für Reifenabrieb). Nähere Erkenntnisse lagen zum Zeitpunkt noch nicht vor. Das Vorhaben sollte aber im Fortgang genau in Bezug auf mögliche Handlungsansätze beobachtet werden.

¹⁸ Hierbei ist zu beachten, dass die Bürsten in der konventionellen maschinellen Straßenreinigung wiederum eine potentielle Eintragsquelle darstellen (Abrieb der Kunststoffbürsten).

¹⁹ Siehe <https://bmbf-plastik.de/verbundprojekt/rau>

Mit möglichen Ansätzen zur Vermeidung von Kunststoffeinträgen aus Kläranlagen bzw. Abwässern befassen sich daneben weitere Forschungsvorhaben wie in Abschnitt 8.1 beschrieben.

8.2.2 Fahrbahnmarkierungen

Die Berechnung für die Fahrbahnmarkierungen beruht auf Informationen aus einem anderen Ökopol-Vorhaben, auf Informationen von Evonik und Auskünften von Autobahnmeistereien sowie der Deutschen Studiengesellschaft für Straßenmarkierungen.

Die Qualität der in der Modellierung zu Grunde gelegten Daten zu in Verkehr gebrachten Mengen, Nutzungsdauern und Kunststoffgehalten wird als sehr gut eingeschätzt. Einzig die Annahmen zum Abrieb über die Nutzungsdauern bzw. zum Eintrag in die Umwelt beruhen auf Expertenschätzungen und sind mit Unsicherheiten behaftet, welche sich in der Spannbreite der Modellierungsergebnisse wiederfinden.

Eine weniger aggregierte Betrachtung auf Basis der erhobenen Daten liefert konkretere Erkenntnisse bzw. Abschätzungen darüber, welche Arten von Markierungsfarben pro in Verkehr gebrachter Tonne Markierungsfarben zu jährlichen Kunststoffeinträgen in welcher Höhe führen. Auf dieser Basis lässt sich eine grobe Sortierung der Farbarten vornehmen:

- ▶ Vergleichsweise hohe Einträge
 1. Wasserbasierte Farben
 2. Lösemittelbasierte Farben
- ▶ Mittlere Einträge
 1. Thermoplastische Systeme – Dünnschicht
- ▶ Vergleichsweise geringe Einträge
 1. Thermoplastische Systeme – Dickschicht
 2. Kaltplastische Systeme – Dünnschicht
 3. Kaltplastische Systeme – Dickschicht
 4. Folien

Diese Sortierung spiegelt in umgekehrter Ordnung auch näherungsweise die Kosten der verschiedenen Systeme wider: Während die kurzlebigen Systeme, wasser- und lösemittelbasierte Farben, preiswerter sind, sind Folien bspw. deutlich kostspieliger und machen daher ökonomisch nur an stark befahrenen Straßen Sinn.

Neben den Kosten der verschiedenen Systeme spielen jedoch eine Reihe von möglichen Eigenschaften der Straßenmarkierungsfarben eine Rolle bei deren Auswahl, worunter auch verschiedene sicherheitsrelevante Eigenschaften fallen. Die folgende Tabelle liefert eine (nicht abschließende) Übersicht über entsprechende Eigenschaften.

Tabelle 54: Beispielhafte relevante Eigenschaften von Straßenmarkierungsfarben

Eigenschaft	Erläuterung
Kosten	Grundsätzlich weisen die kurzlebigen Farbarten (wasser- und lösemittelbasierte) Farben niedrigere Kosten als die langlebigeren Systeme auf. Je nach geforderten Eigenschaften ergeben sich die konkreten Systemkosten.
Grundsätzliche Abriebfestigkeit	Eine hohe Abriebfestigkeit ist für Straßen mit stärkerem Verkehrsaufkommen notwendig, während an Straßen mit wenig Verkehrsaufkommen meist keine hohe Abriebfestigkeit gefordert ist. Wasser- und lösemittelbasierte Farben weisen eine niedrigere Abriebfestigkeit auf und werden häufig an untergeordneten Straßen eingesetzt, während kalt- und thermoplastische Systeme eine höhere Abriebfestigkeit aufweisen.
Drainageverhalten	Spezielle Strukturen in der Straßenmarkierungen können zur Abführung von Wasser von der Straße beitragen. Meist kaltplastische Systeme mit entsprechender Strukturierung.
Schneepflugresistenz	Diese Eigenschaft wird speziell in Regionen mit höherer Schneewahrscheinlichkeit gefordert. Bestimmte (langlebige) Farben sind besonders resistent gegen Abrieb durch Schneepflüge und werden hier gezielt eingesetzt. Meist kaltplastische Systeme.
Warnfunktion (Geräuscherzeugung bei Spurverlassen)	Durch spezielle Strukturierung können hohe visuelle, hörbare und spürbare Eigenschaften der Straßenmarkierung erzeugt werden. Meist kalt-, aber auch thermoplastische Systeme.
Nachtsichtbarkeit	Nachtsichtbarkeit wird meist dadurch erreicht, dass Glasperlen ins Material eingebracht werden, welche Licht reflektieren. Die Nutzungsdauer wird hier nicht durch den Abrieb der Markierungsfarbe, sondern der Glasperlen begrenzt. Im Zuge der Ausbesserung wird meist ein Überzug mit einer dünnen Schicht Farbe und Glasperlen vorgenommen. Meist kaltplastische Systeme, wobei thermoplastische Systeme auch eine gute Sichtbarkeit aufweisen.

Quelle: Ökopol auf Basis von Expertengesprächen

Die Auswahl von Straßenmarkierungsfarben ist vor diesem Hintergrund eine Abwägung zwischen Kosten und gewünschten Eigenschaften. Der mögliche Eintrag von Kunststoffen hat hierbei keine direkte Relevanz. Es lässt sich aber konstatieren, dass teurere System mit geringeren potenziellen Einträgen einhergehen.

Ein konkreter sinnvoller Handlungsansatz besteht hier aus Sicht der Gutachter nicht. Zwar ließe sich der Einsatz grundsätzlich über das öffentliche Ausschreibungswesen regeln, aber da echte (preislich vergleichbare) Alternativen fehlen, bleibt dies ein theoretischer Ansatz.

8.2.3 Schuhe

Bezüglich Schuhabrieb ist grundsätzlich anzumerken, dass es keine Studien gibt, die Schuhabrieb in der Praxis systematisch untersucht haben. Für die Analyse im Projekt wurde daher ein Austausch mit Experten initiiert, wobei hier insbesondere das Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e.V. zu benennen ist. Daneben wurden unter anderem Schuhsohlenhersteller kontaktiert.

Die in der in Kapitel 5.2.3 beschriebenen Analyse zu Grunde gelegten Annahmen von einem jährlichen Abrieb von 10 bis 20 g²⁰ (eine Sohle wiegt zwischen 50 und 300 g) basieren auf diesen Gesprächen, in denen gleichzeitig hervorgehoben wurde, das Schuhabrieb sehr variabel ist und von einer Vielzahl von Faktoren abhängt (Fußdeformationen, Nutzungsart - viel/ wenig Straße; überwiegend Teppich, Büro, Nutzung im Garten, ... - Profilierung, ...).

Die wesentlichen Materialien, die für Schuhsohlen zum Einsatz kommen sind Ethylen-Vinylacetat-Copolymer (EVA, Phylon), Polyurethan, Gummi und thermoplastisches Polyurethan (TPU, etwas fester; eher im Sicherheitsschuhbereich). Sonstige Materialien wie Leder spielen in der Gesamtschau praktisch keine Rolle.

Bezüglich der verschiedenen Materialien lassen sich keine grundsätzlichen Aussagen bzgl. unterschiedlicher Abriebneigung treffen. Innerhalb der einzelnen Materialarten ist die konkrete Additivierung für das Abriebverhalten relevant. Näherungsweise gilt: Je weicher das Material, desto flexibler der Schuh (kann ein Qualitätsmerkmal sein), desto mehr Abrieb. Dennoch lässt sich keine grundsätzliche Aussage zu einem Zusammenhang zwischen hoch- und niedrigpreisig und Abriebverhalten treffen: Die Sohle ist in den allermeisten Fällen nicht das preislich unterscheidende Kriterium. Dies sind eher die Obermaterialien.

Gesetzliche Vorgaben zum Abriebverhalten gibt es für den Bereich der persönlichen Schutzausrüstung (PSA)²¹. Hier gelten die folgenden Anforderungen gemäß DIN EN ISO 20345ff²² für den Abriebwiderstand für Schuhe, die als PSA gelten:

- ▶ Dichte (des Sohlenmaterials) $\rho > 0,9 \text{ g/cm}^3: \leq 150 \text{ mm}^3$
- ▶ Dichte (des Sohlenmaterials) $\rho \leq 0,9 \text{ g/cm}^3: \leq 250 \text{ mm}^3$.

Demnach muss also Material mit einer höheren Dichte einen geringeren Verschleiß aufweisen.

Die Abriebsfestigkeit bzw. der Abriebwiderstand von Schuhen (Obermaterial, Futter und Decksohlen) wird z.B. über die DIN EN 13520 oder ISO 17704 bestimmt²³. Für Schuhsohlen ist auch die Scheuerprüfung nach Taber (z. B. DIN 53754 Prüfung von Kunststoffen²⁴) in Gebrauch. Daneben sind weitere Industriestandards des Prüf- und Forschungsinstitut (PFI) zur Prüfung des Verschleißes von Sohlenwerkstoffen in Gebrauch.

Auch im Blauen Engel für Schuhe werden Vorgaben zum maximalen Abrieb verschiedener Schuharten gemacht, welche dem EU Ecolabel für Footwear entlehnt sind. Diese Vorgaben sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

²⁰ Gedanklich wurde davon ausgegangen, dass ein Paar Schuhe das ganze Jahr getragen wird. Bei rund 160 Mio. Schuhen ist daher von einer Menge von 1.600 bis 3.200 t Verbleib auszugehen.

²¹ Verordnung (EU) 2016/425 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2016 über persönliche Schutzausrüstungen und zur Aufhebung der Richtlinie 89/686/EWG des Rates

²² Der Abriebwiderstand wird nach DIN auf einer rotierenden Zylindertrommel, die mit Schleifpapier ummantelt ist, ermittelt. Der Probekörper wird mit einer definierten Geschwindigkeit bewegt, bis er am Ende eine Strecke von 40m auf dem Schleifpapier zurückgelegt hat. Danach wird ermittelt welches Volumen (mm³) abgerieben wurde.

²³ DIN EN 13520 (2005-03). Schuhe - Prüfverfahren für Obermaterialien, Futter und Decksohlen – Abriebsfestigkeit; sowie ISO 17704 (2004-10). Schuhe - Prüfverfahren für Obermaterialien, Futter und Decksohlen – Abriebsfestigkeit, Ausgabedatum 2004-10.

²⁴ DIN 53754 (1977-06). Prüfung von Kunststoffen; Bestimmung des Abriebs nach dem Reibradverfahren, Ausgabedatum 1977-06.

Tabelle 55: Vorgaben im Blauen Engel zur Abriebsfestigkeit von Schuhen

Schuhtyp	Abriebwiderstand bei $\rho \geq 0,9$ g/cm ³	Abriebwiderstand bei $\rho < 0,9$ g/cm ³
Allgemeine Sportschuhe	≤ 200 mm ³	≤ 150 mg
Kinderschuhe	≤ 200 mm ³	≤ 150 mg
Freizeitschuhe	≤ 250 mm ³	≤ 170 mg
Herrenstraßenschuhe	≤ 350 mm ³	≤ 200 mg
Winterschuhe	≤ 200 mm ³	≤ 150 mg
Damenstraßenschuh	≤ 400 mm ³	≤ 250 mg
Modeschuh	Keine Vorgaben	Keine Vorgaben
Kleinkinderschuh	Keine Vorgaben	Keine Vorgaben
Hausschuh	≤ 450 mm ³	≤ 300 mg

Anhang N zur Vergabegrundlage RAL UZ 155 (RAL 2018)

In Bezug auf eine mögliche Übertragung entsprechender Anforderungen in rechtliche Vorgaben besteht aus Sicht der Gutachter weiterer Prüfungs- und Diskussionsbedarf.

Alternative Materialien stellen bislang keine ersthafte Alternative dar. In bestimmten Segmenten werden zwar beispielsweise Lederlaufsohlen eingesetzt. Jedoch sind auch diese meist umweltseitig problematisch (Wasserbelastung; Wasserverbrauch; ggf. Chemikalieneinsatz). Funktionell finden sich Lederlaufsohlen einzig im hochpreisigen Segment als „gleichwertiger Ersatz“ für Kunststoffsohlen, sind aber deutlich kostenintensiver. Ledersohlen sind zudem grundsätzlich weniger (lange) haltbar, u.a. da sie keine Profilierung aufweisen (daher höheres Verschleißverhalten). Im Hochpreissegment ist eine neue Besohlung 1x jährlich üblich.

8.3 Bauwirtschaft und Landschaftsbau

8.3.1 Geotextilien

Geotextilien sind flächige oder dreidimensionale Textilien, die vor allem im Tief- Wasser- und Verkehrswegebau verwendet werden. Sie bestehen unter anderem aus Polypropylen (PP), Polyamid (PA), Polyethersulfon (PES). Die Mengenabschätzungen zu Geotextilien beruhen auf Consultic Studien sowie ergänzenden Expertengesprächen. Der Eintrag erfolgt durch Verbleiben in der Umwelt nach der Nutzungszeit, es wird meist kein Rückbau vorgenommen (derzeitige Annahme: 50-90 % der Einbaumengen verbleiben in der Umwelt). Der Eintragshorizont beträgt 10-30 Jahre z.T. aber auch > 30 Jahre.

Zentrale Fragen zu diesen Grundannahmen und in Bezug auf mögliche Minderungsansätze der verbleibenden Mengen sind u.a.:

- ▶ Wann endet „objektiv“ die Funktion und damit die Nutzung eines Geotextils im Boden?
- ▶ In welchen Anwendungsfällen erfolgt eine systematische Entnahme der Textilbahnen aus der Umwelt?
- ▶ Bei welchen Anwendungsfällen wäre eine Entnahme nur durch ggf. nicht verhältnismäßige Eingriffe in die Umwelt möglich?
- ▶ In welchem Maß wird die Anwesenheit von Geotextilien im Boden bei Hochbauten, bei Tiefbauten sowie bei Garten- oder Landschaftsbaumaßnahmen systematisch erfasst und langfristig „wieder auffindbar“ dokumentiert?
- ▶ Unter welchen Bedingungen ist von einer Rückbauverpflichtung der Flächeneigentümer auszugehen, wie kann diese operationalisiert werden?

Angesichts der anzunehmenden Mengenbedeutung dieser Produktgruppe erscheint es aus gutachterlicher Sicht sinnvoll diese und weitere möglichen Fragen im Rahmen weiterer Forschungsvorhaben zu adressieren.

8.3.2 Rohre

Hier relevant sind Rohrleitungen in Versorgungsnetzen, in erster Linie Zuleitungen und Abwasserrohre aus PVC, PE und PP. Die derzeitigen Mengenabschätzungen zu Rohren beruhen auf Consultic Studien sowie einer Studie des Deutschen Wasser- und Abwasserverbandes.

Der Eintrag erfolgt durch Verbleiben in der Umwelt nach der Nutzungszeit. D.h. es wird davon ausgegangen, dass z.T. kein vollständiger Rückbau erfolgt. (Derzeitige Annahme: 1 %-10 % der eingesetzten Rohre verbleiben in der Umwelt). Der Eintragshorizont liegt dabei jenseits von 30 Jahren.

Zentrale Fragen zu diesen Grundannahmen und in Bezug auf mögliche Minderungsansätze der verbleibenden Mengen sind u.a.:

- ▶ Wann endet „objektiv“ die Nutzungsdauer einer Rohrleitung im Boden?
- ▶ Wie kann sichergestellt werden, dass Rohre nach dem Ende ihrer Nutzungsdauer aus der Umwelt (dem Boden) entnommen werden?
- ▶ Wann resultiert aus der Anwesenheit einer nicht mehr genutzten Rohrleitung im Boden eine Rückbaupflicht ?
- ▶ Wie wird das notwendige Wissen (Lage, Art des Einbaus, ...) verfügbar gemacht?
- ▶ Wie sind die üblichen Vorgehensweisen?
- ▶ Wie kann dann sichergestellt werden, dass diese dem Recycling/ einer geordneten Entsorgung zugeführt werden?
- ▶ Wo werden existierende Lücken im Rückbau und der Entsorgung von Rohren gesehen?
- ▶ Wird die Verunreinigung von Bauschutt und anderen Bauabfällen (Bodenaushub, Straßenaufbruch, Baustellenabfälle) mit Kunststoffen (bspw. aus Rohren) als relevantes Problem gesehen?
- ▶ Gibt es Fälle, in denen der Verbleib nach der Nutzung aus ökologischer Sicht sinnvoller ist?
 - Welche Anknüpfungspunkte werden gesehen, um solche Verunreinigungen zu reduzieren?

8.3.3 Bautenfarbe

Die Mengenabschätzung zu Bautenfarben beruht auf Informationen des Verbandes der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie im Kontext der Emissionsberichtserstattung. Der Eintrag in die Umwelt erfolgt bei der Nutzung i. d. R. durch Verwitterung (Derzeitige Annahme 0,25%-0,75 % Eintrag über die Nutzung). Eine Reduktion der Kunststoffeinträge kann durch die Verwendung von Farben mit niedrigerem Kunststoffanteil erfolgen, wobei hier bislang bzgl. der auf dem Markt verfügbaren Produkte wenig Handlungsspielraum besteht. Auch über eine höhere Wetterfestigkeit und Langlebigkeit der Farben könnte eine Reduktion erreicht werden, wobei hier aus Sicht der Gutachter eine detaillierte Prüfung der Machbarkeit auch unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit anderen relevanten (Umwelt-) Parametern durchzuführen wäre.

8.3.4 Kunstrasenplätze

Der relevante Kunststoffeintrag, der von Kunstrasenplätzen ausgeht, stammt aus dem eingesetzten Granulat, welches über Verschleppungen (Anhaftungen an Kleidung, Schuhen etc.) und Verwehungen über verschiedene Pfade in die Umwelt gelangen kann.

Laut einer Arbeit des Wissenschaftlichen Dienstes des Bundestages stammt das eingesetzte Granulat teilweise aus recycelten Autoreifen und enthält unter Umständen polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) weshalb hier schadstoffseitig eine besondere Relevanz besteht (Deutscher Bundestag 2010).

Mögliche Alternativen für Kunststoffgranulat umfassen Kork-Granulat oder Sand-Gummigranulatgemische²⁵, welche zunehmend eingesetzt werden. Bei Gummigranulaten aus recycelten wurden allerdings im Rahmen eines Beschränkungsantrags unter REACH Bedenken geäußert bezüglich des PAK-Gehaltes und der Gesundheitsgefährdung bei Einsatz der Granulate in Sportplätzen und ähnlichen Anwendungen²⁶. Eine mögliche neue Lösung kann auch in Hydridsystemen bestehen, die aus Naturrasen und einem Anteil Kunststofffasern bestehen.

Für Sportplätze, die exklusiv für bestimmte Sportarten wie Hockey und American Football genutzt werden, kann auch gänzlich auf eine Granulatverfüllung des Kunstrasenplatzes verzichtet werden (Deutscher Bundestag 2017).

8.3.5 Rasengitter

Rasengitter dienen als bauliche Befestigung von befahrbaren und zugleich begrünten Verkehrsflächen, wie zum Beispiel Garten- und Gehwegen, Einfahrten oder auch Parkflächen. Hauptsächlich werden Kunststoffe wie PE-LD, PE-HD werden verwendet. Rasengitter haben den Vorteil, dass die Fläche befahrbar wird, ohne dass eine Versiegelung der Fläche erfolgt.

Die Mengenabschätzung beruht auf intern verfügbaren Daten der Consultic sowie Gesprächen mit Experten. Es sind keine Produktionsstatistiken vorhanden.

Der Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung oder durch nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung. Eintragungsorte sind Siedlungsflächen sowie Sportplätze und Freizeitanlagen. Nach der Nutzung erfolgt eine teilweise Entnahme (Angenommener Verbleib 1 % - 10 %).

Offen sind die Fragen:

- ▶ Gibt es einen (geordneten) Rückbau / eine Entnahme von Rasengittern aus der Umwelt?
- ▶ Ist ein Rückbau umsetzbar? Was sind mögliche Hindernisse/ Probleme?

8.4 Agrarwirtschaft

8.4.1 Agrarfolien / Erntefolien

Der Bereich der Agrarfolien umfasst Folien zur Ernteverfrüfung (Mulchfolien, Spargelfolien, Gewächshausfolien) sowie zur Futterkonservierung (Rundballenfolien, Fahrhilfolien, Schlauchfolien). Die Folien bestehen überwiegend aus PE. Der Eintrag in die Umwelt erfolgt durch Verbleib im Boden ganzer Folien oder von kleineren Folienteilen, durch Verwehung sowie durch eine eventuelle nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung (hier wurde in der Modellierung ein Verbleibsfaktor von 1-10 % angenommen).

Zentrale Herausforderung ist vor diesem Hintergrund also die Gewährleistung einer weitgehenden Entnahme und Zuführung zu entsprechenden Verwertungssystemen.

²⁵ Siehe <https://www.sportstaettenrechner.de/wissen/kunstrasen/belagstypen-und-anwendungsbereiche/>

²⁶ Siehe Annex XV Beschränkungsantrag (NL, 2018), <https://echa.europa.eu/documents/10162/9777e99a-56fb-92da-7f0e-56fcf848cf18>

Mit der Initiative ERDE der RIGK GmbH besteht bereits ein solches System. Die Initiative ERDE (Erntekunststoffe Recycling Deutschland) ist ein Rücknahmesystem für Agrarfolien, initiiert von der Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V. (IK). Finanziert wird das System von derzeit zehn teilnehmenden Herstellern von Agrarkunststoffen (RIGK 2018), um den Landwirten einen kostengünstigen Service für die Rücknahme der Folien zu bieten. Nutzer der Agrarfolien (Landwirte) können die gebrauchten Folien bei Sammelstellen abgeben oder abholen lassen.

Als Systembetreiber von ERDE tritt die RIGK GmbH in Wiesbaden auf, welche im Bereich der gewerblichen Verpackungen unterschiedliche Dienstleistungen anbietet, wie die Abholung und Verwertung von Pflanzenschutzmittel-Verpackungen aus dem Agrarbereich oder industrieller Verpackungen schadstoffhaltiger Füllgüter. ERDE organisiert deutschlandweit über ein Sammelnetz aus derzeit rund 350 Sammelstellen und über zusätzliche mobile Sammlungen direkt beim Landwirt die Annahme von Landwirtschaftsfolien. Als Sammelstellen treten der genossenschaftliche und private Handel sowie Landtechnikunternehmen und Entsorger auf. Der Preis für die Abholung und Annahme wird von den Sammelstellen selbst bestimmt (RIGK 09/2018).

Unterschieden wird bei der Sammlung zwischen PE-LD (Fraktion 1) und PE-LLD (Fraktion 2). Da die Folien zu über 90% aus diesen PE Fraktionen bestehen und Materialkombinationen selten sind, stellen sie relativ homogene Monofraktionen dar, die sich prinzipiell gut zum Recycling eignen, wobei sich Einschränkungen durch die bei Agrarfolien typischen hohen Schmutzanhaftungen ergeben. Im Jahr 2017 konnten so nach eigenen Angaben 6.500 t Folien gesammelt werden, oder knapp 10 % der jährlich in Verkehr gebrachten Agrarfolien (70.000 t). Für das Jahr 2020 hat sich ERDE das Ziel gesetzt 50 % aller in den Verkehr gebrachten Agrarfolien zu sammeln und zu verwerten (RIGK 2017a).

Die Verwertung der Folien findet derzeit in 8 Recyclinganlagen in Europa statt, welche die Folien erst reinigen, zerkleinern und dann zu Regranulat einschmelzen, welches in neuen Kunststoffprodukten wie Abfallbeuteln, Baufolien und Stretchfolien eingesetzt werden kann oder wieder zu Agrarfolien verarbeitet wird (RIGK 2017a). Haupthindernis für das Recycling stellen die hohen Verschmutzungsgrade der Agrarfolien dar, welche eine Vorreinigung durch den Endverbraucher notwendig macht. Als Anreiz für die saubere Sammlung erhält der Endverbraucher einen Rückgabebonus für Stretchfolien, welchen er beim nächsten Einkauf einlösen kann (IK 2014).

8.4.2 Pflanztöpfe

Der Eintrag von Kunststoff durch Pflanztöpfe erfolgt durch Abtrennung (z. B. Abrieb) oder Absplittern kleiner Teilchen während der Nutzung oder der vollständige Verbleib in der Umwelt z. B. dadurch, dass die Töpfe im Außenbereich liegen gelassen und vom Wind verteilt werden. Eine weitere Möglichkeit, um den Eintrag zu verringern oder weniger wahrscheinlich zu machen, ist es, Verbraucherinnen und Verbrauchern Anreize zu bieten, die Töpfe intakt wieder einzusammeln und zurückzugeben.

Die Strategie, alternative Materialien zu fördern, verfolgt beispielsweise der Blaue Engel für Kompostierbare Pflanztöpfe und Formteile (DE-UZ 17). Der Blaue Engel stellt in seiner aktuellen Fassung folgende Anforderungen:

- ▶ Die Produkte müssen zu 100 % aus biologisch abbaubaren (kompostierfähigen) Substanzen wie z. B. Stroh, Kork, Holzmehl, Maisstärke bestehen.
- ▶ Folgende Stoffe dürfen in den Produkten nicht enthalten sein: Synthetikunststoffe, Plastifikatoren, PVC-haltige Materialien.
- ▶ Die Produkte müssen die für den jeweiligen Verwendungszweck erforderliche Gebrauchstauglichkeit besitzen.
- ▶ Pflanztöpfe dürfen nicht mit bioziden Stoffen, z. B. in Pflanzenschutz- und Konservierungsmitteln, ausgerüstet werden.

Mit dem Blauen Engel für kompostierbare Pflanztöpfe und Formteile sind derzeit insgesamt 14 Produkte ausgezeichnet, davon in sieben Fällen Pflanztöpfe verschiedener Hersteller. Des Weiteren sind eine Reihe von Kokos-Quelltabletten zur Anzucht von Pflanzen ausgezeichnet (Topf und Substrat in einem) sowie ähnliche Produkte.

Die Vergabekriterien für Pflanztöpfe gibt es schon sehr lange (seit ca. 1982), sie unterlagen jedoch im Laufe der Zeit einem Wandel: Zu Beginn lag der Schwerpunkt darauf, dass die Produkte aus Sekundärrohstoffen sein müssen. Diese Anforderung wurde bereits vor längerer Zeit gänzlich entfernt, sodass es nun vornehmlich um die Kompostierbarkeit geht. Eine Hintergrundstudie mit einer ökobilanziellen Untersuchung zu diesem Umweltzeichen liegt nicht vor. Sofern die Töpfe aus eigens dafür angebauten pflanzlichen Rohstoffen sind, so könnte hier ein ökobilanzieller Nachteil liegen. Eine klare Empfehlung, Pflanztöpfe aus kompostierbarem Material grundsätzlich zu fördern (d. h. ohne Ausschluss bestimmter Materialien), kann daher nicht gegeben werden.

Außerdem ist es wichtig, dass Töpfe aus abbaubaren Materialien funktional mit nicht abbaubaren Kunststoff-Pflanztöpfen vergleichbar sind. Probleme bestehen oft darin, dass die Töpfe in Verwendung beispielsweise im Pflanzenhandel zu leicht aufweichen oder Moos ansetzen, wenn sie ein paar Tage herumstehen. Zudem sind sie für die Handhabung durch Maschinen oft nicht geeignet, da sie sich nicht leicht genug voneinander lösen lassen. Darüber hinaus sind die Töpfe aus Naturmaterialien für den kommerziellen Gebrauch z. B. in Gartencentern deutlich zu teuer, da bei Kräutern und Jungpflanzen nur eine sehr geringe Gewinnmarge besteht.

Einem Expertengespräch mit einer Vertreterin einer Erzeugergenossenschaft zufolge seien zwar Töpfe auf Basis von Sonnenblumenkernen funktional gut geeignet, sie seien jedoch besonders teuer. Die Genossenschaft lasse derzeit Blumentöpfe aus Tomatenpflanzenfasern (nach Aberntung der Pflanzen, also aus Abfallstoffen) entwickeln. Ob diese funktional und ökonomisch geeignet seien, müsse sich aber noch herausstellen.

Als zweiter Handlungsansatz kommt die Einführung von Pfandsystemen für Pflanztöpfe durch Pflanzenhändler (v. a. Gartencenter) in Frage. Einzelne Gartencenter und Gemüseanbaubetriebe betreiben solche Pfandsysteme, sowohl Systeme gegenüber Firmenkunden als auch gegenüber Verbraucherinnen und Verbrauchern werden praktiziert. Mit den Betreibern der Pfandsysteme wurde eine Reihe von Expertengesprächen geführt, auf denen die folgenden Beschreibungen unterschiedlicher Systeme beruhen:

- ▶ Ein kleiner Gemüseanbaubetrieb betreibt seit mindestens 20 Jahren ein Pfandsystem für Töpfe, in denen kleinere und größere Pflanzen (z. B. Tomaten) verkauft werden. Die verwendeten Töpfe sind wiedererkennbar und recht stabil und langlebig, da sie mehrere Jahre in Verwendung sind. Da der Betrieb ca. 80-90% Stammkunden hat, ist der Rücklauf recht groß und es werden nur etwa 10 % der Töpfe pro Jahr nicht zurückgegeben. Die Höhe des Pfands beträgt für große Töpfe 50 Cent und für kleinere 20 Cent. Die Reaktionen der Kundinnen und Kunden seien fast ausschließlich positiv. Eher selten werde darum gebeten, die Pflanze beim Verkauf aus dem Topf zu entfernen, da eine Rückgabe des Topfs den Kunden zu aufwändig ist. Hygienische Probleme habe es durch die Wiederverwendung bislang nicht gegeben.
- ▶ Ein Unternehmen, das massive Kunststoffgefäße v. a. an Begrüner (Firmen, die Pflanzen in Töpfen an ihre Kunden liefern und auch für deren Pflege zuständig sind) verkauft, betreibt seit längerer Zeit ein Rücknahmesystem mit Pfand für Pflanztöpfe, die optisch nicht mehr den Erwartungen der Kunden entsprechen. Da das Unternehmen die Töpfe selbst recycelt, gehen diese als Rohstoff in die Herstellung neuer Töpfe ein. Die Rücklaufquote liegt bei ca. 40 %, wobei zu beachten ist, dass die Töpfe auch international vertrieben werden und der Transport recht aufwändig ist, da sie sich nicht ineinander stapeln lassen. Das Pfand liegt bei 1 € pro Gefäß.

- Einem großen, international aufgestellten Betrieb zufolge, der nicht an Endkunden, sondern nur an Großkunden anbietet, habe dieser zeitweise ein Pfandsystem für Pflanztöpfe betrieben; dieses sei jedoch aufgrund der Größe des Betriebs logistisch zu aufwändig und zu teuer gewesen. Zudem müssten die Töpfe gründlich gereinigt werden, um mögliche Erreger zu entfernen und hygienische Probleme auszuräumen. Für große Transportgefäße bestehe das Pfandsystem jedoch weiterhin.

Die gefundenen freiwilligen Pfandsysteme verwenden allesamt stabile, vergleichsweise langlebige Pflanztöpfe. Es wäre jedoch denkbar, ein gesetzliches Pfandsystem für dünnwandige, günstige Kunststofftöpfe in ähnlicher Weise wie das Pfand auf Einweg-Kunststoffflaschen für Getränke einzuführen.

8.5 Klärschlamm und Kompost

Kompost und in der Landwirtschaft eingesetzter Klärschlamm enthalten zu einem geringen Anteil Kunststoffe, die durch die bestehenden Trenn- und Siebungsverfahren in den Anlagen nicht entfernt werden. Aufgrund der großen Mengen an Kompost und Klärschlamm, die derzeit ausgebracht werden, gerät auf diesem Weg damit auch eine recht große Menge an Kunststoff in die Umwelt. Für beide Eintragspfade rechnet diese Studie mit jeweils gut 2.200 t Kunststoff pro Jahr.

8.5.1 Komposte

8.5.1.1 Ausgangslage

Komposte sind organische Abfälle nach der Verrottung in eigens dafür errichteten Anlagen, die zur Düngung und Bodenverbesserung in der Landwirtschaft, im Gartenbau, in der Parkbewirtschaftung und in privaten Gärten eingesetzt werden. Sie stammen aus biologischen Behandlungsanlagen, deren Rohstoff verschiedene Abfallströme sind (vgl. Tabelle 56). Für die Kompostierung eignen sich vor allem getrennt gesammelter Bioabfall (aus der Biotonne) und Garten- und Parkabfälle aus Haushalten und der kommunalen Grünpflege. Speiseabfälle und Abfälle aus der Lebensmittelverarbeitung z. B. gehen aufgrund ihres hohen Energiegehalts eher in die Vergärung²⁷.

Tabelle 56: Input-Ströme in biologische Behandlungsanlagen 2016 (Daten nach Destatis)

Abfall-Art	Input-Mengen (1.000 t)
Abfälle und Schlämme aus Landwirtschaft und Nahrungsmittelverarbeitung	2.662,6
Gülle, Jauche, Stallmist	1.003,3
Abfälle aus der Holzverarbeitung	112,6
Speiseabfälle aus Kantinen und Restaurants	610,7
Biotonne	4.357,5
Garten- und Parkabfälle	4.801,1
Abfälle aus Abfall- und Abwasserbehandlungsanlagen (überwiegend Klärschlamm aus kommunalen Kläranlagen)	1.460,1
Sonstiges	603,4

²⁷ So auch die in letzter Zeit viel diskutierten nicht mehr verkäuflichen, verpackten Lebensmittelabfälle, die nicht ausgepackt, sondern oft komplett (d.h. Packgut samt Verpackung) in den Prozess gehen. Einem Expertengespräch zufolge kommt es hier bei einer Behandlung nach bestmöglicher Technik und sorgfältiger Gütesicherung nicht zu bedeutenden Kunststoffgehalten in den fertigen Gärresten. Hierbei werden die Verpackungen typischer Weise mit zwei Schnitten in vier Teile zerteilt. Die hierbei entstehenden vergleichsweise großen Verpackungsteile können weitgehend problemlos entfernt werden. In Fällen, wohingegen geschreddert wird, sind trotz Filterstufen Kunststoffeinträge in die Umwelt möglich.

Abfall-Art	Input-Mengen (1.000 t)
Summe	15.611,3

Mit dem Bioabfall und Grünabfällen, die in die Kompostierung (und Vergärung) gehen, geraten neben weiteren Fremdstoffen auch viele größere und kleinere Kunststoffteile in die Kompostierungsanlagen. Überwiegend handelt es sich um Abfallsammelbeutel aus herkömmlichem oder „abbaubarem“ Kunststoff. In den Bioabfall geraten aber auch alle anderen Arten an Kunststoffprodukten (Plastikeimer, Spielzeug, Flaschen, Badezimmerartikel) und Verbundstoffen (Tetra-Paks, Kaffeekapseln). In Grünabfällen finden sich vor allem viele Kunststoffblumentöpfe, aber auch ganze Gartengeräte.

Kompostierungsanlagen verfügen (ebenso wie Bioabfallvergärungsanlagen) über mehrere Behandlungsstufen, in denen Fremdstoffe weitestgehend abgeschieden werden. Zu Beginn werden zunächst große Fremdstoffteile entfernt, manche größere Kunststoffstücke werden jedoch im Laufe der Behandlung durch die mechanische Belastung zerkleinert. Im fertigen Kompost sind daher geringe Anteile v.a. zerkleinerter Folien (auch von sog. abbaubaren Kunststoffen) und Plastik-Bruchstückchen enthalten. Eine vollständige Abtrennung kleiner Kunststoffteile ist nicht möglich.

Für Kompost, der als Düngemittel ausgebracht werden soll, gilt ein gesetzlicher Grenzwert von insg. max. 0,5 % der Trockenmasse für Fremdstoffe größer als 2 mm. Davon dürfen max. 0,1 % Folienkunststoffe und max. 0,4 % andere Fremdstoffe (inkl. Hartplastik) sein. Kleinere Partikel sind im Grenzwert nicht berücksichtigt. Für gütegesichertes Substrat gilt zusätzlich ein Grenzwert für die Flächensumme an Kunststofffolien, da deren Gewicht so gering ist, dass der gewichtsbezogene Grenzwert nicht ausreichend ist. Bisher waren dies (seit 2007) 25 cm²/L Substrat, seit Juli 2018 gilt ein Grenzwert von 15 cm²/L. Gütegesicherte Komposte erreichen im Mittel einen Kunststoffgehalt von 0,038 % der Trockenmasse (Daten der Bundesgütegemeinschaft Kompost für 2016, basierend auf über 2000 Analysen). Auch hier sind allerdings Partikel unter 2 mm nicht berücksichtigt.

Dennoch gab es in letzter Zeit Medienberichte über sichtbare Kunststoffteile auf den Äckern, die durch Kompost und andere Düngemittel eingetragen werden (Schröder 2018). Unklar ist, wie häufig hier Vollzugsdefizite bestehen, also keine Überprüfung der Komposte und Düngemittel stattfand und der bestehende Grenzwert überschritten wird, oder ob eine solche sichtbare Belastung auch bei Einhaltung des bestehenden Grenzwerts vorliegen kann.

8.5.1.2 Handlungsansätze

Bei den Handlungsansätzen zur Verringerung des Kunststoffanteils im Kompost gibt es grundsätzlich zwei Wege:

- ▶ Kunststoffe in den Inputs in die Kompostierungsanlagen (Abfall aus Biotonne, Grüngut) reduzieren
- ▶ durch verbesserte Anlagentechnik, strengere Grenzwerte und/oder verschärften Vollzug die Kunststoffgehalte in den Outputs (Produkt der Anlagen – Kompost) reduzieren.

Darüber hinaus ist eine Verbesserung der Datenlage sinnvoll, da die meisten Erhebungen und Studien nur Kunststoffpartikel über 2 mm erfassen und somit der Kunststoffanteil an kleineren Partikeln unbekannt ist.

Laut Umweltbundesamt ist die wichtigste Einflussgröße auf den Fremdstoffgehalt im fertigen Kompost der Gehalt an diesen Stoffen im getrennt gesammelten Bioabfall. In der Literatur werden hierfür Werte zwischen 0,9 und 12 % genannt (Umweltbundesamt 2017). An dieser Stelle setzen eine ganze Reihe bestehender Maßnahmen an, die sich jedoch noch deutlich ausbauen ließen. Seit kurzem läuft die

Kampagne „WirfürBio“²⁸, die das Ziel hat, Verbraucherinnen und Verbraucher darüber aufzuklären, dass Kunststoffe (auch abbaubare) nicht in die Biotonne gehören. Dieser Kampagne haben sich mehrere v. a. norddeutsche Kommunen angeschlossen und setzen unterschiedlich viele Maßnahmen mit unterschiedlicher Intensität um. Die bisherigen Maßnahmen umfassen rein informative Ansätze wie auch z. T. Sanktionen, unter anderem:

- ▶ Plakate
- ▶ Türanhänger (die auch in Bussen verteilt werden)
- ▶ Medienwirksame Auftaktveranstaltung mit Umweltminister
- ▶ Brief an Haushalte mit einem Tonnenaufkleber („Trenn‘ dich hier und jetzt von deiner Plastiktüte“; Abbildungen, was in die Biotonne darf und was nicht)
- ▶ Die Möglichkeit, ein Foto mit dem Aufkleber auf der Tonne auf Facebook hochzuladen mit Gewinnchance
- ▶ Im Bereich 1-2-Familienhäuser: Verteilen von Tonnenanhängern mit entsprechendem Hinweis, wenn viel Kunststoff im Bioabfall enthalten ist; beim 2. Mal Nichtabholung der Tonne als Sanktion

Eine Evaluation der Wirkungen der Kampagne hat noch nicht stattgefunden, ist aber in Planung. Einer teilnehmenden Kommune zufolge lässt sich bislang zumindest festhalten, dass es keine relevanten negativen Reaktionen auf die umgesetzten Maßnahmen gab (darunter in dem Fall auch die vereinzelte Nichtabholung von Tonnen). Eine mögliche Reaktion der Haushalte wäre es, weniger Bioabfall getrennt zu sammeln, was ein unerwünschter Effekt der Kampagne wäre.

Eine weitere mögliche Maßnahme könnte seitens der Anlagenbetreiber eine verursachergerechte Gestaltung der Annahmepreise²⁹ sein; dies beträfe Betreiber, die Bioabfall von Dritten (öRE) annehmen. Sofern der Betreiber der Kompostierungsanlage der öffentlich-rechtliche Entsorger selbst ist, der die Biotonne abholt, fällt diese Möglichkeit jedoch weg. Eine Steuerung über Entgelte direkt gegenüber den Haushalten wäre vermutlich zu aufwändig und häufig ist die Abholung der Biotonne ohnehin kostenfrei.

Zu „abbaubaren“ Kunststofftüten gibt es bereits eine umfassende Debatte, die hier nicht im Detail wiedergegeben werden soll. Eine Möglichkeit wäre hier die Anpassung der Norm DIN EN 13432 an die tatsächlichen Gegebenheiten in Kompostierungsanlagen. Im Rahmen der Europäischen Kunststoffstrategie wird dieses Thema derzeit behandelt. Auf der Behandlungs- und Output-Seite bestünde die Möglichkeit, die gesetzlichen Grenzwerte zu verschärfen. Dafür hat sich im September 2018 auf Antrag einiger Länder der Bundesrat ausgesprochen (Absenkung „so weit wie praktisch möglich“; Bundesrat 2018). Die meisten Anlagen bleiben heute bereits deutlich unterhalb der Grenzwerte, wie Daten der Gütesicherung belegen³⁰. Über die restlichen 30 % der Anlagen, die nicht Mitglieder der freiwilligen Gütesicherung sind, liegen den Gutachtern jedoch keine Daten vor. Auch decken die Grenzwerte wie erwähnt nicht Partikel unter 2 mm ab. Hier fehlen Informationen zu den Mengen an sehr kleinen Kunststoffpartikeln im Kompost. An entsprechenden Analysemethoden wird jedoch derzeit gearbeitet

²⁸ Siehe <https://www.wirfuerbio.de/>. Eine weitere aktuelle Kampagne, die „Aktion Biotonne“, widmet sich diesem Thema teilweise auch, ist aber vor allem auf eine Erhöhung der Mengen an getrennt gesammeltem Bioabfall gerichtet (<https://www.aktion-biotonne-deutschland.de/>).

²⁹ Verursachergerecht heißt in diesem Fall, dass der Behandlungspreis also auch der Annahmepreis vom Fremdstoffgehalt im Bioabfall abhängt.

³⁰ Zur Verfügung gestellt wurde eine Auswertung der mittleren Gehalte an Fremdstoffen in Komposten und Gärprodukten.

(vgl. Umweltbundesamt 2017)³¹. Der Auskunft aus einem Expertengespräch (mit einem Anlagenbetreiber) zufolge seien die technischen Möglichkeiten, Kunststoffe bei der biologischen Behandlung zu entfernen, jedoch nahezu ausgereizt.

Des Weiteren könnte die Düngemittelverkehrskontrolle in Bezug auf die Einhaltung der Fremdstoffgrenzwerte verstärkt werden³². Diese obliegt den Bundesländern und wird stichprobenartig durchgeführt, die Situation ist jedoch von Land zu Land verschieden. Expertengesprächen zufolge kommen Überschreitungen der Grenzwerte bei Komposten gelegentlich vor, dann werde eine Rückführung angeordnet. Kontrollen finden teilweise insbesondere dann statt, wenn Missstände vermutet werden. Mit Düngemitteln in der Landwirtschaft ausgebrachte Kunststoffpartikel können auch bei Einhaltung der Grenzwerte optisch auffallen, da sie ggf. auf dem Acker vom Regen freigewaschen werden, während das Düngemittel abgebaut wird. Insbesondere können mögliche Verstöße nicht mehr festgestellt werden, wenn ein Düngemittel bereits ausgebracht wurde, da eine Probennahme dann nicht mehr stattfinden kann. Ob die Düngemittelverkehrskontrolle in Bezug auf Kunststoffgehalte in Komposten ausreichend ist, kann nach aktueller Informationslage nicht beurteilt werden.

8.5.2 Klärschlamm

8.5.2.1 Ausgangslage

Kunststoff, der über das Abwasser in Kläranlagen gerät, kann nur über das Rechengut (große Teile), den Sand (aus Sandfang, d. h. eher schwere Partikel) oder den Klärschlamm dem Wasser entzogen werden. Studien zufolge wird ein Großteil (50-95%) der kleineren Kunststoffpartikel aus Kläranlagenzuflüssen über den Klärschlamm aus dem Abwasser entfernt (vgl. Sundt et al. 2014). Es ist daher gut, wenn der Klärschlamm einen möglichst hohen Anteil der Kunststoffpartikel aufnimmt, da diese sonst über den Vorfluter ins Oberflächenwasser gelangen.

Für Klärschlamm, der als Düngemittel ausgebracht werden soll, gilt ein gesetzlicher Grenzwert von insg. max. 0,5% der Trockenmasse für Fremdstoffe >2 mm (davon max. 0,1% Folienkunststoffe und max. 0,4% andere Fremdstoffe inkl. Hartplastik). Kleinere Partikel sind im Grenzwert jedoch nicht berücksichtigt, was im Fall des Klärschlammes (im Vergleich zu anderen Düngemitteln wie z. B. Kompost) eine besondere Rolle spielen dürfte, da davon auszugehen ist, dass hier besonders viele sehr kleine Partikel enthalten sind (Reifenabrieb, Fasern etc.).

Eine Überprüfung der Einhaltung der Grenzwerte für Kunststoffe durch die Düngemittelverkehrskontrolle findet bislang den wenigen vorliegenden Informationen zufolge in einigen Bundesländern gar nicht statt, da davon ausgegangen wird, dass größere Kunststoffpartikel über 2 mm nicht oder kaum in den Klärschlamm gelangen (Schröder 2018 sowie ein Expertengespräch). Vereinzelt ist von Überschreitungen des Grenzwerts auszugehen, wie beispielsweise im Fall der Kunststoffeinträge durch das Klärwerk Schleswig, in dem mit Verpackungen geschredderte Lebensmittelabfälle im Faulturm mitvergoren wurden und dessen Klärschlamm versehentlich trotzdem zum Teil landwirtschaftlich ausgebracht wurde (Schröder 2018).

³¹ Vgl. hierzu auch das beim Umweltbundesamt laufende Vorhaben „Plastik in Böden – Vorkommen, Quellen, Wirkungen“ (2017-2020).

³² Die Bioabfallverordnung ist auf den Anwendungsbereich der Verwertung von Bioabfällen als Düngemittel auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Böden beschränkt. Das Düngerecht hingegen regelt generell das Inverkehrbringen von Düngemitteln (inkl. Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten, Pflanzenhilfsmitteln) und ist nicht auf bestimmte Aufbringungsflächen beschränkt. Da es sich bei Bioabfällen (hier Kompost und Gärprodukte) i.d.R. um Düngemittel im Sinne der Düngemittelverordnung handelt, sind sowohl die Bestimmungen des Abfallrechts, als auch die Bestimmungen des Düngerechts zu beachten (BGK 2014).

In Deutschland werden knapp zwei Drittel des Klärschlammes thermisch entsorgt, wobei die Kunststoffe zerstört werden, ein Drittel wird jedoch bislang hauptsächlich in der Landwirtschaft und auch bei landschaftsbaulichen Maßnahmen in die Umwelt ausgebracht (jährlich rund 0,6 Mio. t Trockenmasse). Seit Oktober 2017 ist eine Änderung der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) in Kraft, nach der ab 2029 kein Klärschlamm aus Kläranlagen mit > 100.000 Einwohnerwerten (EW)³³ mehr landwirtschaftlich ausgebracht werden darf und ab 2032 nicht mehr für Anlagen > 50.000 EW. Für Anlagen mit < 50.000 EW gilt das Verbot der Ausbringung nicht. Der Anteil des durch Anlagen mit < 50.000 EW geklärten Abwassers beträgt ca. 40,8% (Daten von 2013). Die Menge an ausgebrachtem Klärschlamm und damit der Kunststoffeintrag dürften sich also in Zukunft verringern, jedoch nicht um knapp 60%, wie man vermuten könnte, sondern um einen geringeren Anteil, da große Anlagen schon bisher mehr thermisch verwerten. Beispielsweise in Städten wie Hamburg und Berlin wird der Klärschlamm bereits heute vollständig verbrannt (Roskosch/Heidecke 2018).

Angenommen, der Kunststoffeintrag würde sich um 50 % verringern, würden die in dieser Studie abgeschätzten Eintragsmengen von max. 3.000 t pro Jahr auf 1.500 t sinken, was immer noch eine im Vergleich große Menge wäre.

8.5.2.2 Handlungsansätze

Theoretisch mögliche Handlungsansätze zur Verringerung der mit dem Klärschlamm ausgebrachten Kunststoffmengen sind

- ▶ eine Verringerung der in Kläranlagen eingetragenen Kunststoffmengen, die aus einer Vielzahl von Kunststoffanwendungen (wie in Abschnitt 5 betrachtet) stammen,
- ▶ eine Verringerung des Gehalts an Kunststoff im Klärschlamm sowie
- ▶ eine weitere Verringerung oder ein gänzlich Verbot der Klärschlammausbringung für landwirtschaftliche/landschaftsbauliche Zwecke.

Ersteres wäre wünschenswert, würde aber Veränderungen in vielen anderen Bereichen erfordern. Diesbezüglich sei auf die Handlungsempfehlungen in anderen Abschnitten dieses Kapitels verwiesen (z. B. zu Reifenabrieb, Abschnitt 8.2).

Eine Verringerung des Gehalts an Kunststoff im Klärschlamm wäre technisch sehr schwierig umsetzbar und nur möglich durch eine Absiebung, welche bislang nicht stattfindet. Da die im Klärschlamm enthaltenen Kunststoffpartikel meist sehr klein sind, ist ohnehin fraglich, welcher Anteil davon überhaupt entfernt werden könnte. Im Vollzug sollte jedoch verstärkt geprüft werden, dass die bestehenden Grenzwerte für Klärschlamm, der landwirtschaftlich ausgebracht werden soll, eingehalten werden, um Geschehnisse wie beim Klärwerk Schleswig zu vermeiden.

Dass eine weitere Verringerung oder ein gänzlich Verbot der Klärschlammausbringung in nahe Zukunft rechtlich verbindlich beschlossen wird, ist eher unwahrscheinlich, da dies gerade erst für große Kläranlagen beschlossen wurde und jetzt umgesetzt werden muss. Langfristig wäre es denkbar, die Ausbringung von Klärschlamm ganz zu verbieten und diesen stattdessen unter Nutzung von Phosphorrückgewinnungsverfahren thermisch zu verwerten.

Darüber hinaus ist die Verbesserung der Datenlage ein wichtiger Handlungsansatz. Eine Reihe der laufenden Forschungsvorhaben im BMBF-Förderschwerpunkt „Plastik in der Umwelt“ widmen sich unter anderem diesem Thema (vgl. Abschnitt 8.1).

³³ Der Einwohnerwert bezeichnet die Summe der Zahl an Einwohnern, die im Einzugsgebiet einer Kläranlage leben, plus die hypothetische Zahl an Einwohnern, die eine vergleichbare Schmutzfracht wie die im Einzugsgebiet der Kläranlage ansässigen Betriebe erzeugen würden.

8.6 Sonderbereich: Zigaretten

In Deutschland wurden bislang vereinzelte Aktionen und Maßnahmen zur Vermeidung des Litterings von Zigarettenkippen von einigen wenigen staatlichen und nicht-staatlichen Akteuren initiiert. Die identifizierten Handlungsansätze umfassen:

- ▶ Informationen von Umweltverbänden
- ▶ Initiativen von Kommunen
- ▶ Ordnungsrechtliche Maßnahmen von Ländern und Kommunen sowie der EU
- ▶ Initiativen von privatwirtschaftlichen oder gemeinnützigen Veranstaltern
- ▶ Initiativen von Zigaretten-Herstellern

Darüber hinaus werden in einzelnen Medien die durch Zigarettenkippen verursachten Umweltbelastungen durch eine entsprechende Berichterstattung adressiert, wie etwa:

- ▶ „Zigaretten als Umweltverschmutzung – Viel Gift in der Kippe“ (sueddeutsche.de, 19.4.2011)
- ▶ „Nikotin verunreinigt Gewässer“ (deutschlandfunk.de, 2.6.2014),
- ▶ „Bis zu 7000 Chemikalien - Zigarettenkippen vergiften die Böden“ (n-tv.de, 31.5.2017) oder
- ▶ „So vergiften Zigarettenkippen die Umwelt“ (welt.de, 31.5.2017).

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Recherche zu bestehenden Handlungsansätzen dargestellt.

8.6.1 Informationen von Umweltverbänden

Greenpeace ist nach aktuellem Kenntnisstand der einzige Umweltverband, der die Folgen des Litterings von Zigarettenkippen als umweltrelevantes Thema (in Form eines Artikels im Verbands-eigenen Magazin) adressiert hat (Stukenberg, 2011). Gezielte Aktivitäten im Bereich der Verbraucherinformation und -kommunikation zu den Umweltwirkungen von gelitterten Zigarettenkippen haben in Deutschland bislang nicht stattgefunden, weder durch staatliche, zivilgesellschaftliche noch durch private Akteure.

8.6.2 Initiativen von Kommunen

In Hamburg haben die Fraktionen der SPD und der Grünen die Bürgerschaft im Januar 2018 um den Beschluss gebeten, den Senat zu ersuchen, Handlungs- und Informationsmaßnahmen zur Verringerung der Umweltbelastung durch Zigarettenkippen und zur Sensibilisierung von Raucherinnen und Rauchern zu initiieren (vgl. SPD Bürgerschaftsfraktion Hamburg, 17.01.2018). Demnach solle sich der Senat

- ▶ „im Rahmen von Bundesfachministerkonferenzen für umweltverträgliche Lösungen der Abfallentsorgung von Zigarettenkippen einzusetzen, d.h. Lösungen zu finden, wie die Verschmutzung durch Zigarettenkippen verhindert und ihre Entsorgung im öffentlichen Raum unterbunden werden kann,
- ▶ in Hamburg über Gefahren von achtlos weggeworfenen Zigarettenkippen aufzuklären, und der Bürgerschaft bis Ende 2018 zu berichten“ (ebd.).³⁴

Einige weitere Kommunen haben versucht, dem Littering von Zigarettenkippen durch konkrete Aktivitäten entgegen zu wirken, indem sie kostenlose Taschenaschenbecher verteilen oder einmalig verteilt haben. Die Berliner Stadtreinigung (BSR) bietet den „BSR Taschenascher“ in ihrem Online-Shop unter

³⁴ Trotz schriftlicher und telefonischer Anfragen haben die Gutachter keine Informationen zum Ergebnis der Abstimmung erhalten.

der Rubrik „Praktisches für unterwegs“ neben wiederverwendbaren „Brottüchern“ und Getränkeflaschen zum Verkauf an (BSR 2018). Demgegenüber erfolgte in Frankfurt a.M., Würzburg und Saarbrücken die Abgabe der Taschenaschenbecher an Bürgerinnen und Bürger unentgeltlich. Die Aktionen waren jeweils ein Element einer breiter angelegten Kampagne gegen Littering und zur Förderung der Sauberkeit im Stadtgebiet. In Frankfurt erfolgte die Verteilung der Taschenaschenbecher im Juni 2018 durch freiwillige Helfer, sog. „Sauberkeitsbotschafter“ im Rahmen der Kampagne „#cleanffm“. Die Kampagne ist Teil eines im Jahr 2017 beschlossenen Aktionsprogramms für die Sauberkeit von Plätzen und Grünanlagen, in dessen Rahmen bislang u. a. 187 zusätzliche Abfalleimer installiert wurden, die mit dem „#cleanffm“-Logo gekennzeichnet sind. Die Kampagne richtet sich insbesondere an jüngere Menschen und verfügt neben einer eigenständigen Webseite auch über verschiedene Social Media Auftritte, die u.a. über sog. „Clean Facts“ informieren.³⁵ Die Stadt Würzburg hat im Jahr 2009 einmalig Taschenaschenbecher als Teil der „Aktion Saubere Stadt – Strategie und Kampagne gegen Littering“ verteilt (Stadt Würzburg 2009).³⁶ In Saarbrücken erfolgte die Verteilung der Taschenaschenbecher durch Mitarbeitende des Zentralen Kommunalen Entsorgungsbetrieb (ZKE) und fand als Teil der Kampagne „Sauber ist schöner“ statt, einer gemeinsamen Kampagne der Stadt, von Bürgerinitiativen und des ZKE (Saarbrücker Zeitung, 27.7.2017). Über die möglichen kurz- oder langfristigen Effekte dieser Aktionen auf die Eintragsmenge von Zigarettenkippen liegen bislang jedoch keine Informationen vor.

An der Ostseeküste in Mecklenburg-Vorpommern werden jährlich 3.000 Taschenaschenbecher („Strandascher“) kostenlos an Einheimische und Touristen verteilt und werden durch die Strandbewirtschafter ausgegeben. Zweck dieser Maßnahme sei es, Rauchern die ordnungsgemäße Entsorgung von Zigarettenkippen zu erleichtern, um die Eintragsmengen in Boden und Wasser zu reduzieren und hierdurch sowohl zum Meeres- und Küstenschutz beizutragen als auch die Standortqualität der Urlaubsregion zu stärken bzw. beizubehalten (Der Warnemünder, 20. Juli 2015). Die Strandascher werden durch die Tourismuszentrale Rostock Warnemünde finanziert. Die ursprünglichen Initiatoren der Maßnahme waren „AIDA Freunde der Meere e.V.“ in Kooperation mit der Tourismuszentrale Rostock & Warnemünde und dem Mecklenburgischen Bäderverband (vgl. Der Warnemünder 8. Juli 2014).

Nach Angaben der Tourismuszentrale sind die „Strandascher“ insbesondere unter einheimischen Badegästen akzeptiert und etabliert. Die Wirkung der Maßnahme sei bislang jedoch nicht erhoben worden. Zum einen sei ein entsprechender „Wirkungsnachweis“ bislang nicht für die Bewilligung der Finanzierung erforderlich gewesen, zum anderen gehe eine solche Analyse mit erheblichen methodischen Schwierigkeiten einher.

Neben den mobilen „Strandaschern“ sind am Strand zehn „Ostseescher“ fest installiert, die zur Sensibilisierung von Raucherinnen und Rauchern beitragen sollen und spielerisch auf das Thema Littering von Zigarettenkippen aufmerksam machen sollen. Neun der Ostseescher wurden von der Tourismuszentrale Rostock Warnemünde und ein Ostseescher wurde von der Jugendherberge Warnemünde finanziert. Die „Ostseescher“ werden in Kooperation mit EUCC – Die Küsten Union Deutschland e.V. betrieben. Darüber hinaus gibt es seit 2011 rauchfreie Strandabschnitte in Warnemünde und Markgrafenheide.

³⁵ Wie z.B.: „#9 Wusstest du, dass ein Zigarettenstummel bis zu 40 Liter Grundwasser verunreinigt? Und dass bereits ein Liter verseuchtes Wasser einen Fisch das Leben kosten kann?“ (cleanffm 2018).

³⁶ Das Strategiepapier der Stadt Würzburg umfasst mehrere sowohl allgemeine als auch spezifische Maßnahmen gegen Littering, die unter dem „Maßnahmenbündel Aufklären - Aufräumen – Ahnden“ zusammengefasst sind, vgl. „Stadt Würzburg 2009.“

Flankierende Maßnahmen seien die bislang jährlich stattfindenden Veranstaltungen zur Auszeichnung der Region mit der „Blauen Flagge“³⁷ gewesen - eine internationale Auszeichnung im Bereich nachhaltiger Tourismus, bei der Kriterien wie Wassergüte, Umweltbildung für Touristen und Einwohner, Sicherheit am Badestrand sowie vorbildliches Umweltmanagement zugrunde gelegt werden, und der durch das Umweltamt der Hansestadt Rostock herausgegebene Flyer „Ordnung und Sauberkeit in der Urlaubsregion“³⁸. Aktuell ist darüber hinaus ein Pilotprojekt in Planung, in dem eine verstärkte personelle Ausstattung zur Ahndung von Ordnungswidrigkeiten an den Stränden erprobt werden soll.

8.6.3 Ordnungsrechtliche Maßnahmen

In den Bußgeldkatalogen der Bundesländer³⁹ stellt das „Liegenlassen, Wegschütten und Wegwerfen des Inhalt[s] eines Aschenbechers“ ein Vergehen dar. Das Bußgeld hierfür beträgt in Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Brandenburg, Hessen oder Nordrhein-Westfalen beispielsweise 10 bis maximal 25 €. In anderen Bundesländern ist der Höchstbetrag höher bemessen (Hamburg: 70 €, Saarland: 100 €).

In einigen Kommunen stellt auch das Wegwerfen einer einzelnen Zigarette eine Ordnungswidrigkeit dar (z.B. in Frankfurt oder Würzburg), in anderen Kommunen hingegen nicht (wie z.B. Jena). Über die Effektivität dieses Instruments in Bezug auf eine Verringerung der gelitterten Menge von Zigarettenkippen liegen bislang keine Informationen vor. Auch gibt es bislang kaum quantifizierte Informationen über Ausmaß und Intensität des kommunalen Vollzugs. So hätten in Lübeck über einen Zeitraum von zwei Jahren 45 Raucher ein entsprechendes Bußgeld zahlen müssen (vgl. shz.de, 9.02.2011), die Grundgesamtheit der ordnungsrechtlichen Verstöße ist jedoch nicht bekannt. Einige Quelle deuten jedoch darauf, dass der Aufwand der Beweisführung und des Vollzugs tendenziell einer tatsächlichen Verhängung von Bußgeldern entgegensteht. Dabei weisen van Meer et al. (2007, S. 10) darauf hin, dass die Verhängung von Bußgeldern nur dann wirksam sei, wenn sie mit großer Konsequenz durchgesetzt würden.

8.6.4 Initiativen von Veranstaltern

Einige Veranstalter von mehrtägigen Großveranstaltungen, die im Freiem und auf einem weitläufigen, naturnahen Gelände stattfinden (wie etwa „Plötzlich am Meer“, „Meeresrauschen“, „Auerworld Festival“), verteilen an ihre Gäste kostenlose Taschenascher. Diese sind häufig mit dem Logo der Veranstaltung gekennzeichnet. Diejenigen Veranstalter, die kostenlose Taschenascher bereitstellen, weisen bereits im Vorfeld der Veranstaltungen auf ihren Webseiten zum sorgsamem Umgang mit Zigarettenkippen hin.

8.6.5 Initiativen von Zigaretten-Herstellern

Herstellereigene Aktivitäten zur Reduzierung des Litterings gibt es nach aktuellem Kenntnisstand der Gutachter praktisch nicht. Eine Ausnahme betrifft British American Tobacco (Industrie) GmbH (BAT GmbH). Die BAT GmbH stellt eigenen Angaben zufolge kostenlos Taschenaschenbecher zur Verfügung (BAT, o.D.). Zwischen 2009 und 2011 hat das Unternehmen 1.000.000 Taschenaschenbecher verteilt (BAT, 15.2.2012). In einer Pressemitteilung weist das Unternehmen darauf hin, dass durch die Nutzung der Taschenaschenbecher die „Umwelt geschützt“ und die „Straßen sauber“ gehalten würden (BAT, 15.2.2012).

³⁷ vgl. online: <http://www.blaue-flagge.de/>

³⁸ vgl. online: <https://www.rostock.de/files/rostock/img/urlaub/rostock-warnemuende/ostseestraende/umweltmanagement-am-strand/broschuere-ordnung-sauberkeit-warnemuende-2018.pdf>

³⁹ vgl. online: <https://umwelt.bussgeldkatalog.org/muell/>

8.6.6 Handlungsansätze anderer europäischer Länder

8.6.6.1 England: Leitfaden zur Reduzierung des Litterings von Zigarettenkippen für Kommunen

In England wurde im Jahr 2007 der Leitfaden „Preventing Cigarette Litter in England – Guidelines for Local Authorities“ durch das Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra) herausgegeben. Ziel des Leitfadens ist es, Kommunen dabei zu unterstützen, das Littering von Zigarettenkippen durch konkrete Eigenaktivitäten zu reduzieren (vgl. Defra 2007, S. 1). Die vorgeschlagenen Maßnahmen und Empfehlungen umfassen u.a. die Aufstellung und Kennzeichnung von geeigneten Aschenbechern, die Entsorgung gelitterter Zigaretten, konkrete Aufklärungsmaßnahmen oder der Aufbau von Kooperationen mit lokalen Organisationen.

8.6.6.2 Schweiz: Aufklärungskampagnen und „No-Littering-Label“

In der Schweiz klären verschiedene Kommunen gezielt über die Folgen des Litterings von Zigarettenkippen auf, wie z.B. die Umweltberatung Luzern⁴⁰. Im Schweizerischen Freiburg wurde im Jahr 2017 eine Kampagne („STOP MÉGOTS“) gegen Littering von Zigarettenkippen umgesetzt (Stadt Freiburg, o.D.). Elemente der Kampagne waren Aktionstage, das Aufstellen einer „Riesenzigarette“, Plakate, Videospots in Kinos und in Bussen, die Verteilung von 3.000 Taschenaschenbechern und die Aufklärung von Gastronomiebetrieben und Hausverwaltungen. Ziele der Kampagne waren die Reduzierung der Umwelt- und Wasserbelastung und die Senkung der städtischen Kosten für die Reinigung öffentlicher Flächen (vgl. SRF, 11.5.2017). Initiator der Kampagne war die Stadt Freiburg im Rahmen ihrer Strategie „Saubere Stadt Freiburg“.

Ein weiterer Handlungsansatz aus der Schweiz ist das „No-Littering-Label“ (IGSU, 29.5.2018). Diese Auszeichnung kann seit 2017 von öffentlichen Institutionen (Städten, Gemeinden und Schulen) beantragt werden, die bestimmte Maßnahmen gegen Littering umsetzen. Für die Zeichennehmer entstehen keine Kosten. Das Label wird von der Interessensgemeinschaft für eine saubere Umwelt (IGSU), einer Initiative der Privatwirtschaft⁴¹ vergeben, in der auch die Zigaretten-Industrie vertreten ist.

8.6.6.3 Portugal: „Stationsbasierte“ Strandascher

An mehreren Stränden in Portugal werden Strandascher („cinzeiros de praia“) als Leihgabe für Bade Gäste bereitgestellt. Dabei handelt es sich um kleine Trichter aus Kunststoff, die an den Strandzugängen ausgeliehen werden können und nach der Benutzung wieder zurückgegeben werden (vgl. Abbildung 17). Als „Taschenascher“ und für die „ortsfremde“ Nutzung ist diese Ausführung des Strandaschers ungeeignet, da es zum einen kein geschlossener Behälter ist und zum anderen ausschließlich im Sand aufgestellt werden kann. Im Gegensatz zu den unter 8.6.2 vorgestellten Beispielen geht dieses Modell nicht in das Eigentum des Nutzers über, sondern soll ausschließlich für die Aufenthaltsdauer am Strand verwendet werden und anschließend durch einen weiteren Strandgast genutzt werden können. Die Strandascher werden teilweise von Unternehmen als Werbeträger kofinanziert (z.B. von Vodafone). Über die Wirkung dieser Maßnahme liegen keine Informationen vor.

⁴⁰ Vgl. online: <http://umweltberatung-luzern.ch/themen/littering/zigarettenstummel>

⁴¹ Träger der Organisation sind u.a. der Verband Swiss Cigarette, McDonald's Schweiz 2018, der Verein PRS PET-Recycling und Migros

Abbildung 17: „Stationsbasierte“ Strandascher in Portugal



Bildquelle: João Menéres (18.9.2015), URL: <https://grifoplanante.blogspot.com/2015/09/cinzeiros-na-praia.html>

8.6.7 Handlungsansätze auf EU-Ebene

Seit 2018 liegt ein Entwurf einer „Richtlinie über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt“ COM(2018) 340. Gegenstand dieser Richtlinie sind auch Zigarettenskippen. Die Richtlinie adressiert das Littering von Zigarettenskippen über folgende Maßnahmen⁴²:

- ▶ eine erweiterte Herstellerverantwortung für Hersteller von Zigaretten
- ▶ Sensibilisierungsmaßnahmen für die Folgen des Litterings

Nach geltender Rechtslage sind Zigarettenhersteller bislang weder für die Sammlung noch für die ordnungsgemäße Entsorgung von Zigarettenskippen zuständig. Der aktuelle Richtlinienentwurf der EU Kommission sieht jedoch eine erweiterte Herstellerverantwortung für „Tabakprodukte mit Filter sowie Filter, die zur Verwendung in Kombination mit Tabakprodukten vermarktet werden“ vor – d.h. eine Beteiligung an den Sammlungs-, Beförderungs- und Behandlungskosten einschließlich der Kosten von „Säuberungsaktionen“ (vgl. Artikel 8 Abs. 2 COM(2018) 340). Neben der erweiterten Herstellerverantwortung ist die Umsetzung von Sensibilisierungsmaßnahmen über die Folgen des Litterings von Zigarettenskippen eine weitere Maßnahme. In Art. 10 Buchstabe a und b heißt es hierzu:

„Die Mitgliedstaaten treffen Maßnahmen, um die Verbraucher von Einwegkunststoffartikeln [...] über Folgendes zu informieren:

(a) die verfügbaren Wiederverwendungssysteme und Abfallbewirtschaftungsoptionen für diese Artikel [...] sowie bewährte Verfahren für eine sachgerechte Abfallbewirtschaftung im Sinne von Artikel 13 der Richtlinie 2008/98/EG;

(b) die Auswirkungen achtlosen Wegwerfens und anderer unangemessener Entsorgungen dieser Artikel und Fanggeräte mit Kunststoffanteil auf die Umwelt und insbesondere das Meeresmilieu.“

Die konkrete Umsetzung und der Vollzug dieser Maßnahmen obliegen den einzelnen Mitgliedsstaaten.

⁴² Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt COM(2018) 340 final

8.6.8 Zusammenfassung

Die identifizierten Initiativen und Maßnahmen lassen sich zu folgenden Handlungsansätzen zusammenfassen:

- ▶ eine gezielte Aufklärung über die negativen Umweltfolgen des Litterings
- ▶ strukturierte Handlungshilfen für Kommunen⁴³
- ▶ die Adressierung des Themas im Rahmen von übergeordneten „Anti-Littering-Kampagnen“
- ▶ die Bereitstellung von „mobilen“ Aschenbechern (kostenlos oder gegen Entgelt) sowie
- ▶ die ordnungsrechtliche Ahndung des Litterings
- ▶ eine erweiterte Herstellerverantwortung für Hersteller von Zigaretten und Zigarettenfiltern
- ▶ Sensibilisierungsgebote

In Deutschland finden solche Aktivitäten bislang lediglich vereinzelt statt. Zu den aktiven Akteuren zählen fast ausschließlich die Kommunen und/oder die kommunalen Abfallwirtschaftsbetriebe. Die beiden wesentlichen Motive für die Aktivitäten scheinen zum einen die Senkung der Kosten für die Reinigung öffentlicher Plätze, Straßen und Flächen zu sein, zum anderen der Erhalt oder die Wiederherstellung eines sauberen Stadtbildes zur Sicherstellung der Standortqualität. Im Bereich der eingesetzten Kommunikation wird deutlich, dass diese regional unterschiedlich ist. Während im Binnenland die Kampagnen mit Slogans besetzt sind, bei denen der Gegenstand der Kommunikation der Beitrag der Einwohner zu einer „sauberen und schönen Stadt“ ist, steht in Küstengebieten der Beitrag zum „Schutz des Meeres“ oder „der Fische“ im Vordergrund.

Gleichzeitig wurde durch die durchgeführten Recherchen deutlich, dass von Seiten der Industrie (bis auf eine Ausnahme) bislang keine Aktivitäten initiiert wurden, die sich gegen das Littering von Zigarettenkippen richten – weder im Bereich der Verbraucheraufklärung oder der freiwilligen Produktkennzeichnung, noch im Bereich von praktischen Handlungsansätzen. Ebenfalls wurde deutlich, dass die Umweltbelastung, die durch Zigarettenkippen verursacht werden, bislang anscheinend kein Thema der Umweltverbände ist.

Auf Basis dieser ersten Recherche zu möglichen Handlungsansätzen konnten somit zwar bestehende Ansätze in ihren Grundzügen beschrieben werden, es können auf dieser Grundlage jedoch keine Aussagen zu ihrer kurz- oder mittelfristigen Wirkung abgeleitet werden, also ob und durch welche Handlungsansätze die gelitterte Menge von Zigarettenkippen tatsächlich reduziert werden konnte. Gleichzeitig könnte mit der EU-Plastikrichtlinie den Mitgliedstaaten mittelfristig ein Instrument zur Verfügung stehen, um im Rahmen der nationalen Umsetzung konkrete Maßnahmen zur Reduzierung des Litterings von Zigarettenkippen zu erarbeiten und umzusetzen.

8.6.9 Empfehlungen

Für eine mögliche Auswahl und (Weiter-)Entwicklung von wirksamen und gleichermaßen effizienten Handlungsempfehlungen wäre es aus Sicht der Gutachter sinnvoll zu prüfen, welche der identifizierten Handlungsansätze konkret zu einer Reduktion der gelitterten Menge von Zigarettenkippen geführt haben. Hierfür wäre zu prüfen, ob in ausgewählten Kommunen, die aktiv Maßnahmen gegen Littering umsetzen, Daten darüber erhoben werden, wie groß die Wirkung der umgesetzten Maßnahmen ist. Die Wirksamkeit des Ansatzes, verstärkt auf die Nutzung von Taschenaschern hinzuwirken, wäre dabei möglicherweise jedoch sinnvoller über eine Befragung von Veranstaltern von Großveranstaltungen zu erheben, die wiederholt entsprechende Veranstaltungen durchführen, um einen Vergleich der gelitterten Zigarettenmenge vor und nach der Ausgabe von Taschenaschern zu ermöglichen.

⁴³ Nach aktuellem Kenntnisstand der Gutachter gibt es eine solche bislang jedoch nur in England.

Parallel könnten gezielte Gespräche mit Umweltverbänden geführt werden, um die im Rahmen des durchgeführten Vorhabens ermittelte Eintragsmenge gezielt zu kommunizieren und um in Erfahrung zu bringen, inwiefern die Thematik Gegenstand aktueller Überlegungen oder Arbeitsprogramme ist und ob einschlägige Aktivitäten, wie etwa Studien, Kampagnen oder Positionspapiere in Planung sind.

Grundsätzlich wäre entlang der EU-Einwegkunststoffrichtlinie zu prüfen, um welche Arten von „Sensibilisierungsmaßnahmen“ es sich bei dem Vorschlag der KOM konkret handeln könnte und wie das vorgeschlagene neue mögliche Instrumentarium der erweiterten Herstellerverantwortung konkret ausgestaltet werden könnte. Diese Überlegungen sollten unter Einbezug der relevanten und betroffenen Akteure erfolgen, wie etwa der Kommunen. Es wäre in diesem Zusammenhang ebenfalls zu prüfen, ob auf Seiten der Industrie freiwillige Maßnahmen etwa im Bereich der Verbraucherkommunikation in Planung sind.

9 Quellenverzeichnis

- Ableidinger, Martina (2004): Littering als Ergebnis verhaltensbezogener und techno-sozio-ökonomischer Phänomene (Dissertation).
- Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (o.J.): Straßenverkehr 2016. <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/BasisZeitreiheGrafik/Bas-Strassenverkehr.asp?Ptyp=300&Sageb=46002&creg=BBB&anzwer=6>. Aufgerufen am 05.07.2017.
- Amt für Straßen und Verkehr (o.J.): Das Amt für Strassen und Verkehr. http://www.asv.bremen.de/das_amt-1464. Aufgerufen am 05.07.2017.
- Berliner Wasserbetriebe (2017): Antwort-E-Mail am 20.06.2017.
- BAST - Bundesanstalt für Straßenwesen (2013): Straßenverkehrszählung 2010 - Ergebnisse. <http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2014/763/pdf/V233b.pdf>. Aufgerufen am 03.07.2017.
- BAST - Bundesanstalt für Straßenwesen (2013): Straßenverkehrszählung 2010 – Fahrleistungserhebung 2014 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko; BAST Heft V 291.
- BAST - Bundesanstalt für Straßenwesen (2017): BAB-Netzlängen und –Fahrleistungen nach Bundesländern. http://www.bast.de/DE/Statistik/Verkehrsdaten/2015/Fahrleistungen-2015.pdf?__blob=publicationFile&v=2. Aufgerufen am 28.07.2017.
- BAT (15.2.2012): „Klick-Klack“-Aschenbecher – der Umwelt zuliebe. British American Tobacco Germany verteilt die 5. Edition kostenloser Taschenascher (Pressemitteilung), URL: http://www.bat.de/group/sites/BAT_AXBF4K.nsf/vwPagesWebLive/DO8RGJXG?opendocument, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- BAT (o.D.): Klick-Klack-Ascher. URL: http://www.bat.de/group/sites/BAT_AXBF4K.nsf/vwPagesWebLive/DOAGCK8J, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- Bäumer, Marcus; Hautzinger, Heinz; Pfeiffer, Manfred; Stock, Wilfried; Lenz, Barbara; Kuhnimhof, Tobias Georg; Köhler, Katja (2017): Fahrleistungserhebung 2014 - Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko. Bremen: Fachverlag NW (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Verkehrstechnik), zuletzt geprüft am 19.09.2018.
- BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Laufende Stadtbeobachtung – Raumabgrenzung. http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumb Beobachtung/Raumabgrenzungen/StadtGemeindetyp/StadtGemeindetyp_node.html. Aufgerufen am 23.08.2017.
- Bertling, Jürgen; Hamann, Leandra; Bertling, Ralf (2018): Kunststoffe in der Umwelt. Unter Mitarbeit von Tatiana Bladier, Rodion Kopitzky, Daniel Maga, Nils Thonemann und Torsten Weber. Fraunhofer Umsicht. Oberhausen.
- BGK (2014): Hinweise zum Vollzug der BioAbfVO. Bundesgütegemeinschaft Kompost, H&K aktuell, 2014.
- BMVBS; BBR (2007): Nachhaltiger Stadtverkehr und benachteiligte Stadtquartiere. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Berlin.
- Beyer, Hans-Jürgen; Winter, Gerd (2016): Ausmaß, Qualität und Implikationen von Littering und sonstigen Abfallablagerungen in der freien Landschaft im Großherzogtum Luxemburg. http://www.environment.public.lu/dechets/dossiers/littering/Bericht_Littering_2015.pdf. Aufgerufen am 03.07.2017.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2004): Gesamtlänge der Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet größer 10 Quadratkilometer. <https://www.bfn.de/25777.html>. Aufgerufen am 05.09.2017.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung: Plastikpiraten - erste Ergebnisse. <https://www.wissenschaftsjahr.de/2016-17/mitmachen/junge-wissenschaftsinteressierte/plastikpiraten/plastikpiraten-ergebnisse.html>. Aufgerufen am 22.08.2017.
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016a): Verkehr und Mobilität in Deutschland – Daten und Fakten kompakt. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-und-mobilitaet-in-deutschland.pdf?__blob=publicationFile. Aufgerufen am 07.07.2017.
- BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016b): Verkehrsinvestitionsbericht für das Berichtsjahr 2014. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehrsinvestitionsbericht-2014.pdf?__blob=publicationFile. Aufgerufen am 28.07.2017.

- Breitbarth, Marco (2017): Abfälle in deutschen Fließgewässern - Eintrags- und Austragspfade, Zusammensetzung, Aufkommen und Vermeidungsmaßnahmen (bisher unveröffentlichte Dissertation).
- Breitbarth, Marco; Urban, Arnd (2014): Littering im öffentlichen Raum - ein altbekanntes und doch brandaktuelles Problem. In: Müll und Abfall 2014 (11), S. 604–610.
- Breitbarth, Marco; Urban, Arnd (2016): Abfälle in deutschen Fließgewässern. In: Wasser und Abfall 2016 (1/2), S. 51-56.
- BSR (2018). Praktisches für unterwegs. URL: <https://www.bsr.de/praktisches-fur-unterwegs-12727.php>, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- BSR – Berliner Stadtreinigung (2017): Datenübermittlung per Mail am 10.08.2017.
- Bundesrat (2018): Beschluss des Bundesrates: Entschließung des Bundesrates zur Vermeidung von Kunststoff-Verunreinigungen in der Umwelt bei der Entsorgung verpackter Lebensmittel. Drucksache 303/18 v. 21.09.18.
- Busse, Lilian; Rechenberg, Bettina; Bannick, Claus-Gerhard; Beulker, Camilla; BiegelEngler, Annegret; Brauer, Frank et al. (2019): Kunststoffe in der Umwelt. Hg. v. Umweltbundesamt. Berlin.
- COM(2018) 340: Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt. URL: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2018/DE/COM-2018-340-F1-DE-ANNEX-1-PART-1.PDF>, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- Consultic (2016): Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2015. Hg. v. BKV, Plastics Europe, IK Industrieverband Kunststoffverpackungen e.V., VDMA und BVSE. Consultic. Alzenau.
- Consultic (2016): Vom Land ins Meer – Modell zur Erfassung landbasierter Kunststoffabfälle, 2016 (Im Auftrag der BKV GmbH)
- Conversio (2018): Vom Land ins Meer - Modell zur Erfassung landbasierter Kunststoffabfälle. Unter Mitarbeit von Christoph Lindner und Thomas Jäger. Hg. v. Conversio und BKV. Frankfurt.
- Dave, Göran (2013): Ecotoxicological Risk Assessment and Management of Tire Wear Particles. In: Jean-François Féraud und Christian Blaise (Hg.): Encyclopedia of Aquatic Ecotoxicology. Dordrecht: Springer Netherlands, S. 363–376.
- Defra (2007): Preventing Cigarette Litter in England – Guidelines for Local Authorities. URL: http://www.keepbritaintidy.org/sites/default/files/resources/KBT_Preventing_Cigarette_Litter_in_England_2007.pdf, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- Der Warnemünder (8. Juli 2014): Strandascher für Kippen-freie Ostseestrände. URL: <https://der-warnemuender.de/dwmnewslesen,Strandascher-f%C3%BCr-Kippen-freie-Ostseestr%C3%A4nde,showNews-4315.html>, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- Der Warnemünder (20. Juli 2015): Kostenfreie Strandascher für saubere Ostseestrände. URL: <https://der-warnemuender.de/dwmnewslesen,Kostenfreie-Strandascher-f%C3%BCr-saubere-Ostseestr%C3%A4nde,showNews-5079.html>, , zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- Degussa (2007): Laufflächenmischungsrezeptur moderner PKW-Reifen. In: Neue Reifen-Zeitung (9).
- Destatis - Statistisches Bundesamt (2017): Statistik der Straßenlängen des überörtlichen Verkehrs. (https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data;jsessionid=1E4B49B1753FAC29EE90998ADB727395.tomcat_GO_1_3?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=2&levelid=1499240946070&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&selectionname=46271-0003&auswahltext=&nummer=4&variable=2&name=VERSK2&wertabruf=Werteabruf). Aufgerufen am 03.07.2017.
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2017a): Straßenlänge: Bundesländer, Stichtag, Straßenklasse/Ortslage (Code: 46271-0003 in der GENESIS-Online Datenbank des Statistischen Bundesamtes). <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>. Aufgerufen am 28.07.2017.
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2017b): Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung – Stichtag 31.12.2015 – Kreise und kreisfr. Städte (Code 449-01-4 in der Regionaldatenbank des Statistischen Bundesamtes).
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2017c): Bundesländer mit Hauptstädten nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte am 31.12.2015, im Juli 2017 wegen korrigierter Fläche revidiert. https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/Aktuell/02Bundeslaender.xls?__blob=publicationFile. Aufgerufen am 25.08.2017.

Destatis – Statistisches Bundesamt (2016): Städte in Deutschland nach Fläche und Bevölkerung auf Grundlage des ZENSUS 2011 und Bevölkerungsdichte. https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/Aktuell/05Staedte.xls?__blob=publicationFile. Aufgerufen am 23.08.2017.

Destatis – Statistisches Bundesamt (2005): Geografie – schiffbare Flüsse. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Regionales/Tabellen/SchiffbareFluesse.html>. Aufgerufen am 05.09.2017.

Deutscher Bundestag (2017): Kunstrasenplätze. Mögliche Risiken von Granulat auf Kunstrasenplätzen. Wissenschaftliche Dienste - Dokumentation.

Deutschlandfunk.de (2.6.2014): Nikotin verunreinigt Gewässer, URL: http://www.deutschlandfunk.de/umweltverschmutzung-nikotin-verunreinigt-gewaesser.676.de.html?dram:article_id=288055, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.

Edlich, Dirk (2017): Telefonisches Gespräch mit Dirk Edlich (Funktion: Vorarbeiter am Bauhof in der Kurverwaltungen Dierhagen) am 10.07.2017. Dierhagen, Dresden.

Essel, Roland; Engel, Linda; Carus, Michael; Ahrens, Ralph Heinrich (2015): Quellen für Mikroplastik mit Relevanz für den Meeresschutz in Deutschland. UBA-Texte 63/2015. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau, zuletzt geprüft am 06.04.2018.

EUA – Europäische Umweltagentur (2016): Qualität der europäischen Badegewässer 2015. www.eea.europa.eu/de/publications/qualitaet-der-europaeischen-badegewaesser-2015/at_download/file. Aufgerufen am 05.09.2017.

EU Kommission (2017): Beurteilung der Notwendigkeit zur Überprüfung der Verordnung (EG) Nr. 1222/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Kennzeichnung von Reifen in Bezug auf die Kraftstoffeffizienz und andere wesentliche Parameter. Bericht der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat, zuletzt geprüft am 12.10.2018.

FKN - Fachverbandes Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V. (2018): Karton: hergestellt aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz. <http://www.getraenkekarton.de/getraenkekarton/rohstoffe/karton-hergestellt-aus-dem-nachwachsenden-rohstoff-holz>.

Geo.Bremen - Landesamt für Kataster - Vermessung - Immobilienbewertung – Informationssysteme (2017): Datenübermittlung per Mail am 18.08.2017.

GDI-SH LVerteo – Koordinierungsstelle Geodateninfrastruktur Schleswig-Holstein im Landesamt für Vermessung und Geoinformation (2017): DigitalerAtlasNord. <http://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/Anonym/index.html?lang=de> (Themengebiet Umwelt, Bademöglichkeiten). Aufgerufen am 19.07.2017.

Giese, Bernd; Klaessig, Fred; Park, Barry; Kaegi, Ralf; Steinfeldt, Michael; Wigger, Henning et al. (2018): Risks, Release and Concentrations of Engineered Nanomaterial in the Environment. In: Scientific reports 8 (1), S. 1565. DOI: 10.1038/s41598-018-19275-4.

H. Barber & Sons, Inc. (2018): Surf Rake Specifications. <http://www.hbarber.com/Cleaners/SurfRake/Specifications.html>. Aufgerufen am 23.01.2018.

Handelskammer Hamburg (2014): Stadtmobilität in Hamburg – Eine lebenswerte Stadt in Bewegung.

https://www.hk24.de/blob/hhik24/produktmarken/interessenvertretung/wirtschaft-politik/wirtschaftspolitik/downloads/1153060/150421f8a1dc1bb8bfc368d3197cc2e1/Standpunkt_Stadtmobilitaet_in_Hamburg_2030-data.pdf. Aufgerufen am 05.07.2017.

Heeb, Johannes; Ableidinger, Martina; Berger, Till; Hoffelner, Wolfgang (2005): Littering - ein Schweizer Problem? Eine Vergleichsstudie Schweiz-Europa. Hg. v. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Institut für Mensch, Gesellschaft und Umwelt (TU) der Uni Basel; Institut für Technologie und nachhaltiges Produktmanagement der Wirtschaftsuniversität Wien; seecon gmbh; RWH consult GmbH. Basel, Schweiz.

Hengstmann, Elena; Gräwe, Dennis; Tamminga, Matthias; Fischer, Elke Kerstin (2017): Marine litter abundance and distribution on beaches on the Isle of Rügen considering the influence of exposition, morphology and recreational activities. Marine pollution bulletin, 2017, 115. Jg., Nr. 1, S. 297-306.

Hertner und Großmann (2017): Pilotprojekte – ein Erfahrungsbericht der Berliner Stadtreinigung. VKS News, Ausgabe 217, 07/08.2017, Berlin.

Hillenbrand, Thomas; Toussaint, Dominik; Böhm, Eberhard; Fuchs, Stephan; Scherer, Ulrike; Ru-dolphi, Alexander; Hoffmann, Martin (2005): Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden. Analyse der Emissionspfade und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen. UBA Texte 19/05. Unter Mitarbeit von Johannes Kreißig und Christiane Kotz. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA).

Höfler, Frank (2004): Verkehrswesen-Praxis – Band 1: Verkehrsplanung. Berlin.

IGSU (29.5.2018): No-Littering-Label, <http://www.no-littering.ch/de/>, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.

IK (2014). ERDE startet flächendeckendes Recyclingsystem. Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V.

IT.NRW – Information und Technik Nordrhein-Westfalen: Datenübermittlung per Mail am 16.08.2017.

KGeo LAIV - Koordinierungsstelle für Geoinformationswesen im Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern (2017): Badewasserkarte im Geodatenviewer GAIA-MVprofessional. <https://www.geoportal-mv.de/portal/>. Aufgerufen am 19.07.2017.

Kocher, Birigt (2010): Stoffeinträge in den Straßenseitenraum. Reifenabrieb. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Heft V 188. Unter Mitarbeit von Susanne Brose, Johannes Feix, Claudia Görg, Angela Peters und Klaus Schenker. Hg. v. Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach, zuletzt geprüft am 05.04.2018.

Kole, Pieter Jan; Löhr, Ansje J.; Van Belleghem, Frank G A J; Ragas, Ad M J (2017): Wear and Tear of Tyres: A Stealthy Source of Microplastics in the Environment. In: International journal of environmental research and public health 14 (10). DOI: 10.3390/ijerph14101265.

Krömer, Silke; Kreipe, Eckhard; Reichenbach, Diethelm; Stark, Rainer (1999): Produkt-Ökobilanz eines PKW Reifens. Hg. v. Continental AG. Continental, zuletzt geprüft am 06.04.2018.

LALLF - Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (2017): Gewässer. <http://www.lalf.de/Gewaesser.281.0.html?&L=0>. Aufgerufen am 19.07.2017.

Landeshauptstadt Dresden (2015): Gewässernetz und Wasserstände. <http://www.dresden.de/de/stadtraum/umwelt/umwelt/oberflaechenwasser/gewaessernetz.php>. Aufgerufen am 05.02.2018.

Landeshauptstadt Mainz (2018): Oberirdische Gewässer. <https://www.mainz.de/leben-und-arbeit/umwelt/gewaesser.php>. Aufgerufen am 05.02.2018.

Landesportal Schleswig-Holstein (2017): Liste aller Badestellen in S-H. http://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/B/badegewaesser/badegewaesser_liste_Fachinhalt.html#top. (Über die Nummer der jeweiligen Badestelle wird eine neue Internetseite aufgerufen („Informationen zur Badestelle“). Die Länge der Badestelle steht in der Tabelle, die sich nach dem Aufrufen der Profildaten öffnet). Aufgerufen am 25.07.2017.

LBE - Landesverband des bayrischen Einzelhandels e.V. (2004): Wirtschaftsstandort Innenstadt. https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwi/Publikationen/Wirtschaftsstandort_Innenstadt.pdf. Aufgerufen am 06.02.2018.

Leser et al. (1998): Leser, H.; Haas, H.-D.; Mosimann, T.; Paesler, R.; Huber-Föhli, J. (1998): Wörterbuch allgemeine Geographie. 10. Aufl. Westermann, Deutscher Taschenbuch Verlag, München, Braunschweig.

LGLN – Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (2017): Datenübermittlung per Mail am 14.08.2017.

LSN – Landesamt für Statistik Niedersachsen (2017): Tabelle K7360222. <http://www1.nls.niedersachsen.de/Statistik/default.asp> (Thema: Wirtschaft & Preise → Tourismus → 736 – Monaterhebung im Tourismus → Ankünfte; Übernachtungen; Aufenthaltsdauer; Schlafgelegenheitenauslastung nach Betriebsart und Wohnsitz der Gäste (60) (Reisegebiet) → Zeitperiode: 2016 → Zeitraum: jeweiligen Monat auswählen → Art des Beherbergungsbetriebes: Beherbergungsbetriebe insgesamt* → Wohnsitz der Gäste: Insgesamt* → „Tabelle erstellen“). Aufgerufen am 19.07.2017.

LVerteo Thüringen – Landesamt für Vermessung und Geoinformation Thüringen (2017): Thüringer Nutzungsartenstatistik. www.geoportal-th.de/Portals/0/Downloads/Kataloge/Nutzungsartenstatistik-TH.zip. Aufgerufen am 23.08.2017.

Meer, Elke van der; Beyer, Reinhard; Gerlach, Rebekka (2007): Littering - Merkmale, Ursachen, Prävention. Modul 1: Literaturrecherche und Empirische Studie 1. Projektstudie im Auftrag der Stadtreinigungsunternehmen Berlin, Dortmund, Duisburg, Düsseldorf, Frankfurt/ M., Hamburg, Hannover, Köln, Stuttgart und Wien. Institut für Psychologie Humboldt Universität Berlin. Berlin.

- Mintenig, Svenja; Int-Veen, Ivo; Löder, Martin; Gerdt, Gunnar (2014): Mikroplastik in ausgewählten Kläranlagen des Oldenburgisch- Ostfriesischen Wasserverbandes (OOWV) in Niedersachsen. Probenanalyse mittels Mikro-FTIR Spektroskopie. Studie des Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) im Auftrag des Oldenburgisch- Ostfriesischen Wasserverbands (OOWV) und des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN).
- NLGA – Niedersächsische Landesgesundheitsamt (2016): Gesamtliste der EU-Badestellen. <http://www.apps.nlga.niedersachsen.de/eu/batlas/index.php?p=sa>. Aufgerufen am 25.07.2017.
- n-tv.de (31.5.2017): Bis zu 7000 Chemikalien - Zigarettenkippen vergiften die Böden, URL:<https://www.n-tv.de/wissen/Zigarettenkippen-vergiften-die-Boeden-article19867467.html>, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- Okel, T. A.; Rueby, J. A. (2016): Silica morphology and functionality: Addressing winter tire performance. In: Rubber World 253, S. 21–52.
- OSPAR – OSPAR Commission (2007): OSPAR Pilot Project on Monitoring Marine Beach Litter Monitoring of marine litter in the OSPAR region. <http://ec.europa.eu/ourcoast/download.cfm?fileID=892>. Aufgerufen am 19.07.2017.
- Plastics Europe (2018): Plastics - the Facts 2017. An analysis of European plastics production, demand and waste data. Hg. v. Plastics Europe. Brüssel, zuletzt geprüft am 04.09.2018.
- RAL (2018): Vergabegrundlage für Umweltzeichen - RAL-UZ 155- Schuhe.
- RIGK (2017a). Recycling von Agrarfolien. Dialogforum Kreislaufwirtschaft Recycling von Agrarfolien. Berlin.
- RIGK (2017b). Agrarfoliensammlung ERDE mit weiter wachsendem Erfolg.
- RIGK (2018). <http://www.erde-recycling.de/startseite.html>.
- RIGK (09/2018). Agrar-Kunststoffoliensammlung ERDE: Erheblich wachsende Bedeutung für den Wertstoffkreislauf.RPT - Regierungspräsidium Tübingen (Hrsg.) (2016): Straßenverkehr in Baden-Württemberg – Jahresvergleich 2015/2014. <https://www.svz-bw.de/fileadmin/verkehrszaehlung/entwicklung/rpt-95-svz-jahrvergl-15-14.pdf>, aufgerufen am 04.07.2017.
- Roskosch, Andrea; Heidecke, Patric (2018): Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Umweltbundesamt, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klaerschlamm-entsorgung-in-der-bundesrepublik>, zuletzt aufgerufen am 19.7.2018.
- Saarbrücker Zeitung, 27.7.2017: ZKE verteilt Taschen-Aschenbecher – Mit Taschen-Aschenbechern gegen die Kippenflut. URL: https://www.saarbruecker-zeitung.de/saarland/saarbruecken/mit-taschen-aschenbechern-gegen-die-kippenflut_aid-2486831, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- Schernewski, Gerald; Balciunas, Arunas; Gräwe, Dennis; Gräwe, Ulf; Klesse, Kristina; Schulz, Marcus; Wesnigk, Sylvie; Fleet, David; Haseler, Mirco; Möllmann, Nils; Werner, Stefanie (2017): Beach macro-litter monitoring on southern Baltic beaches: results, experiences and recommendations. Journal of Coastal Conservation, S. 1-21.
- Schneider, Janin; Gäth, Stefan (2016): Stummel - und dann? Abbauverhalten verschiedener Zigarettenfilter in der Umwelt. http://www.recydepotech.at/media/424_Schneider.pdf. Aufgerufen am 07.02.2018.
- Schröder, Tomma (2018): Endstation Acker – Plastik auf dem Land. Produktion des Deutschlandfunks, 2.9.2018. https://www.deutschlandfunk.de/endstation-acker-plastik-auf-dem-land.740.de.html?dram:article_id=426951, zuletzt aufgerufen am 5.11.2018.
- Schüler, Kurt (2018): Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2016. UBA Texte 58/2018. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH, Mainz. Dessau-Roßlau.
- Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2018): Oberflächengewässer Berlins. <https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/wasser/ogewaesser/>. Aufgerufen am 05.02.2018.
- Shz.de (11.2.2011): Kippe wegwerfen: 50 Euro! URL: <https://www.shz.de/regionales/schleswig-holstein/kippe-wegwerfen-50-euro-id1149071.html>, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- SPD Bürgerschaftsfraktion (27.1.2018): Umweltbelastung durch Zigarettenkippen verringern, Bewusstsein für Sauberkeit auch bei Raucherinnen und Rauchern fördern – Drucksache 21/, URL: https://www.spd-fraktion-hamburg.de/no_cache/themen/umwelt-und-energie/antraege/e/35748/f/12.html, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.

- SRF (11.5.2017): Die Stadt Freiburg will Raucher zu Sauberkeit erziehen. URL: <https://www.srf.ch/news/regional/bern-freiburg-wallis/die-stadt-freiburg-will-raucher-zu-sauberkeit-erziehen>, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- Stadt Frankfurt am Main (2018): Main – der Fluss. http://www.frankfurt.de/sixcms/detail.php?id=4628&ffmparf_id_inhalt=42036. Aufgerufen am 05.02.2018.
- Stadt Freiburg (o.D.): Saubere Stadt Freiburg. URL: http://www.ville-fribourg.ch/vfr/de/pub/officialle/bauamt/tiefbauamt/strasseninspektorat/saubere_stadt.htm, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018
- Stadt Würzburg (2009): Aktion Saubere Stadt – Strategie und Kampagne gegen Littering <http://www.fwg-passau.de/uploads/media/Strategiepapier-W%C3%BCrzburg.pdf>, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- Stadt Würzburg (2013): Die Fließgewässer in Würzburg. https://www.wuerzburg.de/media/www.wuerzburg.de/org/med_9443/413650_fluesse_in_wuerzburg.pdf. Aufgerufen am 05.02.2018.
- Statistik Nord – Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2008): Statistisches Jahrbuch Schleswig-Holstein 2008/2009. https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Jahrb%C3%BCher/Schleswig-Holstein/JB08SH_Gesamt.pdf. Aufgerufen am 19.07.2017.
- Statistik Nord – Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2017): Statistische Berichte - Beherbergung im Reiseverkehr in Schleswig-Holstein Januar bis Dezember 2016. <https://www.statistik-nord.de/zahlen-fakten/handel-tourismus-dienstleistungen/tourismus/dokumentenansicht/beherbergung-im-reiseverkehr-in-schleswig-holstein-1/>. Aufgerufen am 19.07.2017.
- Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2017a): Statistische Berichte, Tourismus in Mecklenburg-Vorpommern, Januar bis Dezember 2016. <http://www.laiv-mv.de/Statistik/Zahlen-und-Fakten/Wirtschaftsbereiche/Gastgewerbe-und-Tourismus> (Statistische Berichte zum Thema → G IV - Tourismus, Gastgewerbe → G413 - Tourismus → 2016). Aufgerufen am 19.07.2017.
- Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2017b): Datenübermittlung per Mail am 15.06.2017.
- Statistischen Landesamt Rheinland-Pfalz (2017): Datenübermittlung per Mail am 14.06.2017.
- Straßen.NRW - Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen (o.J.): Abfälle entlang von Straßen und auf Parkplätzen. (<https://www.strassen.nrw.de/strassenbetrieb/abfall-an-strassen.html>). Aufgerufen am 05.07.2017.
- Stukenberg, Kurt (2011): Rauchen zerstört die Umwelt, in: Greenpeace Magazin 6.11. URL: <https://www.greenpeace-magazin.de/rauchen-zerstoert-die-umwelt>, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- Sukopp, Herbert; Wittig, Rüdiger (Hrsg.) (1998): Stadtökologie. Ein Fachbuch für Studium und Praxis. 2. Aufl. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Sundt, Peter; Schulze, Per-Erik; Syversen, Frode (2014): Sources of microplastics-pollution to the marine environment. Hg. v. Mepex Consult AS, Asker, Norwegen.
- SZ.de (19.4.2011): Zigaretten als Umweltverschmutzung – Viel Gift in der Kippe, URL: <http://www.sueddeutsche.de/wissen/zigaretten-als-umweltverschmutzung-viel-gift-in-der-kippe-1.1086893>, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- tagesschau.de (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Jeder gibt Gummi. tagesschau.de. Online verfügbar unter <https://www.tagesschau.de/inland/studie-mikroplastik-103.html>, zuletzt aktualisiert am 04.09.2018, zuletzt geprüft am 11.10.2018.
- Umweltbundesamt (2017): Position Bioabfallkomposte und -gärreste in der Landwirtschaft, Januar 2017, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/bioabfallkomposte-gaerreste-in-der-landwirtschaft>, zuletzt geprüft am 4.7.2018.
- Umweltbundesamt (2018): Kunststoffabfälle. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/kunststoffabfaelle#textpart-1>, zuletzt geprüft am 04.09.2018.
- UNEP (2005): Marine Litter - An analytical overview. Hg. v. United Nations Environment Programm (UNEP). Nairobi.
- Van Meer, Elke; Beyer, Reinhard & Gerlach, Rebekka (2007): Littering – Merkmale, Ursachen, Prävention Modul 1: Literaturrecherche und Empirische Studie 1 – Projektstudie im Auftrag der Stadtreinigungsunternehmen Berlin, Dortmund, Dresden, Duisburg, Düsseldorf, Hamburg, Hannover, Köln, Leipzig, Stuttgart und Wien. Humboldt Universität, Berlin. URL: https://www.aha-region.de/fileadmin/Download/Fachvortraege/Literaturrecherche_und_Empirische_Studie_1.pdf; zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.
- Wang, Yan; Kalinina, Anna; Sun, Tianyin; Nowack, Bernd (2016): Probabilistic modeling of the flows and environmental risks of nano-silica. In: The Science of the total environment 545-546, S. 67–76. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.12.100.

Welt.de (31.5.2017): So vergiften Zigarettenkippen die Umwelt, <https://www.welt.de/wissenschaft/article165102373/So-vergiften-Zigarettenkippen-die-Umwelt.html>, zuletzt aufgerufen am 5. Juni 2018.

Wever, Renee; Gutter, Niels; Silvester, Sacha (2006): Prevention of littering through packaging design: A support tool for concept generation. In: I. Horvath und J. Duhovnik (Hg.): Proceedings of TMCE 2006. TMCE. Ljubljana, 18.-22. April 2006. Ljubljana, S. 1391–1404.

Wigger, Henning; Wohlleben, Wendel; Nowack, Bernd (2018): Redefining environmental nano-material flows: Consequences of the regulatory nanomaterial definition on the results of environmental exposure models. In: Environ. Sci.: Nano. DOI: 10.1039/C8EN00137E.

Wilk, Adam (2017): Telefonisches Gespräch mit Adam Wilk (Diplom-Bauingenieurs für den Bereich Umwelt, Abfall und Entwässerung) am 30.05.2017. Gelsenkirchen, Dresden.

Wik, Anna; Dave, Göran (2009): Occurrence and effects of tire wear particles in the environment--a critical review and an initial risk assessment. In: Environmental pollution (Barking, Essex : 1987) 157 (1), S. 1–11. DOI: 10.1016/j.envpol.2008.09.028.

Wöllper, Frank: Erholungsflächen auf Wachstumskurs. In: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 5/2009. https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Monatshefte/PDF/Beitrag09_05_03.pdf. Aufgerufen am 24.08.2017.

Zimmermann, Till; Reihlen, Antonia; Jepsen, Dirk (2018): Use of Nanomaterials in Tires – Environmental Relevance and Emissions. Hg. v. BMU. Ökopol Institut für Ökologie und Politik. Online verfügbar unter http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nanotechnologie/nanodialog_5_fd2_abschlussbericht_en_bf.pdf.

10 Anhang A: Ausführliche Vorgehensbeschreibung zu Kapitel 4

10.1 Definitionen von Littering und mögliche Typisierungen

In der Literatur gibt es keine einheitliche Definition des Begriffs Littering. Es erscheint dadurch sinnvoll, neben der Definition in dieser Arbeit (s. Kapitel 4.1) Definitionen anderer Publikationen aufzuführen, um Abgrenzungen und Gemeinsamkeiten darzulegen. Zudem sind nachfolgend Typisierungen der Litternden, ihrer Motive und Arten ihres Handelns beschrieben.

Beispielhafte Sammlung von Definitionen von Littering und Litter-„Typen“

Definitionen

- Wegwerfen oder Liegenlassen von Abfällen im öffentlichen Raum (Breitbarth und Urban 2014).
- Littering ist die allgemeine Bezeichnung für das achtlose Wegwerfen von Abfällen im öffentlichen Raum und in der freien Natur (Institut für Technologie und nachhaltiges Produktmanagement der Wirtschaftsuniversität Wien, zitiert in Heeb et al. 2005).
- Unachtsames Wegwerfen von Abfällen an ihrem Entstehungsort, ohne die dafür vorgesehenen Abfalleimer oder Papierkörbe zu benutzen (Litteringstudie des Programms für Mensch, Gesellschaft und Umwelt der Universität Basel, zitiert in Heeb et al. 2005).
- Meeres-Litter sind schwer abbaubare, produzierte oder behandelte feste Materialien, die in der Meeres- oder Küstenumwelt weggeworfen, entsorgt oder liegengelassen werden. Meeres-Litter besteht aus Gegenständen, die von Menschen gemacht oder benutzt wurden und absichtlich in Meere, Flüsse oder auf Stränden entsorgt wurden. Indirekt können diese Gegenstände auch über Flüsse, Abwässer, Niederschläge oder durch Wind in die Meere gelangen. Diese Gegenstände können ebenfalls versehentlich verlorengegangen sein, z.B. Gegenstände, die während Schlechtwetterphasen auf See verloren gingen (Fischernetze, Schiffsladung), oder wurden absichtlich vom Menschen am Strand oder im Uferbereich zurückgelassen. (UNEP 2005)
- Der Begriff „Littering“ umfasst im weitesten Sinne die nicht korrekte Entsorgung von Abfällen im öffentlichen Raum (Meer et al. 2007).
- Those forms of trash that either originate by people throwing away or leaving behind artifacts they consider functionless in places not officially intended or designated for such a purpose, or that end up in such places by indirect action or inaction of people (Wever et al. 2006).

Typen von „Litterern“ nach (Breitbarth und Urban 2014)

1. Personen, denen das Littering-Problem egal ist, bzw. denen das Bewusstsein für die schädlichen Auswirkungen ihres Handelns fehlt.
2. Unter Gruppenzwang leidende Personen, die sich in Gruppen bewegen, in denen es als „cool“ gilt zu littern.
3. Die Anführer solcher Gruppen, die durch Littern und Vandalismus ihren Status stärken wollen.
4. Bequeme Menschen, die sich des Problems bewusst sind und fehlende Abfallbehälter als Entschuldigung anführen.
5. Personen, deren Handeln zum Littern von Gegenständen führt, ohne dass dieses Handeln zunächst einen direkten Littering-Bezug hat

Außerdem: „tierische Litterer“: diverse Vogelarten, Ratten, Katzen, Hunde, Waschbären etc.

Litter-Motivationen nach (Meer, Elke van der et al. 2007)

- Ablehnung der Verantwortung: Die Normverletzung wird neutralisiert, indem die Verantwortung für das Handeln auf andere oder die gegebenen Umstände verlagert wird („Andere werfen auch ihren Abfall auf die Straße.“, „Hier ist es schon schmutzig.“, „Wenn häufiger gereinigt würde, wäre es auch sauber.“).

- Verneinung des Unrechts: Eine Handlung wird zwar als illegitim, nicht aber als unmoralisch betrachtet (Bagatellisierung des Verhaltens: „Es sind ja nur kleine Gegenstände, die nicht auffallen“, „Es wird ohnehin gereinigt.“).
- Verdammung der Verdammenden: Die Aufmerksamkeit wird vom eigenen Fehlverhalten auf Motive des Kontroll- und Sanktionsapparates verlagert (Neutralisierung der eigenen Mitverantwortung: „Bußen werden in Wahrheit erhoben, um die Staatskasse aufzufüllen.“).
- Metapher des „Hauptbuchs“: Verweis auf sonst praktizierten Umweltschutz („Sonst benutze ich immer die Abfallbehälter“).
- Berufung auf Unwissen: Es wird vorgegeben nicht gewusst zu haben, dass das Fehlverhalten umweltschädigend ist bzw. Kosten verursacht.
- Machtlosigkeit des Einzelnen: Verweis darauf, dass das eigene Verhalten kein Gewicht hat und sich eine Änderung erst lohnt, wenn alle mitmachen („Ob ich meinen Abfall fallen lasse oder nicht, macht keinen Unterschied in der Sauberkeit der Stadt.“).
- Verteidigung der Notwendigkeit: Verweis auf mangelnde Verhaltensalternativen („kein Abfalleimer, kein Aschenbecher da“).
- Nach mir die Sintflut: Vermeidung von Gedanken an die Folgen in der Zukunft („Mir doch egal.“).
- Bequemlichkeit: Die eigene Bequemlichkeit wird als vorrangig angesehen („Ich laufe doch nicht ewig mit meinem Abfall herum, wenn ich ihn sofort loswerden kann.“).

Litter-Typen nach (Wever et al. 2006)

- „Wedging“ (Litter wird in Lücken zwischen Sitzgelegenheiten oder anderen Plätzen gedrückt),
- „Fragrant Flinging“ (benutzte Gegenstände werden in die Luft geworfen),
- „Inching“ (Abfall wird gelittert und Litterer entfernt sich langsam),
- „Foul Shooting“ (Abfall wird in Richtung Papierkorb geworfen, verfehlt das Ziel und Litterer geht weiter),
- „Undertaking“ (Abfall wird vergraben, oft im Sand von Stränden),
- „Clean Sweeping“ (an einem Ort, an dem Andere schon gelittert haben, wird eigener Litter dazu gelegt),
- „90%ing“ (der überwiegende Teil des Abfalls wird in Papierkörben entsorgt, nur ein geringer Teil wird zurückgelassen, oft sind das Abfälle geringer Größe),
- „Herd Behavior“ (Angewohnheit, sich an Anderen zu orientieren, indem man an leeren Papierkörben vorbeigeht und seinen Abfall neben vollen Papierkörben hinterlässt).

10.2 Kunststofflitterverbleib: Straßenränder

In den nachfolgenden Kapiteln wird die Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters* an Straßenrändern ausführlicher erläutert. Dieser Flächennutzungstyp ist unterteilt in Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen sowie sonstige Straßen im Bundesgebiet.

Zunächst wird aufbauend auf den Daten des Landesbetriebs Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Wilk 2017) der *gesammelte Abfallmenge* für die genannten Straßenkategorien in Nordrhein-Westfalen (NRW) ermittelt bzw. geschätzt (s. Abbildung 6). Für jede Straßenkategorie wird anhand des Verhältnisses der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken, welche als Indikator für den potentiellen Litter- und Abfalleintrag herangezogen wird, und der *Schlupfquote* der *Abfalleintrag* für das Bundesgebiet ($\text{kg}/(\text{km} \cdot \text{a})$) berechnet (s. Abbildung 6). Durch Multiplikation mit der bundesweiten *Streckenlänge* wird für jede Straßenkategorie auf den *Abfalleintrag* im gesamten Bundesgebiet [t/a] hochskaliert. Anschließend wird der jeweilige *verbleibende Kunststofflitter* berechnet, indem der *Abfalleintrag* des Bundesgebietes mit dem *Kunststoffanteil des Abfalleintrags*, dem *Litteranteil des Kunststoffabfalls* und der *Schlupfquote* multipliziert wird (s. Abbildung 6). Die so berechneten Mengen des *verbleibenden Kunststofflitters* der einzelnen Straßenkategorie werden anschließend addiert, um die Gesamtsumme des *verbleibenden Kunststofflitters* zu erhalten.

In Bayern und Sachsen gibt es keine Landesstraßen, jedoch Staatsstraßen, die den Landesstraßen entsprechen und deshalb in der Summe der Landesstraßen im Bundesgebiet enthalten sind. Im Saarland gibt es keine Kreisstraßen, jedoch Landesstraßen II. Ordnung, die den Kreisstraßen entsprechen und deshalb in der Summe der Kreisstraßen im Bundesgebiet enthalten sind.

10.2.1 Bestimmung der gesammelten Abfallmenge für Nordrhein-Westfalen

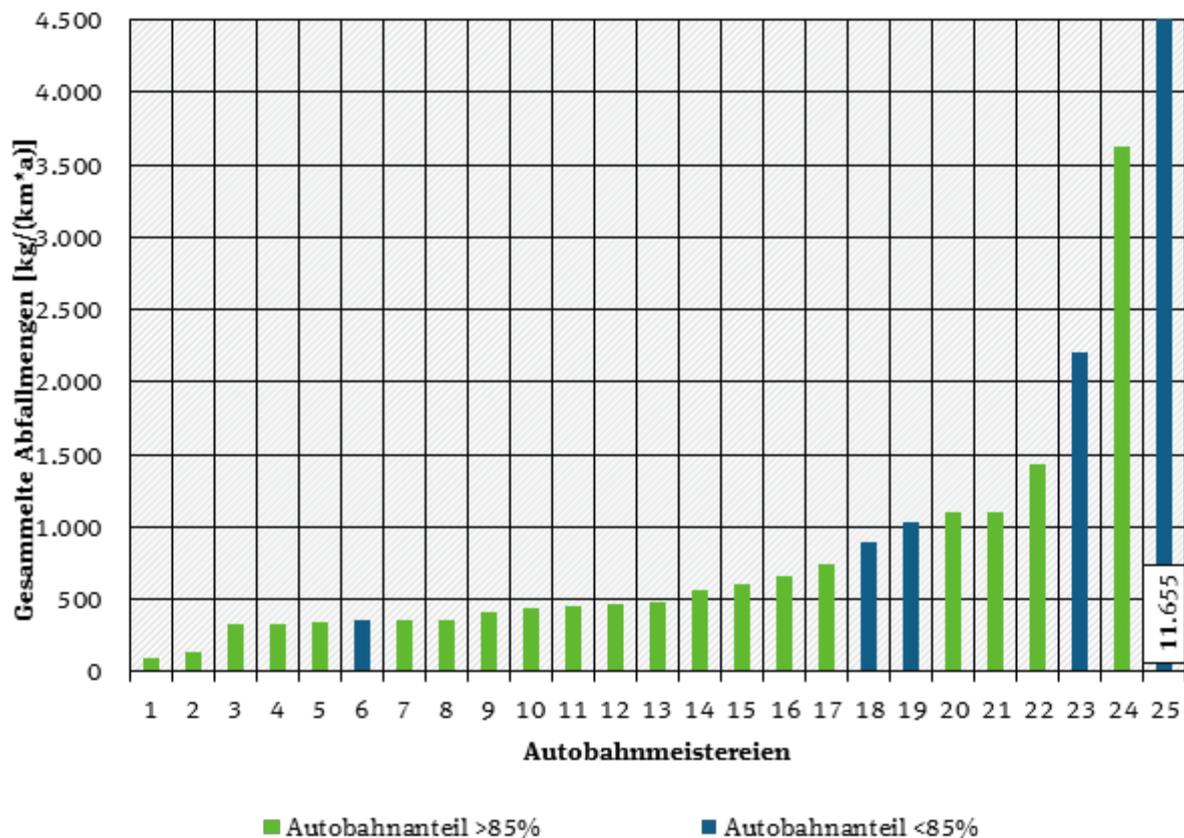
Bezüglich der *gesammelten Abfallmenge* wird von Daten des Landesbetriebs Straßenbau Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW) ausgegangen, die später auf das Bundesgebiet übertragen werden. Der zur Verfügung stehende Datensatz von Straßen.NRW bezieht sich auf das Jahr 2011. Er umfasst Meldungen aller 29 Autobahn- (AM) und 55 Straßenmeistereien (SM) in NRW. Die von den AM und SM betreuten Straßenränder werden mindestens einmal jährlich gereinigt (Wilk 2017). Dabei ist anzumerken, dass die AM und SM nicht verpflichtet sind, Mengendaten zu erheben (Wilk 2017). In dem verwendeten Datensatz findet sich in solchen Fällen eine Menge von 0 t. Deswegen wurden nur Daten von AM und SM berücksichtigt, die mehr als 0 t *gesammelte Abfallmengen* angaben. Für die weiteren Berechnungen wurde der jeweils für den Straßentyp (AM/SM) ermittelte Mittelwert der *gesammelten Abfallmenge* herangezogen.

10.2.1.1 Autobahnen in Nordrhein-Westfalen

Neben der Bedingung, dass ausschließlich Daten von AM benutzt werden, die mehr als 0 t *gesammelte Abfallmengen* verzeichneten, war für die Betrachtung von Autobahnen zu berücksichtigen, dass die von AM angegebenen Daten sich nicht ausschließlich auf Autobahnen beziehen, sondern in einigen Fällen auch Bundes-, Landes- und Kreisstraßen umfassen. Für die Betrachtung von Autobahnen wurde hier so vorgegangen, dass nur AM berücksichtigt wurden, deren Anteil von Autobahnen am Gesamtanteil der betreuten Straßen höher als 85 % war, was insgesamt 20 von 29 AM entspricht. Diese 20 AM betreuen zusammen eine Strecke von 1.596 km Autobahn, was 72 % der Gesamtautobahnstrecke in NRW sind. Für jede AM ist bekannt, auf welche Streckenlänge sich die Daten beziehen. Die gesammelten Abfallmengen [kg/a] der AM wurden durch die jeweilige Streckenlänge [km] dividiert, um die *gesammelten Abfallmengen* [$\text{kg}/(\text{km} \cdot \text{a})$] der AM zu berechnen. Die Datenverteilung der *gesammelten Abfallmengen* für die AM ist in Abbildung 18 dargestellt. Für die weiteren Berechnungen wurde für die *gesammelte Abfallmenge NRW* der Mittelwert ($703 \text{ kg}/(\text{km} \cdot \text{a})$) benutzt. Zusätzlich sind in Abbildung 18 auch die fünf AM eingezeichnet, deren Autobahnanteil unter 85 % liegt (blaue Balken). Zusammen

mit den anderen 20 AM betreuen sie eine Strecke von 1.909 km, was 86 % der Gesamtautobahnstrecke in NRW sind. Was der Grund für den sehr hohen Wert der AM mit der Nummer 25 (11.655 kg/(km*a)) ist, ist nicht bekannt.

Abbildung 18: Verteilung der gesammelten Abfallmengen für die 25 Autobahnmeistereien

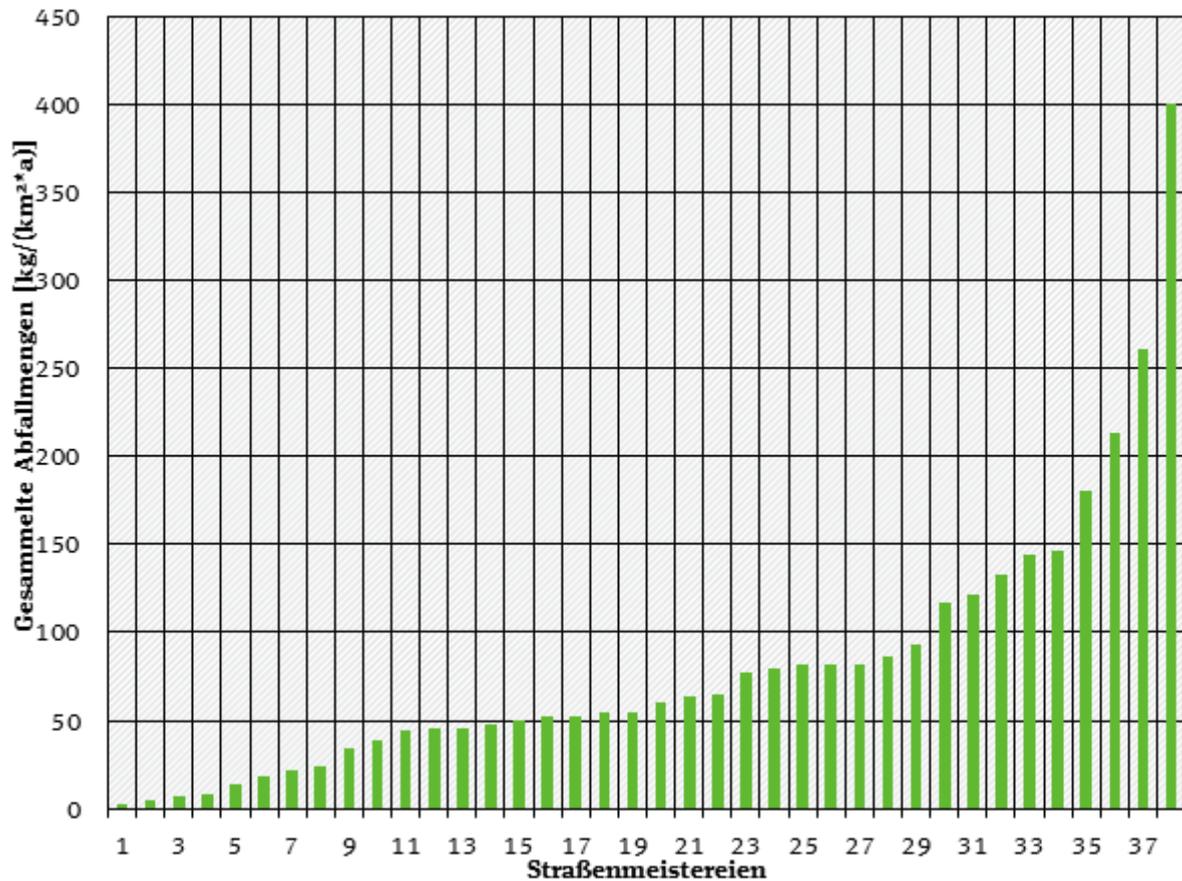


Quelle: Ökopol, berücksichtigt sind die 20 Autobahnmeistereien (AM; blaue Balken), die 2011 mehr als 0 t gesammelte Abfallmengen in den Daten von Straßen.NRW angaben und deren Anteil an Autobahnen an der jeweils betreuten Streckenlänge mehr als 85% betrug. Als blaue Balken sind der Vollständigkeit halber die gesammelten Abfallmengen der fünf AM dargestellt, bei denen der Autobahnanteil an der gesamten zu betreuenden Strecke weniger als 85 % ausmachten. Der Balken mit der Nummer 25 endet bei 11.655 kg/(km*a) und ist im Diagramm nicht vollständig dargestellt.

10.2.1.2 Bundes-, Landes- und Kreisstraßen von Straßen.NRW

Aufgrund der Bedingung, nur Daten von SM zu verwenden, die mehr als 0 t *gesammelte Abfallmengen* verzeichneten, wurden Daten von 38 der 55 SM im Weiteren berücksichtigt. Die SM, deren Daten zugrunde gelegt wurden, betreuten zusammen 3.252 km Bundesstraßen (entspricht 73 % aller Bundesstraßen in NRW), 8.251 km Landesstraßen (entspricht 59 % aller Landesstraßen in NRW) und 947 km Kreisstraßen (entspricht 10 % aller Kreisstraßen in NRW). Die Berechnungen der *gesammelten Abfallmengen* für die SM erfolgte analog wie die der AM (s. Kapitel 10.2.1.1). Die Verteilung der *gesammelten Abfallmengen* sind für die SM in Abbildung 19 dargestellt. Der Mittelwert der von den SM *gesammelten Abfallmengen* beträgt 82 kg/(km*a).

Abbildung 19: Verteilung der gesammelten Abfallmengen für die 38 Straßenmeistereien



Quelle: Ökopool, es sind nur solche Straßenmeistereien berücksichtigt, die 2011 mehr als 0 t gesammelten Abfallmengen in den Daten von Straßen.NRW angaben.

Die durchschnittlich *gesammelte Abfallmenge* (82 kg/(km*a)) ist zusammengefasst für Bundes-, Landes- und Kreisstraßen, da die SM von Straßen.NRW ihre Angaben nicht in die genannten Straßenkategorien unterteilten.

10.2.1.3 Bundes-, Landes- und Kreisstraßen von Nordrhein-Westfalen

Im Folgenden wird erläutert, wie ausgehend von der zusammengefassten *gesammelten Abfallmenge* (82 kg/(km*a)) der 38 SM und einer zusammengefassten durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke der Straßen der 38 SM (DTV_{BLK}), einzelne *gesammelte Abfallmengen* jeweils für Bundes-, Landes- und Kreisstraßen in NRW ermittelt werden. Es wird angenommen, dass die DTV und die *gesammelte Abfallmenge* sich proportional zueinander verhalten. Die Berechnung der DTV_{BLK} erfolgt mit folgender Formel:

$$DTV_{BLK} = DTV_B * \frac{L_B}{L_B + L_L + L_K} + DTV_L * \frac{L_L}{L_B + L_L + L_K} + DTV_K * \frac{L_K}{L_B + L_L + L_K}$$

DTV_{BLK} zusammengefasste DTV der Bundes-, Landes- und Kreisstraßen

DTV_B DTV der Bundesstraßen in NRW (10.528 Kfz/24h, s. Tabelle 57)

DTV_L DTV der Landesstraßen in NRW (5.347 Kfz/24h, s. Tabelle 57)

DTV_K DTV der Kreisstraßen in NRW (2.394 Kfz/24 h, s. Tabelle 57)

L_B Streckenlänge der Bundesstraßen der 38 SM von Straßen.NRW (3.252 km)

L_L Streckenlänge der Landesstraßen der 38 SM von Straßen.NRW (8.251 km)

L_K Streckenlänge der Kreisstraßen der 38 SM von Straßen.NRW (947 km)

Tabelle 57: Streckenlänge der von den 38 berücksichtigten Straßenmeistereien betreuten Straßen

Begriff	Verwendete Daten von Straßen.NRW	Nordrhein-Westfalen gesamt
Streckenlänge Autobahn (km)	1.596	2.223 (2017) (Destatis 2017a)
Streckenlänge Bundesstraße (km)	3.252	4.452 (2017) (Destatis 2017a)
Streckenlänge Landesstraße (km)	8.251	13.085 (2017) (Destatis 2017a)
Streckenlänge Kreisstraße (km)	947	9.776 (2017) (Destatis 2017a)
DTV Autobahn (Kfz/24h)	-	61.377 (2015) (BASt 2017)
DTV Bundesstraße (Kfz/24h)	-	10.542 (2010) (BASt 2013)
DTV Landesstraße (Kfz/24h)	-	5.347 (2010) (BASt 2013)
DTV Kreisstraße (Kfz/24h)	-	2.394 (2010) (BASt 2013)
DTV BLK (Kfz/24h)	6.479	-

Zusätzlich sind die Streckenlängen und durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) der Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen für Nordrhein-Westfalen aufgeführt. In den Klammern hinter den jeweiligen Daten ist das Jahr angegeben, auf das sich die Daten beziehen. Die DTV_{BLK} ist eine berechnete DTV der Bundes-, Landes- und Kreisstraßen der 38 Straßenmeistereien, deren Straßen berücksichtigt wurden.

Die DTV_{BLK} auf den Straßen, für die gemäß Straßen.NRW Daten vorlagen, beträgt demnach 6.479 Kfz/24 h. Die *gesammelte Abfallmenge* jeweils für Bundes-, Landes- und Kreisstraßen in NRW insgesamt kann nun mit folgender Formel berechnet werden. Grundlage für die Berechnung der *gesammelten Abfallmenge* jeweils für Bundes-, Landes- und Kreisstraßen in ganz NRW ist die Annahme, dass die DTV der jeweiligen Straßenkategorie in NRW gleich der DTV für die jeweilige Straßenkategorie der 38 SM von Straßen.NRW ist.

$$GA_x = GA_{BLK} * \frac{DTV_x}{DTV_{BLK,NRW}}$$

GA_x gesammelte Abfallmenge der Bundes-, Landes- oder Kreisstraßen in NRW [kg/km*a]

GA_{BLK} gesammelte Abfallmenge der Bundes-, Landes- und Kreisstraßen, berechnet aufgrund der Daten der 38 SM von Straßen.NRW (82 kg/(km*a))

DTV_x Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke der Bundes-, Landes- oder Kreisstraßen in NRW (s. Tabelle 57) [Kfz/24h]

$DTV_{BLK,NRW}$ zusammengefasste DTV der Bundes-, Landes- und Kreisstraßen der 38 SM von Straßen.NRW (berechnet mit oben genannter Formel aus Kapitel 10.2.1.3) [Kfz/24h]

So ergeben sich für Bundes-, Landes- und Kreisstraßen in Nordrhein-Westfalen *gesammelte Abfallmengen* von 195 kg/(km*a), 99 kg/(km*a) und 44 kg/(km*a).

10.2.2 Bestimmung der gesammelten Abfallmenge in Deutschland

Die *gesammelte Abfallmenge* des Bundesgebietes wurde bestimmt, indem die *gesammelte Abfallmenge* von NRW mit dem jeweiligen Verhältnis zwischen der DTV des Bundesgebietes (s. Tabelle 58) und der DTV von Nordrhein-Westfalen (s. Tabelle 57) multipliziert wurde.

Tabelle 58: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) von Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen in Deutschland und deren Verhältnis zu der jeweiligen DTV in Nordrhein-Westfalen (DTV NRW)

Straßenkategorie	DTV Bundesgebiet [Kfz/24h]	DTV NRW [Kfz/24h]	Verhältnis DTV Bundesgebiet zu DTV NRW
Autobahn	50.149 (2015) (BASt 2017)	61.377 (2015) (BASt 2017)	82 %
Bundesstraße	9.323 (2010) (BASt 2013)	10.542 (2010) (BASt 2013)	89 %
Landesstraße	4.000 (Eigene Schätzung)	5.347 (2010) (BASt 2013)	75 %
Kreisstraße	2.500 (Eigene Schätzung)	2.394 (2010) (BASt 2013)	104 %

In den Klammern hinter den jeweiligen Daten sind die Jahre angegeben, auf welches sich die Daten beziehen.

Für Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen ergeben sich daraus Verhältnisse zwischen der DTV des Bundesgebietes und der DTV von NRW von 82%, 89%, 75% und 104% (s. Tabelle 58).

Es gibt keine Daten über die DTV der Landes- und Kreisstraßen für das gesamte Bundesgebiet, weswegen diese abgeschätzt wurden. Grundlage dieser Abschätzung waren die DTV der in Tabelle 59 aufgelisteten Bundesländer.

Tabelle 59: DTV der Landes- und Kreisstraßen ausgewählter Bundesländer

Bundesland	DTV Landesstraßen (Kfz/24h)	DTV Kreisstraßen (Kfz/24h)
Baden-Württemberg	5255 (2015) (RPT, 2016)	2655 (2015) (RPT, 2016)
Bayern	3850 (2010) (BASt, 2013)	1787 (2010) (BASt, 2013)
Hessen	3208 (2010) (BASt, 2013)	-
Mecklenburg-Vorpommern	2627 (2010) (BASt, 2013)	-
Nordrhein-Westfalen	5347 (2010) (BASt, 2013)	2394 (2010) (BASt, 2013)
Saarland	5298 (2010) (BASt, 2013)	3529 (2010) (BASt, 2013)
Sachsen	3112 (2010) (BASt, 2013)	-
Sachsen-Anhalt	2462 (2010) (BASt, 2013)	-
Bundesgebiet	4000 (Eigene Schätzung)	2500 (Eigene Schätzung)

In den Klammern hinter den jeweiligen Daten sind die Jahre angegeben, auf welches sich die Daten beziehen. Alle Daten beziehen sich auf das Jahr 2010, bis auf die von Baden-Württemberg, die sich auf das Jahr 2015 beziehen.

Durch Multiplikation der jeweiligen *gesammelten Abfallmenge* von NRW (s. Kapitel 10.2.1.3) mit den jeweiligen Verhältnissen zwischen der DTV des Bundesgebietes und der DTV von NRW (s. Tabelle 58) ergeben sich für Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen im Bundesgebiet *gesammelte Abfallmengen* von 574 kg/(km*a), 173 kg/(km*a), 74 kg/(km*a) und 46 kg/(km*a).

10.2.3 Bestimmung des Kunststoffanteils des Abfalleintrags, des Litteranteils des Kunststoffabfalls und der Schlupfquote

Der Schlupfquotenbasiswert der Straßenränder wurde auf 15 Gew.-% und die Spannweite auf 5-25 Gew.-% geschätzt (s. Kapitel 4.2.2). Die Schätzung des *Kunststoffanteils des Abfalleintrags* (s. Abbildung 6) erfolgte auf Grundlage der Ergebnisse von Beyer und Winter (2016). Beyer und Winter (2016) analysierten *gesammelte Abfallmengen* von luxemburgischen Straßenrändern. Eine vergleichbare Analyse für Straßen in Deutschland liegt nicht vor. Daher werden die Analysen aus Luxemburg hier auf die Straßen in Deutschland übertragen.

Die Analyse von Beyer und Winter (2016) umfasste insgesamt 307 kg Abfall, der von Straßenrändern mit einer Gesamtlänge von 50,2 km stammte. 42,7 km der 50,2 km gehörten zu vier Nationalstraßen (Routes nationales) und die restlichen 7,8 km gehörten zu einer Nebenstraße (Chemins repris). Die *gesammelte Abfallmenge* von 6 kg/km ist im Vergleich zu den *gesammelten Abfallmengen* in Deutschland (Bundesstraßen: 93 kg/(km*a), Landesstraßen: 47 kg/(km*a), Kreisstraßen: 21 kg/(km*a)) augenscheinlich so gering, weil sie sich nicht auf das gesamte Jahr bezieht. Beyer und Winter (2016) geben dazu an, dass das Reinigungsintervall der Stichprobenstrecken teilweise lediglich 7 Tage beträgt. Der Kunststoffanteil der untersuchten Straßenabfälle betrug 22 Gew.-%. Unter der Annahme, dass der Kunststoffanteil des von Beyer und Winter (2016) untersuchten gesammelten Abfalls gleich dem *Kunststoffanteil des Abfalleintrags* in Deutschland ist, wurde dieser Wert für den *Kunststoffanteil des Abfalleintrags* übernommen.

In den weiteren Untersuchungen von Beyer und Winter (2016) wurde ebenfalls der Verpackungsanteil des Straßenrandabfalls analysiert, welcher 54 bis 66 Gew.-% beträgt. Es wird angenommen, dass die Verpackungen ausschließlich gelittert wurden. Illegale Abfallablagerungen, wie z.B. Sperrmüll wurden in Beyer und Winter (2016) nicht erwähnt. Auf Basis des analysierten Verpackungsanteils von Beyer und Winter (2016) wird für alle Straßen ein *Litteranteil des Kunststoffabfalls* von 60% angenommen.

10.2.4 Bestimmung des verbleibenden Kunststofflitters

Nachfolgend wird die Berechnung des *verbleibenden Kunststofflitters* jeweils für Autobahnen, Bundes-, Landes-, Kreisstraßen und sonstige Straßen erläutert (s. Abbildung 6, untere Formel).

10.2.4.1 Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen

Der *Abfalleintrag* im Bundesgebiet wurde mittels der *gesammelten Abfallmenge* im Bundesgebiet, der *Schlupfquote* und der jeweiligen Streckenlänge berechnet (s. Tabelle 60). Aufbauend darauf konnte der in der Umwelt *verbleibende Kunststofflitter* berechnet werden, indem der *Abfalleintrag* mit dem *Kunststoffanteil des Abfalleintrags*, dem *Litteranteil des Kunststoffabfalls* und der *Schlupfquote* multipliziert wurde (s. Tabelle 60). Die Mengen des *verbleibenden Kunststofflitters* der einzelnen Straßenkategorien sind ebenfalls in Tabelle 60 aufgelistet (Autobahnen: 174 t/a (52-328 t/a); Bundesstraßen: 153 t/a (46-290 t/a); Landesstraßen: 150 t/a (45-284 t/a); Kreisstraßen: 99 t/a (30-187 t/a)).

10.2.4.2 Sonstige Straßen

Im Weiteren folgt die Betrachtung der sonstigen Straßen im Bundesgebiet (z.B. Gemeindestraßen und Privatstraßen), die das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) auf 600.000 km schätzt (BMVI 2016). Die *gesammelte Abfallmenge* an den sonstigen Straßen wird geringer als an den Kreisstraßen angenommen und auf 15 kg/(km*a) geschätzt. Die Schlupfquote wird wie schon bei den anderen Straßenkategorien auf einem Basiswert von 15 Gew.-% und einer Spannweite von 5-25 Gew.-% geschätzt. Daraus ergibt sich ein *Abfalleintrag* von 10.588 t/a (9.474-12.000 t/a). Unter Zuhilfenahme der unteren Formel in Abbildung 6 ergibt sich nun ein *verbleibender Kunststofflitter* an sonstigen Straßen von 210 t/a (Spannweite: 63-396 t/a) (s. Tabelle 60).

10.2.4.3 Gesamtbetrachtung

Übersichtshalber sind in Tabelle 60 die wesentlichen Rechengrößen und Ergebnisse bzgl. der Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters* aufgelistet, der an Straßenrändern gelittert wird. Auf Grundlage der Mengen der einzelnen Straßenkategorien ergeben sich insgesamt 786 t/a (Spannbreite: 234-1.485 t/a) Kunststoffe, die an deutschen Straßen gelittert, zum Teil verweht und/oder nicht durch Reinigungsmaßnahmen erfasst werden und somit in der Umwelt verbleiben.

Tabelle 60: Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Kunststofflittereintrag und –verbleib pro Jahr an Straßenrändern in Deutschland

Nr.	Rechengröße	Berechnung	AB	BS	LS	KS	sS	Gesamtsumme
[1]	Gesammelte Abfallmenge NRW [kg/(km*a)]		703	195	99	44	-	-
[2]	Verhältnis DTV NRW zu DTV Bundesgebiet		82%	89%	75%	104%	-	-
[3]	Gesammelte Abfallmenge Deutschland [kg/(km*a)]	= [1] * [2]	574	173	74	46	15	-
[4]	Schlupfquote Basiswert [Gew.-%]		15%	15%	15%	15%	15%	-
[5]	Schlupfquote Spannbreite [Gew.-%]		5-25%	5-25%	5-25%	5-25%	5-25%	-
[6]	Streckenlänge [km]		12.99 6	38.06 9	86.97 0	91.93 9	600.0 00	-
[7]	Abfalleintrag Bundesgebiet Basiswert [t/a]	= [3] / (1 – [4]) * [6]	8.776	7.749	7.581	5.009	10.58 8	-
[8]	Abfalleintrag Bundesgebiet Spannbreite [t/a]	= [3] / (1 – [5]) * [6]	7.852- 9.946	6.933- 8.782	6.783- 8.592	4.482- 5.677	9.474- 12.00 0	-
[9]	Kunststoffanteil des Abfalleintrags [Gew.-%]		22%	22%	22%	22%	22%	-
[10]	Litteranteil des Kunststoffabfalls [Gew.-%]		60%	60%	60%	60%	60%	-
[11]	Verbleibender Kunststofflitter Basiswert [t/a]	= [7] * [4] * [9] * [10]	174	153	150	99	210	786
[12]	Verbleibender Kunststofflitter Spannbreite [t/a]	= [8] * [5] * [9] * [10]	52- 328	46- 290	45- 284	30- 187	63- 396	234- 1.485

Die verwendeten Abkürzungen stehen für folgende Straßenkategorien: AB – Autobahn, BS – Bundesstraßen, LS – Landesstraßen, KS – Kreisstraßen, sS – sonstige Straßen. Nach dieser Abschätzung beträgt das Gewicht des verbleibenden Kunststofflitters entlang der Straßenränder 786 t/a (234-1.485 t/a). Die Angaben der Streckenlänge der AB, BS, LS und KS stammen aus Destatis (2017a). Die Angabe der Streckenlänge der sS stammen aus BMVI (2016).

10.3 Kunststofflitterverbleib: Rastanlagen

Aufbauend auf den zusammengefassten Ausführungen in Kapitel 4.5 wird in diesem Kapitel die Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters*, eingetragen durch das Littering auf Rastanlagen, detailliert erläutert.

Zunächst erfolgt aufbauend auf den Daten von Straßen.NRW die Ermittlung der *Papierkorbabfallmenge* für die vier Rastanlagenkategorien in NRW. Eine Hochrechnung auf das Bundesgebiet erfolgte danach mit der jeweiligen Rastanlagenanzahl der Kategorie im Bundesgebiet und dem Verhältnis zwischen der DTV im Bundesgebiet und der DTV in NRW. Mittels der *Literrrate*, deren Schätzung in Kapitel 10.3.3 erläutert wird, konnte damit der *Abfalleintrag* berechnet werden (s. Abbildung 7). Der *verbleibende Kunststofflitter* wurde anschließend durch Multiplikation mit den Faktoren *Kunststoffanteil des Abfalleintrags*, *Litteranteil des Kunststoffabfalls* und der *Schlupfquote* berechnet (s. Abbildung 7).

10.3.1 Bestimmung der Papierkorbabfallmenge für Nordrhein-Westfalen

Die Rohdaten für die Abschätzung wurden von Straßen.NRW zur Verfügung gestellt. Für das Jahr 2017 gibt es in NRW demnach 100 bewirtschaftete Rastanlagen (80 an Autobahnen, vier an Bundesstraßen, 15 an Landesstraßen und eine an Kreisstraßen) und 264 unbewirtschaftete Rastanlagen (215 an Autobahnen, 17 an Bundesstraßen, 31 an Landesstraßen und eine an Kreisstraßen). Nachfolgend wurden sowohl die 20 bewirtschafteten als auch die 49 unbewirtschafteten Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen zusammengefasst (s. Tabelle 61, Tabelle 58, Tabelle 62). Da ebenfalls Daten über die von den einzelnen AM und SM abgeholten Rastanlagenabfällen von 2011 vorlagen, konnte mit der jeweiligen Papierkorbanzahl und der Entleerungshäufigkeit das Leerungsgewicht berechnet werden (Mittelwert: 15,56 kg; Median: 15,60 kg). In den anschließenden Berechnungen wurde das mittlere Leerungsgewicht verwendet (gerundeter Wert in Tabelle 61, Tabelle 58, Tabelle 62). Die in NRW abgeholte *Papierkorbabfallmenge pro Jahr* ist das Produkt der Faktoren *Anzahl der jeweiligen Rastanlagen* (bewirtschaftet oder unbewirtschaftet), *durchschnittliche Anzahl der Leerungen pro Rastanlagen und Jahr* und *durchschnittliches Leerungsgewicht*. Für bewirtschaftete und unbewirtschaftete Rastanlagen an Autobahnen in NRW ergeben sich darauf aufbauend *Papierkorbabfallmengen pro Jahr* von 3.992 t und 4.557 t (s. Tabelle 61, Tabelle 58, Tabelle 62). Für die anderen Straßenkategorien sind es für bewirtschaftete Rastanlagen 33 t und für unbewirtschaftete Rastanlagen 92 t (s. Tabelle 61, Tabelle 58, Tabelle 62).

Tabelle 61: Anzahl der bewirtschafteten Rastanlagen in Nordrhein-Westfalen, durchschnittliches Leerungsgewicht, Anzahl der Leerungen pro Rastanlage und die Papierkorbabfallmenge pro Jahr einerseits für Autobahnen und andererseits für Bundes-, Landes- und Kreisstraßen

Nr.	Rechengröße	Berechnung	Autobahnen	Bundes-, Landes- und Kreisstraßen
[1]	Anzahl der bewirtschafteten Rastanlagen		80	20
[2]	Durchschnittliche Papierkorbanzahl pro bewirtschafteter Rastanlage		31	2
[3]	Durchschnittliche Anzahl der Leerungen pro bewirtschafteter Rastanlage und Jahr		3.207	107
[4]	Durchschnittliches Leerungsgewicht [kg]		16	16
[5]	Papierkorbabfallmenge pro Jahr [t]	= [1] * [3] * [4]	3.992	33

Alle Werte sind auf die Einerstelle gerundet. Die „durchschnittliche Anzahl der Leerungen pro bewirtschafteter Rastanlage und Jahr“ an Autobahnen sind um mehr als das Zwölfwache höher als bei Bundes-, Landes- und Kreisstraßen, weil die „Anzahl der bewirtschafteten Rastanlagen“ und die „durchschnittliche Papierkorbanzahl pro bewirtschafteter Rastanlage“ an Autobahnen höher sind. Die Papierkörbe auf Rastanlagen an Autobahnen werden nicht häufiger pro Jahr entleert als die der Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen. Im Vergleich der einzelnen Straßenkategorien ist die Entleerungshäufigkeit ähnlich und schwankt zwischen ein- bis zweimal pro Woche. Die „Papierkorbabfallmenge pro Jahr“ ist das Produkt aus „Anzahl der bewirtschafteten Rastanlagen“, „durchschnittlicher Anzahl der Leerungen pro bewirtschafteter Rastanlage und Jahr“ und „durchschnittlichem Leerungsgewicht“.

Tabelle 62: Anzahl der unbewirtschafteten Rastanlagen in Nordrhein-Westfalen, durchschnittliches Leerungsgewicht, Anzahl der Leerungen pro Rastanlage und die Papierkorbabfallmenge pro Jahr einerseits für Autobahnen und andererseits für Bundes-, Landes- und Kreisstraßen

Nr.	Rechengröße	Berechnung	Autobahnen	Bundes-, Landes- und Kreisstraßen
[1]	Anzahl der unbewirtschafteten Rastanlage		215	49
[2]	Durchschnittliche Papierkorbanzahl pro unbewirtschafteter Rastanlage		13	2
[3]	Durchschnittliche Anzahl der Leerungen pro unbewirtschafteter Rastanlage und Jahr		1.362	119
[4]	Durchschnittliches Leerungsgewicht [kg]		16	16
[5]	Papierkorbabfallmenge pro Jahr [t]	= [1] * [3] * [4]	4.557	92

Alle Werte sind auf die Einerstelle gerundet. Die „durchschnittliche Anzahl der Leerungen pro unbewirtschafteter Rastanlage und Jahr“ an Autobahnen sind um mehr als das elffache höher als bei Bundes-, Landes- und Kreisstraßen, weil die „Anzahl der unbewirtschafteten Rastanlagen“ und die „durchschnittliche Papierkorbanzahl pro unbewirtschafteter Rastanlage“ an Autobahnen höher sind. Die „Papierkorbabfallmenge pro Jahr“ ist das Produkt aus „Anzahl der unbewirtschafteten Rastanlagen“, „durchschnittlicher Anzahl der Leerungen pro unbewirtschafteter Rastanlage und Jahr“ und „durchschnittlichem Leerungsgewicht“.

10.3.2 Bestimmung der Papierkorbabfallmenge in Deutschland

In diesem Kapitel wird ausgehend von der *Papierkorbabfallmenge pro Jahr* in NRW die Hochrechnung auf das gesamte Bundesgebiet erläutert. In Deutschland gab es Ende 2014 434 bewirtschaftete und etwa 1.500 unbewirtschaftete Rastanlagen an Autobahnen (BMVI 2016b). Laut BMVI richten sich die Größe einer Rastanlage und damit auch die Papierkorbanzahl hauptsächlich nach der Verkehrsstärke und der Lage im Autobahnnetz. Die Lage im Autobahnnetz wurde bei der Hochrechnung vernachlässigt, währenddessen die Verkehrsstärke mit der Rechengröße DTV in die Hochrechnung miteinbezogen wurde. Dabei ist davon auszugehen, dass je größer die DTV ist, desto größer ist ebenfalls die Rastanlage.

Die *Papierkorbabfallmengen pro Jahr* im Bundesgebiet wurden jeweils mit folgender Formel berechnet:

$$PAM_{\text{Bund}} = PAM_{\text{NRW}} * \frac{N_{\text{Bund}}}{N_{\text{NRW}}} * \frac{DTV_{\text{Bund}}}{DTV_{\text{NRW}}}$$

PAM_{Bund}	Papierkorbabfallmenge pro Jahr im Bundesgebiet
PAM_{NRW}	Papierkorbabfallmenge pro Jahr in NRW
N_{Bund}	Anzahl der Rastanlagen im Bundesgebiet
N_{NRW}	Anzahl der Rastanlagen in NRW
DTV_{Bund}	DTV der jeweiligen Straßenkategorie im Bundesgebiet
DTV_{NRW}	DTV der jeweiligen Straßenkategorie in NRW

Die für die Berechnung notwendigen Daten sind für bewirtschaftete Rastanlagen Tabelle 64 und für unbewirtschaftete Rastanlagen in Tabelle 65 aufgelistet. Da die Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen zusammengefasst wurden, wurde für das weitere Vorgehen ebenfalls die DTV der Bundes-, Landes- und Kreisstraßen zusammengefasst. Die zusammengefasste DTV für die Bundes-, Landes- und Kreisstraßen wurde wie schon in Kapitel 10.2.1.3 mit folgender Formel berechnet:

$$DTV_{\text{BLK}} = DTV_{\text{B}} * \frac{L_{\text{B}}}{L_{\text{B}} + L_{\text{L}} + L_{\text{K}}} + DTV_{\text{L}} * \frac{L_{\text{L}}}{L_{\text{B}} + L_{\text{L}} + L_{\text{K}}} + DTV_{\text{K}} * \frac{L_{\text{K}}}{L_{\text{B}} + L_{\text{L}} + L_{\text{K}}}$$

DTV_{BLK}	zusammengefasste DTV der Bundes-, Landes- und Kreisstraßen
DTV_{B}	DTV der Bundesstraßen
DTV_{L}	DTV der Landesstraßen
DTV_{K}	DTV der Kreisstraßen
L_{B}	Streckenlänge der Bundesstraßen
L_{L}	Streckenlänge der Landesstraßen
L_{K}	Streckenlänge der Kreisstraßen

Die Daten dafür sind der Tabelle 63 zu entnehmen.

Tabelle 63: DTV der Autobahnen und der Bundes-, Landes- und Kreisstraßen in NRW und im Bundesgebiet

Rechengröße	Nordrhein-Westfalen	Bundesgebiet
Autobahnlänge [km]	2.223 (2017) (Destatis 2017a)	12.996 (2017) (Destatis 2017a)
Bundesstraßenlänge [km]	4.452 (2017) (Destatis 2017a)	38.069 (2017) (Destatis 2017a)
Landesstraßenlänge [km]	13.085 (2017) (Destatis 2017a)	86.970 (2017) (Destatis 2017a)

Rechengröße	Nordrhein-Westfalen	Bundesgebiet
Kreisstraßenlänge [km]	9.776 (2017) (Destatis 2017a)	91.939 (2017) (Destatis 2017a)
DTV der Autobahnen [Kfz/24 h]	61.377 (2015) (BASt 2017)	50.149 (2015) (BASt 2017)
DTV der Bundesstraßen [Kfz/24 h]	10.542 (2010) (BASt 2013)	9.323 (2010) (BASt 2013)
DTV der Landesstraßen [Kfz/24 h]	5.347 (2010) (BASt 2013)	4.000 (eigene Schätzung)
DTV der Kreisstraßen [Kfz/24 h]	2.394 (2010) (BASt 2013)	2.500 (eigene Schätzung)
Zusammengefasste DTV auf Bundes-, Landes- und Kreisstraßen [Kfz/24 h]	5.137 (berechneter Wert)	4.304 (berechneter Wert)

In den Klammern hinter den jeweiligen Daten sind die Jahre angegeben, auf welches sich die Daten beziehen. Die DTV der Landes- und Kreisstraßen im Bundesgebiet wurden auf Grundlage der Daten aus Tabelle 59 geschätzt.

Daten bezüglich der Anzahl der bewirtschafteten und unbewirtschafteten Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen waren nicht gegeben und wurden deshalb mit folgender Formel berechnet:

$$N_{Bund} = N_{NRW} * \frac{L_{Bund}}{L_{NRW}}$$

L_{Bund} Streckenlänge der Bundes-, Landes- und Kreisstraßen im Bundesgebiet

L_{NRW} Streckenlänge der Bundes-, Landes- und Kreisstraßen in NRW

Tabelle 64: Anzahl der bewirtschafteten Rastanlagen und deren Papierkorbabfallmengen an Autobahnen und an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen für Nordrhein-Westfalen und für das Bundesgebiet

Rechengröße	Nordrhein-Westfalen	Bundesgebiet
Anzahl der bewirtschafteten Rastanlagen an Autobahnen	80 (2017) (Straßen.NRW 2017)	434 (2014) (BMVI 2016b)
Papierkorbabfallmenge der bewirtschafteten Rastanlagen an Autobahnen [t]	3.992 (berechneter Wert)	17.697 (berechneter Wert)
Anzahl der bewirtschafteten Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen	20 (2017) (Straßen.NRW 2017)	159 (berechneter Wert)
Papierkorbabfallmenge der bewirtschafteten Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen [t]	33 (berechneter Wert)	221 (berechneter Wert)

In den Klammern hinter den jeweiligen Daten sind die Jahre angegeben, auf welche sich die Daten beziehen.

Tabelle 65: Anzahl der unbewirtschafteten Rastanlagen und deren Papierkorbabfallmengen an Autobahnen und an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen für Nordrhein-Westfalen und für das Bundesgebiet

Rechengröße	Nordrhein-Westfalen	Bundesgebiet
Anzahl der unbewirtschafteten Rastanlagen an Autobahnen	215 (2014) (BMVI, 2016b)	1111.500 (2014) (BMVI, 2016b)
Papierkorbabfallmenge der unbewirtschafteten Rastanlagen an Autobahnen [t]	4.557 (berechneter Wert)	25.974 (berechneter Wert)
Anzahl der unbewirtschafteten Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen	49 (berechneter Wert)	389 (berechneter Wert)
Papierkorbabfallmenge der unbewirtschafteten Rastanlagen an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen [t]	92 (berechneter Wert)	608 (berechneter Wert)

In den Klammern hinter den jeweiligen Daten sind die Jahre angegeben, auf welches sich die Daten beziehen.

Demnach beträgt die Papierkorbabfallmenge von bewirtschafteten Rastanlagen an Autobahnen im Bundesgebiet 17.697 t/a und an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen 221 t/a. Die Papierkorbabfallmenge von unbewirtschafteten Rastanlagen an Autobahnen im Bundesgebiet beträgt 25.974 t/a und an Bundes-, Landes- und Kreisstraßen 608 t/a. Insgesamt werden demnach auf deutschen Rastanlagen 44.500 t/a Abfälle ordnungsgemäß in Papierkörben entsorgt.

10.3.3 Bestimmung der Litterrate

Die *Litterrate* wurde auf 5 Gew.-% geschätzt. Das bedeutet, dass 95 Gew.-% des anfallenden Abfalls in den Papierkörben landete (*Papierkorbabfallmenge pro Jahr*), 5 Gew.-% jedoch nicht. Grundlage für diese Einschätzung geben zum einen Breitbarth und Urban (2014), die im Kasseler Stadtgebiet feststellten, dass 12 Stk.-% des anfallenden Abfalls nicht im Papierkorb landeten. Heeb et al. (2005) haben zum anderen das Littering-Verhalten auf 16 stark frequentierten Plätzen in fünf Schweizer Städten untersucht und festgestellt, dass 30 Stk.-% des anfallenden Abfalls gelittert wurde, während 70 Stk.-% ordnungsgemäß entsorgt wurden. Die Prozentangabe der geschätzten *Litterrate* (5 Gew.-%) ist geringer als die der Untersuchungen von Breitbarth und Urban (2014) (12 Stk.-%) und von Heeb et al. (2005) (30 Stk.-%), weil anzunehmen ist, dass die gelitterten Abfälle kleiner sind als die Papierkorbabfälle. Unter Annahme einer gleichen Schüttdichte resultiert daraus auch ein geringerer gewichtsbezogener Anteil. Ein weiterer Grund für das geringere Verhältnis ist, dass das Personal, das die Papierkörbe in NRW leert, auch verpflichtet ist, Abfälle mit einzusammeln, die in einem mehreren Meter großen Radius um den Papierkorb herum liegen (Wilk 2017). Das heißt, dass Abfälle innerhalb des Radius zu der *Papierkorbabfallmenge pro Jahr* bzw. den 95 Gew.-% gezählt werden. Diese Abfälle wären in den genannten Untersuchungen als *Abfalleintrag* eingeordnet worden. Mit einer *Papierkorbabfallmenge pro Jahr* von 44.500 t und einer *Litterrate* von 5 Gew.-% ergibt sich eine *Abfalleintrag* von 2.342 t (s. Tabelle 66).

10.3.4 Bestimmung des Kunststoffanteils, Litteranteils und der Schlupfquote

Der *Kunststoffanteil des Abfalleintrags* wird auf 22 Gew.-% geschätzt. Es wird angenommen, dass dieser gleich dem Kunststoffanteil des Straßenrandabfalls ist. Gründe dafür sind, dass die Abfallverursacher gleich sind (Fahrer/in, Fahrzeuginsassen) und dass die Abfälle in beiden Fällen ähnlich sind, weil diese auf der Reise entstehen.

Der *Litteranteil des Kunststoffabfalls* beträgt 100%, weil die Berechnung des Abfalleintrags mit Variante 2 erfolgte (s. Kapitel 4.2.4). Der Schlupfquotenbasiswert der Rastanlagen wurde auf 3 Gew.-% und die Spannweite auf 1-5 Gew.-% geschätzt (s. Kapitel 4.2.2).

10.3.5 Bestimmung des verbleibenden Kunststofflitters

Die Menge des *verbleibenden Kunststofflitters* verursacht durch das Littering auf Rastanlagen ist das Produkt aus *Abfalleintrag*, *Kunststoffanteil des Abfalleintrags*, *Litteranteil des Kunststoffabfalls* und *Schlupfquote* (s. Abbildung 5 und Abbildung 7). Mit den Werten aus Kapitel 10.3.3 und 10.3.4 ergibt sich ein *verbleibender Kunststofflitter* von 52 t/a (26 – 77 t/a) (s. Tabelle 66).

Tabelle 66: Rechengrößen und Ergebnis der Abschätzung des verbleibenden Kunststofflitters verursacht durch das Littering auf deutschen Rastanlagen

Nr.	Rechengröße	Berechnung	Wert
[1]	Papierkorbabfallmenge [t/a]		44.500
[2]	Literrate [Gew.-%]		5 %
[3]	Abfalleintrag [t/a]	= [1] / (1 - [2]) * [2]	2.342
[4]	Schlupfquote Basiswert [Gew.-%]		10 %
[5]	Schlupfquote Spannweite [Gew.-%]		5-15 %
[6]	Kunststoffanteil des Abfalleintrags [Gew.-%]		22 %
[7]	Litteranteil des Kunststoffabfalls [Gew.-%]		100 %
[8]	Verbleibender Kunststofflitter Basiswert [t/a]	= [3] * [4] * [6] * [7]	52
[9]	Verbleibender Kunststofflitter Spannweite [t/a]	= [3] * [5] * [6] * [7]	26-77

10.4 Kunststofflitterverbleib: Parkanlagen

In diesem Kapitel wird aufbauend auf der Zusammenfassung in Kapitel 4.6 die Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters* detailliert erläutert, der durch das Littering in Parkanlagen verursacht wird.

Parkanlagen bzw. Parks (Nutzungsartenschlüssel: 421) werden in den Statistiken des Statistischen Bundesamtes als Unterkategorie der Grünanlagen (Nutzungsartenschlüssel: 420) geführt, welche als unbebaute Flächen definiert sind, die vorherrschend der Erholung dienen (Destatis 2016). Neben den Parks gibt es noch acht weitere Unterkategorien der Grünanlagen (422 Spielplatz, Bolzplatz; 423 Zoologischer Garten; 424 Wildgehege; 425 Botanischer Garten; 426 Kleingarten; 427 Wochenendplatz; 428 Garten; 429 Grünanlage, nicht weiter untergliedert). Diese sind neben den Friedhöfen (940; Unterkategorie der Flächen anderer Nutzung) in der Abschätzung nicht enthalten, da eine eher geringere Relevanz bzgl. des *verbleibenden Kunststofflitters* angenommen wird.

10.4.1 Kategorisierung der Parkanlagen

Die Kategorisierung der Parkanlagen ist in Kapitel 4.6.1 beschrieben und erfolgte in Anlehnung an die Systematik des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR 2017). Die Definitionen der einzelnen Stadttypen richtete sich nach der Einwohnerzahl (s. Tabelle 67). Die Kategorisierung der Grünanlagen, welche nötig war, um die Parkanlagenfläche zu ermitteln, erfolgte analog.

Tabelle 67: Stadttypen mit Definition nach Einwohnerzahl, Anzahl, Bodenfläche und Bevölkerung in Deutschland

Kategorie	Definition nach Einwohnerzahl	Anzahl	Bodenfläche, insg. [km ²]	Bevölkerung
Große Großstädte	>500.000	14	4.870	13.659.710
Kleine Großstädte	100.000-500.000	65	8.790	12.296.524
Große Mittelstädte	50.000-100.000	108	9.947	7.350.782
Kleine Mittelstädte	20.000-50.000	468	39.003	14.356.861

Quelle: Destatis (2016). Die Bodenfläche ist hierbei definiert als gesamte Fläche der Stadt.

10.4.2 Parkanlagenfläche in Deutschland

Parkanlagenflächen lagen dem Statistischen Bundesamt nicht vor, da die Daten in dieser Tiefe nicht bei allen statistischen Landesämtern erhoben werden. In diesem Kapitel wird erläutert, wie die Parkanlagenflächen der einzelnen Kategorien ermittelt wurden. Zunächst wurde für jede Kategorie die jeweilige Grünanlagenfläche berechnet. Anschließend wurde der Parkanteil an den Grünanlagen auf Datengrundlage einiger Bundesländer geschätzt und mit der jeweiligen Grünanlagenfläche multipliziert, um die jeweilige Parkanlagenfläche zu erhalten.

10.4.2.1 Grünanlagenfläche der einzelnen Kategorien

Daten über die Grünanlagenfläche aller deutschen Städte standen nicht zur Verfügung, jedoch konnten die Grünanlagenflächen der kreisfreien Städte (Destatis 2017b) ausgewertet werden. In Tabelle 68 sind die Anzahl, die Bodenfläche und die Grünanlagenfläche aller kreisfreien Städte je nach Stadttyp-Kategorie aufgelistet.

Tabelle 68: Anzahl und Bodenfläche der kreisfreien Städte in Deutschland eingeteilt nach den jeweiligen Stadttypen

Kategorie	Anzahl	Bodenfläche insg. [km ²]	Grünanlagen insg. [km ²]
Große Großstädte	14	4.870	359
Kleine Großstädte	56	7.883	342
Große Mittelstädte	25	2.569	83
Kleine Mittelstädte	15	1.011	18

Quelle: Destatis 2017b

Die kreisfreie Stadt mit der geringsten Einwohnerzahl ist Zweibrücken mit 34.260 Einwohnern (Destatis 2017b).

Da die Anzahl der kreisfreien großen Großstädte aus Tabelle 68 mit der Anzahl der großen Großstädte aus Tabelle 67 übereinstimmen, ist die Grünanlagenfläche aller großen Großstädte in Deutschland 359 km² groß. Um die Grünanlagenfläche der nicht kreisfreien kleinen Großstädte und großen Mittelstädte zu erhalten, wurden zunächst auf Grundlage der Daten aus Tabelle 68 für beide Stadttypen die durchschnittlichen Grünanlagenflächen berechnet (6,1 km² bzw. 3,3 km²). Für die Berechnung der Grünanlagenfläche der nicht kreisfreien kleinen Mittelstädte wurde anders vorgegangen. Die durchschnittliche Grünanlagenfläche der kreisfreien kleinen Mittelstädte ist 1,2 km² (Destatis 2017b), jedoch sind in dieser Berechnung fast keine Städte berücksichtigt worden, die eine Einwohnerzahl von weniger als 35.000 aufwiesen. Zweibrücken (34.260 Einwohner) ist die einzige von den 15 kleinen kreisfreien Mittelstädten, die unterhalb von 35.000 Einwohnern liegt. Es wird angenommen, dass

kleine Mittelstädte mit Einwohnerzahlen zwischen 20.000 und 35.000 ebenfalls kleinere Grünanlagenflächen aufweisen als kleine Mittelstädte mit Einwohnerzahlen zwischen 35.000 und 50.000. Deswegen wurde für die durchschnittliche Grünanlagenfläche der kleinen Mittelstädte die Hälfte des Mittelwertes angenommen ($0,6 \text{ km}^2$; s. Tabelle 69).

Tabelle 69: Durchschnittliche Grünanlagenfläche kreisfreier Städte und aller Städte in Deutschland eingeteilt nach den jeweiligen Stadttypen außer große Großstadt

Kategorie	Durchschnittliche Grünanlagenfläche der kreisfreien Städte [km^2]	Durchschnittliche Grünanlagenfläche aller Städte (Schätzung) [km^2]
Kleine Großstädte	6,1	6,1
Große Mittelstädte	3,3	3,3
Kleine Mittelstädte	1,2	0,6

Quelle für durchschnittliche Grünanlagenfläche: Destatis 2017b

Durch Multiplikation der Anzahl aller Städte des jeweiligen Stadttyps (s. Tabelle 67) und der jeweiligen Schätzung der durchschnittlichen Grünanlagenfläche aller Städte (s. Tabelle 68) ergibt sich die jeweilige Gesamtfläche der Grünanlagen (s. Tabelle 70). Vollständigkeitshalber sind in Tabelle 70 auch die Grünanlagenfläche der großen Großstädte und der sonstigen Grünanlagen gegeben. Die Flächenangabe der sonstigen Grünanlagen ist die Differenz aus der gesamten Grünanlagenfläche in Deutschland (2.915 km^2 - Destatis 2017b) und der Summe der Grünanlagenfläche der Groß- und Mittelstädte (1.296 km^2) (s. Tabelle 70).

Tabelle 70: Parkanlagenkategorie mit dazugehöriger Grünanlagenfläche

Kategorie	Grünanlagenfläche [km^2]
Große Großstädte	359
Kleine Großstädte	396
Große Mittelstädte	360
Kleine Mittelstädte	273
Sonstige	1.527

10.4.2.2 Parkanlagenfläche der einzelnen Kategorien

Die Berechnung der Parkanlagenfläche ausgehend von der Grünanlagenfläche wurde vorgenommen, indem zunächst der Parkanlagenanteil an der Grünanlagenfläche für die einzelnen Kategorien geschätzt wurde. Wöllper (2009) hat festgestellt, dass mit zunehmender Verstädterung der Grünanlagenanteil zunimmt. Dabei ist anzumerken, dass das in erster Linie für öffentlich zugängliche Grünanlagen gilt, wie z.B. Parkanlagen und nicht für öffentlich unzugängliche Grünanlagen, wie z.B. Kleingärten. Grundlegend wird deshalb für Städte angenommen, dass mit zunehmender Einwohnerzahl der Parkanlagenanteil an den Grünflächen ebenfalls zunimmt. Diese Annahme wird durch die Angaben in Tabelle 71 bestärkt. Trendmäßig nehmen die Parkanlagenanteile an Grünanlagenflächen der Bundesländer mit zunehmender Bevölkerungsdichte zu.

Um die Parkanlagenanteile an den Grünanlagenfläche zu bestimmen wurden alle 14 statistischen Landesämter (die Bundesländer Berlin und Brandenburg sowie Hamburg und Schleswig-Holstein arbeiten jeweils in einem Statistikamt zusammen) angefragt. Die Schätzungen der Parkanlagenanteile an den

Grünanlagenflächen wurden auf Grundlage der Daten von fünf Bundesländern vorgenommen, die verwertbare Daten überlieferten (s. Tabelle 71).

Tabelle 71: Absolute Grünanlagenfläche, absolute Parkanlagenfläche, Parkanlagenanteile an Grünanlagenfläche und Bevölkerungsdichte von fünf ausgewählten Bundesländern

Bundesland	Grünanlagenfläche [km ²]	Parkanlagenfläche [km ²]	Parkanlagenanteil an Grünanlagenfläche	Bevölkerungsdichte [Einwohner/km ²]
Bremen	29,3 (2015) (Destatis 2017b)	7,58 (2016) (Geo.Bremen 2017)	26%	1.599 (2015) (Destatis 2017c)
Mecklenburg-Vorpommern	299 (2015) (Destatis 2017b)	24,2 (2015) (Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern 2017b)	8,1%	69 (2015) (Destatis 2017c)
Nordrhein-Westfalen	491 (2015) (Destatis 2017b)	135 (2015) (IT.NRW 2017)	27%	524 (2015) (Destatis 2017c)
Rheinland-Pfalz	265 (2015) (Destatis 2017b)	36,3 (2015) (Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz 2017)	14%	204 (2015) (Destatis 2017c)
Thüringen	40,9 (2015) (Destatis 2017b)	5,22 (2016) (LVermGeo Thüringen, 2017)	13%	134 (2015) (Destatis 2017c)

Für den Parkanlagenanteil der großen Großstädte wurde sich nach den Angaben der Bundesländer Bremen und NRW gerichtet. Der Grund dafür ist, dass zum einen das Bundesland Bremen ausschließlich aus den beiden kreisfreien Städten Bremen (große Großstadt) und Bremerhaven (kleine Großstadt) besteht und zum anderen NRW insgesamt 37% aller Großstädte in Deutschland beinhaltet. Demnach ist eine hohe Verstädterung in beiden Bundesländern anzunehmen, die den großen Großstädten von allen Angaben in Tabelle 71 am nächsten kommt. Da aber die Angaben von Bremen und NRW in Tabelle 71 auch Städte und Regionen beinhaltet, die nicht zu großen Großstädten gehören, wurde der Parkanlagenanteil an den Grünanlagenflächen für Großstädte mit 30% etwas höher angesetzt (s. Tabelle 71). Der Parkanlagenanteil an der Grünanlagenfläche von MV kommt dem der Kategorie sonstige Parkanlage am nächsten, weil aufgrund der geringen Anzahl von kleinen Großstädten (Anzahl: 1; 1,5% aller kleinen Großstädte in Deutschland), großen Mittelstädten (Anzahl: 4; 3,7% aller großen Mittelstädte in Deutschland) und kleinen Mittelstädten (Anzahl: 4; 0,85% aller kleinen Mittelstädte in Deutschland) bezogen auf eine Fläche von 6,5% der Fläche Deutschlands eine sehr geringe Verstädterung angenommen wird (Destatis 2016). Der Parkanlagenanteil an den Grünanlagenflächen der Kategorie sonstige Parkanlage wurde mit 6% leicht unter dem Wert von MV (8,1%; s. Tabelle 71) angesetzt, da MV, wie beschrieben, einige Groß- und Mittelstädte beinhaltet (s. Tabelle 72). Ausgehend von den geschätzten Parkanlagenanteilen der Grünanlagenflächen der Kategorie große Großstadt (30%) und der Kategorie sonstige Parkanlage (6%), wurde angenommen, dass für jede Kategorie die Parkanlagenanteile an den Grünanlagenflächen jeweils um 6% zur nächsthöheren Kategorie abnehmen (s. Tabelle 72). Die Parkanlagenfläche in Tabelle 72 wurde berechnet, indem die geschätzten Parkanlagenanteile der Grünanlagenfläche (s. Tabelle 72) mit den Grünanlagenflächen (s. Tabelle 70) multipliziert wurden.

Tabelle 72: Parkanlagenkategorie mit geschätztem Parkanlagenanteil an Grünanlagenfläche und darauf aufbauend berechneter Parkanlagenfläche

Kategorie	Geschätzter Parkanlagenanteil an Grünanlagenfläche	Parkanlagenfläche [km ²]
Große Großstädte	30%	108
Kleine Großstädte	24%	95,1
Große Mittelstädte	18%	64,8
Kleine Mittelstädte	12%	32,8
Sonstige Grünanlagen	6%	91,6

10.4.3 Bestimmung der gesammelten Abfallmenge

Daten für die Bestimmung der *gesammelten Abfallmenge* lagen für die zwölf Pilotobjekte der BSR vor, weswegen diese zunächst berechnet wurden. Aufbauend darauf wurden die *gesammelten Abfallmengen* der einzelnen Parkanlagenkategorien geschätzt.

Im Rahmen der Abfrage der Grünflächenämter gab es 14 Rückmeldungen, wobei fünf Grünflächenämter, die alle zu den *großen Großstädten* gehörten (Einwohnerzahl: >500.000), Daten übermittelten. Diese fünf Datensätze unterschieden sich innerhalb der Dateneinheiten (Volumen- oder Gewichtangaben), beruhten teilweise auf Schätzungen und betrachteten unterschiedliche Abfallarten (ausschließlich *Papierkorbabfallmengen* oder *Papierkorbabfallmengen* und *gesammelte Abfallmengen* zusammen). Keine der fünf Datensätze beinhaltete Angaben, die sich ausschließlich auf die *gesammelte Abfallmenge* bezogen. Eine Vereinheitlichung der Datensätze hätte nur durchgeführt werden können, wenn Annahmen über die Literraten vorgenommen worden wären. Dies hätte aber eine höhere Unsicherheit der Ergebnisse bedeutet, ohnehin waren einzelne Angaben geschätzt. Deswegen wird sich im Folgenden auf die *gesammelten Abfallmengen* des Pilotprojektes Parkreinigung der BSR bezogen, welche Angaben über gewogene *gesammelte Abfallmengen* beinhaltete.

10.4.3.1 Bestimmung der gesammelten Abfallmenge des Pilotprojekts Parkreinigung

Die Berechnung der *gesammelten Abfallmenge* der einzelnen Parkanlagenkategorien basiert auf Daten des Pilotprojektes Parkreinigung der BSR. Hertner und Großmann (2017) berichteten über die einjährigen Erfahrungen des Pilotprojektes der BSR, die ab dem 01.06.2016 in zwölf Berliner Grünanlagen die Sammlung und Entsorgung aller in Kapitel 4.6.1 aufgezählten Parkabfälle außer Grünschnitt übernahm. Das Ziel dieses Pilotprojektes war es, die Grünflächenämter zu entlasten, welche in den zwölf Grünanlagen vor Pilotprojektbeginn für die Sammlung und Entsorgung aller Parkabfälle zuständig waren (Hertner und Großmann 2017).

In Tabelle 73 sind die gesammelten Abfallmengen (Handreinigerkehricht) für die einzelnen Pilotobjekte aufgelistet. Dabei handelt es sich ausschließlich um Abfälle, die von den Nutzern auf den Pilotobjektflächen hinterlassen und manuell durch die Mitarbeiter der BSR eingesammelt wurden. Der Zeitraum, in dem die Abfälle gesammelt wurden, betrug ein Jahr (01.06.2016 bis zum 31.05.2017). Die zwölf Pilotobjekte wurden bedarfsgerecht von einmal wöchentlich bis hin zu mehrmals am Tag gereinigt (BSR 2017). Mittels der Fläche (BSR 2017; s. Tabelle 73) und der Schüttdichte konnte die gewichtsbezogene gesammelte Abfallmenge pro Hektar ermittelt werden. Es wurde mit einer Schüttdichte von 83 kg/m³ gerechnet. Diese Schüttdichte resultierte aus einer Sortieranalyse von Dresdner Papierkorbabfällen, welche die INTECUS GmbH im August und September 2017 durchführte. Es wird angenommen, dass die Schüttdichte der untersuchten Papierkorbabfälle gleich der Schüttdichte der *gesammelten Abfallmenge* ist.

Tabelle 73: Flächen und gesammelte Abfallmengen der Pilotobjekte des Projektes Parkreinigung der Berliner Stadtreinigung (BSR 2017)

Pilotobjekte	Fläche [m ²]	Gesammelte Abfallmenge [m ³ /a]	Gesammelte Abfallmenge [t/(km ² *a)]
Bereich vor dem Berliner Fernsehturm	46.809	145	257
Görlitzer Park	116.719	434	309
Greenwichpromenade	50.452	190	312
Grünzug Britz zwischen Johannisthaler Chaussee und Lipschitzallee	49.398	93	156
Luisenhain mit Uferpromenade	15.820	42	222
Münsinger Park	48.463	124	212
Nelly-Sachs-Park	14.010	103	609
Park am Buschkrug	69.332	113	135
Park am Weißen See	123.797	451	302
Paul-Ernst-Park	165.031	216	108
Spreebogenpark	67.811	184	225
Stadtpark Lichtenberg	69.830	209	248

Die Daten über die *gesammelte Abfallmenge* [m³/ha] sind auf die Einerstellen gerundet. Die Daten über die *gesammelte Abfallmenge* [t/(km²*a)] sind auf die zweite Nachkommastellen gerundet.

Gründe für die unterschiedlichen *gesammelten Abfallmengen* [t/(km²*a)] der einzelnen Pilotobjekte sind unterschiedliche Nutzungs- und Flächenarten und auch unterschiedliche Lagen innerhalb der Stadt (Hertner und Großmann 2017). Diese Faktoren bedingen die Nutzerzahl und auch die individuelle Nutzungszeit. Je höher die Nutzerzahl und je länger die individuelle Nutzungszeit ist, desto höher ist wahrscheinlich die *gesammelte Abfallmenge*. Weiterhin kann ein unterschiedliches Umweltbewusstsein der Nutzer unterschiedliche *gesammelte Abfallmengen* zur Folge haben.

Die *gesammelte Abfallmenge* aus Parkanlagen in den einzelnen Parkanlagenkategorien, basierend auf den Daten der zwölf Pilotobjekte (Mittelwert: 258 t/(km²*a)), wird auf 250 t/(km²*a) geschätzt.

10.4.4 Bestimmung des Kunststoffanteils, Litteranteils und der Schlupfquote

Es wurde angenommen, dass der *Kunststoffanteil des Abfalleintrags* in Parkanlagen gleich dem der Papierkorbabfälle ist, welche die INTECUS GmbH für Dresdner Papierkorbabfälle im Jahr 2017 ermittelte. Die Analyse ergab einen Kunststoffanteil von 6,0 Gew.-%. Dabei wurde neben den reinen Kunststoffabfällen ein Fünftel der Verbundstoffe ebenfalls als Kunststoff betrachtet. Der Kunststoffanteil von 6,0 Gew.-% bezieht sich ausschließlich auf unterwegs entstandene Abfälle. Restabfälle, welche bspw. in privaten Haushalten entstanden und in öffentlichen Papierkörben entsorgt wurden, wurden bei diesem Wert nicht miteinbezogen. Da hinsichtlich des Pilotprojektes Parkreinigung Daten über *gesammelte Abfallmengen* gegeben waren, welche sich ausschließlich auf den gelitterten Abfall bezogen, ist in diesem Fall der *Litteranteil des Kunststoffabfalls* 100%. Sperrmüllmengen wurden innerhalb des Pilotprojektes extra bilanziert. Der Schlupfquotenbasiswert der Parkanlagen wurde auf 3 Gew.-% und die Spannweite auf 1-5 Gew.-% geschätzt (s. Kapitel 4.2.2).

10.4.5 Bestimmung des verbleibenden Kunststofflitters

Der *verbleibende Kunststofflitter* der einzelnen Kategorien wurde bestimmt, indem zunächst jeweils der *Abfalleintrag* mittels der geschätzten *gesammelten Abfallmenge*, der *Schlupfquote* (Basiswert: 3 Gew.-%; Spannweite: 1-5 Gew.-%) und der Parkanlagenfläche berechnet wurde (s. Tabelle 72). Durch Multiplikation des *Abfalleintrags* mit dem *Kunststoffanteil des Abfalleintrags* (6 Gew.-%), dem *Litteranteil des Kunststoffabfalls* (100 Gew.-%) und der *Schlupfquote* wurde jeweils der *verbleibende Kunststofflitter* berechnet. In Tabelle 74 sind die Mengen des *verbleibenden Kunststofflitters* für die einzelnen Kategorien aufgelistet. Insgesamt beträgt demnach der *verbleibende Kunststofflitter* ausgehend von gelitterten Abfällen auf Parkanlagen 182 t/a (59-309 t/a).

Tabelle 74: Rechengrößen und Ergebnis der Abschätzung des verbleibenden Kunststofflitters verursacht durch das Littering in deutschen Parkanlagen

Nr.	Rechengröße	Berechnung	gG	kG	gM	kM	sP	Gesamtsumme
[1]	Gesammelte Abfallmenge [t/(km ² *a)]		250	250	250	250	250	-
[2]	Schlupfquote Basiswert [Gew.-%]		3%	3%	3%	3%	3%	-
[3]	Schlupfquote Spannweite [Gew.-%]		1-5%	1-5%	1-5%	1-5%	1-5%	-
[4]	Parkanlagenfläche [km ²]		108	95,1	64,8	32,8	91,6	-
[5]	Abfalleintrag Basiswert [t/a]	= [1] / (1 - [2]) * [4]	27.725	24.521	16.706	8.443	23.609	-
[6]	Abfalleintrag Spannweite [Gew.-%]	= [1] / (1 - [3]) * [4]	27.165-28.309	24.026-25.038	16.369-17.058	8.273-8.621	23.132-24.106	-
[7]	Kunststoffanteil des Abfalleintrags [Gew.-%]		6%	6%	6%	6%	6%	-
[8]	Litteranteil des Kunststoffabfalls [Gew.-%]		100%	100%	100%	100%	100%	-
[9]	Verbleibender Kunststofflitter Basiswert [t/a]	= [5] * [2] * [7] * [8]	50	44	30	15	42	182
[10]	Verbleibender Kunststofflitter Spannweite [t/a]	= [6] * [3] * [7] * [8]	16-85	14-75	10-51	5,0-26	14-72	59-309

Die Abkürzungen in der ersten Zeile der Tabelle stehen für die einzelnen Parkanlagenkategorien: gG – große Großstädte; kG – kleine Großstädte; gM – große Mittelstädte; kM – kleine Mittelstädte; sP – sonstige Parkanlagen.

10.5 Kunststofflitterverbleib: Fußgängerzonen

Aufbauend auf der Zusammenfassung in Kapitel 4.7 wird in diesem Kapitel die Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters* detailliert erläutert, der durch das Littering in Fußgängerzonen verursacht wurde.

10.5.1 Ausführliche Informationen zur Charakterisierung des Abfalleintrags

Eine Studie des Programms für Mensch, Gesellschaft und Umwelt (TU) der Universität Basel („Basler Studie“) teilte gelitterte Abfälle, die auf 16 stark frequentierten Plätzen in fünf Schweizer Städten anfielen, in fünf Gruppen (Einweg-Getränke-Verpackungen, Take-away-Verpackungen, Zeitungen und Werbung, Tragetaschen, Diverses) (Heeb et al. 2004). Heeb et al. (2005) verglichen die Ergebnisse der Basler Studie mit den Untersuchungen von Ableidinger (2004) („Wiener Studie“), welche die gelitterten Abfälle auf 20 Plätzen in fünf europäischen Städten (Barcelona, Brüssel, Frankfurt, Prag, Wien) analysierten. In beiden Studien machte der Anteil von Verpackungen der „fliegenden Verpflegung“, also die Summe aus Take-away-Verpackungen und Einweg-Getränke-Verpackungen, am Gesamtanteil der Abfälle etwa 50 Stk.-% aus (s. Tabelle 75). Der Anteil der Zeitungen und Werbung der Basler Studie ist im Vergleich zur Wiener Studie viermal so groß, was auf hohe Werte der Städte Basel und Zürich zurückzuführen ist. In Basel wurden an einem der vier Untersuchungsorte kurz vor Beginn der Erhebung eine hohe Anzahl von Flyern verteilt, die von genügend Passanten nach Entgegennahme gelittert wurden, wodurch der Basler Mittelwert der Kategorie Zeitung und Werbung im Vergleich zu den anderen Städten sehr hoch ist. Der Züricher Mittelwert ist in der Kategorie Zeitung und Werbung ebenfalls hoch, was auf erhöhte Anteile von Zeitungen und Werbung an zwei von drei Untersuchungsorten zurückzuführen ist. Der Anteil der Tragetaschen liegt jeweils im einstelligen Prozentbereich. Die Fraktion Diverses beinhaltet u.a. Textilien, Problemstoffe und Undefinierbares. Einige vorgefundene Abfälle waren nicht Bestandteil der Vergleichsstudie, dazu gehörten u.a. Zigaretten, Glasbruch, Vegetabilien und Kaugummi.

Tabelle 75: Stückzahlbezogene prozentuale Verteilung der Abfallfraktionen der Basler und der Wiener Studie (Heeb et al., 2005)

Abfallfraktion	Basler Studie	Wiener Studie
Take-away-Verpackungen	34,6 Stk.-%	46,1 Stk.-%
Zeitungen und Werbung	23,8 Stk.-%	5,6 Stk.-%
Einweg-Getränke-Verpackungen	16,9 Stk.-%	6,0 Stk.-%
Tragetaschen	4,9 Stk.-%	7,4 Stk.-%
Diverses	19,8 Stk.-%	34,9 Stk.-%

10.5.2 Kategorisierung der Fußgängerzonen

Die Kategorisierung der Fußgängerzonen (s. Kapitel 4.7.1) erfolgte in Anlehnung an die Kategorisierung der Parkanlagen (s. Kapitel 4.6.1). Im Vergleich zur Kategorisierung der Parkanlagen sind große Kleinstädte zusätzlich kategorisiert. Weiterhin gibt es keine Entsprechung für die sonstigen Parkanlagen. Folgende Kategorien wurden demnach unterschieden:

- Fußgängerzonen in großen Großstädten (>500.000 Einwohner)
- Fußgängerzonen in kleinen Großstädten (100.000 – 500.000 Einwohner)
- Fußgängerzonen in großen Mittelstädten (50.000 – 100.000 Einwohner)
- Fußgängerzonen in kleinen Mittelstädten (20.000 – 50.000 Einwohner)
- Fußgängerzonen in großen Kleinstädten (10.000 – 20.000 Einwohner).

Kleine Kleinstädte sind vernachlässigt worden, da angenommen wird, dass nur in sehr wenigen kleinen Kleinstädten Fußgängerzonen vorhanden sind. Anlass zu dieser Annahme gibt eine Studie, welche vom Landesverband des bayrischen Einzelhandels e.V. (LBE) herausgegeben wurde. Darin ist beschrieben, dass in Bayern alle Städte mit mehr als 50.000 Einwohnern Fußgängerzonen besitzen (LBE 2004). Dagegen sind nur in 35 % der Städte mit einer Einwohnerzahl zwischen 10.000 bis 50.000 Einwohnern Fußgängerzonen vorhanden. Es ist anzunehmen, dass innerhalb dieser Städte das Vorhandensein von Fußgängerzonen mit abnehmender Einwohnerzahl sinkt. So beinhalteten im Jahr 1985 in Bayern etwa die Hälfte aller kleinen Mittelstädte, aber nur etwa ein Fünftel aller großen Kleinstädte Fußgängerzonen (Monheim 2011). Weiterhin ist laut LBE (2004) eine Bedingung für eine funktionierende Fußgängerzone eine bestimmte Stadtgröße von mehr als 10.000 Einwohnern.

10.5.3 Fußgängerzonenfläche in Deutschland

Daten über Fußgängerzonenflächen (Nutzungsartenschlüssel: 513) lagen dem Statistischen Bundesamt nicht vor, weswegen diese ähnlich wie die Parkanlagenflächen (s. Kapitel 4.6) geschätzt wurden. Zunächst wurde für jede Kategorie die Fläche der Straßen (510), Wege (520) und Plätze (530) ermittelt, welche als Summe in den Veröffentlichungen des statistischen Bundesamtes flächendeckend angegeben werden. Anschließend wurde der Flächenanteil der Fußgängerzonen aufgrund von Daten vom Bundesland Bremen geschätzt und mit der Fläche der Straßen, Wege und Plätze multipliziert, um die jeweilige Fußgängerzonenfläche zu erhalten.

10.5.3.1 Fläche der Straßen, Wege und Plätze der einzelnen Kategorien

Die Flächen der Straßen, Wege und Plätze der kreisfreien Städte sind in Tabelle 76 unterteilt in die einzelnen Kategorien. Die Daten dazu stammen aus Destatis (2017b).

Tabelle 76: Anzahl, Bodenfläche und Fläche der Straßen, Wege und Plätze der kreisfreien Städte in Deutschland eingeteilt nach den jeweiligen Stadttypen

Kategorie	Anzahl	Bodenfläche insg. [km ²]	Fläche der Straßen, Wege, Plätze insg. [km ²]
Große Großstädte	14	4.870	534
Kleine Großstädte	56	7.883	697
Große Mittelstädte	25	2.569	165
Kleine Mittelstädte	15	1.011	73,6

Quelle: Destatis 2017b

Die kreisfreie Stadt mit der geringsten Einwohnerzahl ist Zweibrücken mit 34.260 Einwohnern (Destatis 2017b).

Da die Anzahl der kreisfreien großen Großstädte aus (s. Tabelle 76) gleich der Anzahl aller großen Großstädte ist (s. Tabelle 67), ist die Fläche der Straßen, Wege und Plätze aller großen Großstädte in Deutschland 534 km² groß. Um die Fläche der Straßen, Wege und Plätze der kleinen Großstädte und großen Mittelstädte zu erhalten, wurden zunächst auf Grundlage der Daten aus Tabelle 76 für beide Stadttypen die durchschnittlichen Fläche der Straßen, Wege und Plätze berechnet (12 km² bzw. 6,6 km²; s. Tabelle 77).

Für die Berechnung der Fläche der Straßen, Wege und Plätze der kleinen Mittelstädte wurde anders vorgegangen, um die Fläche der Straßen, Wege und Plätze zu bestimmen. Aus den in Kapitel 10.4.2.1 genannten Gründen wurde die durchschnittliche Fläche der Straßen, Wege und Plätze der kreisfreien kleinen Mittelstädte halbiert, um die durchschnittliche Fläche der Straßen, Wege und Plätze von allen kleinen Mittelstädten zu erhalten (2,5 km²; s. Tabelle 77).

In Deutschland gibt es keine großen Kleinstädte, die gleichzeitig kreisfreie Städte sind. Da bzgl. der Fläche von Straßen, Wegen und Plätzen nur Daten für kreisfreie Städte vorhanden waren, musste die Fläche von Straßen, Wegen und Plätzen für große Kleinstädte geschätzt werden. Dafür wurde sich an der Angabe für kleine Mittelstädte orientiert (2,5 km² pro kleine Mittelstadt). Die Schätzung für die Fläche von Straßen, Wegen und Plätzen von großen Kleinstädte wurde dann mit der Hälfte des Wertes der kleinen Mittelstädte angegeben (1,25 km²; s. Tabelle 77).

Tabelle 77: Durchschnittliche Fläche der Straßen, Wege und Plätze der kreisfreien Städte und aller Städte in Deutschland eingeteilt nach den jeweiligen Stadttypen außer große Großstadt

Kategorie	Durchschnittliche Fläche der Straßen, Wege und Plätze von kreisfreien Städte [km ²]	Durchschnittliche Fläche der Straßen, Wege und Plätze aller Städte [km ²]
Kleine Großstädte	12	12 (Schätzung)
Große Mittelstädte	6,6	6,6 (Schätzung)
Kleine Mittelstädte	4,9	2,5 (Schätzung)
Große Kleinstädte	-	1,25 (Schätzung)

Quelle der durchschnittliche Fläche der Straßen, Wege und Plätze von kreisfreien Städte: Destatis 2017b. Innerhalb der Kategorie der kleinen Großstädte und der großen Mittelstädte sind jeweils die Werte für die kreisfreien Städte (mittlere Spalte) und die Werte aller Städte (rechte Spalte) gleich und gerundet angegeben. Innerhalb der Kategorie der kleinen Mittelstädte beträgt der Wert für die kreisfreien Städte (mittlere Spalte) das Doppelte des Wertes aller Städte (rechte Spalte), beide Werte sind gerundet angegeben. In Deutschland gibt es keine kreisfreien Städte, die gleichzeitig große Kleinstädte sind, weswegen die Fläche für große Kleinstädte auf die Hälfte der Fläche von kleinen Mittelstädten geschätzt wurden, der Wert ist gerundet angegeben.

Durch Multiplikation der Anzahl aller Städte der jeweiligen Kategorie (große Großstädte: 14; kleine Großstädte: 65; große Mittelstädte: 108; kleine Mittelstädte: 468; große Kleinstädte: 520 - Destatis 2016) und der jeweiligen Schätzung der durchschnittlichen Fläche der Straßen, Wege und Plätze aller Städte (s. Tabelle 77) ergeben sich die jeweiligen Gesamtflächen der Straßen, Wege und Plätze (s. Tabelle 78). Vollständigkeitshalber sind in Tabelle 78 auch die Flächen der Straßen, Wege und Plätze aller großen Großstädte angegeben.

Tabelle 78: Stadtkategorie mit dazugehöriger Fläche der Straßen, Wege und Plätze

Kategorie	Fläche der Straßen, Wege und Plätze [km ²]
Große Großstädte	534
Kleine Großstädte	809
Große Mittelstädte	713
Kleine Mittelstädte	1.148
Große Kleinstädte	650

10.5.3.2 Fußgängerzonenfläche der einzelnen Kategorien

Die Schätzungen der Fußgängerzonenanteile an den Flächen der Straßen, Wege und Plätze wurden auf Grundlage der Daten von Geo.Bremen (2017) vorgenommen. Im Jahr 2016 betrug die Fläche von Fußgängerzonen im Bundesland Bremen 0,127 km² (Geo. Bremen 2017), was gemessen an der Fläche von Straßen, Wegen und Plätzen (39,53 km² im Jahr 2015 – Destatis 2017b, einen Anteil von 0,321 % ergibt. Auf Grundlage dessen wurde für große und kleine Großstädte, und große Mittelstädte ebenfalls

ein Anteil von 0,321 % angenommen (s. Tabelle 79). Für kleine Mittelstädte und große Kleinstädte wurden geringere Werte benutzt, weil Monheim (2011) beschreibt, dass in Bayern im Jahr 1985 nur 50 % aller kleinen Mittelstädte und 20 % aller großen Kleinstädte Fußgängerzonen beinhalten, während es bei Städten ab Einwohnerzahlen von 50.000, also ab großen Mittelstädten, 100 % sind. Deswegen wurde der Fußgängerzonenanteil in kleinen Mittelstädten auf die Hälfte (0,161 %) und in großen Kleinstädten auf ein Fünftel (0,064 %) des Fußgängerzonenanteils vom Bundesland Bremen geschätzt. Daraus ergibt sich insgesamt eine Fußgängerzonenfläche von 8,86 km² (s. Tabelle 79).

Tabelle 79: Fußgängerzonenkategorie mit geschätztem Fußgängerzonenanteil an Fläche der Straßen, Wege und Plätze und darauf aufbauend berechnete Fußgängerzonenfläche

Kategorie	Geschätzte Fußgängerzonenanteil an Fläche der Straßen, Wege und Plätze	Fußgängerzonenfläche [km ²]
Große Großstädte	0,321 %	1,71
Kleine Großstädte	0,321 %	2,60
Große Mittelstädte	0,321 %	2,29
Kleine Mittelstädte	0,161 %	1,84
Große Kleinstädte	0,064 %	0,41
Gesamtsumme	-	8,86

10.5.4 Bestimmung des Kunststofflittereintrags und der Schlupfquote

Die Wiener Studie beinhaltet Kunststoffstückzahlen, welche u.a. auf öffentlichen Plätzen in den fünf europäischen Städten gezählt wurden. Dabei handelt es sich um touristisch stark frequentierte Plätze mit einer Widmung als Fußgängerzone (Ableidinger 2004). Die Plätze, auf denen die Untersuchungen stattfanden lauten wie folgt: Av. de la Catedral (Barcelona; 5.032 m²), Grand' Place (Brüssel; 3.408 m²), Römerberg (Frankfurt; 4.841 m²), Staromestske namesti (Prag; 9.211 m²) und Stephansplatz (Wien; 6.711 m²). Diese Daten bilden die Grundlage für die Abschätzung des Kunststofflittereintrags, der durch das Littering in deutschen Fußgängerzonen verursacht wird. Es ist hier darauf hinzuweisen, dass die Untersuchungen im Jahr 2003 durchgeführt wurden. Seit 2003 kann sich der *Littereintrag* auf diesen Fußgängerzonen verändert haben. Neuere Daten dazu waren nicht verfügbar. In Tabelle 80 sind die Kunststoffstücke der fünf Plätze aus Ableidinger (2004) angegeben. Gezählt wurden die Abfälle einmal täglich an vier aufeinanderfolgenden Tagen (zweimal vormittags, zweimal nachmittags) (Ableidinger 2004). Zwischen den Zählungen wurden die Beobachtungsfelder mindestens einmal gereinigt (Ableidinger 2004). Die in Tabelle 80 aufgelisteten Kunststoffstückzahlen sind auf einen Tag bezogen.

Tabelle 80: Kunststoffstückzahlen auf Plätzen (Fußgängerzone) in fünf europäischen Städten (Ableidinger 2004)

Fraktion	Barcelona	Brüssel	Frankfurt	Prag	Wien
PET-Getränke-Flaschen [Stück/(ha*d)]	<15: 0,0 >15: 5,5	<15: 1,8 >15: 0,7	<15: 0,0 >15: 1,0	<15: 0,0 >15: 4,9	<15: 0,0 >15: 0,3
Kunststoff-Getränke-Becher [Stück/(ha*d)]	<15: 0,0 >15: 2,1	<15: 7,3 >15: 1,5	<15: 0,0 >15: 0,0	<15: 0,0 >15: 1,9	<15: 0,0 >15: 0,0
Kunststoff-Verpackungen: Nicht-Getränke	<15: 77,5 >15: 11,8	<15: 296,2 >15: 30,6	<15: 95,5 >15: 10,8	<15: 134,9 >15: 8,1	<15: 52,0 >15: 1,6

Fraktion	Barcelona	Brüssel	Frankfurt	Prag	Wien
[Stück/(ha*d)]					
Verbundstoffe [Stück/(ha*d)]	<15: 118,8 >15: 11,8	<15: 299,1 >15: 1,5	<15: 77,0 >15: 0,0	<15: 142,2 >15: 6,0	<15: 47,4 >15: 0,3
Kunststoff – sonstiges [Stück/(ha*d)]	<15: 169,0 >15: 18,5	<15: 1.852,1 >15: 59,1	<15: 743,7 >15: 10,3	<15: 135,4 >15: 20,9	<15: 70,2 >15: 4,9
Gesamt [Stück/(ha*d)]	415,1	2.550,0	938,4	454,3	176,7

Um die Stückzahldaten in Gewichtsdaten umzuwandeln, wurden spezifische Gewichte der einzelnen Kunststofflitterfraktionen aus Ableidinger (2004) benötigt (s. Tabelle 81). Diese wurden während einer Papierkorbabfallsortieranalyse ermittelt, welche die INTECUS GmbH im Jahr 2017 in Dresden durchführte.

Tabelle 81: Spezifische Gewichte der Kunststofffraktionen PET-Getränke-Flaschen, Kunststoff-Getränke-Becher, Kunststoff-Verpackungen: Nicht-Getränke, Verbundstoffe und Kunststoff –sonstiges

Fraktion	Spezifisches Gewicht [g]
PET-Getränke-Flaschen	28 (n=121)
Kunststoff-Getränke-Becher	11 (n=280)
Kunststoff-Verpackungen: Nicht-Getränke	<15 mm: 1,0 (n=70) >15 mm: 3,6 (n=50)
Verbundstoffe	<15 mm: 7,2 (n=117) >15 mm: 11,3 (n=69)
Kunststoff – sonstiges	<15 mm: 3,3 (n=93) >15 mm: 8,5 (n=164)

Daten stammen aus einer Papierkorbsortieranalyse, die die INTECUS GmbH im August und September 2017 durchführte. Neben der Gewichtsangabe sind zusätzlich die Anzahlen der Abfallstücke in den Klammern angegeben.

Mit den Stückzahlen aus Tabelle 80 und den spezifischen Gewichten aus Tabelle 81 konnten nun gewichtsbezogene Daten für die Kunststofflitterfraktionen aus Ableidinger (2004) ermittelt werden (s. Tabelle 82). Die Daten der spezifischen Gewichte der PET-Getränke-Flaschen und der Kunststoff-Getränke-Becher wurden nicht in <15 mm und >15 mm unterteilt (s. Tabelle 81). Um gewichtsbezogene Daten der PET-Getränke-Flaschen und der Kunststoff-Getränke-Becher von den fünf europäischen Städten (s. Tabelle 82) zu erhalten, wurden die Fraktionen <15 mm und >15 mm aus Tabelle 80 addiert und anschließend mit den spezifischen Gewichten aus Tabelle 81 multipliziert.

Tabelle 82: Gewichte der Kunststofflitterfraktionen auf Plätzen (Fußgängerzone) der fünf europäischen Städte von Ableidinger (2004)

Fraktion	Barcelona	Brüssel	Frankfurt	Prag	Wien
PET-Getränke-Flaschen [g/(ha*d)]	154	70	28	137	8
Kunststoff-Getränke-Becher [g/(ha*d)]	23	97	0	21	0

Fraktion	Barcelona	Brüssel	Frankfurt	Prag	Wien
Kunststoff-Verpackungen: Nicht-Getränke [g/(ha*d)]	120	406	134	164	58
Verbundstoffe [g/(ha*d)]	989	2.170	554	1.092	345
Kunststoff – sonstiges [g/(ha*d)]	715	6.614	2.542	624	273

Um den Kunststoffanteil in der Fraktion der Verbundstoffe zu schätzen, wurde sich an Angaben des Fachverbandes Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V. (FKN) orientiert. Dieser gibt für einen Tetra-Pak einen Kunststoffanteil von 20 Gew.-% an (FKN 2018). Anhand dieser Angabe wurde der Kunststoffanteil der Verbunde auf 20 Gew.-% geschätzt. Daraus ergeben sich für die genannten Plätze in den fünf europäischen Städten Kunststofflittereinträge, welche in Tabelle 83 aufgelistet sind. Frankfurt als deutsche große Großstadt liegt mit 2.815 g/(ha*d) nahe am Mittelwert der fünf europäischen Städte (2.644 g/(ha*d)).

Tabelle 83: Kunststofflittergewichte auf Plätzen (Fußgängerzone) in fünf europäischen Städten

Rechengröße	Barcelona	Brüssel	Frankfurt	Prag	Wien
Kunststofflittereintrag [g/(ha*d)]	1.210	7.622	2.815	1.165	408

Ein Kriterium für die Wahl der Plätze in Ableidinger (2004) war, dass es sich um touristisch stark frequentierte Plätze handelte, weswegen dort ein höherer *Littereintrag* zu erwarten ist als auf durchschnittlichen Fußgängerzonen in deutschen Städten. Der *Littereintrag* in Fußgängerzonen von deutschen Städten wurde deswegen auf 2.000 g/(ha*d) geschätzt, was 73 t/(km²*a) ergibt. Der Schlupfquotenbasiswert der Fußgängerzonen wurde auf 0,55 Gew.-% und die Spannweite auf 0,1-1 Gew.-% geschätzt (s. Kapitel 4.2.2).

10.5.5 Bestimmung des verbleibenden Kunststofflitters

Um die Menge des *verbleibenden Kunststofflitters* zu berechnen, wurde der Kunststofflittereintrag mit der *Schlupfquote* und der Fußgängerzonenfläche multipliziert (s. Tabelle 84). Der Vollständigkeit halber sind in Tabelle 84 die einzelnen Rechengrößen aus dem gesamten Kapitel über die Fußgängerzonen aufgelistet. Der *verbleibende Kunststofflitter* ausgehend vom Littering in Fußgängerzonen beträgt 3,6 t/a (0,65-6,5 t/a).

Tabelle 84: Rechengrößen und Ergebnis der Abschätzung des verbleibenden Kunststofflitters verursacht durch das Littering in deutschen Fußgängerzonen

Nr.	Rechengröße	Berechnung	gG	kG	gM	kM	gK	Gesamtsumme
[1]	Kunststofflittereintrag [g/(ha*d)]		2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	-
[2]	Kunststofflittereintrag [t/(km ² *a)]		73	73	73	73	73	-
[3]	Schlupfquote Basiswert [Gew.-%]		0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	0,55%	-

Nr.	Rechengröße	Berechnung	gG	kG	gM	kM	gK	Gesamtsumme
[4]	Schlupfquote Spannbreite [Gew.-%]		0,1-1%	0,1-1%	0,1-1%	0,1-1%	0,1-1%	-
[5]	Fußgängerzonenfläche [km ²]		1,71	2,60	2,29	1,84	0,41	-
[6]	Verbleibender Kunststofflitter Basiswert [t/a]	= [2] * [3] * [5]	0,69	1,0	0,92	0,74	0,16	3,6
[7]	Verbleibender Kunststofflitter Spannbreite [t/a]	= [2] * [4] * [5]	0,13-1,3	0,19-1,9	0,17-1,7	0,13-1,3	0,030-0,3	0,65-6,5

Die Abkürzungen in der ersten Zeile der Tabelle stehen für die einzelnen Fußgängerzonenkategorien: gG – große Großstädte; kG – kleine Großstädte; gM – große Mittelstädte; kM – kleine Mittelstädte; gK – große Kleinstädte.

10.6 Kunststofflitterverbleib: Flussrandstreifen

In diesem Kapitel wird die Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters* aufbauend auf den Ausführungen in Kapitel 4.8 detailliert erläutert.

10.6.1 Bestimmung der Flusslänge

Die Gesamtlänge der Flüsse mit einem Einzugsgebiet über 10 km² in Deutschland beträgt insgesamt 141.726 km (BfN 2004). Die schiffbaren Flüsse in Deutschland haben eine Gesamtlänge von 9.168 km (Destatis 2005). Die Länge der sonstigen Flüsse ist die Differenz beider Werte (132.558 km).

Die durchschnittliche Länge pro schiffbaren Fluss für die einzelnen Stadttypen wurden auf Grundlage der Daten aus Tabelle 85 geschätzt. Die durchschnittliche Länge pro schiffbarer Fluss in großen Großstädten wurde aufgrund der Daten von Berlin, Frankfurt am Main und Dresden auf 30 km geschätzt (s. Tabelle 85). Die durchschnittliche Länge pro schiffbarer Fluss in kleinen Großstädten wurde aufgrund der Daten von Mainz und Würzburg auf 15 km, was die Hälfte der Länge der großen Großstädte ergibt (s. Tabelle 85). Für große und kleine Mittelstädte waren keine Literaturdaten über die Flusslänge gegeben, weswegen die Längen dieser Stadttypen auf die Hälfte des nächstgrößeren Stadttyps geschätzt wurde, was für große Mittelstädte 7,5 km und für kleine Mittelstädte 3,75 km entspricht.

Tabelle 85: Längen von schiffbaren Flüssen in ausgewählten großen und kleinen Großstädten

Stadt	Stadttyp	Fluss bzw. Flüsse	Länge [km]	Quelle
Berlin	Große Großstadt	Spree, Dahme, Havel	89,0	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2018)
Frankfurt am Main	Große Großstadt	Main	27,0	Stadt Frankfurt am Main (2018)
Dresden	Große Großstadt	Elbe	30,5	Landeshauptstadt Dresden (2015)
Mainz	Kleine Großstadt	Rhein	15,5	Landeshauptstadt Mainz (2018)
Würzburg	Kleine Großstadt	Main	15,6	Stadt Würzburg (2013)

Die Definition der Stadttypen nach Einwohnerzahl sind in Tabelle 67 gegeben. Die Längenangabe ist auf die erste Nachkommastelle gerundet.

In Tabelle 86 ist die Anzahl der Städte des jeweiligen Stadttyps, die an schiffbaren Flüssen liegen, aufgelistet und ins Verhältnis zur jeweiligen Gesamtzahl der Städte in Deutschland gesetzt. Da in Berlin drei schiffbaren Flüssen und in Hamburg und Bremen jeweils zwei liegen, ergibt sich zusammen mit den anderen sieben großen Großstädten eine Gesamtlänge der Flüsse in großen Großstädten von 420 km, was 5 % aller schiffbaren Flüssen sind. In Deutschland gibt es 40 kleine Großstädte, durch die schiffbare Flüsse fließen (s. Tabelle 86). Sechs davon beinhalten jeweils zwei schiffbare Flüsse innerhalb des Stadtgebietes. Daraus ergibt sich eine Gesamtlänge von schiffbaren Flüssen in kleinen Großstädten von 690 km, was 8 % aller schiffbaren Flüsse sind. In Deutschland gibt es 44 große Mittelstädte, durch die jeweils nur ein schiffbarer Fluss fließt. Dies entspricht 330 km, was 4% aller schiffbaren Flüsse sind. Weiterhin gibt es in Deutschland 93 kleine Mittelstädte, durch die schiffbare Flüsse fließen. Zwei davon werden von jeweils zwei schiffbaren Flüssen durchflossen. Das ergibt eine Länge von 356 km, was 4 % aller schiffbaren Flüsse sind. Die Länge von schiffbaren Flüssen im ländlichen Raum (7.372 km) ist die Differenz zwischen der Summe aller urbanen schiffbaren Flüsse (1.796 km) und der Gesamtlänge der schiffbaren Flüsse in Deutschland (9.168 km).

Tabelle 86: Anzahl der Städte, die an schiffbaren Flüssen liegen mit Gesamtanzahl der Städte unterteilt in den jeweiligen Stadttyp

Stadttyp	Gesamtanzahl in Deutschland	Anzahl an schiffbaren Flüssen mit Anteil an Gesamtanzahl der Städte
Große Großstadt	14	10 (71%)
Kleine Großstadt	65	40 (62%)
Große Mittelstadt	108	44 (41%)
Kleine Mittelstadt	468	98 (20%)

Die Definition der Stadttypen nach Einwohnerzahl sind in Tabelle 67 gegeben. In den Klammern sind die jeweiligen Anteile der Städte, die an schiffbaren Flüssen liegen, an der Gesamtanzahl des jeweiligen Stadttyps in Deutschland wiedergegeben.

Um die Flusslängenanteile der jeweiligen Stadttypen an der Gesamtlänge der sonstigen Flüsse zu erhalten, wurden die einzelnen Flusslängenanteile der jeweiligen Stadttypen an der Gesamtlänge der schiffbaren Flüsse (schiffbare Flüsse in großen Großstädten: 5 %; schiffbare Flüsse in kleinen Großstädten: 8 %; schiffbare Flüsse in großen Mittelstädten: 4%; schiffbare Flüsse in kleinen Mittelstädten: 4 %) jeweils mit der Gesamtlänge der sonstigen Flüsse multipliziert. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind u.a. in der Tabelle 87 aufgelistet. Die Länge der sonstigen Flüsse im ländlichen Raum wurde analog der Länge der schiffbaren Flüsse ermittelt. Darauf basierend wurde die Flussrandstreifenlänge als das Doppelte der Flusslänge angenommen (s. Tabelle 87). In der Realität müssten zusätzliche Flussrandstreifen durch Inseln miteinbezogen werden. Weiterhin wären bei Grenzflüssen nur die Flussrandstreifen einer Flussseite zu beachten.

Tabelle 87: Flusslängen, Anteile an der Gesamtlänge und Flussrandstreifenlänge der schiffbaren Flüsse bzw. der sonstigen Flüsse mit einem Einzugsgebiet von mehr als 10 km²

Flussrandstreifenkategorie	Geschätzte Flusslänge in Deutschland [km]	Geschätzte Flussrandstreifenlänge in Deutschland [km]
Schiffbare Flüsse in großen Großstädten	420 (5%)	840
Schiffbare Flüsse in kleinen Großstädten	690 (8%)	1.380
Schiffbare Flüsse in großen Mittelstädten	330 (4%)	660
Schiffbare Flüsse in kleinen Mittelstädten	356 (4%)	712

Flussrandstreifenkategorie	Geschätzte Flusslänge in Deutschland [km]	Geschätzte Flussrandstreifenlänge in Deutschland [km]
Schiffbare Flüsse im ländlichem Raum	7.372 (80%)	14.744
Sonstige Flüsse in großen Großstädten	6.073 (5%)	12.146
Sonstige Flüsse in kleinen Großstädten	9.977 (5%)	19.954
Sonstige Flüsse in großen Mittelstädten	4.771 (5%)	9.542
Sonstige Flüsse in kleinen Mittelstädten	5.151 (4%)	10.302
Sonstige Flüsse im ländlichem Raum	106.586 (80%)	213.172

Werte sind gerundet auf die erste Stelle vor dem Komma.

10.6.2 Bestimmung des Abfalleintrags

Breitbarth und Urban (2016) haben für den Fluss Ahna ein quantitatives Stoffstrommodell erstellt, in dem auch der Flussrandstreifen mitbilanziert wurde. In diesem Modell wurde der Littereintrag auf den Flussrandstreifen mit 1,76 t/a angegeben. Breitbarth und Urban (2016) definieren Litter hierbei als Abfälle, die im öffentlichen Raum weggeworfen oder liegengelassen wurden, wozu z.B. auch Baumaterialien gehören. Die Definition von Littering aus Breitbarth und Urban (2016) stimmt demnach nicht mit der Definition in dieser Studie überein. Der Wert von 1,76 t/a wird deshalb als *Abfalleintrag* verstanden.

Die Ahna ist etwa 21 km lang, dementsprechend beträgt die Flussrandstreifenlänge 42 km, und fließt von der Quelle zunächst durch den Landkreis Kassel bis sie nach etwa 3 km das Stadtgebiet der kleinen Großstadt Kassel erreicht. Nach weiteren 18 km mündet die Ahna innerhalb der Stadt Kassel in die Fulda. Bezogen auf 1,76 t/a ergibt sich auf einer Flussrandstreifenlänge von 42 km ein streckenbezogener *Abfalleintrag* von 42 kg/(km*a). Breitbarth (2017) führt zu dieser Angabe (1,76 t/a) weiter aus, dass dieser Abfall zusammengesetzt ist aus Litter, Baustellenabfällen und Verwehungen von Abfallsammelbehältern. Im Unterschied zu Litter-Definition von Breitbarth (2017) zählen in dieser Studie die Verwehungen von Abfallsammelbehältern ebenfalls zum Litter, da eine eindeutige Zuordnung beim Auffinden der Abfälle, die von Abfallsammelbehältern verweht wurden, nicht möglich ist.

Die Ahna fällt in die Kategorie der sonstigen Flüsse. Der Abfalleintrag von Flussrandstreifen der sonstigen Flüsse im urbanen Raum, welcher alle Stadtkategorien umfasst, wird aufgrund des für die Ahna berechneten Ergebnisses gerundet mit 40 kg/(km*a) angegeben (s. Tabelle 88). Der Abfalleintrag von Flussrandstreifen der schiffbaren Flüssen im urbanen Raum, welcher alle Stadtkategorien umfasst, wurde auf das Doppelte (80 kg/(km*a)) geschätzt, weil angenommen wurde, dass ein breiterer Fluss, wozu schiffbare Flüsse gehören können, ein höherer Anziehungspunkt für Bewohner und Touristen ist als Flüsse mit geringerer Breite. Damit verbunden ist ein höherer Littereintrag. Der Abfalleintrag im ländlichen Raum wird als sehr gering eingeschätzt, und bei Flussrandstreifen von schiffbaren Flüssen mit 1 kg/(km*a) sowie bei Flussrandstreifen von sonstigen Flüssen mit 0,5 kg/(km*a) angegeben.

Tabelle 88: Abfalleintrag in unterschiedliche Flussrandstreifenkategorien

Flussrandstreifenkategorie	Geschätzter Abfalleintrag [kg/(km*a)]
Schiffbare Flüsse in großen Großstädten	80
Schiffbare Flüsse in kleinen Großstädten	80
Schiffbare Flüsse in großen Mittelstädten	80
Schiffbare Flüsse in kleinen Mittelstädten	80
Schiffbare Flüsse im ländlichem Raum	1

Flussrandstreifenkategorie	Geschätzter Abfalleintrag [kg/(km*a)]
Sonstige Flüsse in großen Großstädten	40
Sonstige Flüsse in kleinen Großstädten	40
Sonstige Flüsse in großen Mittelstädten	40
Sonstige Flüsse in kleinen Mittelstädten	40
Sonstige Flüsse im ländlichem Raum	0,5

10.6.3 Bestimmung des Kunststoffanteils

Breitbarth (2017) hat neben Flussrandstreifenabfällen der Ahna auch Flussrandstreifenabfälle der Fulda im Landkreis Kassel und im Stadtgebiet von Kassel untersucht und für diese die massenbezogene Zusammensetzung nach Materialarten bestimmt (s. Tabelle 89). Insgesamt wurden dafür Abfälle von neun Abschnitten mit einer Gesamtlänge von 5,5 km gesammelt. Sechs der neun Abschnitte liegen an unzugänglichen oder wenig frequentierten Stellen (Felder, Wälder, Insel), weswegen davon ausgegangen wurde, dass der Abfall dort nur angeschwemmtes Material beinhaltet, welches in vorherigen Flussabschnitten eingetragen wurde. Die anderen drei Abschnitte sind Bestandteil einer Parkanlage, in der Littering stattfindet. Diese drei Abschnitte im Speziellen sind dem Flächennutzungstyp Parkanlage zuzuordnen. Bei der Bestimmung des Kunststoffanteils ist dieser Umstand aber vernachlässigbar, weil nur die Abfälle des Flussrandstreifens der Parkanlage beprobt wurden.

Neben der Materialart Kunststoff sind weitere Kunststoffe in der Materialart der Verbunde zu erwarten. Der Anteil der Verbunde betrug 26 Gew.-% (Breitbarth 2017). Informationen über den Kunststoffanteil dieser Verbunde waren in Breitbarth (2017) nicht gegeben, weswegen dieser anhand der Angaben des FKN (2017) auf 20 Gew.-% geschätzt wurde (s. Kapitel 10.5.4). Zusammen mit den 30 Gew.-% der Materialart Kunststoff ergibt sich mit dem Kunststoffanteil der Verbunde (5,2 Gew.-% am Gesamtanteil aller erfassten Abfälle) sich ein Kunststoffanteil der erfassten Abfälle von gerundet 35 Gew.-%. Unter der Annahme, dass die von Breitbarth (2017) erfassten Abfälle repräsentativ für die Abfälle aller Flussrandstreifen sind, beträgt der *Kunststoffanteil des Abfalleintrags* für die weitere Abschätzung 35 Gew.-% (ungerundet: 35,2 Gew.-%).

Tabelle 89: Massenbezogene Zusammensetzung nach Materialart von Flussrandstreifenabfällen der Fulda

Materialart	Anteil [Gew.-%]
Kunststoff	30%
Verbunde	26%
Glas	22%
Sonstiges	15%
Metall	6%
Papier/Pappe	1%

Quelle: Breitbarth (2017)

10.6.4 Bestimmung des Litteranteils

Neben der Materialart hat Breitbarth (2017) die Abfälle vom Flussrandstreifen der Fulda auch nach Produktklassen sortiert (s. Tabelle 90). Es wurde angenommen, dass die Littering-Abfälle alle Produktklassen umfassen mit Ausnahme der Baumaterialien, welche als illegale Ablagerungen eingeordnet werden. Daraus resultiert ein Litteranteil des Kunststoffabfalls von 64 Gew.-%. Es wird angenommen, dass dieser Litteranteil gleich dem *Litteranteil des Kunststoffabfalls* ist.

Tabelle 90: Massenbezogene Zusammensetzung von Flussrandstreifenabfällen der Fulda nach Produktklassen

Produktklasse	Anteil [Gew.-%]
Baumaterialien	36%
Getränkeverpackungen	24%
Sonstige Verpackungen	6%
Gartengegenstände	4%
Sport- und Freizeitgegenstände	3%
Folien/Tüten/Säcke	3%
Lebensmittelverpackungen	2%
Gegenstände aus Abwasseranlagen	0%
Sonstiges	22%

Quelle: Breitbarth (2017)

10.6.5 Bestimmung der Schlupfquote

In diesem Kapitel werden die Angaben aus Tabelle 4 ausführlicher beschrieben. Die Einschätzung der Schlupfquote resultiert hauptsächlich auf den quantitativen Stoffstrommodell der Ahna von Breitbarth und Urban (2016). In den Bilanzraum des Stoffstrommodells werden 1,76 t/a ein- und 1,06 t/a ausge-tragen, was eine *Schlupfquote* von 40 Gew.-% ergibt. Diese Schlupfquote gilt jedoch nur, wenn alle aus-getragenen, also weggespülten Abfälle, andernorts erfasst und entsorgt werden. Breitbarth (2017) führt dazu weiter aus, dass fast ausschließlich der Flussrandstreifen gereinigt wurde und dass die Rei-nigungen alle vier Wochen durchgeführt wurden. Weiterhin schätzt Breitbarth (2017) die systemati-sche Reinigung als untypisch ein. Außerdem wurde angenommen, dass bei Starkregenereignissen mit hohen Windgeschwindigkeiten alle Abfälle von den Flussrandstreifen in die Ahna transportiert wer-den. Aufgrund dessen wurde die *Schlupfquote* von 40 Gew.-% als Minimum der Spannweite für Fluss-randstreifen im urbanen Gebiet angesetzt. Der Basiswert wurde auf 60 Gew.-% geschätzt und das Ma-ximum auf 80 Gew.-%. Die Schlupfquote für Flussrandstreifen im ländlichen Raum wurde etwas höher eingeschätzt (Basiswert: 80 Gew.-%; Spannweite: 70-90 Gew.-%), weil angenommen wurde, dass Rei-nigungen dort seltener stattfinden und daher die Reinigungsintervalle auch länger sind.

10.6.6 Bestimmung des verbleibenden Kunststofflitters

In Tabelle 91 sind alle Rechengrößen und das Ergebnis über die Abschätzung des *verbleibenden Kunst-stofflitters* der jeweiligen Flussrandstreifenkategorien der schiffbaren Flüsse aufgelistet. In Tabelle 92 sind alle Rechengrößen und das Ergebnis über die Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters* der jeweiligen Flussrandstreifenkategorien der sonstigen Flüsse aufgelistet. Insgesamt beträgt die Menge des *verbleibenden Kunststofflitters*, welche auf Flussrandstreifen der schiffbaren Flüsse und der sonsti-gen Flüsse gelittert wurden 342 t/a (232-451 t/a).

Tabelle 91: Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Kunststofflittereintrag und –verbleib ausgehend vom Littering auf Flussrandstreifen von schiffbaren Flüssen

Nr.	Rechengröße	gG	kG	gM	kM	IR	Gesamt-summe
[1]	Abfalleintrag [kg/(km*a)]	80	80	80	80	1	-
[2]	Flusslänge [km]	840	1.380	660	712	14.744	-

Nr.	Rechengröße		gG	kG	gM	kM	IR	Gesamtsumme
[3]	Kunststoffanteil des Abfalleintrags [Gew.-%]		35%	35%	35%	35%	35%	-
[4]	Litteranteil des Kunststoffabfalls [Gew.-%]		64%	64%	64%	64%	64%	-
[5]	Schlupfquote Basiswert [Gew.-%]		60%	60%	60%	60%	80%	-
[6]	Schlupfquote Spannweite [Gew.-%]		40-80%	40-80%	40-80%	40-80%	70-90%	-
[7]	Verbleibender Kunststofflitter Basiswert [t/a]	= [1] * [2] * [3] * [4] * [5]	9,1	15	7,1	7,7	2,7	42
[8]	Verbleibender Kunststofflitter Spannweite [t/a]	= [1] * [2] * [3] * [4] * [6]	6,1-12	9,9-20	4,8-9,5	5,1-10	2,3-3,0	28-55

Die Abkürzungen in der ersten Zeile der Tabelle stehen für die einzelnen Flussrandstreifenkategorien: gG – große Großstädte; kG – kleine Großstädte; gM – große Mittelstädte; kM – kleine Mittelstädte; IR – ländlicher Raum.

Tabelle 92: Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Kunststofflittereintrag und –verbleib ausgehend vom Littering auf Flussrandstreifen von sonstigen Flüssen mit einem Einzugsgebiet über 10 km²

Nr.	Rechengröße		gG	kG	gM	kM	IR	Gesamtsumme
[1]	Abfalleintrag [kg/(km*a)]		40	40	40	40	0,5	-
[2]	Länge [km]		12.146	19.954	9.542	10.302	213.172	-
[3]	Kunststoffanteil des Abfalleintrags [Gew.-%]		35%	35%	35%	35%	35%	-
[4]	Litteranteil des Kunststoffabfalls [Gew.-%]		64%	64%	64%	64%	64%	-
[5]	Schlupfquote Basiswert [Gew.-%]		60%	60%	60%	60%	80%	-
[6]	Schlupfquote Spannweite [Gew.-%]		40-80%	40-80%	40-80%	40-80%	70-90%	-

Nr.	Rechengröße		gG	kG	gM	kM	IR	Gesamtsumme
[7]	Verbleibender Kunststofflitter Basiswert [t/a]	= [1] * [2] * [3] * [4] * [5]	66	108	52	56	19	300
[8]	Verbleibender Kunststofflitter Spannbreite [t/a]	= [1] * [2] * [3] * [4] * [6]	44-88	72-144	34-69	37-74	17-22	204-396

Die Abkürzungen in der ersten Zeile der Tabelle stehen für die einzelnen Flussrandstreifenkategorien: gG – große Großstädte; kG – kleine Großstädte; gM – große Mittelstädte; kM – kleine Mittelstädte; IR – ländlicher Raum.

10.7 Kunststofflitterverbleib: Küsten

Aufbauend auf den zusammengefassten Ausführungen in Kapitel 4.9 wird in diesem Kapitel die Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters*, ausgehend vom Littering an der deutschen Küste, detailliert erläutert.

10.7.1 Weiterführende Information zur Kategorisierung der Küste

Die Kategorisierung der Küste ist in Kapitel 4.9.1 beschrieben. In Hinblick auf die Nutzungsintensität und die Reinigungsintervalle wurde die Küste in die Kategorien Seebäder, sonstige Badestellen und sonstige Küste eingeteilt. Es wurde angenommen, dass die Nutzungsintensität und die Reinigungsintervalle von der Kategorie Seebäder über sonstige Badestellen zu sonstiger Küste abnehmen bzw. länger werden. Für Küstenabschnitte, die gleichzeitig zu urbanen Räumen zählen, ist von einer höheren Nutzungsintensität und von kürzeren Reinigungsintervallen auszugehen, weswegen urbane Küstenabschnitte von nicht urbanen Küstenabschnitten abzugrenzen sind. Nicht urbane Küstenabschnitte können sich ebenso wie die urbanen Küstenabschnitte mit den Kategorien Seebäder, sonstige Badestellen und sonstige Küste überschneiden.

Die Littereinträge, die durch Häfen verursacht werden, sind in der Kategorie urbane Küste beinhaltet. Obwohl der Litter des küstennahen Bootsverkehrs nicht direkt auf der Küstenlinie entsorgt, sondern vorrangig angeschwemmt wird, ist er in dieser Abschätzung ebenfalls enthalten.

10.7.1.1 Urbane Küste

Die Kategorie der urbanen Küste soll die höhere Nutzungsintensität im Vergleich zur nicht urbanen Küste berücksichtigen. In Tabelle 93 sind die kleinen Großstädte, großen und kleinen Mittelstädte, und die großen und kleinen Kleinstädte je nach Küstenbundesland aufgelistet. Stralsund und Greifswald liegen nicht an der Außenküste von MV, wurden aber trotzdem in die Betrachtung miteinbezogen, da ausgehend von diesen beiden großen Mittelstädten ein nicht vernachlässigbarer Eintrag von Kunststofflitter zu erwarten ist.

Tabelle 93: Kleine Großstädte, große Mittelstädte, kleine Mittelstädte, große Kleinstädte und kleine Kleinstädte an der Küste aufgelistet nach Küstenbundesland

Küstenbundesland	Kleine Großstädte an der Küste	Große Mittelstädte an der Küste	Kleine Mittelstädte an der Küste	Große Kleinstädte	Kleine Kleinstädte
Niedersachsen	-(0)	Wilhelmshaven (1)	Cuxhaven, Geestland (Stadt), Nordenham, Norden, Nordene, Varel, Wittmund (7)	-(0)	Borkum, Esens, Otterndorf (3)
Schleswig-Holstein	Kiel, Lübeck (2)	Flensburg (1)	Husum, Eckernförde (2)	Fehmarn (1)	Glücksburg (Ostsee), Heiligenhafen, Kappeln, Meldorf, Neustadt in Holstein, Oldenburg in Holstein, Wyk auf Föhr (7)
Mecklenburg-Vorpommern	Rostock (1)	Stralsund, Greifswald (2)	Wismar (1)	Bad Doberan, Ribnitz-Damgarten, Wolgast (3)	Barth, Dassow, Garz/Rügen, Klütz, Kühlungsborn, Lüssow, Putbus, Rerik, Sassnitz, Ueckermünde, Usedom (Stadt) (10)

Die Zahl in den Klammern gibt die Anzahl der Städte des jeweiligen Stadttyps in dem jeweiligen Küstenbundesland wider.

10.7.1.2 Seebäder, sonstige Badestellen und sonstige Küste

In Mecklenburg-Vorpommern regelt das Kurortgesetz welche Voraussetzungen ein Ort erfüllen muss, damit dieser offiziell die jeweilige Bezeichnung Seebad oder Seeheilbad tragen darf. In Schleswig-Holstein und in Niedersachsen sind es die jeweiligen Kurortverordnungen. In allen drei Gesetzestexten ist ein gepflegter Badestrand Voraussetzung für die Verleihung des Titels Seebad bzw. Seeheilbad (KurortG 2000, KurortVO NI 2005, KurortVO SH 2009). Seebäder und Seeheilbäder werden nachfolgend zusammenfassend als Seebäder bezeichnet. Alle Seebäder beinhalten eine oder mehrere Badestellen. Die Länge der Seebäder ist gleichgesetzt mit der Länge der Badestellen innerhalb der Seebäder.

Eine Badestelle ist nach EU-Badegewässerrichtlinie (2006):

- ▶ Jeder Abschnitt eines Oberflächengewässers, bei dem die zuständige Behörde mit einer großen Anzahl von Badenden rechnet und
- ▶ Für den sie kein dauerhaftes Badeverbot erlassen hat oder
- ▶ Nicht auf Dauer vom Baden abrät.

Für EU-Badestellen entsprechend dieser Definition sind u.a. regelmäßige Kontrollen der Wasserqualität vorgeschrieben. EU-Badestellen sind bei den jeweiligen Gesundheitsämtern erfasst. Badestellen wurden hinsichtlich des Littereintrags als besonders wichtig angesehen. Neben den EU-Badestellen ist es allerdings wahrscheinlich, dass es noch weitere inoffizielle Badestellen gibt. Um die inoffiziellen Badestellen in den Kategorien der Seebäder und sonstigen Badestellen zu berücksichtigen, wurden die Gesamtlängen der EU-Badestellen in diesen beiden Kategorien um 25% erhöht. Für die verschiedenen Küstenbundesländer heißt dies im Einzelnen:

- ▶ 80% der *Badestellen* in Mecklenburg-Vorpommern (MV) sind EU-Badestellen, die im Geodatenviewer der Koordinierungsstelle für Geoinformationswesen im Landesamt für innere Verwaltung (KGeo LAIV, 2017) an der Küste als Badestellen angezeigt werden.
- ▶ 80% der *Badestellen* in Schleswig-Holstein (SH) sind alle EU-Badestellen, die mit als *Küstengewässer* oder *Übergangsgewässer* im Landesportal Schleswig-Holstein (2017) aufgelistet sind.
- ▶ 80% der *Badestellen* in Niedersachsen (NI) sind Badestellen, die in der Kategorie Küsten- und Übergangsgewässer in der Gesamtliste der EU-Badestellen des Niedersächsischen Landesgesundheitsamtes aufgelistet sind (NLGA, 2017).

Die sonstigen Badestellen sind allesamt Badestellen, die außerhalb von Seebädern liegen. Die sonstige Küste umfasst alle Küstenabschnitte, welche keine Badestellen sind.

10.7.1.3 Sonstige Binnenküste von Mecklenburg-Vorpommern

Die Binnenküste von MV (377 km) ist mehr als viermal so lang wie die Außenküste (1.568 km). Die Nutzungsintensität der Binnenküste ist geringer als die der Außenküste (LALFF 2016). Das zeigt das Verhältnis der EU-Badestellenanzahl zwischen beiden Küstenformen. Bezogen auf eine Länge von 100 km beträgt die Badestellenlänge an der Binnenküste 1,35 km und an der Außenküste 42,2 km (KGeo LAIV 2017). Es wurde angenommen, dass dieses Verhältnis auch dem Verhältnis der Nutzungsintensität und damit des *Littereintrags* zwischen sonstiger Küste, welche die Außenküste von MV beinhaltet, und sonstiger Binnenküste von MV widerspiegelt. Deswegen beträgt im Folgenden der *Littereintrag* an der sonstigen Binnenküste von MV 3,2 % des *Littereintrags* der sonstigen Küste.

Die Badestellen und Seebäder, die an der Binnenküste liegen, sind den Badestellen und Seebädern an der Außenküste gleichgestellt. Im Vergleich der beiden Küstenformen sind bei den Badestellen der Binnenküste weniger Nutzer pro Badestelle zu erwarten, jedoch sind diese Badestellen auch kürzer (Median der EU-Badestellenlänge an der Binnenküste: 300 m; Median der EU-Badestellenlänge an der Außenküste: 1.200 m) (KGeo LAIV 2017).

10.7.2 Bestimmung der einzelnen Küstenlängen

Die Küstenlänge von NI beträgt 629 km (LGLN 2017). Die Nordseeküstenlänge von SH beträgt einschließlich Halligen und Inseln 468 km (Statistik Nord 2008). Die Ostseeküstenlänge von SH beträgt einschließlich Fehmarn und ohne Schlei 402 km (Statistik Nord 2008). Die Außenküstenlänge von MV beträgt 377 km und die Binnenküstenlänge beträgt 1.568 km (LALFF 2016). Demnach ergibt sich eine Gesamtküstenlänge von 3.444 km.

10.7.2.1 Seebäder

Die EU-Badestellenlänge der Seebäder in NI war nicht verfügbar, jedoch konnte mit der durchschnittlichen EU-Badestellenlänge der Nordseebäder in SH (2,94 km; Landesportal Schleswig-Holstein 2017) und der Seebadanzahl in NI (17; Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr 2017), an denen EU-Badestellen verzeichnet sind (NLGA 2017), die Länge der EU-Badestellen in Seebädern abgeschätzt werden (50 km). Die EU-Badestellenlänge in Seebädern von SH ist insgesamt 146 km lang (Landesportal Schleswig-Holstein 2017). Die EU-Badestellenlänge in MV ist 123 km lang (Außenküste: 118 km; Binnenküste: 5 km) (KGeo LAIV 2017). Insgesamt ergibt sich daraus eine EU-

Badestellenlänge in Seebädern von 319 km. Wie schon in Kapitel 10.7.1.2 beschrieben umfassen EU-Badestelle nicht alle Badestellen, weswegen angenommen wurde, dass EU-Badestellen 80% aller Badestellen beinhalten. So ergibt sich eine Badestellenlänge der Seebäder von 399 km.

10.7.2.2 Sonstige Badestellen

In NI gibt es drei EU-Badestellen außerhalb von Seebädern (NLGA 2017; Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr 2017). Eine dazugehörige Länge war nicht verfügbar, weswegen die durchschnittliche EU-Badestellenlänge von der Nordseeküste in SH (1,72 km; Landesportal Schleswig-Holstein 2017) mit der Anzahl der EU-Badestellen außerhalb von Seebädern (3; Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr 2017) multipliziert wurde (5,16 km). Die EU-Badestellenlänge außerhalb von Seebädern in SH beträgt 101 km (Landesportal Schleswig-Holstein 2017). Die EU-Badestellenlänge außerhalb von Seebädern in MV beträgt 50 km (Außenküste: 34 km; Binnenküste: 16 km) (KGeo LAIV 2017). Daraus ergibt sich eine Gesamtlänge der EU-Badestellen außerhalb von Seebädern von 157 km (80%). Mit Einbeziehung der inoffiziellen Badestellen sind es 196 km (100%).

10.7.2.3 Sonstige Küste

Durch Abzug der Badestellenlänge (Seebäder: 392 km; außerhalb von Seebädern: 176 km) von der Gesamtküstenlänge ohne Binnenküste von MV (1.876 km) ergibt sich die Länge der sonstigen Küste (1.308 km).

10.7.2.4 Sonstige Binnenküste von MV

Die Badestellenlänge von Seebädern und sonstiger Badestellen an der Binnenküste von MV betragen 27 km (KGeo LAIV 2017). Die Differenz zwischen der Binnenküstenlänge von MV (1.568 km) und der Badestellenlänge (27 km) ergibt die Länge der sonstigen Binnenküste von MV (1.541 km).

10.7.2.5 Urbane Küste

Die Länge der urbanen Küstenabschnitte von kleinen Großstädten, großen Mittelstädten, kleinen Mittelstädten, großen Kleinstädte und der kleinen Kleinstädte wurde jeweils mit 8,0 km, 4,0 km und 2,0 km 1,0 km und 0,5 angenommen. Mit der Anzahl der einzelnen Stadttypen (s. Tabelle 93) ergibt sich daraus für kleine Großstädte eine Länge von 24,0 km, für große Mittelstädte 16,0 km, für kleine Mittelstädte 20,0 km, für große Kleinstädte 4,0 km und für kleine Kleinstädte 10,0 km. Somit ist die urbane Küste insgesamt 74 km lang.

10.7.3 Anfragen an Träger und Betreiber von Badestellen

Als wesentliche Kriterien für den Kunststofflittereintrag und -verbleib wurden die Nutzungsintensität und Reinigungsintervalle bestimmt. Ursprünglich wurden die Übernachtungszahlen in den einzelnen Küstengemeinden als Maß für die Nutzungsintensität angesehen, jedoch müssten diese ins Verhältnis zu der Küstenlinie der Gemeinde gesetzt werden. Die zu den Gemeinden gehörigen Küstenlinien sind in der Literatur selten gegeben. Weiterhin ist das Einzugsgebiet der Küstenbesucher nicht genau eingrenzbar. Touristen könnten demnach die Küste nutzen und in Gemeinden übernachten, die nicht zur Küste gehören. Für zukünftige Aktualisierungen der Abschätzungen wäre es sinnvoll zu prüfen, ob eine bessere Datengrundlage hinsichtlich dieser Problematik gegeben ist oder geschaffen werden kann, um die Küste dann anhand der Übernachtungszahlen in den einzelnen Gemeinden und der dazugehörigen Küstenlinie einzuteilen. Die Zugänglichkeit des Küstenabschnittes ist ein weiteres Kriterium, welches für den Kunststofflittereintrag und -verbleib an der Küste zu beachten ist. Die Datengrundlage für das Kriterium Zugänglichkeit war ebenfalls nicht gegeben, ist aber bei zukünftigen Aktualisierungen zu beachten.

Um Aussagen über die *Schlupfquote* (s. Kapitel 10.7.4) und den *Littereintrag* (s. Kapitel 10.7.5) zu treffen und darauf aufbauend die Menge des *verbleibenden Kunststofflitters* abzuschätzen, wurden Träger

und Betreiber um Auskunft über *gesammelte Abfallmengen*, Reinigungsintervalle und –arten gebeten. Zur Datenerhebung wurden Betreiber oder Träger von 284 EU-Badestellen (NI: 40; SH: 148; MV: 96) an der deutschen Nord- und Ostsee angefragt. 24 Betreiber oder Träger von insgesamt 40 EU-Badestellen meldeten sich zurück. Bezüglich der manuell gesammelten Abfallmengen gab es einen Betreiber, der monatliche Abfallgewichte für das Jahr 2016 zur Verfügung stellte (s. Kapitel 10.7.5.1). Als manuell gesammelte Abfälle sind die Abfälle definiert, die per Hand von der Oberfläche des Küstenabschnitts eingesammelt wurden. Papierkorbabfälle sind in dieser Definition ausgeschlossen. Darüber hinaus gab es noch mehrere Rückmeldungen, die zwar Daten über gesammelte Abfallmengen beinhalten. Diese waren jedoch oftmals geschätzt oder umfassten neben den Abfallmengen der manuellen Reinigung auch Abfallmengen der maschinellen Reinigung, welche einen höheren Sandanteil, einen höheren Wassergehalt und auch biogenes Material (z.B. Muscheln, Seegras) enthielten. Einige Angaben wurden ebenfalls in Volumeneinheiten angegeben. Um diese unterschiedlichen Angaben auf eine einheitliche Datengrundlage zu normieren, wären einige Umrechnungsfaktoren nötig gewesen. Dies hätte allerdings zu ungenaueren Ergebnissen geführt, weswegen darauf verzichtet wurde, diese Daten mit einzubeziehen.

Neben den vereinzelt Angaben über gesammelte Abfallmengen wurden von 10 % aller angefragten Träger und Betreiber von EU-Badestellen Daten bzgl. der Reinigungsintervalle zur Verfügung gestellt (s. Tabelle 94). Wie erwartet, sind die Reinigungsintervalle für Seebäder eher kürzer und für sonstige Badestellen eher länger. Neben den Reinigungsintervallen wurden auch Daten über die Art der Reinigung übermittelt (s. Tabelle 96). Alle Träger und Betreiber der sonstigen Badestellen, die Angaben bzgl. Reinigungsarten zur Verfügung stellten, gaben an, dass sie ausschließlich manuell reinigen. In den Seebädern dagegen wird neben der manuellen Reinigung etwa zu einem Anteil von 50 % auch maschinell gereinigt. Ein Seebad reinigt sogar ausschließlich maschinell.

Tabelle 94: Reinigungsintervalle in angefragten Seebädern und bei Trägern und Betreibern von sonstigen Badestellen

Reinigungsintervalle	Anzahl der Seebäder (n=18)	Anzahl der Träger und Betreiber von sonstigen Badestellen (n=11)
Kurz (in der Hauptsaison mind. einmal täglich)	11	0
Mittel (in der Hauptsaison mind. mehrmals wöchentlich)	5	2
Lang (in der Hauptsaison mind. einmal wöchentlich)	0	2
Unregelmäßig/nach Bedarf/keine Reinigung	2	7

Die Definitionen der Reinigungsintervalle sind nicht auf die Einschätzungen der anderen Flächennutzungstypen bzgl. der Reinigungsintervalle in Tabelle 4 übertragbar, da sich die Definition in Tabelle 94 auf die Hauptsaison beziehen.

Tabelle 95: Reinigungsarten von angefragten Seebädern und von Trägern und Betreibern von sonstigen Badestellen

Art der Reinigung	Anzahl der Seebäder (n=17)	Anzahl der Träger und Betreiber von sonstigen Badestellen (n=6)
Manuell und maschinell	8	0
Manuell	8	6
Maschinell	1	0

10.7.4 Bestimmung der Schlupfquote

Aufgrund der Angaben zu Reinigungsintervallen und Reinigungsarten in Kapitel 10.7.3 und den Ausführungen in Kapitel 4.2.2 wurden Schätzungen bzgl. der Schlupfquote getroffen (s. Tabelle 4). Die Basiswerte der Schlupfquote betragen für Seebäder, sonstige Badestellen und der sonstigen Küste 25 Gew.-%, 75 Gew.-% und 95 Gew.-%, und die dazugehörigen Spannbreiten betragen 10-40 Gew.-%, 60-90 Gew.-% und 90-100 Gew.-%. Für die urbanen Küsten wurden ein Basiswert (50 Gew.-%) und eine Spannweite (40-60 Gew.-%) angenommen, welche zwischen denen der Seebäder und sonstigen Badestellen liegen.

10.7.5 Bestimmung des Littereintrags

Im Folgenden wird der Littereintrag für die einzelnen Kategorien abgeschätzt.

10.7.5.1 Seebäder

Die Grundlagendaten für den jährlichen *Littereintrag* der *Seebäder* lieferte die Kurverwaltung Dierhagen (2017), welche eine Badestellenlänge von 7,5 km verwaltet. Konkret wurden Daten über die Abfallabholgewichte für die einzelnen Monate im Jahr 2016 zur Verfügung gestellt (s. Spalte „Abholgewichte“ in Tabelle 96). Dabei ist anzumerken, dass der Abfall der Monate, in denen keine Abholmengen verzeichnet sind, in dem Monat abgeholt wurde, in dem nachfolgend eine Abholmenge verzeichnet ist. Daher wäre es möglich, dass ein Teil der Abfälle eines Monats erst im darauffolgenden Monat abgeholt wurde und somit für den darauffolgenden gezählt wurde. Deswegen wurden für die einzelnen Monate in Tabelle 96 die innerhalb eines Monats entsorgten Abfälle abgeschätzt (Spalte: „Papierkorbabfälle und auf dem Strand gesammelte Abfallmengen“). Es wurde dabei angenommen, dass sich die Abholgewichte jeweils zu gleichen Anteilen aus den vorangegangenen Monaten ohne Abholung und dem Monat, in dem der Abfall erstmalig wieder abgeholt wurde, zusammensetzen. Nach dieser Annahme setzt sich beispielsweise das Abholgewicht des Abfalls, welcher im April abgeholt wurde (1,88 T), aus insgesamt vier Monaten zusammen (Januar bis April), deren Abfallgewichte (Papierkorbabfälle und auf dem Strand gesammelte Abfallmenge) jeweils 0,47 t betragen. Der Anteil der auf dem Strand gesammelten Abfälle, welche sich aus Littering- und Nicht-Litteringabfällen zusammensetzten, an der Gesamtmenge der abgeholt Abfälle wurde von der Kurverwaltung Dierhagen auf etwa 20 Gew.-% geschätzt (Kurverwaltung Dierhagen 2017). Aufgrund dieser Schätzung ergeben sich die monatlichen Gewichte der auf dem Strand gesammelte Abfallmenge (s. Spalte „auf dem Strand gesammelte Abfallmenge“ in Tabelle 96), woraus sich für das Jahr 2016 eine auf dem Strand gesammelte Abfallmenge von 10,79 t/a ergibt (s. Tabelle 96). Bezogen auf eine Strecke von 7,5 km, ergibt sich eine auf dem Strand *gesammelte Abfallmenge* von 144 kg/(100 m*a).

Tabelle 96: Abfallabholgewichte von der Kurverwaltung Dierhagen (2017) und darauf aufbauend abgeschätzte monatlich entsorgte Abfälle

Monat	Abholgewichte [t]	Papierkorbabfälle und auf dem Strand gesammelte Abfallmengen [t]	Auf dem Strand gesammelte Abfallmenge [t]
Januar	-	0,47	0,09
Februar	-	0,47	0,09
März	-	0,47	0,09
April	1,88	0,47	0,09
Mai	1,44	1,44	0,29
Juni	6,72	6,72	1,34
Juli	6,42	6,42	1,28

Monat	Abholgewichte [t]	Papierkorbabfälle und auf dem Strand gesammelte Abfallmengen [t]	Auf dem Strand gesammelte Abfallmenge [t]
August	21,64	21,64	4,33
September	7,82	7,82	1,56
Oktober	-	3,77	0,75
November	7,54	3,77	0,75
Dezember	-	0,47	0,09
Summe	53	54	11

Die Angaben der Abholgewichte stellen lediglich die Abfallgewichte zum Zeitpunkt der Abholung dar. Für Monate, die keine Angaben aufweisen, heißt das nicht, dass kein Abfall erfasst wurde, sondern, dass die erfassten Abfallmenge sich nicht für eine Abholung lohnte. Deswegen wurden die 1,88 t im April (Spalte: Abholgewichte) auf die ersten vier Monate (Spalte: Papierkorbabfälle und auf dem Strand gesammelte Abfallmengen) aufgeteilt. Das Abholgewicht im November wurde für den Oktober und November (Spalte: Papierkorbabfälle und auf dem Strand gesammelte Abfallmengen) gemittelt. Für den Dezember wurde angenommen, dass die entsorgten Abfälle genauso hoch sind wie in den anderen beiden Wintermonaten. Aus der zusätzlichen Angabe für den Dezember (Spalte: Papierkorbabfälle und auf dem Strand gesammelte Abfallmengen) ergibt sich auch die größere Summe in der Spalte „Papierkorbabfälle und auf dem Strand gesammelte Abfallmengen“. 20% der Summe aus „Papierkorbabfällen und auf dem Strand gesammelte Abfallmengen“ sind „auf dem Strand gesammelte Abfallmenge“. Die auf dem Strand gesammelte Abfallmenge umfasst Littering- und Nicht-Litteringabfälle.

Mit einer *Schlupfquote* von 25 Gew.-% (s. Basiswert in Tabelle 4) ergibt sich eine *gesammelte Abfallmenge* von 75 Gew.-% des jährlichen *Abfalleintrags*, in dem Fall 144 kg/(100 m²a). Der jährliche *Abfalleintrag* beträgt damit 192 kg/(100 m²a). Um den jährlichen *Littereintrag* zu berechnen, muss der jährliche *Abfalleintrag* mit dem *Litteranteil* multipliziert werden. Im Folgenden wird näher auf die Bestimmung des *Litteranteils* eingegangen.

Schernewski et al. (2017) geben an, dass 50 Stk.-% der von Ihnen untersuchten Abfälle von Tourismus-/Freizeitaktivitäten, 25 Stk.-% von eingeleitetem Abwasser, 10 Stk.-% von der Schifffahrt, 8 Stk.-% von Offshoreplattformen und 7 Stk.-% von der Fischerei entstammen. Die Abfälle, die von Tourismus/Freizeitaktivitäten entstammen, werden nachfolgend mit dem Litter gleichgesetzt. Die Abfälle, die von eingeleiteten Abwässern, der Schifffahrt, Offshoreplattformen und der Fischerei entstammen, werden nachfolgend mit Nicht-Litter gleichgesetzt. Schernewski et al. (2017) merken allerdings an, dass sich die genannten Angaben lediglich auf den Abfallanteil bezieht, dem eine Herkunft zugeordnet werden konnte. 42 Stk.-% aller Abfälle konnten nicht zugeordnet werden (Schernewski et al., 2017). Im Folgenden wird angenommen, dass die Zusammensetzung der herkunftsbestimmbaren Abfälle gleich derjenigen der nicht herkunftsbestimmbaren Abfälle ist. Des Weiteren wird angenommen, dass der stückbezogene Litteranteil von 50 Stk.-% (Anteil der Tourismus-/Freizeitaktivitäten aus Schernewski et al. (2017)) gleich dem gewichtsbezogenen *Litteranteil* (50 Gew.-%) ist. Somit beträgt der jährliche Littereintrag 96 kg/(100 m²a). Es wird angenommen, dass dieser Wert repräsentativ ist für alle Seebäder an der deutschen Küste.

10.7.5.2 Sonstige Badestellen

In Hengstmann et. al (2017) wurden für vier Küstenabschnitte (einer in Dranske, zwei in Varnkevitze, einer in Vitt) auf Rügen empirische Untersuchungen bzgl. des Abfallgewichtes durchgeführt. Obwohl nur einer der vier Küstenabschnitte zu einer EU-Badestelle gehört, ist davon auszugehen, dass alle vier in die Kategorie *sonstige Badestellen* fallen, weil die vorwiegende Strandnutzung dieser vier Küstenabschnitte „Schwimmen/Sonnenbaden“ bzw. die touristische Nutzung hoch ist (Hengstmann et. al 2017). Die Auswahl der Küstenabschnitte richtete sich nach der OSPAR-Richtlinie, welche für Referenzstrände angibt, dass diese idealerweise nicht von anderen Akteuren gereinigt werden sollen (OSPAR,

2010). Der Abfall der vier Strände wurde Mitte Juli 2015 jeweils einmal eingesammelt (Hengstmann, 2017). Die gesammelten Abfallgewichte betragen 0,59 kg/100 m, 1,62 kg/100 m, 3,80 kg/100 m und 5,75 kg/100 m. Für die weiteren Berechnungen wurde der Mittelwert (2,94 kg/100 m) benutzt. Es ist wichtig anzumerken, dass die Abschätzung des *verbleibenden Kunststofflitters* der *sonstigen Badestellen* auf lediglich diesen vier Werten basiert. Weitere gewichtsbezogene Angaben von anderen Untersuchungen waren nicht verfügbar.

Der Reinigungsschlupf, also der Abfall, der bei den Untersuchungen von Hengstmann et al. (2017) nicht gesammelt wurde, wurde auf 5 Gew.-% geschätzt. Der Grund für diese Schätzung ist, dass Schernewski et al. (2017) bei der Kontrolle von bereits fünf abgesammelten Strandabschnitten noch einmal durchschnittlich 10 Stk.-% der gesamten Abfallmengen (aus Reinigung und Kontrolle) sammelten. Es wird angenommen, dass die bei der Kontrolle gesammelten Stücke im Durchschnitt kleiner als die der vorangegangenen Reinigung waren. Mit einer geringeren Größe wird auch ein geringeres Gewicht angenommen, weswegen insgesamt der Reinigungsschlupf auf 5 Gew.-% geschätzt wird. Daraus ergibt sich eine zum Zeitpunkt der Reinigung vorliegende Abfallmenge von 3,09 kg/100 m.

Der Verbleib an der Küste wird im Vergleich zu anderen Flächennutzungstypen als sehr gering eingeschätzt. So ist anzunehmen, dass mit einer Reinigung im Jahr der Großteil der Litteringabfälle, die an der Küste entsorgt worden sind, schon verweht oder weggespült wurde. Es wurde deswegen nach einem Bilanzmodell gesucht, mit dem ausgehend von der zum Zeitpunkt der Sammlung vorhandenen Abfallmengen (3,09 kg/100 m) der *Littereintrag* für das ganze Jahr bestimmt werden konnte. Nachfolgend wird dieses Bilanzmodell beschrieben.

Es wird dabei von einem Bilanzmodell ausgegangen, bei dem der Bilanzraum ein Küstenabschnitt ist, der repräsentativ für einen Küstenabschnitt der Kategorie sonstige Küste steht. Wenn das Modell unter Ausschluss von Reinigungen betrachtet wird, sind die Abfalleinträge genauso hoch wie die Abfallausträge. Der Ort, in dem sich der Abfall zwischen Eintrag und Austrag befindet wird als Lager definiert und beinhaltet eine maximale Anzahl von Abfallteilen. Unmittelbar nach einer Reinigung, wenn das Lager keinen Abfall beinhaltet, sind die Austräge gleich Null und erhöhen sich stetig bis sie sich den Einträgen wieder angeglichen haben. Nachfolgend wird abgeschätzt, wie lange es ab dem Zeitpunkt einer Reinigung dauert bis das Lager wieder die maximale Anzahl von Abfallteilen beinhaltet.

Schernewski et al. (2017) verglichen monatliche und dreimonatliche Reinigungen an einem Strand in Kägsdorf (MV) miteinander und schlussfolgerten, dass eine Reinigung, die vor einem Monat stattfand, keine Auswirkung auf die Anzahl der Abfallteile einer aktuellen Reinigung hat. Ähnliche Ergebnisse liefern Smith und Markic (2013), die an einem australischen Strand Abfallstückzahlen von Reinigungen mit unterschiedlichen Reinigungsintervallen miteinander verglichen. Aus Reinigungen, denen reinigungslose Intervalle von ungefähr einem Monat vorrausgingen, resultierten ähnlich hohe Stückzahlen wie bei Reinigungen, denen reinigungslose Intervalle von mehr als einem Monat vorrausgingen (s. Tabelle 97). Zudem sind diese ähnlich hoch wie die Ergebnisse der Stückzählung der ersten Reinigung zu Beginn der Untersuchungen von Smith und Markic (2013). Sie zählten bei täglichen Reinigungsintervallen auf dem von ihnen untersuchtem Strandabschnitt etwa 800 Abfallteile (s. Tabelle 97). Bei Reinigungsintervallen von 28 Tagen und länger zählten Sie etwa 4.000 Abfallteile (n=6; Durchschnitt: 3.829; s. Tabelle 97). Bei der ersten Reinigung ohne vorhergehende Reinigung wurden 4.044 Abfallteile gezählt. Aufgrund dieser Daten kann angenommen werden, dass auf dem von Smith und Markic (2013) analysiertem Strandabschnitt ohne Reinigung etwa 800 Abfallteile pro Tag ein- und austragen werden und sich etwa 4.000 Abfallteile im Lager befinden. Unter der Annahme, dass der australische Strand von Smith und Markic (2013) sich bzgl. seiner Abfalleintrags- und austragsraten ähnlich verhält wie der Bilanzraum des betrachteten Bilanzmodells kann geschlussfolgert werden, dass es nach einer Reinigung mindestens einen Monat dauert bis sich die Abfallausträge (durch Verwehungen

bzw.erspülungen, nicht durch Reinigung) den Abfalleinträgen (durch den Menschen) wieder angeglichen haben. Somit ergeben sich für einen Küstenabschnitt, an dem keine Reinigung stattfindet, zwölf Zeiträume (=Monate) im Jahr, in denen der Abfall jeweils theoretisch ausgetauscht wird.

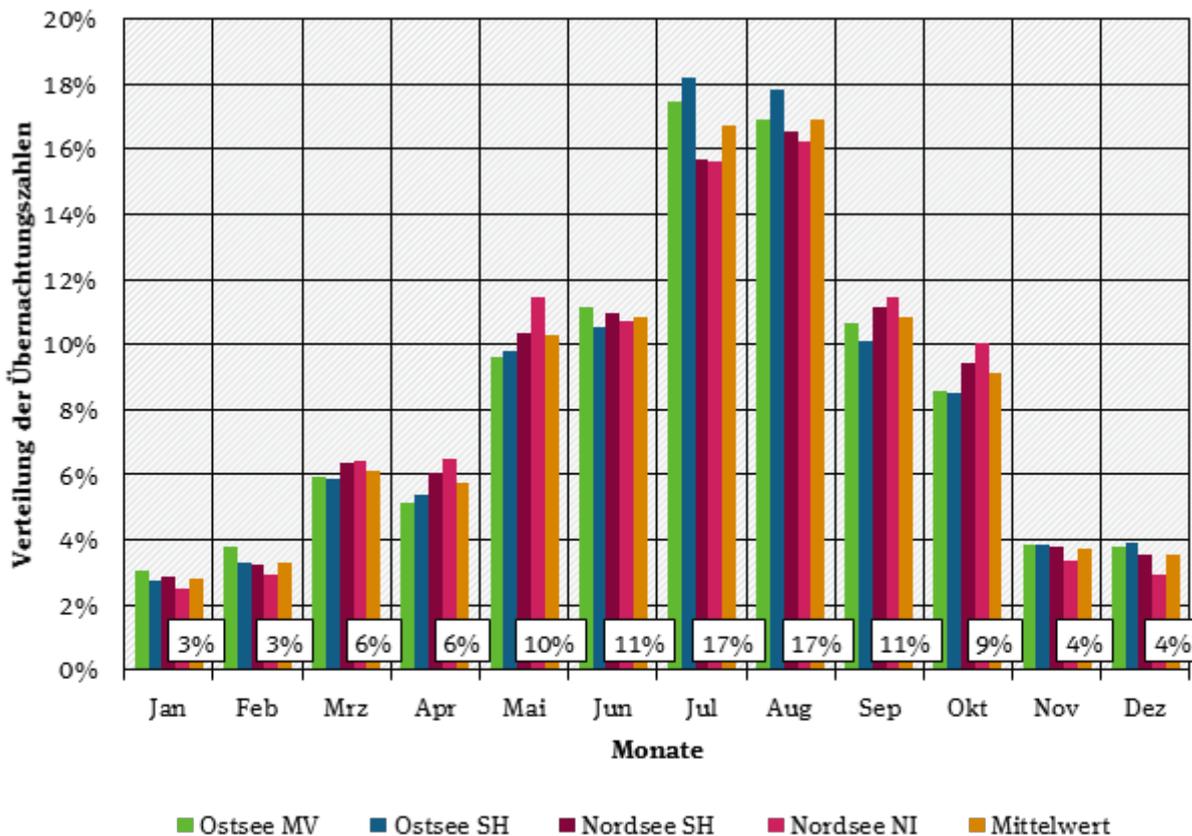
Tabelle 97: Reinigungsintervalle, Anzahl der Wiederholungen, durchschnittlich erfasste Abfallteile mit deren Minima und Maxima aus Smith und Markic (2013)

Reinigungsintervalle [d]	Anzahl der durchgeführten Wiederholungen	Durchschnitt [Abfallteile]	Minimum [Abfallteile]	Maximum [Abfallteile]
1	7	772	540	928
4	1	1211	1211	1211
14	6	1506	825	2944
21	1	3762	3762	3762
28	2	4565	2080	7049
63	1	4571	4571	4571
84	1	1795	1795	1795
126	1	2360	2360	2360
165	1	5118	5118	5118

Nun ist die bei einer Reinigung vorgefundene Abfallmenge nicht der Abfalleintrag eines Monats, da eingetragener Abfall auch wieder ausgetragen werden kann. Aufgrund der Annahme, dass pro Tag 800 Abfallteile in den Bilanzraum des betrachteten Bilanzmodells eingetragen werden, werden pro Monat (30 Tage) etwa 24.000 Abfallteile eingetragen, was eine sechsfache Menge des Lagers bedeutet. Überträgt man das beschriebene Bilanzmodell auf die von Hengstmann et al. (2016) untersuchten Strände ist der *Abfalleintrag* in dem Monat vor der Reinigung (Mitte Juni bis Mitte Juli 2015) sechsmal so hoch wie die zum Zeitpunkt der Reinigung (Mitte Juli 2015) vorliegende Abfallmenge (3,09 kg/100 m), was 18,57 kg/100 m ergibt.

Der zweite Teil der Berechnung des *Abfalleintrags* bestand darin, ausgehend von dem *Abfalleintrag* zwischen Mitte Juni und Mitte Juli (18,57 kg/100 m) die Umrechnungsfaktoren für die anderen elf Monate zu ermitteln. Diese zeitliche Variation war nötig, da beispielsweise die Litteringabfälle im Sommer sehr wahrscheinlich höher sind als im Winter. Dazu wurde angenommen, dass die Übernachtungszahlen in den Beherbergungsbetrieben an der Küste sich proportional zu den Litteringabfällen verhalten. In Abbildung 20 ist die monatliche Verteilung der Übernachtungszahlen für die Nord- und Ostsee mit Unterteilung in die einzelnen Bundesländer für das Jahr 2016 dargestellt. Weiterhin sind dort Mittelwerte angegeben, auf denen die Umrechnungsfaktoren aufbauen. Es wird angenommen, dass zwischen Mitte Juni und Mitte Juli, also dem Zeitraum, in dem der geschätzte *Abfalleintrag* 18,57 kg/100 m betrug, 14 % aller Übernachtungen des Jahres stattfanden (Mittelwert aus Juni (11%) und Juli (17%)). Somit entspricht ein *Littereintrag* von 9,28 kg/100 m 14% aller Übernachtungen des Jahres. Darauf aufbauend sind in Tabelle 98 die einzelnen monatlichen *Littereinträge* aufgelistet. Das Gesamtgewicht des *Littereintrags* pro Jahr an den *sonstigen Badestellen* beträgt demnach 67 kg/(100 m*a).

Abbildung 20: Verteilung der Übernachtungszahlen an der Nord- und Ostsee mit zusätzlicher Unterteilung in die jeweiligen angrenzenden Bundesländer und dem Mittelwert dieser vier Gebiete



Die Daten für das Gebiet Ostsee Mecklenburg-Vorpommern (MV) stammen aus den monatlich erscheinenden Statistischen Berichten des Statistischen Amtes Mecklenburg-Vorpommerns (2017a). Die Daten für das Gebiet Ostsee Schleswig-Holstein (SH) und Nordsee SH stammen aus den monatlich erscheinenden Statistischen Berichten von Statistik Nord (2017). Die Daten für das Gebiet Nordsee Niedersachsen (NI) stammen aus der Regionaldatenbank des Landesamtes für Statistik Niedersachsen (LSN, 2017). Die betrachteten Gebiete in den jeweiligen Veröffentlichungen beziehen sich auf uneinheitliche Gebiete, so sind z.B. in SH alle an der Küste grenzenden Gemeinden erfasst, während die statistischen Gebiete in MV nach nicht administrativen Räumlichkeiten gegliedert sind. Für die Verteilung der Übernachtungszahlen hat dieser Umstand sehr wahrscheinlich keine Auswirkungen, sollte aber als Hintergrundinformation genannt sein. Mittelwerte sind jeweils an der Basis der Mittelwertbalken als Prozentangabe gegeben. Die Summe der Mittelwerte ist nicht 100 %, weil die Mittelwerte gerundet angegeben sind. Ungerundet ergeben die Mittelwerte eine Summe von 100 %.

Tabelle 98: Verteilung der Übernachtungszahlen (Mittelwert) der vier Gebiete an der Küste und der jeweilige Littereintrag

Monat	Verteilung der Übernachtungszahlen an der Küste (Mittelwert)	Littereintrag (kg/100 m)
Januar	3%	1,9
Februar	3%	2,2
März	6%	4,1
April	6%	3,9
Mai	10%	6,9

Monat	Verteilung der Übernachtungszahlen an der Küste (Mittelwert)	Littereintrag (kg/100 m)
Juni	11%	7,3
Juli	17%	11,3
August	17%	11,4
September	11%	7,3
Oktober	9%	6,2
November	4%	2,5
Dezember	4%	2,4
Summe	100%	67

Die Mittelwerte für die Verteilung der Übernachtungszahlen entstammen Abbildung 20. Grundlage für die Berechnung des Littereintrags war, dass 14% der Übernachtungszahlen 9,28 kg/100 m Littereintrag pro Monat entsprechen. Die 14% sind der Mittelwert der Übernachtungszahlen aus Juni und Juli, und die 9,28 kg/100 m pro Monat ist der Littereintrag, der auf Grundlage der Untersuchungen von Hengstmann et al. (2017) berechnet wurde. Die Summe der Mittelwerte ist nicht 100 %, weil die Mittelwerte gerundet angegeben sind. Ungerundet ergeben die Mittelwerte eine Summe von 100 %.

10.7.5.3 Urbane Küste, sonstige Küste und Binnenküste von Mecklenburg-Vorpommern

Es wurde angenommen, dass die *Littereinträge* für sonstige und urbane Küsten geringer sind als die der Seebäder und der sonstigen Badestellen, da die Nutzerzahlen und damit das Maß für potentielles Littering auf Küstenabschnitten von Seebädern als höher eingeschätzt wurden. Der *Littereintrag* der urbanen Küste wurde auf etwa die Hälfte des *Littereintrags* von sonstigen Badestellen geschätzt (35 kg/(100 m*a)), da die Nutzerzahlen von sonstigen Badestellen im Vergleich zu urbanen Küsten als größer eingestuft wurden.

Im Ostseeraum wurden zwischen 2011 und 2013 Zählungen auf urbanen und ländlichen Küstenabschnitten durchgeführt (MARLIN 2015). Die Abfallstückzahlen auf urbanen Küstenabschnitten (Durchschnitt: 236,6 Abfallteile/100 m) waren etwa dreimal so hoch wie die der ländlichen Küste (Durchschnitt: 75,5 Abfallteile/100 m). Ländliche Küste wird hier als Synonym für die Kategorie sonstige Küste verstanden. Deswegen wird der *Littereintrag* auf sonstigen Küsten auf ein Drittel (11,7 kg/(100 m*a)) des *Littereintrags* von urbanen Küsten (35 kg/(100 m*a)) geschätzt.

In Kapitel 10.7.1.3 wurde begründet, warum der *Littereintrag* an der sonstigen Binnenküste von MV auf 3,2 % des *Littereintrags* der sonstigen Küste geschätzt wurde. In absoluten Zahlen beträgt demnach der *Littereintrag* auf der sonstigen Binnenküste von MV 0,4 kg/(100 m*a).

10.7.6 Bestimmung des Kunststoffanteils des Litters

Zur Bestimmung des *verbleibenden Kunststofflitters* an der Küste wurde der *Kunststoffanteil des Litters* mit 30 Gew.-% angegeben. Diese Angabe beruht auf den von Hengstmann et al. (2016) durchgeführten Untersuchungen, in denen ein Kunststoffanteil von 30,55 Gew.-% analysiert wurde. Dabei wurde angenommen, dass der *Kunststoffanteil des Abfalleintrags* gleich dem des *Littereintrags* ist.

10.7.7 Bestimmung des verbleibenden Kunststofflitters

In Tabelle 99 sind die einzelnen Faktoren der Abschätzung vollständigheitshalber aufgeführt, zusammen mit den Mengen des *verbleibenden Kunststofflitters* je nach Kategorie.

Tabelle 99: Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Kunststofflittereintrag und –verbleib, ausgehend vom Littering an der Küste

Nr.	Rechengröße		Seebäder	Sonstige Badestellen	Sonstige Küste	Sonstige Binnenküste von MV	Urbane Küste	Gesamtsumme
[1]	Gesammelte Abfallmenge [kg/(100 m*a)]		144	-	-	-	-	-
[2]	Schlupfquote Basiswert [Gew.-%]		25%	75%	95%	95%	50%	-
[3]	Schlupfquote Spannweite [Gew.-%]		10-40%	60-90%	90-100%	90-100%	40-60%	-
[4]	Littereintrag Basiswert [kg/(100 m*a)]		96	67	12	0,4	35	-
[5]	Küstenlänge [km]		399	196	1.308	1.541	74	-
[6]	Kunststoffanteil des Litters [Gew.-%]		30%	30%	30%	30%	30%	-
[7]	Verbleibender Kunststofflitter Basiswert [t/a]	= [4] * [5] * [6] * [2]	29	30	43	1,6	3,9	107
[8]	Verbleibender Kunststofflitter Spannweite [t/a]	= [4] * [5] * [6] * [3]	11-46	24-36	41-46	1,5-1,7	3,1-4,7	81-133

Für die Schlupfquote ist jeweils neben der Spannweite ebenfalls der Mittelwert (MW) angegeben. Für den Littereintrag der Seebäder ist ebenfalls eine Spannweite und ein MW angegeben, weil die Daten der Seebäder auf tatsächlich gesammelten Abfallmengen beruhen. Ausgehend von den gesammelten Abfallmengen von Seebädern verändert sich der Littereintrag bei variierender Schlupfquote. Der Littereintrag für die sonstige Binnenküste von MV beträgt 3,2% von dem Littereintrag an der sonstigen Küste (s. Kapitel 10.7.1.3). Um die Menge des verbleibenden Kunststofflitters aller Kategorien zu erhalten, wurden die Basiswerte des verbleibenden Kunststofflitters aus Tabelle 99 addiert, welche zusammen 107 t/a ergeben. Die dazugehörige Spannweite beträgt 81-133 t/a.

10.8 Exkurs: Zigarettkippen

Im folgenden Exkurs erfolgt eine gesonderte Betrachtung des Eintrags von Zigarettkippen. Während in den übrigen Betrachtungen des Kunststofflittereintrags keine gesonderte Betrachtung einzelner Produkte bzw. Produktgruppen erfolgt, werden Zigarettkippen aufgrund ihrer Dominanz unter den gelitterten Abfällen nochmals gesondert beleuchtet.

Für die nachfolgende Abschätzung des Zigarettkippeneintrags und –verbleibs wird ein durchschnittliches Trockengewicht einer Zigarettkippe von 0,2 g angenommen. Allgemein ist zur Schlupfquote anzumerken, dass Zigarettkippen aufgrund ihrer geringen Größe und im Falle einer manuellen Reinigung, welche nicht speziell auf das Einsammeln von Zigarettkippen angelegt ist, oftmals

nur unter hohem Zeit- und Kostenaufwand eingesammelt werden können. Dies ist ein Hindernis für eine hohe Reinigungsleistung und bewirkt eine hohe Schlupfquote. Zudem ergibt sich eine hohe Schlupfquote durch die relativ schnelle Zersetzung der Zigarettenkippen. Papier- und Tabakreste können biologisch abgebaut werden. Im Gegensatz dazu können die Filter, welche vorwiegend aus Cellulose-Acetat gefertigt sind, nicht biologisch abgebaut werden. Die Filter zersetzen sich nach einiger Zeit in ihre einzelnen Fasern (Schneider und Gäth 2016). Schneider und Gäth (2016) untersuchten die Zersetzung von Zigarettenfiltern in unterschiedlichen Medien. Nach fünf Wochen betrug der Gewichtsverlust der aus Cellulose-Acetat gefertigten Zigarettenfilter in den Medien Straße/Pflaster, Wiese und Boden zwischen 60 - 75 Gew.-% (Schneider und Gäth 2016). Im Medium Gewässer betrug der Gewichtsverlust nach fünf Wochen 30 - 55 Gew.-%.

10.8.1 Küste

MARLIN (2015) enthält stückzahlbezogene Daten über gelitterte Zigarettenkippen auf Küstenabschnitten. Auf ländlichen, vorstädtischen und urbanen Küstenabschnitten im Ostseeraum wurden 49,4 Stk./100 m, 111,5 Stk./100 m und 301,9 Stk./100 m gezählt. Der Reinigungsschlupf dieser Zählungen wird auf 10 Stk.-% geschätzt. Der Grund für diese Schätzung ist, dass Schernewski et al. (2017) bei der Kontrolle von bereits fünf abgesammelten Strandabschnitten noch einmal durchschnittlich 10 Stk.-% der gesamten Abfallmengen (aus Reinigung und Kontrolle) sammelten. Somit ergeben sich für die Menge an gelitterten Zigarettenkippen Auf ländlichen, vorstädtischen und urbanen Küstenabschnitten im Ostseeraum jeweils 54,9 Stk./100 m, 123,9 Stk./100 m und 335,4 Stk./100 m.

In Kapitel 10.7.5.2 wurde für Kunststofflitter angenommen, dass dieser pro Monat auf einem Küstenabschnitt einmal ausgetauscht wird, und dass innerhalb des Monats der Eintrag sechsmal so hoch ist wie das Lager. Letzteres wurde in Bezug auf Zigarettenkippen vernachlässigt, da aufgrund der geringen Angriffsfläche und der eventuellen Gewichtszunahme durch Wasser Zigarettenkippen weniger stark verweht werden. Somit verbleibt der Faktor zwölf, mit dem die o.g. Werte (ländlich: 54,9 Stk./100 m; vorstädtisch: 123,9 Stk./100 m; urban: 335,4 Stk./100 m) multipliziert werden müssen, um den jährlichen Zigarettenkippeneintrag an der Ostseeküste (ländlich: 658,7 Stk./ $(100 \text{ m}^2 \cdot \text{a})$; vorstädtisch: 1.486,7 Stk./ $(100 \text{ m}^2 \cdot \text{a})$; urban: 4.025,3 Stk./ $(100 \text{ m}^2 \cdot \text{a})$) zu erhalten. Es wurde angenommen, dass diese Angaben repräsentativ sind für die deutsche Küste.

Für die Längenabschätzung der urbanen Küstenabschnitte an der deutschen Küste wurden die Längen der Seebäderbadestellen benutzt (s. Kapitel 10.7.2.1: 399 km). Für die Längenabschätzung der vorstädtischen Küstenabschnitte an der deutschen Küste wurden die Längen der sonstigen Badestellen benutzt (s. Kapitel 10.7.2.2: 196 km). Für die Längenabschätzung der ländlichen Küstenabschnitte an der deutschen Küste wurden die Längen der sonstigen Küste benutzt (s. Kapitel 10.7.2.3: 1.308 km). Der Zigarettenkippeneintrag der sonstigen Binnenküste von MV (s. Kapitel 10.7.2.4: 1.541 km) beträgt 3,2% des Zigarettenkippeneintrags der sonstigen Küste. Die Begründung für diesen Umrechnungsfaktor ist in Kapitel 10.7.1.3 zu finden.

Im Vergleich zu den Schlupfquoten für Strandabfälle im Allgemeinen, wurden die Schlupfquoten speziell für Zigarettenkippen höher geschätzt, weil aufgrund der Kleinteiligkeit eine geringere Erfassung angenommen wurde. Durch die Anfrage an Trägern und Betreibern von Badestellen (s. Kapitel 10.7.3), wurde angenommen, dass im Vergleich der einzelnen Kategorien, eine maschinelle Reinigung vorwiegend in Seebädern erfolgt. Die Strandreinigungsmaschinenhersteller Kässbohrer Geländefahrzeug AG (o.J.) und H Barber & Sons (o.J.) geben an, dass durch den Einsatz ihrer Maschinen eine Entfernung von Zigarettenkippen möglich sei. Die Hersteller geben aber keine Reinigungsleistung bzgl. der Zigarettenkippen an. Die Schlupfquote für Zigarettenkippen in Seebädern wurde darauf aufbauend auf 50 Gew.-% (Spannbreite 25 - 75 Gew.-%) geschätzt, weil es auch bei einer Reinigungsleistung von 100 % zwischen den Reinigungen Zeiträume gibt, in denen Zigarettenkippen verweht oder weggespült werden können. Außerdem ist es möglich, dass manche Stellen auf dem Strand nicht von den Reinigungsmaschinen erfasst werden und manuell gereinigt werden müssen. Die manuelle Reinigung wird

dabei im Vergleich zur maschinellen Reinigung als weniger gründlich angesehen, da mit Sand überdeckte Zigarettenkippen übersehen werden und die maschinelle Reinigung bis in eine Tiefe von 15 – 30 cm reicht. Für alle anderen Kategorien wurde eine Schlupfquote von 95 Gew.-% (Spannbreite: 90 – 100 %) angenommen, da innerhalb dieser Kategorien, wenn überhaupt, vorwiegend manuell gereinigt wird. Daraus ergibt sich eine Gesamtmenge der verbleibenden Zigarettenkippen von 3,5 t/a (2,6-4,3 t/a) (s. Tabelle 100).

Tabelle 100: Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Zigarettenkippeneintrag und –verbleib verursacht durch das Littering an der Küste

Nr.	Rechengröße	Berechnung	Seebäder	Sonstige Badestellen	Sonstige Küste	Sonstige Binnenküste von MV	Gesamtsumme
[1]	Zigarettenkippeneintrag [Stk./ $(100 \text{ m}^2 \cdot \text{a})$]		3.622,8	1.338,0	592,8	18,9	-
[2]	Durchschnittliches Gewicht [g/Stk.]		0,2	0,2	0,2	0,2	-
[3]	Gewicht Zigarettenkippen [g/ $(100 \text{ m}^2 \cdot \text{a})$]	= [1] * [2]	725	268	119	4	-
[4]	Länge [km]		399	196	1.308	1.541	-
[5]	Schlupfquote Basiswert [Gew.-%]		50%	95%	95%	95%	-
[6]	Schlupfquote Spannbreite [Gew.-%]		25%-75%	90%-100%	90%-100%	90%-100%	-
[7]	Verbleibende Zigarettenkippen Basiswert [t/a]	= [3] * [4] * [5]	1,4	0,50	1,5	0,055	3,5
[8]	Verbleibende Zigarettenkippen Spannbreite [t/a]	= [3] * [4] * [6]	0,72-2,2	0,47-0,52	1,4-1,6	0,052-0,058	2,6-4,3

Der Littereintrag für die sonstige Binnenküste von MV beträgt 3,2% von dem Littereintrag an der sonstigen Küste (s. Kapitel 10.7.1.3).

10.8.2 Binnenbadestellen

Die Abschätzung des Zigarettenkippeneintrags und –verbleibs lehnt sich an die Abschätzung der sonstigen Badestellen in Kapitel 10.8.1 an. Es wird ebenfalls von einem Zigarettenkippeneintrag von 1.338 Stk./ $(100 \text{ m}^2 \cdot \text{a})$ und einer Schlupfquote von 95% (90 – 100 Gew.-%) ausgegangen. Mit einer Gesamtlänge von 215 km (s. Kapitel 0) ergibt sich daraus eine Menge der verbleibenden Zigarettenkippen von 547 kg/a (518 – 575 kg/a).

Tabelle 101: Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Zigarettenkippeneintrag und –verbleib verursacht durch das Littering auf Binnenbadestellen

Nr.	Rechengröße	Berechnung	Sonstige Badestellen
[1]	Zigarettenkippeneintrag [Stk./ $(100 \text{ m}^2 \cdot \text{a})$]		1.338
[2]	Durchschnittliches Gewicht [g/Stk.]		0,2
[3]	Gewicht Zigarettenkippen [g/ $(100 \text{ m}^2 \cdot \text{a})$]	= [1] * [2]	268
[4]	Länge [km]		215

Nr.	Rechengröße	Berechnung	Sonstige Badestellen
[5]	Schlupfquote Basiswert [Gew.-%]		95%
[6]	Schlupfquote Spannbreite [Gew.-%]		90%-100%
[7]	Verbleibende Zigarettenkippen Basiswert [t/a]	= [3] * [4] * [5]	0,55
[8]	Verbleibende Zigarettenkippen Spannbreite [t/a]	= [3] * [4] * [6]	0,52-0,58

10.8.3 Flussrandstreifen

Von den insgesamt 141.726 km aller Flüsse mit einem Einzugsgebiet über 10 km² (BfN 2004) liegen schätzungsweise 80% im ländlichen Raum und 20% im urbanen Raum (s. Kapitel 10.6.1). Für den urbanen Raum wurden Zigaretteinträge angenommen, die gleich der Zigaretteinträge von urbanen Küsten sind (s. Kapitel 10.8.1: 1.207,6 Stk./100 m*a). Für den ländlichen Raum wurden nicht die Werte der ländlichen Küste verwendet, weil die ländliche Küste als ein größerer Anziehungspunkt für Touristen eingeschätzt wurde als Flüsse mit einem Einzugsgebiet über 10 km², und weil viele Flussrandstreifen mit kleineren Einzugsgebieten schlecht bis gar nicht zugänglich sind. Darauf aufbauend wurde der Zigaretteintrag im ländlichen Raum auf 1% des urbanen Raum geschätzt (12 Stk./100 m*a). Die Schlupfquote auf Flussrandstreifen im urbanen Raum wurde auf die der Parkanlagen geschätzt (Basiswert: 50 Gew.-%; Spannbreite: 25-75 Gew.-%). Die Schlupfquote auf Flussrandstreifen im ländlichen Raum wurde aufgrund seltener Reinigungen und langer Reinigungsintervalle auf 95 Gew.-% (90-100 Gew.-%) geschätzt. Insgesamt ergibt sich daraus eine Menge der verbleibenden Zigarettenkippen auf Flussrandstreifen von 60 t/a (42-79 t/a).

Tabelle 102: Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Zigarettenkippeneintrag und –verbleib ausgehend vom Littering auf Flussrandstreifen

Nr.	Rechengröße	Berechnung	Urbaner Raum	Ländlicher Raum	Gesamtsumme
[1]	Zigarettenkippeneintrag [Stk./100 m*a]		1.207,6	12	-
[2]	Durchschnittliches Gewicht [g/Stk.]		0,2	0,2	-
[3]	Gewicht Zigarettenkippen [g/100 m*a]	= [1] * [2]	2.415	24	-
[4]	Länge [km]		28.345	113.381	-
[5]	Schlupfquote Basiswert [Gew.-%]		50%	95%	-
[6]	Schlupfquote Spannbreite [Gew.-%]		25-75%	90%-100%	-
[7]	Verbleibende Zigarettenkippen Basiswert [t/a]	= [3] * [4] * [5]	34	26	60
[8]	Verbleibende Zigarettenkippen Spannbreite [t/a]	= [3] * [4] * [6]	17-51	24-27	42-79

10.8.4 Straßenränder

Aufgrund nicht verfügbarer Literaturwerte wurde sich für die Einträge an Straßenrändern der Autobahnen an denen der urbanen Küste orientiert. Es wurde ein Eintrag von 1.000 Stk./100 m*a angenommen (s. Tabelle 103). Für die anderen Straßenkategorien, außer sonstige Straßen, erfolgte für die

Ermittlung des Zigarettenkippeintrags ausgehend von diesem Wert eine Abstufung in Abhängigkeit der DTV (s. Tabelle 103). Der Zigarettenkippeintrag der Kategorie sonstige Straßen wurde auf etwa zwei Drittel des Eintrags der Kreisstraßen geschätzt. Begründet wird das damit, dass die *gesammelte Abfallmenge* der sonstigen Straßen (15 kg/(km*a)) ebenfalls etwa zwei Drittel der *gesammelten Abfallmenge* der Kreisstraßen betrug (22 kg/(km*a)) (s. Kapitel 10.2.4.3). Die Schlupfquote wurde auf 95 Gew.-% (Spannbreite 90 – 100 Gew.-%) geschätzt, da angenommen wurde, dass die Straßenränder vorwiegend manuell gereinigt werden und Zigarettenkippen aufgrund ihrer geringen Größe leicht von Pflanzen überdeckt werden und dadurch übersehen werden. Außerdem ist es wahrscheinlich, dass der Fokus der Straßenrandreinigung auf größere Abfälle liegt, da diese für Autofahrer und Anwohner stärker zur optischen Verunreinigung beitragen. Mit den Streckenlängen der einzelnen Straßenkategorien ergibt sich insgesamt eine Menge der verbleibenden Zigarettenkippen von 97,6 t/a (92,5-102,8 t/a) (s. Tabelle 103).

Tabelle 103: Rechengrößen und Ergebnis der Abschätzung des Zigarettenkippeintrags und -verbleibs ausgehend vom Littering an Straßenrändern

Nr.	Rechengröße	Berechnung	AB	BS	LS	KS	sS	Gesamtsumme
[1]	Zigarettenkippeintrag [Stk./((100 m*a)]		1.000	186	80	50	33	-
[2]	DTV [Kfz/24 h]		50.149	9.323	4.000	2.500	-	-
[3]	Durchschnittliches Gewicht [g/Stk.]		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-
[4]	Zigarettenkippeintrag [g/(km*a)]	= [1] * [3]	2.000	372	160	100	66	-
[5]	Schlupfquote Basiswert [Gew.-%]		95%	95%	95%	95%	95%	-
[6]	Schlupfquote Spannbreite [Gew.-%]		90-100%	90-100%	90-100%	90-100%	90-100%	-
[7]	Länge [km]		12.996	38.069	86.970	91.939	600.000	-
[8]	Verbleibender Kunststofflitter Basiswert [t/a]	= [4] * [5] * [7]	24,7	13,4	13,2	8,7	37,6	97,6
[9]	Verbleibender Kunststofflitter Spannbreite [t/a]	= [4] * [6] * [7]	23,4-26,0	12,7-14,2	12,5-13,9	8,2-9,2	35,6-39,6	92,5-102,8

Die verwendeten Abkürzungen stehen für folgende Straßenkategorien: AB – Autobahn, BS – Bundesstraßen, LS – Landesstraßen, KS – Kreisstraßen, sS – sonstige Straßen. Die Angaben der Streckenlänge der AB, BS, LS und KS stammen aus Destatis (2017a). Die Angabe der Streckenlänge der sS stammt aus BMVI (2016). Die Angaben der DTV für die AB stammt aus (BASt 2017) und bezieht sich auf das Jahr 2015. Die Angaben der DTV für die BS stammt aus (BASt 2013) und bezieht sich auf das Jahr 2010. Die Angaben der DTV für die LS und KS sind eigene Schätzungen (s. Kapitel 10.2.2).

10.8.5 Fußgängerzonen

Ableidinger (2004) hat in den Fußgängerzonen der fünf europäischen Städte auch Zählungen von Zigarettenkippen durchgeführt. In Barcelona, Brüssel, Frankfurt, Prag und Wien wurden 4.895,9 Stk./((ha*d)), 7.150,5 Stk./((ha*d)), 2.700,5 Stk./((ha*d)), 4.126,3 Stk./((ha*d)) und 1.592,8 Stk./((ha*d)) ermittelt (Mittelwert: 4.093,2 Stk./((ha*d))). Für Fußgängerzonen in Deutschland

wurde aufbauend darauf der Eintrag auf 2.000 Stk./ $(\text{ha} \cdot \text{d})$ geschätzt, da es sich bei den von Ableidinger (2004) untersuchten Fußgängerzonen um touristisch stark frequentierte Plätze handelte, weswegen dort ein höherer *Littereintrag* von Zigarettenkippen zu erwarten ist als auf durchschnittlichen Fußgängerzonen in deutschen Städten. Aufgrund dessen, dass die Reinigung von Zigarettenkippen mit Kehrmaschinen relativ einfach ist, wenn diese sich auf ebenen Flächen befinden, aber relativ aufwendig ist, wenn diese sich in Fugen oder Baumscheiben sammeln, und dass ebenfalls ein nicht zu vernachlässigender Teil über die Kanalisation und den Vorfluter in die Umwelt eingetragen wird (Berliner Wasserbetriebe 2017), wurde die Schlupfquote auf 15 Gew.-% (5-25 Gew.-%) geschätzt. Insgesamt ergibt sich daraus ein Eintrag von 19 t/a (6-32 t/a) (s. Tabelle 104).

Tabelle 104: Rechengrößen und Ergebnis der Abschätzung den Zigarettenkippeneintrag und -verbleib verursacht durch das Littering in deutschen Fußgängerzonen

Nr.	Rechengröße	Berechnung	Fußgängerzone
[1]	Zigarettenkippeneintrag [Stk./ $(\text{ha} \cdot \text{d})$]		2.000
[2]	Durchschnittliches Gewicht [g/Stk.]		0,2
[3]	Zigarettenkippeneintrag [t/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$]	= [1] * [2]	15
[4]	Schlupfquote Basiswert [Gew.-%]		15
[5]	Schlupfquote Spannbreite [Gew.-%]		5-25
[6]	Fußgängerzonenfläche [km ²]		8,86
[7]	Verbleibender Kunststofflitter Basiswert [t/a]	= [3] * [4] * [6]	19
[8]	Verbleibender Kunststofflitter Spannbreite [t/a]	= [3] * [5] * [6]	6-32

10.8.6 Parkanlagen

Ausgehend von den Untersuchungen von Ableidinger (2004) wurde der Zigarettenkippeneintrag in Parkanlagen auf ein Prozent des Eintrags in Fußgängerzonen von geschätzt (s. Tabelle 105). Der Grund dafür ist, dass Parkanlagen allgemein weniger frequentiert sind als Fußgängerzonen, besonders im Winter. Die Schlupfquote wurde höher geschätzt als die der Fußgängerzone, weil der Einsatz der maschinellen Reinigung, die als gründlicher angesehen wird, oft nicht möglich ist (Basiswert: 50 Gew.-%, Spannbreite: 25-75 Gew.-%). Daraus ergibt sich insgesamt eine Menge der verbleibenden Zigarettenkippen ausgehend vom Littering in Parkanlagen von 29 t/a (14-43 t/a).

Tabelle 105: Rechengrößen und Ergebnis der Abschätzung des Zigarettenkippeneintrags und -verbleibs, verursacht durch das Littering in deutschen Parkanlagen

Nr.	Rechengröße	Berechnung	Parkanlagen
[1]	Zigarettenkippeneintrag [Stk./ $(\text{km}^2 \cdot \text{d})$]		2.000
[2]	Durchschnittliches Gewicht [g/Stk.]		0,2
[3]	Zigarettenkippeneintrag [kg/ $(\text{km}^2 \cdot \text{a})$]	= [1] * [2]	146
[4]	Schlupfquote Basiswert [Gew.-%]		50%
[5]	Schlupfquote Spannbreite [Gew.-%]		25-75%
[6]	Parkanlagenfläche [km ²]		392
[7]	Verbleibende Zigarettenkippen Basiswert [t/a]	= [3] * [4] * [6]	29
[8]	Verbleibende Zigarettenkippen Spannbreite [t/a]	= [3] * [5] * [6]	14-43

10.8.7 Rastanlagen

Literaturdaten über den Zigarettenkippeintrag auf Rastanlagen standen nicht zur Verfügung. Um den Zigarettenkippeintrag auf Rastanlagen abzuschätzen, wurde zunächst der Quotient aus dem Zigarettenkippeintrag von Parkanlagen (s. Kapitel 10.8.6: 146 kg/(km²*a)) und dem Abfalleintrag von Parkanlagen (s. Kapitel 10.4.5: 258 t/(km²*a)). Dieser Quotient (gerundet 0,06 Gew.-%) wurde danach mit dem Littereintrag von Rastanlagen (1.809 t/a, s. Kapitel 10.3.5) multipliziert, um den Zigarettenkippeintrag von Rastanlagen (1,3 t/a) zu berechnen. Zur Berechnung des Quotienten wurde sich auf die Parkanlagen bezogen, da diese im Vergleich zu den anderen Flächennutzungstypen den Rastanlagen am meisten entsprechen. Die Schlupfquote wurde als vergleichbar mit der der Parkanlagen angenommen und ebenfalls auf 50 Gew.-% (25-75 Gew.-%) geschätzt. Daraus ergibt sich eine Menge der verbleibenden Zigarettenkippen von 0,7 t/a (0,3-1,0 t/a) (s. Tabelle 106).

Tabelle 106: Faktoren und Ergebnisse der Abschätzung über den Zigarettenkippeintrag und –verbleib, verursacht durch das Littering auf Rastanlagen

Nr.	Rechengröße	Berechnung	Rastanlagen
[1]	Zigarettenkippeintrag [t/a]		1,3
[2]	Schlupfquote Basiswert [Gew.-%]		50%
[3]	Schlupfquote Spannbreite [Gew.-%]		25%-75%
[4]	Verbleibende Zigarettenkippen Basiswert [t/a]	= [1] * [2]	0,7
[5]	Verbleibende Zigarettenkippen Spannbreite [t/a]	= [1] * [3]	0,3-1,0

10.8.8 Zusammenfassung der Ergebnisse: jährlich verbleibende Menge der Zigarettenkippen

In Tabelle 107 sind die Ergebnisse der Abschätzung bzgl. der Mengen der verbleibenden Zigarettenkippen für die betrachteten Flächennutzungstypen aufgelistet. Die Summe der Mengen aller betrachteten Flächennutzungstypen ergibt 210 t/a (158-262 t/a). Zigarettenkippen wurden ebenso im Bereich der Kunststoffanwendungen untersucht. Hierbei wurde eine Menge von 162 bis 1.620 t/a ermittelt, wobei die hier auf Basis der Verbleibsklassen angenommene Obergrenze des Verbleibs von 10 % aus Sicht der Gutachter als tendenziell zu hoch einzuschätzen ist. Da jedoch konkrete Daten für eine begründete Abweichung von der angenommenen Umwelteintragskategorie nicht vorlagen, wurde dennoch mit dieser Obergrenze gerechnet. Grundsätzlich sind also Ergebnisse beider Berechnungsansätze in derselben Größenordnung festzustellen.

Tabelle 107: Menge der verbleibenden Zigarettenkippen der betrachteten Flächennutzungstypen mit Gesamtsumme

Flächennutzungstyp	Verbleibende Zigarettenkippen [t/a]
Straßenränder	98 (93-103)
Rastanlagen	0,7 (0,3-1,0)
Parkanlagen	29 (14-43)
Fußgängerzonen	19 (6,5-32)
Flussrandstreifen	60 (42-79)
Küste	3,5 (2,6-4,3)
Binnenbadestellen	0,55 (0,52-0,58)
Gesamtsumme	210 (158-262)

11 Anhang B: Produktgruppen-„Steckbriefe“

Die im Folgenden dokumentierten Kurzdarstellungen der berücksichtigten Produktgruppen dienen der Einschätzungen des aktuellen Datenstands.

Für die Beurteilung der Datenqualität der in Verkehr gebrachten Mengen und der getroffenen Ableitungen wurde eine einfache Dreierskala gewählt:

- ▶ gut (es liegen Daten / Informationen - qualifizierte statistische Daten, eigene Berichte bzw. Informationen von Marktteilnehmern - vor, die eine belastbare Aussage über die iVgM sowie die Abschätzungen über die Verbleibsmengen erlauben)
- ▶ mittel (es gibt einige Informationen, die eine Abschätzung erlauben, die jedoch für den Fall einer weiteren Priorisierung noch validiert werden muss(t)en)
- ▶ schlecht (die Daten basieren auf wenigen Informationen bzw. Abschätzungen, deren Belastbarkeit im gegebenen Projektrahmen nicht abschließend überprüft werden können)

11.1 Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie Baubereich

11.1.1 Baufolien (1-01)

Produktbeschreibung: Kunststofffolien mit diversen Anwendungsgebieten im Baubereich. Oftmals aus den Kunststoffen PE und PP sowie PVC.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten. Statistiken zu Produktionsmengen verfügbar.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Flammschutzmittel, Weichmacher, Stabilisatoren, Antistatika, Farbstoffe, Füllstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Verbleib im Bereich der Baustelle. Eintrag erfolgt durch Absplitterungen, Abtrennung kleinerer Teilchen nach / während der Nutzung. Eintragungsorte sind Siedlungsflächen oder Baubereich / Gebäudenah / Nach der Nutzung: Rückbau/Entnahme.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: < 1 Jahr

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,005 / Basis 0,01 / Max 0,015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Mittel. Produktionsstatistiken erscheinen valide (Prodcom). Problematisch ist die uneinheitliche Kategorisierung in den Produktionsstatistiken.

11.1.2 Geotextilien (1-02)

Produktbeschreibung: Flächige oder dreidimensionale Textilien. Verwendung vor allem im Tiefwasser- und Verkehrswegebau. Bestehen unter anderem aus PP, PA, PES

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten. Keine Statistiken zu verwendeten Mengen in Deutschland.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: keine Daten vorhanden

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Verwitterung / Abrieb durch Belastung, Verbleiben in der Umwelt nach der Nutzungszeit, fehlende/nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung. Siedlungsflächen - vor allem Straßen sowie Garten und Landschaftsbau.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 10 - 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,5 / Basis 0,7 / Max 0,9. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Mittel

11.1.3 Fassadenelemente (1-03)

Produktbeschreibung: Fassadenplatten z. B. in Maueroptik. Häufig aus PVC.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten. Es sind keine Statistiken verfügbar.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Flammschutzmittel, Stabilisatoren, Weichmacher, Farbstoffe, Antistatika

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Verbleib im Bereich der Baustelle. Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung. Ort der Eintragung sind Siedlungsflächen und im gebäudenahen Baubereich. Nach der Nutzung: Rückbau/Entnahme.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 10 – 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,00005 / Basis 0,0001 / Max 0,00015. Schätzung von Consultic auf Grundlage einer internen Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.1.4 Lagerzelte (1-04)

Produktbeschreibung: Kunststoffzelte zu Zwecken der Lagerhaltung. Viele Zelte bestehen aus PVC.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten. Es sind Statistiken verfügbar. Problematisch ist die ungenaue Kategorisierung in den Produktionsstatistiken.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt während der Nutzung (Abrieb & Verwitterung bzw. durch Auswaschung). Nach der Nutzung erfolgt die Entnahme. Sowohl auf Siedlungsflächen als auch in landwirtschaftlichen Gebieten anzutreffen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: <1 Jahr

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,00005 / Basis 0,0001 / Max 0,00015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.1.5 Palisaden (1-05)

Produktbeschreibung: Sichtschutzpalisaden z. B. für Balkone, Palisaden zur Einsäumung von Beeten, Gärten. Diverse Kunststoffsorten wie PVC, PP, PE-LD, PE-HD werden verwendet.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten. Keine Produktionsstatistiken vorhanden. Abgrenzung der Kategorie ist problematisch.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Flammschutzmittel, Stabilisatoren, Weichmacher

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Verbleib im Bereich der Baustelle. Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während/nach der Nutzung.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 10 – 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,005/ Basis 0,01/ Max 0,015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.1.6 Rasengitter (1-06)

Produktbeschreibung: Bauliche Befestigung von befahrbaren und zugleich begrünten Verkehrsflächen, wie zum Beispiel Garten- und Gehwegen, Einfahrten oder auch Parkflächen. Hauptsächlich werden Kunststoffe wie PE-LD, PE-HD werden verwendet.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten. Keine Produktionsstatistiken vorhanden.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher, Antistatika

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während oder durch nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung. Eintragungsorte sind Siedlungsflächen sowie Sportplätze und Freizeitanlagen / Nach der Nutzung: teilweise Entnahme.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,01 / Basis 0,055/ Max 0,1. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.1.7 Entwässerungsrinnen (Regenrinnen) (1-07)

Produktbeschreibung: Bauteil zur Linienentwässerung von Oberflächen. Ein Großteil der Rinnen besteht aus PVC.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten. Keine Produktionszahlen vorhanden.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitttern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während / nach der Nutzung oder durch nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung. Eintrag erfolgt vor allem in Siedlungsflächen und der technischen Infrastruktur / Nach der Nutzung: Entnahme, bei Einsatz im Boden ggf. Verbleib.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 10 – 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,01 / Basis 0,055/ Max 0,1. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.1.8 Kabelummantelungen (1-08)

Produktbeschreibung: Isolationsmaterial zur Isolation von Kabeln. Es wird vor allem PVC und PE zur Isolation verwendet.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten. Produktionszahlen sind teilweise verfügbar (Prodcom).

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Flammschutzmittel, Stabilisatoren, Weichmacher, Antistatika, Farbstoffe, Füllstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während / nach der Nutzung. Eintragungsorte sind urbane Flächen und der Bereich der techn. Infrastruktur.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 10 – 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,005/ Basis 0,01/ Max 0,015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.1.9 Rohre (1-09)

Produktbeschreibung: Zuleitung und Abwasserrohre. Hauptsächlich unterirdisch verlaufende Versorgungsnetze. Bestehen oftmals aus PVC, PE, PP.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten. Produktionsstatistiken sind verfügbar (Prodcom), ebenso Statistiken des Kunststoffrohrverbands KRV.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Flammschutzmittel, Stabilisatoren, Weichmacher, Antistatika, Farbstoffe, Füllstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während / nach der Nutzung oder durch nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: > 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,01/ Basis 0,055/ Max 0,1. Schätzung auf Basis DWA-Studie (Deutscher Wasser- und Abwasserverband) – Berechnung über die Länge verlegter Rohre in Deutschland.

Bewertung Datenqualität: Mittel. Produktionsstatistiken erscheinen valide.

11.1.10 Formteile (1-10)

Produktbeschreibung: Dübel, Rohrelemente (z. B. T-Stücke). Bestehen oftmals aus PVC, PE, PP

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten. Berechnung auf Basis von Informationen bezgl. der verlegten Rohrkilometer. Statistiken sind verfügbar (Destatis) ebenso Statistiken des Kunststoffrohrverbands KRV, der die für Rohre benötigten Formteile abdeckt.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Flammschutzmittel, Stabilisatoren, Weichmacher, Antistatika, Farbstoffe, Füllstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während / nach der Nutzung oder durch nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: Stark differierend – bei für Rohre verwendeten Formteilen >30 Jahre, sonst abhängig von der Art des Einsatzes bzw. der Verwendung des Formteils.

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005/ Basis 0,001/ Max 0,0015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.1.11 Lagertanks IBC oberirdisch (1-11)

Produktbeschreibung: Intermediate Bulk Container (IBC) werden für Transport und Lagerung flüssiger und rieselfähiger Stoffe verwendet. Sie werden bei der Produktion von Chemikalien, Lebensmitteln, Kosmetik und Pharmazeutika eingesetzt. Bestehen häufig aus PVC.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Es sind Statistiken zu Import- und Exportzahlen verfügbar für Behältnisse mit über 300 Liter Fassungsvermögen (Prodcom), aber keine Produktionszahlen, daher kann die iVgM nicht bestimmt werden.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Stabilisatoren, Weichmacher, Füllstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitteln (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während. Eintragungsorte sind urbane und landwirtschaftliche Flächen. Nach der Nutzung: Entnahme.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005/ Basis 0,001/ Max 0,0015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.1.12 Dachabdeckungen (1-12)

Produktbeschreibung: Kunststoff Dachplatten, Wellkunststoff für z. B. Gartenhäuser. Bestehen häufig aus PVC oder PC.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Flammschutzmittel, Stabilisatoren, Weichmacher, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt über die Nutzungsdauer durch Auswaschung und durch Abtrennung/Absplitteln (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen. Vorwiegend erfolgt der Eintrag in urbanen und landwirtschaftlichen Flächen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 10 < 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,00005/ Basis 0,0001/ Max 0,00015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.1.13 Außenisolierungen (1-13)

Produktbeschreibung: Isolierungen im Außenbereich an Gebäuden. Bspw. EPS Platten zur Wärmedämmung. PS, EPS, XPS kommen als Materialien zum Einsatz.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Flammschutzmittel, Stabilisatoren, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt in sehr geringem Umfang über die Nutzungsdauer durch Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen. Eintragungsorte sind besonders in urbanen Gebieten anzutreffen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: >30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,00005/ Basis 0,0001/ Max 0,00015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.1.14 Kabelkanäle (1-14)

Produktbeschreibung: Ein System für die Verlegung von elektrischen Leitungen. Dient dem Schutz und der mechanischen Entlastung der Leitungen. Es kommen unter anderem PVC, PE und GFK zum Einsatz, z. B. entlang von Bahntrassen.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Flammenschutzmittel, Stabilisatoren, Weichmacher, Farbstoffe, Füllstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt über die Nutzungsdauer durch Auswaschung und durch Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach der Nutzung. Eintragungsorte sind urbane Flächen und an Orten der technischen Infrastruktur.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: > 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005/ Basis 0,001/ Max 0,0015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.1.15 Polymer Cement Concrete (PCC) (1-15)

Produktbeschreibung: Kunststoffmodifizierter Mörtel/Beton, bei dem bestimmte Frisch- und Festmörteleigenschaften durch die Zugabe eines Kunststoffes günstig beeinflusst werden. Können aus zahlreichen Kunststoffarten bestehen (PVA, PAE, EP), häufigste Verwendung bei Rohr- und Rinnensystemen.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten. Keine Statistiken verfügbar. Zukünftig evtl. Anfragen an / Gespräche mit Produzenten.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: keine Daten vorhanden

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt über die Nutzungsdauer durch Auswaschung und durch Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach der Nutzung. Eintragungsorte sind vor allem Urbane Flächen sowie der gebäudenaher Baubereich.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: >30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005/ Basis 0,001/ Max 0,0015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Mittel. Schwierige Datenlage, da PCC eine spezialisierte Produktgruppe ist.

11.1.16 Kunststofffenster (1-16)

Produktbeschreibung: Kunststoffrahmen für den Einsatz von Fensterglas. Einsatzgebiet sind vor allem Häuser. Es werden diverse Kunststoffe verwendet, bspw. PVC, PU, PE, WPC (Wood-Plastics-Composites).

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Flammschutzmittel, Stabilisatoren, Weichmacher, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt über die Nutzungsdauer durch Auswaschung und durch Abtrennung/Absplitteln kleiner Teilchen nach der Nutzung. (z. B. bei Ausbau bzw. Fenstertausch); Eintragungsorte sind vor allem urbane Flächen sowie der gebäudenahe Baubereich.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 10 – 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,00005/ Basis 0,0001/ Max 0,00015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.1.17 Sickerblöcke (1-17)

Produktbeschreibung: Entwässerungssystem zur Ableitung von Regenwasser. Kunststoffdrainagesysteme bestehen oftmals aus PE und PP.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten. Es sind keine Statistiken verfügbar. Zukünftig könnten Anfragen oder Gespräche mit Produzenten erwogen werden. Besonders schwierig ist die Identifizierung einzelner Additive in den Sickerblöcken.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Füllstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitteln kleiner Teilchen nach der Nutzung beim Ausbau. Eintrag erfolgt durch Verbleib im Boden oder durch nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung. Eintragungsorte sind Urbane Flächen und der gebäudenahe Baubereich.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 10 – 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,01 / Basis 0,055 / Max 0,1. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.1.18 Lärmschutzwände (1-18)

Produktbeschreibung: im Schnitt 4 m hohe, zur Bepflanzung vorgesehene Wände entlang von Straßen / Lärmschutz bei Zügen mit Kunststoff problematisch wg. hoher Sogwirkung und der Erfordernis spezieller Genehmigungen.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Lärmschutzstatistik 2015, Gespräche mit Herstellern.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Stabilisatoren, Weichmacher, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt in geringerem Maße beim Rückbau, der i. d. R. nach einem

sehr langen Zeitraum, in Problemfällen auch nach wenigen Jahren erfolgt (z. B. wenn Kunststoff-Wände das Gewicht nicht halten können). Geringe Einträge können auch durch Wildverbiss entstehen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: i. d. R. >10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005 / Basis 0,001 / Max 0,0015

Bewertung Datenqualität: Mittel

11.1.19 Bautenfarben (1-19)

Produktbeschreibung: Farben für die Außenanwendung an Bauten

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Ökopol-Daten sowie Abschätzung des Kunststoffanteils in den Farben auf Basis von eigener Recherche sowie Expertengesprächen (Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie (VdL)). Annahme des Kunststoffanteiles über alle relevanten Farben liegt bei 20 – 25 %, für die Berechnung wurde daher ein Anteil von 22,5 % angesetzt.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Stabilisatoren, Farbstoffe, Antistatika, Flammschutzmittel

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt bei der Nutzung i. d. R. durch Verwitterung.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: i. d. R. >10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0025 / Basis 0,005 / Max 0,0075 (von den sonst verwendeten Verbleibsfaktoren abweichende Daten liegen aus externen Studien vor)

Bewertung Datenqualität: Gut

11.2 Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie Fahrzeuge / Verkehr

11.2.1 Reifen (2-01)

Produktbeschreibung: Kautschukhaltige Bereifung für PKW / LKW / Motorrad. Synthetik- und Naturkautschuk.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Berechnung auf Basis von Daten aus einer Studie des Umweltbundesamts zum Reifenabrieb pro gefahrenem Kilometer pro Reifen in Kombination mit den Daten der Bundesanstalt für Straßenwesen zu gefahrenen Kilometern in Deutschland für Pkw, Lkw und Motorräder (und der Anzahl der Reifen pro Verkehrsmittel). Darüber hinaus wurden auf Basis der BAST-Zahlen Annahmen getroffen für den Anteil der innerörtlich gefahrenen Kilometer.

Der Reifenabrieb setzt sich gem. einer Continental-Studie zu ca. 42 % aus Kautschuk, zu ca. 34 % aus Ruß, zu ca. 17% aus Mineralölen und 9 % Sonstigem zusammen.

Statistiken zu Produktionszahlen sind verfügbar, wurden aus methodischen Gründen jedoch nicht verwendet.

Zusätzlich zu den Pkw-, Lkw- und Motoradreifen könnte auch die landwirtschaftliche Nutzung von Altreifen eine Rolle für den Eintrag in die Umwelt spielen. Allerdings liegen hierfür keine belastbaren Zahlen vor.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Stabilisatoren, Weichmacher, Füllstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Abrieb in der Nutzung. Eintrag erfolgt während der gesamten Nutzungszeit. Eintragungsort ist das Straßenverkehrsnetz

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: (Min. 0,05/ Basis 0,1/ Max 0,15.) Berechnung erfolgt rückwärts auf Basis von Annahmen für den Abrieb, nicht wie sonst in der Studie unter Berücksichtigung der iVgM mit dem jeweiligen Verbleibsfaktor.

Bewertung Datenqualität: Gut (Ausnahme landwirtschaftliche Nutzung von Altreifen)
Übereinstimmung des Basiswertes z. B. mit Annahmen im BMBF-Projekt DENANA. In der weiteren Finalisierung sollte ein methodischer Ansatz entwickelt werden, um eine genauere Abschätzung über den Anteil der innerörtlichen gefahrenen Kilometer pro Fahrzeugtyp vorzunehmen, da davon auszugehen ist, dass der innerörtliche Abrieb einer regulären Entsorgung über Kehrmaschinen oder Abwasserkanäle zugeführt wird und daher für die Studie nicht relevant ist.

11.2.2 Absperrungen (2-02)

Produktbeschreibung: Straßenabsperrungen zur Verkehrsflussregelung, Sperrung von Einfahrten, Straßen etc. Sie bestehen oftmals aus PVC und PE.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Es sind keine Statistiken verfügbar. Zukünftig könnten Anfragen an Straßenverkehrsämter erwogen werden.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Stabilisatoren, Weichmacher, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Auswaschung und Abtrennung/Absplitteln (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung. Primärer Eintragungsort sind Straßen sowie der gebäudenaher Baubereich.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005/ Basis 0,001/ Max 0,0015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.2.3 Fahrbahnmarkierungen (2-03)

Produktbeschreibung: Plastikhaltige Markierungsfolie die auf Verkehrswegen aufgebracht wird. Kunststoffarten u.a. PVC, PE, PES.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Ökopolstudie zu wasser- und lösemittelbasierten Fahrbahnmarkierungen, Zahlen zu thermoplastischen sowie kaltplastischen Systemen und Klebefolien noch zu eruieren - Evonik arbeitet gerade an einer Studie dazu und hat Daten geliefert.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: PVC, PE, PES

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplitteln (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung. Kein Verbleib nach Nutzung. Eintragungsort ist das Straßenverkehrsnetz.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: <1 Jahr

Annahme zum Verbleibsfaktor (für wasser- und lösemittelbasierten Markierungen sowie thermoplastischen Systemen): Min. 0,5/ Basis 0,70/ Max 0,90. Schätzung von Consultic auf Basis von Gesprächen mit Evonik und Straßenmeistereien.

Bewertung Datenqualität: Mittel. Vergleichsstudie für anderes Land verfügbar

11.2.4 Leitelemente (2-04)

Produktbeschreibung: Elemente zur Verkehrsführung auf allen Verkehrswegen. Beispielsweise zur Verkehrsflussregelung in Baustellen. Bestehen oft aus PE-HD, PVC oder PP.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Keine Produktionsstatistiken verfügbar. Zukünftig Anfrage an Ämter erwägen.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher, Stabilisatoren, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Auswaschung und Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung. Eintragungsort sind alle Verkehrswege.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005/ Basis 0,001/ Max 0,0015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.2.5 Baken (2-05)

Produktbeschreibung: Pylone, meist in rot und weiß zur Verkehrsregelung in Baustellen, bspw. beleuchtet mit gelbem Licht. Werden vor allem aus PE hergestellt.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Keine Statistiken vorhanden. Zukünftig evtl. Anfragen an Wasser- und Schifffahrtsamt.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Stabilisatoren, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Auswaschung und Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung. Eintragungsorte können Badestellen im Binnenland oder die Nord- und Ostseeküste sein.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahren

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005/ Basis 0,001/ Max 0,0015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.2.6 Fußplatten (Bakenfüße) (2-06)

Produktbeschreibung: Sockel von Verkehrsschildern oder Baken zur Fixierung der Verkehrszeichen auf der Straße, überwiegend aus PVC, vielfach Recyclatmaterial.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Keine Statistiken verfügbar.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher, Ruß zur Schwarzfärbung, keine Daten vorhanden.

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung, Überfahrunge durch PKW und LKW) kleiner Teilchen während der Nutzung. Eintragungsort sind alle Straßen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,005/ Basis 0,01/ Max 0,015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie sowie Gespräch mit Straßenmeisterei.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.2.7 Fahrzeugteile (2-07)

Produktbeschreibung: Plastik Komponenten in Fahrzeugen z. B. Motorraumabdeckungen. Sie sind entweder direkt der Umwelt ausgesetzt und unterliegen der Verwitterung oder kommen durch Unfälle in die Umwelt. Können aus diversen Kunststoffarten bestehen wie PA, PE, GFK.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie. Statistiken über die Anzahl zugelassener Autos in Deutschland verfügbar.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Flammschutzmittel, Farbstoffe, Weichmacher

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Auswaschung und Abfallen von Teilen während der Nutzung (z. B. Abdeckungen). Eintragungsort ist das Straßenverkehrsnetz.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005/ Basis 0,001/ Max 0,0015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.2.8 Mülltonnen (2-08)

Produktbeschreibung: Plastikbehältnisse zur Aufbewahrung von Abfällen. Bestehen oft aus PE oder PVC.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Die angegebenen Mengen sind Schätzwerte, basierend auf einem Gespräch mit einem führenden Hersteller (2,75 Mio. neue Tonnen à 8 kg + 265.000 neue Tonnen à 42 kg = ca. 33.100 t); Produktionszahlen für Mülltonnen von Destatis weisen um den Faktor drei höhere Mengen aus.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: keine Daten vorhanden

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Auswaschung und Abtrennung/Absplittern (z. B. Abrieb) kleiner Teilchen während der Nutzung. Eintragungsort sind alle urbanen Flächen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 10 – 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005/ Basis 0,001/ Max 0,0015 (Schätzwert)

Bewertung Datenqualität: Mittel

11.2.9 Schiffsfarbe (2-09)

Produktbeschreibung: Außenlackierung von Wasserfahrzeugen, keine Daten zu verwendeten Kunststoffen vorhanden.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Basismenge aus Destatis-Daten und VDL-Zahlen

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Stabilisatoren, Farbstoffe, Antistatika, Flammschutzmittel

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt während der gesamten Nutzungszeit, teilweise Verbleib nach Nutzung von stillgelegten Fahrzeugen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: keine Daten vorhanden, Schätzung: >10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min 0,0005/ Basis 0,001/ Max 0,0015

Bewertung Datenqualität: Gut

11.2.10 **Fahrradreifen (2-10)**

Produktbeschreibung: Kautschukhaltige Bereifung für PKW / LKW / Motorrad. Synthetik- und Naturkautschuk.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Überschlägige eigene Berechnung auf Basis des Bestands an Fahrrädern und einer Annahme des durchschnittlichen Reifenabriebs.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Stabilisatoren, Weichmacher, Füllstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Abrieb in der Nutzung. Eintrag erfolgt während der gesamten Nutzungszeit. Eintragungsort ist das Straßenverkehrsnetz.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Berechnung erfolgt auf Basis von verschiedenen Annahmen für den durchschnittlichen Abrieb (15, 20 und 25 g pro Jahr und Reifen) sowie der Anzahl an Fahrrädern in Deutschland, nicht wie sonst in der Studie unter Berücksichtigung der iVgM mit dem jeweiligen Verbleibsfaktor.

Bewertung Datenqualität: Mittel

11.2.11 **Schuhe (2-11)**

Produktbeschreibung: Fußbekleidung mit Sohlen aus Kunststoff. Bestehen oft aus Leder, Naturlatex, Mischung Naturlatex und künstlichem Gummi, PE, PU oder TPU.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: nicht detaillierter analysiert. Erste Schätzungen erfolgten über von Experten genannten Abrieb der Sohlen pro Jahr, der grob mit 10 bis 20 g angenommen werden kann (Sohle wiegt zwischen 50 und 300 g). Gedanklich wurde davon ausgegangen, dass ein Paar Schuhe das ganze Jahr getragen wird. Bei rund 160 Mio. Schuhen ist daher von einer Menge von 1.600 bis 3.200 t Verbleib auszugehen.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Stabilisatoren, Weichmacher (Anteil ca. 20 %), Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt während der gesamten Nutzungszeit in erster Linie durch Abrieb. Der Eintrag erfolgt v. a. in Siedlungsflächen, prinzipiell sind jedoch alle Flächen, auf denen sich Menschen mit Schuhen bewegen, relevant.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 - 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Kam hier nicht zur Anwendung, Berechnung erfolgte über Abrieb pro Sohle.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.3 Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie Landwirtschaft und Gartenbau

11.3.1 Teichfolien (3-01)

Produktbeschreibung: Plastikfolie zum Abdichten von Zierteichen oder sonst. Teichanlagen. bestehen oftmals aus PVC oder PE-LD.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzwert. Keine Statistiken verfügbar. Zukünftig evtl. Anfrage an Hersteller.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Stabilisatoren, Weichmacher

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Verbleib im Boden bzw. nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung. Eintragungsort sind landwirtschaftliche Flächen oder Gärten von Privatpersonen / Nach der Nutzung: überwiegend Entnahme

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 10 – 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,01 / Basis 0,055 / Max 0,1 (Schätzwert)

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.3.2 Agrarfolien / Erntefolien (3-02)

Produktbeschreibung: Plastikfolie zur Verwendung in der Landwirtschaft. Ein Anwendungsbeispiel ist der Schutz der Ernte durch Abdeckung (Spargelabdeckung). Die Folien bestehen oft aus PE oder PP.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Es sind keine Produktionsmengen für Deutschland bekannt. Das Rücknahmesystem Erde von RIGK wurde kontaktiert.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Stabilisatoren

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Verbleib im Boden, Verwehungen bzw. nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung. Eintragungsort sind vor allem landwirtschaftliche Flächen oder Gärten.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,01/ Basis 0,055/ Max 0,1

Bewertung Datenqualität: mittel

11.3.3 Silagefolie (3-03)

Produktbeschreibung: Folie zum luftdichten Verpacken der Silage (Tierfutter). Häufig aus PVC

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Keine Statistiken verfügbar. Das Rücknahmesystem Erde von RIGK wurde kontaktiert.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z. B. Abrieb) kleiner Teilchen während der Nutzung. Der Eintrag erfolgt primär über landwirtschaftlichen Flächen

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,01/ Basis 0,055/ Max 0,1.

Bewertung Datenqualität: mittel

11.3.4 Erntegarne (3-04)

Produktbeschreibung: Kunststofffäden zum Zusammenbinden der Heuballen. Heute wird überwiegend Synthetik-Bindegarn aus PP verwendet.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Es sind keine Produktionsmengen für Deutschland bekannt. Zukünftig sollten Anfragen an Landwirte gestellt werden. Die dort verwendeten Mengen können auf Deutschland hochgerechnet werden.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Verwehungen, bzw. nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung. Eintragsort sind vor allem landwirtschaftliche Flächen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,01/ Basis 0,055 / Max 0,1

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.3.5 Drainage (3-05)

Produktbeschreibung: Entwässerungssysteme in Folien- oder Netzform, die oftmals aus Vliesstoff bestehen.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Keine Statistiken verfügbar.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Verbleib im Boden bzw. nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung sowie durch Abnutzung bzw. Auswaschung. Eintragungsorte können sowohl urbane als auch landschaftliche Flächen sein.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 10 – 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,01/ Basis 0,055 / Max 0,1

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.3.6 Pflanztöpfe (3-06)

Produktbeschreibung: Offenes Behältnis zur Aufnahme des Wurzelwerks der Pflanzen oder Aufbewahrung von Setzlingen. Bestehen häufig aus PP, PVC oder PE.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Keine Statistiken verfügbar.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Abtrennung/Absplittern (z. B. Abrieb) kleiner Teilchen während der Nutzung oder nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung. Eintragungsorte können sowohl urbane als auch landschaftliche Flächen sein.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: < 1 Jahr

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,01/ Basis 0,055/ Max 0,1. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.3.7 Landwirtschaftliche Netze (3-07)

Produktbeschreibung: Erntehilfen wie beispielsweise Kartoffelsäcke oder auch Laubschutznetze

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Keine Statistiken verfügbar. Hersteller sollten über Produktions- und Absatzmengen befragt werden.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Füllstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Verbleib im Boden nach der Nutzung (Verwehungen, unsachgemäße, nicht vollständige Entsorgung). Der Eintrag erfolgt primär über landwirtschaftlichen Flächen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,01/ Basis 0,055/ Max 0,1. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.3.8 Düngemittel (3-08)

Produktbeschreibung: Reinstoffe und Stoffgemische, die in der Land- und Forstwirtschaft sowie im Gartenbau dazu benutzt werden, das Nährstoffangebot für die angebauten Kulturpflanzen zu ergänzen. Moderne Düngemittel enthalten einen EPS-Anteil zur Bodenauflockerung.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Keine Statistiken verfügbar. Hersteller sollten über Produktions- und Absatzmengen befragt werden.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: keine Daten vorhanden

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Verbleib im Boden nach/ während der Nutzung (Verbleib ist Teil der Nutzung). Der Eintrag erfolgt primär über landwirtschaftlichen Flächen, z. T. handelt es sich um abbaubare Kunststoffe, die sich nach wenigen Monaten auflösen (sog. Depotdünger).

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: < 1 Jahr

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,95 / Basis 0,975 / Max 1. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.3.9 Gewächshäuser (3-09)

Produktbeschreibung: Lichtdurchlässige Konstruktion, welche das geschützte und kontrollierte Kultivieren von Pflanzen ermöglicht. Werden u. a. aus PE, PVC und PP gefertigt.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Keine Statistiken verfügbar. Gewächshausbetreiber oder Gärtnereien könnten befragt werden.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Auswaschung oder Abtrennung/Absplittern (z. B. Abrieb) kleiner Teilchen während der Nutzung. Der Eintrag erfolgt über landwirtschaftlichen Flächen und urbane Gebiete.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 10 - 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005 / Basis 0,001 / Max 0,0015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.3.10 Zäune (3-10)

Produktbeschreibung: Flächenbegrenzungen für Außenflächen wie z. B. Gärten in Privathaushalten. Werden oftmals aus PVC oder WPC hergestellt

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Keine Statistiken verfügbar. Bauhäuser könnten über vorhandene Mengen befragt werden

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Auswaschung oder Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach / während der Nutzung. Der Eintrag erfolgt über landwirtschaftlichen Flächen und urbanen Gebieten. Besonders Schrebergärten oder Einfamilienhäuser können Einträge generieren.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 10 - 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005/ Basis 0,001/ Max 0,0015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.3.11 Tore (3-11)

Produktbeschreibung: Zugangsmöglichkeit zur Grundstücken und Gebäuden. Bestehen oftmals aus PVC.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Keine Statistiken verfügbar. Bauhäuser könnten über vorhandene Mengen befragt werden.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Auswaschung oder Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach / während der Nutzung. Der Eintrag erfolgt über landwirtschaftlichen Flächen und urbanen Gebieten.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 - 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005 / Basis 0,001/ Max 0,0015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.3.12 Sonstige Landschaftsgestaltungselemente (3-12)

Produktbeschreibung: Verzierende Elemente oder sonstige Einbauten aus Plastik. Es werden verschiedenste Kunststoffe verwendet u.a. PP, PE und PVC.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Keine Statistiken verfügbar. Baumärkte könnten über vorhandene Mengen befragt werden.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: abhängig vom jeweiligen Gestaltungselement

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Auswaschung oder Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen nach / während der Nutzung. Der Eintrag erfolgt über landwirtschaftlichen Flächen und urbanen Gebieten. Hierbei sind Privatgärten und Schrebergärten besonders hervorzuheben.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 - 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005/ Basis 0,001/ Max 0,0015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.3.13 Fischwirtschaftliche Netze (3-13)

Produktbeschreibung: Textilgebilde mit Maschen und Öffnungen welches zum privaten und kommerziellen Fischfang eingesetzt wird.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Keine Statistiken verfügbar. Fischfangunternehmen könnten angefragt werden

Übersicht und Benennung relevanter Additive: keine Daten vorhanden

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Materialverlust. Eintragungsort sind die Nord- und Ostseeküste oder auch Badestellen/Gewässer im Binnenland.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 - 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,005 / Basis 0,01/ Max 0,015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.3.14 Bojen / Fender (3-14)

Produktbeschreibung: Schwimmkörper, die als Markierungszeichen für den Schiffsverkehr genutzt werden, oder Signalbojen für Taucher und Schwimmer. Oftmals aus PVC gefertigt.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie). Keine Statistiken verfügbar. Fischfangunternehmen könnten angefragt werden

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Gleitmittel, Farbstoffe, Weichmacher

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt über die Nutzungsdauer durch Auswaschung und kleine Absplitterungen (Verwitterung). Eintragungsort sind die Nord- und Ostseeküste oder auch Badestellen/Gewässer im Binnenland.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 - 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005/ Basis 0,001/ Max 0,0015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.3.15 Verbißschutz (3-15)

Produktbeschreibung: Schutznetz oder Gitter zur Absicherung von jungen Pflanzen gegen Tiere. Bestehen oftmals aus PVC oder PE.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzwert. Es sind keine Statistiken verfügbar. Zukünftig könnten Anfragen an die Forstwirtschaftsbetriebe gestellt werden.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Verwitterung, Abfallen im Wald, Grünanlagen. Kontakt durch Tiere (Wildschweine, Rehböcke) oder durch nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung; z. T. Verbundstoffe, PVC Schutz eher Folie, PE Clips für Baumspitzen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 - 10 Jahre

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzwert. Es sind keine Statistiken verfügbar. Zukünftig könnten Anfragen an die Forstwirtschaftsbetriebe gestellt werden / Nach der Nutzung: überwiegend Entnahme.

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,01/ Basis 0,055/ Max 0,1

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.3.16 Klärschlamm (3-16)

Produktbeschreibung: Klärschlamm enthält einen geringen Anteil von Störstoffen, zu denen auch Kunststoffe gehören, die über die Abwässer in die Kläranlagen eingetragen werden und nicht vollständig in den Sieben und Filteranlagen verbleiben.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamts, Studien sowie Fachgesprächen mit Experten. Zwar liegen einige Studien vor, in denen Kunststoffgehalte im Klärschlamm untersucht wurden, darin wurde jedoch z. T. nur die Anzahl an Partikeln ohne Größen- oder Gewichtsverteilung bestimmt (z. B. Mintenig et al. 2014: rund 1.000-24.000 Mikroplastikpartikel pro kg Trockenmasse Klärschlamm) oder sie umfassen nur wenige Datensätze. Es gilt ein gesetzlicher Grenzwert von insg. max. 0,5 % der TM für Fremdstoffe >2 mm (davon max. 0,1 % Folienkunststoffe und max. 0,4 % andere Fremdstoffe inkl. Hartplastik) für Klärschlamm, der ausgebracht werden soll. Kleinere Partikel sind im Grenzwert allerdings nicht berücksichtigt. Die Berechnung der Mengen erfolgte anhand des maximal zulässigen Kunststoffanteils unter Berücksichtigung der verfügbaren Daten zu Kunststoffgehalten aus verschiedenen Studien.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Farbstoffe, Weichmacher, Stabilisatoren

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Aufbringung des Klärschlammes auf landwirtschaftlichen Nutzflächen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: <1 Jahr

Annahme zum Verbleibsfaktor: -/ Basis 1/ - (in den Klärschlämmen enthaltene Kunststoffe gehen unmittelbar auf die Flächen)

Bewertung Datenqualität: Mittel

11.3.17 Gärreste (3-17)

Produktbeschreibung: Gärreste sind flüssige oder feste Rückstände, die bei der Vergärung von Biomasse in Biogasanlagen anfallen.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamts sowie Fachgesprächen mit Experten. Für diese Studie sind in erster Linie diejenigen Mengen von Bedeutung, die aus der Sammlung von kommunalen Bioabfällen stammen, da diese einen relevanten Anteil an Kunststoffabfällen (i. d. R. Tüten und Fehlwürfe) enthalten. Berücksichtigt wurden daher nur Gärreste aus biologischen Behandlungsanlagen, Gärreste aus reinen NaWaRo-Biogasanlagen (Nachwachsende Rohstoffe) hingegen nicht. Der Anteil an Kunststoffen in flüssigen Gärresten ist sehr gering, aktuellen Daten der Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK) zufolge liegen sie für gütegesicherte Anlagen bei 0,009% bis 0,016%. Partikel kleiner als 2 mm sind dabei allerdings nicht berücksichtigt.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Farbstoffe, Weichmacher, Stabilisatoren

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Die Biogas-Gärreste sind ein wichtiger Bestandteil der landwirtschaftlichen Düngung und werden entsprechend auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgebracht. Die Gärreste aus kommunalen Bioabfällen gehen nach Informationen des Fachverbands Biogas vor der Ausbringung in die Umwelt fast vollständig noch in die Kompostierung, so dass die enthaltenen Kunststoffe bei den Komposten anfallen. Lediglich in den flüssigen Biogasresten sind sehr geringe Anteile an Kunststoffen enthalten.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: <1 Jahr

Annahme zum Verbleibsfaktor: -/ Basis 1/- (in den (in erster Linie flüssigen) Gärresten enthaltene Kunststoffe gehen unmittelbar auf die Flächen)

Bewertung Datenqualität: Mittel

11.3.18 Komposte (3-18)

Produktbeschreibung: Komposte sind organische Abfälle nach der Verrottung in eigens dafür errichteten Anlagen, die zur Düngung und Bodenverbesserung in der Landwirtschaft, im Gartenbau, in der Parkbewirtschaftung und in privaten Gärten eingesetzt werden.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Berechnung auf Basis von Destatis-Daten über abgesetzte Kompostmengen aus biologischen Behandlungsanlagen, Analysen der Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK) zu Kunststoffanteilen in verschiedenen Kompostarten (durchschnittlich 0,038 % Kunststoff in der Trockenmasse, TM), ergänzenden Expertengesprächen sowie weiteren Studien zum Thema aus der EU (die von 0,086 % bis 0,3 % Kunststoff in der TM ausgehen). In der BGK sind ca. 70 % der in Deutschland betriebenen Anlagen zusammengeschlossen, weshalb für 30 % der Anlagen von einem potenziell höheren Kunststoffanteil auszugehen ist. Es gilt ein gesetzlicher Grenzwert von insg. max. 0,5 % der TM für Fremdstoffe >2 mm (davon max. 0,1 % Folienkunststoffe und max. 0,4 % andere Fremdstoffe inkl. Hartplastik) für Kompost, der ausgebracht werden soll. Kleinere Partikel sind im Grenzwert allerdings nicht berücksichtigt. Geht man davon aus, dass der gesamte ausgebrachte Kompost einen Kunststoffanteil von 0,038 % (entsprechend BGK-Daten) hat, ergibt sich rechnerisch ein Eintrag von 1.090 t pro Jahr, setzt man für 30% der Anlagen einen höheren Kunststoffanteil von 0,3% an, so ergibt sich ein Eintrag von 3.370 t jährlich.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Farbstoffe, Weichmacher, Stabilisatoren

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Aufbringung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen, aber auch in Parks und Gärten.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: <1 Jahr

Annahme zum Verbleibsfaktor: -/ Basis 1/ - (in den Komposten enthaltene Kunststoffe gehen unmittelbar auf die Flächen)

Bewertung Datenqualität: gut

11.3.19 Biocarrier (3-19)

Produktbeschreibung: Füllkörper sind Einbauten in Apparaten in der Verfahrenstechnik und im Apparatebau. Sie dienen bei chemischen Prozessen zur Vergrößerung der Wirkungs-Oberfläche bei gleichzeitig geringem Strömungswiderstand. Sie werden beispielsweise in Kolonnen verwendet. Unter anderem wird PE als Kunststoff verwendet.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzung auf Basis intern verfügbarer Daten (Consultic Studie) und Fachgesprächen mit Experten. Es sind keine Statistiken verfügbar. Zukünftig könnten Anfragen oder Gespräche mit Produzenten erwogen werden.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: keine Daten vorhanden

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt beispielsweise durch Ausschwemmung in den Kläranlagen während der Nutzung der Füllkörper oder durch Absplitterungen, Abtrennung kleinerer Teilchen. Der Eintrag erfolgt in Siedlungsflächen und Gebieten der technischen Infrastruktur z. B. Wasseraufbereitungsanlagen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,005/ Basis 0,01/ Max 0,015. Schätzung von Consultic auf Grundlage interner Studie.

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.4 Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie Sport-, Spiel-, Freizeit- sowie Eventbereich

11.4.1 Granulat für Kunstrasenplätze (4-01)

Produktbeschreibung: Granulat aus PVC, PU und/oder Gummi, das auf Kunstrasenplätze aufgebracht wird.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzwert für Bestand an Kunstrasenplätzen in Deutschland, Gespräche mit Herstellern und Betreibern über Ersatzbedarf an Granulat pro qm bei neuen und bereits existierenden Plätzen.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher, Stabilisatoren

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Anhaftungen an Kleidung und Schuhen sowie über urbane Gebiete durch Ausschwemmung in Kanalisation. Eventuelle Doppelzählungen von im Klärschlamm vorhandenen Kunststoffen können nicht quantifiziert werden.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 - 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,4/ Basis 0,5/ Max 0,6

Bewertung Datenqualität: Mittel

11.4.2 Spielgeräte/Spielzeug (4-02)

Produktbeschreibung: Lego, Sandförmchen, Eimer etc. die im Außenbereich Verwendung finden oder abgestellt werden. Es kommen diverse Kunststoffe zum Einsatz wie PE-HD, PS, PVC, PE, PP oder ABS.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzwert

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Flammschutzmittel, Stabilisatoren, Weichmacher, Farbstoffe, Füllstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Auswaschung oder Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung. Der Eintrag erfolgt primär über urbane Gebiete. Besonders Gärten von Familien mit Kindern können für Eintragungen verantwortlich sein (herumliegendes Spielzeug auf dem Rasen).

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 - 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,005 / Basis 0,01 / Max 0,015

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.4.3 Gartendekorationsartikel (4-03)

Produktbeschreibung: Kunststoffdekorationselemente, z. B. Enten aus Kunststoff auf dem Gartenteich. Werden oft aus PE, PP oder PVC gefertigt.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzwert

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Auswaschung und Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung. Der Eintrag erfolgt primär über urbane Gebiete. Landwirtschaft und Garten: Privatgärten werden oftmals mit Plastikfiguren verziert (z. B. Gartenzwerge).

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 - 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005 / Basis 0,001 / Max 0,0015

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.4.4 Angelschnur (4-04)

Produktbeschreibung: Eine beim Angeln verwendete Schnur, die z. B. abreißt, unsachgemäß entsorgt wird; Köder sind nicht in den genannten Mengen enthalten.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzwert. Keine Daten vorhanden. Zukünftig evtl. Anfrage an Hersteller richten.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Absplittierungen, Abtrennung kleinerer Teilchen (Materialverlust). Eintragungsort sind die Nord- und Ostseeküste oder auch Badestellen/Gewässer im Binnenland

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 - 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min 0,005 / Basis 0,01 / Max 0,015

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.5 Charakterisierung der Produktgruppen der Produktkategorie Verbraucherprodukte

11.5.1 Garten-/Terrassenmöbel (5-01)

Produktbeschreibung: Möbel für den Gartenbereich. Bestehen oft aus PE, PVC, PP, PC oder WPC

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzwert. Keine Daten vorhanden. Zukünftig evtl. Anfrage an Hersteller richten.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Farbstoffe, Weichmacher

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Auswaschung und Abtrennung/Absplittern (z. B. Verwitterung) kleiner Teilchen während der Nutzung. Eintragungsort sind primär urbane Gebiete und hierbei besonders Einfamilienhäuser.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 10 - 30 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,00005 / Basis 0,0001 / Max 0,00015

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.5.2 Luftballons (5-02)

Produktbeschreibung: Luftballons die für dekorative Zwecke aushängen oder gezielt in die Umwelt entlassen werden. Bestehen oftmals aus Natur- / Synthetik kautschuk, Polyester oder PVC.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzwert. Keine Daten vorhanden. Mehrere Kontakte zu Herstellern und Vertreibern von Luftballons ergaben keine zuverlässigen Abschätzungen über das Marktvolumen.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Stabilisatoren, Weichmacher, Füllstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt v. a. während der Nutzung bzw. nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung, v. a. durch Verwehung. Eintragungsort sind primär dicht besiedelte urbane Gebiete. Luftballons verbleiben in der Umwelt, z. B. auf Feldern, in Wäldern und überall dort wo keine geregelte Reinigung stattfindet / erfolgen kann.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: < 1 Jahr

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0001 t / Basis 0,0002 / Max 0,0003

Geschätzter Anteil nutzungsbedingter Eintrag: 80%

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.5.3 Feuerwerk (Raketenkappen) (5-03)

Produktbeschreibung: Raketenspitze von Feuerwerksraketen. Werden u. a. aus PE hergestellt.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Eigene Recherche: Umsatz 133 Mio. 2015 mit Silvesterfeuerwerk. Raketen 20% am Umsatz (~27 Mio.) lt. VPI (75% Importware). Preis pro Rakete (Annahme) 2,5 €: -->10,8 Mio. verkaufte Raketen, davon 90% mit Kunststoffkappe (9,72 Mio.). Annahme Kunststoffkappe wiegt 5 g, das entspricht einem Kunststoffgesamtgewicht von 48,6 t.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Farbstoffe, Füllstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt durch Nutzung, anschließend Auswaschung und kleine Absplitterungen (Verwitterung). Eintragungsort sind primär dicht besiedelte urbane Gebiete. Raketenkappen verbleiben in der Umwelt, z. B. auf Grünflächen und überall dort wo keine geregelte Reinigung stattfindet.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: < 1 Jahr

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005 / Basis 0,001 / Max 0,0015

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.5.4 Zigarettenfilter (5-04)

Produktbeschreibung: Filter von Filterzigaretten bestehend aus Celluloseacetat (chemisch aufbereitete Cellulose).

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Daten des Zigarettenverbandes und Ergebnisse nach Desk-Research. Produktionsdaten verfügbar.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: keine Daten vorhanden

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: achtloses Wegwerfen, Abrieb/ Verwitterung bzw. nicht vollständige Entnahme (z.B. durch Reinigungsmaßnahmen), verbleibt als Müll besonders in Straßenrinnen der urbanen Gebiete oder an Haltepunkten des Straßenverkehrs (Ampeln, Stoppzeichen), an Stränden, Grünflächen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: <1 Jahr

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,01/ Basis 0,055/ Max 0,1. Produktionsstatistiken (Prodcomm) sind vorhanden.

Bewertung Datenqualität: Mittel. Prämissen über Anzahl von weggeworfenen Zigaretten verschlechtern Qualität. Verbandsdaten erscheinen valide.

11.5.5 Feuerzeuge (5-05)

Produktbeschreibung: Feuerzeuge mit Elektro, Feuersteinzündung. Polyoxymethylen (POM) wird zur Produktion genutzt

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: keine Daten bislang, ca. 20 Mio. Raucher (2013), Annahme: pro Haushalt in Deutschland 2 Feuerzeuge, dies entspricht bei 41 Mio. Haushalten 82 Mio. Feuerzeugen. Gewicht eines Feuerzeugs beträgt ca. 11-20 g, als mittleres Gewicht werden 15 g angenommen; für den Kunststoffanteil werden 10 g (= 2/3) angesetzt; dies ergibt 820 t Kunststoff für Feuerzeuge. Davon werden ca. 3-4% nicht ordnungsgemäß entsorgt: Spannweite 25 - 33 t; Mittelwert 29 t.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Flammschutzmittel, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt während der Nutzung durch Absplitterungen, Abtrennung kleinerer Teilchen oder nach der Nutzung. Besonders in Siedlungsflächen kann eine Eintragung erfolgen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 - 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,005/ Basis 0,01/ Max 0,015

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.5.6 Kosmetika (5-06)

Produktbeschreibung: Beispielsweise Peelings für Gesicht und Körper, Zahnpflege. Ein Anwendungsbeispiel sind Zahnpflegeprodukte mit Plastikpellets um den Reinigungseffekt zu verbessern. Bestehen beispielsweise aus Polyethylen (PE), Acrylate Copolymer (AC) oder Acrylate Crosspolymer (ACS).

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Studien und Statistiken sind verfügbar.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Mikroplastikteilchen in den Produkten verbleiben nach Nutzung der Produkte im Abwasser (bspw. Zahnpasta). Verbleib ist Teil der Nutzung, Landwirtschaftliche Flächen (über aufgebraute Klärschlämme) sind Haupteintragsorte. Potenzielle Doppelzählungen mit den im Klärschlamm vorhandenen Kunststoffen können nicht quantifiziert werden.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: <1 Jahr

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,95 / Basis 0,975 / Max 1. Grundlage ist eine UBA Studie (Essel et al. 2015).

Bewertung Datenqualität: Gut

11.5.7 Kleidungsfasern (5-07)

Produktbeschreibung: Kunstfasern in jeglicher Kleidung, die von Menschen getragen wird. Oftmals aus Polyethylenterephthalat (PET) oder Polyamid (PA).

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Ergebnisse auf Basis der Consultic-Studie „Vom Land ins Meer – Modell zur Erfassung landbasierter Kunststoffabfälle“ (BKV 2016), Berechnungen auf Basis von Fasermengen pro Waschgang.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Weichmacher, Stabilisatoren, Farbstoffe, Flammschutzmittel.

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Abrieb/ Verwitterung in der gesamten Nutzungszeit, Eintragsorte sind insbesondere urbane Flächen sowie landwirtschaftliche Flächen in Folge der Aufbringung von Klärschlämmen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 – 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Verbleibsfaktoren nicht erforderlich, da eine Berechnung auf Basis der Consultic-Studie „Vom Land ins Meer – Modell zur Erfassung landbasierter Kunststoffabfälle“ (BKV 2016(BKV 20XX) erfolgt (Fasermengen pro Waschgang, s. o.).

Bewertung Datenqualität: Gut

11.5.8 Dekorationselemente Kunststoff (5-08)

Produktbeschreibung: Kleine Herzchen, Geburtstagszahlen, Sternchen, Figuren. Werden aus diversen Kunststoffen wie z.B. PET gefertigt.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Schätzwert. Realistisch gesehen ist die Eintragsmenge verschwindend gering. Es wird nach Einschätzung der Autoren überwiegend nur in regelmäßig gereinigter Umgebung verwendet (Kirchplatz, Marktplatz oder geschlossener Raum). Eintrag über Kanalisation ins Klärwerk. Dort werden vermutlich 95% rausgefiltert.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Stabilisatoren, Weichmacher, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Eintrag erfolgt während der gesamten Nutzungszeit oder durch nicht vollständige Entnahme nach der Nutzung. Eintragungsorte sind urbane Flächen.

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: 1 - 10 Jahre

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,01/ Basis 0,055/ Max 0,1

Bewertung Datenqualität: Schlecht

11.5.9 Sonstige Farben und Lacke (5-09)

Produktbeschreibung: Farben für die Außenanwendung an Produkten, Bauten etc., keine Daten zu verwendeten Kunststoffen vorhanden.

Datengrundlage für in Verkehr gebrachte Mengen: Basismenge aus Ökopol-Daten, Schätzungen der Kunststoffanteile auf Basis von Internetrecherche sowie Expertengesprächen.

Übersicht und Benennung relevanter Additive: Flammschutzmittel, Stabilisatoren, Farbstoffe

Beschreibung des Eintragsmechanismus, der Eintragskategorie und Charakterisierung des Eintrags nach Eintragsort: Auswaschung bzw. Abrieb/ Verwitterung während der Nutzung (je nach Anwendung), Verbleib nach Nutzung (je nach Anwendung), Anwendungsort ist schwer zu bestimmen, da diverse Anwendungen denkbar (z.B. Gebäude, Geländer, Zäune).

Beschreibung des Eintragszeithorizonts: je nach Anwendung

Annahme zum Verbleibsfaktor: Min. 0,0005 / Basis 0,001/ Max 0,0015

Bewertung Datenqualität: Gut