



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	ix
Abkürzungsverzeichnis	xi
Formelverzeichnis	xiii
1 Einführung	1
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Lösungsweg	2
2 Holz, Wald und Klimaschutz	5
2.1 Arten und Eigenschaften von Holz	5
2.1.1 Holzarten	5
2.1.2 Holzstrukturmerkmale	6
2.1.3 Chemische Holzeigenschaften	8
2.1.4 Physikalische Holzeigenschaften	11
2.1.5 Holzsortierung und -sortimente	16
2.1.6 Maßeinheiten für Holz	19
2.2 Holzverwendung	22
2.2.1 Verwendungsarten in der stofflichen Nutzung	23
2.2.2 Verwendungsarten in der energetischen Nutzung	24
2.3 Datenquellen von Holzaufkommen und Holzverwendung in Deutschland	28
2.3.1 Bundeswaldinventuren und Waldgesamtrechnung	28
2.3.2 Weiterführende Holzbilanzen	32
2.3.3 Waldwachstums- und Holzaufkommensprognosen	33
2.4 Holzvorräte, -aufkommen und -verwendung in Deutschland	34
2.5 Die Wirkebenen von Holz innerhalb des Kohlenstoffkreislaufes	39
2.5.1 Der Kohlenstoffkreislauf	39
2.5.2 Kohlenstoffspeicherung in Waldökosystemen und Holzprodukten	41
2.5.3 Strategien in der Waldbewirtschaftung und Holzverwendung im Sinne des Klimaschutzes	44
2.6 Zusammenfassung	47



3	Kaskadennutzung von nachwachsenden Rohstoffen	49
3.1	Nutzungsarten von nachwachsenden Rohstoffen	49
3.1.1	Stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen	49
3.1.2	Energetische Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen	51
3.1.3	Konkurrenzsituation auf dem Rohstoffmarkt	52
3.2	Das Konzept der Kaskadennutzung	54
3.2.1	Grundlagen der kaskadierenden Rohstoffnutzung	54
3.2.2	Formen der stofflichen Verwendung und Verwertung von Rohstoffen	56
3.3	Kaskadennutzung von Holz	58
3.3.1	Anwendbarkeit des Prinzips auf den Rohstoff Holz	58
3.3.2	Beispiel für eine Nutzungskaskade von Holz	58
3.3.3	Arten der Weiterverwendung von Holzprodukten	59
3.3.4	Effekte einer verstärkten Kaskadennutzung von Holz in Deutschland	60
3.4	Zusammenfassung	64
4	Methodenauswahl	65
4.1	Problemformulierung: Anforderungen an das Modell	65
4.2	Auswahl der Methoden	69
4.2.1	Energiewirtschaftsmodelle (Top-down-Modelle)	69
4.2.2	Energiesystemmodelle (Bottom-up-Modelle)	74
4.3	Bewertung von Umweltwirkungen	80
4.3.1	Grundlagen der Ökobilanzierung	80
4.3.2	Methodische Erweiterungen und weitere Anwendungsgebiete von Ökobilanzen	85
4.4	Auswahl des Verfahrens	86
4.5	Zusammenfassung	88
5	Grundlagen der System Dynamics	89
5.1	Begründung und Entwicklung des Begriffes	89
5.2	Charakterisierung dynamischer Systeme	90
5.3	Das Strukturkonzept der System Dynamics	92
5.4	Qualitatives Modell	93
5.4.1	Feedback-Diagramme	94
5.4.2	Bestands- und Flussgrößendiagramme	96
5.5	Quantitatives Modell	98
5.6	Ablauf einer Simulation nach System Dynamics	101
5.7	Kritik am System-Dynamics-Konzept	102
5.8	Zusammenfassung	103



6	Allgemeines Modell für die Quantifizierung des Kaskadennutzungseffektes	105
6.1	Zielformulierung	105
6.2	Aufstellen der Referenz-Zeitverlauf-Diagramme	107
6.3	Definition der Problemgrenze	108
6.4	Qualitatives Modell	109
6.5	Quantitatives Modell	111
6.5.1	Auflistung der Schlüsselvariablen	111
6.5.2	Zeitliche Auflösung	113
6.5.3	Einheiten der Fluss- und Bestandsgrößen	114
6.5.4	Restriktion des Holzangebotes	114
6.5.5	Einbettung spezieller Fluss- und Verzögerungsstrukturen in der Nutzungsphase	115
6.5.6	Abflüsse im Fall kontinuierlicher Zuflüsse	120
6.5.7	Abflüsse im Fall variabler Zuflüsse	123
6.5.8	Kennzahlen für die Auswertung	127
6.5.9	Verknüpfung der Nutzungsphasen zu Nutzungskaskaden	128
6.6	Zusammenfassung	129
7	Anwendung des konzipierten Modells	131
7.1	Systemgrenzen und Einheiten	131
7.2	Zeitlicher Rahmen und zeitliche Auflösung	132
7.3	Festlegung der Szenarien	133
7.3.1	Szenario A und Referenzszenario R	133
7.3.2	Szenario B	134
7.3.3	Szenario C	135
7.4	Lebensdauervertiefungsfunktionen	136
7.5	Entwicklung der Eingangsmengen (Marktanteile)	138
7.6	Ergebnisse und Auswertung	140
7.6.1	Szenario A und Referenzszenario	140
7.6.2	Szenario B	148
7.6.3	Szenario C	155
7.7	Zusammenfassung der Ergebnisse für alle Szenarien	161
8	Schlussfolgerungen und Ausblick	167
8.1	Schlussfolgerungen hinsichtlich des Kaskadennutzungseffektes	167
8.2	Schlussfolgerungen aus der Entwicklung und Anwendung des Modells	172
8.3	Ausblick auf weitere Einsatzbereiche und methodische Erweiterungen	174
9	Zusammenfassung	179



Literatur	183
A Datentabellen - Zeitreihen der Berechnung des Referenzszenarios	199