

# Inhalt

|   |           |
|---|-----------|
| Vorwort.....  | 5         |
| Inhaltsverzeichnis .....  | 7         |
| Abbildungs-, Tabellen- und Abkürzungsverzeichnis .....  | 11        |
| <b>1. Einleitung.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>2. Methodenreflexion: Angewandte Ethik<br/>und Technikfolgenabschätzung (TA) .....</b>                               | <b>25</b> |
| 2.1 Was kann angewandte Ethik leisten ?.....  | 25        |
| 2.2 „Technology Assessment“ (TA) .....  | 31        |
| 2.3 Philosophische Probleme des Technology Assessment.....  | 36        |
| 2.4 Praxis: Umsetzungsprobleme .....  | 41        |
| 2.4.1 Was ist eine Technikfolge und was eine Nebenfolge? .....  | 43        |
| 2.4.2 Nachwachsende Rohstoffe zwischen Technik und Natur.....   | 47        |
| 2.5 Zu Zielen und Methode der vorliegenden Untersuchung .....   | 48        |
| <i>Zusammenfassung von Kapitel 2</i> .....  | 52        |
| <b>3. Nachwachsende Rohstoffe (NR) – Einführung in die<br/>technischen und energiewirtschaftlichen Grundlagen .....</b> | <b>53</b> |
| 3.1 Wirtschaftliche und kulturelle Bedeutung .....  | 53        |
| 3.2 Nutzungslinien und Rahmenbedingungen.....   | 59        |
| 3.2.1 Biomasse als Reststoff und als Energiepflanze.....  | 67        |
| 3.2.1.1 „Holz“ .....  | 67        |
| 3.2.1.2 „Energiepflanzen“ .....   | 69        |
| 3.2.2 Vor- und Nachteile der Pflanzenlinien .....   | 72        |
| 3.3 Historischer Hintergrund der Energienutzung aus NR/Biomasse.....  | 73        |
| <i>Zusammenfassung von Kapitel 3</i> .....  | 78        |
| <b>4. Theoretische Grundlagen von Wachstum und Regeneration .....</b>   | <b>79</b> |
| 4.1 Begriffsklärung: „Biomasse“ und „Nachwachsende Rohstoffe“ .....   | 79        |
| 4.1.1 „Biomasse“ .....  | 80        |
| 4.1.2 „Nachwachsende Rohstoffe“ („NR“) .....  | 86        |

|   |     |
|---|-----|
| 4.1.3 Ethische Aspekte der Begriffe „Biomasse“<br>und „Nachwachsende Rohstoffe“ .....   | 94  |
| 4.2 Bedeutung und raum-zeitliche Dimension<br>des biologischen „Nachwachsens“ .....     | 97  |
| 4.2.1 „Nachwachsen“ als Reproduktion und Vermehrung.....                                | 99  |
| 4.2.2 „Nachwachsen“ als Regeneration .....  | 102 |
| 4.2.3 „Nachwachsen“ als Permanentes Wachstum .....                                      | 105 |
| 4.2.4 Kann es fossile NR geben? .....   | 106 |
| 4.2.5 Systematische Unterteilungen von „Biomasse“ und „NR“ .....                        | 107 |
| 4.3 Regeneration als Teil der Regenerativität.....                                      | 115 |
| 4.4 Der Treibhauseffekt als Syndrom .....   | 120 |
| 4.4.1 Die Pflanzenphotosynthese (PS).....   | 121 |
| 4.4.2 Der Treibhauseffekt.....  | 125 |
| 4.4.3 Optionen, die Photosynthese<br>zur Minderung des Treibhauseffekts zu nutzen ..... | 128 |
| 4.4.3.1 Climate Engineering .....   | 129 |
| 4.4.3.2 CO <sub>2</sub> -Reduktion: „Substitution“ versus „C-Senke“ .....               | 130 |
| <i>Zusammenfassung von Kapitel 4</i> .....  | 135 |

## **5. Ethische Argumente im Bereich**

|   |     |
|---|-----|
| <b>„Energie aus Nachwachsenden Rohstoffen“</b> .....      | 137 |
| 5.1 Gerechtigkeit.....                                    | 137 |
| 5.2 „Eigenwert“ und „Instrumentalisierung“ der Natur..... | 144 |
| 5.3 Naturästhetik.....                                    | 149 |
| 5.4 Wieviel Wert sind Werte?.....                         | 153 |
| <i>Zusammenfassung von Kapitel 5</i> .....                | 156 |

## **6. Diskussionshintergründe und Bewertungsprobleme** .....

|   |     |
|---|-----|
| 6.1 Thematische Rahmungen der Energiegewinnung aus<br>NR/Biomasse: Überblick über die aktuelle Debatte..... | 157 |
| 6.2 Ziele und Ergebnisse der untersuchten Studien.....  | 175 |
| 6.2.1 H. Hartmann und A. Strehler (1995) .....  | 176 |
| 6.2.2 AFAS (1993) .....   | 179 |
| 6.2.3 H. Flaig und H. Mohr (AFTA) (1993).....   | 184 |
| 6.2.4 ÖAdW (1992) .....   | 187 |
| 6.2.5 M. Kaltschmitt und G. A. Reinhardt (1997) .....   | 190 |
| 6.3 Zur konkreten Bewertungsproblematik .....   | 192 |
| 6.3.1 Wie kann bewertet werden?.....  | 192 |
| 6.3.1.1 Bewertung hinsichtlich der Werte, Kriterien und Indikatoren.....                                    | 195 |
| 6.3.1.2 Basiswerte: Optionen- und Vermächtniswerte.....   | 199 |
| 6.3.2 Die Struktur der Bewertungsprobleme in den Studien .....  | 201 |
| 6.3.3 Aufgetretene Mißverständnisse in den Studien .....  | 203 |

|   |            |
|---|------------|
| 6.4 Die Funktion des Leitbildes in der Technikbewertung.....  | 208        |
| 6.4.1. Die allgemeinen Kennzeichen von Leitbildern.....   | 209        |
| 6.4.2 Leitbild und Ethik.....   | 212        |
| 6.4.3 Nachhaltigkeit als Leitbild.....  | 212        |
| 6.4.4 Folgen des Leitbildes für die vorliegenden Studien .....  | 214        |
| <i>Zusammenfassung von Kapitel 6</i> .....  | 216        |
| <b>7. Die Leitbilder Wachstum und Nachhaltigkeit</b> .....  | <b>217</b> |
| 7.1 Wachstum als Leitbild .....   | 220        |
| 7.1.1 Zum Begriff .....   | 220        |
| 7.1.2 Ideengeschichtlicher Hintergrund von ökonomischem Wachstum .....  | 222        |
| 7.1.3 Agrarwirtschaft und Wachstum .....  | 225        |
| 7.1.4 Energiewirtschaft und Wachstum.....   | 233        |
| 7.1.5 Die Modellübertragung zwischen Biologie und Ökonomik .....  | 234        |
| 7.1.6 Das „System Erde“ .....   | 246        |
| 7.1.7 Die Management-Regeln – Ausweg aus der Wachstumswirtschaft?.....  | 257        |
| 7.1.8 Schlußfolgerungen.....  | 258        |
| 7.1.9 Metabewertung: Bewertung des Leitbildes Wachstum.....   | 261        |
| 7.2 Nachhaltigkeit als Leitbild.....  | 263        |
| 7.2.1 Zum Begriff .....   | 263        |
| 7.2.2 Die historische Entwicklung von Nachhaltigkeit.....   | 265        |
| 7.2.3 Die politische Forderung nach „sustainable development“ .....   | 271        |
| 7.2.4 Natur- und technikwissenschaftliche Konkretisierungen .....   | 278        |
| 7.2.5 Metabewertung: Bewertung des Leitbildes Nachhaltigkeit .....  | 280        |
| 7.3 Die Auswirkungen der Leitbilder auf den Verlauf der Studien.....  | 281        |
| 7.3.1 Das Leitbild Wachstum in den Studien .....  | 282        |
| 7.3.1.1 Die Auswahl der Pflanzenlinien .....  | 286        |
| 7.3.1.2 Die Produktionsbedingungen/das Anbauszenario .....  | 288        |
| 7.3.1.3 Der Fortschrittsoptimismus.....   | 289        |
| 7.3.1.4 Die Potentialabschätzung.....   | 292        |
| 7.3.1.5 Die Flächenberechnung .....   | 293        |
| 7.3.1.6 Die Engführung der Betrachtung: Was sind „Reststoffe“ ? .....   | 297        |
| 7.3.1.7 Die ungleichgewichtige Berücksichtigung von Kontexten.....  | 299        |
| 7.3.1.8 Die Verwendung von Begriffen und Normen,<br>die als Prämissen die Bedingung der Wirtschaftlichkeit enthalten..... | 303        |
| 7.3.2 Vermittelnde Kriterien der Technikbewertung .....   | 304        |
| 7.3.2.1 Irreversibilität .....  | 304        |
| 7.3.2.2 Effizienz.....  | 306        |
| 7.3.2.3 Dezentralität.....  | 308        |
| 7.3.3 Das Leitbild Nachhaltigkeit in den Studien .....  | 310        |
| 7.3.3.1 Die Beschränkung auf ein Nachhaltigkeitsverständnis.....  | 316        |
| 7.3.3.2 Erkenntniszugänge, die das Leitbild Nachhaltigkeit hemmen.....  | 321        |
| 7.3.3.3 Probleme der non-monetären Bewertung .....  | 325        |

|   |     |
|---|-----|
| 7.3.3.4 Die Vernachlässigung von problemrelevanten Kontexten..... | 330 |
| 7.3.3.5 Weitere Methodenprobleme .....                            | 340 |
| 7.4 Ergebnis der Metabewertung der Studien.....                   | 344 |
| <i>Zusammenfassung von Kapitel 7</i> .....                        | 347 |

**8. Das kontextuelle Schalenmodell  
der problemorientierten Technikbewertung –  
ein Zugang für das Leitbild Nachhaltigkeit** ..... 351

|   |     |
|---|-----|
| 8.1 Das Schalenmodell .....   | 351 |
| 8.1.1 Struktur .....  | 351 |
| 8.1.2 Die einzelnen Kontext-Schalen .....   | 354 |
| 8.2 Rekontextualisierung von Problem und Lösung.....  | 356 |
| 8.2.1 Rekontextualisierung des Problems „Treibhauseffekt“ .....   | 358 |
| 8.2.2 Rekontextualisierung der vorgeschlagenen Lösung<br>„CO <sub>2</sub> -neutrale Energieversorgung durch Pflanzen“ ..... | 361 |
| 8.3 Die NR-Technik implementiert in das kontextuelle Schalenmodell.....   | 364 |
| 8.3.1 Pflanzenphysiologisches Modell und Pflanzenauswahl (A).....   | 364 |
| 8.3.1.1 Bisherige Herangehensweise .....  | 364 |
| 8.3.1.2 Herangehensweise unter dem Leitbild Nachhaltigkeit .....  | 366 |
| 8.3.1.3 Entscheidungsrelevante Hintergründe und Rahmenbedingungen ...   | 369 |
| 8.3.2 Die Pflanze als Teil des Ökosystems (B).....  | 372 |
| 8.3.2.1 Bisherige Herangehensweise .....  | 372 |
| 8.3.2.2 Herangehensweise unter dem Leitbild Nachhaltigkeit .....  | 373 |
| 8.3.2.3 Entscheidungsrelevante Hintergründe und Rahmenbedingungen ...   | 375 |
| 8.3.3 Die Pflanze als Teil des technisch umformten<br>Agrarökosystems (NR-Technik) (C) .....                                | 383 |
| 8.3.3.1 Bisherige Herangehensweise .....  | 383 |
| 8.3.3.2 Herangehensweise unter dem Leitbild Nachhaltigkeit .....  | 381 |
| 8.3.3.3 Entscheidungsrelevante Hintergründe und Rahmenbedingungen ...   | 383 |
| 8.3.4 Die agrartechnisch genutzte Pflanze als Teil<br>des energietechnischen Kontextes (D) .....                            | 389 |
| 8.3.4.1 Bisherige Herangehensweise .....  | 390 |
| 8.3.4.2 Herangehensweise unter dem Leitbild Nachhaltigkeit .....  | 391 |
| 8.3.4.3 Entscheidungsrelevante Hintergründe und Rahmenbedingungen ...   | 396 |
| 8.3.5 Die NR-Technik als Teil der Gesellschaft (E) .....  | 398 |
| 8.3.6 Die NR-Technik im globalen Zusammenhang (F) .....   | 404 |
| 8.4 Zusammenfassung der gewonnenen Ergebnisse.....  | 410 |
| 8.5 Handlungsanleitung für eine regenerative Energieversorgung.....   | 414 |

**9. Ausblick: Nachwachsende Rohstoffe als Kulturpflanzen**.....417

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| Literaturverzeichnis ..... | 421 |
| Glossar .....              | 443 |

# Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

## Verzeichnis der Abbildungen:

Abb. 3-1: Überblick über den prozentualen Anteil der Energiegewinnung aus NR/Biomasse für die EU<sub>16</sub>.

Abb. 4-1: Schema zur Verwendungspraxis des Begriffs „Biomasse“.

Abb. 4-2: Typische Wachstumsfunktion in der Biologie.

Abb. 4-3: Systemebenen biologischen Wachstums in der Idee von Nachwachsenden Rohstoffen.

Abb. 4-4: Übersicht über die ökonomisch nachgefragten, biologischen Wachstumsprozesse bei der Einteilung von NR.

Abb. 7-1: Klassische Form der Produktionsfunktion.

Abb. 7-2: Ausschnitt einer Wachstumskurve.

Abb. 7-3: Optimaler Fällungszeitpunkt nach Maximum-sustainable-yield-Management in der Forsterei.

Abb. 7-4: Optimale Rotation nach M. Faustmann.

Abb. 7-5: Wachstumsfunktion für eine simulierte Plenterwaldbewirtschaftung.

Abb. 8-1: Das kontextuelle Schalenmodell.

## **Verzeichnis der Tabellen:**

- Tab. III-1: Übersicht über die Klassen der Energien und Energieträger.  
Tab. III-2: Heizwerte und Inhaltsstoffe von Festbrennstoffen.  
Tab. III-3: Anbauflächen mit nachwachsenden Rohstoffen 1994.  
Tab. III-4: Endverwendung nachwachsender Rohstoffe von stillgelegten Flächen in Hektar.  
Tab. III-5: Zusammensetzung von naturbelassenem, wasserfreiem Holz in [Massen%].
- Tab. IV-1: Klassifikatorische Einteilung von nachwachsenden Rohstoffen.  
Tab. IV-2: Aus Klimaschutzgründen zu reduzierende Emissionen.
- Tab. VI-1: Übersicht über verschiedene Vor- und Nachteile der regenerativen Energien.
- Tab. VII-1: Verfügbares Flächenpotential in [Mio. ha] 1990 und 2005 in der EG und der BRD bei unterschiedlicher landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsintensität.  
Tab. VII-2: Abschätzungen zum linearen Ertragszuwachs bei den landwirtschaftlichen Kulturen bis 2005.  
Tab. VII-3: Erschließbares Flächenpotential in Deutschland für den Anbau von NR zur Energieumwandlung.  
Tab. VII-4: Vergleichende Bewertung des Energiepflanzenanbaus unter ökologischen und landespflegerischen Gesichtspunkten.  
Tab. VII-5: Vergleich von Umweltvorteilen und -nachteilen verschiedener Festbrennstofflinien.
- Tab. VIII-1: Flächenentwicklung und aktuelle Kohlenstoffbilanz in den Hauptwaldzonen.  
Tab. VIII-2: Ascheanfall verschiedener biogener Brennstoffe.  
Tab. VIII-3: Grenzwerte für Emissionen nach den Richtlinien für den jeweiligen Nutzungsbereich.  
Tab. VIII-4: Unterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Pflanzenproduktion.