

ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG
100 Jahre

Handbuch Kreislaufwirtschaft

Recht, Ingenieur- und Naturwis-
senschaften, Nachhaltigkeit,
Klimaschutz, Digitalisierung

Herausgegeben von

Prof. Dr. jur. Walter Frenz, Maître en Droit Public

Professor für Berg-, Umwelt- und Europarecht, RWTH Aachen University

ERICH SCHMIDT VERLAG

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Weitere Informationen zu diesem Titel finden Sie im Internet unter

<https://ESV.info/978-3-503-20067-2>

Zitiervorschlag:

Frenz (Hrsg.), Handbuch Kreislaufwirtschaft

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf eine geschlechterspezifische Differenzierung teilweise verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten dann gleichermaßen für alle Geschlechter.

ISBN 978-3-503-20067-2 (gedrucktes Werk)

ISBN 978-3-503-20068-9 (eBook)

DOI <https://doi.org/10.37307/b.978-3-503-20068-9>

Alle Rechte vorbehalten

© Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2024

www.ESV.info

Die Nutzung für das Text und Data Mining ist ausschließlich dem Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG vorbehalten. Der Verlag untersagt eine Vervielfältigung gemäß § 44b UrhG ausdrücklich.

Druck: C. H. Beck, Nördlingen

Vorwort

Kreislaufwirtschaft ist Klimaschutz. Deshalb planen die Bundesregierung wie die EU-Kommission den Übergang von der Primärrohstoffwirtschaft zur Sekundärrohstoffwirtschaft. Dazu gilt es, möglichst geschlossene Stoffkreisläufe zu etablieren und Sekundärrohstoffe möglichst effizient zu nutzen. Die Grundlagen dafür werden ausführlich dargelegt und in verschiedenen Bereichen entfaltet, so für Metalle, Textilien bis hin zu Klärschlamm. Hieran zeigt sich, welches großes Potenzial die Kreislaufwirtschaft für den Klimaschutz birgt. Diese Ansätze sind konsequent fortzuentwickeln. Daher sind zugleich die Perspektiven aufzuzeigen. Inwieweit können noch weitere Verbesserungen für den Klimaschutz erzielt werden? Aktuell werden weitere Maßnahmen vor allem für die Vermeidung von Plastikmüll auf EU- und UN-Ebene erarbeitet, auf die bereits eingegangen wird.

Diese Fragen gilt es, für die verschiedenen Disziplinen darzulegen: Zahlreiche Beiträge sind aus dem Bereich der Rechtswissenschaften und tangieren etwa die Frage, ab wann ein Sekundärrohstoff wieder ein Produkt bildet. Je früher dies der Fall ist, desto eher kann der entsprechende Stoff wieder in den Wirtschaftskreislauf integriert werden. Die Ampelkoalition plant hier eine Vorverlagerung des Endes der Abfalleigenschaft. Zudem sind gesellschaftswissenschaftliche Grundlagen namentlich im Hinblick auf die Nachhaltigkeit von größter Bedeutung. Technische Fragen berühren vor allem die Umsetzung des Beitrags der Kreislaufwirtschaft für den Klimaschutz. Die verschiedensten Bereiche werden hierbei angesprochen und in ihrer Praxisrelevanz entfaltet.

Damit bietet dieser Band einen Gesamtüberblick, wo sich Kreislaufwirtschaft im aktuellen Entwicklungsstand befindet und wie die Weiterentwicklung voraussichtlich verlaufen wird und kann. Daraus ergeben sich zugleich die Zukunftsaussichten für die Kreislaufwirtschaft insgesamt. Dieser Band ist also eine aktuelle Momentaufnahme wie auch ein Ausblick auf die Zukunft.

Die Artikel sind weitestgehend auf dem Stand von Ende 2023.

Ich danke sehr herzlich allen Autorinnen und Autoren für ihre qualifizierten Beiträge und ihre pünktliche Fertigstellung. So konnte eine aktuelle Bestandsaufnahme und Perspektivenbildung für die Kreislauf- und Abfallwirtschaft realisiert werden. Mein ganz herzlicher Dank gilt meiner Sekretärin Frau *Désirée Dietrich* B.A., welche meine verschiedenen Beiträge formatiert und ins Reine gebracht hat, sowie den studentischen Hilfskräften Frau *Julia Becker* M.Sc., Frau *Gesa Faulhaber* M.Sc. und Herrn *Valentin Kunzler* B.Sc., welche ebenfalls zum Gelingen dieses Handbuchs beigetragen haben. Mein besonderer Dank gilt dem zuständigen Verlagsleiter des Erich Schmidt Verlages, Herrn Ass. jur. *Sven Clever*, welcher in vielfältiger Weise das Entstehen dieses Werkes begleitet und unterstützt hat. Weiterhin danke ich Frau *Angela Buch*, Frau *Kerstin Chapman* und

Vorwort

Herrn *Zoltan Agoston* vom Erich Schmidt Verlag für Ihren Einsatz bei der Fertigstellung dieses Werks.

Ich wünsche eine spannende Lektüre. Für Rückmeldungen bin ich sehr dankbar unter der Adresse:

Univ.-Prof. Dr. Walter Frenz
RWTH Aachen University
Wüllnerstr. 2
52062 Aachen
0241-8095691
frenz@bur.rwth-aachen.de

Aachen, den 06.02.2024

Walter Frenz

Inhaltsübersicht

Vorwort	5
Inhaltsverzeichnis	11
Abkürzungsverzeichnis	33
Kapitel 1 Nachhaltigkeit/Klimaschutz	53
A. Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft (<i>Walter Frenz</i>)	55
B. Klimaschutz durch Circular Economy – Potentiale und Herausforderungen (<i>Merle Hüsgen, Kathrin Greiff</i>)	91
C. Das Messen der Circular Economy: Ziele, Methoden und Indikatoren (<i>Wiebke Hagedorn, Kathrin Greiff</i>)	121
D. Kreislaufwirtschaft und ihre Rohstoffe: Jenseits von Kreisen der Kreislaufwirtschaft (<i>Elisabeth Clausen, Stefan Böschen</i>)	151
E. Kreislaufwirtschaft und Primärrohstoffe: Sekundärrohstoffe und Folgen für den Rohstoffabbau (<i>Walter Frenz</i>)	159
F. Die Bedeutung des Metallhandels für die Kreislaufwirtschaft (<i>Kilian Schwaiger</i>)	167
G. Die aktuellen Merkmale und der Entwicklungstrend der chinesischen Kreislaufwirtschaft (<i>Wei Zhai</i>)	183
H. Perspektiven der Klärschlamm Entsorgung im Zeichen des Klimaschutzes (<i>Walter Frenz</i>)	195
J. Mechanische Aufbereitung von Post-Consumer Verpackungsmaterialien für das werkstoffliche Recycling von Kunststoffen (<i>Alexander Feil, Nils Kroell, Kathrin Greiff</i>)	201
K. Perspektiven der Abfallverbrennung und CO ₂ -Steuer (<i>Walter Frenz</i>)	243
L. Kreislaufwirtschaft im räumlichen Kontext – Herausforderungen und Ansatzpunkte für die Regionalentwicklung (<i>Martina Fromhold-Eisebith</i>)	251
M. Grenzraumentwicklung – Ein Zwiespalt zwischen einer globalen Aufgabe und einer territorialen Ansatzweise (<i>Vincent Pijnenburg</i>)	275
N. Wasserwiederverwendung (<i>Benedikt M. Aumeier, Max Zimmermann, Thomas Wintgens, Henry Riße, Elmar Dorgeloh</i>)	299
O. Kunststoffkreislauf: Grundlagen und aktuelle Entwicklungen (<i>Walter Frenz</i>)	325
Kapitel 2 Recht	333
A. Der aktuelle Stand und Perspektiven des Kreislaufwirtschaftsrechts in Deutschland und in der EU (<i>Walter Frenz, Martin Beckmann</i>)	335
B. Kreislaufwirtschaft als Schlüssel zu Wachstum innerhalb planetarer Grenzen? (<i>Helmut Maurer</i>)	395

C. Umsetzung der Einwegkunststoffrichtlinie im deutschen Recht, insbesondere im Verpackungsgesetz (<i>Markus W. Pauly</i>)	427
D. Die Einwegkunststoffverbotsverordnung vom 20.01.2021 und ihre europa- und verfassungsrechtlichen Implikationen (<i>Andreas Hamacher</i>)	439
E. Vorbereitung zur Wiederverwendung (<i>Bettina Enderle</i>)	459
F. Die umweltrechtliche Beurteilung der Wiederbefüllung und Instandsetzung von Tonerkassetten (<i>Hans-Jürgen Muggenborg</i>)	485
G. Recycling (<i>Bettina Enderle</i>)	511
H. Die Verwertung von Abfällen im Spannungsfeld des § 326 StGB (<i>Regina Michalke</i>)	551
J. Recyclingstärkung (<i>Walter Frenz</i>)	565
K. Verbesserungsbedarf des abfall- und vergaberechtlichen Rechtsrahmens für den Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen (<i>Gregor Franßen</i>)	595
L. Organisations- und Kooperationsformen in der kommunalen Abfallwirtschaft (<i>Ralf Gruneberg</i>)	647
M. Interkommunale Kooperationen der Klärschlamm Entsorgung (<i>Ralf Gruneberg</i>)	737
N. Alternative Antriebe für Abfallsammelfahrzeuge – rechtliche Grundlagen und technische Optionen (<i>Holger Thärichen, Alexander Neubauer</i>)	763
O. Die Tätigkeit von Sammlern, Beförderern, Händlern sowie Maklern von Abfällen und ihre Überwachung (<i>Ralf Brinktrine</i>)	777
P. Müllverbrennungsanlagen in der Gasmangellage (<i>Walter Frenz, Hans-Jürgen Muggenborg</i>)	841
Q. Kreislaufwirtschaft und Energiewende – Zur Entsorgung von Rotorblattabfällen beim Repowering von Windenergieanlagen (<i>Martin Beckmann</i>)	873
Kapitel 3 Ingenieur- und Naturwissenschaften	905
A. Digitale Kreislaufwirtschaft – warum die Circular Economy auch eine Data Economy ist (<i>Holger Berg, Nicole Stein</i>)	907
B. Der digitale Produktpass und seine technische Umsetzung (<i>Susanne Guth-Orlowski</i>)	921
C. Kartierung anthropogener Materiallager und Stoffströme im Gebäudebestand (<i>Celestin Julian Stretz, Sabine Flamme</i>)	945
D. Recyclingfähigkeit – Grundlage für mehr Recycling und Kreislaufwirtschaft (<i>Roland Pomberger, Elisabeth Fischer</i>)	981
E. Lithium-Ionen-Batterien aus Elektrofahrzeugen in der Kreislaufwirtschaft – Bewertung von Verwertungsmöglichkeiten und Anforderungen an ein Labelingsystem (<i>Merle Zorn, Sabine Flamme, Sigrid Hams</i>)	1025
F. Textilrecycling (<i>Amrei Becker, Thomas Gries</i>)	1069
G. Die Verwertung von technischen Textilien am Beispiel von Faserverbundwerkstoffen (<i>Magdalena Kimm, Philipp Abel, Thomas Gries, Stefan Schlichter</i>)	1083

H. Kreislaufwirtschaft im Spannungsfeld zwischen Ökologie und Ökonomie in der Textil- und Bekleidungsbranche (<i>Benita Rau, Isabel Hofmann, Sabrina Kolbe, Esther Rohleder, Christine Steinem, Ellen Bendt, Robert Groten, Maike Rabe</i>)	1113
J. Glas (<i>Christian Roos</i>)	1159
K. Siedlungsabfälle in der Kreislaufwirtschaft – Ist das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) das Problem oder Teil der Lösung auf dem Weg in die Kreislaufwirtschaft? (<i>Alexander Gosten</i>)	1177
L. Die thermische Abfallbehandlung in der modernen Kreislaufwirtschaft (<i>Peter Quicker</i>)	1203
M. Deponien und ihre Relevanz für die Kreislaufwirtschaft, die Umwelt und den Klimaschutz (<i>Gerhard Rettenberger</i>)	1227
N. Der Wasserkreislauf (<i>Jan Oetjen, Holger Schüttrumpf</i>)	1261
Stichwortverzeichnis	1283

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Inhaltsübersicht	7
Abkürzungsverzeichnis	33
Kapitel 1 Nachhaltigkeit/Klimaschutz	53
A. Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft (<i>Walter Frenz</i>)	55
Inhaltsübersicht	55
I. Koalitionsvertrag	57
1. Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie	57
2. Von der Primär- zur Sekundärrohstoffwirtschaft	57
3. Einheitliche Produktstandards	58
4. Stärkung der Abfallvermeidung	58
5. Verbessertes Recycling	59
6. Keine Deponierung und weniger Abfallexporte	60
II. EU-Klimapaket	60
1. Konkretisierung des Green Deal und des EU-Klimagesetzes	60
2. Maßnahmenübersicht	62
3. Reform des EU-Emissionshandels und möglicher Ansatz für die Abfallverbrennung	63
4. Separater Emissionshandel für Straßenverkehr und Gebäude	64
5. Lastenteilungsverordnung für die Mitgliedstaaten auch für die Abfallwirtschaft	65
6. Energiesektor: Folgen für Fahrzeugflotten und Bioenergie	66
7. Klimafreundliche Energiebesteuerung	67
8. Verhältnis zum BVerfG-Klimabeschluss	68
9. Gesamtbild	69
III. BVerfG-Klimabeschluss	70
1. Tiefgreifende Bedeutung des Klimaschutzbeschlusses des BVerfG für die Kreislauf- und Abfallwirtschaft	70
2. Der Klimabeschluss des BVerfG vom 24.03.2021	73
3. Intergenerationelle Gerechtigkeit und Kreislauf- wirtschaft	77
4. Breite Rechtfertigungsfähigkeit von Maßnahmen	79

IV.	Folgerungen für die Kreislauf- und Abfallwirtschaft	82
1.	Produktgestaltung	82
2.	Dienstleistungen	84
3.	CO ₂ -relevante Infrastruktureinrichtungen	84
V.	Gesamtbild	85
VI.	Literaturverzeichnis	87
B.	Klimaschutz durch Circular Economy – Potentiale und Herausforderungen (<i>Merle Hüsgen, Kathrin Greiff</i>)	91
	Inhaltsübersicht	91
I.	Einleitung	91
II.	Trends und Auswirkungen der Rohstoffnutzung	92
1.	Globale, europäische und deutsche Rohstoffnutzung	93
2.	Rohstoffnutzung und Treibhausgasemissionen	95
III.	Circular Economy als Lösungsansatz	98
1.	Der Ansatz einer Circular Economy	98
2.	Umsetzung der Circular Economy in Europa	100
3.	Klimaschutzpotentiale der Circular Economy	104
IV.	Literaturverzeichnis	113
C.	Das Messen der Circular Economy: Ziele, Methoden und Indikatoren (<i>Wiebke Hagedorn, Kathrin Greiff</i>)	121
	Inhaltsübersicht	121
I.	Einleitung	121
1.	Globale Herausforderungen	121
2.	Lösungsansatz Circular Economy – Definition	122
3.	Notwendigkeit eines Monitorings	124
II.	Rahmenbedingungen für die Messung einer Circular Economy	125
1.	Betrachtungsebenen	125
2.	Strategien innerhalb einer Circular Economy – die R-Strategien	126
3.	Die Dimensionen der Nachhaltigkeit	129
4.	Zusammenführung	131
III.	Bestehende Monitoringansätze	133
1.	Mikroebene	133
2.	Makroebene	134
3.	Das CE Monitoring-System der EU	137
IV.	Literaturverzeichnis	144
D.	Kreislaufwirtschaft und ihre Rohstoffe: Jenseits von Kreisen der Kreislaufwirtschaft (<i>Elisabeth Clausen, Stefan Böschen</i>)	151
E.	Kreislaufwirtschaft und Primärrohstoffe: Sekundärrohstoffe und Folgen für den Rohstoffabbau (<i>Walter Frenz</i>)	159
	Inhaltsübersicht	159
I.	Bergrecht als Rohstoffrecht	159
II.	Erweiterter Primärrohstoffbedarf für den Klimaschutz	161
III.	Einbeziehung der Verfügbarkeit von Sekundärrohstoffen	162

IV.	Konsequenzen für das Genehmigungsverfahren	164
1.	Rohstoffbedarfsplanung?	164
2.	Relevanz in der Abwägung für die Zulässigkeit von Rohstoffvorhaben	164
V.	Fazit	165
VI.	Literaturverzeichnis	165
F.	Die Bedeutung des Metallhandels für die Kreislaufwirtschaft (<i>Kilian Schwaiger</i>)	167
	Inhaltsübersicht	167
I.	Die Rolle und Position des Metallhandels in der Wertschöpfungskette	167
1.	Die Struktur des Metallhandels	168
2.	Die Funktion des Metallhandels	170
3.	Die Bedeutung der Metallbörsen für den Metallhandel	171
II.	Der Stellenwert des Handels mit Sekundärrohstoffen in der Politik	172
1.	Die Rohstoffstrategien der Bundesregierung zwischen 2017 und 2021	172
2.	Die Wahlprogramme und der Koalitionsvertrag für 2021 bis 2024	173
3.	Der Green Deal und der Circular Economy Actionplan	173
4.	Exkurs: Der Metallhandel und der „Closed-the-Loop“- Ansatz	174
III.	Der Metallhandel im Spannungsfeld zwischen Abfall, Produkt und End-of-Waste	175
1.	Kurze Geschichte des Metallhandels mit Blick auf die sich verändernde Rechtslage	175
2.	Die EU-Abfallverbringungsverordnung und die steigende Bedeutung des End-of-Waste-Status	177
3.	Ein Blick über den Tellerrand: Was ist Schrott?	178
IV.	Der Handel mit Rohstoffen aus dem Recycling als globaler Beitrag für mehr Umwelt- und Klimaschutz?	179
V.	Literaturverzeichnis	181
G.	Die aktuellen Merkmale und der Entwicklungstrend der chinesischen Kreislaufwirtschaft (<i>Wei Zhai</i>)	183
	Inhaltsübersicht	183
I.	Die historische Entwicklung der chinesischen Kreislauf- wirtschaft	184
1.	Kontroverse über das Kreislaufwirtschaftsmodell in chinesischen akademischen Kreisen	184
2.	Historische Entwicklung der nationalen Strategie Chinas für die Kreislaufwirtschaft	184
3.	Entwicklungserfolge der chinesischen Kreislauf- wirtschaft	186
II.	Inhalt und Merkmale des chinesischen Rechtssystems der Kreislaufwirtschaft	186

III.	Die Funktionen des Rechtssystems der Kreislaufwirtschaft in China aus der Perspektive der Grünen Entwicklung	188
IV.	Der Entwicklungstrend der chinesischen Kreislaufwirtschaft aus rechtsstaatlicher Sicht	189
V.	Literaturverzeichnis	192
H.	Perspektiven der Klärschlamm Entsorgung im Zeichen des Klimaschutzes (<i>Walter Frenz</i>)	195
	Inhaltsübersicht	195
I.	Relevanz des Klimaschutzes	195
II.	Mehrfache Auswirkungen auf die Klärschlamm Entsorgung	196
III.	Frühzeitige Weichenstellungen	197
	1. Zurückdrängung der Klärschlammverbrennung?	197
	2. Einbeziehung in den Brennstoffemissionshandel?	198
	3. Klimabezogene Einzelfallbetrachtung	198
IV.	Fazit	199
V.	Literaturverzeichnis	199
J.	Mechanische Aufbereitung von Post-Consumer Verpackungsmaterialien für das werkstoffliche Recycling von Kunststoffen (<i>Alexander Feil, Nils Kroell, Kathrin Greiff</i>)	201
	Inhaltsübersicht	201
I.	Einleitung	202
II.	Erfassung und Voranreicherung von Post-Consumer Verpackungsabfällen	204
III.	Ziele und Technologien der ersten Anreicherungsebene (Sortierung)	206
	1. Beschickung	207
	2. Vorkonditionierung	210
	3. Sortierung	214
	4. Kompaktierung	220
IV.	Ziele und Technologien der zweiten Anreicherungsebene (Kunststoffaufbereitung)	221
	1. Vorkonditionierung der Ballenware	223
	2. Nassprozesse	225
	3. Trockenmechanische Sortierung	228
	4. Endkonfektionierung	229
	5. Tiefenreinigung (Food-Grade Qualitäten)	231
V.	Defizite und Optimierungspotenziale im werkstofflichen Recycling von LVP-Verpackungen	231
	1. Defizite	232
	2. Optimierungspotenziale	235
VI.	Literaturverzeichnis	238
K.	Perspektiven der Abfallverbrennung und CO ₂ -Steuer (<i>Walter Frenz</i>)	243
	Inhaltsübersicht	243
I.	Aktueller Koalitionsvertrag	243
II.	Bedeutung der Abfallwirtschaft für den Klimaschutz	244
III.	Schwerpunkt der Kreislaufwirtschaft im Koalitionsvertrag	244

IV.	Bleibende Bedeutung der Abfallverbrennung	245
V.	Beitrag der Abfallverbrennung zum Klimaschutz: Konflikt mit dem Gesundheitsschutz	245
VI.	Änderung durch Gesundheitsschutz als Ansatz für staatlichen Klimaschutz?	246
VII.	CO ₂ -Steuer	247
VIII.	EU-Verträge und EMRK	248
IX.	Fazit	249
X.	Literaturverzeichnis	249
L.	Kreislaufwirtschaft im räumlichen Kontext – Herausforderungen und Ansatzpunkte für die Regionalentwicklung (<i>Martina Fromhold-Eisebith</i>)	251
	Inhaltsübersicht	251
I.	Einleitung	251
II.	Kreislaufwirtschaft als systemisches Prozessfeld	253
III.	Optionen und Ansatzpunkte für kooperativ-zirkuläre Wirtschaft	256
IV.	Vorteile räumlicher Nähe und regionaler Arenen für Akteurs-Vernetzungen der Kreislaufwirtschaft	259
	1. Konzeptbezüge zu Geographies of Sustainability Transitions	259
	2. Geographische Grundannahmen zur Stützung von Kreislaufwirtschaft	260
	3. Varianten der lokalen Akteurs-Vernetzung für Kreislaufwirtschaft	262
V.	Gestaltung regionaler Ansätze der Kreislaufwirtschaft	263
	1. Kalundborg Symbiosis, Dänemark	264
	2. Ökoprofit Deutschland und ÖkoBusiness Wien, Österreich	265
	3. Ambitionierte circular cities – Umeå und Groningen	266
VI.	Fazit und Handlungsempfehlungen	267
VII.	Literaturverzeichnis	269
M.	Grenzraumentwicklung – Ein Zwiespalt zwischen einer globalen Aufgabe und einer territorialen Ansatzweise (<i>Vincent Pijnenburg</i>)	275
	Inhaltsübersicht	275
I.	Einleitung	275
II.	Der global-regionale Nexus	278
III.	Grenzenlose Herausforderungen	279
IV.	Europäische Politik	283
	1. Europäische territoriale Zusammenarbeit	283
	2. EU Green Deal	285
V.	Politik bezüglich Kreislaufwirtschaft in den Niederlanden und Deutschland	287
	1. Die Niederlande	288
	2. Deutschland	290
VI.	Deutsch-niederländische Zusammenarbeit	292

VII. Schlussfolgerungen	294
VIII. Literaturverzeichnis	295
N. Wasserwiederverwendung (<i>Benedikt M. Aumeier, Max Zimmermann, Thomas Wintgens, Henry Riße, Elmar Dorgeloh</i>)	299
Inhaltsübersicht	299
I. Einführung – Was ist Wasserwiederverwendung?	299
II. Rechtliche Rahmenbedingungen für die Wasserwiederverwendung	302
III. Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft – Projekt FlexTreat	305
IV. Wasserwiederverwendung für aquaponische Systeme	310
V. Dezentrale Wasserwiederverwendung	314
VI. Industrielle Wasserwiederverwendung	321
VII. Zusammenfassung und Ausblick	322
O. Kunststoffkreislauf: Grundlagen und aktuelle Entwicklungen (<i>Walter Frenz</i>)	325
Inhaltsübersicht	325
I. EU-Ebene	325
1. EU-KunststoffRL	325
2. Kampf gegen Mikroplastik	328
II. Nationale Ebene	329
1. EWKFondsG	329
2. Plastikabgabe	329
III. Völkerrechtliche Ebene	330
IV. Fazit	331
V. Literaturverzeichnis	331
Kapitel 2 Recht	333
A. Der aktuelle Stand und Perspektiven des Kreislaufwirtschaftsrechts in Deutschland und in der EU (<i>Walter Frenz, Martin Beckmann</i>)	335
Inhaltsübersicht	335
I. Die Systematik des deutschen Kreislaufwirtschaftsrechts – ein Überblick	336
II. Reformen des deutschen Kreislaufwirtschaftsrechts	339
1. Novellen der jüngeren Vergangenheit	340
2. Evaluierung/Studien über die praktische Umsetzung	344
3. Weitere Reformpläne der Bundesregierung	344
4. Erweiterte Herstellerverantwortung	345
5. Stärkung der Abfallvermeidung	347
III. Politische Trends in der deutschen und EU-Kreislaufwirtschaftsgesetzgebung	349
1. Ende der Wegwerfgesellschaft: Planung vom 30.03.2022	349
2. EU-Klimapaket	350
3. Green Deal	352
4. Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft	354
5. Anstehende Überarbeitung der Abfallrahmenrichtlinie	356
6. EU-Verordnung zum Ökodesign für nachhaltige Produkte	357

IV.	Zukunftsorientiertes Kreislaufwirtschaftsrecht für einzelne Stoffströme	357
1.	Umweltverträgliche Entsorgung von Batterien und Akkumulatoren	358
2.	Umweltverträgliche Entsorgung bei Rückbau und Repowering von Windenergieanlagen	364
3.	Umweltverträgliche Entsorgung von Photovol- taikmodulen	364
4.	Vorschriften über die Verwertung von Kunststoffabfällen in Deutschland und Europa	366
5.	Vorschriften über die Verwertung von Produktionsabfällen aus der Industrie	375
V.	Kreislaufwirtschaft und Wettbewerb	380
1.	Gefahren für den Wettbewerb in der Kreislaufwirtschaft	381
2.	Systematik des Wettbewerbsrechts	382
VI.	Vollzug des Kreislaufwirtschaftsrechts	385
1.	Adressaten der Entsorgungspflichten	386
2.	Überwachungsaufgaben staatlicher Behörden	387
3.	Betriebliche Eigenüberwachung	388
4.	Gerichtliche Überprüfung des Behördenvollzugs	389
VII.	Evaluation von Ziel- und Quotenvorgaben	390
1.	Berichtspflichten der Mitgliedstaaten gegenüber EU	390
2.	Inspektionen	391
3.	Anzeige-, Mitteilungs- und Informationspflichten	391
4.	Verbleibskontrolle für gefährliche Abfälle im Nachweisverfahren	392
5.	Abfallbilanzen öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger	392
6.	Datenerhebungen nach dem UStatG für die Abfall- entsorgung	393
VIII.	Fazit und Ausblick	393
B.	Kreislaufwirtschaft als Schlüssel zu Wachstum innerhalb planetarer Grenzen? (<i>Helmut Maurer</i>)	395
	Inhaltsübersicht	395
I.	Kreislaufwirtschaft – Bedeutung und Begriffsunschärfe	395
II.	Klimawandel und Kreislaufwirtschaft	397
III.	Weichenstellungen Europäischer Politik seit 2013	398
1.	Der Kreislaufwirtschaftsaktionsplan 2015	399
2.	Der European Green Deal	400
IV.	Kreislaufwirtschaft und Abfallvermeidung	400
V.	Kreislaufwirtschaft im thermodynamischen Kontext und ihrem Bezug zum Recycling	401
VI.	Recycling als zentraler Begriff der Kreislaufwirtschaft	406
VII.	Recycling und Klimaschutz	409

VIII. Die Schaffung einer nachhaltigen Produktpolitik und der Übergang von einer Verbrauchsökonomie zu einer Gebrauchsökonomie	412
1. Einpreisung von Externalitäten	413
2. Produkt-Ende-Regelungen an Stelle einer Regelung des Abfallendes	414
3. Regelung des Marktzugangs von Produkten	415
4. Produktpässe und Digitalisierung	416
IX. Die Rolle der Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit für eine nachhaltige kreislauforientierte Wirtschaft	417
X. Ausblick	420
XI. Literaturverzeichnis	422
C. Umsetzung der Einwegkunststoffrichtlinie im deutschen Recht, insbesondere im Verpackungsgesetz (<i>Markus W. Pauly</i>)	427
Inhaltsübersicht	427
I. Europarechtlicher Hintergrund	427
1. Betroffene Artikel	428
2. Getroffene Maßnahmen	429
II. Umsetzung außerhalb des Verpackungsgesetzes	430
1. Die Einwegkunststoffverbotsverordnung	430
2. Die Einwegkunststoffkennzeichnungsverordnung	431
3. Das Einwegkunststofffondsgesetz	431
4. Umsetzung im Kreislaufwirtschaftsgesetz und Wasserhaushaltsgesetz	432
III. Umsetzung im Verpackungsgesetz	432
1. Änderungen allgemeiner Art	432
2. Inhaltliche Änderungen	433
3. Erweiterung der Bußgeldtatbestände	437
IV. Fazit	437
D. Die Einwegkunststoffverbotsverordnung vom 20.01.2021 und ihre europa- und verfassungsrechtlichen Implikationen (<i>Andreas Hamacher</i>)	439
Inhaltsübersicht	439
I. Einführung	439
II. Völker-, europa- und verfassungsrechtliche Rahmenbedingungen	440
III. Umsetzung bestimmter Vorgaben aus der Richtlinie (EU) 2019/904 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019	444
IV. Einwegkunststoffverbotsverordnung – Die einzelnen Regelungen	447
1. Überblick	447
2. Eingangs- und Schlussformel	447
3. Sachlicher Anwendungsbereich (§ 1 EWKVerbotsV)	448
4. Legaldefinitionen spezifischer Rechtsbegriffe (§ 2 EWKVerbotsV)	449
5. Inverkehrbringungsverbote (§ 3 EWKVerbotsV)	451

6. Ordnungswidrigkeitentatbestände (§4 EWKVerbotsV)	455
7. Geltungskraft (§ 5 EWKVerbotsV)	455
V. Abschließende Bewertung und Ausblick	456
VI. Literaturverzeichnis	457
E. Vorbereitung zur Wiederverwendung (<i>Bettina Enderle</i>)	459
Inhaltsübersicht	459
I. Einführung	460
II. Grundlagen: Regelung im KrWG	460
1. Begriff	460
2. Abfallhierarchie	462
3. Quoten für die Vorbereitung zur Wiederverwendung	464
4. Getrennte Sammlung und Behandlung	465
III. Sektor-spezifische Vorschriften über die Vorbereitung zur Wiederverwendung	467
1. VerpackG	468
2. ElektroG	470
3. BattG	474
IV. Ausblick: Neues EU-Batterierecht und EU-Verordnungs- vorschlag zum Ökodesign	475
1. EU-Batterieverordnung (EU-BattV)	475
2. EU-Verordnungsvorschlag zur Änderung und Erweiterung der Ökodesign-Rahmenrichtlinie	481
V. Literaturverzeichnis	483
F. Die umweltrechtliche Beurteilung der Wiederbefüllung und Instandsetzung von Tonerkassetten (<i>Hans-Jürgen Müggenborg</i>)	485
Inhaltsübersicht	485
I. Problemstellung	485
II. Zu beantwortende Rechtsfragen	487
1. Abfalleigenschaft der leeren Tonerkassetten	487
a) Der Abfallbegriff nach dem KrWG	487
b) Der Abfallbegriff nach der Abfall-Rahmenrichtlinie	489
2. Ende der Abfalleigenschaft durch Vorsortierung?	489
a) Durchlaufen eines Verwertungsverfahrens	490
b) Vorbereitung zur Wiederverwendung (§ 3 Abs. 24 KrWG) ...	491
c) Sonstige Kriterien zum Ende der Abfalleigenschaft (§ 5 Abs. 1 KrWG)	492
3. Ende der Abfalleigenschaft durch Aufarbeitung und Wiederbefüllung	494
a) Durchlaufen eines Verwertungsverfahrens	494
b) Sonstige Kriterien zum Ende der Abfalleigenschaft (§ 5 Abs. 1 KrWG)	494
4. Abfallrechtliche Pflichten der Abfallerzeuger und Abfallbehandler	496
a) Pflichten der Abfallerzeuger (Betreiber der Drucker und Kopiergeräte)	496
b) Pflichten des Abfallsortierers	498
c) Pflichten der Wiederbefüller	498

5.	Die Einstufung der Tonerkassetten nach dem ElektroG	499
a)	Anwendungsbereich des ElektroG	500
b)	Konzeption des ElektroG	505
c)	Registrierungspflicht nach § 6 Abs. 1 ElektroG	505
d)	Ergebnis	508
6.	Immissionsschutzrechtliche Folgerungen	508
7.	Zusammenfassung	509
G.	Recycling (<i>Bettina Enderle</i>)	511
	Inhaltsübersicht	511
I.	Einführung	512
II.	Grundlagen: Regelung im KrWG	515
1.	Begriff und Einordnung	515
2.	Ende der Abfalleigenschaft	517
3.	Abfallhierarchie	520
4.	Anforderungen an das Recyclingverfahren	521
5.	Rangfolge und Hochwertigkeit der Verwertungs- maßnahmen	523
6.	Arten von Recyclingverfahren	524
7.	Getrennte Sammlung	531
8.	Recyclingquoten	531
9.	Recycling in der Produktverantwortung	532
III.	Sektorspezifische Vorschriften über das Recycling	533
1.	VerpackG	533
2.	ElektroG	537
3.	BattG	541
IV.	Ausblick	543
1.	EU-Batterieverordnung (EU BattV)	543
2.	EU-Verordnungsvorschlag zum Ökodesign	548
3.	Bewertung	549
H.	Die Verwertung von Abfällen im Spannungsfeld des § 326 StGB (<i>Regina Michalke</i>)	551
	Inhaltsübersicht	551
I.	Die Tendenz der Verselbständigung des strafrechtlichen Abfallbegriffs	552
II.	Der „strafrechtliche Abfallbegriff“ unter der Geltung des AbfG a. F.	554
III.	Der „strafrechtliche Abfallbegriff“ unter der Geltung des KrWG	555
IV.	Das unbefugte Verwerten von Abfall im Sinne des § 326 Abs. 1 StGB	561
V.	Fazit	562
VI.	Literaturverzeichnis	562
J.	Recyclingstärkung (<i>Walter Frenz</i>)	565
	Inhaltsübersicht	565
I.	Perspektiven nach dem Ampel-Koalitionsvertrag	566
II.	Bisherige Fortschritte	566

III.	Die neuen Verwertungsquoten	567
1.	Output-bezogene Berechnung	567
2.	Weiterverarbeitungsfähige Bestandteile als Grundlage	568
3.	Globalquote	569
4.	Geplante Fortentwicklung und Überprüfung	569
IV.	Das Recycling in der Abfallhierarchie	571
1.	Verstärkte Vermutungswirkung von § 6 Abs. 1 KrWG	571
2.	Wertungsabhängige Spezifizierung	572
3.	Klima- und nachhaltigkeitsgerechte Folgenbetrachtung	573
4.	Gesamtfolgenvergleich für den ganzen Lebenszyklus	574
5.	Folgen verstärkten Klimaschutzes	575
V.	Vielfältiger Maßnahmenkatalog nach § 6 Abs. 3 KrWG	
i. V. m.	Anlage 5	577
1.	Unionsgeleitete Orientierung	577
2.	Gebühren für die Abfallentsorger	578
3.	Entsorgungsbeschränkungen	578
4.	Gebühren für die Abfallerzeuger	579
5.	Spendenanreize	579
6.	Konkretisierte Produktverantwortung namentlich durch Sammelsystem	580
7.	Infrastrukturplanung	581
8.	Öffentliche Beschaffung und Subventionen	582
9.	Fördermaßnahmen	583
10.	Beste Abfallbehandlung	584
11.	Wirtschaftliche Anreize für Behörden	584
12.	Information	585
13.	(Digitale) Koordinierung	586
14.	Dialog	586
15.	Bewertung	587
VI.	Auswirkungen auf das Abfallende	587
1.	Voranstellung des Recyclings	587
2.	Vorbereitung zur Wiederverwendung	589
3.	Durchlaufen eines Verwertungsverfahrens	589
4.	Einzelvoraussetzungen	591
5.	Verzichtbarkeit eines positiven Marktpreises	592
VII.	Fazit	593
K.	Verbesserungsbedarf des abfall- und vergaberechtlichen Rechtsrahmens für den Einsatz von mineralischen Ersatz- baustoffen (<i>Gregor Franßen</i>)	595
	Inhaltsübersicht	595
I.	Einleitung	596
II.	Abfallrechtliche Rahmenbedingungen	597
1.	Abfallrechtliche Vorgaben	597
2.	Grundsätzlich keine Anwendung der abfallrechtlichen Grundpflichten beim öffentlichen Leistungsbezug	599

3. Spezielle abfallrechtliche Vorschriften als „Lückenfüller“	600
4. Beachtung der abfallrechtlichen Vorgaben im Vergabeverfahren	617
III. Vergaberechtliche Rahmenbedingungen	618
1. Vergaberechtliche Vorgaben	619
2. Vollzug der vergaberechtlichen Vorgaben im Vergabe- verfahren	642
IV. Zwischenfazit: Widerspruch zwischen Anspruch und Wirklichkeit	642
V. Funktionsweisen von Abfall- und Vergaberecht	642
1. Abfallrecht	643
2. Vergaberecht	643
VI. Möglichkeiten zur Optimierung des Rechtsrahmens	644
1. Auf dem Gebiet des Abfallrechts	644
2. Auf dem Gebiet des Vergaberechts	644
VII. Ausblick	645
L. Organisations- und Kooperationsformen in der kommunalen Abfallwirtschaft (<i>Ralf Gruneberg</i>)	647
Inhaltsübersicht	647
I. Einführung: Abfallwirtschaft als kommunale Aufgabe	648
1. Überblick	648
2. Abfallwirtschaft als kommunale Aufgabe der öRE	649
II. Die öffentlich-rechtlichen und privatrechtlichen Organi- sationsformen	652
1. Die öffentlich-rechtlichen Organisationsformen	652
2. Privatrechtliche Organisationsformen für die kommunale Abfallwirtschaft	672
III. Rechtsformen interkommunaler Kooperation	682
1. Allgemeines	682
2. Formen der Zusammenarbeit nach den Gesetzen über die kommunale Gemeinschaftsarbeit (GkG)	683
3. Der Zweckverband	683
4. Öffentlich-rechtliche Vereinbarungen	688
5. Gemeinsames Kommunalunternehmen	690
IV. Vergaberechtliche Beurteilung interkommunaler Organisations- und Kooperationsmaßnahmen	696
1. Ausgangslage: Vergaberechtliche Ausnahmen für kommunale Organisationsoptionen	696
2. Anforderungen an einen vergaberechtsfreien innerstaatlichen Organisationsakt	698
3. Das klassische In-House-Geschäft gem. § 108 Abs. 1 GWB	701
4. Die öffentlich-öffentliche Zusammenarbeit gem. Art. 12 Abs. 4 RL 2014/24/EU, § 108 Abs. 6 GWB	716
5. Vergaberechtliche Beurteilung der öffentlich-rechtlichen Organisations- und Kooperationsformen	722
V. Literaturverzeichnis	729

M. Interkommunale Kooperationen der Klärschlamm Entsorgung (<i>Ralf Gruneberg</i>)	737
Inhaltsübersicht	737
I. Allgemeines	737
II. Aktuelle Rahmenbedingungen für die Klärschlamm- entsorgung	740
1. Aktuelle Entsorgungssituation	740
2. Novellierung der Klärschlammverordnung 2017	740
3. Entsorgungswege für Klärschlamm	742
III. Zuständigkeiten in der Klärschlamm Entsorgung – Schnittstelle zwischen Abfall- und Wasserrecht	743
1. Grundsätzliches zu den Zuständigkeiten	743
2. Abgrenzung Wasser- und Abfallrecht	744
IV. Übersicht der möglichen Formen interkommunaler Kooperationen in der Klärschlamm Entsorgung	746
1. Interkommunale Zusammenarbeit nach den Gesetzen über die kommunale Gemeinschaftsarbeit (GkG)	747
2. Interkommunale Kooperation in Privatrechtsform	750
3. Besonderheiten eines sondergesetzlichen Wasserverbandes	753
4. Besonderheiten eines Wasser- und Bodenverbandes	754
V. Praxisbeispiele zur Kooperation im Bereich der Klärschlamm Entsorgung	756
VI. Mögliche Kooperationsformen für die Klärschlamm- entsorgung – Übersicht	758
1. Zweckverband	758
2. Kooperation in einem Wasser- und Bodenverband	758
3. Gemeinsames Kommunalunternehmen	759
4. Öffentlich-rechtliche Vereinbarung	759
5. Gründung einer gemischt-öffentlichen Gesellschaft privaten Rechts	760
VII. Literaturverzeichnis	760
N. Alternative Antriebe für Abfallsammelfahrzeuge – rechtliche Grundlagen und technische Optionen (<i>Holger Thärichen,</i> <i>Alexander Neubauer</i>)	763
Inhaltsübersicht	763
I. Einleitung	763
II. Politischer Kontext und rechtliche Grundlagen	764
1. Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft / 39. Bundes- immissionsschutzverordnung	765
2. Clean Vehicles Directive / Saubere Fahrzeuge Beschaffungsgesetz	765
3. Flottengrenzwerte	767
2. Fuhrpark der Abfallwirtschaft – schwere Nutzfahrzeuge mit alternativen Antrieben	768
4. Ausblick und Schlussfolgerungen des VKU	773

O.	Die Tätigkeit von Sammlern, Beförderern, Händlern sowie Maklern von Abfällen und ihre Überwachung (<i>Ralf Brinktrine</i>)	777
	Inhaltsübersicht	777
I.	Einführung	780
II.	Unionsrechtlicher Hintergrund der Regelungen im KrWG	783
	1. Die Abfallrahmenrichtlinie	783
	2. Die Dienstleistungsrichtlinie	784
	3. Die Richtlinie über die Anerkennung von Berufsqualifikationen	785
	4. Verordnung über die Verbringung von Abfällen	785
III.	Begriffsklärungen des KrWG und ihre rechtlichen Konsequenzen für das Überwachungssystem	785
	1. Legaldefinitionen des KrWG	785
	2. Rechtsfolgen der Legaldefinitionen für den Anwendungsbereich der Überwachungsregelungen	788
IV.	Erlaubnispflichtige Tätigkeiten von Sammlern, Beförderern, Händlern und Maklern	791
	1. Erlaubnispflicht als Form präventiver Kontrolle	791
	2. Voraussetzungen der Erlaubniserteilung	798
	3. Charakter, Inhalt und Reichweite der Erlaubnis	805
	4. Erlaubnisverfahren	807
	5. Gleichwertigkeit von Erlaubnissen aus EU- und EWR-Staaten mit nationalen Erlaubnissen	809
V.	Anzeigepflichtige Tätigkeiten von Sammlern, Beförderern, Händlern und Maklern	810
	1. Anzeigepflicht bei Sammeln, Befördern, Handeln und Makeln von nicht gefährlichen Abfällen	810
	2. Anzeigehalt, Anzeigeverfahren und behördliche Zuständigkeit	812
	3. Verwaltungsrechtliche Durchsetzung der Anzeigepflicht	814
	4. Rechtliche Konsequenzen der Verletzung der Anzeigepflicht	815
	5. Anzeigepflicht nach § 53 Abs. 1 KrWG und andere öffentlich-rechtliche Verpflichtungen	815
	6. Vom Anzeigenden nach § 53 Abs. 2 KrWG nachzuweisende sachliche Anforderungen	816
	7. Eingriffsbefugnisse der zur Entgegennahme der Anzeige zuständigen Behörde	818
VI.	Abfallrechtliche Pflichten von Sammlern, Beförderern, Händlern und Maklern bei Ausübung ihrer Tätigkeit	822
	1. Auskunft-, Duldungs- und Mitwirkungspflichten nach § 47 Abs. 3 Satz 1 Nr. 4, Satz 2 und 3 KrWG	822
	2. Kennzeichnungspflichten von Sammlern und Beförderern nach § 55 KrWG	823
	3. Registerpflicht	827

4.	Führung von Entsorgungsnachweisen	827
5.	Bestellung von Beauftragten und unternehmensbezogene Mitteilungspflichten	827
VII.	Überwachungsverhältnis: Regelmäßige behördliche Überprüfung von Sammlern, Beförderern, Händlern und Maklern	828
1.	Begründung des Überwachungsverhältnisses	828
2.	Behördliche Informations- und Betretensbefugnisse im allgemeinen Überwachungsverhältnis	829
VIII.	Repressive Maßnahmen der Behörden gegen Sammler, Beförderer, Händler und Makler bei Pflichtverletzungen	830
1.	Die nachträgliche Aufhebung einer nach § 54 Abs. 1 KrWG erteilten Erlaubnis	830
2.	Die nachträgliche Untersagung der Sammler-, Beförderer-, Händler- oder Maklertätigkeit nach Aufnahme der Tätigkeit	830
3.	Anordnungen zur Durchsetzung von Register- und Nachweispflichten	831
4.	Durchsetzung von Kennzeichnungspflichten nach § 55 KrWG	831
5.	Durchsetzung sonstiger Pflichten	831
IX.	Ordnungswidrigkeiten und strafrechtliche Sanktionen	831
1.	Straftaten	831
2.	Ordnungswidrigkeiten	831
X.	Rechtsschutzfragen	832
1.	Rechtsschutz von Sammlern, Beförderern, Händlern und Maklern	832
2.	Rechtsschutz von Konkurrenten oder anderen Dritten	836
3.	Klagen von Umweltverbänden	837
XI.	Würdigung	837
XII.	Literaturverzeichnis	837
P.	Müllverbrennungsanlagen in der Gasmangellage (<i>Walter Frenz, Hans-Jürgen Müggenborg</i>)	841
	Inhaltsübersicht	841
I.	Problemaufriss	842
II.	Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an den Anlagenbetrieb	844
1.	Die immissionsschutzrechtlichen Grundpflichten	844
2.	Die Pflichten aus einschlägigen Bundes-Immissionsschutz- verordnungen	845
3.	Sonstige anlagenbezogene Pflichten	846
4.	Verantwortung für die Einhaltung der Emissionsan- forderungen	846
5.	Folgen der Nichteinhaltung der Emissionsgrenzwerte	847
III.	Ausnahmen auf der Grundlage der 17. BImSchV?	847
1.	Ausnahme nach § 6 Abs. 6 der 17. BImSchV	847
2.	Ausnahmen nach § 21 Abs. 3 der 17. BImSchV	848

3. Ausnahme nach § 24 der 17. BImSchV	849
4. Zwischenergebnis nach 17. BImSchV	850
IV. Ausnahmen auf der Grundlage des BImSchG?	850
1. Ausnahmen nach §§ 31a bis 31c BImSchG	851
2. Ausnahme nach §§ 31e und 31f BImSchG	851
3. Ausnahme nach § 31g BImSchG	853
V. Ausnahmen auf der Grundlage des Katastrophenschutz-	
gesetzes?	854
1. Ansatz	854
2. Vorliegen einer Katastrophe	855
3. Subsidiarität?	857
4. Organisatorische Verteilung und fehlende Einbeziehung	
von Müllverbrennungsanlagen	858
5. Betreiberpflichten	860
6. Mögliche Anordnungen	861
7. Zwischenergebnis	862
VI. Ausnahmen auf der Grundlage des Infektionsschutz-	
gesetzes (IfSG)?	862
1. Ansatz	862
2. Mögliche Anordnungen	863
3. Analogien und Erweiterungen?	863
VII. Ausnahmen nach allgemeinem Ordnungsrecht?	865
VIII. Erweiterung durch die grundrechtlichen Schutzpflichten?	865
IX. Duldung erhöhter Grenzwerte?	868
1. Systematik	868
2. Duldung kann Genehmigung nicht ersetzen	869
3. Rechtswirkungen einer aktiven Duldung	871
X. Ergebnisse	872
Q. Kreislaufwirtschaft und Energiewende – Zur Entsorgung von	
Rotorblattabfällen beim Repowering von Windenergieanlagen	
(<i>Martin Beckmann</i>)	873
Inhaltsübersicht	873
I. Einführung	873
II. Rückbau- und Entsorgungspflichten der Anlagen-	
betreiber von WEA	875
1. Rückbaupflichten	875
2. Entsorgungspflichten	879
III. Materiell-rechtliche Anforderungen	881
1. Beginn der Entsorgungspflicht	881
2. Ende der Abfalleigenschaft	888
3. Pflichten zur Vermeidung von Rotorblattabfällen	891
4. Ordnungsgemäße, schadlose und hochwertige	
Verwertung	896
IV. Produktverantwortung für Hersteller/Vertreiber von WEA?	898
1. Rücknahme- und Rückgabepflichten	899
2. Kennzeichnungs- und Informationspflichten	900
V. Fazit	903

Kapitel 3 Ingenieur- und Naturwissenschaften	905
A. Digitale Kreislaufwirtschaft – warum die Circular Economy auch eine Data Economy ist (<i>Holger Berg, Nicole Stein</i>)	907
Inhaltsübersicht	907
I. Einführung	907
II. Die Strategien der Kreislaufwirtschaft haben einen hohen Informationsbedarf	908
III. Informationsverwendung in und für die Circular Economy	912
IV. Erzeugung und Weitergabe von Informationen für die Circular Economy	913
V. Diskussion und Ausblick	916
VI. Literaturverzeichnis	918
B. Der digitale Produktpass und seine technische Umsetzung (<i>Susanne Guth-Orlowski</i>)	921
Inhaltsübersicht	921
I. Der digitale Produktpass	921
1. Der digitale Produktpass in der neuen EU-Batterieverordnung	922
2. Generelle Anforderungen an den Produktpass	923
3. Nutzen des Produktpasses	924
II. Technische Umsetzung des Produktpasses	927
1. Datenanalyse für den Produktpass	927
2. Technischer Aufbau des Produktpasses	932
3. Nutzen des Produktpasses	937
4. Vorteile einer dezentralen Technologie	938
5. Initiativen zum Produktpass	941
III. Herausforderungen und nächste Schritte	942
IV. Literaturverzeichnis	943
C. Kartierung anthropogener Materiallager und Stoffströme im Gebäudebestand (<i>Celestin Julian Stretz, Sabine Flamme</i>)	945
Inhaltsübersicht	945
I. Einleitung	945
II. Hintergründe bei der Betrachtung anthropogener Materiallager	946
1. Anthropogenes Materiallager	946
2. Rechtliche Zusammenhänge	949
III. Aktueller Stand zur Erfassung anthropogener Materiallager	952
1. Methodische Ansätze zur Erhebung von Beständen und Materialflussanalysen	952
2. Ausgangssituation bei der Kartierung anthropogener Materiallager und Stoffströme	954
3. Zwischenfazit zur Erfassung anthropogener Materiallager	960

IV.	Abbildung anthropogener Materiallager und Stoffströme	961
1.	Klassifizierung der Modelle	961
2.	Stoffströme im anthropogenen Materiallager	968
3.	Beispiel für die Erhebung anthropogener Materiallager und Stoffströme	971
V.	Zusammenfassung	972
VI.	Literaturverzeichnis	974
D.	Recyclingfähigkeit – Grundlage für mehr Recycling und Kreislaufwirtschaft (<i>Roland Pomberger, Elisabeth Fischer</i>)	981
	Inhaltsübersicht	981
I.	Einleitung	982
II.	Grundlagen	984
1.	Der Produkt- und Abfallbegriff	984
2.	Design for/from Recycling	986
3.	Erweiterte Produzentenverantwortung	986
4.	Recycling	987
5.	Recyclingfähigkeit	988
6.	Greenwashing	994
III.	Rahmenbedingungen	994
1.	Regulatorische Rahmenbedingungen	994
2.	Technische Rahmenbedingungen	998
IV.	Quantifizierung und Messbarkeit der Recyclingfähigkeit	1002
1.	Zirkuläre Indikatoren	1002
2.	Ökologische Bewertungen	1003
3.	Bewertung der Recyclingfähigkeit von Verpackungen in Österreich	1004
V.	Diskussion	1008
1.	Faktoren für die Recyclingfähigkeit von Produkten	1008
2.	Barrieren in realen abfallwirtschaftlichen Systemen	1008
3.	Anforderungsanalyse und Maßnahmen zur Erhöhung der Recyclingfähigkeit	1009
4.	Ansätze zur Erhöhung der Recyclingfähigkeit	1013
VI.	Fazit	1015
VII.	Literaturverzeichnis	1017
E.	Lithium-Ionen-Batterien aus Elektrofahrzeugen in der Kreislaufwirtschaft – Bewertung von Verwertungsmöglichkeiten und Anforderungen an ein Labelingsystem (<i>Merle Zorn, Sabine Flamme, Sigrid Hams</i>)	1025
	Inhaltsübersicht	1025
I.	Einleitung	1025
II.	Rechtlicher Rahmen zum Recycling von Lithium-Ionen-Batterien	1026
III.	Aufkommen und Zusammensetzung von Lithium-Ionen-Batterien	1029
1.	Funktion, Aufbau und Zusammensetzung	1029
2.	Batteriesystemaufkommen aus Elektrofahrzeugen	1036
3.	Kritikalität der eingesetzten Rohstoffe	1039

IV.	Status Quo zur Aufbereitung und zum Recycling von Lithium-Ionen-Batterien	1040
1.	Allgemeines	1040
2.	Sicherheitsaspekte im Umgang und Recycling	1041
3.	Entladung und Demontage der Batteriepacks	1044
4.	Mechanische Aufbereitung der Batteriemodule	1046
5.	Pyro- und hydrometallurgische Verfahren	1049
V.	Bewertung von Verwertungsmöglichkeiten von Lithium-Ionen-Batterien aus Elektrofahrzeugen	1051
1.	Technische Machbarkeit	1051
2.	Ökologische Bewertung	1055
3.	Ökonomische Bewertung	1057
4.	Einsatz eines Labelingsystems	1059
VI.	Zusammenfassung und Ausblick	1061
VII.	Literaturverzeichnis	1062
F.	Textilrecycling (<i>Amrei Becker, Thomas Gries</i>)	1069
	Inhaltsübersicht	1069
I.	Einleitung	1069
II.	Verwertung von Alttextilien	1072
1.	Sammlung	1072
2.	Sortierung	1073
3.	Verwertung von Alttextilien	1074
III.	Zusammenfassung und Ausblick	1080
G.	Die Verwertung von technischen Textilien am Beispiel von Faserverbundwerkstoffen (<i>Magdalena Kimm, Philipp Abel, Thomas Gries, Stefan Schlichter</i>)	1083
	Inhaltsübersicht	1083
I.	Faserverbundwerkstoffe	1083
1.	Faserverstärkte Kunststoffe	1083
2.	Textilbeton	1085
II.	Verwertung von Faserverbundwerkstoffen mit organischer Matrix	1088
1.	Sammlung und Sortierung	1089
2.	Faser-Matrix-Separation	1091
3.	Verwertung der zurückgewonnenen Faserwerkstoffe	1093
III.	Verwertung von Faserverbundwerkstoffen mit mineralischer Matrix	1098
1.	Sammlung	1099
2.	Zerkleinerung und Sortierung	1101
3.	Verwertung	1103
IV.	Fazit	1108
V.	Literaturverzeichnis	1109

H.	Kreislaufwirtschaft im Spannungsfeld zwischen Ökologie und Ökonomie in der Textil- und Bekleidungsbranche (<i>Benita Rau, Isabel Hofmann, Sabrina Kolbe, Esther Rohleder, Christine Steinem, Ellen Bendt, Robert Groten, Maike Rabe</i>)	1113
	Inhaltsübersicht	1113
I.	Einleitung	1114
II.	Status quo Alttextilien	1117
III.	Design und Entwicklung von kreislauffähigen Produkten	1119
	1. Kreislaufwirtschaftsstrategien im Design und in der Produktenwicklung	1121
	2. Kreislaufwirtschaftsstrategien in der Textil- und Beklei- dungsindustrie	1122
IV.	Faser-zu-Faser-Recycling	1133
	1. Recyclingverfahren	1134
	2. Auswahl von Recyclingverfahren nach Rohstoffen und Rohstoffmischungen	1140
V.	Herausforderungen der textilen Kreislaufwirtschaft	1149
VI.	Literaturverzeichnis	1151
J.	Glas (<i>Christian Roos</i>)	1159
	Inhaltsübersicht	1159
I.	Die Glasindustrie	1159
II.	Motivation für eine Kreislaufwirtschaft „Glas“	1160
III.	Glasarten und ihre Wiederverwertbarkeit	1164
	1. Kalk-Natron-Silicat-Gläser	1164
	2. Boro-Silicat-Gläser	1170
	3. Basaltgläser und Mineralgläser	1171
	4. Alkalifreie Gläser	1174
	5. Glaskeramiken	1175
	6. Spezialgläser	1175
IV.	Literaturverzeichnis	1176
K.	Siedlungsabfälle in der Kreislaufwirtschaft – Ist das Kreislaufwirt- schaftsgesetz (KrWG) das Problem oder Teil der Lösung auf dem Weg in die Kreislaufwirtschaft? (<i>Alexander Gosten</i>)	1177
	Inhaltsübersicht	1177
I.	Siedlungsabfall in der Abfallwirtschaft und das KrWG	1177
II.	Siedlungsabfall	1180
	1. Siedlungsabfallmengen	1180
	2. Fraktionen des Siedlungsabfalls	1181
	3. Bioabfall	1183
	4. Wertstoffe	1185
III.	Betrachtung unterschiedlicher Erfassungssysteme, Behand- lungsverfahren und Ressourcen	1190
	1. Restmüll- und Biotonne	1191
	2. Vergleich Wertstofftonne, LVP-Tonne, Recycling- oder Wertstoffhof	1192
	3. Zusammenfassung und Vergleich der Recyclingquoten der Erfassungssysteme	1193

IV.	Abfallhierarchie, Abfallvermeidung	1193
V.	Recycling	1194
1.	Das Verhältnis von Recycling zur Knappheit der Ressourcen	1195
2.	Das Verhältnis von Recycling zum Klimaschutz und zur Energiewende	1195
3.	Grenzwerte	1196
4.	Recyclingquoten	1196
VI.	Zielvorgaben und Hemmnisse	1197
VII.	Zusammenfassung	1200
L.	Die thermische Abfallbehandlung in der modernen Kreislaufwirtschaft (<i>Peter Quicker</i>)	1203
	Inhaltsübersicht	1203
I.	Einführung	1203
II.	Ziele und Möglichkeiten der thermischen Abfallbehandlung	1204
III.	Technik der thermischen Abfallbehandlung	1205
1.	Thermochemische Grundlagen	1205
2.	Varianten der thermischen Abfallbehandlung	1206
3.	Müllverbrennung	1206
4.	Weitere Monoabfallverbrennungsanlagen	1209
5.	Abfallmitverbrennung	1215
6.	Sonstige thermische Prozesse	1217
7.	Abgasreinigung	1220
8.	Behandlung der Rückstände	1224
IV.	Literaturverzeichnis	1224
M.	Deponien und ihre Relevanz für die Kreislaufwirtschaft, die Umwelt und den Klimaschutz (<i>Gerhard Rettenberger</i>)	1227
	Inhaltsübersicht	1227
I.	Eine kurze Vorbemerkung	1227
II.	Entwicklung der Deponie und ihre Geschichten	1228
III.	Deponietechnik mit wenigen Stichworten beschrieben	1233
IV.	Deponien in der Umwelt und ihre Nachhaltigkeit	1240
V.	Deponien in der Kreislaufwirtschaft und wie viele mit welcher Kapazität	1246
VI.	Deponiegas, ein Treibhausgas in Kuheinheiten ausgedrückt	1249
VII.	Die Nachnutzung und der Rückbau lösen alle (Nach-)Sorgen	1253
VIII.	Was sollte getan, was besser gelassen werden und auf was muss man sich einstellen, die Zusammenfassung	1257
IX.	Literaturverzeichnis	1258
N.	Der Wasserkreislauf (<i>Jan Oetjen, Holger Schüttrumpf</i>)	1261
	Inhaltsübersicht	1261
I.	Was ist Wasser?	1261
II.	Der Wasserkreislauf	1264
III.	Bestandteile des Wasserkreislaufs	1269
1.	Niederschlag	1269
2.	Evapotranspiration	1271
3.	Oberflächenabfluss	1273

4. Basisabfluss	1274
5. Infiltration	1274
6. Interzeption und Zwischenabfluss	1275
IV. Wassernutzungen und Herausforderungen der Wasser- wirtschaft	1275
V. Literaturverzeichnis	1278
Stichwortverzeichnis	1283