

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
	Peter Quicker, Kathrin Weber, Claudia Kammann, Christoph Sager	
1.1	Begrifflichkeiten	3
1.2	Klimawandel und Kohlenstoffkreislauf	4
1.3	Historie der Erzeugung von Karbonisaten	7
1.3.1	Pyrolytische Karbonisaterzeugung	7
1.3.2	Hydrothermale Karbonisierung	12
2	Thermochemische Prozesse zur Herstellung von Biomassekarbonisaten	15
	Peter Quicker, Andrea Kruse, Kathrin Weber, Dennis Blöhse	
2.1	Überblick Thermochemische Prozesse	15
2.2	Karbonisate durch Pyrolyse	16
2.2.1	Torrefizierung	20
2.2.2	Schnellpyrolyse	22
2.2.3	Langsame und mittelschnelle Pyrolyse	23
2.2.4	Reaktionskinetik	24
2.3	Karbonisate durch hydrothermale Verfahren	37
2.3.1	Thermochemie der Hydrothermalen Karbonisierung	37
2.3.2	Nebenprodukte	63
2.4	Karbonisate als Nebenprodukte der Vergasung	80
3	Herstellung von Biomassekarbonisaten	83
	Simone Heger, Andrea Kruse, Peter Quicker, Dennis Blöhse, Klaus Serfass, Marc Schulten, Saulo Seabra	
3.1	Rechtlicher Rahmen bei der Herstellung von Biomassekarbonisaten	83
3.2	Verfahrenstechnik der Biomassekarbonisierung durch Pyrolyse	90
3.2.1	Torrefizierung	92
3.2.2	Schnellpyrolyse	93
3.2.3	Langsame und mittelschnelle Pyrolyse	95
3.2.4	Verfahren zur pyrolytischen Erzeugung von Biomassekarbonisaten	96
3.3	Verfahrenstechnik der Biomassekarbonisierung durch Hydrothermale Verfahren	114

3.3.1	Grundoperationen und Prozessgestaltung	114
3.3.2	Reaktortypen und grundlegende Charakteristika	118
3.3.3	Stoffvorbereitung und Förderung	119
3.3.4	Wärmeübertrag und -management	120
3.3.5	Produktaufbereitung	121
3.3.6	Verfahren zur hydrothermalen Erzeugung von Biomassekarbonisaten	121
3.4	Verfahrenstechnik der Vergasung	145
3.5	Agglomeration von Biomassekarbonisaten	148
3.5.1	Einleitung: Wieso Agglomerieren?	148
3.5.2	Agglomerationsverfahren	149
3.5.3	Anwendungsbeispiel: Biomassekarbonisatbriketts für die Gusseisenherstellung	159
4	Eigenschaften von Biomassekarbonisaten	165
	Kathrin Weber und Peter Quicker	
4.1	Einführung in Bildern	166
4.2	Chemische Zusammensetzung	173
4.2.1	Inkohlungsdiagramm	173
4.2.2	Elementarzusammensetzung	177
4.2.3	Energiegehalt	186
4.2.4	Fixer Kohlenstoff und flüchtige Bestandteile	188
4.2.5	Asche	192
4.3	Ausbeuten	193
4.3.1	Massenausbeute	195
4.3.2	Energieausbeute	199
4.3.3	Ausbeute fixer Kohlenstoff	200
4.4	Struktur und Oberfläche	202
4.4.1	Oberfläche	202
4.4.2	Dichte und Porosität	206
4.4.3	pH-Wert	209
4.4.4	Wasseraufnahme	212
5	Verwendung von Biomassekarbonisaten	213
	Kathrin Weber, Sabrina Eichenauer, Ernst Stadlbauer, Marc Schulten, Thomas Echterhof, Claudia Kammann, Hans-Peter Schmidt, Achim Gerlach, Henning Gerlach	
5.1	Energetische Anwendungen	213
5.1.1	Mitverbrennung in Kohlekraftwerken	213
5.1.2	Kleinf Feuerungsanlagen	238
5.1.3	Vergasungsanlagen	246
5.2	Industrielle Anwendungen	254
5.2.1	Metallurgie	254

5.2.2	Adsorptionsmittel	277
5.2.3	Zement- und Kalkwerke	279
5.2.4	Siliziumherstellung	282
5.3	Bodenbezogene und landwirtschaftliche Anwendungen	284
5.3.1	Stabilität von Pflanzenkohle in Böden	289
5.3.2	Feld- und Gefäßversuche mit Pflanzenkohle in Böden: Ergebnisse der ersten Dekade und Ausblicke	293
5.3.3	Pflanzenkohle in der Kompostierung	299
5.3.4	Einsatz von Pflanzenkohle in der Tierhaltung	302
5.3.5	Schadstoffe und rechtliche Rahmenbedingungen	310
5.3.6	Fazit	311
5.4	Anwendung in der Tierfütterung	311
5.4.1	Kaskadennutzung durch Anwendung von Pflanzenkohle in der Tierhaltung	312
5.4.2	Historischer Überblick: Einsatz von Pflanzenkohle als Futtermittel	314
5.4.3	Holzkohle und Wildtiere	315
5.4.4	Funktionsweise von (aktivierter) Pflanzenkohle in der Fütterung	316
5.4.5	Adsorption von Schadstoffen	320
5.4.6	Zulassung	329
5.4.7	Qualität der Pflanzenkohle	330
5.4.8	Verabreichung	331
5.4.9	Regelmäßige Fütterung zur Verbesserung von Leistung und Tierwohl	332
5.4.10	Reduktion der Methanemissionen von Wiederkäuern	339
5.4.11	Mögliche Nebenwirkungen von Pflanzenkohle	342
5.4.12	Klimabilanz	344
5.4.13	Fazit	345
Anhang		347
Literatur		373
Sachwortverzeichnis		425