

Inhalt

Vorwort	V
1 Einführung	1
1.1 Nachhaltigkeit	3
1.2 Möglichkeiten der Verfahrenstechnik	6
1.3 Ökobilanzen	9
1.3.1 Vorausgehende Definition der Zielstellung	12
1.3.2 Ziel und Untersuchungsrahmen der Ökobilanz	13
1.3.3 Sachbilanz	17
1.3.4 Wirkungsabschätzung	19
1.3.5 Auswertung	24
1.4 Carbon Footprint von Produkten (CFP)	25
1.4.1 Beachtung spezifischer Treibhausgasemissionen	28
1.4.2 Berichterstattung des CFP	30
1.5 Nachhaltigkeitsbericht	34
1.6 Ansätze zur Einbeziehung ökonomischer Aspekte	39
1.7 Kritische Würdigung der Ansätze	46
2 Biologische Grundlagen	49
2.1 Mikroorganismen	49
2.1.1 Klassifizierung von Mikroorganismen	50
2.1.2 Struktureller Aufbau der Zellen	57
2.1.3 Technischer Einsatz von Bakterien, Hefen und Pilzen	61
2.2 Stoffwechsel und Energieumwandlung	63
2.2.1 Thermische Prozesse der Zelle	63
2.2.2 Energiegewinnung im Rahmen des Stoffwechsels	69
2.2.3 Die Bedeutung der Stickstoffe und Phosphate	77

2.3	Anaerobe Prozesse	80
2.3.1	Gärung	82
2.3.2	Methanogenese	84
2.4	Funktionsweise der Enzyme	86
2.5	Reaktionskinetik	88
2.5.1	Wachstum und Vermehrung	89
2.5.2	Wachstumskurve	91
2.5.3	Monod-Kinetik	94
2.6	Modellierung der Reaktionskinetik	96
2.6.1	Reaktorfahrweisen	97
2.6.2	Batchreaktor	99
2.6.3	Bilanzierung	101
2.7	Stofftransport	110
2.8	Bioreaktoren	114
2.8.1	Submersreaktoren	115
2.8.2	Bettreaktoren	123
2.8.3	Membranbioreaktor	127
2.8.4	Methoden zur Immobilisierung	128
3	Thermische Prozesse	129
3.1	Thermodynamische Grundlagen	132
3.1.1	Systeme in der Thermodynamik	132
3.1.2	Der Begriff „Zustand“ in der Thermodynamik	134
3.1.3	Arbeit und Wärme	138
3.1.4	Erster Hauptsatz der Thermodynamik (1. HS)	141
3.1.5	Thermische Zustandsänderungen	144
3.1.6	Energieumwandlung – Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik (2. HS)	149
3.1.7	Kreisprozesse	153
3.1.8	Thermischer Wirkungsgrad	154
3.1.9	Exergie und Anergie	155
3.1.10	Dampfprozesse	157
3.2	Konzepte zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	164
3.2.1	Blockheizkraftwerk (BHKW)	167
3.2.2	Gas-Otto-Motoren	170
3.2.3	Zündstrahlmotoren	172
3.2.4	Stirling-Prozess	173
3.2.5	Gasturbinen	178
3.2.6	Organic Rankine-Cycle (ORC)	187

4	Energieverfahrenstechnik	193
4.1	Energiegewinnung aus Biomasse	202
4.2	Ethanolherstellung aus Biomasse	203
4.2.1	Schritte der Vorbehandlung bei der Ethanolproduktion	204
4.2.2	Alkoholische Gärung (Fermentation)	210
4.2.3	Destillation und Rektifikation	214
4.2.4	Entwässerung	225
4.2.5	Aufbereitung des Reststoffs	228
4.2.6	Bioethanol aus der Sicht der Nachhaltigkeit	229
4.3	Biogas	235
4.3.1	Mikrobiologischer Prozess	236
4.3.2	Einsatzstoffe	243
4.3.3	Lebensbedingungen für Bakterien	255
4.3.4	Verfahrenskette	260
4.3.5	Prozessparameter	269
4.3.6	Biogasreinigung und -aufbereitung	275
4.3.7	Gärprodukt	279
4.3.8	Einsatzmöglichkeiten für Biogas	281
4.3.9	Diskussion der Nachhaltigkeit für die Erzeugung von Biogas	285
5	Umwelttechnik	293
5.1	Biologische Verfahren zur Luftreinhaltung	293
5.1.1	Biofilter	300
5.1.2	Biowäscher	310
5.1.3	Biorieselbettreaktoren	314
5.1.4	Biomembranverfahren	315
5.1.5	Nachhaltigkeitsaspekte biologischer Luftreinhaltung	317
5.2	Biologische Abfallbehandlung als Element der Kreislaufwirtschaft	321
5.2.1	Abfallbehandlung – allgemeine Betrachtungen	321
5.2.2	Kompostierung – Prinzipdarstellung	325
5.2.3	Mieten als Verfahrensvariante	331
5.2.4	Prozessschritte der MBA	332
5.2.5	Konzepte zur Nachhaltigkeit Mechanisch-Biologischer Abfallbehandlungsanlagen	342
6	Bioverfahrenstechnik	359
6.1	Biokunststoffe	359
6.1.1	Übersicht Biokunststoffe	364
6.1.2	Nachwachsende Rohstoffe	367
6.1.3	Herstellungsprozesse von Biokunststoffen	369

6.1.4	Zertifizierung „biobasiert“	377
6.1.5	Nachhaltigkeit von Biokunststoffen	378
6.2	Bodenhilfsstoffe	391
6.2.1	Pflanzenernährung	391
6.2.2	Bedeutung des Bodens	395
6.2.3	Einsatz spezifischer Mikroorganismen für eine ökoeffiziente Pflanzenernährung	398
6.2.4	Mikrobielle Nutzorganismen	400
6.2.5	Herstellungsprozess eines Bodenhilfsstoffs am Beispiel des <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	402
6.2.6	Exkurs: Chemische Dünger	410
6.2.7	Aspekte zur Nachhaltigkeit von Produkten zur Verbesserung des Pflanzenwachstums	415
Literatur		421
Index		437