

## Inhaltsübersicht

<b>Vorwort</b> .....	5
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	11
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	33
<b>Kapitel 1 Nachhaltigkeit/Klimaschutz</b> .....	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 <sub>2</sub> -Steuer ( <i>Walter Frenz</i> ) .....	243
L. Kreislaufwirtschaft im räumlichen Kontext – Herausforderungen und Ansatzpunkte für die Regionalentwicklung ( <i>Martina Fromhold-Eisebith</i> ) .....	251
M. Grenzübergangsentwicklung – 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
<b>Kapitel 2 Recht</b> .....	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

Inhaltsübersicht

---

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 Müggenborg</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 Klärschlammentsorgung ( <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 Müggenborg</i> ) .....	841
Q. Kreislaufwirtschaft und Energiewende – Zur Entsorgung von Rotorblattabfällen beim Repowering von Windenergieanlagen ( <i>Martin Beckmann</i> ) .....	873
<b>Kapitel 3 Ingenieur- und Naturwissenschaften</b> .....	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
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	1283

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort .....</b>	<b>5</b>
<b>Inhaltsübersicht .....</b>	<b>7</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>33</b>
<b>Kapitel 1 Nachhaltigkeit/Klimaschutz .....</b>	<b>53</b>
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

## Inhaltsverzeichnis

---

IV.	Folgerungen für die Kreislauf- und Abfallwirtschaft .....	82
1.	Produktgestaltung .....	82
2.	Dienstleistungen .....	84
3.	CO <sub>2</sub> -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

## Inhaltsverzeichnis

---

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 Anreicherungsstufe (Sortierung) .....	206
1. Beschickung .....	207
2. Vorkonditionierung .....	210
3. Sortierung .....	214
4. Kompaktierung .....	220
IV. Ziele und Technologien der zweiten Anreicherungsstufe (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 <sub>2</sub> -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 <sub>2</sub> -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. Grenzüraumentwicklung – 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



## Inhaltsverzeichnis

---

VII. Schlussfolgerungen .....	294
VIII. Literaturverzeichnis .....	295
N. Wasserwiederverwendung ( <i>Benedikt M. Aumeier, Max Zimmermann, Thomas Wintgens, Henry Rißé, 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
<b>Kapitel 2 Recht</b> .....	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 Photovoltaikmodulen .....	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 Abfallentsorgung .....	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

Inhaltsverzeichnis

---

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-Verordnungsvorschlag 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 Muggenborg</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

## Inhaltsverzeichnis

---

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

Inhaltsverzeichnis

---

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,     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



## Inhaltsverzeichnis

---

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. Auskunfts-, 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-Immissionsschutzverordnungen .....	845
3. Sonstige anlagenbezogene Pflichten .....	846
4. Verantwortung für die Einhaltung der Emissionsanforderungen .....	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

## Inhaltsverzeichnis

---

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

<b>Kapitel 3 Ingenieur- und Naturwissenschaften</b>	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

## Inhaltsverzeichnis

---

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

## Inhaltsverzeichnis

---

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



Inhaltsverzeichnis

---

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