

# REGIONALE WERTSCHÖPFUNG DURCH OPTIMIERTE NUTZUNG ENDOGENER BIOENERGIEPOTENZIALE ALS STRATEGISCHER BEITRAG ZUR NACHHALTIGEN REGIONALENTWICKLUNG



**DUNJA HOFFMANN**





**Regionale Wertschöpfung  
durch optimierte Nutzung endogener  
Bioenergiepotenziale  
als strategischer Beitrag  
zur nachhaltigen Regionalentwicklung**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Philosophie  
der Philosophischen Fakultäten  
der Universität des Saarlandes

Vorgelegt von  
Dunja Hoffmann  
aus Germersheim

Saarbrücken, 2007

Der Dekan: Prof. Dr. R. Krause

Berichterstatte: Erstprüfer: HD Dr. Malte Helfer

Zweitprüfer: Prof. Dr. Peter Dörrenbächer

Tag der Disputation: 03.05.2007

## **Danksagung**

Die vorliegende Arbeit entstand auf Basis meiner Erfahrungen und Untersuchungen am Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS), dessen Entwicklung ich von Beginn an miterleben durfte.

An erster Stelle danke ich meinem Doktorvater, HD Dr. Malte Helfer, der mir mit fachlichem Rat und kritisch konstruktiven Anmerkungen stets zur Seite stand und mich während der Bearbeitung des ausgewählten Themas hervorragend unterstützte.

Mein Dank gilt ebenfalls meinem Mentor und Institutsleiter des IfaS, Prof. Dr. Peter Heck, der mich mit seinen kreativen Ideen und Visionen für das Thema interessiert und motiviert hat. Er hat mich den Blickwinkel des Stoffstrommanagers gelehrt, der vorhandenes Wissen und vorhandene Stoffströme durch neue Ideen und Ansätze zu kombinieren und zu optimieren sucht.

Ich danke Prof. Dr. Klaus Helling und Prof. Dr. Christian Schulz für ihre hervorragende Unterstützung und die vielen konstruktiven Anmerkungen auf meinem Weg zur Promotion sowie Prof. Dr. Peter Dörrenbächer für die Übernahme der Zweitbegutachtung.

Ein besonderer Dank gilt auch meinen Eltern, die als Korrekturleser eine Allgemeinverständlichkeit gewährleistet und mich in allen Stadien der Bearbeitung in vielerlei Hinsicht unterstützt haben.

Weiterhin danke ich allen Informanten, Kollegen, Anlagenbetreibern, Experten und „Telefon-Jokern“, deren Zeit und Fachkenntnis ich während meiner Recherchen freundlicherweise in Anspruch nehmen durfte.

*„Wir sind nicht nur  
verantwortlich für das,  
was wir tun,  
sondern auch für das,  
was wir nicht tun.“*

*Voltaire (1694–1778)*

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>A. Einleitung</b>	<b>21</b>
1. Hintergrund und Problemstellung	21
2. Zielsetzung	25
3. Methodik/Aufbau der Arbeit	26
<b>B. Nachhaltige Regionalentwicklung durch die Nutzung endogener Potenziale</b>	<b>29</b>
1. Abgrenzung von Regionen	29
2. Ökologische Kreislaufwirtschaft	31
3. Nachhaltige Regionalentwicklung	32
3.1. Nachhaltige Entwicklung	32
3.2. Regionalentwicklung	34
4. Endogene Potenziale	37
5. Schwerpunkt: Endogene erneuerbare Energiepotenziale und die Auswirkungen ihrer Nutzung auf die Region	39
5.1. Windkraft	40
5.2. Wasserkraft	42
5.3. Solarenergie	43
5.4. Geothermie	45
5.5. Biomasse	46
<b>C. Biomasse als regionaler Energieträger</b>	<b>47</b>
1. Eigenschaften, Vorkommen und Erscheinungsformen von Biomassen	48
2. Technologien zur energetischen Biomassenutzung	51
2.1. Aufbereitungstechnologie	52
2.2. Feuerungsanlagen	58
2.3. Vergasungsanlagen	63
2.4. Vergärungsanlagen	66

2.5.	Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen	69
2.6.	Energieabsatz	72
3.	Herausforderungen und Chancen der energetischen Biomassenutzung	74
3.1.	Speicher- und Regelbarkeit	74
3.2.	Nachhaltigkeit und Naturschutz	75
3.3.	Dezentraler Anfall und geringer Energiegehalt	76
3.4.	Technische Anforderungen	83
3.5.	Hohe Investitionskosten in die Anlagentechnologie	84
3.6.	Herausforderungen und Chancen in der Übersicht	85
4.	Biomassepotenziale	86
5.	Derzeitige Nutzung von Biomassepotenzialen	89
6.	Stoffstrommanagement als Werkzeug zur nachhaltigen Aktivierung von Biomassepotenzialen	98
6.1.	Definition Stoffstrommanagement	98
6.2.	Beitrag des Stoffstrommanagements zur Optimierung der Nutzung von Biomassepotenzialen	100
<b>D.</b>	<b>Voraussetzungen und Hemmnisse der Aktivierung nachhaltiger Potenziale</b>	<b>106</b>
1.	Voraussetzungen für Projektentscheidungen als Bedingung für die Aktivierung regionaler Potenziale	106
1.1.	Formale Elemente einer Entscheidung	106
1.2.	Voraussetzungen für Entscheidungen und Einflüsse auf die Entscheidung	110
1.3.	Präferenzen und Ziele der Entscheidungsakteure	114
2.	Hemmnisse und negative Einflüsse auf die Entscheidung zur Potenzialaktivierung	118
2.1.	Ideenfindung und Vorplanung	120
2.2.	Potenzialaktivierung und langfristige Sicherung des Angebotes	122

2.3.	Technikauswahl und Planung	125
2.4.	Konfektionierung, Lagerung und Transport	127
2.5.	Wirtschaftlichkeit und Finanzierung	129
2.6.	Genehmigung und administrative Rahmenbedingungen	132
2.7.	Anlagenbau und -betrieb	133
2.8.	Produkt und Reststoffabsatz	134
2.9.	Auswirkungen auf die Umwelt und das politisch-soziale Umfeld der Region	135
2.10.	Kategorisierung	136
3.	Positive Einflüsse auf die Entscheidung zur Potenzialaktivierung	139
3.1.	Erkenntnis hinsichtlich der Verfügbarkeit und des Wertes von Potenzialen	139
3.2.	Bestehen von Nachfrage bzw. Handlungsbedarf	140
3.3.	Vorhandensein von umsetzungswilligen und entscheidungskompetenten Akteuren	140
3.4.	Erkenntnis der Schaffung regionaler Werte	140
<b>E.</b>	<b>Methodik zur Untersuchung der Generierung von regionalen Werten durch die Nutzung von Bioenergie</b>	<b>147</b>
1.	Hintergründe und Annahmen	147
2.	Ausgangssituation der Energieversorgung in einer Region	153
3.	Potenziale für die energetische Biomassenutzung in der Region	159
4.	Anlageninvestitionen im Bereich Bioenergie auf der Kapitalbasis vermiedener Mittelabflüsse sowie deren Auswirkungen auf die Region	162
5.	Entwicklung von Wertefaktoren	166
5.1.	Ökonomische Wertefaktoren	166
5.2.	Soziale Wertefaktoren	173
5.3.	Ökologische Wertefaktoren	174
6.	Entwicklung von Indikatoren	175

6.1.	Ökonomische Indikatoren	175
6.2.	Soziale Indikatoren	177
6.3.	Ökologische Indikatoren	178
7.	Indikatorenbewertung	178
8.	Auswahl der Befragungsteilnehmer	179
9.	Befragung der regionalen Akteure im Bereich Bioenergie	180
10.	Untersuchung der Auswirkungen verschiedener Bioenergie- Wertschöpfungsketten	184
11.	Auswertung der Ergebnisse	185
<b>F. Auswirkungen der Biomassenutzung auf die regionale Wertschöpfung in der Region Naturpark Saar-Hunsrück</b>		<b>186</b>
1.	Untersuchungsdesign	186
2.	Die Region Naturpark Saar-Hunsrück	187
2.1.	Flächenzuordnung	187
2.2.	Administrative Strukturen	192
2.3.	Geographischer Zusammenhang	192
2.4.	Geländestruktur und Bodenqualitäten	194
2.5.	Bevölkerung und Sozialstruktur	195
3.	Energieversorgung	197
4.	Energieverbrauch und -bereitstellung	199
4.1.	Bioenergiepotenziale in der Region	203
4.2.	Bestehende Bioenergieanlagen in der Region	206
4.3.	Untersuchte Bioenergieanlagen	209
5.	Werte- und Indikatorenermittlung	215
5.1.	Werte und Indikatoren der kommunalen Holzheizung (Beispiel 1)	216
5.2.	Werte und Indikatoren der landwirtschaftlichen Biogasanlage (Beispiel 2)	230

6.	Indikatorenvergleich verschiedener untersuchter Anlagen	246
6.1.	Analysierte Anlagen	246
6.2.	Ökonomische Indikatoren im Vergleich	251
6.3.	Soziale Indikatoren im Vergleich	260
6.4.	Ökologische Indikatoren im Vergleich	267
7.	Nutzung des Berechnungstools zur Dokumentation möglicher Veränderungen in Planungs- und Betriebsprozessen hinsichtlich ihrer Relevanz auf die Auswirkungen auf die Region	272
8.	Abschätzung der Auswirkungen einer weitergehenden Umsetzung vorhandener Bioenergiepotenziale	277
<b>G.</b>	<b>Bioenergienutzung als strategischer Beitrag zur nachhaltigen Regionalentwicklung</b>	<b>283</b>
1.	Lösungsansätze zur optimierten Umsetzung von endogenen Bioenergiepotenzialen	284
1.1.	Identifizierung von Stellschrauben zur Beeinflussung der Aktivierung endogener Bioenergiepotenziale in regionalen Entwicklungsprozessen	286
1.2.	Entwicklung eines Biomasse-Masterplanes für Regionen als Lösungsansatz für die endogene Potenzialentwicklung	296
1.3.	Entwicklung von Bioenergie- und Rohstoffzentren zur Nutzung von Synergieeffekten bei der Energieerzeugung und -nutzung	299
2.	Chancen und Perspektiven für die nachhaltige Regionalentwicklung durch die Nutzung endogener Bioenergiepotenziale	302
<b>H.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>305</b>
<b>I.</b>	<b>Literatur</b>	<b>309</b>
<b>J.</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>327</b>
<b>K.</b>	<b>Anhang</b>	<b>329</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispielhafte Wirkungszusammenhänge in vielen (ländlichen) Regionen durch Globalisierung und Wettbewerbsverschärfung .....	22
Abbildung 2: Herausforderung für (ländliche) Regionen zur Überwindung der negativen Wirkungszusammenhänge aus Abbildung 1 .....	23
Abbildung 3: Ansatz zur Kombination von endogener Regionalentwicklung und ökologischer Kreislaufwirtschaft in der nachhaltigen Regionalentwicklung durch Aktivierung endogener Potenziale .....	24
Abbildung 4: Biosphäre und anthropogenes Teilsystem als zu erhaltendes Gleichgewicht im Rahmen einer ökologischen Kreislaufwirtschaft .....	32
Abbildung 5: Dreieck der Nachhaltigkeit .....	34
Abbildung 6: Neuorientierung der Regionalentwicklung .....	36
Abbildung 7: Entwicklung der installierten Windkraftanlagen und des produzierten Stromes in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2004 .....	41
Abbildung 8: Entwicklung der installierten Leistung der Wasserkraftanlagen und des produzierten Stromes in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2004.....	43
Abbildung 9: Entwicklung der installierten Leistung und des produzierten Stromes in Photovoltaikanlagen in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2004 .....	44
Abbildung 10: Entwicklung der installierten Leistung, der produzierten Wärme und der Kollektorflächen in Deutschland in den Jahren 1990–2004.....	45
Abbildung 11: Zuordnungs-, Nutzungs- und Aufbereitungsmöglichkeiten für Biomasse .....	48
Abbildung 12: Einteilung der Biomassekategorie nach Akteursgruppen und Stoffgruppen .....	50
Abbildung 13: Schneckenpresse .....	55
Abbildung 14: Schematische Darstellung einer Unterschubfeuerung.....	59
Abbildung 15: Schematische Darstellung einer Vorschubrostfeuerung .....	60
Abbildung 16: Schematische Darstellung einer stationären Wirbelschichtfeuerung .	61

Abbildung 17: Schematische Darstellung einer zirkulierenden Wirbelschichtfeuerung .....	61
Abbildung 18: Schematische Darstellung eines Staubbrenners .....	62
Abbildung 19: Schematischer Aufbau eines Vergasungssystems für Holz und andere Biomassen.....	65
Abbildung 20: Schematische Darstellung eines Gegenstrom- (links) und eines Gleichstromvergasers (rechts) .....	65
Abbildung 21: Vereinfachte Darstellung des Abbaus von organischer Substanz bei der Biogasgewinnung .....	66
Abbildung 22: Aufbau einer landwirtschaftlichen Biogasanlage mit Kofermentation.	68
Abbildung 23: Vereinfachtes Wärmeschaltbild eines ORC-Prozesses .....	71
Abbildung 24: Schematische Darstellung einer Absorptionskältemaschine.....	72
Abbildung 25: Flächenbedarf in ha verschiedener Bioenergieträger zur Produktion von 1 GWh Endenergie; Abkürzungen: T = Treibstoffe, W = Wärme, S = Strom ....	80
Abbildung 26: Minimaler Flächenbedarf für die Etablierung einer Biomassennutzungstechnologie in einer Region auf wirtschaftlicher Basis.....	82
Abbildung 27: Vergleich der Investitionskosten verschiedener Anlagen pro kW .....	85
Abbildung 28: Potenziale im Rahmen dieser Arbeit.....	89
Abbildung 29: Darstellung der Anteile erneuerbarer Energien in verschiedenen Regionen der Erde mit Unterscheidung moderner und traditioneller Biomasse .....	91
Abbildung 30: Vergleich der Umsatz- und Beschäftigtenzahlen der erneuerbaren Energien mit dem Anteil der Biomasse.....	93
Abbildung 31: Entwicklung der Leistung der installierten Biomasseanlagen und des produzierten Stromes in den Jahren 1990 bis 2004 .....	94
Abbildung 32: Entwicklung der produzierten Wärme durch Biomasse in den Jahren 1990 bis 2004 .....	94
Abbildung 33: Entwicklung des Absatzes von Biokraftstoffen in den Jahren 1990 bis 2004.....	95

Abbildung 34: Jährliche Steigerungsrate im Absatz von Strom, Wärme und Biokraftstoffen in Deutschland in den Jahren 1998–2004 .....	95
Abbildung 35: Antragszahlen im Marktanreizprogramm im Vergleich zum Ölpreis und der üblichen saisonalen Schwankung .....	96
Abbildung 36: Entwicklung des Rohölpreises von April 83 bis August 2005.....	97
Abbildung 37: Ablauf eines Stoffstrommanagementprozesses.....	104
Abbildung 38: Entscheidungen bei Sicherheit, Risiko und Unsicherheit.....	110
Abbildung 39: Hemmniskategorien im Rahmen der energetischen Nutzung biogener Festbrennstoffe.....	119
Abbildung 40: „Teufelskreis“ der Mängel .....	139
Abbildung 41: Allgemeines Schema der finanziellen Geldflüsse bei überregionalem Brennstoffbezug .....	150
Abbildung 42: Allgemeines Schema der finanziellen Geldflüsse bei regionalem Brennstoffbezug .....	151
Abbildung 43: Primärenergiemix in Rheinland-Pfalz im Jahr 2000 .....	155
Abbildung 44: Verteilung des Endenergieverbrauches auf die verschiedenen Sektoren .....	156
Abbildung 45: Vergleich der Verbraucherpreisindizes .....	157
Abbildung 46: Darstellung der Veränderung der jeweiligen Verbraucherpreisindizes in Deutschland der Jahre 2003–2005 zum jeweiligen Vorjahr (2000 = 100) .....	157
Abbildung 47: Mögliche Einsatzbereiche und Effekte eines nicht für fossile Energieträger aus der Region exportierten Budgets beim Einsatz für die regionale Energieerzeugung aus endogenen Potenzialen .....	165
Abbildung 48: Ebenen der regionalen Finanzflüsse .....	172
Relevant für die Untersuchung ist die Schaffung der Möglichkeiten für die Etablierung eines Kreislaufes finanzieller Mittel.....	172
Abbildung 49: Lage des Naturparks Saar-Hunsrück – Quelle: Naturpark Saar-Hunsrück .....	188
Abbildung 50: Grenzen der Region 1 im Rahmen des Projekts Bioregio .....	189

Abbildung 51: Verteilung der Flächennutzung im Projektgebiet .....	190
Abbildung 52: Verteilung der Flächen in den Kommunen.....	191
Abbildung 53: Naturräumliche Einheiten im Naturpark Saar-Hunsrück .....	193
Abbildung 54: Altersverteilung der Bevölkerung im Projektgebiet .....	196
Abbildung 55: Vergleich der Bevölkerungsverteilung in Deutschland mit der im Naturpark Saar-Hunsrück.....	197
Abbildung 56: Energiemix der RWE AG .....	198
Abbildung 57: Energiemix im Saarland 2004.....	198
Abbildung 58: Gegenüberstellung der Steigerungsmöglichkeiten des Anteils der Bioenergie am Primärenergieverbrauch durch Effizienz steigernde Maßnahmen bei 40 %-iger Reduzierung des Energiebedarfes.....	206
Abbildung 59: Finanzflüsse bei Errichtung einer Ölheizung im betrachteten Schulzentrum als Alternative zu einer Hackschnitzelheizung .....	217
Abbildung 60: Finanzflüsse bei Errichtung einer Holzheizung im betrachteten Schulzentrum.....	218
Abbildung 61: Finanzflüsse bei der Nichtinvestition in eine Biogasanlage und dem Anbau von Winterweizen auf 40 ha Fläche .....	231
Abbildung 62: Finanzflüsse bei Errichtung einer landwirtschaftlichen Biogasanlage .....	232
Abbildung 63: Darstellung der Gesamtzuflüsse durch die Biogasanlagen und der Differenz zur jeweiligen Alternative.....	253
Abbildung 64: Darstellung der Gesamtzuflüsse durch die .....	254
Holzheizungen und der Differenz zur jeweiligen Alternative .....	254
Abbildung 65: Vergleich der Multiplikatoreffekte der Ebenen 1–3 verschiedener Anlagen jeweils im Vergleich mit den Alternativen .....	255
Abbildung 66: Getrennte Darstellung der Multiplikatoreffekte der 1. und 2. Ebene (beachte die logarithmische Skalierung).....	256
Abbildung 67: Vergleich der verschiedenen Zuflüsse je MWh Jahresinput und je € Invest mit der jeweiligen Alternative .....	258

Abbildung 68: Vergleich der Investitionskosten je kW thermisch und elektrisch sowie im Vergleich zu den jeweiligen Alternativen.....	258
Abbildung 69: Vergleich der jeweiligen Gesamtzuflüsse und der Investitionskosten je € Gesamtfinanzmittelexport für den alternativen Bezug fossiler Energieträger für Strom und Wärme .....	260
Abbildung 70: Vergleich der geschaffenen, erhaltenen und verdrängten Arbeitsplätze der Anlagen über die Gesamtlaufzeit .....	263
Abbildung 71: Einsatz und Qualifizierung von Personal je Einheit installierter Leistung .....	264
Abbildung 72: Vergleich der unentgeltlich geleisteten Besichtigungsstunden und der umgesetzten Projekte nach Besichtigungen während der Gesamtlaufzeit und je Betriebsjahr .....	266
Abbildung 73: Vergleich der zusätzlich geschaffenen und erhaltenen Arbeitsplätze je GWh Energie, die alternativ von extern und aus fossilen Quellen bezogen worden wäre .....	267
Abbildung 74: Ökologische Wertefaktoren in der Übersicht .....	268
Abbildung 75: Gegenüberstellung der jährlichen CO <sub>2</sub> -Einsparungen durch Strom, Wärme, Mineraldüngerersatz mit den zusätzlichen Emissionen aus Anbau, Transport und der zusätzlichen Ausbringungsmenge .....	270
Abbildung 76: Eingesparte CO <sub>2</sub> -Mengen im Verhältnis zum Rohstoffinput .....	271
Abbildung 77: Verhältnis der eingesparten CO <sub>2</sub> -Mengen über Strom zum Energie- und Rohstoffinput .....	272
Abbildung 78: Vergleich der regionalen Zuflüsse durch die Anlage 4 vor und nach Installation der Gasaufbereitung.....	274
Abbildung 79: Vergleich der Multiplikatoreffekte erzielt durch die Anlage 4 vor und nach Installation der Gasaufbereitung .....	275
Abbildung 80: Vergleich der regionalen Zuflüsse je Einheit Input der Anlage 4 vor und nach Installation der Gasaufbereitung .....	275
Abbildung 81: Vergleich des regionalen Invest mit der installierten Leistung und der geleisteten Arbeit der Anlage 4 vor und nach Installation der Gasaufbereitung .....	276

Abbildung 82: Vergleich der geschaffenen, gesicherten und verdrängten Arbeitsplätze der Anlage 4 vor und nach Installation der Gasaufbereitung .....	276
Abbildung 83: Vergleich der eingesparten CO <sub>2</sub> -Emissionen der Anlage 4 vor und nach Installation der Gasaufbereitung .....	277
Abbildung 84: Prozessablauf zur Auflösung von Hemmnissen.....	285
Abbildung 85: Stoff- und Energieflüsse in der Morbacher Energielandschaft.....	301
Abbildung 86: Flächenplanung zur Nutzung regenerativer Energien in der Morbacher Energielandschaft.....	302

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich der verschiedenen Pelletnormen .....	57
Tabelle 2: Übersicht über verschiedene automatisch beschickte Feststofffeuerungen .....	63
Tabelle 3: Übersicht der verschiedenen Kraft-Wärme-Kopplungs-Technologien nach Einsatzbereichen – .....	70
Tabelle 4: Einspeisevergütungen für Strom aus Biomasse nach dem Erneuerbaren Energiegesetz.....	73
Tabelle 5: Gegenüberstellung der Energiegehalte verschiedener Energieträger .....	77
Tabelle 6: Maximale Transportentfernungen für Bioenergieträger in Abhängigkeit vom Energiegehalt und den Anbau-, Transport- und Ausbringungskosten .....	78
Tabelle 7: Übersicht der mindestens benötigten Flächen in ha beim Anbau von Biomasse.....	81
Tabelle 8: Übersicht der Chancen und Herausforderungen der energetischen Biomassenutzung .....	86
Tabelle 9: Gegenüberstellung der derzeitigen Nutzung von Biomasse in Deutschland und den Potenzialen bis 2030 .....	92
Tabelle 10: Kooperationsgründe für Stoffstrommanagement .....	101
Tabelle 11: Ebenen eines Betrieblichen Stoffstrommanagements .....	102
Tabelle 12: Akteure im Stoffstrommanagement und ihre möglichen Funktionen....	103
Tabelle 13: Mängelkategorien .....	138
Tabelle 14: Beispielhafte Darstellung des kumulierten Energieaufwands verschiedener Endenergieträger .....	154
Tabelle 15: Primärenergieverbrauch in TJ mit Vergleich der Bezüge von außerhalb und der Gewinnung innerhalb von Rheinland-Pfalz im Jahr 2000.....	156
Tabelle 16: Anteile und Kosten für regionale und importierte Energieträger in Rheinland-Pfalz im Jahr 2000 mit Preisen 2004 und 2015 unter der Annahme einer jährlich 2 %igen Preissteigerung .....	158

Tabelle 17: Verbrauch und Energiekosten für Haushalte und Kleinverbraucher in Rheinland-Pfalz im Jahr 2000 mit Preisen von 2004 und angenommenen künftigen Preissteigerungen im Jahr 2015 bei jährlich 2 %-iger Preissteigerung .....	159
Tabelle 18: Gesamtpotenziale der Biomassenutzung in Rheinland-Pfalz nach Stoffgruppen .....	160
Tabelle 19: Reduktionspotenziale des Finanzmittelabflusses bei Ersatz fossiler Energieträger durch die kurzfristig verfügbaren Potenziale in Rheinland-Pfalz .....	161
Tabelle 20: Eingabefelder für die Input-Output-Daten .....	181
Tabelle 21: Eingabefelder für die Grunddaten .....	181
Tabelle 22: Eingabefelder für die ökonomischen Daten .....	182
Tabelle 23: Eingabefelder für die sozialen Daten (1).....	182
Tabelle 24: Eingabefelder für die sozialen Daten (2).....	183
Tabelle 25: Eingabefelder für die ökologischen Daten .....	183
Tabelle 26: Beispielhafte Darstellung der Eingabefelder (orange) und der zu überprüfenden und ggf. zu ergänzenden Felder (grün) im Wertschöpfungstool.....	183
Tabelle 27: Beteiligte Kommunen in der Region 1.....	192
Tabelle 28: Anlagen zur erneuerbaren Stromerzeugung im Projektgebiet .....	199
Tabelle 29: Stromverbrauch in der Projektregion .....	200
Tabelle 30: Gasverbrauch in der Projektregion nach Tarif- und Sondervertragskunden 2005 .....	200
Tabelle 31: Übersicht der anteiligen Beheizung im Projektgebiet am Beispiel des Landkreises Birkenfeld .....	200
Tabelle 32: Berechnung des Heizwärmebedarfes der privaten Wohngebäude in der Projektregion .....	201
Tabelle 33: Heizenergieverbrauch in Haushalten, Kommunen und Kleingewerbe .	201
Tabelle 34: Sonstiger Energieverbrauch in Industrie und Gewerbe im Untersuchungsgebiet.....	202
Tabelle 35: Energieverbrauch im Verkehr .....	203
Tabelle 36: Umrechnungsbasen von Endenergie in Primärenergie.....	203

Tabelle 37: Primärenergieverbrauch im Projektgebiet.....	203
Tabelle 38: Gesamtpotenziale nach Akteursgruppen .....	204
Tabelle 39: Gesamtpotenziale im Untersuchungsgebiet nach Stoffgruppen .....	204
Tabelle 40: Heizöläquivalente und CO <sub>2</sub> -Einsparungen nach Stoffgruppen in der Untersuchungsregion .....	205
Tabelle 41: Biomasse-Anlagen im Projektgebiet, Stand Juni 2005 .....	208
Tabelle 42: Erneuerbarer Energieverbrauch der bisher installierten Biomasseanlagen im Untersuchungsgebiet.....	209
Tabelle 43: Eingangsparmeter für den Vergleich einer 400 kW Öl- und einer Holzhackschnitzelheizung .....	212
Tabelle 44: Vergleich der jährlichen Kosten einer 400 kW Ölheizung mit einer Holz- Öl-Kombination.....	212
Tabelle 45: Inputstoffe der 105 kW Biogasanlage .....	214
Tabelle 46: Vergleich der Investitionskosten und Zinssätze für die Errichtung einer neuen Ölheizung und den Bau einer Biogasanlage.....	214
Tabelle 47: Vergleich der jährlichen Kosten einer Ölheizung mit einer 105 kW Biogasanlage.....	215
Tabelle 48: Vergleich der jährlichen Erlöse des Anbaus von Marktfrüchten mit dem Betrieb einer Biogasanlage (Gesamtdifferenz: 105.160,19 €) .....	215
Tabelle 49: Übersicht der regionalen Zuflüsse durch die Installation einer Ölheizung oder einer kommunalen 400 kW-Holzheizung .....	222
Tabelle 50: Vergleichende Multiplikatoreffekte der Errichtung einer 400 kW- Holzheizung im Vergleich zu einer Ölheizung .....	223
Tabelle 51: Wertefaktoren zum Vergleich der Investition in eine Ölheizung bzw. eine Holzheizung.....	223
Tabelle 52: Werte der Finanzmittel, die bei Nichtinvestition in die Holzheizung in andere Regionen abgeflossen wären.....	224
Tabelle 53: Ökonomische Indikatoren des Vergleichs einer 400 kW-Ölheizung mit einer Holzheizung auf Basis von Waldhackschnitzeln .....	224

Tabelle 54: Arbeitsplatzeffekte einer 400 kW-Ölheizung .....	225
Tabelle 55: Arbeitsplatzeffekte einer 400 kW-Holzheizung auf Basis Waldhackschnitzel .....	226
Tabelle 56: Übersicht über geschaffene, gesicherte und verdrängte Arbeitsplätze in den Variationen 400 kW-Öl- und Holzheizung.....	227
Tabelle 57: Soziale Indikatoren für den Vergleich einer 400 kW-Öl- und Holzheizung .....	228
Tabelle 58: Auswirkungen der Errichtung einer Holzheizung im Vergleich zu einer Ölheizung .....	228
Tabelle 59: Ökologische Wertefaktoren für die Installation einer 400 kW-Holzheizung im Vergleich zu einer Ölheizung.....	229
Tabelle 60: Ökologische Indikatoren für die Installation einer 400 kW-Holzheizung im Vergleich zu einer Ölheizung.....	230
Tabelle 61: Gegenüberstellung der regionalen Zuflüsse bei der Nullvariante und der Investition in eine landwirtschaftliche Biogasanlage .....	236
Tabelle 62: Vergleichende Multiplikatoreffekte der Errichtung einer landwirtschaftlichen Biogasanlage im Vergleich zur Nulloption mit Ersatz einer Ölheizung .....	236
Tabelle 63: Wertefaktoren zum Vergleich der Nulloption mit der Investition in die landwirtschaftliche Biogasanlage.....	237
Tabelle 64: Werte der Finanzmittel, die bei Nichtinvestition in die Biogasanlage in andere Regionen abgeflossen wären .....	237
Tabelle 65: Ökonomische Indikatoren der Nullvariante mit der landwirtschaftlichen Biogasanlage.....	238
Tabelle 66: Arbeitsplatzeffekte der Nulloption (der Landwirt investiert nicht in eine Biogasanlage, sondern nur in eine Ölheizung und legt die alternativen Investitionskosten auf die Bank) .....	239
Tabelle 67: Arbeitsplatzeffekte der landwirtschaftlichen Biogasanlage .....	239
Tabelle 68: Übersicht über geschaffene, gesicherte und verdrängte Arbeitsplätze in den Varianten Nulloption mit Ölheizung und Biogasanlage .....	240

Tabelle 69: Soziale Indikatoren für den Vergleich der Nulloption und der Installation einer 105 kW Biogasanlage.....	242
Tabelle 70: Auswirkungen der Nulloption im Vergleich zu einer 105 kW-Biogasanlage .....	243
Tabelle 71: Ausbringkosten für 40 m <sup>3</sup> Gärsubstrat/ha aus der Biogasanlage bei verschiedenen Entfernungen und unterschiedlichen Ausbringkapazitäten.....	244
Tabelle 72: Ökologische Wertefaktoren für die Installation einer 105 kW Biogasanlage im Vergleich zur Nulloption .....	245
Tabelle 73: Ökologische Indikatoren für die Installation einer Biogasanlage im Vergleich zur Nulloption.....	246
Tabelle 74: Vergleich der ökonomischen Indikatoren .....	252
Tabelle 75: Vergleich der sozialen Indikatoren .....	261
Tabelle 76: Vergleich der Auswirkungen der sozialen Aspekte mit der Alternative	262
Tabelle 77: Ökologische Indikatoren im Vergleich.....	269
Tabelle 78: Darstellung der Bioenergiepotenziale in der Projektregion nach Stoffgruppen .....	278
Tabelle 79: Indikatoren zur Ermittlung der regionalen Auswirkungen der Umsetzung von Bioenergiepotenzialen am Beispiel der vergärbaren Potenziale.....	279
Tabelle 80: Darstellung der Auswirkungen auf die Region aus der Umsetzung der kurzfristig verfügbaren vergärbaren Bioenergiepotenziale in der Untersuchungsregion .....	281
Tabelle 81: Darstellung der Auswirkungen auf die Region aus der Umsetzung der technisch/ökologischen vergärbaren Bioenergiepotenziale in der Untersuchungsregion .....	282

## A. Einleitung

### 1. Hintergrund und Problemstellung

Im Rahmen der allgemeinen Diskussion um Globalisierung oder Lokalisierung<sup>1</sup> und deren Auswirkungen auf die Entwicklung von Regionen stellt sich die Frage nach dem Selbstverständnis einer „nachhaltig entwickelten Region“. Vor allem ländliche Regionen mit starken und sehr starken Entwicklungsproblemen sind zunehmend von der Abwanderung der jungen und gut ausgebildeten Bevölkerung, dem Verlust von Arbeitsplätzen und dem Rückgang landwirtschaftlicher Erwerbstätiger<sup>2</sup> und der damit im Zusammenhang stehenden Veränderung der regionalen Strukturen betroffen (vgl. Abbildung 1). So entstehen Disparitäten bei Einkommen, Versorgung, Bildung, Sozialisationsmöglichkeiten, Aufstiegschancen, Kontakt- und Kooperations-spielräumen, Informationszugang und Entscheidungsmöglichkeiten sowie bei Bedingungen der Fremdbestimmung.<sup>3</sup> Dies widerspricht dem demokratischen Ziel der universellen Teilhabe und der Chancengleichheit aller Bürger.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. BATHELT/GLÜCKLER (2002), S. 273 f.

<sup>2</sup> Die betriebliche Arbeitskraft der Beschäftigten in der Landwirtschaft West-Deutschlands verringerte sich in den Jahren von 1950 bis 1994 um 84 %. Quelle: KULKE (1998), S. 44 und MILBERT (2004), S. 26–32.

<sup>3</sup> Vgl. HAHNE (1985), S. 14.

<sup>4</sup> Vgl. die relevanten Artikel des GG der Bundesrepublik Deutschland: Art. 20 I, Art. 28 I, Art. 72 II Ziffer 3, Art. 104 IV sowie Art. 106 III Nr. 2.

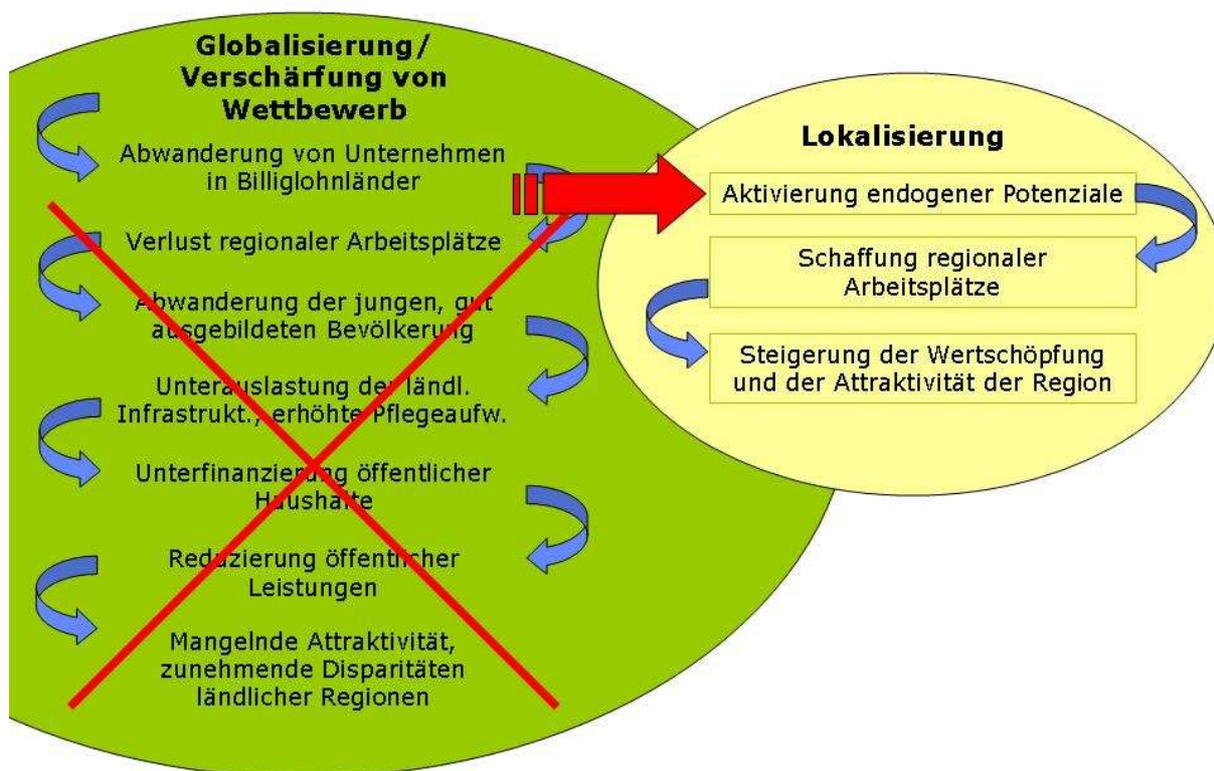


**Abbildung 1: Beispielhafte Wirkungskzusammenhänge in vielen (ländlichen) Regionen durch Globalisierung und Wettbewerbsverschärfung – eigene Darstellung**

Um die Zukunftsfähigkeit der entsprechenden Regionen zu gewährleisten, bedarf es daher einer nachhaltigen Regionalentwicklung, die die Abhängigkeiten der Region von äußeren Einflüssen reduziert und stattdessen auf die vorhandenen – endogenen – Potenziale abgestimmt ist (vgl. Abbildung 2).<sup>5</sup> Im Rahmen einer solchen regionalen Entwicklung soll untersucht werden, inwiefern bestimmte in den Regionen vorhandene Potenziale einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung und zur Auflösung der genannten Problematik leisten können.

---

<sup>5</sup> Vgl. auch HAHNE (1985), S. 34.



**Abbildung 2: Herausforderung für (ländliche) Regionen zur Überwindung der negativen Wirkungszusammenhänge aus Abbildung 1 – eigene Darstellung**

Dabei werden zwei konzeptionelle Ansätze kombiniert, die die Literatur bisher noch unzureichend in Verbindung bringt. Während sich die endogene Regionalentwicklung hauptsächlich auf die Erzielung wirtschaftlicher Effekte konzentriert<sup>6</sup>, spielen bei der Konzeption der ökologischen Kreislaufwirtschaft (z. B. in der Landwirtschaft) vor allem ökosystemare Zusammenhänge eine wichtige Rolle. Die Arbeit kombiniert beide Ansätze im Sinn einer nachhaltigen Entwicklung auf Basis der drei Säulen Ökonomie, Ökologie und Soziales und legt den thematischen Schwerpunkt auf die energetische Nutzung von Biomasse und ihre Auswirkungen (s. Abbildung 3).

---

<sup>6</sup> Vgl. HAHN (1985).



**Abbildung 3: Ansatz zur Kombination von endogener Regionalentwicklung und ökologischer Kreislaufwirtschaft in der nachhaltigen Regionalentwicklung durch Aktivierung endogener Potenziale – eigene Darstellung**

Weitere zu überprüfende Ansätze, die diese Arbeit allerdings nicht untersuchen kann, wären z. B., welche Effekte die regionale Nutzung von Produkten und Stoffströmen auf die Erhöhung der ökologischen Transporteffizienz hat<sup>7</sup> oder inwiefern regionale Nähe Kooperationen zur Initiierung von Innovationen und damit zur Steigerung der Zukunftsfähigkeit der Region ermöglichen. Die einzelnen Nutzungsmöglichkeiten vorhandener Strukturen, Fähigkeiten und Rohstoffe stellen regionale Potenziale dar, die jedoch – im Sinn von Schätzen, wie sie LULEY/SCHRAMM bezeichnen – häufig nicht direkt verwertet werden können. Sie müssen zuerst „gehoben“ bzw. zur Nutzung entwickelt werden.<sup>8</sup> Die Aktivierung einer Reihe von Potenzialen in strukturschwachen Regionen könnte daher ggf. einen Beitrag dazu liefern, um die regionale Wertschöpfung und den regionalen Wohlstand zu erhöhen.<sup>9</sup>

Vor allem die Strategie der Stärkung der regionalen Wirtschaftskraft durch den Einsatz regionsinterner Ressourcen zur Energiegewinnung und die Versorgung mit regional erzeugten Lebensmitteln werden in zahlreichen Projekten der Regionalentwicklung befürwortet. Die Nutzung erneuerbarer Energien hat sich u. a. durch die

---

<sup>7</sup> Vgl. LULEY/SCHRAMM (2000), S. 32.

<sup>8</sup> Vgl. LULEY/SCHRAMM (2000), S. 33.

<sup>9</sup> Vgl. HAHNE (1985), S. 90.

Energie- und Umweltpolitik in Deutschland in den vergangenen Jahren deutlich entwickelt. Die zunehmende Zahl realisierter Anlagen, die intensive Forschung und Entwicklung sowie die steigenden Öl- und Gaspreise tragen dazu bei, dass die Nutzung erneuerbarer Energien auch zunehmend wirtschaftlich von Interesse ist. Für ländliche Gebiete stellt vor allem die Biomasse mit ihrem vielfältigen, dezentralen Anfall und der vergleichsweise geringen Energiedichte ein häufig noch ungenutztes und unterschätztes endogenes Potenzial dar. Auch in der Wirtschaftsgeographie findet die Berücksichtigung der Auswirkungen der Energieerzeugung derzeit nur marginal statt.<sup>10</sup>

Daher stellen die Möglichkeiten der energetischen Biomassenutzung und ihre Auswirkungen auf die räumlichen Strukturen und die sozioökonomische Entwicklung von Regionen für die Wirtschaftsgeographie ein interessantes Untersuchungsgebiet dar.<sup>11</sup>

## **2. Zielsetzung**

*Die Zielsetzung der Arbeit liegt in der Untersuchung der Voraussetzungen für eine optimierte nachhaltige Aktivierung und Nutzung endogener Bioenergiepotenziale sowie der Faktoren, die eine solche Nutzung hemmen oder behindern. Auf dieser Basis sollen strategische Lösungswege für die Unterstützung einer endogenen Regionalentwicklung aufgezeigt und ein Werkzeug zur Darstellung und Vergleichbarkeit verschiedener wertschöpfender regionaler Effekte entwickelt werden.*

Zur Erreichung dieser Ziele werden folgende Aspekte genauer untersucht und weiterentwickelt:

- endogene Energiepotenziale und ihre möglichen Auswirkungen auf die regionale Entwicklung
- Biomassepotenzialdefinitionen, Eigenschaften, Besonderheiten und Auswirkungen der Biomassenutzung auf die Strukturen von Regionen

---

<sup>10</sup> BRAUN/SCHULZ/SOYEZ (2003) S. 231–248.

<sup>11</sup> Dabei können unterschiedliche Ansätze zum Einsatz gebracht werden. Eine Kurzdarstellung des funktionalen, raumwirtschaftlichen, verhaltens- und entscheidungstheoretischen sowie des Wohlfahrts-Ansatzes liefert z. B. SCHAMP 1983, S. 74–80; vgl. auch BARTHEL (1968), S. 227–242.

- Handlungsbedarf zur Optimierung der energetischen Biomassennutzung
- Voraussetzungen für eine Aktivierung der Potenziale
- Hemmnisse bei der Umsetzung von Bioenergieprojekten
- Lösungsansätze zur Optimierung der Umsetzung von Projekten
- Methoden- und Werkzeugentwicklung zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit verschiedener Wertschöpfungsprozesse
- Umsetzbarkeit der entwickelten Methodik und Auswirkungen der regionalen Bioenergienutzung anhand praktischer Beispiele
- Auswirkungen der endogenen Biomassennutzung auf die regionale Wertschöpfung und die regionale Entwicklung
- Übertragbarkeit auf andere Regionen.

### **3. Methodik/Aufbau der Arbeit**

Die Arbeit ist wie folgt aufgebaut:

Der erste Teil der Untersuchung ordnet, im Anschluss an die Einführung und Definition der Zielsetzung, das Arbeitsgebiet in das Themenfeld der Regionalentwicklung und der Wirtschaftsgeographie ein (Kapitel B). In diesem Zusammenhang werden die essentiellen Begrifflichkeiten und Rahmenbedingungen für die Arbeit definiert. Nach einer Abgrenzung des Regionenbegriffs für den Rahmen der Untersuchung erfolgt die Diskussion der Grundlagen einer nachhaltigen Regionalentwicklung. Ausgehend von der Hypothese, dass in Regionen endogene Entwicklungspotenziale vorhanden sind, die noch aktiviert werden können, erfolgt eine Schwerpunktbildung hinsichtlich der endogenen erneuerbaren Energien. Anhand der Eigenschaften und Umsetzungsanforderungen der endogenen Potenziale werden diese hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf die regionale Entwicklung bei ihrer Umsetzung dargestellt.

Da davon auszugehen ist, dass die Bioenergie einen nennenswerten Beitrag zur nachhaltigen Regionalentwicklung leisten kann, wird diese im Kapitel C genauer untersucht und dargestellt. Dabei werden die Eigenschaften der unterschiedlichen Biomassen kategorisiert und ihre Anforderungen an eine energetische Nutzung bestimmt. Die wichtigsten Technologien, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, werden kurz dargestellt. Weiterhin werden die Chancen und Herausforderungen thematisiert, die sich aus den Eigenschaften, dem Anfall und dem Energiegehalt der Biomassen ergeben.

Um eine Aussage hinsichtlich der noch zu aktivierenden Potenziale zu treffen, müssen zunächst Potenzialkategorien definiert und die aktuelle Nutzung (beispielhaft) dokumentiert werden. Die Methoden des Stoffstrommanagements werden dazu als Werkzeug zur Nutzbarmachung von Potenzialen vorgestellt.

Im Anschluss an die Vermittlung der thematischen Grundlagen erfolgt die Betrachtung der Voraussetzungen für die Aktivierung in Form einer „In-Wert-Setzung“ von Biomassepotenzialen als Basis für eine nachhaltige endogene Regionalentwicklung (Kapitel D). Dafür müssen in mehreren Bereichen erst entsprechende Voraussetzungen geschaffen werden.

Eine wichtige Voraussetzung, die für die Initiierung von Projekten (im Allgemeinen) von größter Bedeutung ist, stellt die Berücksichtigung der Entscheidungspräferenzen der umsetzenden Akteure dar. Neben der Wirtschaftlichkeit bzw. der Gewinnoptimierung bestehen für Biomasseprojekte häufig zusätzlich andere Motivationen, die ggf. die Entscheidung maßgeblich beeinflussen und bei der Planung berücksichtigt werden müssen. Ebenfalls zu berücksichtigen und möglichst im Vorfeld zu vermeiden sind Hemmnisse, die, sofern sie trotz vorbildlicher Planung in verschiedenen Stadien der Umsetzung auftauchen, mit den geeigneten Maßnahmen überwunden oder umgangen werden können.

Die Schaffung von Nutzen im ökonomischen, ökologischen oder sozialen Bereich dient häufig als Motivation zur Umsetzung von Projekten. Die Schaffung von regionalem Nutzen in Form von „Werten“ kann daher aus regionaler Sicht als positives Entscheidungsargument herangezogen werden, sofern hierfür eine bewertbare Datengrundlage besteht. In diesem Zusammenhang wird der inzwischen inflationär gebrauchte Begriff der „regionalen Wertschöpfung“ näher untersucht. Abgegrenzt werden die klassischen Definitionen der (rein ökonomischen/betrieblichen) Wertschöpfung von den in neuerer Zeit vermehrt verwendeten Begriffen der „Schaffung regionaler Mehrwerte“ bzw. der „regionalen Wertschöpfung“, die in der Zielvorgabe und im Umfang von den ersteren abweichen. Dabei werden u. a. auch ökologische und soziale „Werte“ thematisiert. Die Möglichkeit der Nutzung endogener Bioenergiepotenziale in der Region als Ersatz für extern bezogene fossile Energieträger wird häufig als Chance vor allem für ländliche Regionen dargestellt. Bisher existierte jedoch noch kein Werkzeug zur Quantifizierung und zum Vergleich dieser Chancen. Daher wird im Rahmen dieser

Arbeit eine Methodik zum Vergleich der regional geschaffenen Werte durch verschiedene Bioenergieträger anhand von Indikatoren entwickelt (Kapitel E).

Das entwickelte Werkzeug/Tool kann flexibel auf verschiedene Projekte und Situationen angepasst und ausgeweitet werden. Diese Methodik kommt im empirischen Teil der Arbeit (Kapitel F) anhand der Beispielregion Naturpark Saar-Hunsrück zur Anwendung, um die möglichen Auswirkungen der Bioenergienutzung auf die Regionalentwicklung und die Wertschöpfung in der Region darzustellen. Das Beispiel der vergärbaren Bioenergiepotenziale verdeutlicht die möglichen regionalen Auswirkungen der Potenzialnutzung mittels verschiedener Anlagentechnologien. Daher ist das Tool als flexibles Instrument zu verstehen, das eine methodische Vorgehensweise für die Ermittlung verschiedener regionaler Effekte ermöglicht.

Abschließend stellt Kapitel G beispielhafte Lösungsansätze vor, die zu einer optimierten Bioenergienutzung im Sinn einer nachhaltigen Regionalentwicklung beitragen können. Mithilfe von definierten „Stellschrauben“ und dem entwickelten Werkzeug zur Bewertung verschiedener Alternativen sollen regionale Entscheidungsträger in die Lage versetzt werden, einzelne entwicklungsrelevante Faktoren gezielt zu beeinflussen und so eine möglichst optimierte Strategie für die endogen vorhandenen Bioenergiepotenziale zu entwickeln.

## **B. Nachhaltige Regionalentwicklung durch die Nutzung endogener Potenziale**

### **1. Abgrenzung von Regionen**

Die neuere Literatur, vor allem der Geographie, der Soziologie und der Raumplanung, verwendet seit den späten 1990er Jahren verstärkt die Begrifflichkeiten der „Region“, der „regionalen Ebene“ oder des „Regionalen“.<sup>12</sup> Durch die vielfältige und mehrdimensionale Verwendung bleibt die Abgrenzung der Bedeutung in vielen Fällen konfus.<sup>13</sup>

Eine traditionelle Definition, die durch ihre allgemeine Formulierung verschiedene Dimensionen in sich vereinen kann, liefert das Handwörterbuch der Raumforschung und Raumordnung: „Eine Region ist ein geographisch bestimmter Raum mittlerer Größenordnung, der als zusammengehörig angesehen wird“.<sup>14</sup>

Ähnliche Definitionen liefern BATHELT/GÜCKLER, BLOTEVOGEL und SINZ.<sup>15</sup> Demzufolge handelt es sich bei einer Region um einen konkreten zusammenhängenden Ausschnitt der Erdoberfläche, der aufgrund bestimmter Prinzipien oder Strukturen abgrenzbar ist und dadurch von anderen Regionen unterschieden werden kann.

Die Abgrenzung, Beschreibung und Erklärung dieser Strukturen, der Akteure und der Organisation von Wirtschaftsprozessen ist Anliegen der Wirtschaftsgeographie. Durch die Anwendung verschiedener Kriterien auf den Raum wird dieser „in Wert gesetzt“ und als Forschungsobjekt interessant.<sup>16</sup> Dabei können nach MOSE zwei zentrale Perspektiven unterschieden werden. So werden Regionen zum einen nach den tatsächlich vorfindbaren, „natürlichen“ (individuelle Region) aber auch nach den

---

<sup>12</sup> Vgl. MOSE (2002), S. 2, BADE (1998), BLOTEVOGEL (1996), DANIELZYK (1998).

<sup>13</sup> Vgl. STERR (2000), S. 1 ff.

<sup>14</sup> LANGE (1970), Sp. 2705–2719.

<sup>15</sup> BATHELT/GLÜCKLER (2002), S. 44, BLOTEVOGEL (1999), S. 44 ff, und SINZ (1995), S. 805 ff.

<sup>16</sup> Vgl. BATHELT/GLÜCKLER (2002), S. 44.

analytisch und/oder funktional bestimmten Konstruktionen differenziert.<sup>17</sup> Letzteres bezieht subjektive und gesellschaftliche Raumkonzepte mit ein, so dass die nicht-materiellen (politischen, ökonomischen, sozialen, kulturellen) Bedeutungsinhalte entscheidend sind.

Im Unterschied zu Territorien sind Regionen damit ein künstliches Konstrukt. Sie dienen vor allem analytischen und planerischen Zwecken und sind nicht in erster Linie durch Machtbefugnisse begrenzt.<sup>18</sup>

Unterschieden werden drei Abgrenzungsprinzipien:<sup>19</sup>

- Homogenitätsprinzip:  
Hierbei werden Raumeinheiten mit weitgehend ähnlicher Struktur zusammengefasst. Verwendet werden die Kennziffernmethode (Pro-Kopf-Einkommen, Arbeitslosigkeit etc.) und die Clusteranalyse (Bildung von Regionstypen für jede kleinste Raumeinheit mit anschließender Zusammenfassung jeweils der beiden Regionen mit den geringsten Unterschieden und Wiederholung in mehreren Schritten).
- Funktionalprinzip:  
Die Regionen werden aufgrund interner Interaktionen und Verflechtungsbeziehungen abgegrenzt. Häufig wird von einem so genannten „Gravitationskern“ ausgegangen, zu dem Interaktionen aus dem Umland stattfinden (z. B. Pendlerströme).
- Verwaltungsprinzip:  
Regionen bilden administrative Einheiten (Länder, Kreise, Gemeinden), die durch sozio-institutionelle Strukturen geprägt sind. In den Grenzen der administrativen Einheiten spiegeln sich oft territoriale Prinzipien wider. Fast immer werden administrative Einheiten bei anderen Regionsabgrenzungen als Kleinsteinheiten zugrunde gelegt. Viele Regionen sind nach dem Homogenitäts- oder Funktionalprinzip gemeindegrenzt, da häufig nur auf der Ebene der administrativen Raumeinheit statistische Daten zur Verfügung stehen.

---

<sup>17</sup> MOSE (2002), S. 4.

<sup>18</sup> Vgl. BATHELT/GLÜCKLER (2002), S. 45.

<sup>19</sup> Vgl. BATHELT/GLÜCKLER (2002), S. 44 und HECK (2004), S. 6.

Bei der Abgrenzung der Region zur Untersuchung der regionalen Potenziale fließen alle drei Prinzipien ein. Die administrativen Einheiten der Gemeinden, Verbandsgemeinden und Landkreise dienen häufig als Abgrenzungskriterien. Jedoch sind auch die geographischen und strukturellen Bedingungen des jeweiligen Untersuchungsgebietes zu berücksichtigen, da innerhalb einer Verwaltungseinheit Flächen unterschiedlich genutzt werden, Umweltbedingungen andere Voraussetzungen haben und somit unterschiedliche Potenziale vorhanden oder nicht vorhanden sind. Das Homogenitätsprinzip kann daher ggf. dazu genutzt werden, gleichartige Angebotsregionen zu clustern. Wie später noch genauer aufgezeigt wird, ist die regionale Nutzung für die zu untersuchenden Potenziale besonders wichtig. Die Allokation von Potenzialen (z. B. Art, Menge und Beschaffenheit der verfügbaren Bioenergieträger in einer Region) und die Ressourcensenke für deren Nutzung (z. B. Abnehmerstruktur für Wärme, Strom, Gas, Dünger oder Kälte mit Mengenbedarf und Preisgefüge) werden daher durch die bestehenden funktionalen Zusammenhänge beeinflusst. So sind für die In-Wert-Setzung der Ressourcen vor allem die Absatzmöglichkeiten relevant. Sind diese nicht vorhanden oder können diese nicht definiert werden, sinkt der Wert der Ressource.

## **2. Ökologische Kreislaufwirtschaft**

Das Prinzip der Kreislaufwirtschaft ist die Rückführung von genutzten Rohstoffen in das System mit möglichst geringen energetischen und stofflichen Verlusten. Um eine Funktionsfähigkeit des seit Jahrtausenden entstandenen Gleichgewichts zu erhalten, müssen für die der Biosphäre entnommenen Ressourcen entsprechende Senken<sup>20</sup> zur Verfügung stehen (s. Abbildung 4). Werden mehr Ressourcen entnommen und verbraucht, als Senken bestehen, gerät das System außer Balance. Die hierdurch eintretenden Veränderungen, wie Klimaschwankungen, Luft- und Wasserverschmutzung etc., wirken sich auch auf das ökonomische System aus. Daher geht das Prinzip der ökologischen Kreislaufwirtschaft von einer ressourceneffizienten Nutzung unter Berücksichtigung des gesamten Lebensweges eines Produktes aus. Können Produkte nicht direkt von der Biosphäre verwertet werden, bedarf es ihrer

---

<sup>20</sup> Unter Senke wird aus physikalischer Sicht das Gegenteil einer Quelle bezeichnet. Eine Ressourcensenke bezeichnet damit ein Aufnahmemedium fuer genutzte Ressourcen bzw. ihre Nebenprodukte.

Vermeidung, Reduktion und Umformung zur Wiedernutzung und Reintegration in das Gesamtsystem.<sup>21</sup> Dieser Ansatz muss jedoch ebenfalls differenziert betrachtet werden, da auch der Prozess des Recycling und der Wiederverwertung durch Sammel-, Aufbereitungs- und Transportprozesse ökologische Belastungen hervorruft.<sup>22</sup> Je nach Prozess und Produkt kann deshalb nur eine Produktökobilanz, die den gesamten Lebensweg des Produktes von der Rohstoffgewinnung bis zu dessen Dekomposition abbildet, den ökologisch vorteilhaftesten Verwertungsweg aufzeigen. Zur Gewährleistung der Erhaltung des Gleichgewichts bedarf es bei zunehmendem Rohstoff- und Energieeinsatz der Entwicklung und Implementierung geeigneter Gesamtkonzepte, die neben den direkten ökonomischen Aspekten auch die Wirkungen des Gesamtsystems berücksichtigen.

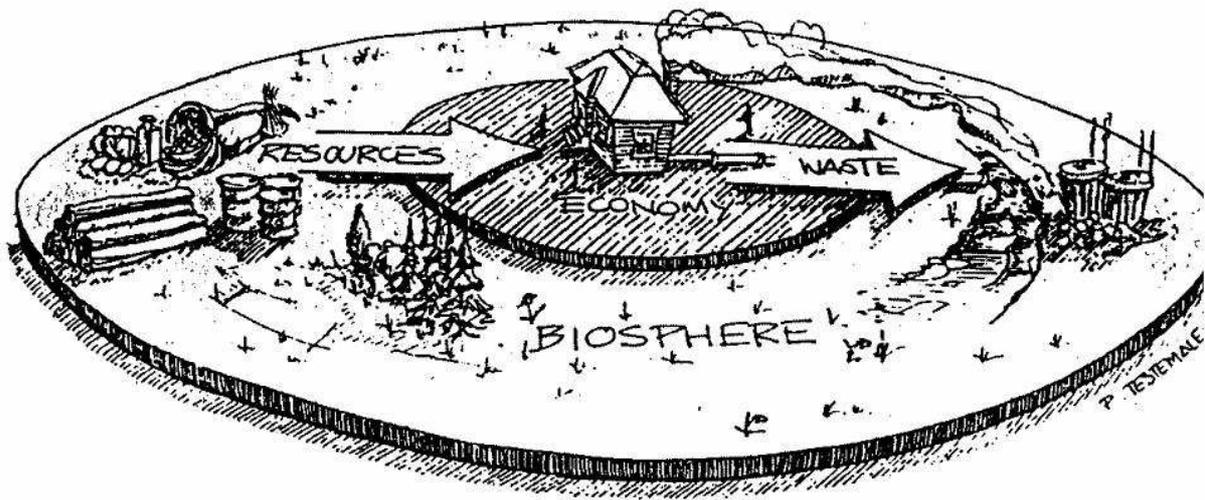


Abbildung 4: Biosphäre und anthropogenes Teilsystem als zu erhaltendes Gleichgewicht im Rahmen einer ökologischen Kreislaufwirtschaft – Quelle: HECK (2005)

### 3. Nachhaltige Regionalentwicklung

#### 3.1. Nachhaltige Entwicklung

Für den Begriff der nachhaltigen Entwicklung gibt es zahlreiche Definitionen. Die historischen Ursprünge gehen auf die Forstwirtschaft zurück: Im Jahr 1140 wurde in der Forstordnung des Klosters Mauern (Marmentier)-Münster im Elsass festgehalten:

---

<sup>21</sup> Das 1994 entwickelte Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) bezieht sich hierbei jedoch hauptsächlich auf die Verwertung und Beseitigung von Abfallstoffen, Vgl. KrW-/AbfG § 1 und 4.

<sup>22</sup> Vgl. SPILLER (1998), S. 140 f.

„Man soll nur so viel Holz schlagen, wie nachwächst“.<sup>23</sup> Dabei wurde davon ausgegangen, dass sich der so genannte Kapitalstock von selbst durch Sonne und Boden erneuert.

Mit der 1972 erschienenen Studie „Grenzen des Wachstums“ beginnt mit der gesteigerten Wahrnehmung von Umweltverschmutzung, saurem Regen und Waldsterben im Rahmen internationaler Umweltkonferenzen<sup>24</sup> und mit dem 1987 veröffentlichten „Brundtland-Bericht“ die Entwicklung des Begriffs „Sustainable Development“, der in Deutschland mit „nachhaltiger Entwicklung“ übersetzt wird.

Bei der Konferenz über Umwelt und Entwicklung (United Nations Conference on Environment and Development; UNCED) 1992 in Rio de Janeiro verabschieden 170 teilnehmende Staaten eine gemeinsame Erklärung über Umwelt und Entwicklung sowie das Aktionsprogramm Agenda 21, in dem „Sustainable Development“ zum zentralen Begriff wird.<sup>25</sup>

Die Brundtland-Kommission geht bei dem Begriff von „dauerhafter Entwicklung“ aus: Eine solche wird bezeichnet als eine „Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“.<sup>26</sup>

Inzwischen hat sich Nachhaltigkeit als Entwicklungsleitbild etabliert<sup>27</sup>, das als ein Teil des umfassenderen Konzepts der nachhaltigen Entwicklung verstanden wird.

Nachhaltigkeit bezieht sich dann vor allem auf ökologische „Aufrechterhaltbarkeit“ von Entwicklung. Zusammen mit sozialen und ökonomischen Zielsetzungen ergibt sich dann das Zieldreieck „nachhaltige Entwicklung“.

---

<sup>23</sup> KOSLOWSKI (2001) S. 105.

<sup>24</sup> 1968 erstmalige Zuwendung der Generalversammlung der Vereinten Nationen zur Umweltpolitik, welche zur ersten supranationalen Umweltschutz-Konferenz in Stockholm 1972 führte.

<sup>25</sup> MÜLLER CHRIST (2001), S. 49 f.

<sup>26</sup> HAUFF (1999), Weitere Definitionen finden sich z. B. beim UMWELTBUNDESAMT (2002): „Unter nachhaltiger Entwicklung ist eine Entwicklung zu verstehen, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen“; bei LUKS (2002): „Die Zukunft offen halten“ oder bei der Weltbank: „Development that lasts“.

<sup>27</sup> MAJER (2000).

Drei Dimensionen der Nachhaltigkeit, Schutz der Ökosphäre (Ökologie), stabile wirtschaftliche Entwicklung (Ökonomie) und gerechte Verteilung der Lebenschancen (Soziales) haben sich herausgebildet (vgl. Abbildung 5). Sie müssen in einem nachhaltigen Konzept alle eingeschlossen sein und dürfen nicht gegeneinander ausgespielt werden.



**Abbildung 5: Dreieck der Nachhaltigkeit – eigene Darstellung**

### **3.2. Regionalentwicklung**

Während die traditionelle Regionalpolitik ihre Aufgabe darin sieht, „zwischen den Notwendigkeiten räumlicher Ungleichheit und den Forderungen nach räumlicher Gleichwertigkeit zu vermitteln“<sup>28</sup>, beziehen neuere Definitionen zwei verschiedene Ebenen mit ein. Demzufolge umfasst der Begriff der Regionalentwicklung zum einen die Dynamik von Entwicklungsprozessen spezifischer (in erster Linie ländlicher) Regionen. In diesem Zusammenhang wird Regionalentwicklung verstanden als regionale wirtschaftliche Entwicklung dieser Räume, welche die regionale Verkehrs-, Bevölkerungs- oder Umweltentwicklung einbezieht. Zum anderen werden darunter politische Konzepte subsumiert, mit denen vornehmlich im Bereich der regionalen Wirtschaftspolitik auf Probleme der Veränderungen ländlicher Räume im Rahmen des regionalen Strukturwandels eingegangen werden soll.<sup>29</sup>

Im Lauf der Entwicklung der konzeptionellen Ausprägung des Begriffs seit ca. 1970 haben sich die Inhalte „regionaler Entwicklung“ von dem Konzept der „eigenständigen“ oder „ökologischen Regionalentwicklung“ mit dem Ziel der autonomen Abkopplung der Region über das Konzept der „endogenen Erneuerung“ in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre mit ergänzenden Elementen der traditionellen

---

<sup>28</sup> HAHNE (1985), S. 14.

<sup>29</sup> MOSE (2002), S. 7.

Regionalpolitik, hin zur „nachhaltigen Regionalpolitik“ entwickelt. Letztere setzt auf das Konzept der „lernenden Region“ und der „integrierten ländlichen Entwicklung.“<sup>30</sup> Das Prinzip der Entwicklung „von unten“, das bereits in den 1980er Jahren propagiert wurde, gewinnt hierbei weiter an Bedeutung. Es setzt auf die Stärkung der regionalen Wirtschaftskraft durch Nutzung der regionalen Ressourcen (Energie, Rohstoffe, menschliche und institutionelle Potenziale), Produktdiversifizierung und Innovation, Stärkung innerregionaler Produktionsverflechtungen zum Aufbau einer multisektoralen und multifunktionellen regionalen Wirtschaft und auf die Verwendung menschenfreundlicher, energiesparender und umweltschonender, den regionalen Bedingungen angepasster „sanfter“, Technologie. Ferner soll die regionale Identität durch aktive Beteiligung der Bevölkerung und Berücksichtigung sozio-kultureller Traditionen (und Hemmnisse) gefestigt und die Regionsebene durch Dezentralisierung politisch und administrativ aufgewertet werden.<sup>31</sup>

Daraus ergeben sich vier konzeptionelle Elemente:

- die Regionalentwicklung auf der Basis endogener Potenziale
- formale Erneuerung der Regionalpolitik
- regionale Kooperation als Motor der Regionalentwicklung und
- partizipative Regionalentwicklung,

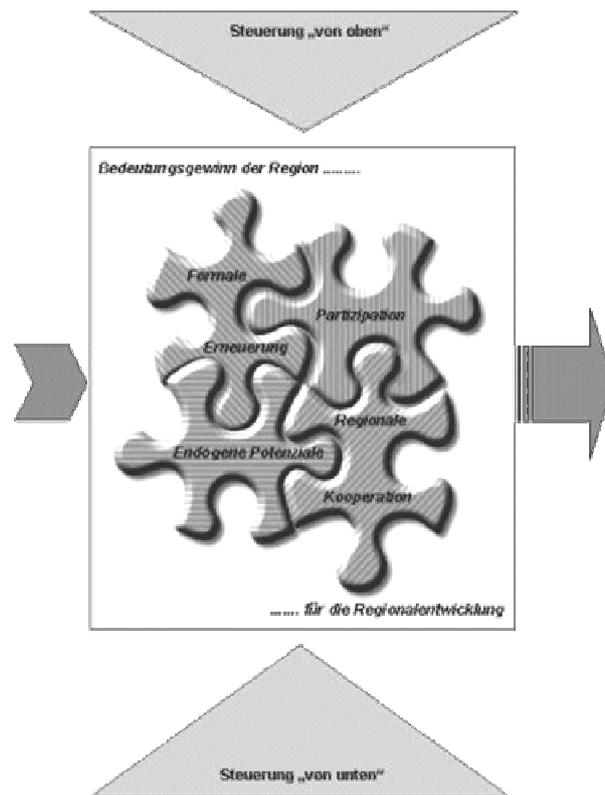
die als Schlüsselbegriffe“ heute unverkennbar im Mittelpunkt einer Neuorientierung der Regionalpolitik stehen (s. Abbildung 6). Für alle vier Dimensionen der Erneuerung ist charakteristisch, dass sie auf die Region als eine mit spezifischen Handlungs- und Entscheidungskompetenzen ausgestattete Instanz abzielen und betroffene Institutionen (wie z. B. Kommunen, Vereine, Nichtregierungsorganisationen etc.) und die Bevölkerung als wichtige Größe der Regionalentwicklung ansehen.<sup>32</sup>

---

<sup>30</sup> MOSE (2002), S. 7.

<sup>31</sup> HAHNE (1985), S 34, vgl. auch MOSE (2002) in Anlehnung an DANIELZYK (1998).

<sup>32</sup> MOSE (2002), S. 9.



**Abbildung 6: Neuorientierung der Regionalentwicklung – Quelle: MOSE (2002), S. 9**

Eine nachhaltige Regionalentwicklung zielt daher auf die Förderung der Aktivierung und Nutzung endogener Potenziale unter den Vorgaben der Nachhaltigkeit. Vor allem kleine und mittelständische Betriebe mit starkem Regionalbezug sollen durch regionale Netzwerke zur Aktivierung dieser Potenziale, zur Schaffung von Arbeitsplätzen und zum Erhalt der Wirtschaftskraft in der Region beitragen. Auch die Entwicklung neuer innovativer Technologien mit geringerem Ressourcenaufwand und höherer Rohstoff- und Energieeffizienz soll unterstützt werden. Hierzu muss die Regionalpolitik strukturelle Voraussetzungen schaffen. Die endogen vorhandenen Potenziale dienen somit als „Kapitalstock“ für die nachhaltige regionale Entwicklung.

Auch HAHNE kommt in einem Vergleich verschiedener Strategievarianten für die Regionalentwicklung zu dem Schluss, dass in allen Varianten die Nutzbarmachung der regionalen Ressourcen anstelle der Förderung der interregionalen Ressourcendomobilität ein zentrales Element darstellt.<sup>33</sup>

Diese regional vorhandenen „endogenen“ Potenziale werden daher im Folgenden weiter untersucht.

---

<sup>33</sup> HAHNE (1995), S. 130.

#### 4. Endogene Potenziale

Das „endogene Potenzial“ oder das „regionale Entwicklungspotenzial“ kann als die Gesamtheit der Entwicklungsmöglichkeiten in einem zeitlich und räumlich abgegrenzten Wirkungsbereich definiert werden. Damit ergibt das Entwicklungspotenzial die fiktive Obergrenze aller möglichen wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Aktivitäten einer Region. Seine Größe hängt von den regional vorhandenen Ressourcen (Rohstoffe, Fähigkeiten/Know-how/Innovationstätigkeiten) und von den Möglichkeiten des Ressourcen- und Gütertransfers innerhalb der Region und in Nachbarregionen ab.<sup>34</sup>

Aus dieser Definition ergibt sich der Bedarf der Einführung folgender Restriktionen:

- Außenbeziehungen werden hinsichtlich der Nutzung endogener Potenziale bei der Betrachtung ausgeschlossen, nur regionale und regional genutzte Potenziale werden berücksichtigt.<sup>35</sup>
- Der räumliche Zuschnitt ist anzugeben, vor allem vor dem Hintergrund interregional auftretender Interdependenzbeziehungen und Einwirkungen aus anderen Regionen (überregionale Komplementarität, Attraktionspotenziale, interregionale Mobilität von Potenzialfaktoren können das regionale Potenzial in Größe und Zusammensetzung verändern).
- Der Zeithorizont ist festzulegen, da sich Entwicklungschancen aus den derzeit ungenutzten Potenzialen und den künftig verfügbaren Ressourcen und Fähigkeiten ergeben, deren Erforschung es noch bedarf.

Der Ausschluss von Außenbeziehungen hinsichtlich der Auswirkungen regionaler Effekte trägt der Problematik der häufig praktizierten Strategie der Abwerbung/Anziehung von Potenzial von außerhalb der Region Rechnung und impliziert den Bedarf der Entwicklung und Aktivierung der innerregional vorhandenen Potenziale. Dabei wird davon ausgegangen, dass in jeder Region, sofern diese adäquat definiert ist, Optimierungspotenziale vorhanden sind.

---

<sup>34</sup> Vgl. HAHNE (1985), S. 52 f.

<sup>35</sup> Diese Annahme schließt nicht den Handel mit anderen Regionen aus, sondern stellt die Voraussetzung dafür dar, dass die regionale Nutzung endogener Potenziale untersucht werden kann. Bei der Ermittlung der Nutzung von Potenzialen wird daher sowohl der regionale als auch der überregionale Anteil dokumentiert und entsprechend bewertet.

Bereits 1967 schreibt HIRSCHMANN: „Es sind immer und überall potentielle Überschüsse vorhanden. Es kommt auf die institutionellen Mittel an, mit denen sie aktiviert werden (...)“.<sup>36</sup>

Gründe hierfür sieht HAHNE in Bezugnahme auf STÖHR/TÖDTLING vor allem in der bisherigen Bindung von Ressourcen an die Exportbranche, in Kommunikationshemmnissen, welche die Weiterentwicklung innovativer Ideen hemmen, und darin, dass bereits bestimmte Teile der Ressourcen wie z. B. Segmente des Arbeitsmarktes auf Grund der Nachfrage von außerhalb brachliegen.<sup>37</sup>

Diese so genannten „brachgelegten“ Ressourcen definiert STÖHR als „weltweit weniger gesuchte oder weniger mobile regionale Ressourcen“, „weniger produktive bzw. weniger mobile Bevölkerungsschichten, regionale kulturelle und organisatorische Institutionen, immobile und weltweit weniger gesuchte, jedoch für die regionale Entwicklung wichtige natürliche Ressourcen“ und auch „soziale Regelmechanismen eines ausgewogenen Verhältnisses zwischen Mensch und Umwelt“.<sup>38</sup>

Diese „brachliegenden“, unterausgelasteten und untergenutzten Ressourcen und Faktoren können durch Angebots- und Gebietsmonopole bedingt sein, durch Marktzutrittsbeschränkungen oder Marktmacht und die damit einhergehenden Auswirkungen auf Produktionsstrukturen, Arbeitsmarktstrukturen und Faktoren des sozialen Wandels.

Die Kategorien der endogenen Potenziale sind vielschichtig. HAHNE liefert jedoch eine Aufstellung der Potenzialkategorien, innerhalb derer verschiedene Elemente, wie z. B. die geographische Lage oder die sektorale Wirtschaftsstruktur, in die unterschiedlichen Potenzialgrößen einfließen können. Genannt werden:<sup>39</sup>

- Kapitalpotenzial (regionales Anlagevermögen)
- Arbeitskräftepotenzial
- Infrastrukturpotenzial

---

<sup>36</sup> HIRSCHMANN (1967), S. 3.

<sup>37</sup> Vgl. HAHNE (1985), S. 48 f., STÖHR/TÖDTLING (1977), S. 36 ff und STÖHR (1980), S. 3 ff.

<sup>38</sup> STÖHR, (1980), S. 6.

<sup>39</sup> Vgl. HAHNE (1985), S 60, bis auf die soziokulturellen Aspekte in Anlehnung an THOSS (1983), S. 11 sowie FOIßNER (2000), S. 300.

- Flächenpotenzial
- Umweltpotenzial
- Marktpotenzial (Nachfragekomponente)
- soziokulturelles Potenzial
- Entscheidungspotenzial
- Landschaftspotenzial.

Eine Potenzialgröße, die sich aus den verschiedenen Kategorien und Elementen ergibt und die in der nachhaltigen Regionalentwicklung eine immer wichtigere Rolle einnimmt, ist die der erneuerbaren Energiepotenziale einer Region, die im nächsten Abschnitt auf ihre Auswirkungen bei einer positiven nachhaltigen Regionalentwicklung untersucht werden.

### **5. Schwerpunkt: Endogene erneuerbare Energiepotenziale und die Auswirkungen ihrer Nutzung auf die Region**

Erneuerbare Energiepotenziale sind vielschichtig und lassen sich in mehrere Hauptgruppen aufteilen. Die nahezu unerschöpfliche Sonneneinstrahlung bildet die wichtigste Energiequelle für die meisten erneuerbaren Energieträger, die sich (u. a.) mit ihrer Kraft ständig erneuern.

Die Bundesregierung strebt eine Verdoppelung der Nutzung erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2010 gegenüber 2000 an. Dies bedeutet für den Primärenergieverbrauch einen erneuerbaren Anteil von 4,2 % und beim Stromverbrauch einen Anteil von 12,5 %. Bis 2020 soll der Anteil am Stromverbrauch auf 20 % steigen und für das Jahr 2050 wird die Deckung von 50 % des Primärenergieverbrauches durch erneuerbare Energien angestrebt.<sup>40</sup>

Die Nutzung der Sonnenenergie kann zum einen direkt zur Wärme und Stromgewinnung, z. B. durch Solarthermie und Photovoltaik oder indirekt über die Speicherung in Pflanzen und Lebewesen in Form von Biomasse erfolgen. Klimatische Bedingungen, die von geographischen Gegebenheiten und der Art und Auswirkung der Sonneneinstrahlung beeinflusst werden, können ebenfalls Potenziale wie Wind- und Wellenenergie erzeugen, die mit den entsprechenden Technologien genutzt werden können. Ein weiteres Potenzial, das auf Grund der nur in äußerst

---

<sup>40</sup> BMU (2005), S. 8.

geringem Maße abnehmenden Temperatur im Erdinnern zu den erneuerbaren Energien gerechnet wird, ist die Geothermie.

### **5.1. Windkraft**

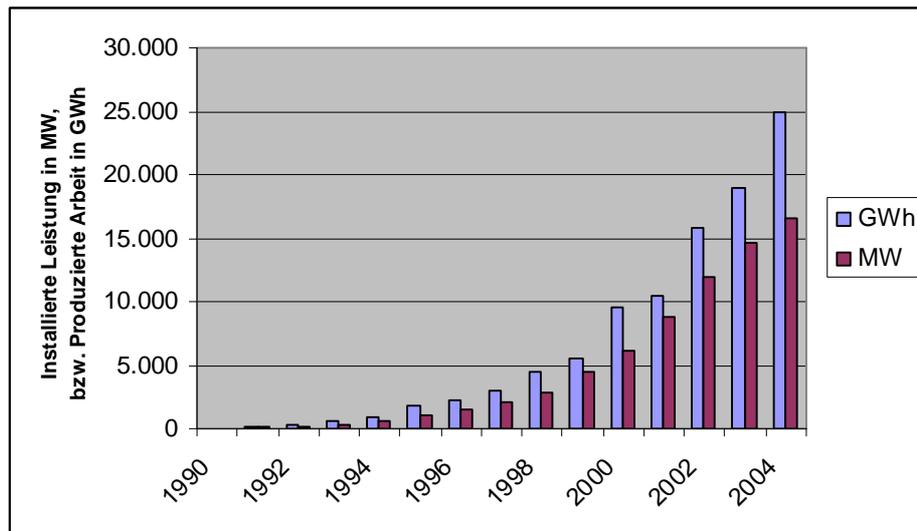
Die Nutzung der Windenergie erfolgt weltweit vornehmlich durch Windräder, die bei bestimmten Windgeschwindigkeiten durch die Rotation einen Generator antreiben. Ingenieur- und Planungsbüros übernehmen Planung und Bau der Anlagen. Die Finanzierung erfolgt häufig über Fondsgesellschaften, an denen sich neben überregionalen Investoren häufig auch Bürger aus der Region beteiligen können (Bürgerwindräder). Finanzielle Einnahmen in der Region entstehen ferner durch Verkauf oder Verpachtung der Flächen sowie ggf. im örtlichen Handwerk durch Wartung der Anlagen. Im Jahr 2004 wurden durch die Windenergie 4,6 Mrd. € Umsätze verzeichnet. 2002 waren bereits ca. 53.000 Menschen im Zusammenhang mit der Windkraftnutzung beschäftigt (1998 nur ca. 15.000 Menschen). Damit ist die Windkraft derzeit der umsatz- und beschäftigungsstärkste Bereich der erneuerbaren Energien. Dies ist vor allem auf die Verabschiedung des Stromeinspeisegesetzes 1991<sup>41</sup> und ab 2000 besonders auf die positiven Bedingungen im Rahmen des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG)<sup>42</sup> zurückzuführen, das die Windkraft in profitable Bereiche brachte und einen Investitionsschub auslöste (vgl. Abbildung 7), so dass Ende 2004 mehr als ein Drittel der weltweit installierten 48.000 MW Windkraftleistung in Deutschland zu finden war.<sup>43</sup>

---

<sup>41</sup> Gesetz über die Einspeisung von Strom aus Erneuerbaren Energien, veröffentlicht am 7.12.1990, Bundesgesetzblatt I S. 2633.

<sup>42</sup> Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG), veröffentlicht am 29.3.2000, Bundesgesetzblatt I S. 2305, in Kraft April 2000 mit Novellierung von Juli 2004.

<sup>43</sup> BMU (2005), S.32.



**Abbildung 7: Entwicklung der installierten Windkraftanlagen und des produzierten Stromes in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2004 – Quelle: BMU (2005)**

Die Standorte für die Windkraft sind auf Grund der gegebenen Windverhältnisse durch Vorgaben hinsichtlich einzuhaltender Abstände von Wohnbebauungen sowie durch Vorgaben von Umwelt- und Naturschutz begrenzt und werden in der öffentlichen Wahrnehmung verstärkt kritisiert.<sup>44</sup> Daher ist zu erwarten, dass sich der Zuwachs an Anlagen im Binnenland in den nächsten Jahren stark reduziert. Vielmehr werden bestehende Anlagen im Binnenland ggf. durch neuere mit höheren Leistungen ersetzt („Repowering“). Vor allem im Offshore-Bereich werden mittel- bis langfristig hohe Zuwächse erwartet.<sup>45</sup> Zukünftige Arbeitsplätze liegen deshalb vorwiegend in der Produktion und Entwicklung von Offshore-Windkraftanlagen. Ein entscheidender Nachteil und Hauptkritikpunkt der Windkraft ist ihre Witterungsabhängigkeit. Sie kann damit ohne eine effiziente Zwischenspeicherung nicht zur Deckung der Grundlast in der Stromversorgung beitragen.<sup>46</sup> Um einen vollwertigen Ersatz fossiler Energieträger oder der Kernkraft durch Windkraft zu schaffen, bedarf es daher der Entwicklung effizienter Speichertechnologien.

<sup>44</sup> Vgl. AUST (2004) Spiegel-Ausgabe März, Heft 04, Titelstory „Der Windmühlenwahn“ und als Gegendarstellung SCHUMANN (2004) in ECOreporter.de-Online Magazin, die vorher vom Spiegel zum Druck abgelehnt wurde.

<sup>45</sup> Vgl. HOPPE-KLIPPER (2004), S. 54 ff.

<sup>46</sup> Vgl. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI) (2005): S. 27.

## 5.2. Wasserkraft

Die Nutzung der Wasserkraft kann in Form der Nutzung von Gezeiten-, Wellen- und Fließkraft erfolgen. In Deutschland dominiert die Nutzung der Fließkraft in Flüssen, durch die gezielte Umleitung in Wasserräder zur Nutzung der mechanischen Energie oder zum Antrieb von Turbinen zur Stromerzeugung. Zur optimierten und gezielten Nutzung werden die Wassermassen häufig aufgestaut, was einen Eingriff in das natürliche System des Flusses und der ihn umgebenden Region zur Folge hat. Positive Auswirkungen bestehen neben der Erzeugung erneuerbarer Energie in der besseren Kontrollierbarkeit von Hochwasser. Jedoch ergeben sich häufig auch technische Probleme, wie die Ansammlung von Geröll und Schlamm an der Stau-mauer, Auswirkungen durch die veränderten Strömungsverhältnisse am Wasserauslass sowie eine Unterbrechung der ökologischen Kreisläufe.<sup>47</sup> Der Bau von Wasserkraftwerken bedarf daher einer intensiven Beschäftigung mit den Parametern Kosten, Nutzen und Umweltauswirkungen. Pump-Speicherkraftwerke dienen vor allem der Erzeugung von Spitzenlaststrom, während Fließkraftwerke auf Grund ihrer Einspeisecharakteristik Grundlaststrom erzeugen und somit Braunkohle ersetzen.<sup>48</sup> In Deutschland wurden die Potenziale für die Nutzung der Fließgewässer bereits weitgehend ausgenutzt<sup>49</sup> (vgl. Abbildung 8). Derzeit wird in diesem Bereich hauptsächlich die Modernisierung vorhandener Anlagen durchgeführt.<sup>50</sup>

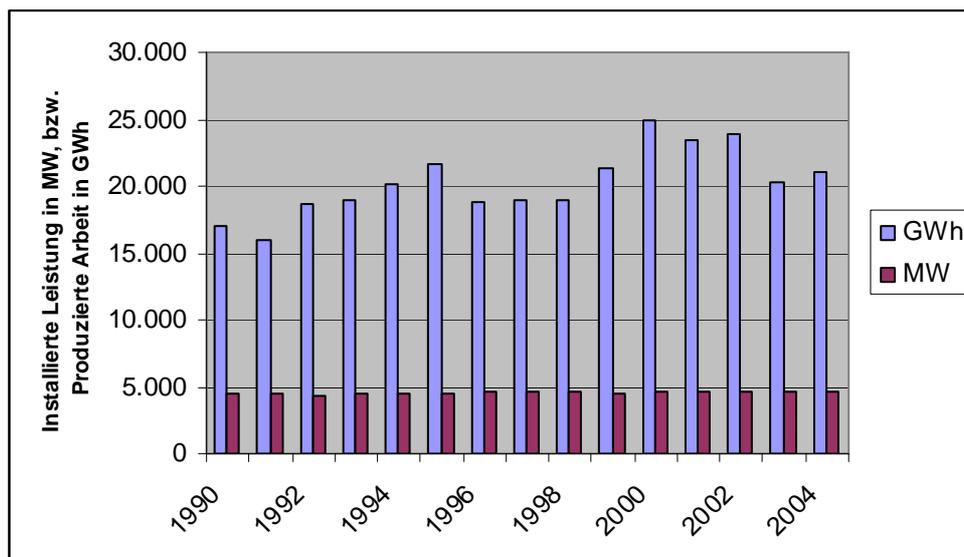
---

<sup>47</sup> Vgl. IHA et al. (2000), S. 10 ff.

<sup>48</sup> Vgl. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI) (2005): S. 27.

<sup>49</sup> Vgl. QUASCHNIG/GEYER (2000), S. 2.

<sup>50</sup> BMU (2005), S. 9.



**Abbildung 8: Entwicklung der installierten Leistung der Wasserkraftanlagen und des produzierten Stromes in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2004 – Quelle: BMU (2005)**

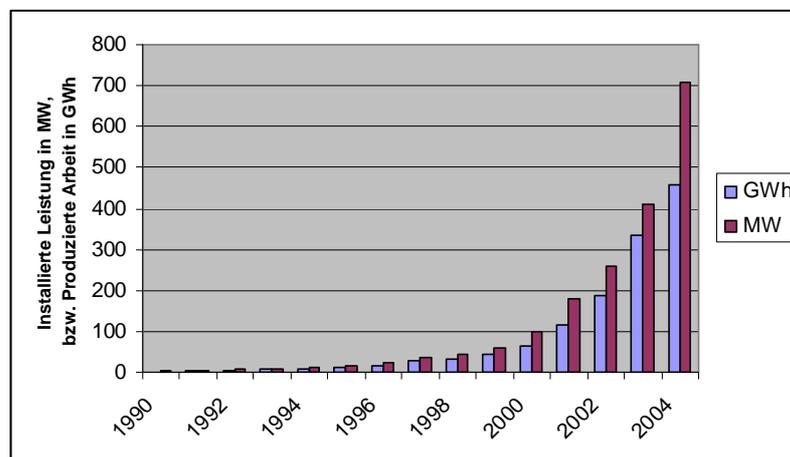
Die Wasserkraft trug 2004 mit 900 Mio. € 7,8 % des Gesamtumsatzes der erneuerbaren Energien bei. Bei der Neuerrichtung von Anlagen wurde in die Wasserkraft jedoch lediglich 0,8 % der Gesamtinvestitionen der erneuerbaren Energietechnologien investiert. Der Problematik der Beeinträchtigung des Ökosystems wurde mit zahlreichen Maßnahmen, z. B. mit der Einrichtung von Fischtreppen und Projekten zur Verbesserung der Gewässerökologie begegnet. Die Investitionen tätigen vorwiegend große Unternehmen, die in der Region Arbeitsplätze im Betrieb der Anlagen schaffen. In den Jahren 1998–2002 war jedoch ein leichter Rückgang der Beschäftigtenzahlen von ca. 8.000 auf 7.500 im Bereich der Wasserkraft zu verzeichnen.<sup>51</sup>

### 5.3. Solarenergie

Die Solarenergie ist vor allem durch ihren dezentralen sowie ihren klima- und witterungsabhängigen Anfall gekennzeichnet. Sie kann insbesondere die Wärmeerzeugung in Gebäuden unterstützen. Hierzu besteht eine große Zahl technischer Möglichkeiten. Am weitesten verbreitet ist, neben der passiven Wärmenutzung durch entsprechende Architektur, die Technologie der Warmwasserbereitung durch Solar Kollektoren. Damit können sowohl die Trinkwassererwärmung als auch die Raumheizung unterstützt werden. Die Stromerzeugung durch Photovoltaik erfährt vor allem

<sup>51</sup> BMU (2005), S. 19.

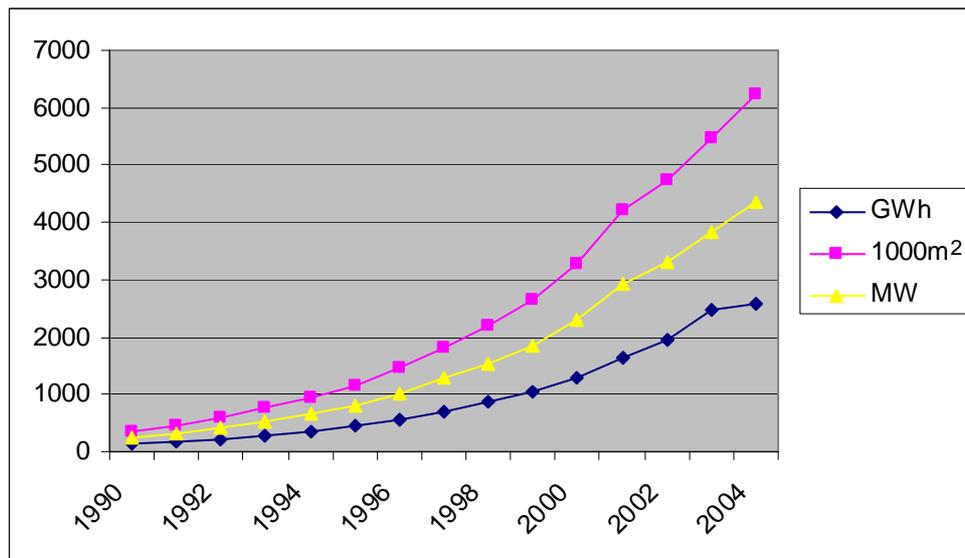
durch die Novellierung des EEG seit Juli 2004 in Deutschland einen starken Aufschwung. Durch die seit dieser Zeit auch für Kleinanlagen wirtschaftlich interessanten Vergütungen nutzen auch Privatpersonen diese Möglichkeit der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Die Errichtung von Großanlagen auf Dach- oder Freiflächen ist aber zunehmend für Unternehmen und Planungsfirmen von Interesse. Regionale Heizungs- und Installationsbetriebe können in diesem Bereich einen weiteren Marktanteil erschließen. Die Anlagen sind vergleichsweise wartungsarm, so dass die Hauptwertschöpfung in der Produktion und im Ersatz fossiler Energieträger liegt. Der Gesamtumsatz der Solarenergie in Deutschland im Jahr 2004 lag bei 2.300 Mio. € (19,8 % des Gesamtumsatzes der erneuerbaren Energien), davon entfielen jedoch nur 200 Mio. € auf den Betrieb der Photovoltaik-Anlagen.<sup>52</sup> Der Anteil der Beschäftigten in der Solarbranche lag 2002 bei ca. 16.000. Aus den oben genannten Gründen war jedoch im Jahr 2004 mit einem starken Wachstum der Beschäftigten- und Umsatzzahlen zu rechnen, da bereits 2004 die Nachfrage nach Photovoltaik-Modulen das Angebot überstieg.<sup>53</sup> Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen die Entwicklung der installierten Leistung und der produzierten Arbeit der Photovoltaikanlagen und der solarthermischen Anlagen sowie die installierte Kollektorfläche bei letzteren in Deutschland 2004.



**Abbildung 9: Entwicklung der installierten Leistung und des produzierten Stromes in Photovoltaikanlagen in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2004 – Quelle: BMU (2005)**

<sup>52</sup> Die überwiegend dezentralen Anlagen zur Wärmeerzeugung werden von den Besitzern selbst genutzt und gewartet und tauchen daher nicht in der Umsatzstatistik auf.

<sup>53</sup> Vgl. Pressemitteilungen bei Solarserver.de (2004)  
<http://www.solarserver.de/solarmagazin/news2004m08.html>



**Abbildung 10: Entwicklung der installierten Leistung, der produzierten Wärme und der Kollektorflächen in Deutschland in den Jahren 1990–2004 – Quelle: BMU (2005)**

#### 5.4. Geothermie

Die Geothermie nutzt die im Erdinneren vorkommende Wärme zur Erzeugung von Heizwärme und Strom. Abhängig von den geologischen Verhältnissen kann die im Erdinneren vorkommende Wärme genutzt werden.<sup>54</sup> Für ihre Nutzung bestehen verschiedene Verfahren, deren Installation vor allem für die Stromerzeugung mit einem hohen technischen Aufwand und hohen Investitionskosten verbunden sind.<sup>55</sup> Investoren sind daher häufig die Energieversorger, die Arbeitsplätze in der Region bieten. In Deutschland wird seit 2003 Strom aus Erdwärme erzeugt. Dieser Technologie werden große Potenziale zugeschrieben, sie muss jedoch noch in wirtschaftlicher und technischer Sicht weiterentwickelt werden. In Deutschland waren 2004 ca. 200 kW elektrische Leistung und ca. 13.000 Wärmepumpen zur Wärmenutzung installiert. Mit 200 Mio. € Gesamtumsatz (1,7 % der gesamten Umsätze der Erneuerbaren Energien) und ca. 2.000 Beschäftigten im Bereich der Wärmepumpen<sup>56</sup> spielt die Geothermie für die Regionalentwicklung derzeit noch eine vergleichsweise geringe Rolle.

<sup>54</sup> PASCHEN/OERTEL/GRÜNWARD (2003), S. 57 ff.

<sup>55</sup> PASCHEN/OERTEL/GRÜNWARD (2003), S. 91.

<sup>56</sup> BMU (2005) S. 10 und S. 19.

## 5.5. Biomasse

Biomasse kann als gespeicherte Sonnenenergie bezeichnet werden. Die Vorkommen der dezentral anfallenden Biomassen sind vielfältig. Sie können in zahlreichen unterschiedlichen Technologien eingesetzt werden. Die unterschiedlichen Vorkommen in den „Speichermedien“ (Pflanzen und Lebewesen) ergeben im Vergleich zur Sonnen-, Wind- oder Wasserkraft unterschiedliche Ausgangsformen, die für den Einsatz in Energieerzeugungstechnologien entsprechend umgeformt oder konfektioniert werden müssen. Diese häufig arbeitsintensiven Bereitstellungsanforderungen stellen organisatorische Herausforderungen dar und schaffen Arbeitsplatzpotenziale im Handwerk, in der Land- und Forstwirtschaft, in Kommunen sowie in der Anlagenplanung, die ebenfalls regional durch kleine und mittelständische Betriebe erfolgen kann.

Der Anteil des Umsatzes der Bioenergieanlagen an den erneuerbaren Energieanlagen lag im Jahr 2004 bei 26,9 % (900 Mio. durch stromgeführte Anlagen und 850 Mio. € durch wärmegeführte Anlagen), während der Umsatz aus dem Betrieb von Biomasseanlagen 19 % des Gesamtumsatzes ausmachte. Die stromgeführten Anlagen trugen 13 % (650 Mio. €) und die wärmegeführten Anlagen 6 % zum Umsatz bei. 93 % der Bereitstellung von Wärme aus erneuerbaren Energien erfolgt aus Biomasse (vorwiegend Holz). Die Anzahl der Beschäftigten im Bioenergiebereich mit ca. 26.000 im Jahr 2002 und ca. 29.000 im Jahr 2004 wird bei den erneuerbaren Energien nur durch den sprunghaften Anstieg der Beschäftigtenzahlen in der Windenergie im Jahr 2004 übertroffen. (Weitere Erläuterungen hierzu s. Abschnitt C.5.)

Die Nutzung der weiterhin noch ungenutzten Bioenergiepotenziale stellt damit für die Entwicklung der endogenen Ressourcen ein interessantes Handlungsfeld dar, das im folgenden Kapitel noch weiter ausgeführt wird.

## C. Biomasse als regionaler Energieträger

Biomasse wird im Allgemeinen als die Gesamtmasse organischer Substanzen in einem Lebensraum bezeichnet. Sie entsteht in der Natur durch lebende und wachsende Materie sowie aus Abfallstoffen von lebenden und toten Organismen. Biomasse ist gespeicherte Sonnenenergie, die Pflanzen mit Hilfe der Photosynthese erzeugen und bei ihrer Zersetzung wieder abgeben. Photosynthese bezeichnet die Fähigkeit von grünen, chlorophyllhaltigen Pflanzen, aus Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Wasser sowie mit Nährstoffen aus dem Boden und mit Hilfe der Sonnenenergie in ihrer Wachstumsphase neben Sauerstoff energiereiche Kohlenhydrate aufzubauen und zu speichern.<sup>57</sup>

Das in Pflanzen und Lebewesen bei ihrem Wachstum gespeicherte Kohlendioxid wird bei der Zersetzung wieder abgegeben. Die energetische Biomassenutzung kann damit als CO<sub>2</sub>-neutral bezeichnet werden, da keine zusätzlichen Kohlenstoffemissionen entstehen und diese sich im natürlichen Kreislauf befinden.

Als nachwachsender Rohstoff kann Biomasse sowohl stofflich als auch energetisch genutzt werden. Bereits verarbeitete organische Stoffe, die im Prozess nicht mehr benötigt werden, können in aller Regel noch als Bioenergieträger zur Erzeugung von Wärme, Strom oder Kraftstoff weiter verwendet werden.<sup>58</sup>

Werden im Anschluss die Rückstände der Biomassenutzung, wie z. B. Aschen oder Gärrückstände, wieder auf z. B. Ackerflächen ausgebracht, ist es möglich, den natürlichen Nährstoffkreislauf weitestgehend zu schließen.<sup>59</sup>

---

<sup>57</sup> CENTRALE MARKETING GESELLSCHAFT DER DEUTSCHEN AGRARWIRTSCHAFT (CMA) (1997).

<sup>58</sup> Vgl. BUNDESINITIATIVE BIOENERGIE (2003).

<sup>59</sup> Vgl. HECK/HOFFMANN/WERN (2004), S. 6 f. Die zitierte Arbeit entstand aus einem dreijährigen Forschungsprojekt am Institut für angewandtes Stoffstrommanagement in dessen Rahmen die Autorin zahlreiche der in der Arbeit angeführten Daten ermitteln konnte.

## 1. Eigenschaften, Vorkommen und Erscheinungsformen von Biomassen

Die Biomassenutzung ist in ein komplexes Netzwerk unterschiedlicher Zuordnungs-, Aufbereitungs- und Nutzungsmöglichkeiten eingebunden. Abbildung 11 zeigt die verschiedenen Schritte, die in Abhängigkeit der Materialien vom Anfall über den Transport und die Aufbereitung zur Umwandlung in Brennstoffe zur tatsächlichen Energieerzeugung führen.

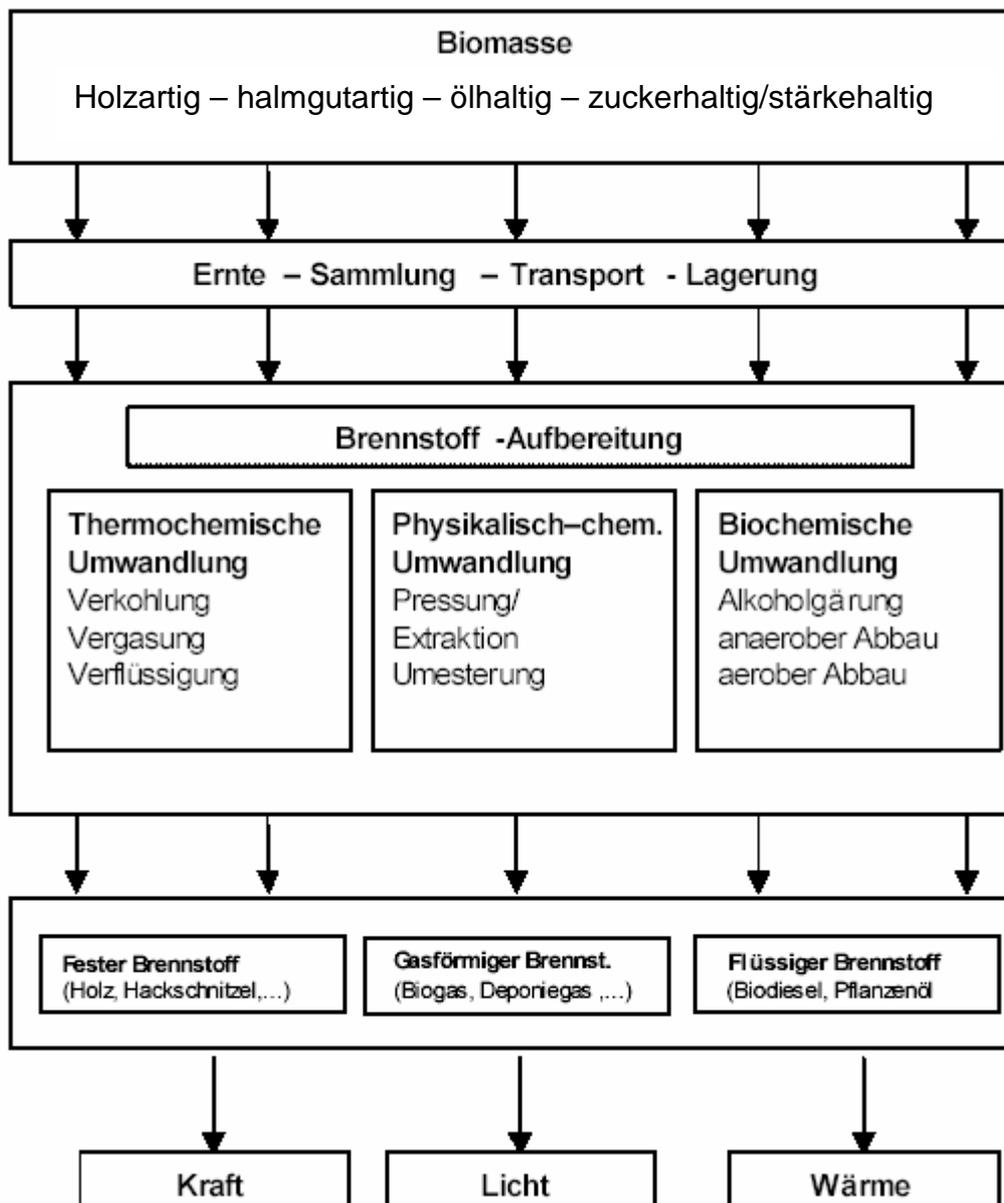


Abbildung 11: Zuordnungs-, Nutzungs- und Aufbereitungsmöglichkeiten für Biomasse –  
Quelle: Verändert nach KALTSCHMITT (2001)

Die Biomasse kann dabei nach verschiedenen Kriterien unterteilt werden. Von besonderem Interesse für die Aktivierung der bestehenden Potenziale sind die Akteursgruppen, die jeweils Biomassen bereitstellen können.<sup>60</sup> Schwerpunkte liegen daher im Rahmen dieser Arbeit auf den folgenden Punkten:

- Landwirtschaft (NawaRos aus Anbauflächen, Reststoffe aus der Tierhaltung, Sonderkulturen)
- Forstwirtschaft (Schwachholz, Brennholz)
- Landschaftspflege (Biotoppflege, Straßen-, Ufer-, Gewässer-, und Schienenbegleitgrün)<sup>61</sup>
- Öffentliche Hand (kommunaler und privater Grünschnitt, private Bioabfälle, private Altfette/Öle, Klärschlamm)
- Industrie/Gewerbe (Industrierestholz, Altholz aus der Abfallwirtschaft, gewerbliche Bioabfälle, gewerbliche Altfette/Öle, gewerblicher Grünschnitt, Baumschulen).

Zur Auswahl der Technologien ist es sinnvoll, die Biomassen zunächst in Stoffgruppen einzuteilen. Unterschieden werden Holz, ölhaltige Biomasse, sonstige einjährige Pflanzen und sonstige organische Biomassen. Die einzelnen Kategorien sind ausschlaggebend für die verwendete Technologie, die in Form der Verbrennung, Vergärung, Vergasung etc. (s. Abschnitt C.2) zum Einsatz kommen kann. Abbildung 12 zeigt eine Aufteilung der verschiedenen Biomassen nach Akteurs- und Stoffgruppen.

---

<sup>60</sup> Vgl. HECK/HOFFMANN/WERN (2004).

<sup>61</sup> Obwohl die Landschaftspflege z. T. von den Naturschutzbehörden und somit auch von der öffentlichen Hand wahrgenommen wird, handelt es sich dennoch um einen eigenständigen Herkunftsbereich, der sowohl bei der Datenaufnahme als auch in der Bereitstellungskette anders als kommunaler Grünschnitt zu behandeln ist.

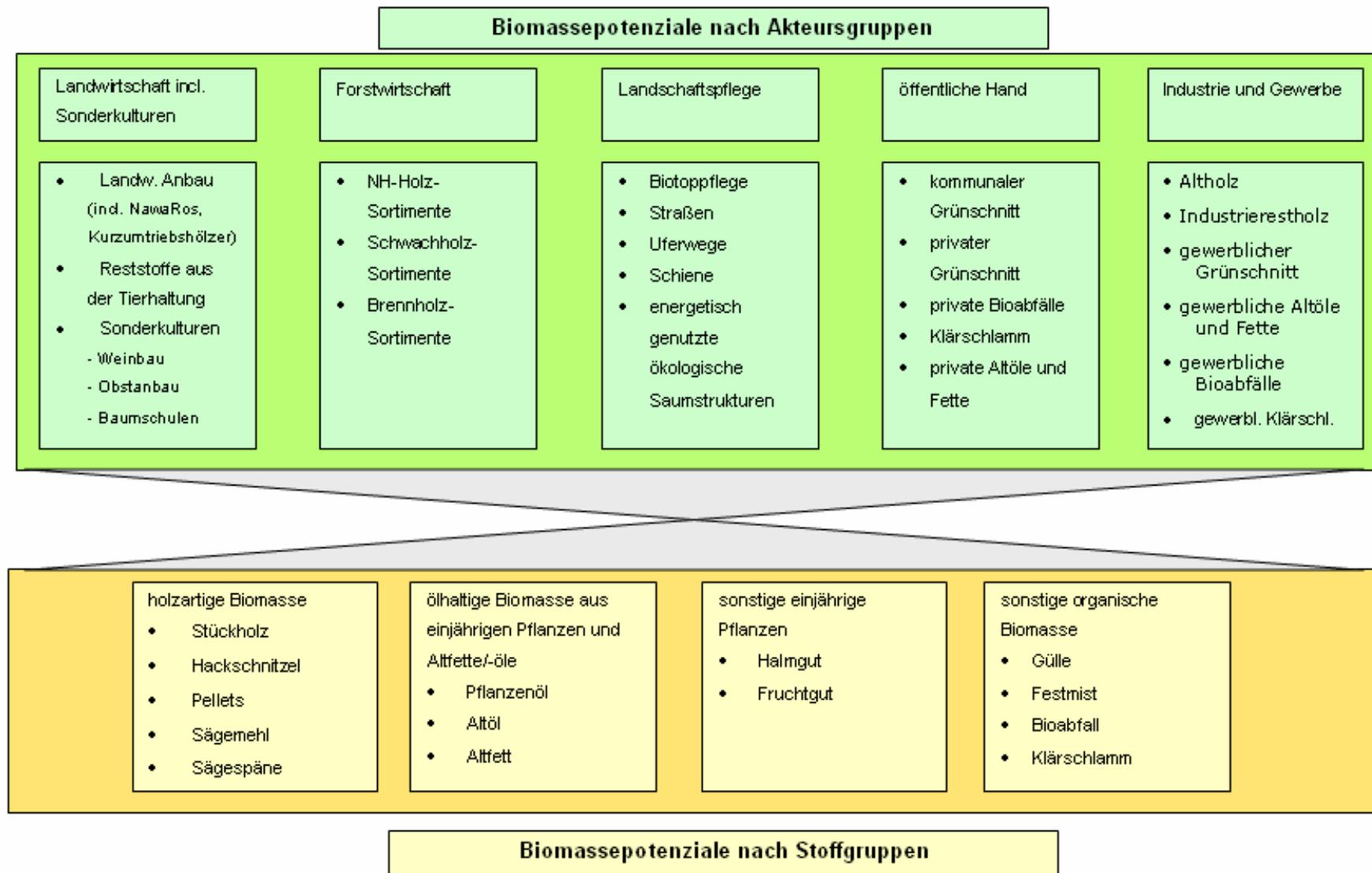


Abbildung 12: Einteilung der Biomassekategorie nach Akteursgruppen und Stoffgruppen – Quelle: HECK/HOFFMANN/WERN (2004), S. 12

## 2. Technologien zur energetischen Biomassenutzung

Die Ausführungen in Abschnitt C.1 haben bereits gezeigt, dass Biomassen in zahlreichen unterschiedlichen Konsistenzen und Erscheinungsformen auftreten. Diese stellen umfangreiche Anforderungen an die Technologien zu ihrer Nutzung.

Zu unterscheiden sind traditionelle Technologien (wie die Verbrennung von Holz zur Wärmeerzeugung in dezentralen Zimmeröfen oder zu Kochzwecken in einfachen Vorrichtungen), die so genannten Standard-Technologien, die vorhandenes Know-how in neuer Art kombinieren und anwenden (z. B. Hackschnitzelheizwerke zur Versorgung von Nahwärmenetzen, landwirtschaftliche Biogasanlagen) sowie die High-Tech-Anwendungen, die spezielles Know-how und hohe Investitionssummen erfordern (Heizkraftwerke, BTL-Anlagen etc.). Der Übergang zwischen den einzelnen Bereichen ist dabei oft fließend.

Ein wichtiges Argument bei der verstärkten Verbreitung von Ölzentralheizungen ab den 50er-Jahren zum Ersatz von Holz- und Holzkohleöfen war z. B. der Komfort der automatischen Beschickung und die damit einhergehende Zeitersparnis für die Brennstoffbeschaffung. Neue Technologien der Biomassenutzung streben daher ebenfalls diesen Komfort an. Sie werden, in Abhängigkeit von den entsprechenden Inputstoffen, ständig weiterentwickelt und befinden sich in unterschiedlichen Stadien ihrer Markteinführung. Stand der Technik und in Deutschland bereits verbreitet sind:<sup>62</sup>

- automatisch- und manuell beschickte Anlagen zur Verbrennung von Scheitholz, Holzhackschnitzeln und Holzpellets aus unbelasteten Hölzern zur Wärmeerzeugung
- automatisch beschickte Anlagen zur Verbrennung von Althölzern und sonstigen Resthölzern z. B. aus der Sägeindustrie zur Produktion von Strom und Wärme über Dampfturbinen und Dampfmaschinen
- automatisch beschickte Anlagen zur Erzeugung von Wärme aus Stroh (nicht im kleinen Leistungsbereich für Einzelgebäude etc.)

---

<sup>62</sup> Vgl. HECK/HOFFMANN/WERN (2004), S. 181 ff und FNR (2005a) S. 12 ff.

- Biogasanlagen zur Vergärung landwirtschaftlicher Reststoffe und organischer Abfälle, meist unter Zumischung von Gülle, mit Gasnutzung in einem Blockheizkraftwerk (BHKW)
- Motoren zur Nutzung von Biokraftstoffen wie Pflanzenöl oder Biodiesel im Transportbereich oder zur Erzeugung von Strom und Wärme.

Weiterhin bestehen zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsvorhaben mit einzelnen Beispielsanlagen u. a. zur Weiterentwicklung von:<sup>63</sup>

- Anlagen zur thermochemischen Vergasung von Feststoffen mittels Luftabschluss zur Verbrennung des Gases in einem BHKW, einem Dampfmotor oder einer Turbine
- automatisch beschickte Anlagen zur Verbrennung von Getreide und Ganzpflanzenpellets
- Biogasanlagen ohne Einsatz von Gülle im Rahmen einer sog. Trockenfermentation
- Anlagen zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe aus unterschiedlichen Biomassen (Holz, Stroh, Energiepflanzen etc.) durch den sog. Biomass-to-Liquid (BTL)-Prozess
- Anlagen zur Herstellung von Bioethanol als Kraftstoff oder Kraftstoffzusatz
- Anlagen zur Aufbereitung von Biogas für die Einspeisung in das Erdgasnetz.

Die wichtigsten Technologien mit Relevanz für die regionale Entwicklung werden im Folgenden kurz dargestellt.

## **2.1. Aufbereitungstechnologie**

Die Anforderungen der Aufbereitung verschiedener Biomassen hängen von ihrer Konsistenz, ihrem Wassergehalt und dem beabsichtigten Einsatz in einer Anlage ab. Die Qualität der Inputstoffe trägt entscheidend zur Funktionsfähigkeit und damit dem wirtschaftlichen Betrieb einer Biomasseanlage bei. Ferner können Betriebsstörungen durch mangelhafte Qualität des Brennstoffes die öffentliche Wahrnehmung der Anlagen im Allgemeinen negativ beeinflussen.<sup>64</sup> Daher spielt die Abstimmung der Anforderungen der einzusetzenden Technologie mit der Rohstoffaufbereitung, vor

---

<sup>63</sup> Vgl. HECK/HOFFMANN/WERN (2004), S. 181 ff.

<sup>64</sup> Vgl. RAUSSEN (2005), S. 25.

allem auch im Zusammenhang einer positiven Entwicklung der energetischen Biomassenutzung, eine wichtige Rolle (zu den Hemmnissen der technischen Implementierung s. Abschnitt D.2.3, zur Stellschraube Informationsverbreitung s. Abschnitt G.1.1.1).

### **2.1.1. Pressung von Pflanzenöl**

Eine physikalisch-chemische Umwandlung von Biomasse erfolgt bei der Pressung von ölhaltiger Biomasse zur Erzeugung von Pflanzenöl. Diese Pressung kann in kleineren Anlagen durch die so genannte „Kaltpressung“ (durch mechanischen Druck bei Temperaturen bis 40 °C) sowie in größeren industriellen Anlagen bei höheren Temperaturen erfolgen. Durch die zusätzliche Erhitzung des Presskuchens auf bis 80 °C unter Einsatz von Lösemitteln wird auch der noch in diesem verbliebene Ölanteil extrahiert.<sup>65</sup> Bei der Herstellung von kaltgepresstem Pflanzenöl, wie dies zunehmend in der regionalen Landwirtschaft (in Kooperation oder auf einzelnen Betrieben) erfolgt, bleibt hingegen noch ein Teil des Öls im Presskuchen, der anschließend als hochwertiger Futterstoff in der Viehwirtschaft eingesetzt werden kann. Durch den Einsatz als regionales Futtermittel können Importe von Soja aus USA und Brasilien, das auf Grund der gentechnischen Veränderung stark in der Kritik steht, vermieden werden.<sup>66</sup>

Bei der Aufbereitung der Ölpflanzen ist die geplante spätere Verwendung des Öls zu berücksichtigen. Derzeit werden Pflanzenöle in Deutschland vorwiegend zur Treibstoffproduktion eingesetzt.<sup>67</sup> Da die konventionelle Motorenteknologie jedoch nicht auf den Betrieb mit Pflanzenölen ausgelegt ist, müssen entweder der Motor oder der Kraftstoff an die jeweiligen Voraussetzungen angepasst werden.<sup>68</sup> Die Produktion von Biodiesel ermöglicht einen Einsatz biogener Treibstoffe in herkömmlichen Motoren und kann daher in reiner Form oder auch in einer Kombination mit

---

<sup>65</sup> FNR (2005b), S. 15.

<sup>66</sup> Vgl z. B. <http://www.optipage.de/print/genfuttermittel.html> und <http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/gentechnik/kennzeichnung/>.

<sup>67</sup> BMU (2005), S. 11.

<sup>68</sup> Vgl. FLAIG (1998), S. 12.

konventionellen Dieselkraftstoffen verwendet werden.<sup>69</sup> Zu beachten sind jedoch die Freigaben der Fahrzeughersteller für bestimmte Fahrzeugtypen, da der häufig zum Einsatz kommende Rapsmethylester (RME) Dichtungen und Lacke beschädigen kann.<sup>70</sup> Die Produktion von Biodiesel erfolgt in industriellen Anlagen. Dabei wird unter Zugabe eines Katalysators Glycerin von den Fettsäuren abgespalten und anschließend mit Methanol ein Veresterungsprozess eingeleitet.<sup>71</sup> Dieser Prozess erfordert einen zusätzlichen Energieaufwand sowie die Zugabe von Methanol, das derzeit noch vorwiegend fossil hergestellt wird.<sup>72</sup>

Die Nutzung reinen Pflanzenöles als Treibstoff erfordert, wegen der unterschiedlichen chemischen Eigenschaften des Öls gegenüber Dieselkraftstoff, die Modifikation des Motors.<sup>73</sup> Die Investition in eine Umrüstung kann während des Betriebes des Fahrzeuges durch geringere Rohstoffkosten in Abhängigkeit von der Fahrleistung refinanziert werden. Der Vorteil der Herstellung von kaltgepresstem Pflanzenöl liegt, neben der zusätzlichen Produktion des Presskuchens als Futtermittel, in der einfachen Technologie, die auch im Bereich landwirtschaftlicher Betriebe mit geringen Investitionskosten betrieben werden kann. Es ermöglicht der Landwirtschaft die Veredelung eines Produktes und damit die Schöpfung eines höheren Wertes im Vergleich zur reinen Produktion von Rohstoffen und Belieferung industrieller Anlagen. Abbildung 13 zeigt eine typische Pflanzenölpresse, wie sie in landwirtschaftlichen Betrieben Verwendung findet.

---

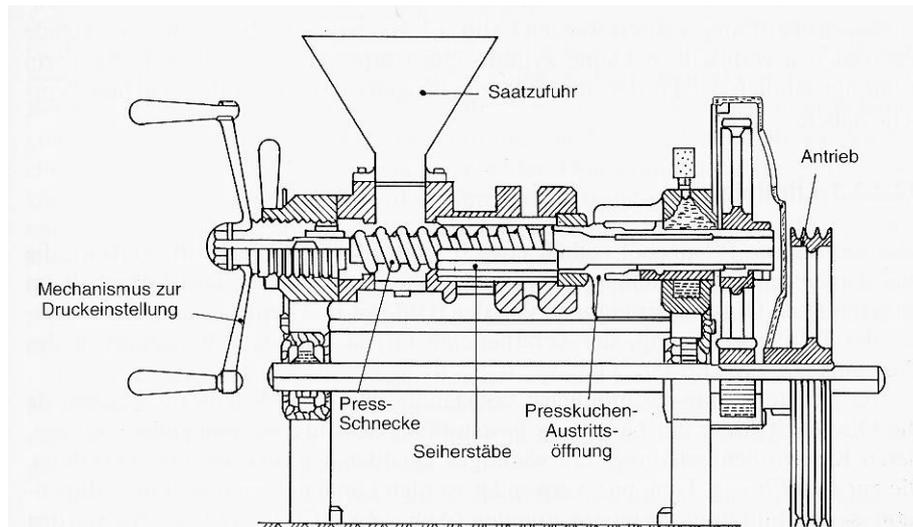
<sup>69</sup> Vgl. KALTSCHMITT (1997), S. 61.

<sup>70</sup> Verschiedene Hersteller wie z. B. der Volkswagen-Konzern rüsten ihre Fahrzeuge bereits serienmäßig mit resistenten Materialien aus. Um die EU-Abgasnorm Euro IV zu erreichen, wird jedoch häufig ein Sensor verlangt, der verschiedene Kraftstoffe erkennt und den Motor entsprechend steuert. Quelle: FNR (2005b), S. 23.

<sup>71</sup> Vgl. FLAIG (1998), S. 12.

<sup>72</sup> BMU (2005), S. 15.

<sup>73</sup> Im Vergleich zu Dieseltreibstoff unterscheidet sich Rapsöl in seinen Eigenschaften vornehmlich durch die um den Faktor 10 höhere Viskosität, die Zündwilligkeit und die Anfälligkeit für thermische Zersetzung.



**Abbildung 13: Schneckenpresse – Quelle: KALTSCHMITT (2001), S. 551**

Bis 2008 sind reine Pflanzenöle von der Mineralölsteuer befreit.<sup>74</sup> Damit konnte auch Biodiesel konkurrenzfähig zu fossilen Kraftstoffen angeboten werden. Die Beimischung von Biodiesel zu konventionellem Diesel ist nach den Plänen der Bundesregierung eine Quotenregelung von 5 % geplant, so dass ein Absatz jedoch in Abhängigkeit von der Mineralölindustrie gewährleistet ist.

### 2.1.2. Aufbereitung von Holz

Holz kann energetisch auf verschiedene Arten eingesetzt werden. Das traditionelle Einsatzgebiet von Holz ist die Stückholzfeuerung. Aufbereitung und Zuführung zur Anlage erfolgen manuell oder halbautomatisch. Eine maschinelle Unterstützung ist beim Spalten und Hacken für größere Verarbeitungsmengen weit verbreitet.

Um eine automatische Beschickung zu ermöglichen und damit den Komfort einer Holzheizung zu erhöhen, wurden Hackschnitzelheizungen entwickelt<sup>75</sup>, die mit Holz-

---

<sup>74</sup> Die EU-Richtlinie 2003/96/EG erlaubt den europäischen Staaten eine Befreiung von Biokraftstoffen von der Mineralölsteuer. Daraufhin wurde das Mineralölsteuergesetz in Deutschland zum 1.1.2004 geändert. Biokraft- und -heizstoffe waren nach § 2a MinöStG bis 31.12.2009 von der Mineralölsteuer befreit. Die Koalitionsverhandlungen der schwarz-roten Bundesregierung beschlossen jedoch am 30.6.2006 eine Besteuerung von Biodiesel ab 1. August 2006 mit 9 Ct./Liter und einer jährlichen Steigerung von mindestens 6 Ct./Liter bis 2012 auf 45 Ct./Liter. Für reine Pflanzenöle als Kraftstoff beginnt die Besteuerung 2008 mit 10 Ct./Liter bis zu vollen Steuerpflicht; Quelle: [www.ufop.de](http://www.ufop.de) (25.7.2006).

<sup>75</sup> Vgl. MARUTZKY/SEEGER (1999), S. 61.

schüttgut beschickt werden können. Hackschnitzelgröße und -form beeinflussen sowohl die Lager-, Transport- als auch die Verwertungseigenschaften des Materials. Daher werden an die Zerkleinerungstechnik spezielle Anforderungen, wie gleichmäßige Kantenlängen, saubere Schnittstellen, Vermeidung von Überlängen etc. gestellt<sup>76</sup>, die bei der Auswahl der Aufbereitungstechnologie, (wie z. B. Hacker, Schredder etc.) zu berücksichtigen sind.

Sägespäne und Sägemehl können durch Pressen zu Holzpellets verarbeitet werden. Das zerkleinerte Material wird durch eine Matrize gepresst und unter Einwirkung von Hitze und Druck in eine zylindrische Form gebracht. Die Technologie der Pelletierung geht auf die Futtermittelherstellung zurück und ermöglicht eine einfache staubfreie und volumenmindernde Handhabung des Brennstoffes Holz.<sup>77</sup> Um eine einheitliche Qualität der Pellets zu gewährleisten, wurden verschiedene Normen (Ö-Norm, DIN-Norm, DIN-Plus-Norm) entwickelt, nach denen die Herstellbetriebe zertifiziert werden, sofern sie die entsprechenden Qualitätsanforderungen (s. Tabelle 1) erreichen.

---

<sup>76</sup> Vgl. KALTSCHMITT (2001), S. 180.

<sup>77</sup> Vgl. MARUTZKY/SEEGER (1999) S, 78.

Eigenschaften	ÖNORM	DIN-Norm	DIN-Plus-Norm
Durchmesser d	4 – 10 mm	4 – 10 mm	4 – 10 mm <sup>a)</sup>
Länge l	≤ 5 x d mm	≤ 50 mm	≤ 5 x d mm <sup>b)</sup>
Rohdichte	≥ 1,12 kg/dm <sup>3</sup>	≥ 1,0 – 1,4 kg/dm <sup>3</sup>	≥ 1,12 kg/dm
Wassergehalt	≤ 10 %	≤ 12 %	≤ 10 %
Abrieb	2 %	-	2,3 %
Aschegehalt	≤ 0,50 %	≤ 1,5 %	≤ 0,50 % <sup>c)</sup>
Oberer Heizwert	≥ 18,0 MJ/kg	15,5 – 19,5 MJ/kg	> 18,0 MJ/kg <sup>c)</sup>
Schwefelgehalt	≤ 0,04 Gew. %	≤ 0,08 Gew. %	≤ 0,04 % <sup>c)</sup>
Stickstoffgehalt	≤ 0,30 Gew. %	≤ 0,30 Gew. %	≤ 0,30 % <sup>c)</sup>
Chlorgehalt	≤ 0,02 Gew. %	≤ 0,03 Gew. %	≤ 0,02 %
Presshilfsmittel	2 %	-	2 % <sup>d)</sup>

- a) Der anzugebende Durchmesser muss innerhalb einer Toleranz von + 10 % des angegebenen Durchmessers liegen.
- b) Maximal 20 % der Masse der Presslinge dürfen Längen von bis zu 7,5 x d aufweisen.
- c) Der Aschegehalt darf bis zu 0,80 % betragen, wenn das verwendete naturbelassene Holz bereits einen natürlichen höheren Aschegehalt aufweist.
- d) Chemisch nicht veränderte Produkte aus der primären land- und forstwirtschaftlichen Biomasse (z. B. Maisschrot, Maisstärke, Roggenmehl), die – aus Gründen der Erreichung des Pressvorganges und damit auch der Verpressung der Energiebilanz sowie zur Erhöhung der Abriebsfestigkeit – dem Ausgangsmaterial zur Erzeugung von Holz- oder Rindenpresslingen beigemischt werden dürfen. Die Prüfung über Art und Menge eines Presshilfsmittels erfolgt im Rahmen der Fremdüberwachung anhand der Herstellerunterlagen.

**Tabelle 1: Vergleich der verschiedenen Pelletnormen – Quelle: DIN 51731 – HP 5, ÖNORM M 7135 – HP1, DIN CERTCO (2004)**

Neben den genormten Pellets werden zunehmend auch so genannte Industriepellets produziert. Diese haben einen größeren Durchmesser, sind länger und können zur Hackgutfeuerung genutzt werden. Für die Aufbereitung sind geringere Qualitätsanforderungen einzuhalten, so dass auch geringwertigeres Material, das sich nicht für die Produktion von Norm-Pellets eignet, einer energetischen Nutzung zugeführt werden kann.

### 2.1.3. Aufbereitung von nichtholzartigen Biomassen

Nichtholzartige Biomassen eignen sich vor allem für den Einsatz in Biogasanlagen oder in sonstigen Feuerungsanlagen. Unterschieden werden:

- landwirtschaftliche Reststoffe, wie Gülle, Mist, Futterreste etc.
- nachwachsende Rohstoffe, wie Mais, Gras, Getreide  
das speziell für die energetische Nutzung angebaut wird und
- sonstige organische Abfälle aus Kommunen, Industrie und Gewerbe.

Die Aufbereitung zur Nutzung in den entsprechenden Anlagen erfolgt hier, je nach Technologie und Biomasse, mechanisch durch Hacken, Bündeln, Silieren, Pelletieren, Zerkleinern, Hygienisieren oder Sortieren.

Viele dieser Aufbereitungsschritte, wie z. B. die Bündelung von Stroh oder die Silierung von Mais oder Gras, werden in der Landwirtschaft bereits durchgeführt und können daher mit vorhandenen Maschinen und bestehendem Know-how erfolgen. Für einen Teil der genannten Aufbereitungsarten besteht bereits eine Infrastruktur, die jedoch an die neuen Anforderungen der Biomasetechnologien angepasst werden muss. So erfolgt vielerorts bereits die Zerkleinerung von Grünschnitt zur Erstellung von Mulchmaterial. Die Qualitätsanforderungen für die getrennte Erzeugung von Biogassubstraten und Hackschnitzeln mit gegebener Größe oder maximalem Wassergehalt waren vorher jedoch nicht von Bedeutung.

Eine Hygienisierung ist vor allem für die Verwertung von Speiseresten und organischen Bioabfällen gesetzlich vorgeschrieben. Um eine Ausbringung der Reststoffe in der Landwirtschaft zu ermöglichen, ist eine Erhitzung von mindestens einer Stunde auf 70 °C vorgeschrieben.<sup>78</sup>

## 2.2. Feuerungsanlagen

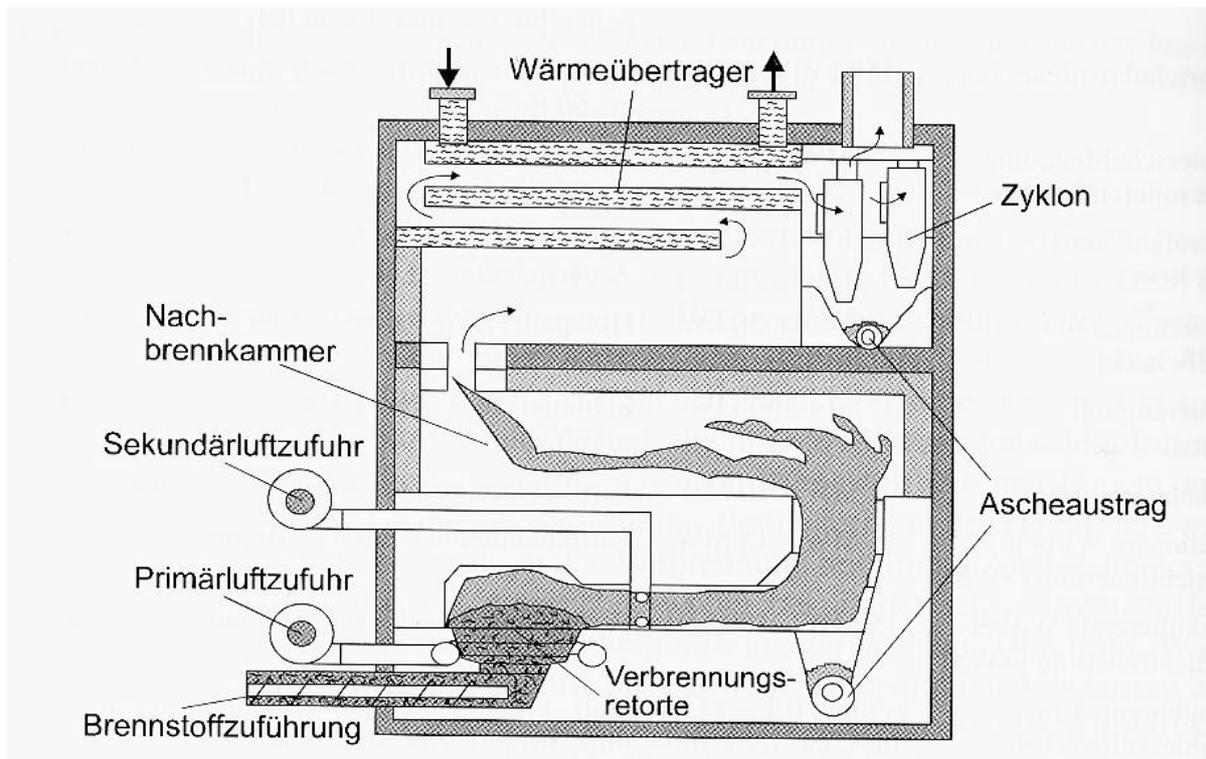
In Abhängigkeit vom Verhältnis der Geschwindigkeit zwischen Luft und Brennstoffmaterial werden Feuerungsanlagen in Festbett-, Wirbelschicht- und Flugbettfeuerungen unterschieden, die alle dem Stand der Technik entsprechen und als in größerem Umfang verbreitet eingestuft werden können. Bei Festbettreaktoren durchströmt die Verbrennungsluft den Brennstoff, ohne das Bett dadurch wesentlich aufzulockern. Mögliche Ausprägungen für diesen Feuerungstyp sind Unterschub- und Rostfeuerungen, die am häufigsten in kleineren und mittleren Leistungsbereichen bis 5 MW Feuerungswärmeleistung verwendet werden.<sup>79</sup> Die Brennstoff-

---

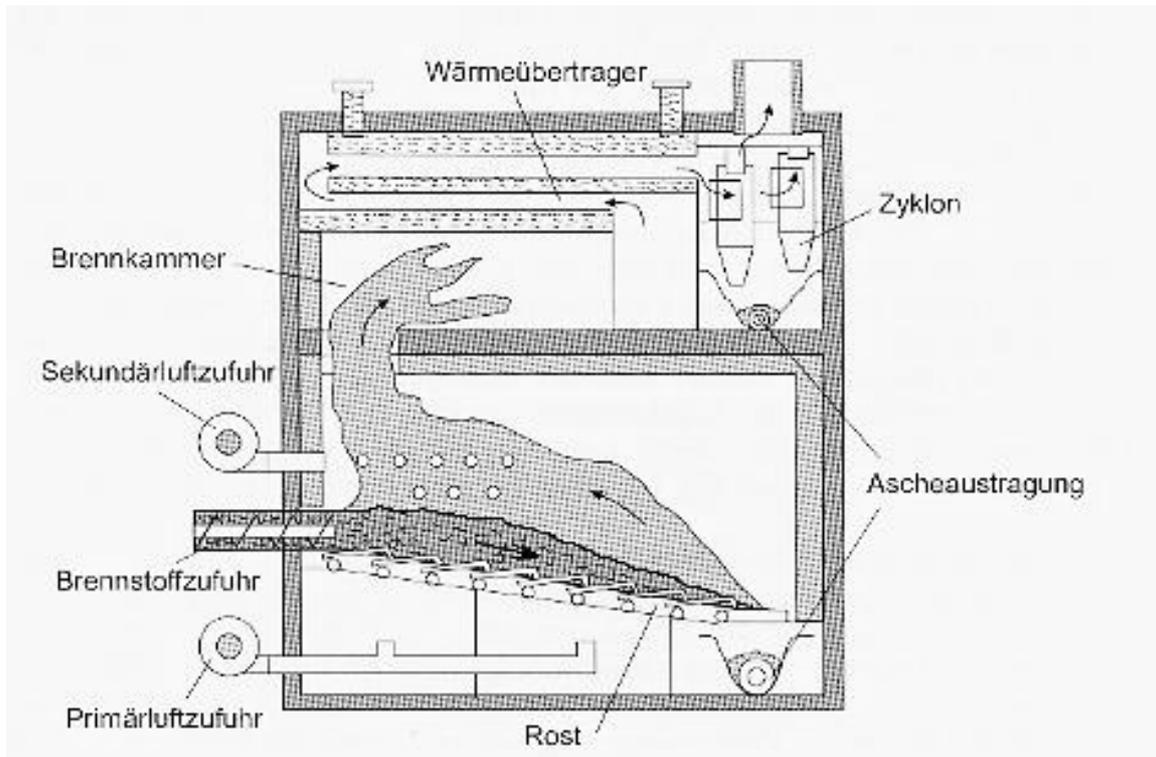
<sup>78</sup> §24a ViehverkehrsVO; EUVO 1774/2002.

<sup>79</sup> KALTSCHMITT (2001), S. 345.

zuführung erfolgt jeweils von unten, horizontal von der Seite durch eine Transportschnecke oder von oben über einen Fallschacht. Für den Transport des Brennstoffs zur automatischen Entaschung bestehen zahlreiche unterschiedliche Möglichkeiten (z. B. Treppenroste, Wanderroste, Walzenroste etc.), die jeweils abhängig vom Brennstoff (Wassergehalt, Stückigkeit, Aschegehalt etc.) angepasst werden können. Während Unterschubfeuerungen auf einen möglichst gleichmäßigen Brennstoff angewiesen sind, eignen sich die verschiedenen Rostfeuerungsarten auch für den Einsatz ungleichmäßiger Brennstoffe mit höherem Wasser- und Aschegehalt (z. B. holzartiger Grünschnitt).



**Abbildung 14: Schematische Darstellung einer Unterschubfeuerung – Quelle: KALTSCHMITT (2001), S. 348**



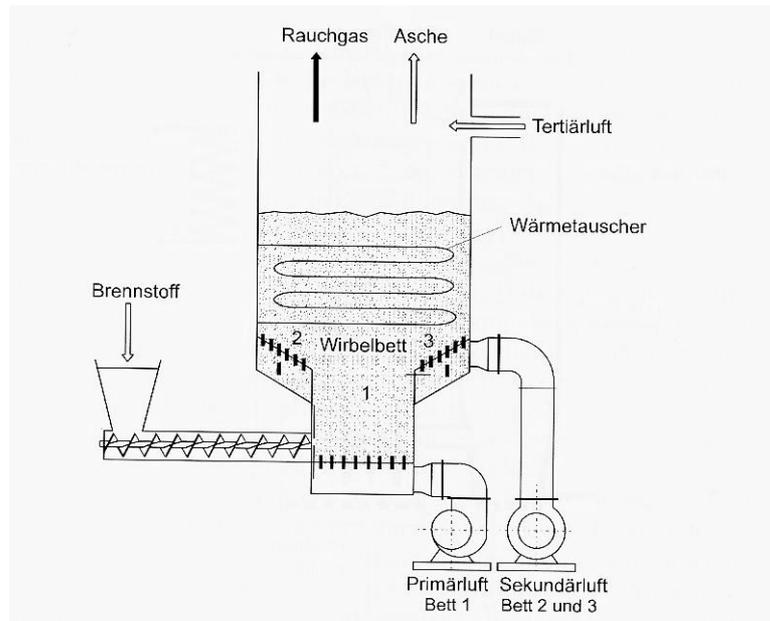
**Abbildung 15: Schematische Darstellung einer Vorschubrostfeuerung – Quelle: KALTSCHMITT (2001), S. 349**

Wirbelschichtfeuerungen werden unterteilt in stationäre Wirbelschicht- und zirkulierende Wirbelschichtfeuerung. Sie unterscheiden sich von der Festbettfeuerung im Wesentlichen durch die Anströmgeschwindigkeit, die einen Teil des Brennstoffes (stationäre Wirbelschicht, s. Abbildung 16) oder den gesamten Brennstoff (zirkulierende Wirbelschicht, s. Abbildung 17) in einen Schwebезustand versetzen. Bei der zirkulierenden Wirbelschicht werden noch nicht verbrannte Partikel über einen Rauchgasabscheider in den Verbrennungsraum zurückgeführt. Die Zugabe eines Inertmaterials (meist ein Sand-Asche-Gemisch), welches durch seine Wärmekapazität konstante Temperaturen gewährleistet, ermöglicht eine Stabilisierung des Verbrennungsprozesses. Ferner können Zuschlagstoffe unerwünschte Schadstoffemissionen verhindern.<sup>80</sup> Wirbelschichtfeuerungen kommen vorwiegend in größeren Anlagen über 5 MW (häufig auch über 50 MW<sup>81</sup>) zum Einsatz.

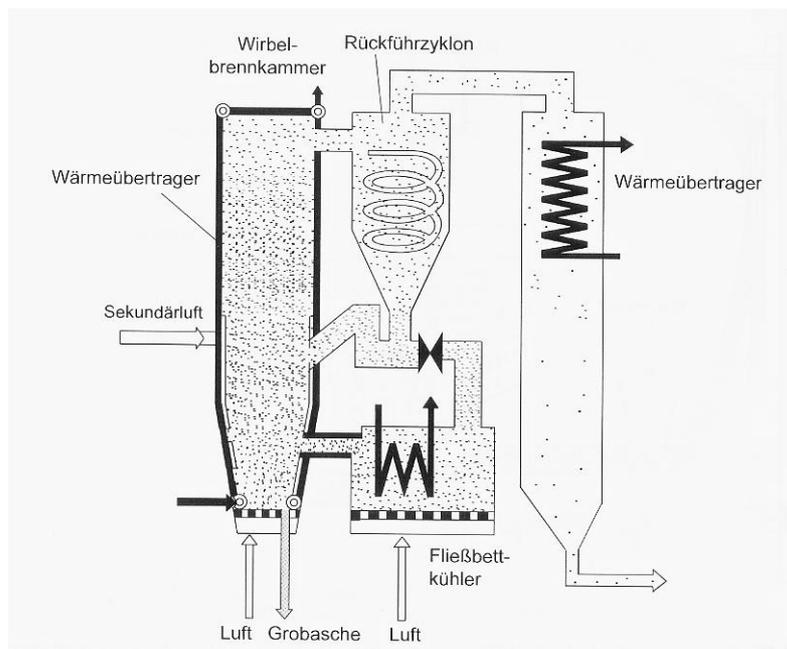
---

<sup>80</sup> Vgl. KALTSCHMITT (2001), S. 356 ff.

<sup>81</sup> Vgl. MARUTZKY (1999), S. 143.



**Abbildung 16: Schematische Darstellung einer stationären Wirbelschichtfeuerung – Quelle: KALTSCHMITT (2001), S. 357**



**Abbildung 17: Schematische Darstellung einer zirkulierenden Wirbelschichtfeuerung Quelle: KALTSCHMITT (2001), S. 348**

Als Flugfeuerung ist vornehmlich die Einblasfeuerung zu nennen, die mit staubartigen Brennstoffen, wie z. B. Sägespänen, betrieben wird und ebenfalls in Großanlagen eingesetzt wird. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht verschiedener Feuerungsarten mit ihren Leistungsbereichen, möglichen Brennstoffen und Wassergehalten.

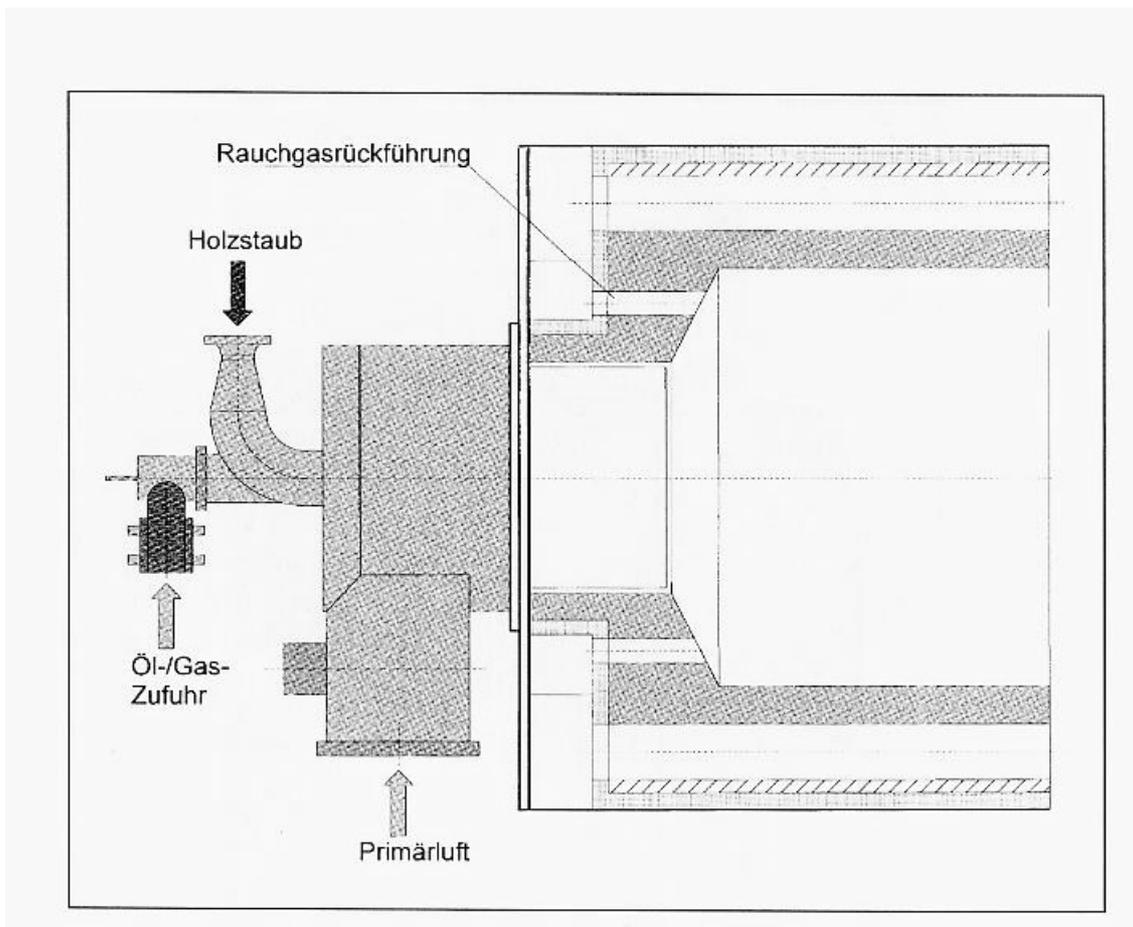


Abbildung 18: Schematische Darstellung eines Staubrenners – Quelle: MARUTZKY (1999), S. 148

Typ	Leistungsbereich	Brennstoffe	Wassergehalt in % FM
Unterschubfeuerung	10 kW - 2,5 MW	Holzhackschnitzel mit Aschegehalt bis 1% und Holzpellets	5 - 50
Vorschubrostfeuerung	150 kW - 15 MW	alle Holzbrennstoffe, Aschegehalt bis 50%	5 - 60
Unterschubfeuerung mit rotierendem Rost	2 MW - 5 MW	Holzhackschnitzel mit hohem Wassergehalt, Aschegehalt bis 5%	40 - 65
Vorofenfeuerung	20 kW - 1,5 MW	trockene Holzhackschnitzel, Aschegehalt bis 5%	5 - 35
Feuerungen mit Fallschacht	2,5 - ca. 30 kW	Holzpellets, Präzisionshackgut	bis 15
Feuerungen mit Rotationsgebläse	80 - 300 kW	Schleifstaub, Späne, Hackschnitzel	bis 40
Einblasfeuerung	2 MW - 10 MW	Partikeldurchmesser unter 5 mm	meist < 20
Stationäre Wirbelschichtfeuerung (SWS)	5 MW - 15 MW	Partikeldurchmesser unter 10 mm	5 - 60
zirkulierende Wirbelschichtfeuerung (ZWS)	15 MW - 100 MW	Partikeldurchmesser unter 10 mm	5 - 60
Staubbrenner in Kohlekraftwerken	gesamt: 0,1 - 1 GW, max. ca. 10% Biomasseanteil	Holz: Partikeldurchmesser < 2 - 4 mm; Stroh: Partikeldurchmesser unter 6 mm; Miscanthus: Partikeldurchmesser unter 4 mm	meist < 20

**Tabelle 2: Übersicht über verschiedene automatisch beschickte Feststofffeuerungen – Quelle: KALTSCHMITT (2001), S. 347**

### 2.3. Vergasungsanlagen

Auch im Bereich der Holzvergaserstechnologie kann zwischen Festbett-, Wirbelschicht- und Flugstromvergäsern unterschieden werden. Die Vergasung erfolgt in einem thermochemischen Prozess, in dem kohlenstoffhaltige Brennstoffe unter Zugabe eines sauerstoffhaltigen Vergasungsmittels nach einer pyrolytischen Zersetzung in einen gasförmigen Energieträger umgewandelt werden. Die verschiedenen Schritte „Aufheizung und Trocknung“, „Pyrolytische Zersetzung“,

„Oxidation“ und „Reduktion“ laufen in allen Vergasungsprozessen, in Abhängigkeit von der eingesetzten Technologie, in unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Zuordnungen ab. Einen idealen Vergaser für die verschiedenen Biomassen gibt es bisher noch nicht, da alle Technologien noch verschiedene Nachteile bei Gasqualität, Schlackenbildung oder Emissionsverhalten aufweisen. Für die Wärmeerzeugung aus Biomasse sind vor allem zirkulierende Wirbelschichtvergaser (Stand der Technik bei Leistungen ab ca. 10 MW<sub>th</sub><sup>82</sup>) und zunehmend auch die Festbett-Gegenstromvergaser (im kleineren Leistungsbereich von 100 kW<sub>th</sub> bis 10 MW<sub>th</sub>) und die Festbett-Gleichstromvergaser (durch die Gefahr der Brückenbildung nur im Leistungsbereich bis 2 MW<sub>th</sub>) (s. Abbildung 20) von Bedeutung und in kommerzieller Anwendung. Durch die kleinen Leistungsbereiche und das entstehende Holzgas ist vor allem die Stromerzeugung durch Vergasung für dezentrale Standorte interessant. Jedoch bestehen vor allem bei Gegenstromvergasern in der Stromerzeugung häufig Probleme im Generator durch den Teergehalt des Gases, wenn dieser nicht technisch entfernt wird. Gleichstromvergaser haben hier, bedingt durch die Gasführung, einen Vorteil und verzeichnen daher gute Entwicklungschancen im Kraft-Wärme-Kopplungsbereich. Zirkulierende Wirbelschichtvergaser in höheren Leistungsbereichen zur Stromerzeugung befinden sich auch mit Biomassebrennstoffen in mehreren Anlagen in Betrieb.<sup>83</sup> Abbildung 19 zeigt die schematische Darstellung eines Vergasungssystems mit Gasreinigung und energetischer Nutzung.

---

<sup>82</sup> Vgl. FNR (2002a), S. 37.

<sup>83</sup> Vgl. KALTSCHMITT (2001), S. 437 ff.

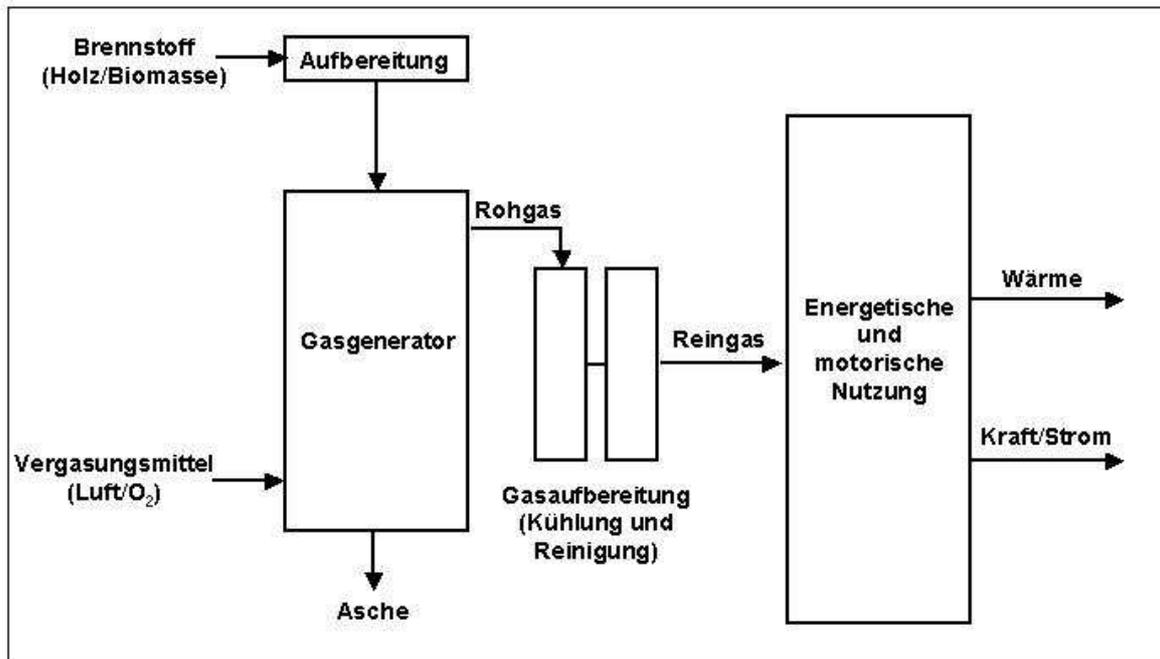


Abbildung 19: Schematischer Aufbau eines Vergasungssystems für Holz und andere Biomassen – Quelle: MARUTZKY (1999), S. 154

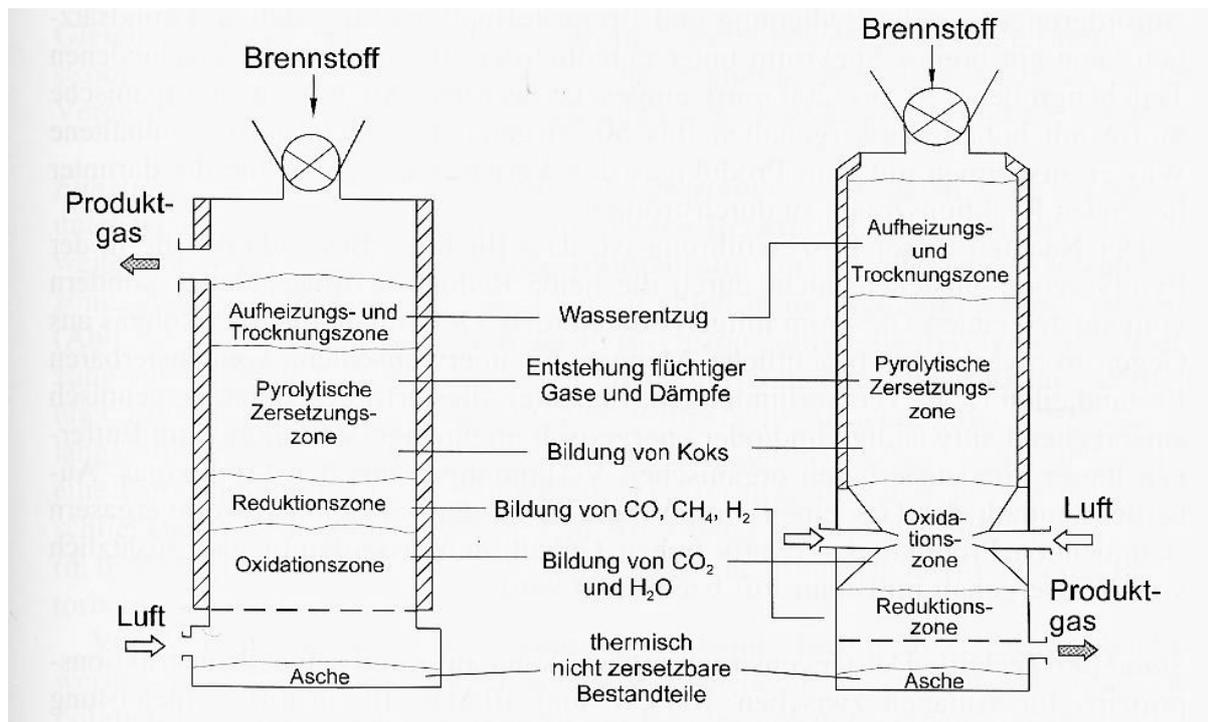
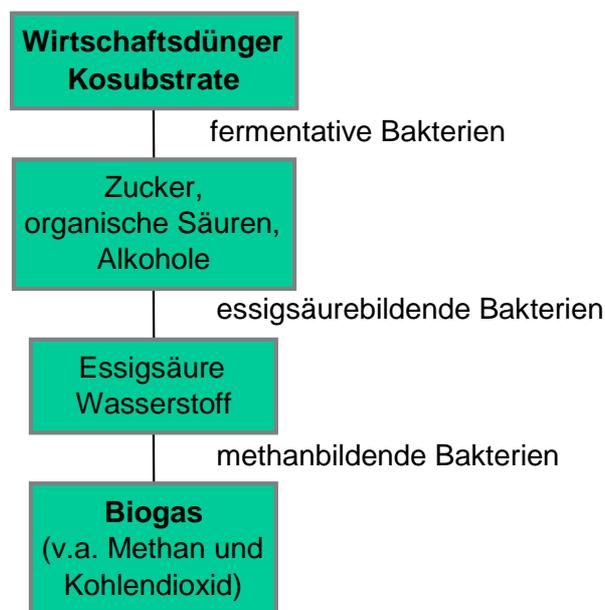


Abbildung 20: Schematische Darstellung eines Gegenstrom- (links) und eines Gleichstromvergasers (rechts) – Quelle: KALTSCHMITT (2001), S. 433

Die Technologie des Festbettvergasers hat bisher in der Biomassenutzung noch keine nennenswerte Bedeutung erlangt und kommt nur für Leistungsbereiche über 100 MW in Betracht.<sup>84</sup>

## 2.4. Vergärungsanlagen

Bei der Vergärung wird Biomasse unter Luftabschluss (anaerob) durch speziell adaptierte Mikroorganismen schrittweise zu Biogas (i. d. R. Methan) und einem anaerob nicht abbaubaren Gärrückstand umgesetzt. Vereinfacht können bei der biologischen Umwandlung die Abbauschritte Hydrolyse, Vergärung/Säurebildung, Acetogenese und Methanogenese unterschieden werden.<sup>85</sup> Abbildung 21 stellt den Ablauf des Prozesses zur Bildung von Biogas dar. In den einzelnen Phasen sind jeweils unterschiedliche Bakterien vorhanden, die eine Umwandlung des Materials vornehmen.



**Abbildung 21: Vereinfachte Darstellung des Abbaus von organischer Substanz bei der Biogasgewinnung – Quelle: FNR (2002)**

Zur Erzeugung von Biogas können alle organischen Massen mit geringem Ligningehalt eingesetzt werden. Die häufigste Anwendung für Biogas ist derzeit in der Landwirtschaft zu finden. Vor allem landwirtschaftliche Reststoffe, wie Gülle, Mist, Futterreste, aber auch speziell für die energetische Nutzung angebaute nach-

---

<sup>84</sup> Vgl. KALTSCHMITT (2001), S. 446.

<sup>85</sup> Vgl. EMBERGER (1993), S. 78 ff.

wachsende Rohstoffe eignen sich für die Biogaserzeugung. Im nicht-landwirtschaftlichen Bereich kommen vermehrt Anlagen zur Vergärung von Bioabfällen und Speiseresten zum Einsatz. Eine Kombination von landwirtschaftlichen Reststoffen mit Abfallstoffen ist ebenfalls möglich.

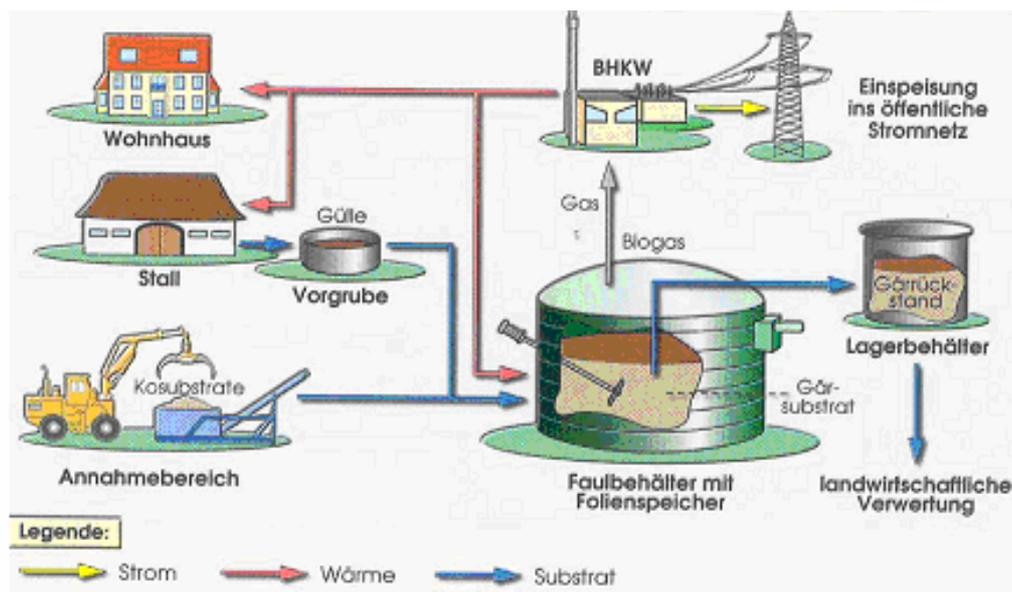
Der Hauptbestandteil einer Biogasanlage ist der Fermenter oder Gärbehälter. Dieser kann kontinuierlich (z. B. Durchflussverfahren) oder diskontinuierlich (Batchverfahren) mit Material beschickt werden. Von besonderer Bedeutung für einen stabilen Vergärungsprozess sind:<sup>86</sup>

- ein wasser- und gasdichter, lichtundurchlässiger sowie korrosionsbeständiger Fermenter
- der Wassergehalt des Substratgemisches (Trockenfermentation 25 - 45 % TS, Nassfermentation < 15 % TS)
- die Herkunft des Substrates zur Einhaltung der hygienerechtlichen Anforderungen (Abfallstoffe bedürfen im Gegensatz zu landwirtschaftlichen Substraten einer Hygienisierung von einer Stunde über 70 °C) und der Rahmenbedingungen der landwirtschaftlichen Ausbringung
- ein konstantes Temperaturniveau im Fermenter (psychrophil: Umgebungstemperatur, mesophil: 28 - 40 °C, thermophil: 50 - 55 °C) zur Gewährleistung eines optimalen Lebensumfeldes für die Bakterien, die sich nur langsam an Temperaturschwankungen anpassen können.

Neben dem Fermenter verfügen Biogasanlagen über Lagerbehälter, die teilweise ebenfalls mit einer Folie zur Auffangung des Gases überdacht sind.

---

<sup>86</sup> Vgl. FLAIG (1999), S. 96 und FNR (2002b), S. 10.



**Abbildung 22: Aufbau einer landwirtschaftlichen Biogasanlage mit Kofermentation – Quelle: FNR (2002b)**

Während die Nassfermentation bereits durch zahlreiche Anlagen zum Stand der Technik zählt, gibt es bei der Trockenvergärung, die ebenfalls in verschiedenen Anlagen in Betrieb ist, häufig noch technischen Anpassungsbedarf.<sup>87</sup>

Das vergorene Substrat wird meist als Wirtschaftsdünger und Bodenverbesserer in der Landwirtschaft ausgebracht und ersetzt dort Mineraldünger auf fossiler Basis. Das ausgefaulte Substrat hat zusätzlich den Vorteil gegenüber konventionellem Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist), dass es weit weniger geruchsintensiv, besser bodenverfügbar und damit weniger wassergefährdend ist.<sup>88</sup>

Das in der Anlage entstehende Biogas besteht zu etwa  $\frac{2}{3}$  aus Methan ( $\text{CH}_4$ ) und zu  $\frac{1}{3}$  aus Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ). Daneben enthält es auch geringe Mengen an Sauerstoff, Stickstoff und sonstigen Spurenstoffen mit einem Volumenanteil kleiner als 2%.<sup>89</sup> Der Energiegehalt ist abhängig vom Methangehalt und beträgt im Durchschnitt ca.  $6 \text{ kWh/m}^3$ . Dies entspricht damit einer äquivalenten Heizölmenge von 0,6 Litern.<sup>90</sup>

---

<sup>87</sup> Vgl. HECK/HOFFMANN/WERN (2004) S. 250

<sup>88</sup> Vgl. WELLINGER et. al. (1991), S.14 ff.

<sup>89</sup> Vgl. BIZ (2002) und FLAIG (1999), S. 95.

<sup>90</sup> Vgl. BIZ (2002).

Das generierte Biogas steht zur energetischen Verwertung zur Verfügung. Ein Teil der erzeugten Energie (in Deutschland ca. 30 % der Wärme) wird für die Beheizung des Fermenters sowie für den Prozessbetrieb (Pumpenstrom, Hygienisierung etc.) und den Eigenbedarf am Anlagenstandort verwendet. Die verbleibende Energie kann an Dritte verkauft werden. In Deutschland wird das Biogas vornehmlich zur Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen verwendet (s. Abschnitt C.2.5).<sup>91</sup> Nach vorheriger Aufbereitung bestehen jedoch auch Möglichkeiten zur Einspeisung in das Erdgasnetz oder zur direkten Wärmeerzeugung mittels Gasbrennern. Die tatsächliche Nutzungsform hängt jeweils von den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und den gegebenen Standortvoraussetzungen ab.

## 2.5. Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung kombinieren die Erzeugung von Strom mit der gleichzeitigen Nutzung der entstehenden Abwärme und erhöhen somit die Brennstoffausnutzung im Vergleich zur getrennten Wärmeerzeugung mittels Heizwerk und zur reinen Stromerzeugung mittels Kraftwerk.<sup>92</sup>

Blockheizkraftwerke (BHKW), die in Deutschland bereits weit verbreitet sind, bestehen meist aus einem Gas- oder Öl- bzw. Dieselmotor, der mit einem Generator verbunden ist und über diesen Strom erzeugt.<sup>93</sup> Die während des Prozesses frei werdende Wärme kann mit Hilfe eines Wärmetauschers an Wasser abgegeben werden und dies auf bis zu 85–90 °C aufheizen. Durch eine Wärmeleitung und weitere Wärmetauscher kann die thermische Energie zur Raumheizung oder als Prozesswärme genutzt werden (Heizungsvorlauf 85 °C, Heizungsrücklauf 70–55 °C). BHKW in Form von Otto-Gasmotoren oder Zündstrahlaggregaten kommen vor allem bei Biogasanlagen zur Verbrennung des entstehenden Gases zum Einsatz. Der Motor wird hierfür entsprechend der Inhalte des Biogases umgerüstet. Neben dem EEG, das seit Juli 2004 einen Bonus von 0,02 €/kWh gewährt, sofern die Wärme aus

---

<sup>91</sup> Dies ist vor allem durch die Einspeisevergütungen und die Absatzgarantie des EEG begründet (s. Abschnitt C.2.6).

<sup>92</sup> Vgl. KALTSCHMITT (2001), S. 390.

<sup>93</sup> Vgl. KALTSCHMITT (2001), S. 681.

der biogenen Stromerzeugung genutzt wird, wird auch die Kraft-Wärme-Kopplung durch fossile Energieträger durch das KWK-Gesetz <sup>94</sup> unterstützt.

Der neben den BHKW-Motoren bekannteste Prozess zur Gewinnung von Strom ist der Dampfkraftprozess. Dabei wird mit Hilfe der oben genannten Feuerungsanlagen aus einem flüssigen Arbeitsmedium (meist Wasser) Dampf erzeugt, der anschließend in einer Arbeitsmaschine (Dampfturbine, Dampfmotor) zur Stromerzeugung entspannt, anschließend unter Wärmeabgabe kondensiert und zum Wärmeerzeuger rückgeführt wird.

Weitere Technologien, die zur Kraft-Wärme-Kopplung aus Biomassen eingesetzt werden können, sind z. B. der Stirlingmotor, der Spilling-Dampf-Motor (vgl. Tabelle 3) sowie die Brennstoffzelle, die jedoch nicht weiter erläutert werden sollen, da diese derzeit aus wirtschaftlichen oder technischen Gründen noch nicht in größerem Maßstab zum Einsatz kommen.

Technologie	Brennstoff/Energieinput	Leistungsbereich	Wirkungsgrad elektrisch	Wirkungsgrad thermisch
BHKW	Mineralöl, Erdgas, Biogas, Planzöl	1- 10 MW <sub>el</sub>	30 - 40 %	40 - 60 %
Dampfturbinen	Dampf aus verschiedenen Quellen, z.B. Müll und Biomasse	0,5 bis > 850 MW <sub>el</sub>	12 - 35 %	52%
Dampfmotoren	Dampf aus verschiedenen Quellen, z.B. Müll und Biomasse	0,2 - 1 MW <sub>el</sub>	15%	ca. 50 - 60%
Stirling-Motor	Wärmeenergie	0,01 bis 0,15 MW <sub>el</sub>	8 - 22 %	ca. 50 - 60%
Spilling-Motor	Heißdampf oder Satttdampf aus verschiedenen Quellen	0,2 bis 1,5 MW <sub>el</sub>	10 - 20 %	ca. 50 - 60%

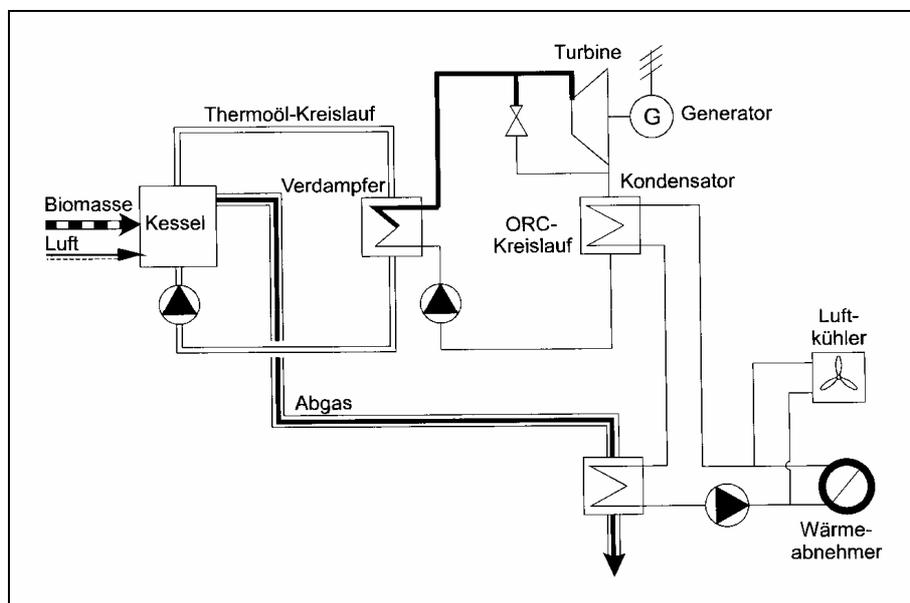
**Tabelle 3: Übersicht der verschiedenen Kraft-Wärme-Kopplungs-Technologien nach Einsatzbereichen – Quellen: KALTSCHMITT (2001), FNR (2001), FNR (2005d), [www.stirling-engine.de](http://www.stirling-engine.de) (2005), <http://energieberatung.ibs-hlk.de> (2005), INSTITUT FÜR THERMISCHE TURBOMASCHINEN UND MASCHINENDYNAMIK (1999–2001)**

Der ORC-Prozess (Organic Rankine Cycle) ist eine Technologie, die für stromerzeugende Anlagen ohne direkte Wärmenutzung von Interesse ist. Der Unterschied zwischen dem ORC-Prozess und dem klassischen Dampfkraftprozess besteht darin, dass anstelle von Wasser ein organisches Arbeitsmedium (z. B.

---

<sup>94</sup> § 3 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz.

Kohlenwasserstoffe wie Iso-Pentan, Toluol oder Silikonöl) eingesetzt wird.<sup>95</sup> Diese Arbeitsmedien weisen, im Gegensatz zu Wasser, bei niedrigeren Temperaturen und Drücken bereits Kondensation auf. Daher wurde den vergangenen Jahren der Einsatz des ORC-Prozesses neben der direkten Nutzung von Abwärme aus dem Verbrennungsprozess (300 °C) auch in Technologie zur Nutzung von nieder-temperierter Wärme weiterentwickelt, wie sie als Abwärme z. B. in Blockheizkraftwerken (90 °C) anfällt. Diese Technologie könnte für zahlreiche Anlagen eine ökonomisch interessante Alternative zur Notkühlung der Abwärme werden. Der Ablauf eines ORC-Prozesses ist in Abbildung 23 dargestellt.



**Abbildung 23: Vereinfachtes Wärmeschaltbild eines ORC-Prozesses – Quelle: OBERNBERGER/HAMMERSCHMID in KALTSCHMITT (2001), S. 401**

Die in einem Kraft-Wärme-Kopplungs-Prozess erzeugte Wärme kann ebenfalls über eine Absorptionskältemaschine in Kälte umgewandelt werden. Absorptionskältemaschinen arbeiten auf Basis eines Zweistoffsystems, in dem eine Flüssigkeit eine andere absorbiert und wieder von ihr getrennt wird.<sup>96</sup> Dabei wird Lithiumbromid eingesetzt, das Wasser absorbiert oder Wasser, das Ammoniak absorbiert. Der absorbierte Stoff hat die Funktion des Kältemittels, während der andere Stoff als Lösungsmittel bezeichnet wird. Beide Stoffe werden im so genannten Austreiber

<sup>95</sup> LUTZ, A. (2002) in Bundesinitiative Bioenergie , S. III-92.

<sup>96</sup> GAILFUß, M. (1999).

voneinander getrennt, indem die Lösung erhitzt wird. Das Kältemittel verdampft auf Grund der geringeren Verdampfungstemperatur zuerst. Der dadurch entstehende Wasserdampf wird im Kühlturm kondensiert, und das kondensierte Wasser wird dem Verdampfer zugeleitet. Das Kältemittel (Wasser) wird unter Aufnahme der Umgebungswärme verdampft, wodurch der Nutzeffekt entsteht. Eine Lösungsmittelpumpe führt nun die angereicherte Lösung zum Austreiber zurück.<sup>97</sup>

Der Betrieb von Absorptionskältemaschinen entspricht dem heutigen Stand der Technik, ist jedoch auf Grund wirtschaftlicher Rahmenbedingungen noch nicht sehr weit verbreitet. Der Verfahrensablauf ist in Abbildung 24 schematisch dargestellt.

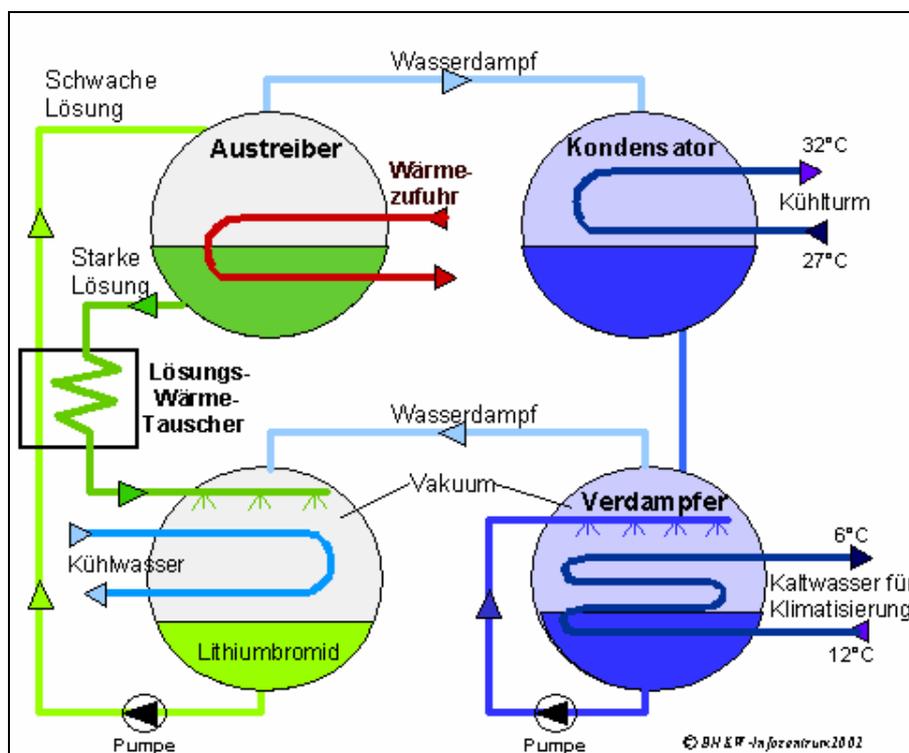


Abbildung 24: Schematische Darstellung einer Absorptionskältemaschine – Quelle: GAILFUß (1999)

## 2.6. Energieabsatz

In Deutschland und vielen anderen Staaten kann der mit Bioenergieträgern erzeugte Strom in das öffentliche Netz eingespeist werden. Nach dem Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) vom April 2000 erhalten Anlagenbetreiber in Deutschland einen festen Vergütungssatz über 20 Jahre ab dem Datum der ersten Ein-

<sup>97</sup> GAILFUß, M. (1999).

speisung und sind damit bei der Auswahl des Standortes der Anlage hinsichtlich der Stromproduktion vergleichsweise flexibel (ein Einspeisepunkt muss jedoch gewährleistet sein). Die Vergütung erfolgt über die Energieversorger, die eine Abnahmeverpflichtung für erneuerbaren Strom haben und die Mehrkosten auf die Strompreise umlegen. Damit handelt es sich nicht um direkte Subventionen durch Steuergelder, sondern um eine Umlage, die nur Stromverbraucher im Ausmaß ihres Verbrauches belastet. Die Neuauflage des Gesetzes trat im Juni 2004 in Kraft und legt die Einspeisevergütungen für die Anlagen nach installierter Leistung auf Basis des Jahres 2004 fest. Jährlich erfolgt eine Degression der Grundvergütung für neu in Betrieb genommene Anlagen, so dass ein Anreiz zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung der Technologien entsteht. Erstmals werden auch Boni für die Erzeugung von Bioenergie aus rein land- oder forstwirtschaftlichem Anbau (Nawaro-Bonus) sowie Zuschläge für innovative Technologien (Technologiebonus) und die kombinierte Strom- und Wärmenutzung (KWK-Bonus) gewährt. Damit werden die dort entstehenden Mehraufwendungen für die Brennstoffbeschaffung oder die Anlageninvestition berücksichtigt. Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die Einspeisevergütungen je kWh für regenerativen Strom aus Biomasse. Die Boni werden zu den Grundvergütungen der jeweiligen Anlagengrößen hinzugerechnet.

<b>Grundvergütung</b> für Anlagen	<b>Vergütungshöhe</b> in Cent/kWh
bis 150 kW	11,5
bis 500 kW	9,9
bis 5 MW	8,9
ab 5 MW bis 20 MW und für den Einsatz von Altholz der Kategorien AIII / AIV	8,4
<b>Nawaro Bonus</b> für Anlagen	
bis 500 kW	6
ab 500 kW bis 5 MW	4
ab 500 kW bis 5 MW bei Einsatz von Holz	2,5
<b>Kraft-Wärme-Kopplungs- Bonus</b>	2
<b>Technologie-Bonus</b>	2

**Tabelle 4: Einspeisevergütungen für Strom aus Biomasse nach dem Erneuerbaren Energiegesetz – Quelle: EEG (2004)**

Für den Absatz von Wärme bestehen keine Mindestvergütungssätze; hier besteht direkte Konkurrenz mit fossilen Energieträgern und anderen erneuerbaren Energien.

Während Holzpellettheizungen mit kleinen Leistungsbereichen ab 15 kW bereits in privaten Einfamilienhäusern einsetzbar sind, liefern Hackschnitzelheizungen, Heizkraftwerke oder Biogas-BHKW größere Wärmemengen, deren Absatz über Nahwärmenetze erfolgen kann. Da der Transport von Wärme über größere Strecken sehr kostenintensiv und mit Leitungsverlusten verbunden ist, werden möglichst kurze Entfernungen zum Wärmeabnehmer angestrebt.

### **3. Herausforderungen und Chancen der energetischen Biomasse-nutzung**

Der Energieträger Biomasse steht im Bereich der Wärmeerzeugung und der Mobilität in direkter Konkurrenz zu den fossilen Alternativen Öl und Gas und muss sich in Wirtschaftlichkeit und Funktionalität mit den anderen fossilen und erneuerbaren Energieträgern messen lassen. In diesem Zusammenhang sind einige Unterschiede und Besonderheiten zu thematisieren, die gewisse Herausforderungen, aber auch Chancen für die erfolgreiche Entwicklung von Biomasseprojekten darstellen.

#### **3.1. Speicher- und Regelbarkeit**

Im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energien wie Wind und Solarenergie, die von Wetterverhältnissen abhängig sind, hat die Biomasse den Vorteil der (bedingten) Speicherbarkeit. Die umgewandelte Sonnenenergie ist in Form von Pflanzenmasse oder organischen Reststoffen gespeichert und kann als solche auch transportiert und zu gegebenem Zeitpunkt eingesetzt werden. Sie ist also wie Öl oder Gas verbrauchsbezogen einsetzbar und kann im Rahmen der Stromerzeugung für die Deckung der Grund-, Mittel- oder Spitzenlast eingesetzt werden.<sup>98</sup> Diese Tatsache ermöglicht folglich die vollwertige Anerkennung als Energieträger der Zukunft.

Gefördert durch das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG), das ab dem Tag der ersten Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz über 20 Jahre einen konstanten Vergütungssatz garantiert, streben derzeit alle Anlagenbetreiber einen gleichmäßigen Betrieb über das gesamte Jahr an, um mit der gegebenen Anlagengröße möglichst viel Strom zu produzieren. Der konstante Betrieb mit möglichst vielen Stunden ist damit die wirtschaftlichste Option bei gegebenem Preis. Da der Gesamtstromverbrauch aus dem öffentlichen Strom-

---

<sup>98</sup> Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI) (2005).

netz jedoch nicht konstant ist und Strom nicht als solcher gespeichert werden kann, müssen Energieversorger für Zeiten mit hohem Verbrauch spezielle Kraftwerke bereithalten. Dieser Spitzenlaststrom ist wegen der geringeren Auslastung der Anlagen entsprechend teurer als Grundlaststrom. Können jedoch für Spitzenlaststrom höhere Erträge erzielt werden, wäre dies für flexible Anlagen wie Blockheizkraftwerke ggf. ebenfalls eine Option. Die Anlagen könnten somit nach Bedarf zu- oder ggf. auch abgeschaltet werden. Kesselanlagen mit längeren Vorlaufzeiten, wie z. B. größere Hackschnitzelheizungen, eignen sich jedoch nicht für die Abdeckung der Spitzenlast.<sup>99</sup> Häufig werden auch mittlere Holzheizungen (ca. 100 – 2.000 kW) mit flexibleren Gas- oder Ölkesseln kombiniert. Pelletkessel können über Pufferspeicher auch niedrige Leistungsbereiche bis 30 % Teillast bei guten Emissionswerten wirtschaftlich abdecken.<sup>100</sup>

### **3.2. Nachhaltigkeit und Naturschutz**

Wie bereits in Abschnitt B.3.1 dargestellt, entspringt der Grundsatz der Nachhaltigkeit der Forstwirtschaft und damit der stofflichen und energetischen Biomassenutzung. Der Grundsatz der Erhaltung des Kapitalstocks, unter Berücksichtigung der (unterstützten) Selbsterneuerungsfähigkeit von Biomassen, ist jedoch nach heutigem Verständnis weiter zu fassen, als dies z. B. in der Forstwirtschaft um das Jahr 1140 formuliert wurde („Man soll nur so viel Holz schlagen, wie nachwächst“<sup>101</sup>). Neben den Zuwächsen sind bei der Nutzung zusätzlich ökologische und strategische Belange zu berücksichtigen. So kann z. B. in der Forstwirtschaft nicht der gesamte Zuwachs zur Nutzung entnommen werden. Zur Gewährleistung eines künftigen Zuwachses bedarf es der Belassung eines gewissen Anteils an Totholz auf den Flächen, um die Nährstoffe für den künftigen Zuwachs zurückzuführen.<sup>102</sup> Diese Aspekte sind bei der Quantifizierung von langfristig verfügbaren Potenzialen zu berücksichtigen.

---

<sup>99</sup> Die meisten automatischen Holzfeuerungen verfügen über eine Leistungsregelung von 100 % (Voll-)Last und 50 % (Teil-)Last. Vgl. HARTMANN/ROSSMANN (2003), S. 96 f.

<sup>100</sup> Vgl. HARTMANN/ROSSMANN (2003), S. 97.

<sup>101</sup> KOSLOWSKI (2001) S. 105.

<sup>102</sup> WALDARBEITSSCHULEN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (2000), S. 237 f.

Auch im landwirtschaftlichen Anbau sind die Anforderungen eines zukunftsfähigen Anbaus zu berücksichtigen. Neben der Vermeidung der Unter- und Überdüngung muss u. a. der Aspekt des Erosionsschutzes mit in Betracht gezogen werden. Gehen durch Auswaschung und Wind Teile der Bodenkrume verloren, sinkt langfristig der Wert des Bodens. Durch die Pflanzung von Zwischenfrüchten kann dieser Effekt vermieden werden. Der Anbau von Zwischenfrüchten ist jedoch nur wirtschaftlich machbar, wenn die Erträge gewinnbringend vermarktet oder im Betrieb selbst genutzt werden können. Die energetische Biomassenutzung stellt hierbei einen möglichen Abnehmer dar, da diese nicht auf ausgereifte Früchte angewiesen ist. Somit können auch nach der Ernte in der verbleibenden Vegetationszeit Aussaaten vorgenommen werden, welche die Fläche in den Wintermonaten vor Erosion schützen und im Frühjahr (teilweise unreif) geerntet zur energetischen Nutzung dienen können.<sup>103</sup>

Im Bereich des Naturschutzes werden Maßnahmen, wie z. B. der Anbau heimischer Gehölze in Form von Hecken, geplant und durchgeführt. Die Art der Struktur dient einem bestimmten Zweck und muss, um diesen zu erhalten, regelmäßig gepflegt werden. Die Pflege ist mit finanziellen Aufwendungen verbunden, die zunehmend öffentliche Kassen belasten. Kann das Pflegematerial energetisch genutzt werden, erfährt es eine In-Wertsetzung als Brennstoff, was wiederum eine langfristige Erhaltung der Pflegemaßnahmen sichern kann. Eine Herausforderung stellt hier jedoch die Aufbereitung des Pflegematerials zu einem qualitativ hochwertigen Brennstoff dar. Vor allem Grünschnitt aus der Landschaftspflege enthält meist verschiedene Fraktionen (z. B. Gras, Heckenschnitt mit geringem Astdurchmesser, Baumschnitt mit hohem Durchmesser etc.), die zur energetischen Nutzung einer unterschiedlichen Aufbereitung bedürfen.

### **3.3. Dezentraler Anfall und geringer Energiegehalt**

Da Biomassen vorwiegend dezentral anfallen und – abgesehen von den ölhaltigen Biomassen – einen im Vergleich zu fossilen Energieträgern geringen Energieinhalt je Gewichtseinheit sowie eine geringere Energiedichte aufweisen, spielen die Transportkosten eine nicht untergeordnete Rolle. Tabelle 5 stellt die verschiedenen

---

<sup>103</sup> Vgl. SCHEFFER (2000), S. 7 und SCHEFFER (2003).

Energieträger in ihrem Energiegehalt im Vergleich zu Heizöl dar. Je höher die Faktorwerte, umso geringer ist der Energiegehalt pro Volumeneinheit.

Energieträger	Energieinhalt in kWh/t	Nutzungsart	Faktor im Vergleich zu Heizöl
Heizöl	11.630	Verbrennung in Heizkessel	1,0
Pflanzenöl	10.300	Verbrennung in BHKW	1,1
Holz	3.300	Verbrennung in Heizkessel	3,5
Altfette	4.800	Vergärung in Biogasanlage	2,4
Altfette	10.600	Verbrennung in BHKW	1,1
Maissilage	1.200	Vergärung in Biogasanlage	9,7
Rindergülle	150	Vergärung in Biogasanlage	77,5
Schweinegülle	216	Vergärung in Biogasanlage	53,8
Flotatfett	2.400	Vergärung in Biogasanlage	4,8

**Tabelle 5: Gegenüberstellung der Energiegehalte verschiedener Energieträger – eigene Berechnung<sup>104</sup>**

Jedoch schränken nicht alleine die reinen Transportkosten (Fahrzeit, Treibstoffverbrauch, Maschinenabschreibung) die maximale Entfernung zu einer Anlage ein. In Abhängigkeit vom Volumen der Materialien ist auch der Konfektionierungsaufwand zu beachten. Dieser spielt vor allem in der landwirtschaftlichen Produktion und bei der dezentralen Sammlung von Rest- oder Abfallstoffen eine Rolle. Da die Kapazität von Transport- und Konfektionierungseinheiten (Hacker, Häcksler, Schlepper, LKW etc.) nicht flexibel wählbar ist, muss auf eine möglichst optimale Auslastung der häufig saisonal betriebenen Geräte geachtet werden. Hierbei ist eine Abstimmung der Kapazitäten und Produktions- bzw. Verarbeitungsmengen je Zeiteinheit erforderlich. Zu lange Transportwege können die Gesamtwirtschaftlichkeit durch Stillstandszeiten bei Spezialmaschinen (z. B. Holz- oder Maishäcksler) oder zu hohe zusätzliche Investitionen in weitere Transportfahrzeuge gefährden. Die genaue Kalkulation maximaler Transportentfernungen muss abhängig von den regionalen Gegebenheiten erfolgen. Tabelle 6 gibt jedoch Ansätze für maximale Transportentfernungen in deutschen Mittelgebirgsregionen abhängig vom Energiegehalt, den entstehenden Anbau-, Ernte-, Transportkosten und den erzielbaren Erlösen.

---

<sup>104</sup> Quellen für Werte: Heizöl und Holz: HOLZENERGIE SCHWEIZ, Zürich, [www.holzenergie.ch](http://www.holzenergie.ch), und ENERGIEAGENTUR NRW; Pflanzenöl und Altfette (Verbrennung): LANDWIRTSCHAFTLICHE FACHSCHULE TULLN (2002); Altfette (Vergärung), Maissilage, Rindergülle, Schweinegülle, Flotatfett: KEMPKENS (2002)

Biomasse	Maximale Transportentfernung
Waldhackschnitzel	ca. 50 km
Holzpellets	100 - 150 km
Maissilage	10 km
Gülle	2 bis 3 km

**Tabelle 6: Maximale Transportentfernungen für Bioenergieträger in Abhängigkeit vom Energiegehalt und den Anbau-, Transport- und Ausbringungskosten – eigene Darstellung<sup>105</sup>**

Der geringe Energiegehalt und das hohe Volumen, vor allem bei landwirtschaftlichen Reststoffen, können sowohl als Herausforderung als auch als Chance verstanden werden. Durch den hohen Transportaufwand sind diese weniger mobilen Ressourcen nur für regionale Akteure von Interesse, die meist auch über das Know-how für ihre Nutzung verfügen oder sich dies schnell aneignen können. Sie stellen damit noch ungenutzte endogene Potenziale dar, die nur regional aktiviert werden können.<sup>106</sup> Die überregionale Konkurrenz spielt daher vor allem für die Reststoffe eine untergeordnete Rolle. Beeinflussungen entstehen allerdings in den Weltmarktpreisen für die zu ersetzenden fossilen Energieträger sowie ggf. für alternative Einsatzbereiche der Produktionsfaktoren Arbeit, Kapital und Fläche.

Die Etablierung eines dezentralen und verteilten<sup>107</sup> Energiesystems ermöglicht jedoch weitere Chancen im Vergleich zu zentralen Systemen mit sehr großen Anlagen, da hierbei eine größere Flexibilität bei Änderungen der Nachfrage, der Technologie oder der Struktur, eine größere Lokalität zur Nutzung regional vorhandener Potenziale und die Möglichkeit zur Einbeziehung von regionalen Netzwerken besteht. Dies gilt vor allem, wenn dezentrale Systeme miteinander vernetzt werden. Dezentrale Strukturen können zusätzliche Arbeitsplätze schaffen. Private Personen und Unternehmen können durch den Verkauf nicht benötigter Energie ein zusätzliches Einkommen erzielen und werden dadurch selbst zur effizienten Nutzung der Energie und zur Reduzierung des Eigenbedarfes motiviert.<sup>108</sup>

---

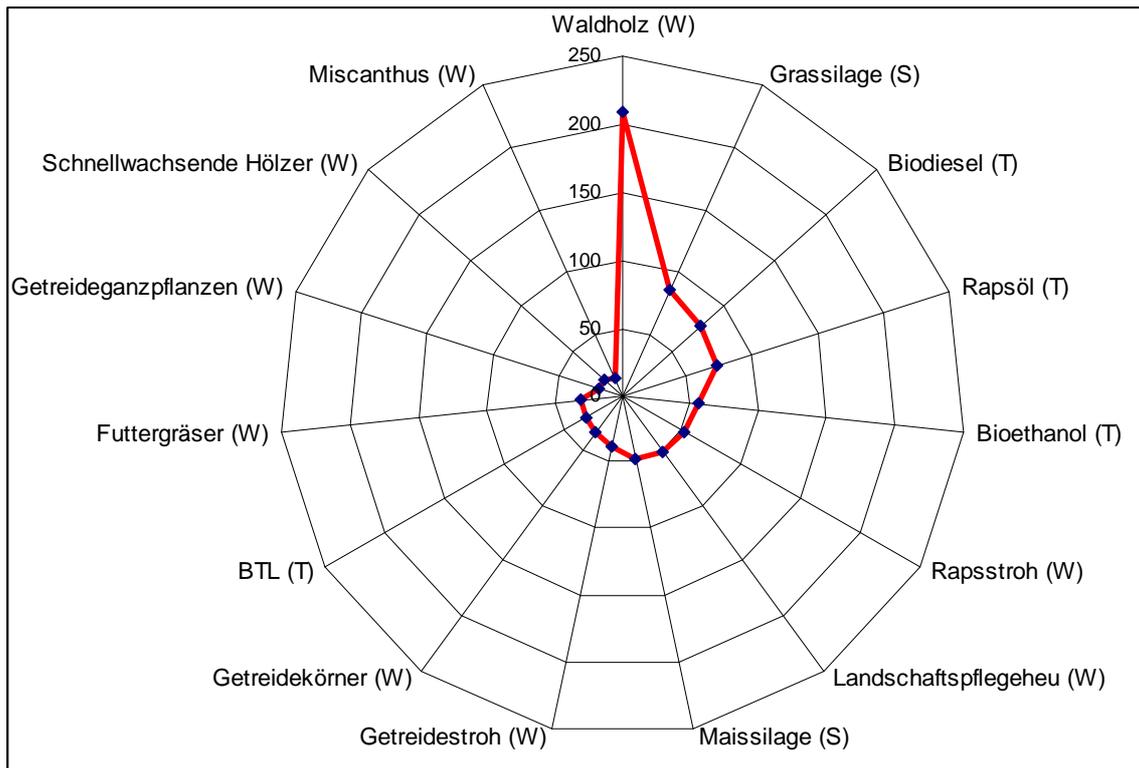
<sup>105</sup> Daten zu Maissilage und Gülle: Fa. ÖKOBIT GmbH, Daten zu Waldhackschnitzel: Eigene Berechnungen des IfaS, Holzpellets: Fa. MANN GmbH.

<sup>106</sup> Vgl. STÖHR, 1980, S. 6.

<sup>107</sup> Engl. „distributed“.

<sup>108</sup> ALANNE/SAARI, (2005), S. 1–20.

Im Unterschied zu den großen Lagerstätten fossiler Energieträger sind die Potenziale für die Bioenergienutzung weiter auf die Fläche verteilt. Während der Abbau von bzw. die Bohrung nach fossilen Energieträgern hauptsächlich im Erdinneren erfolgt, sind Bioenergieträger auf oberirdische Flächen angewiesen und konkurrieren zusätzlich mit alternativer Nutzung. Abbildung 25 zeigt den Flächenbedarf für den Anbau oder den Anfall verschiedener Bioenergieträger. Zu unterscheiden sind hierbei Reststoffe, wie z. B. Waldholz (Flächenbedarf 209 ha/GWh), Getreidestroh (38 ha/GWh) und Anbaubiomasse wie schnell wachsende Hölzer (18 ha/GWh) oder Miscanthus (15 ha/GWh). Während Reststoffe in der energetischen Verwertung einen zusätzlichen Nutzen erfahren, sind die Rohstoffe der Anbaubiomasse auf hohe Hektarerträge ausgelegt. Ferner sind die möglichen Einsatzbereiche der Energieträger zu beachten. Die Energieträger Rapsöl (73 ha/GWh) und Biodiesel (77 ha/GWh), die einen vergleichsweise hohen Flächenbedarf aufweisen, tragen zur Treibstoffversorgung bei, während andere Energieträger zur Strom- oder vornehmlich zur Wärmeproduktion eingesetzt werden. Durch die höheren stofflichen und technischen Anforderungen der Verwendung als Kraftstoff oder zur Stromproduktion werden diese Energieträger auch preislich höher bewertet als reine Wärmeerzeuger. Ferner kann bei der Produktion von ölhaltiger Biomasse neben dem Öl auch der Presskuchen für die Tierfütterung verwendet werden. Das Produkt leistet damit einen zusätzlichen Nutzen (in Abbildung 25 nicht berücksichtigt). Da bei der Stromproduktion zusätzlich Wärme anfällt (in der vorliegenden Grafik nicht berücksichtigt), entsteht hier ein weiterer Nutzen, der bei der Bewertung des Flächenverbrauches beachtet werden muss.



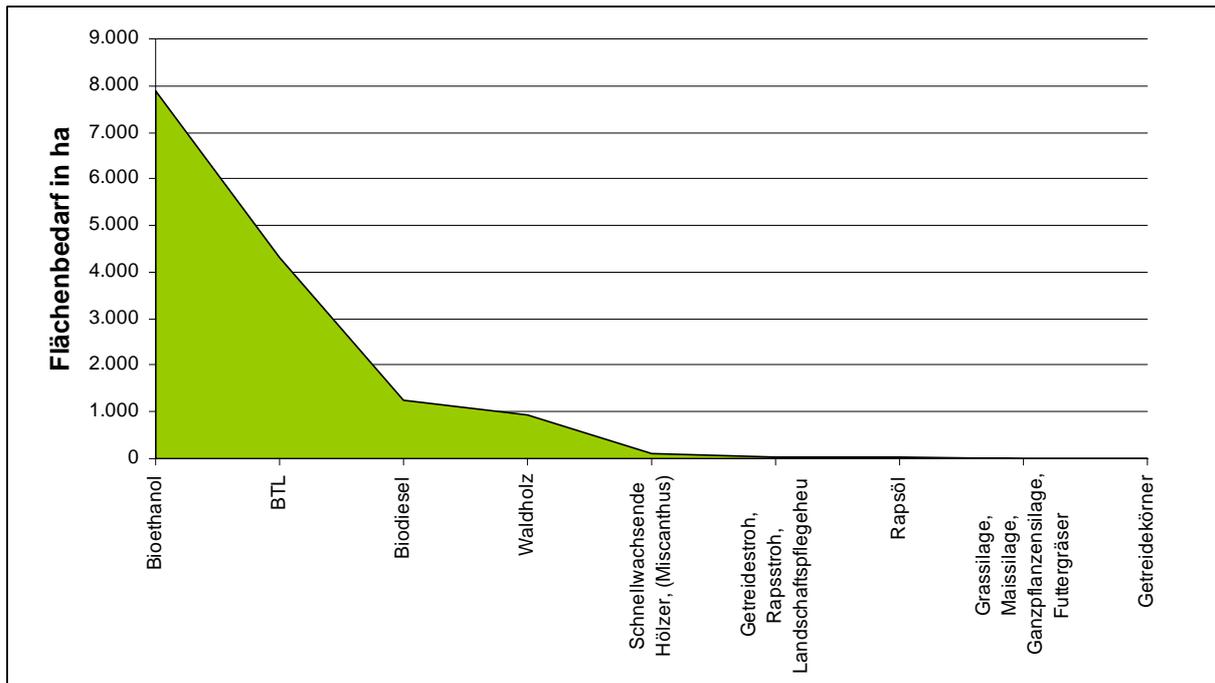
**Abbildung 25: Flächenbedarf in ha verschiedener Bioenergieträger zur Produktion von 1 GWh Endenergie; Abkürzungen: T = Treibstoffe, W = Wärme, S = Strom – Quelle: eigene Darstellung nach FNR (2005c)**

Der Anbau der Rohstoffe für die synthetische Treibstoffproduktion (Biomass to liquid, BTL) berücksichtigt dagegen die Ganzpflanze als Energieträger und verzeichnet daher einen niedrigeren spezifischen Flächenbedarf pro erzeugter Energieeinheit. Für die Umsetzung der Anlagen ist jedoch auch der Bedarf der Gesamtfläche relevant, die für den Betrieb einer einzelnen Anlage benötigt wird. Hierfür bestehen unterschiedliche Kriterien, die einen wirtschaftlichen Betrieb einer Anlage beeinflussen können. So können logistische Voraussetzungen (z. B. Erntemaschine für schnell wachsende Hölzer oder Hacker für die Aufbereitung von Holz) sowie technische Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Betrieb einer Anlage (z. B. hohe Investitionskosten für den Betrieb einer Aufbereitung z.B. bei der Ethanolproduktion) ausschlaggebend sein, welcher Gesamtflächenbedarf sich für die Installation einer oder mehrerer Anlagen in einer Region ergibt. Abbildung 26 und Tabelle 7 zeigen den Flächenbedarf, der mindestens benötigt wird, um eine Anlage zur Verwertung des jeweiligen Rohstoffes auf wirtschaftlicher Basis zu betreiben. Der hohe Flächenbedarf der synthetischen Biokraftstofferzeugung (BTL) sowie für Ethanol ergibt sich aus den hohen Investitionskosten für die Aufbereitung und

Umwandlung, die nur mit relativ großen Inputmengen wirtschaftlich betrieben werden können.

Biomasse	Verwendung	Aufbereitungsschritt	Flächenbestimmender Bereich	Min. Hektarverbrauch	Erläuterung	Quellen
Bioethanol	Kraftstoff für Motor	Bioethanolraffinerie	Raffinerieprozess	7.900	Aufbereitung des Ethanols zur Treibstoffherstellung (Absolutierung) kann nur in großindustriellen Anlagen erfolgen, Zusammenschluss vieler kleiner Betriebe wird angedacht	Quelle: Benschmann, M. (2005): Erneuerbare Energien 7/2005 und Gangl (2004): Ethanolherzeugung aus Stärkehaltigen Rohstoffen für Treibstoffzwecke, <a href="http://www.wiso.boku.ac.at/fileadmin/_/H730-sozial/H733/pub/Biogas/2004_DA_Gangl_kurz.pdf">http://www.wiso.boku.ac.at/fileadmin/_/H730-sozial/H733/pub/Biogas/2004_DA_Gangl_kurz.pdf</a>
BTL	Sundiesel zur Nutzung als Kraftstoff	BTL-Raffinerie	Raffinerieprozess	4.300	kleinste errichtete Einheit 65.000 t, geplante Einheiten 1 Mio.t/a, = 66.600 ha Flächenbedarf, Rohstoffe aus der Landwirtschaft, Industrie und Forstwirtschaft einsetzbar, Annahme Ertrag 15 tTS/ha*a, Erwartet wird eine Steigerung der Erträge auf ca. 30 tTS/ha*a	Quelle: <a href="http://www.choren.com/de/energy_for_all/biomasse/bedarf/">http://www.choren.com/de/energy_for_all/biomasse/bedarf/</a>
Biodiesel	Kraftstoff für Motor	Biodieselfraffinerie	Raffinerieprozess	1.250	kleinste errichtete Einheit seit 1/2003 mit 4000 t/a, Neue Anlagen haben durchschnittlich 100.000 t/a = 31.000 ha	Quelle <a href="http://www.UFOP.de">www.UFOP.de</a>
Waldholz	Hackschnitzelheizungen	Hacken + Transport	Hacker	930	Minimale Absatzmenge für die Einrichtung einer Hacker- und Transportlogistik	Ertrag 1t/ha*a (Quelle: FNR (2005) Basisdaten Bioenergie Deutschland), bei 2 MW installierter Leistung (Aussagen: Anlagenbetreiber WAT, Karlsruhe) mit 2000 Volllaststunden/a (Annahme zu Heizzwecken)
Schnellwachsende Hölzer, (Miscanthus)	Hackschnitzelheizungen	Ernten, Hacken, Transportieren, Trocknen	Erntemaschine	80-100	minimale Menge zur Auslastung des Erntegerätes	Quelle: Textor, B. (2003): Praxisversuch "Energieproduktion und Verwertung", Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Bericht Teil II, Freiburg, sowie eigene Recherchen in Schweden, Gemeinde Kolbäck (2003)
Getreidestroh, Rapsstroh, Landschaftspflegeheu	Strohfeuerung	Häckseln, Trocknen und Transportieren	Anlagengröße	42	kleinste Leistungseinheit 2 MW, auf Grund aufwändiger Logistik, Annahme Ertrag: 6 t/ha	FNR (2005): Basisdaten Bioenergie Deutschland

**Tabelle 7: Übersicht der mindestens benötigten Flächen in ha beim Anbau von Biomasse – eigene Berechnung nach Daten von: FNR (2005c, d, e), BENSMANN (2005), GANGL (2004), UFOP (2005), CHOREN (2005), Fa. ÖKOBIT (2005), Fa. WAT (2004), TEXTOR (2003), ERHARDMASCHINEN (2005)**



**Abbildung 26: Minimaler Flächenbedarf für die Etablierung einer Biomasse-nutzungstechnologie in einer Region auf wirtschaftlicher Basis – eigene Darstellung**

Für die flächig anfallenden Bioenergieträger eignen sich daher kleinere Technologien, die nicht auf einen zentralen Anfall angewiesen sind. Allerdings müssen für die Sammlung entsprechende logistische Herausforderungen bewältigt werden.

Im Vergleich zu den Bioenergieträgern haben die fossilen Energieträger durch die unterirdischen Vorkommen den Charakter eines zentralen Anfalls. Öl- und Gasförderung tragen jedoch zunehmend dazu bei, durch die negativen Umweltauswirkungen der Förderung in immer unwegsameren Gebieten und durch den Transport über Tanker und Pipelines unwiederbringlich Flächen und Naturschutzgebiete zu zerstören. Die räumliche Distanz zwischen Förderung/Abbau und tatsächlichem Bedarf beeinflusst nicht nur die Gesellschafts- und Ökosysteme am Anfallort, sondern auch diejenigen, die durchquert werden müssen.<sup>109</sup>

Werden diese Aspekte bei der Förderung fossiler Energieträger mit einbezogen, ergibt sich aus dem Flächenbedarf der erneuerbaren Energieträger ein Vorteil

<sup>109</sup> Seit 1974 registrierte die Reeder-Organisation ITOPF 10.000 Tankerunfälle mit insgesamt 5,6 Mio. Tonnen Ölverlust. 1 Liter Öl vergiftet ca. 100.000 Liter Wasser. Quelle: GREENPEACE MAGAZIN 2/2005.

gegenüber dem der fossilen, sofern diese Flächen nachhaltig bewirtschaftet werden und damit künftige Nutzungen im gleichen Ausmaß und der gleichen Qualität möglich sind wie zum aktuellen Zeitpunkt. Diese Anforderungen sowie die logistischen Herausforderungen stellen jedoch wichtige Aspekte der künftigen Energienutzung dar.

### **3.4. Technische Anforderungen**

Die Ausbeute eines Energieträgers hängt wesentlich von der Effizienz der eingesetzten Technologie sowie von den zu erzielenden Energieerlösen am entsprechenden Standort ab. Alle Anlagen benötigen zur Gewährleistung eines wirtschaftlichen Betriebes eine gewisse Mindestgröße. Diese liegt bei technisch aufwändigen Anlagen mit hohen Investitionskosten (z. B. Kraft-Wärme-Kopplung auf Basis von Holz) im Allgemeinen höher als bei einfacheren Technologien (z. B. Holzfeuerung zur Wärmeversorgung). Die höheren zu erwirtschaftenden Rückflüsse müssen durch günstigere Rohstoffpreise, höhere Effizienz oder den Absatz zusätzlicher Produkte gedeckt werden. Je nach den Bedingungen am Absatzmarkt wird die Energiegenerierung auf das entsprechend kostengünstigste oder gewinnbringendste Produkt ausgelegt. Während Holzheizungen den möglichst kostengünstigen Ersatz von Heizöl oder Gas anstreben, werden diese nur in Zeiten mit vorhandenem Wärmebedarf betrieben. Durch die direkte Konkurrenz mit den fossilen Energieträgern ist ein wirtschaftlicher Betrieb der Anlage von deren Preisniveau abhängig. Demgegenüber steht der Betrieb eines Heizkraftwerks auf Holzbasis, das ähnlich wie die Holzheizung Wärme produziert. Der Hauptzweck der Anlage liegt jedoch in der Stromproduktion. Da für erneuerbaren Strom in Deutschland für jede eingespeiste kWh eine Vergütung gezahlt wird, welche die Erlöse für den Wärmeabsatz übersteigt, werden KWK-Anlagen auf Biomassebasis auf den Dauerbetrieb (möglichst > 8.000 Stunden/a) ausgelegt. Durch die längeren Laufzeiten und die größeren Mindestmengen ergibt sich in diesen Anlagen ein erhöhter Bedarf an Inputmaterial, was sich wiederum auf das Einzugsgebiet für Rohstoffe auswirkt. Durch die unterschiedlichen Betriebsschwerpunkte ergeben sich ebenfalls unterschiedliche maximale Inputpreise, so dass z. B. Holzheizungen mit höherpreisigem Inputmaterial noch wirtschaftlich betrieben werden können, während Heizkraftwerke in der gleichen Region auf niedrigere Preise angewiesen sind. Diese Preisunterschiede sind vor allem im Bereich des Rohstoffes Holz zu beobachten. Die Investition in eine

Verbrennungstechnologie für belastetes Altholz liegt um ein Vielfaches höher als die für Anlagen zur Nutzung von unbelasteten Hölzern. Die höheren Investitions- und Betriebskosten der Altholzanlagen müssen durch Entsorgungserlöse und geringe Rohstoffpreise ausgeglichen werden, während Anlagen ohne Genehmigung für Althölzer mit höheren Inputpreisen kalkulieren. Gleichzeitig verfügen hoch technisierte Anlagen auch über Einrichtungen zur Steigerung der Energieeffizienz, so dass Preiseffekte teilweise ausgeglichen werden können.

Daher ist es vor der Auswahl der Technologie besonders wichtig, die entsprechenden Rahmenbedingungen hinsichtlich Mengen und Preisgefüge am Standort zu überprüfen.

Ein weiterer bedeutender Aspekt besteht im Ausmaß des Bedarfes an technischen Hilfsmitteln zur Verfügbarmachung der Energieträger. Zur Nutzung der fossilen Energieträger Öl, Kohle und Gas sind hohe Investitionen zur Förderung, Aufbereitung und technischen Nutzbarmachung erforderlich, die nur beim Anfall sehr großer Mengen mit hohem Energiegehalt und damit geringen Transportkosten wirtschaftlich getätigt werden. Biomassen hingegen können mit vergleichsweise einfachen Technologien angebaut, geerntet oder gesammelt werden. In Bereichen, wie z. B. der Aufbereitung von Hackschnitzeln oder dem Anbau spezieller Energiepflanzen, bedarf es jedoch häufig einer Spezialisierung des Know-hows auf neue Anforderungen oder der Investition in neue Aufbereitungstechnologien (z. B. Ernteaufsatz oder Erntegerät für schnell wachsende Hölzer), die evtl. erst bei einer weiteren Ausweitung der Projektaktivitäten eine wirtschaftliche Auslastung erfahren. Das Management dieser Besonderheiten stellt Herausforderungen dar, die im Rahmen der Biomasseplanung angegangen werden müssen.

### **3.5. Hohe Investitionskosten in die Anlagentechnologie**

Im Vergleich zu den fossilen Energieträgern Öl und Gas, deren Anlagenentwicklung bereits über mehrere Jahrzehnte optimiert wird, stehen die Technologien für die Biomassenutzung erst am Anfang der Entwicklung. Ferner stellt vor allem die Konsistenz der festen Biomassen besondere Anforderungen an einen automatischen Betrieb. Die Anlagentechnologie, wie z. B. die Zuführung von Holzhackschnitzeln mit Hilfe von Förderschnecken oder Kettenförderern, ist aufwändiger als die Zuführung von flüssigem Öl oder gasförmigen Brennstoffen und bedingt damit höhere Investitionen sowie einen erhöhten Wartungsaufwand (vgl. Abbildung 27). Zu

beachten sind ebenfalls die unterschiedlichen Investitionskosten für Anlagen zur reinen Wärmeerzeugung (Unterschub-, Rost- und Ölfuerung) und zur Kraft-Wärme-Kopplung (Dampfturbinen und Motoren).

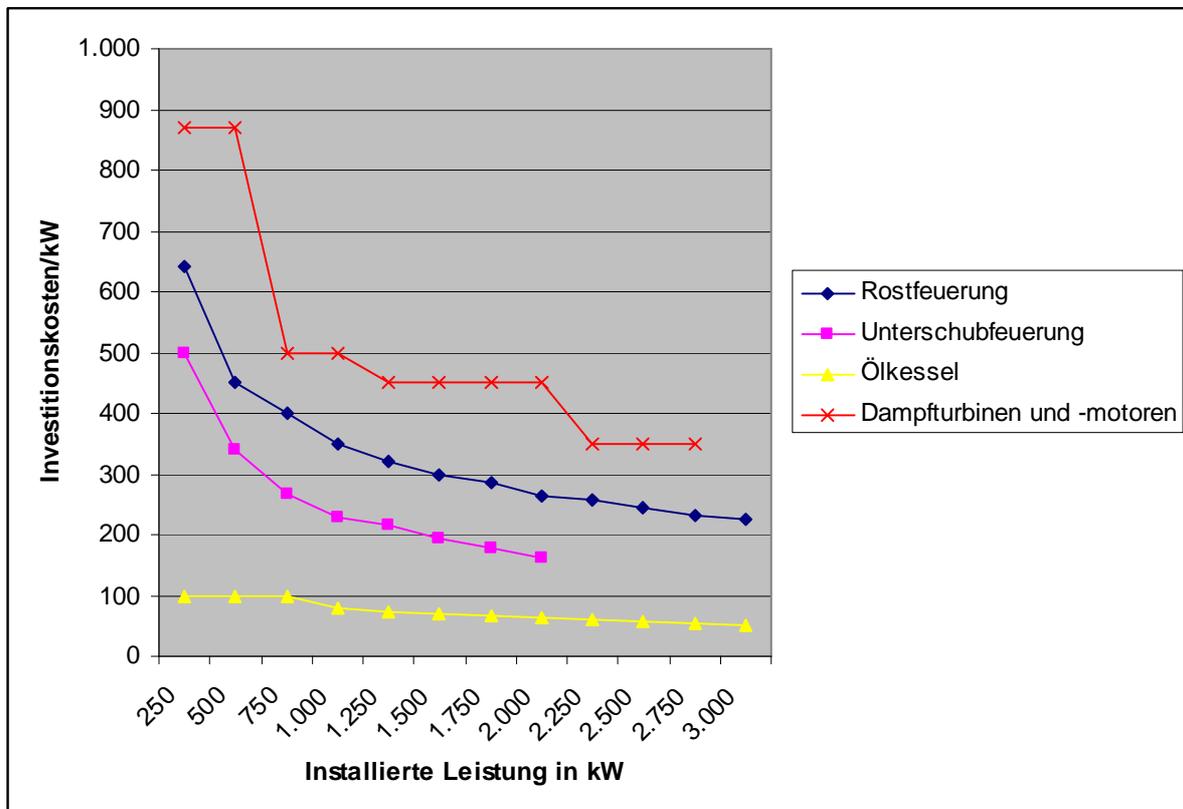


Abbildung 27: Vergleich der Investitionskosten verschiedener Anlagen pro kW – Quelle: Rost-, Unterschub und Ölkessel: HOLZABSATZFONDS (2002), Dampfkessel: FNR (2000)

Im Vergleich zu den fossilen Energieträgern, deren Preise vom Weltmarkt abhängig sind, besteht jedoch bei Bioenergieträgern die Möglichkeit des regionalen Bezugs und damit des kostengünstigen Transports von teilweise als Reststoffe anfallenden Energieträgern. Mit den regionalen Akteuren, in deren Zuständigkeit sich die Energieträger befinden, können für Anlagen häufig langfristige Verträge verhandelt werden. Damit können die höheren Investitionskosten durch geringere Betriebskosten ausgeglichen werden.

### 3.6. Herausforderungen und Chancen in der Übersicht

Tabelle 8 gibt eine Übersicht zu den oben diskutierten Chancen und Herausforderungen der energetischen Biomassenutzung.

Aspekt	Herausforderung	Chance
<b>Speicherbarkeit</b>		Vorteil im Vergleich zu Solar- und Windkraft
<b>Regelbarkeit</b>	bei festen Bioenergieträgern in großen Anlagen nur bedingt flexibel, da lange Aufheizzeiten	nach Bedarf einsetzbar
<b>Nachhaltigkeit</b>	Übernutzung ist zu vermeiden	Erneuerungsfähig
<b>Naturschutz</b>	Qualitätsanforderungen bei der Aufbereitung	Pflege durch Nutzung
<b>Dezentraler Anfall</b>	logistischer Aufwand, hoher Flächenbedarf	Nutzung in kleinen dezentralen Einheiten
<b>Geringer Energiegehalt bei hohem Volumen</b>	hohe Transportkosten, Konfektionierungsaufwand	dezentrale Nutzung als endogenes Potenzial ohne Zugriffe von außen
<b>Technische Anforderungen in der Anlageplanung</b>	Technologieauswahl für den jeweiligen Rohstoff und Standort, Standortauswahl entsprechend der Logistik und des Absatzes	Flexibilität im Rohstoffeinsatz
<b>Technische Anforderungen in der Verfügbarmachung der Biomasse</b>	Investitionen in neue Aufbereitungstechnologien mit evtl. anfangs geringer Auslastung, Generierung von speziellem Know-how	Einsatz bekannter Technologien zur Ernte und Aufbereitung, Nutzung von regionalem Know-how
<b>Hohe Investitionskosten im Vergleich zu fossilen Energieträgern</b>	Abschluss langfristiger Verträge zur Rohstoffsicherung und Gewährleistung der Preisstabilität	langfristige Rohstoffsicherheit, Schaffung von Beschäftigung durch Umsatzsteigerung

**Tabelle 8: Übersicht der Chancen und Herausforderungen der energetischen Biomassenutzung – eigene Darstellung**

#### 4. Biomassepotenziale

Biomassepotenziale werden im Rahmen dieser Arbeit als in der Untersuchungsregion vorhandene endogene Ressourcen betrachtet. Bei der Ermittlung dieser Potenziale ist vornehmlich auf die Unterscheidung verschiedener Potenzialebenen zu achten. Diese werden in der Literatur unterschiedlich definiert und müssen für jede Biomasse gesondert festgelegt werden. Vor allem im Rahmen der Diskussion um die vorhandenen oder nutzbaren Biomassepotenziale ergeben sich, je nach Definition, unterschiedliche Werte. Weitgehend einheitlich definiert sind die Ebenen der theoretischen und technischen Potenziale. Die ökologischen Rahmenbedingungen sowie die Aspekte der Wirtschaftlichkeit und der tatsächlichen kurz- oder langfristigen Verfügbarkeit werden häufig mit unterschiedlichen Schwerpunkten

dargestellt.<sup>110</sup> Im Rahmen dieser Arbeit werden die einzelnen Potenzialkategorien für Biomassen wie folgt definiert:

Die **theoretischen Potenziale** bezeichnen das Maximum der nachhaltig zur Verfügung stehenden Biomasse, für die eine technische Umwandlung möglich ist. Dieses Potenzial kann auch als primärenergetisches Potenzial bezeichnet werden. Es berücksichtigt keine Bergungs- und Ernteverluste.

Das **technische/ökologische Potenzial** bezeichnet die Menge des theoretischen Potenzials, die – unter Berücksichtigung der geltenden Gesetze und der Prinzipien der Nachhaltigkeit – in einen technisch weiter verwertbaren Energieträger umgewandelt werden kann. Dieses Potenzial kann auch als Sekundärenergiepotenzial bezeichnet werden. Bergungs- und Ernteverluste sind hierbei bereits berücksichtigt. Die ökologischen Potenziale sind somit in den technischen enthalten und werden daher nicht gesondert ausgewiesen.

**Wirtschaftliche Potenziale** im Sinn dieser Arbeit sind diejenigen Mengen, die tatsächlich umgesetzt werden, wenn die beteiligten Akteure bei deren Bereitstellung bzw. deren Einsatz einen für sie wirtschaftlichen Nutzen erfahren.

Diese Potenziale werden beeinflusst von den jeweiligen Vorgaben für die Wirtschaftlichkeit einer Investition, von den politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Förderungen sowie von den aktuellen und erwarteten Preisen für Substitute. Sie sind zeit- und ortsabhängig und den Präferenzen der Akteure unterworfen.

Zur Quantifizierung dieser Potenziale bedarf es weiterer Einschränkungen, da die oben genannten Einflussfaktoren zahlreich und schwer zu verallgemeinern sind. Weiterhin sind die unterschiedlichen Biomassen von einer großen Heterogenität, so dass zu ihrer Untersuchung weitere Annahmen getroffen werden müssen.

Bei einer optimalen Entwicklung (im Sinn der Biomasse-Nutzung) können die wirtschaftlichen Potenziale sich langfristig den technischen Potenzialen annähern.

**Langfristig umsetzbare Potenziale** sind diejenigen wirtschaftlichen Potenziale, die unter Berücksichtigung nicht monetärer und nicht technischer Restriktionen lang-

---

<sup>110</sup> Vgl. HECK/BEMMANN (2002), SOLAR COMPLEX (2002), LINDEN (2002), KALTSCHMITT (2001), KÖHLER (1995), KALTSCHMITT (1993).

fristig tatsächlich umgesetzt werden können. Zu ihrer Umsetzung müssen strukturelle Änderungen der aktuellen Verwertungs- und Entsorgungssituation erfolgen sowie suboptimale gesetzliche Rahmenbedingungen geändert und derzeit bestehende nicht monetäre Mängel (z. B. Informations-, Kommunikations- und Qualifikationsmängel) beseitigt werden. Zwischen den langfristig umsetzbaren und den wirtschaftlichen Potenzialen ist weiterhin ein Bereich zu erwarten, in dem nicht-monetäre Hemmnisse bestehen, so dass die Umsetzung trotz bestehender Wirtschaftlichkeit nicht erfolgen kann.<sup>111</sup>

**Kurzfristig verfügbare Potenziale** stellen eine Unterkategorie der wirtschaftlichen Potenziale dar. Sie bezeichnen die Mengen, die kurzfristig (innerhalb eines Jahres) unter Berücksichtigung der aktuellen wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen sowie der aktuellen Verwertungs- und Entsorgungsstrukturen verfügbar gemacht werden können. Sie bezeichnen ein so genanntes Startkapital, das zu einer schnellen Projektumsetzung und somit zur Bildung von Strukturen führen kann. Abbildung 28 zeigt die verschiedenen Ebenen der Potenziale. Dabei ist zu beachten, dass die wirtschaftlichen sowie die langfristig umsetzbaren Potenziale keine festen Grenzen haben. Sie sind stark abhängig von den jeweiligen örtlichen und politischen Rahmenbedingungen, welche die Ökonomie beeinflussen (dargestellt durch die gepunktete Trennlinie und die Pfeile). Das kleinste Quadrat stellt die aktuelle Umsetzung dar, die je nach Region und Biomasseart stark variieren kann. Bei einer Übernutzung kann das wirtschaftliche Potenzial über dem ökologischen liegen. Auch der Sachverhalt der Förderung kann die Ebenen der Potenziale neu ordnen. In diesem Fall werden vorher nicht wirtschaftliche Potenziale für die Umsetzung interessant. Die Potenzialebene hängt jedoch nicht nur von der Erschließbarkeit ab, sondern ist stark mit den technischen Voraussetzungen der Anlagen und den Preisen von Konkurrenzprodukten der einzelnen Biomassen verknüpft. Die Einordnung der Potenziale in die verschiedenen Ebenen unterhalb der theoretischen und technischen Ebene muss daher oft anhand der örtlichen Gegebenheiten abgestimmt werden.

---

<sup>111</sup> Z. B. Aversionen der einzelnen Akteure untereinander oder gegenteilige Interessen.

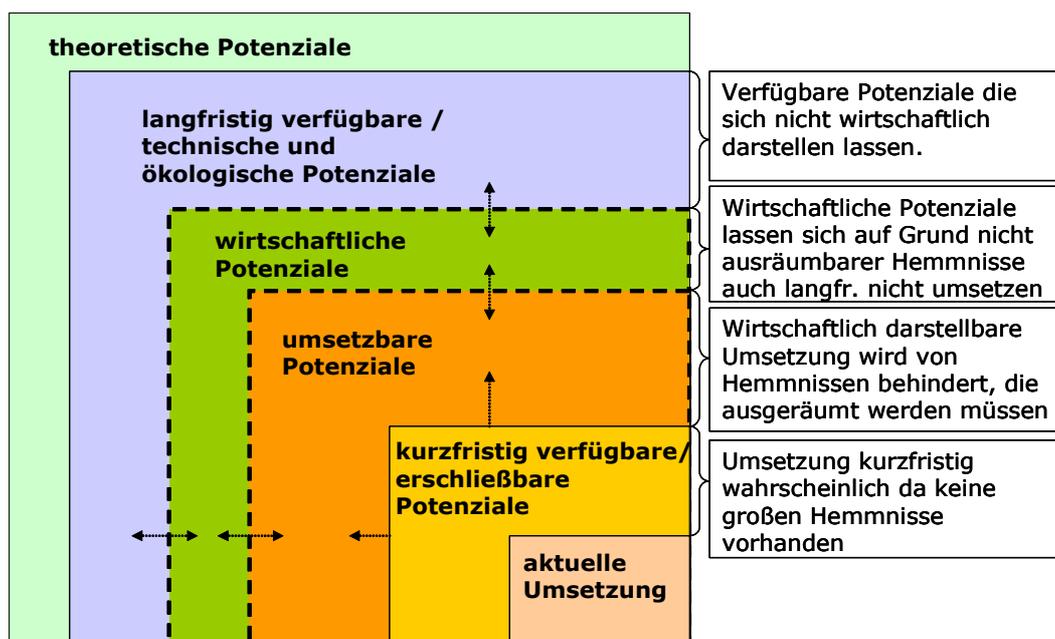


Abbildung 28: Potenziale im Rahmen dieser Arbeit – eigene Darstellung

Zur Entwicklung und Aktivierung der endogenen Potenziale werden auf Basis der aktuellen Umsetzung das kurzfristig verfügbare und das technisch/ökologische Potenzial als Rahmendimension herangezogen. Die dazwischen liegenden Bereiche sind Schwerpunkt der Untersuchungen. Hier liegen die Hemmnisse und Chancen, deren Behebung und Nutzung eine künftige energetische Biomassenutzung beeinflussen. Vor allem das erschließbare Potenzial kann im Rahmen einer regionalen Entwicklung ausgeweitet werden (s. Pfeile).

Die oben dargestellten Zusammenhänge verdeutlichen, dass bei der Ermittlung von Potenzialen die unterschiedlichen Kategorien der Verfügbarkeit berücksichtigt werden müssen, wenn belastbare Aussagen generiert werden sollen. In Abhängigkeit vom Status der Verfügbarkeit und der jeweiligen wirtschaftlichen, technischen und strukturellen Voraussetzungen müssen zur Umsetzung unterschiedliche Maßnahmen ergriffen und entsprechende Strategien verfolgt werden.

## 5. Derzeitige Nutzung von Biomassepotenzialen

Im Rahmen des Protokolls von Kyoto haben sich die Industrieländer verpflichtet, im Zeitraum 2008 bis 2012 ihre klimaschädlichen Emissionen um 5 % unter das Niveau von 1990 zu senken.

Derzeit werden weltweit 13,4 % des Primärenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien erzeugt. Davon stammen ca. 81 % aus Biomasse.<sup>112</sup> Seit der Verabschiedung des Kyoto-Protokolls 1990 konnte die Bereitstellung erneuerbarer Energien weltweit um durchschnittlich 1,7 % pro Jahr gesteigert werden, jedoch stieg auch der Primärenergieverbrauch um durchschnittlich 1,4 %, so dass nur eine geringfügige Verringerung der Gesamtemissionen erzielt werden konnte.<sup>113</sup> Dies ist der Tatsache geschuldet, dass der weltweite Entwicklungsfortschritt – mit Ausnahme weniger Industrieländer – derzeit noch immer mit einer Zunahme des Energieverbrauches einhergeht. Die Anforderung an eine künftige Entwicklung ist daher eine weitgehende Entkoppelung von Entwicklungsstand bzw. Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch.<sup>114</sup>

Abbildung 29 zeigt die Verteilung der erneuerbaren Energieerzeugung in den verschiedenen Regionen der Erde. Der Anteil erneuerbarer Energien ist in Afrika mit 49,8 % besonders hoch. Der jeweils rechte Balken zeigt jedoch, dass dieser Energiebedarf vor allem in Asien und Afrika größtenteils aus traditioneller Biomasse gewonnen wird, deren Nutzung über weite Strecken nicht nachhaltig ist. Die einfachen Formen des Kochens und Heizens haben Gesundheitsschäden durch offene Feuer sowie die oft irreversible Abholzung der Wälder zur Folge.<sup>115</sup> Die Art der traditionellen Biomassenutzung ist zusätzlich meist wenig energieeffizient und wird manuell beschickt. Diese Art der Nutzung nimmt mit der zunehmenden Steigerung des Wohlstandes und den damit einhergehenden Präferenzen ab. Die Bekämpfung der Armut ist daher eine wichtige Grundvoraussetzung zur nachhaltigen Nutzung der weltweit vorhandenen erneuerbaren Energien.

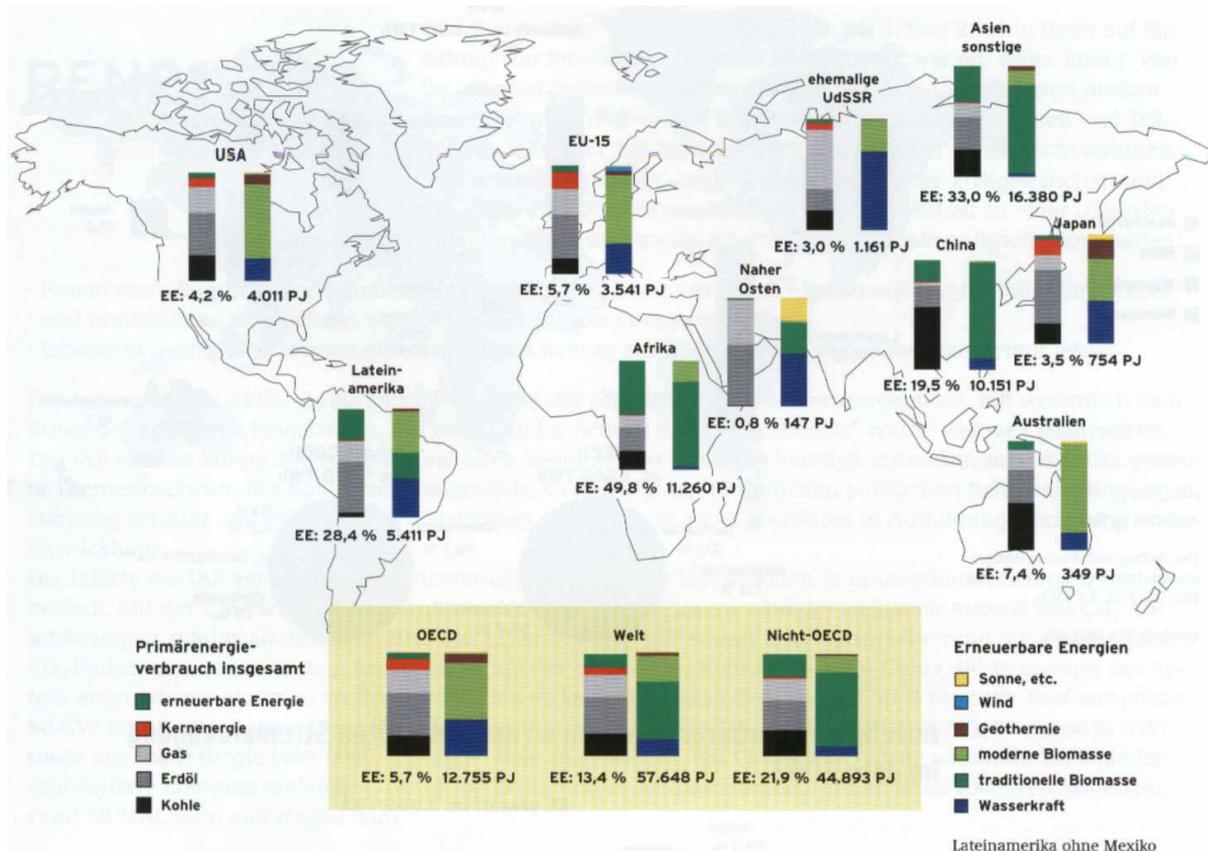
---

<sup>112</sup> Vgl. BMU (2005), S. 33.

<sup>113</sup> Vgl. BMU (2005), S. 34.

<sup>114</sup> In Deutschland konnte diese Entkoppelung bereits erreicht werden. Während das Bruttoinlandsprodukt zwischen 1990 und 2000 um 11 % wuchs, sank der Energieverbrauch um 5 %; Quelle UBA (2002).

<sup>115</sup> Vgl. BMU (2005), S. 35.



**Abbildung 29: Darstellung der Anteile erneuerbarer Energien in verschiedenen Regionen der Erde mit Unterscheidung moderner und traditioneller Biomasse – Quelle: BMU (2005) nach IEA (2004a, b, c)**

Im Rahmen der EG-Lastenverteilung zum Kyoto-Protokoll<sup>116</sup> verpflichtete sich die Bundesrepublik Deutschland, 21 % ihrer Emissionen auf Basis des Jahres 1990 zu reduzieren, wovon bisher ca. 19 % erreicht wurden.

Die Nutzung erneuerbarer Energien sparte 2004 rund 70 Mio. t CO<sub>2</sub> ein. Dies entspricht einer Einsparung von 8,4 % gegenüber der Erzeugung der gleichen Menge Energie auf fossiler Basis. Der größte Teil davon (ca. 26 Mio. t CO<sub>2</sub>) ging auf das Konto der verschiedenen Arten der Biomassennutzung in Form von Strom (9.367 GWh/a), (59.806 GWh/a) und Kraftstoffen (11.171 GWh/a).<sup>117</sup>

<sup>116</sup> Protokoll von Kyoto (1997).

<sup>117</sup> Die Berechnung basiert auf den Annahmen, dass bei der Nutzung erneuerbarer Energien pro kWh Strom 935 g CO<sub>2</sub>, pro kWh Wärme 229 g CO<sub>2</sub> und pro kWh Kraftstoff 351 g CO<sub>2</sub> eingespart werden. Vgl. BMU (2005), S. 15.

Die erneuerbaren Energieträger leisteten im Jahr 2004 einen Beitrag zur Deckung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland von 3,6 %. Dieser setzte sich zusammen aus 9,4 % der gesamten Stromerzeugung, 4,2 % der Wärmeerzeugung und 1,6 % des Kraftstoffverbrauchs.<sup>118</sup> Demgegenüber stehen die Potenziale für die Biomassenutzung aus Reststoffen und Flächen zum Anbau von Energiepflanzen, die – sofern sie konsequent genutzt werden – bis 2030 16 % des Stroms, 10 % der Wärme und 12 % des Treibstoffs für Fahrzeuge bereitstellen können (vgl. Tabelle 9).<sup>119</sup> Die Biomasse stellt damit einen der wichtigsten erneuerbaren Energieträger der Zukunft dar, der langfristig weiterentwickelt werden muss.

Anteil der Biomasse an der Energiebereitstellung in Deutschland	Strom	Wärme	Kraftstoffe
Nutzung in TWh	9,4	59,8	11,2
Stand 2004 in %	9,4	4,2	1,6
Potenzial bis 2030 in TWh	60	200	60
Potenzial bis 2030 in %	16	10	12

**Tabelle 9: Gegenüberstellung der derzeitigen Nutzung von Biomasse in Deutschland und den Potenzialen bis 2030 – eigene Darstellung nach Daten aus BMU (2005), FRITSCHKE et. al. (2004)**

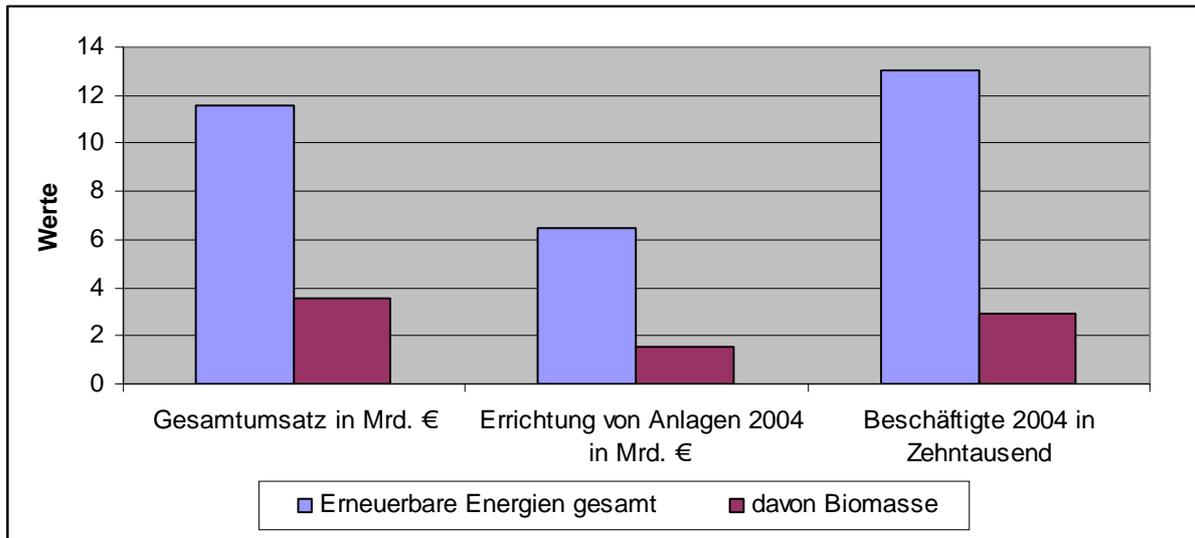
Mit 3.600 Mio. € Gesamtumsatz trug die Biomasse im Jahr 2004 mit 31 % zum Umsatz aller erneuerbaren Energien in Deutschland bei. Dabei machten – wie bereits in Abschnitt B.5.5 dargestellt – die Investitionen in Biomasse-Strom und Biomasse-Wärmeanlagen mit insgesamt 1.750 Mio. € jeweils 13,8 % bzw. 13,1 % der Gesamtinvestitionen in erneuerbare Energien aus. Die für die Regionalentwicklung besonders interessanten Angaben des Umsatzes aus dem Betrieb berücksichtigen mit 300 Mio. € bei der Wärmeerzeugung nicht den Wert der Energie beim Abnehmer, da die Wärme meist selbst genutzt und nicht verkauft wird. Angesetzt sind hierbei nur die Umsätze der Brennstoffe. Der Umsatz aus der Biomassestromerzeugung lag 2004 bei 650 Mio. € (13 % des Gesamtumsatzes aus erneuerbaren Energien). 2004 waren bereits ca. 29.000 Menschen im Biomasse-Bereich beschäftigt<sup>120</sup> (vgl. Abbildung 30).

---

<sup>118</sup> Da die einzelnen Bereiche unterschiedlich hohe Primärenergieverbräuche haben, sind die Zahlen für die Ermittlung des Anteils am Primärenergieverbrauch nicht zu addieren.

<sup>119</sup> FRITSCHKE et. al (2004), S. i.

<sup>120</sup> BMU (2005), S. 18 f.



**Abbildung 30: Vergleich der Umsatz- und Beschäftigtenzahlen der erneuerbaren Energien mit dem Anteil der Biomasse – Quelle: eigene Darstellung nach Daten BMU (2005)**

Der deutliche Anstieg der installierten Leistung und der produzierten Arbeit in den Jahren 2002 bis 2004 in Abbildung 31 lässt auf eine weitere Steigerung der Anzahl der Beschäftigten in diesem Bereich schließen. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ging im Mai 2004 davon aus, dass durch die energetische Biomassenutzung 200.000 neue Arbeitsplätze vor allem im ländlichen Bereich geschaffen werden können.<sup>121</sup>

Bei der näheren Betrachtung der verschiedenen Endenergiearten (Abbildung 31 bis Abbildung 33) ist zu erkennen, dass die Entwicklung in den Bereichen Stromerzeugung, Wärmerzeugung und Biokraftstoffe vor allem hinsichtlich der jährlichen Zuwachsraten unterschiedlich verlief.

<sup>121</sup> FRITSCHKE et. al. (2004), S. i.

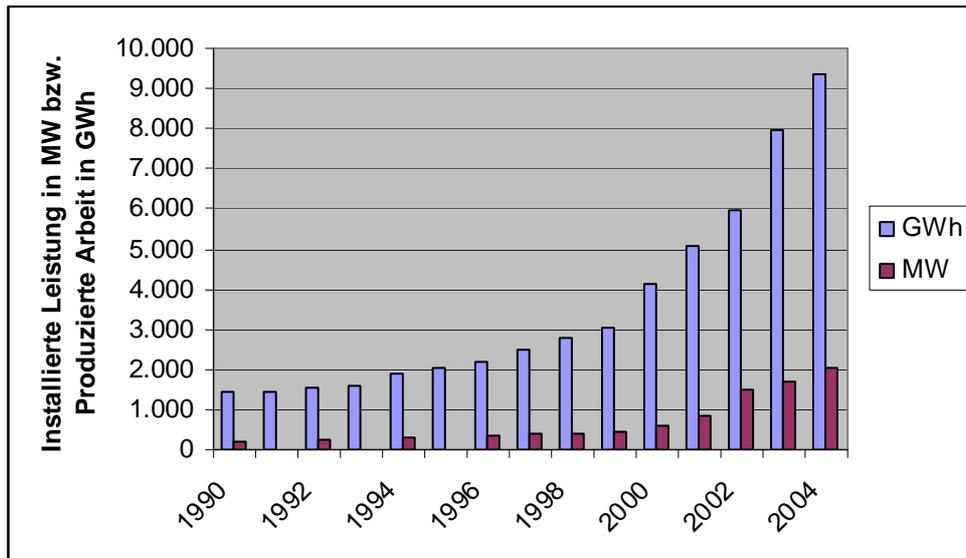


Abbildung 31: Entwicklung der Leistung der installierten Biomasseanlagen und des produzierten Stromes in den Jahren 1990 bis 2004 – Quelle: BMU (2005)

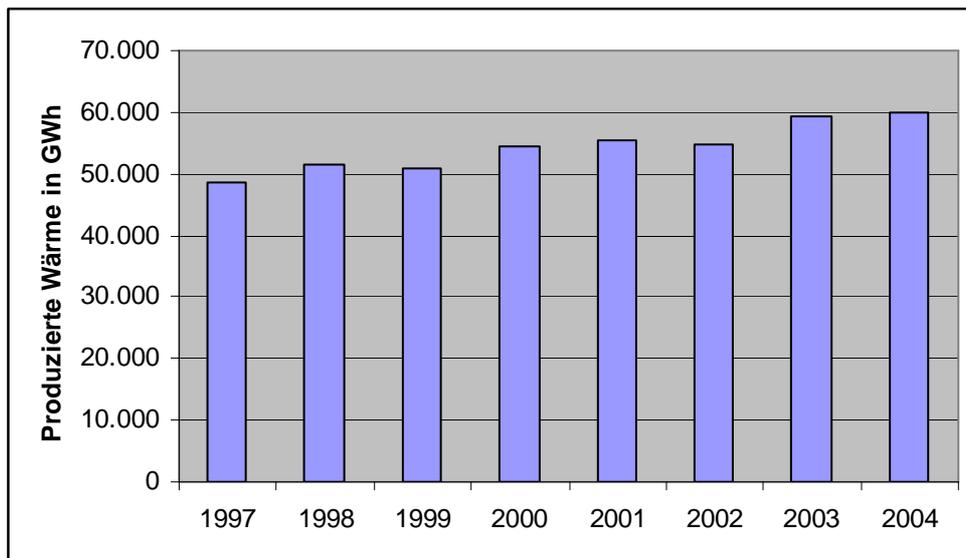
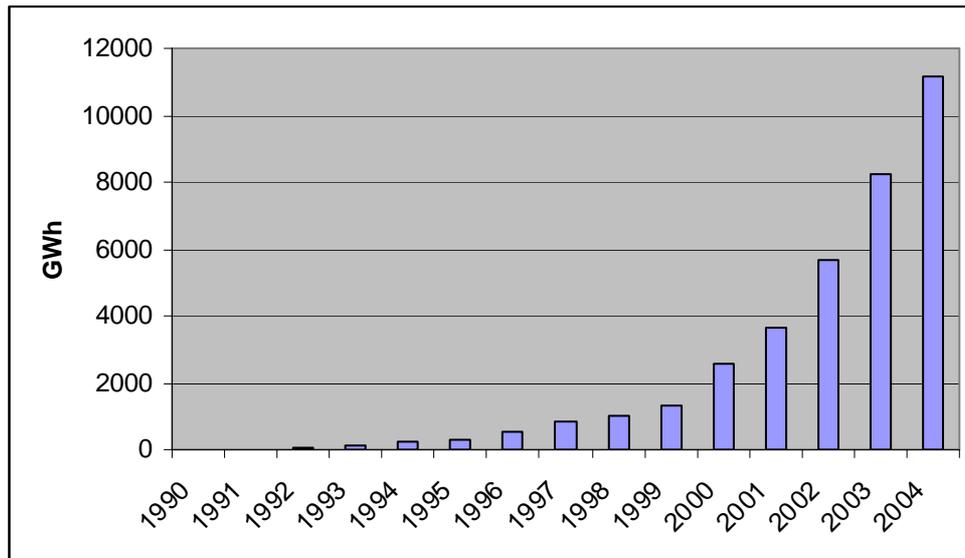
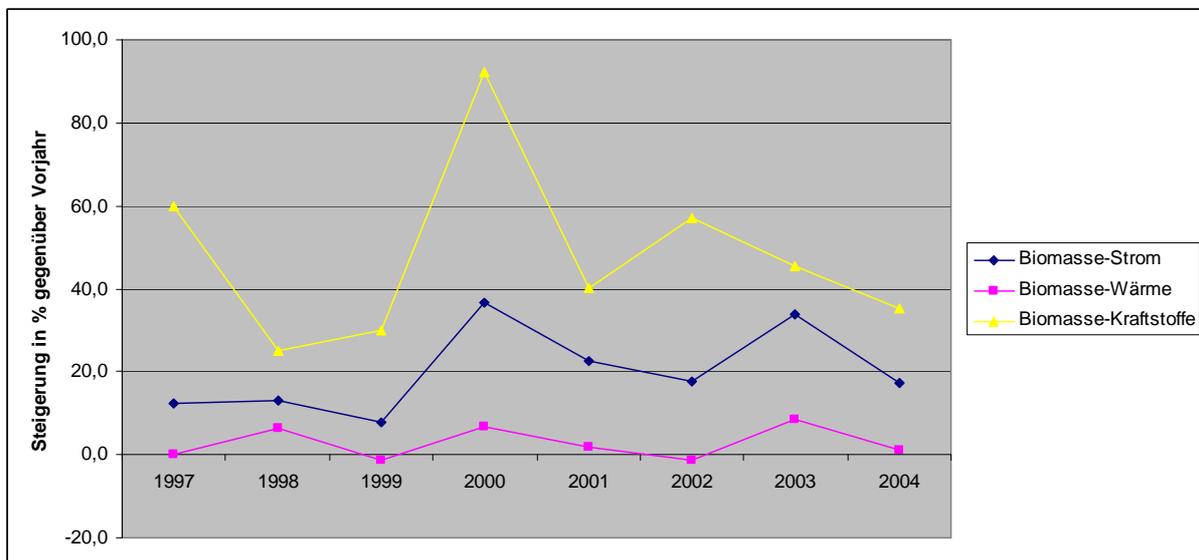


Abbildung 32: Entwicklung der produzierten Wärme durch Biomasse in den Jahren 1990 bis 2004 – Quelle: BMU (2005)



**Abbildung 33: Entwicklung des Absatzes von Biokraftstoffen in den Jahren 1990 bis 2004 – Quelle: BMU (2005)**

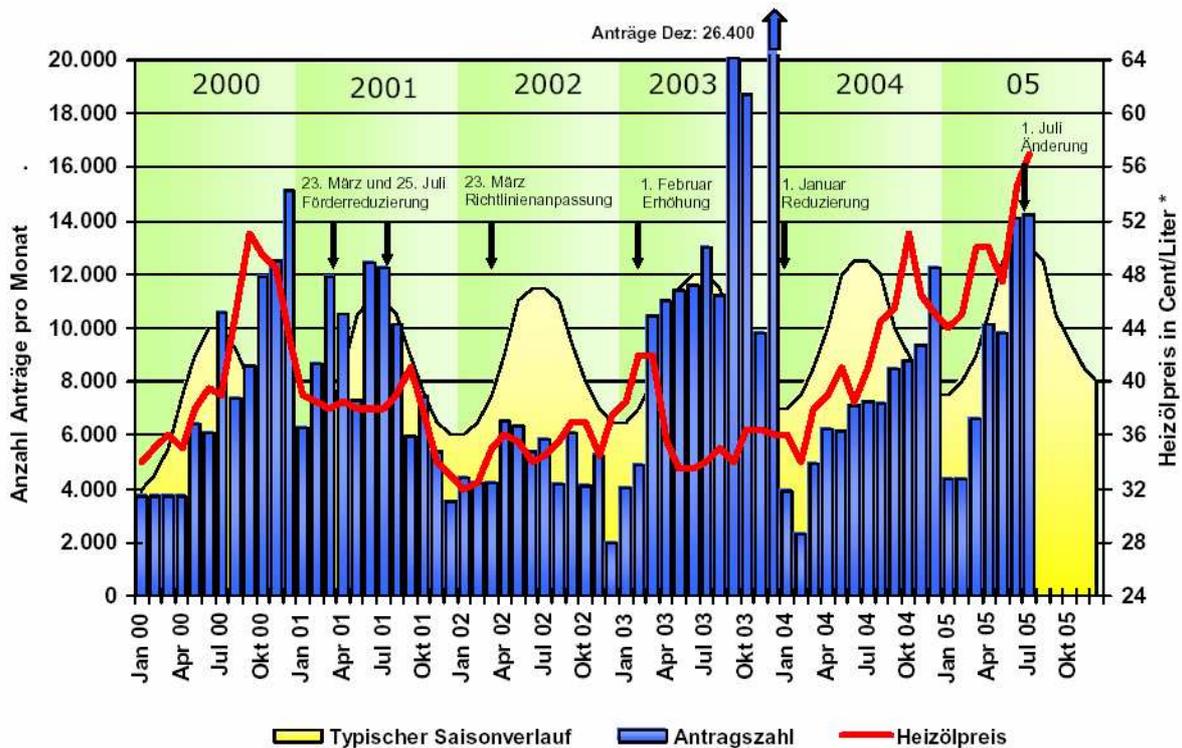
Während der Kraftstoffabsatz und die Stromerzeugung in den Jahren 1990 bis 2004 trotz einiger Schwankungen durchgehend Steigerungen gegenüber dem Vorjahr verzeichnen, sind in Abbildung 34 bei der Wärmeerzeugung auch negative Zuwachsraten zu erkennen.



**Abbildung 34: Jährliche Steigerungsrate im Absatz von Strom, Wärme und Biokraftstoffen in Deutschland in den Jahren 1998–2004 –Quelle: eigene Darstellung nach Daten BMU (2005)**

Mögliche Einflussfaktoren sind die Förderbedingungen, die Erwartung langfristiger Absatzmöglichkeiten sowie die Preise konkurrierender Energieträger. Bund und Länder schafften wichtige finanzielle Anreize. Zu nennen ist auf Bundesebene vor allem das Stromeinspeisegesetz, das durch das EEG abgelöst wurde, sowie im

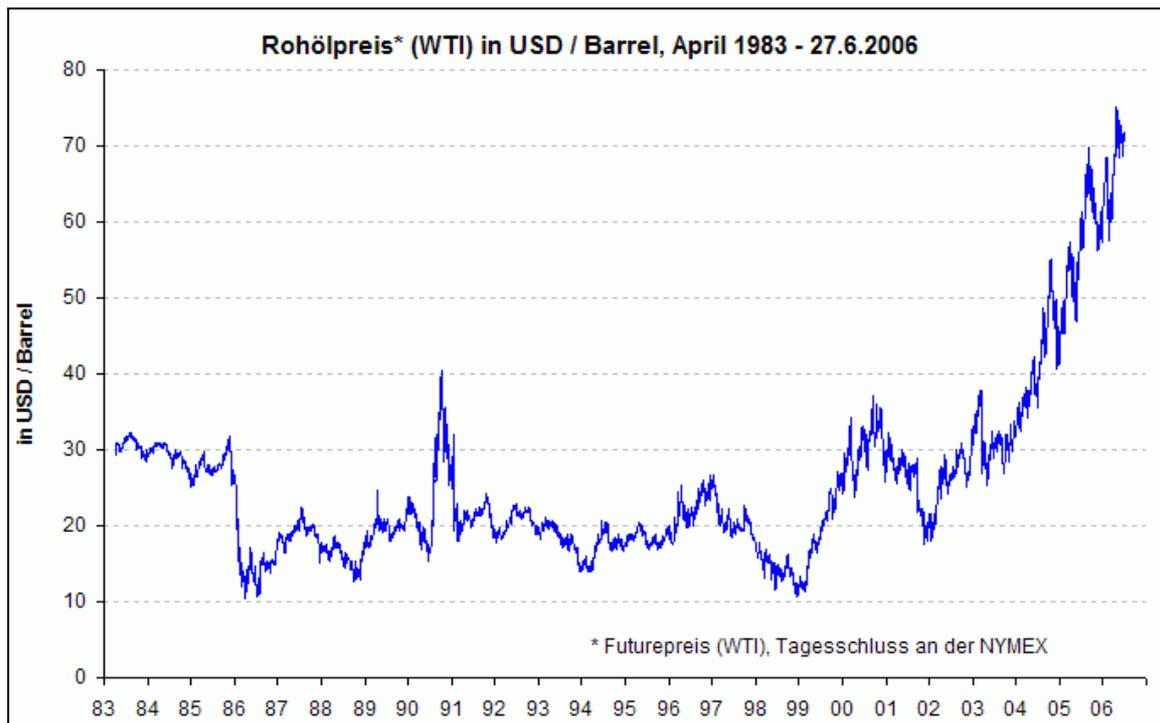
Wärmebereich das Marktanreizprogramm. Letzteres trat am 1.9.1999 in Kraft und dient der Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien.<sup>122</sup> Seit Inkrafttreten der Förderung wurden die Fördermittel mehrmals erhöht und reduziert, was ebenfalls Auswirkungen auf die Antragszahl und somit auch auf die installierten Anlagenzahlen hatte (vgl. Abbildung 35).



**Abbildung 35: Antragszahlen im Marktanreizprogramm im Vergleich zum Ölpreis und der üblichen saisonalen Schwankung – Quelle: BAFA (2005) und BSI (2005)**

Die Entwicklung der Preise für fossile Energieträger in Abbildung 36 zeigt eine Korrelation der steigenden Ölpreise ab 2000 mit der steigenden Produktion von Bioenergie im Jahr 2000. Die gesunkenen Ölpreise im Jahr 2002 und die reduzierten Fördergelder des Marktanreizprogramms werden vor allem in den negativen Zuwachsraten im Bereich der Wärmeerzeugung sichtbar (vgl. Abbildung 34 und Abbildung 35).

<sup>122</sup> Marktanreizprogramm Erneuerbare Energien, aufgelegt vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), im Auftrag des BMWi zur Förderung der Errichtung von Solarkollektoranlagen, Biomasseanlagen sowie Fotovoltaikanlagen für Schulen mit Zuschüssen.



**Abbildung 36: Entwicklung des Rohölpreises von April 83 bis August 2005 – Quelle: EIA (2005)**

Die Tatsache, dass die Steigerungsraten der Biomasse-Wärmeerzeugung weit unter denen der Stromproduktion liegen, macht weiterhin deutlich, dass die Reaktionszeit in der Errichtung von Biomasseanlagen gegenüber der des Kraftstoffabsatzes zeitlich nach hinten versetzt und – vor allem im Fall der Wärmeerzeugung – stark abgeschwächt ist (Abbildung 34). Dies hängt mit der benötigten Zeit für Entscheidungsfindung, Planung und Bau größerer Biomasseanlagen sowie mit dem Planungszeitraum zusammen. Während bei Treibstoffen die Entscheidung für oder gegen einen Kraftstoff täglich oder wöchentlich anhand des Preises getroffen wird, erfordert die Investition in eine größere Biomasseanlage zur Wärmeerzeugung (z. B. Hackschnitzelheizung) eine Festlegung der Brennstoffart auf 15–20 Jahre.<sup>123</sup> Die Stromerzeugung hat mit dem EEG eine Absatzgarantie und damit ein vermindertes Risiko hinsichtlich künftiger Absatzmärkte. Die vor allem in den Jahren 2004/2005 gestiegenen Preise für fossile Energieträger lassen daher ab dem Jahr 2005 einen starken Anstieg der Nachfrage nach erneuerbarer Wärme erwarten.

Die oben dargestellten Fakten deuten auf eine verstärkte Nachfrage nach Bioenergiepotenzialen hin, die sich innerhalb der nächsten Dekade etablieren wird. Vor diesem Hintergrund bestehen derzeit noch die Möglichkeiten der strategischen

<sup>123</sup> In Abhängigkeit von der Lebensdauer der Heizung.

Lenkung der Nutzung vor allem in den ländlichen Regionen. Die Herausforderung liegt in der Entwicklung derjenigen Strategie, die für die Region mittel- und langfristig den größten Nutzen bietet, möglichst ohne anderen Regionen dadurch Schaden oder Nutzenverluste zu bescheren.

Das Werkzeug des regionalen Stoffstrommanagements kann einen wichtigen Beitrag zur Etablierung einer langfristigen und nachhaltigen Entwicklung liefern. Daher sollen die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für die Einführung von Stoffstrommanagementkonzepten im Folgenden erläutert werden.

## **6. Stoffstrommanagement als Werkzeug zur nachhaltigen Aktivierung von Biomassepotenzialen**

In den oberen Abschnitten dieses Kapitels wurden die technischen Möglichkeiten, die besonderen Herausforderungen und Chancen der energetischen Nutzung von Biomassen mit ihren Potenzialen und die aktuelle Nutzung dargestellt. Diese Ausführungen dienen u. a. dazu, den Handlungsbedarf und das Ausmaß der Anforderungen einer erfolgreichen, ganzheitlichen Konzeption zur energetischen Biomassenutzung zu verdeutlichen. Ferner konnten Bereiche dargestellt werden, in denen die Biomassenutzung zur nachhaltigen Entwicklung ländlicher Regionen beitragen kann. Jedoch stellt sich die Frage, wie eine solche Konzeption aussehen und umgesetzt werden kann. Das Werkzeug des Stoffstrommanagements eignet sich besonders für die Implementierung einer ganzheitlichen Biomassestrategie für Regionen.

### **6.1. Definition Stoffstrommanagement**

Stoffstrommanagement umfasst alle Planungen und Maßnahmen die Umfang und Zusammensetzung von Stoffströmen beeinflussen. Es beinhaltet die Analyse, Steuerung und Kontrolle der Stoff- und Energieströme innerhalb eines bestimmten Systems. Der wesentliche Unterschied zu den immer noch üblichen, rein stofflichen Betrachtungsweisen liegt in der Verknüpfung von Stoff und System. Dabei steht ein zu optimierendes System und kein Einzelprodukt oder Einzelstoff im Vordergrund.

Eine Aufgabe eines Stoffstrommanagements ist die Beherrschung unerwünschter Stoffströme. Dabei sollen Stoffsysteme so beeinflusst werden, dass sie unter Berücksichtigung sozialer Aspekte insgesamt ökologisch und ökonomisch effizient arbeiten. Prinzipiell geht es dabei um die Senkung des Materialdurchsatzes durch die

gesamte Wirtschaft und um die Verringerung und den Ersatz ökologisch bedenklicher Stoffe.<sup>124</sup> Die Enquête-Kommission des deutschen Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt“ definiert Stoffstrommanagement (SSM) als „das zielorientierte, verantwortliche, ganzheitliche und effiziente Beeinflussen von Stoffsystemen, wobei die Zielvorgaben aus dem ökologischen und ökonomischen Bereich kommen, unter Berücksichtigung von sozialen Aspekten.“<sup>125</sup>

Eine weitere Definition liefert das Öko-Institut: „SSM ist das aktive, bewusste und effiziente, an anspruchsvollen Umweltzielen orientierte, produktlinien-, medien-, sowie akteursübergreifende Beeinflussen von Stoffströmen. SSM im engeren Sinn umfasst die Schritte Stoffstromanalyse, Stoffstrombewertung, Strategieentwicklung, Umsetzung und Erfolgskontrolle.“<sup>126</sup>

Stoffstrommanagement kann in verschiedenen räumlichen und organisatorischen Perspektiven erfolgen. Unterschieden werden können:

- ❖ betriebliches Stoffstrommanagement
- ❖ zwischenbetriebliches Stoffstrommanagement
- ❖ regionales Stoffstrommanagement
- ❖ überregionales Stoffstrommanagement
- ❖ nationales Stoffstrommanagement
- ❖ internationales Stoffstrommanagement.

Das Konzept des Stoffstrommanagements geht von den vier Grundregeln der ökologischen Nachhaltigkeit aus:<sup>127</sup>

- Die Nutzung erneuerbarer Ressourcen darf nicht größer sein als ihre Regenerationsrate.

---

<sup>124</sup> BAYRISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELTMINISTERIUM, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2005).

<sup>125</sup> ENQUÊTE-KOMMISSION „Schutz des Menschen und der Umwelt“ (1994), S.259; Vgl. auch STERR (1998), S. 3: SSM wird definiert als „zielorientierter organisierter Umgang mit Stoffen entlang der Wertschöpfungskette, unter Einschluss der Interessen der daran direkt oder indirekt beteiligten Akteure“.

<sup>126</sup> ÖKO-INSTITUT e.V. (1996), S. 2.

<sup>127</sup> Vgl. ENQUETE-KOMMISSION „SCHUTZ DES MENSCHEN UND DER UMWELT“ (1994) und HECK/BEMMANN (2002): S. 19.

- Stoffeinträge in die Umwelt müssen sich an der Aufnahmekapazität der als Senken dienenden Medien Boden, Wasser und Luft orientieren.
- Nicht erneuerbare Ressourcen wie fossile Energieträger oder Erze sollen nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen oder höherer Produktivität der erneuerbaren sowie der nicht erneuerbaren Ressourcen geschaffen wird.
- Das Zeitmaß der menschlichen Eingriffe in die Umwelt muss in einem ausgewogenen Verhältnis zum Zeitmaß der natürlichen Prozesse stehen, sei es der Abbauprozess von Abfällen oder die Regenerationsrate von erneuerbaren Rohstoffen sowie Ökosystemen.

Dabei verfolgt Stoffstrommanagement nicht rein ökologische Ziele, sondern ist als eine Möglichkeit zu verstehen, den ökonomischen Profit mit regionaler Wertschöpfung zu verknüpfen. Durch die optimierte Nutzung der vorhandenen Material- und Energieflüsse können u. a. Rohstoffkosten (z. B. für Brennstoffe) gesenkt und neue Arbeitsplätze in neu entwickelten Bereichen geschaffen werden.<sup>128</sup>

## **6.2. Beitrag des Stoffstrommanagements zur Optimierung der Nutzung von Biomassepotenzialen**

Stoffstrommanagement beschränkt sich, wie im Abschnitt C.6.1 bereits definiert, nicht allein auf die Optimierung der Energieversorgung, sondern bezieht die Bereiche Abfallwirtschaft, Mobilität und Verkehr, Naturschutz, Tourismus, Wirtschaftsförderung mit ein und kann z. B. bei Unternehmen die Reduzierung des Rohstoffinputs, des gesamten Energieverbrauchs und der Schadstoffemissionen oder die Überprüfung und Optimierung der Produktinhaltsstoffe als eigene Schwerpunkte betrachten. Häufig werden jedoch die energetischen Potenziale und deren Einsatzmöglichkeit als Einstiegsprojekte bei der Einführung von Stoffstrommanagementkonzepten gewählt, da hier bereits verschiedene Bereiche und Akteure des Untersuchungsraumes miteinander koordiniert werden müssen und finanzielle Erfolge kurz- bis mittelfristig sichtbar werden. Vor allem in der Entsorgung bzw. Verwertung von Rest- und Abfallstoffen aus Kommunen und KMU eignet sich das Stoffstrommanagement zur

---

<sup>128</sup> HECK/BEMMANN (2002), S.13.

Prozessoptimierung durch gemeinsame Aktivitäten. Tabelle 10 zeigt die unterschiedlichen Motivationen für die Einrichtung eines Stoffstrommanagements.

Kooperationsgründe	Relevant für das Stoffstrommanagement
Risikoreduktion	keine Entsorger für kleine Stoffmengen (Deponieverbringung)
Ressourcenpoolung	Steuerungsknow-how, Mitarbeiter, Informationen
Standards im Systemgeschäft	Rückwirkung auf die unternehmensindividuelle Produktentwicklung (Materialreduktion, Materialvielfalt, Kennzeichnung, Werkstoffverträglichkeit, Modulbauweise, Einsatzmöglichkeiten für Sekundärprodukte, Verpackung)
Neue Produkte/Verfahren	
Qualitätsverbesserung	
Nutzung von (Forschungs-) Einrichtungen	
Keine Redundanzen	Überschneidungsfreie Sammlung und Verwertung für die Region
Zeitersparnis	Suche nach Entsorgern, Abtransport von Rückständen (Abfälle, Reststoffe)
Bündelung von Mengenströmen	Erreichen von kritischen Entsorgungslosgrößen auch bei ursprünglich kleinen Stoffmengen
Zugang zu Märkten	Entsorgungsmarkt, Redistributionslogistik/Spediteure
Zugang zu Gütern, Dienstleistungen	Stoffmengen unterschiedlicher Unternehmen, Entsorgungsdienstleistungen
Ergänzung von Technologien	Erfahrungsaustausch und Verfahrensentwicklung
Realisierung von Kostendegressionseffekten	Zusammenfassung der Stoffmengen unterschiedlicher Unternehmen
a) Größeneffekt (economies of scale)	Know-how-Zugewinn und Erfahrungszuwachs durch Stoffartenvielfalt
b) Vielfaltseffekte (economies of scope)	
Reaktion auf gesetzliche Regelungen	KrW-/AbfG: Abfallwirtschaftskonzept, Beauftragung Dritter mit der Entsorgung unter Beibehaltung der Herstellerverantwortung

**Tabelle 10: Kooperationsgründe für Stoffstrommanagement – Quelle: KRCAL (2000) S. 31**

Das bestehende oder aus der Projektumsetzung entstehende Netzwerk kann anschließend ggf. auf andere Bereiche ausgeweitet werden. Die Einführung des Stoffstrommanagementansatzes verdeutlicht die Notwendigkeit einer systemischen Betrachtung der energetischen Biomassenutzung.

Für die Umsetzung von Biomassepotenzialen ist das Stoffstrommanagement sowohl auf betrieblicher als auch auf überbetrieblicher und vor allem auf regionaler Ebene interessant. Tabelle 11 zeigt die verschiedenen Ebenen eines betrieblichen und zwischenbetrieblichen Stoffstrommanagements. Die energetische Biomassenutzung kann dann zum Einsatz kommen, wenn ein Unternehmen größere Mengen organische Reststoffe produziert und diese selbst zur Energieerzeugung nutzt oder die Reststoffe an ein anderes Unternehmen zur energetischen Nutzung weitergibt. Auch Unternehmen, die keine Reststoffe produzieren, jedoch einen hohen Energieverbrauch haben, können durch Stoffstrommanagement mit z. B. benachbarten

Unternehmen ein System zur kostenoptimierten Energieversorgung mit erneuerbaren Energieträgern anstreben.

		Ansatzpunkt	
		Eine Stoffstromstufe	Mehrere Stoffstromstufen bzw. gesamter Stoffstrom
Akteur	Ein Unternehmen	Einzelbetriebliches Stoffstrommanagement	
		Einzelbetriebliches Stoffstrommanagement <b>i.e.S.</b>	Einzelbetriebliches Stoffstrommanagement <b>i.w.S.</b>
		(z.B. Kreislaufführung von Prozesswasser)	(z.B. Lieferantenauswahl, ökologisches Produktdesign)
	Mehrere Unternehmen	Zwischenbetriebliches Stoffstrommanagement	
		Horizontales zwischenbetriebliches Stoffstrommanagement	Vertikales zwischenbetriebliches Stoffstrommanagement
		(z.B. Entsorgungsverbund)	(z.B. Projekte von Produzenten und Aufbereitern zur Gestaltung recyclinggerechter Produkte)

**Tabelle 11: Ebenen eines Betrieblichen Stoffstrommanagements – Quelle: HELLING (2005)**

Da produzierende Unternehmen jedoch über In- und Outputstoffe zahlreiche Verflechtungen mit der Region aufweisen und ihren Aufgabenschwerpunkt in der Produktion und im Absatz der entsprechenden Produkte, nicht aber in der Verwertung der Reststoffe haben, bedarf es zur Optimierung der zahlreichen (Biomasse-) Stoffströme meist der Einbeziehung weiterer regionaler Akteure.<sup>129</sup>

Diese Akteure im Stoffstrommanagement können in fünf Typen unterteilt werden<sup>130</sup>:

- wirtschaftliche Akteure, die unmittelbar Stoffströme beeinflussen
- wirtschaftliche Akteure, die durch ihre Entscheidungen Stoffstromentscheidungen anderer Akteure beeinflussen
- wirtschaftliche Akteure, die dem Stoffstrommanagement einer Branche oder einer Produktionskette Rahmenbedingungen setzen
- staatliche bzw. administrative Akteure, die dem Stoffstrommanagement wirtschaftlicher Akteure Rahmenbedingungen setzen sowie

<sup>129</sup> Vgl. KRCAL (2000), S. 26–35 in LIESEGANG/STERR/OTT (2000).

<sup>130</sup> DE MAN (1998), S. 72 f.

- sonstige Akteure, die das Stoffstrommanagement aller übrigen zu beeinflussen versuchen. Hierzu gehören Nichtregierungsorganisationen, Bürgerinitiativen, Verbraucherschutzverbände, Umweltverbände o. Ä.

Die einzelnen Akteure und ihre möglichen Funktionen im Rahmen eines Stoffstrommanagementkonzeptes sind in Tabelle 12 dargestellt.

Akteure (institutionell)	Akteure (personell)	Funktionen im Stoffstrommanagement
Großbetriebe	Geschäftleitung, Abfallbeauftragter, Stoffstrombeauftragter, Umweltbeauftragter	Nachfrager und Produzenten von Stoffströmen, Vorreiterrolle, Sponsoring
KMU	Geschäftsleitung	Nachfrager von Energie, Sponsoring
Handwerker	Haustechniker, Installateure, Logistiker etc.	Umsetzung von konkreten Anlagenkonzepten, Planung und Betrieb
Beratungs- und Planungsbüros	Energieexperten, Regionalplaner, Stoffstrommanager	Anlagenplanung, Qualifizierung, Contracting-Angebote
Landwirtschaft	Landwirte, Bauernverband, Maschinenringe	Rohstoff- und Energieangebot, Beratung der Landwirte, Lobbyarbeit, politische Unterstützung, Anbau von neuen Stoffen, Lieferung von Reststoffen, Logistikdienstleistung
Öffentliche Verwaltung	Bürgermeister, Landräte, Umweltbeauftragte, Techniker etc.	Potenzielle Abnehmer, Multiplikatorfunktion, Klärung rechtlicher Rahmenbedingungen, Öffentlichkeitsarbeit
Stadtwerke	Geschäftsleitung, techn. Fachpersonal, Kundenberater	Angebot von Contracting und anderen Dienstleistungen im Rahmen einer SSM-Gesellschaft, Ver- und Entsorgung, Sponsoring, Öffentlichkeitsarbeit
Banken und Sparkassen	Filialleiter	Finanzierungsmodelle, Sponsoring
Forstwirtschaft	Revierförster, Forstamtsleiter	Bereitstellung und Vermarktung von Holz zur regionalen Energieerzeugung, Lieferung von Holz als Industrierohstoff
Parteien	Ratsmitglieder, Parteimitglieder	Multiplikatoren, Meinungsbildner, Satzungen, Haushaltsgestaltung, Bauleitplanung
Kirchen und kirchliche Organisationen	Pfarrer, Pastoren, Erzieher, Geschäftsführer	Multiplikatoren, Meinungsbildner, Bereitstellung von Liegenschaften und Immobilien
Bürgerinitiativen	Teilnehmer, Sprecher	Öffentlichkeitsarbeit, Multiplikatoren, Beteiligungsprojekte z.B. Bürgerwindpark
Universitäten/Fachhochschulen	Professoren, Studenten, Diplomanden, Praktikanten	Stoffstromanalysen, Stoffstromkonzepte, Mediation, wissenschaftlich technische Basisarbeiten, Fundraising
Schulen	Lehrer, Schüler	Multiplikatoren, Modellprojekte z.B. "Sonne in der Schule"
Vereine	Vorsitzende, Trainer, Funktionäre	Öffentlichkeitsarbeit, Multiplikatoren, Nachfrager
Bevölkerung/Einzelpersonen	Kinder, Bürger, Rentner, Jugendliche	Kleine Modellprojekte, Initiatoren, Vorreiter

**Tabelle 12: Akteure im Stoffstrommanagement und ihre möglichen Funktionen – eigene Bearbeitung auf Basis von: IFAS, Lehr- und Lernplattform Stoffstrommanagement (2005)**

Für die Durchführung eines Stoffstrommanagement-Prozesses bestehen keine festen Vorgaben. Jedoch können die in Abbildung 37 dargestellten Arbeitsschritte definiert und nacheinander abgearbeitet werden.

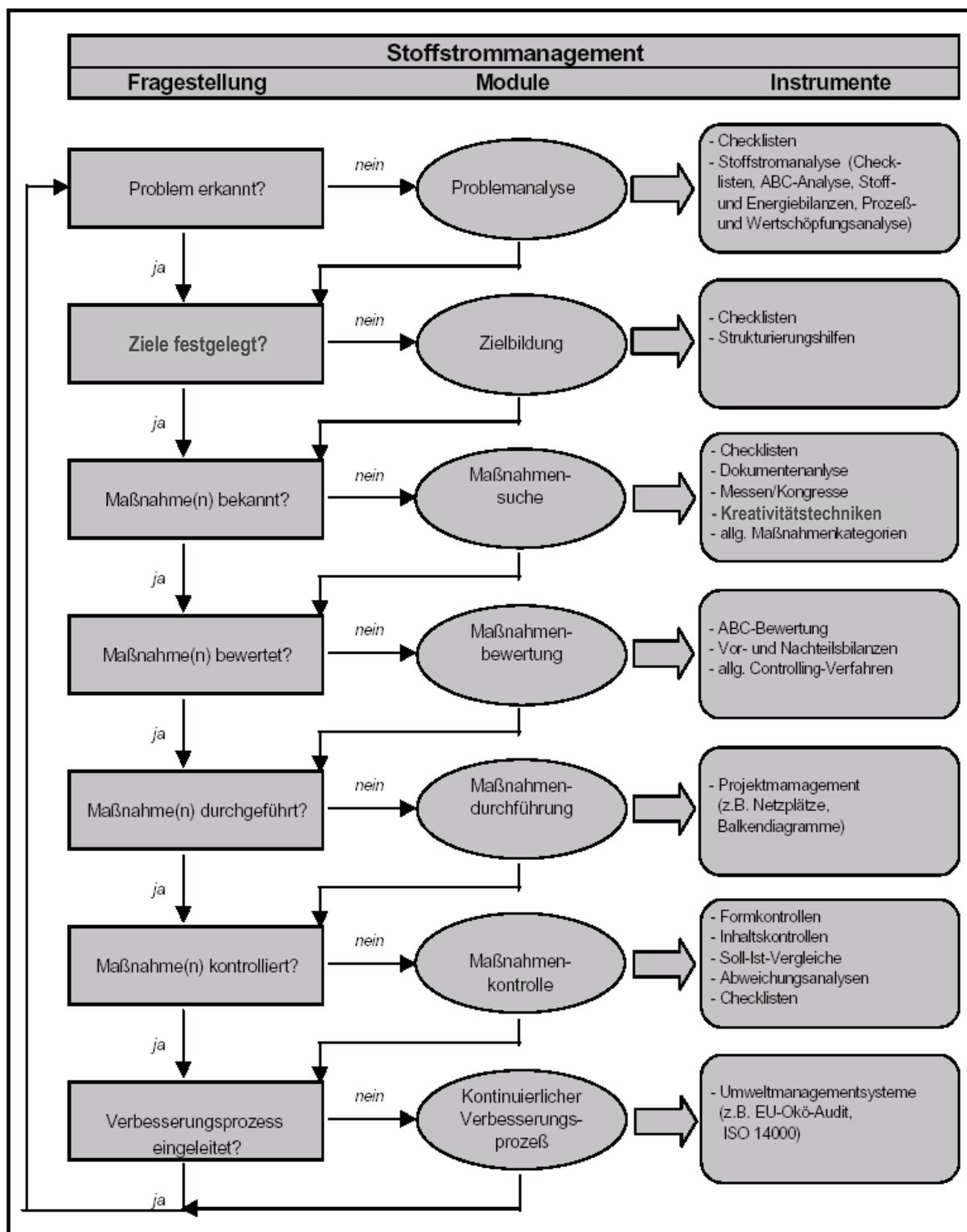


Abbildung 37: Ablauf eines Stoffstrommanagementprozesses – Quelle: IFAS (2005)

Ein regionales Stoffstrommanagement stellt damit ein Werkzeug zur zielgerichteten, effizienten Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklungsstrategie dar, indem konkret umsetzbare und kalkulierbare Projekte in den Bereichen der in Regionen vorhandenen Stoff- und Energieströme definiert und die Akteure zu den Umsetzungsmöglichkeiten und Chancen informiert und beraten werden.<sup>131</sup>

Stoffstrommanagement im Bereich der energetischen Biomassenutzung legt den Schwerpunkt der Untersuchungen auf die Identifizierung von Potenzialen und deren Einsatzmöglichkeiten, auf die Untersuchung der technischen und organisatorischen Möglichkeiten zur Implementierung mit verschiedenen regionalen Akteuren. Ein wichtiger Punkt ist dabei die Koordination zwischen den Akteuren sowie die Kommunikation der Ziele und Chancen, die aus einer Kooperation resultieren können. Da regionale Akteure in verschiedene Prozesssysteme involviert sind, die „in sich“ optimiert sind, finden Kommunikation und Kooperation mit anderen Systemen oft nur unzureichend statt. Dies trifft vor allem zu, wenn es sich bei den Materialien um Rest- oder Abfallstoffe handelt. So findet üblicherweise zwischen Unternehmen und Landwirtschaft selten eine Kommunikation zur Verwertung von organischen Produktionsabfällen statt, da in dem Betrieb meist auch andere Abfallstoffe anfallen, die nicht typisch landwirtschaftlich verwertet werden. Kann jedoch z. B. eine Biogasanlage am Standort des Unternehmens mit hohem Wärme- oder Kältebedarf zur Strom- und Wärmeproduktion errichtet werden, ist eine Kooperation zur Verwertung der organischen Abfallfraktion für beide Seiten von Interesse. Aufgabe des Stoffstrommanagers ist es daher, mögliche Stoffströme und ihre Anfallmengen in der Region zu lokalisieren, mögliche Verwertungstechnologien und logistisch optimale Standorte zu definieren, die vorhandenen Akteure zusammenzubringen und ggf. verschiedene Optionen auf ihre ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen hin zu kalkulieren. Im Rahmen dieser Tätigkeiten sind zahlreiche Hemmnisse zu beseitigen und Probleme zu bewältigen.

Welche Fragestellungen dabei berücksichtigt werden sollen und welche Hemmnisse auftreten können, untersucht das folgende Kapitel näher.

---

<sup>131</sup> Vgl. HECK/BEMMANN (2002), S. 15 ff.

## **D. Voraussetzungen und Hemmnisse der Aktivierung nachhaltiger Potenziale**

Nachdem in den vorherigen Kapiteln die Möglichkeiten und Besonderheiten der regionalen Biomassenutzung dargestellt wurden, werden nun die Voraussetzungen zur Aktivierung der regional vorhandenen Potenziale sowie die Faktoren untersucht, die eine Aktivierung behindern.

Wichtige Rahmenbedingungen für die Umsetzung von Projekten stellen die Entscheidungspräferenzen der Akteure dar. Hierzu werden zunächst die Grundlagen der Entscheidungstheorie herangezogen. Anschließend wird auf die einzelnen Akteure und ihre unterschiedlichen Entscheidungspräferenzen eingegangen. Da Projektentscheidungen in Erwartung von entstehenden Werten getroffen werden, enthält der anschließende Abschnitt eine Diskussion der unterschiedlichen Wertebegriffe und führt in das Themengebiet der regionalen Wertschöpfung ein.

Für die Aktivierung von Bioenergiepotenzialen und die Initiierung von Projekten müssen mögliche Hemmnisse in Betracht gezogen werden, um diese ggf. bereits im Vorfeld zu umgehen. Daher behandelt der Abschnitt D.2 die Darstellung der unterschiedlichen Hemmnisse der Bioenergienutzung.

### **1. Voraussetzungen für Projektentscheidungen als Bedingung für die Aktivierung regionaler Potenziale**

Für die Umsetzung von Projekten bedarf es letztlich positiver Projektentscheidungen der relevanten Akteure. Um Gründe für umgesetzte und nicht umgesetzte Projekte besser zu verstehen und möglichen Fehlern systematisch vorzubeugen, werden im Folgenden die Grundvoraussetzungen für die Entscheidungsfindung erläutert.

#### **1.1. Formale Elemente einer Entscheidung**

Nach der Entscheidungstheorie ist eine Entscheidung eine mehr oder weniger bewusste Auswahl einer von mehreren möglichen Handlungsalternativen.<sup>132</sup>

---

<sup>132</sup> SIEBEN/SCHILDBACH (1994), S. 1.

Nach RÜHLI besteht in der Literatur weitgehend Einigkeit im Hinblick auf die **formalen Elemente einer Entscheidung**. Unterschieden werden vor allem folgende Einflussfaktoren:

- Die **Umwelt** bezieht sich auf die vom Entscheidungsträger nicht beeinflussbaren aber relevanten Gegebenheiten. Die Situationsvariablen können hierbei die Handlungsfreiheit des Entscheidungsträgers begrenzen und damit als Restriktionen (z. B. begrenzt verfügbare Geldmittel) oder als Reaktionen anderer Individuen (z. B. Wettbewerber oder Kunden) in Erscheinung treten. Für einzelne Umweltsituationen lassen sich Eintrittswahrscheinlichkeiten zuordnen. Diese werden in drei Erwartungstypen unterteilt:<sup>133</sup>
  - o Bei Sicherheit kann nur eine Umweltsituation eintreten. In diesem Fall kann die Entscheidung auf Basis eines positiven Kapitalwerts<sup>134</sup> oder durch den Vergleich der erwarteten Kapitalwerte unterschiedlicher Optionen getroffen werden. Ein Beispiel hierfür ist die Abnahmegarantie von Strom durch das EEG beim Bau von Biogasanlagen. Auf Basis dieser Sicherheit des Absatzes kann über 20 Jahre eine Kalkulation durchgeführt werden. In Abhängigkeit vom Standort und der möglichen Wärmeabnahme können sich jedoch andere Alternativen oder andere Technologien (z. B. die Investition in Photovoltaikanlagen) als positiver erweisen.

---

<sup>133</sup> RÜHLI (1988), S. 194–197.

<sup>134</sup> Bei der Kapitalwertmethode werden die künftig zu erwartenden Erträge oder Kosten auf den aktuellen Zeitpunkt auf Basis einer angesetzten Kapitalverzinsung abdiskontiert und mit den Investitionen verglichen. Bei einem positiven Wert ist die Investition unter den gegebenen Voraussetzungen vorteilhaft.

- Mehrwertige Erwartung<sup>135</sup> bei Risiko<sup>136</sup>: Besteht eine Risikosituation, können sich durch eine Entscheidung mehrere Alternativen ergeben. Dabei ist mindestens eine Variable eine Zufallsgröße und nicht vom Investor zu beeinflussen. Die Wahrscheinlichkeit des Eintritts kann jedoch (wenn auch subjektiv) beurteilt werden. Erwägt ein Akteur die Investition in eine Ölmühle, hängen die erzielbaren Erfolge nicht nur von den Produktionskosten für Öl- und Presskuchen ab, sondern auch vom erzielbaren Preis und möglichen Veränderungen in der Besteuerung von Biotreibstoffen.<sup>137</sup> Um die Risikopräferenzen der Entscheider mit einbeziehen zu können, kann zusätzlich die Varianz der Ergebnisse, d. h. die Differenz der minimalen und maximalen Werte, berücksichtigt werden.<sup>138</sup>
- Mehrwertige Erwartung bei Unsicherheit: Auch bei Unsicherheit bestehen mehrere Möglichkeiten für die Ausprägung der Zielgrößen, jedoch kann der Erwartungswert nicht differenziert beurteilt werden. Es können keine Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten eines Ereignisses

---

<sup>135</sup> Besteht eine „mehrwertige Erwartung“, sind als Folge der Entscheidung mehrere Situationsalternativen möglich.

<sup>136</sup> Risiko ist die Einschätzung einer Gefährdung unter Berücksichtigung ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und Eintrittshäufigkeit sowie der möglichen Schadenshöhe, die von der Bedrohung ausgehen kann. Eine Bewertung der Gefährdung ist nach den Kriterien möglich, auf wen oder was die Gefahr wirkt, wie hoch die Eintrittswahrscheinlichkeit und das potenzielle Schadensausmaß sind. Kann eine solche Bewertung nicht erfolgen und sind alle Alternativen damit gleich wahrscheinlich, spricht man von Unsicherheit.

Quelle: [https://ncc.uni-mannheim.de/bsi-webkurs/gssschul/gskurs/seiten/glossar/gloss\\_pz.htm](https://ncc.uni-mannheim.de/bsi-webkurs/gssschul/gskurs/seiten/glossar/gloss_pz.htm)

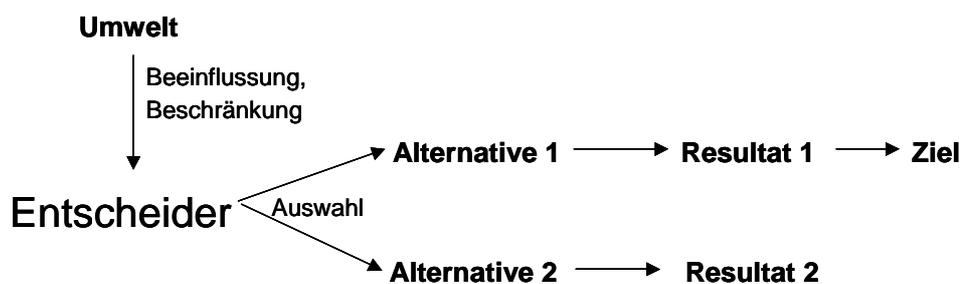
<sup>137</sup> Diese Problematik stellte im Frühjahr 2006 durch die Diskussion der in der Koalitionsvereinbarung der CDU-SPD-Regierung aufgehobenen, jedoch bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht beschlossenen, Mineralölsteuerbefreiung für Biotreibstoffe für Investoren bis zur tatsächlichen Entscheidung ein Risiko dar, sofern die Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikos abgeschätzt werden kann. Ist dies nicht möglich handelt es sich faktisch um eine Unsicherheit. Im allgemeinen Sprachgebrauch werden jedoch Risiken und Unsicherheit oft vermischt.

<sup>138</sup> So können sich risikofreudige Investoren bewusst für eine Alternative mit hoher Varianz und damit hohen Gewinnchancen aber auch beträchtlichem Verlustrisiko und gegen eine Alternative mit geringem Erfolgs- aber auch geringem Verlustrisiko entscheiden, auch wenn die Kapitalwerte beider Alternativen gleich sind.

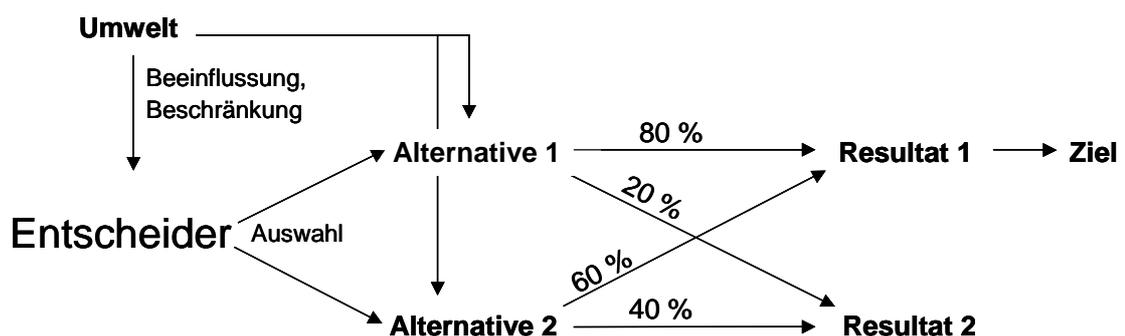
zugeordnet werden.<sup>139</sup> Daraus lässt sich die Hypothese ableiten, dass alle Umweltsituationen gleich wahrscheinlich sind. Dabei werden die jeweils schlechtesten Ausprägungen verschiedener Ergebnisse verglichen, um das mit dem höchsten Minimalwert zu wählen.

- Als **Alternativen** werden Kombinationen der vom Akteur beeinflussbaren Gestaltungsfaktoren (Aktionsvariablen) bezeichnet. Hierbei ist auch die so genannte Null-Option enthalten, also die Dinge so zu belassen, wie sie waren.
- **Resultate** sind Erscheinungen, die als Folge einer Handlungsalternative auftreten.
- **Ziele** sind die angestrebten Zustände, die sich aus den Präferenzen des Entscheidungsträgers ergeben.

### Entscheidung bei Sicherheit



### Entscheidung bei Risiko



---

<sup>139</sup> Vgl. ENDRES (2000) S. 98.

## Entscheidung bei Unsicherheit

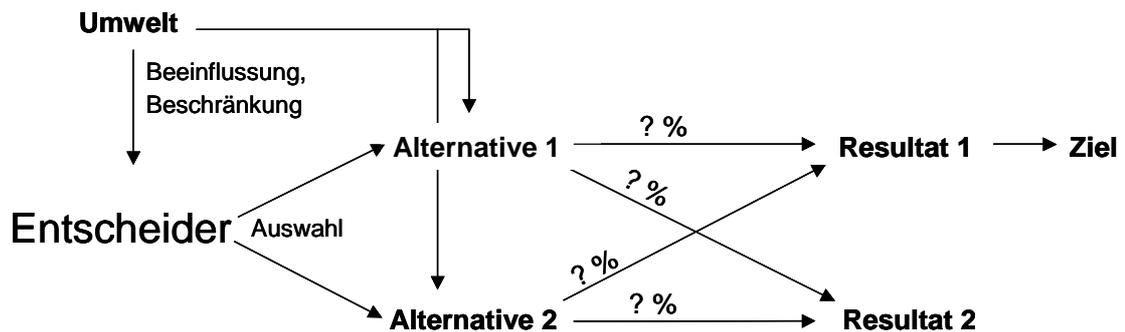


Abbildung 38: Entscheidungen bei Sicherheit, Risiko und Unsicherheit – eigene Darstellung

### 1.2. Voraussetzungen für Entscheidungen und Einflüsse auf die Entscheidung

RÜHLI stellt in seiner Betrachtung der Entscheidungen in Unternehmen wichtige Einflussfaktoren zusammen. Diese gelten – unabhängig von den Präferenzen der Entscheider (s. Abschnitt D.1.3) – auch für kommunale und andere Entscheidungen, in die weitere Aspekte mit einfließen.<sup>140</sup> Demnach werden Entscheidungen

- vom Risiko bzw. der Unsicherheit beim Entschluss
- vom Entscheidungsinhalt (Ziel-, Mittelwahl)
- vom bewussten Wollen als tragendem Element der Entscheidung
- von der Rationalität bzw. Intuition
- vom Bezug zum (kompetenten) Entscheidungsträger und
- von der Beziehung zwischen Entscheidung und Verantwortung beeinflusst.<sup>141</sup>

In der Literatur werden allgemeine Voraussetzungen für eine Entscheidung dargestellt. SZYPERSKI und WINAND sprechen von einer Entscheidung, wenn folgende vier Anforderungen erfüllt sind:

- Entscheidung setzt immer rationale Wahlhandlung voraus.
- Um wählen zu können, muss ein Alternativenraum mit mindestens zwei Elementen gegeben sein.

---

<sup>140</sup> Privatpersonen treffen Entscheidungen häufig aus emotionalen, ethischen, sozialen oder traditionellen Gesichtspunkten, so dass die oben dargestellten Kriterien nicht vollständig greifen.

<sup>141</sup> Vgl. RÜHLI (1988), S. 184.

- Die Wahlhandlung muss bewusst vollzogen werden, d. h. instinktive oder habitualisierte Handlungen werden nicht als Entscheidungen eingestuft.
- Jede Entscheidung setzt den Entschluss eines kompetenten Entscheidungsträgers zur Aktion und die verantwortliche Selbstverpflichtung voraus, diesen Entschluss durchzuführen.<sup>142</sup>

Handlungen, die darauf zielen, bestehende Biomassepotenziale umzusetzen, wie z. B. die Investition zur Nutzung der Potenziale oder in die Infrastruktur zu deren Bereitstellung, können angesichts des Innovationscharakters als nicht habitualisierte Handlungen verstanden werden, bei denen alternative Entscheidungsmöglichkeiten bestehen. Weiterhin kann ein Entschluss zur Investition in eine solche Anlage oder Infrastruktur als verantwortliche Selbstverpflichtung angesehen werden. Die Vorgabe der Rationalität<sup>143</sup> wird jedoch im folgenden Abschnitt gesondert betrachtet, da in der Literatur unterschiedliche Auffassungen hinsichtlich der Definition bestehen.<sup>144</sup>

### **1.2.1. Rationalität als Voraussetzung für eine Entscheidung**

Die Ökonomie geht häufig von einer „Zweckrationalität“ aus, d. h. die Entscheidung ist am Ergebnis der Handlung orientiert. („Der Zweck heiligt die Mittel“). Im Gegensatz dazu steht die „Wertrationalität“, bei der der Handlung – etwa unter ethischen oder religiösen Gesichtspunkten – selbst ein gewisser Wert beigemessen wird.<sup>145</sup> Weiterhin wird nach dem Aufwand, der bei der Abwägung zwischen Mitteleinsatz und Ertrag betrieben wird, in objektive und subjektive Rationalität unterschieden.

Während die objektive Rationalität wie die Mikroökonomie von vollkommener Information, der uneingeschränkten Anwendung des ökonomischen Prinzips und einer Situation ohne Unsicherheit ausgeht, trägt die subjektive Rationalität diesen Einwänden Rechnung. Sie geht davon aus, dass der Entscheider über un-

---

<sup>142</sup> SZYPERSKY/WIENAND: Entscheidungstheorie (1974), S. 3–4.

<sup>143</sup> rational: vernunftgemäß, durch Vernunft; s. BÜNTING, Deutsches Wörterbuch (1996), S. 921.

<sup>144</sup> Vgl. SZYPERSKY/WIENAND (1974), S. 5.

<sup>145</sup> Emotionale Entscheidungen sind häufig auf entsprechenden Wertvorstellungen begründet, die in den Entscheidungsprozess einfließen.

vollkommene<sup>146</sup>, unvollständige<sup>147</sup> oder falsche Informationen verfügt und in diesem Rahmen der bestehenden Informationsasymmetrien seine Situation optimiert.<sup>148</sup> Eine Variante der subjektiven Rationalität ist die der „beschränkten Rationalität“.<sup>149</sup> Hierbei agiert der Entscheider nicht mehr als „Maximierer“, sondern als „Satisfizierer“ (engl. Satisfizer),<sup>150</sup> da unterstellt wird, dass die Akteure einen Suchprozess starten, der abgebrochen wird, wenn das Ergebnis einem bestimmten Anspruchsniveau entspricht.<sup>151</sup> Dabei hängt das Ergebnis von der Reihenfolge der untersuchten Alternativen ab. Vor dem Hintergrund der gerade dargestellten Unterschiede hat sich die so genannte „subjektive Zweckrationalität“ entwickelt. Dabei kann eine Handlung allein aus der Sicht des betreffenden Individuums als rational bezeichnet werden. Zur Prüfung der Rationalität durch Externe wurden die Kriterien der inneren Konsistenz entwickelt. Sie enthält die Vergleichbarkeit, d. h. für alle Alternativen muss der Entscheider eine vergleichende Präferenz angeben können (A ist besser als B) und die Transitivität: Zieht ein Individuum Alternative A der Alternative B vor und B wird gegenüber C vorgezogen, so gilt, dass A ebenfalls C vorzuziehen ist.<sup>152</sup> Ausgehend von der subjektiven Zweckrationalität können Entscheidungen als „nichtrational“ bezeichnet werden, wenn sie der internen Konsistenz widersprechen.

---

<sup>146</sup> Bei unvollkommener Information verfügt ein Partner nach Vertragsabschluss über einen Handlungsspielraum, dessen Ausnutzung sein Gegenüber nicht beobachten kann. Dies kann z. B. der Fall sein, wenn ein Vertrag über die Lieferung von Brennstoffen nach Gewicht geschlossen, die genaue Qualität jedoch nicht festgelegt wurde. Der Lieferant ist in diesem Fall nicht an einer Lieferung qualitativ hochwertiger Ware interessiert. Vgl. ENDRES (2000), S. 101 ff.

<sup>147</sup> Bei unvollständiger Information besteht eine Asymmetrie darin, dass ein Partner über bestimmte Eigenschaften des anderen Partners oder des Produktes nicht oder nur unzureichend informiert ist. So können z. B. notwendige Wartungs- und Reparaturaufwendungen einer Anlage im Vergleich zu einer anderen im Vorfeld verschwiegen werden. Vgl. ENDRES (2000), S. 98 ff.

<sup>148</sup> Vgl. auch DOSI et. al. (1988), S. 17 ff. und WILLIAMSON (1990), S. 93.

<sup>149</sup> Zu verschiedenen Versionen des Rationalitätsbegriffs vgl. SEN (1987), S. 68–76 und STREIT (1991), S. 230–235.

<sup>150</sup> Vgl. SCHAMP (1983) S. 77.

<sup>151</sup> Vgl. BATHELT/GLÜCKLER (2002), S. 25.

<sup>152</sup> Vgl. FRITSCH et al. (1999), S. 337 ff.

### 1.2.2. Einflüsse von Nichtrationalität auf Entscheidungen

Für die Entscheidung im Bereich neuer Märkte, wie z. B. beim Aufbau von Strukturen zur Biomassenutzung, kann jedoch auch Nichtrationalität die Entscheidungen beeinflussen. Hierbei werden drei Bereiche unterschieden: die **Irrationalität**, die **Entscheidungsanomalie** und die **Diskrepanz zwischen objektiv vorhandenem und subjektiv wahrgenommenem (ipsativem) Möglichkeitsraum**.

Irrationalität stellt nur einen Bereich des nichtrationalen Verhaltens dar. Man spricht von Irrationalität, wenn das Verhalten von Individuen gegen ihre eigenen Interessen spricht.<sup>153</sup> Diese Ausprägung wird jedoch nicht weiter untersucht, da nur das Individuum selbst den mit der Handlung verbundenen Nutzen beurteilen kann. Es soll daher davon ausgegangen werden, dass die Entscheider sich nicht gegen ihre eigenen Bedürfnisse entscheiden.

Diskrepanzen zwischen dem objektiv vorhandenen und subjektiv wahrgenommenen Möglichkeitsraum besteht dann, wenn Entscheidungsträger ihre Möglichkeiten systematisch über- oder unterschätzen<sup>154</sup>, was für die vorliegende Problematik von besonderer Bedeutung ist. Die Nutzung und Aktivierung regionaler Bioenergiepotenziale liefern neben der wirtschaftlichen Betätigung zusätzliche Vorteile für regionale Akteure. Auf Grund der schwierigen Messbarkeit dieser Vorteile können Bioenergieprojekte aber in ihren Auswirkungen systematisch unterschätzt und auf die wirtschaftlichen Ergebnisse reduziert werden. Die vorliegende Arbeit soll u. a. einen Beitrag dazu leisten, diese möglichen Auswirkungen besser darzustellen und die Entscheidungsbasis für entsprechende Projekte zu verbreitern. Bei einer Entscheidungsanomalie verstößt das Verhalten der Akteure gegen die zentralen Ergebnisse der Entscheidungstheorie. So werden spektakuläre oder negative Ereignisse, wie z. B. Probleme bei neu errichteten Biomasseanlagen, stärker betrachtet als unspektakuläre oder positive (zahlreiche funktionierende Anlagen). Weiterhin ist häufig zu beobachten, dass die Risikoaversion eines Entscheiders von der Entscheidung selbst und von der Höhe der Investition oder des möglichen

---

<sup>153</sup> Hierzu zählt u. a. der Konsum suchterzeugender Drogen oder die Selbstverstümmelung.

<sup>154</sup> So wissen Menschen zwar von der nicht unerheblichen Wahrscheinlichkeit, ab einem gewissen Alter an Krebs zu erkranken, gehen jedoch davon aus, dass sie selbst nicht davon betroffen sein werden, und unterlassen aus diesem Grund entsprechende Vorsorgeuntersuchungen.

Gewinns oder Verlusts abhängt. Für niedrige Investitionen (z. B. Lottoschein) können die Risikopräferenzen anders liegen als bei hohen (z. B. Anlageninvestition). Nicht zu unterschätzen sind außerdem die Art der Problempräsentation und die Einschätzung des Präsentierenden durch den potenziellen Investor.<sup>155</sup> So kann es vorkommen, dass Landwirte wegen ihrer möglicherweise negativen Erfahrungen aus anderen Projekten Unternehmern kritisch begegnen, wenn diese sich mit der präsentierten Handlungsalternative ebenfalls einen Gewinn versprechen (z. B. gemeinsamer Bau einer Biogasanlage).

### 1.3. Präferenzen und Ziele der Entscheidungsakteure

Die Verwendung der Definition für die Wirtschaftlichkeit eines Projekts hängt u. a. von der Organisationsform der umsetzenden Akteure ab. Unterschieden werden können private Einzelpersonen, privatwirtschaftliche Gesellschaften mit Gewinnerzielungsabsicht (z. B. GmbH, AG, etc.) und nicht gewinnorientierte Organisationen wie große Zuständigkeitsbereiche der öffentlichen Hand sowie Nicht-Regierungsorganisationen, Vereine und ähnliche. Denkbar ist auch eine Kombination mehrerer Formen (z. B. durch ein Public-Private-Partnership – PPP).

In Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen und den Zielen der Akteure können unterschiedliche Präferenzen im Rahmen einer Entscheidung bestehen. Die für die Großzahl der Entscheider wichtigsten Kriterien sind die kalkulierbaren Variablen der Wirtschaftlichkeit und der Finanzierbarkeit. Jedoch unterscheiden sich die Akteure auch in ihrer individuellen Risikopräferenz (risikoavers oder risikofreudig) sowie in der Gewichtung der nicht oder nicht direkt monetär bewertbaren Faktoren, wie Sozialverträglichkeit, Klimaschutz oder Imageverbesserung, die u. a. auch durch regionalen Patriotismus beeinflusst werden können.

Privatwirtschaftliche Gesellschaften stellen die häufigste Organisationsform bei der Umsetzung von Biomasseprojekten dar.

Die internen Unternehmensziele **privatwirtschaftlich agierender Gesellschaften** lassen sich in drei Kategorien einteilen.<sup>156</sup>

- Leistungsziele (Beschaffungs-, Lagerhaltungs-, Produktions- und Absatzziele)

---

<sup>155</sup> Vgl. FRITSCH et. al. (1999), S. 339 f.

<sup>156</sup> SCHIERENBECK (2000), S. 62.

- Finanzziele (Liquiditäts-, Investitions- und Finanzierungsziele)
- Erfolgsziele (Umsatz-, Wertschöpfungs-, Gewinn-, Rentabilitätsziele).

Aus diesen Zielen ergibt sich für jedes Unternehmen eine individuelle Ausgangsbasis bei der Entscheidung für oder gegen eine bestimmte Investition. Im Allgemeinen ist jedoch davon auszugehen, dass zur Zielerfüllung bei der Investition in eine Biomasseanlage ein Gewinn erwirtschaftet werden soll.

Für Energieversorger in Rheinland-Pfalz haben sich Gewinnmargen zwischen 9 und 15 % als realistisch erwiesen.<sup>157</sup> Kann eine Investition in eine solche Anlage die Gewinnerwartungen nicht erfüllen, ist diese nicht zielführend und wird nicht getätigt, sofern keine weiteren übergeordneten Ziele vorliegen, deren Erfüllung mit der Investition gewährleistet wären.

Die Erzielung von Gewinnen ist nicht das vorwiegende Interesse von **Kommunen**, da diese sich zum einen aus Entgelten für ihre Leistungen und zum anderen aus Steuern finanzieren.<sup>158</sup> Die wichtigste Aufgabe der Gemeinde besteht in der Gewährleistung der Daseinsfürsorge. Diese kann durch unterschiedliche Aufgabenbereiche gewährleistet werden:

- Verwaltung der Kommune
- Planung in finanzieller, fachlicher und räumlicher Hinsicht
- Schaffung und Bereitstellung öffentlicher Einrichtungen
- Förderungsaufgaben auf dem Gebiet der Wirtschaft oder Landwirtschaft sowie Fremdenverkehr und Baulandbeschaffung
- wirtschaftliche Betätigung zur Versorgung der Bevölkerung mit Strom, Gas, Wasser und Fernheizung sowie Verkehrsunternehmen.

Weiterhin gibt es für die wirtschaftliche Betätigung von Gemeinden folgende Voraussetzungen:<sup>159</sup> Eine wirtschaftliche Tätigkeit ist für Gemeinden zulässig, wenn

- der öffentliche Zweck das Unternehmen rechtfertigt

---

<sup>157</sup> Projekterfahrungen des Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

<sup>158</sup> Vgl. z. B. Gemeindeordnung für Rheinland-Pfalz in der Fassung vom 31.1.1994, GemO § 94 (2), (1994) und Gemeindeordnung für das Land Nordrhein-Westfalen (GO) § 107 in der Fassung der Bekanntmachung vom 14.7.1994

<sup>159</sup> Vgl. Gemeindeordnung Rheinland-Pfalz § 85 (1) 1

- das Unternehmen nach Art und Umfang in einem angemessenen Verhältnis zu der Leistungsfähigkeit der Gemeinde und dem voraussichtlichen Bedarf steht
- der Zweck nicht besser und wirtschaftlicher durch einen anderen erfüllt wird oder erfüllt werden kann.

Die Gemeinde darf sich an einem wirtschaftlichen Unternehmen beteiligen, wenn die oben genannten Voraussetzungen vorliegen und wenn für die Beteiligung eine Form gewählt wird, die die Haftung der Gemeinde auf einen bestimmten Betrag begrenzt.<sup>160</sup>

Wirtschaftliche Unternehmen sollen einen Überschuss für den Haushalt der Gemeinde abwerfen, soweit dies mit der Erfüllung ihrer öffentlichen Aufgaben in Einklang zu bringen ist.<sup>161</sup> Die Erträge jedes Unternehmens sollen so hoch sein, dass

- mindestens alle Aufwendungen gedeckt werden
- die Zuführungen zum Eigenkapital (Rücklagen) ermöglicht werden, die zur Erhaltung des Vermögens des Unternehmens sowie zu seiner technischen und wirtschaftlichen Fortentwicklung notwendig sind
- eine marktübliche Verzinsung des Eigenkapitals erzielt wird.

Können für eine Investitionsentscheidung die oben angeführten Voraussetzungen erfüllt werden, ergibt sich für Kommunen durch die Möglichkeit der Inanspruchnahme eines Kommunalkredits ein finanzieller Vorteil gegenüber privatwirtschaftlichen Investoren. Da der Zinssatz eines Kommunalkredites um 0,3–1 % unter dem Marktzins liegt<sup>162</sup>, sind die Finanzierungskosten entsprechend geringer anzusetzen.

Die weitergehende Definition für Wirtschaftlichkeit aus Sicht der öffentlichen Verwaltung, die den Nutzen ins Verhältnis zu den Kosten setzt, erlaubt ggf. neben der rein finanziellen Betrachtung auch eine Einbeziehung von volkswirtschaftlichem oder ökologischem Nutzen einer Alternative. Kommunale Unternehmen und

---

<sup>160</sup> Vgl. § 87 GemO.

<sup>161</sup> Vgl. § 90 GemO.

<sup>162</sup> KIRCHHOFF (1996) und persönliche Mitteilung, Hans-Ulrich Hengst, Stadtkämmerer der Stadt Fürstenwalde Spree, 6.5.2003.

Einrichtungen „sind so zu führen, zu steuern und zu kontrollieren, dass der öffentliche Zweck nachhaltig erfüllt wird“. <sup>163</sup> So kann bei gleichen oder geringfügig höheren Kosten einer Energieanlage bei entsprechender Argumentation die volkswirtschaftlich oder gesamtwirtschaftlich günstigere Variante gewählt werden. <sup>164</sup> Unter Berücksichtigung der oben genannten Voraussetzungen soll für Kommunen von einer geforderten Kapitalverzinsung von ca. 3–4 % ausgegangen werden.

Die Ziele privater Personen oder privater Personengruppen unterscheiden sich stark nach Interesse, Kenntnissen und Neigungen. Als private Personen(-gruppen) können im Rahmen dieser Untersuchung auch wirtschaftlich tätige Vereinigungen bezeichnet werden, deren Hauptgeschäftszweck nicht in der Erwirtschaftung von Gewinnen durch den Betrieb von Biomasseanlagen liegt. Ziel des Anlagenbetriebes kann vielmehr die Energieversorgung bzw. die Unabhängigkeit von internationalen Öl- oder Gasvorkommen sein. Auch hier ist eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung meist Basis der Entscheidung, da die entstehenden Kosten gedeckt werden müssen. Je nach Motivation der Entscheider können die Gewinnerwartungen von der reinen Kostendeckung bis zu Maximalforderungen, vergleichbar mit denen der oben beschriebenen wirtschaftlichen Organisationen, variieren. Das Entscheidungsverhalten ist daher für diese Gruppe nicht eindeutig zu klassifizieren und kann lediglich anhand von konkreten Beispielen mit bekannten Präferenzen dargestellt werden.

Die Wirtschaftlichkeit einer Anlage und die Entscheidung zu ihrer Umsetzung hängen damit neben den entstehenden Kosten und Aufwendungen auch von den Präferenzen der Akteure und von deren Zielen ab. Eine Investition ist damit umso interessanter, je mehr sie – nach Ansicht des Akteurs – zur Zielerreichung beiträgt. Bei der Vernetzung und Einbeziehung von Akteuren aus verschiedenen Akteursgruppen sind die jeweils unterschiedlichen Nutzenerwartungen zu berücksichtigen. Häufig kann eine geeignete Kommunikation hinsichtlich der Projektergebnisse und -

---

<sup>163</sup> Gemeindeordnung für das Land Nordrhein-Westfalen (GO), § 109.

<sup>164</sup> Vor allem im Bereich der technischen Investitionen besteht die Möglichkeit einer Berücksichtigung der kommunalen Ziele. So kann z. B. eine höhere Investition in eine Heizung zur Nutzung von kommunalem Grünschnitt durch die Reduzierung von Entsorgungskosten und die Schaffung zusätzlicher Arbeitsplätze begründet werden.

auswirkungen das Nutzenbewusstsein verschiedener Akteursgruppen auch hinsichtlich anderer Akteure steigern. Die Verdeutlichung der Effekte außerhalb der reinen Ökonomie wird jedoch derzeit für die Akteure häufig nicht deutlich argumentierbar, so dass der Grad der außerökonomischen Zielerreichung für viele Projekte nicht quantifizierbar bleibt. Hierzu merken zahlreiche Akteure Handlungsbedarf hinsichtlich von Argumentationshilfen und Instrumentarien zur Bewertung der außerökonomischen Effekte an.<sup>165</sup>

Neben der Problematik der erforderlichen Wirtschaftlichkeit bzw. der Zielerreichung bestehen unter Umständen weitere mögliche Hemmnisse, die für eine erfolgreiche Umsetzung überwunden oder umgangen werden müssen.

## **2. Hemmnisse und negative Einflüsse auf die Entscheidung zur Potenzialaktivierung**

Neben der Betrachtung der Voraussetzungen und positiven Einflussfaktoren für eine Projektentscheidung sind auf Basis der in Abschnitt C.3 dargestellten Besonderheiten der energetischen Bioenergienutzung vor allem auch Hemmnisse und negativen Einflüsse für eine Entscheidung zu betrachten. Diese Faktoren sind tendenziell umso zahlreicher, je umfangreicher die Projektstrukturen und je zahlreicher die einzubeziehenden Akteure sind. Vor allem bei der Aktivierung von bisher ungenutzten Potenzialen bedarf es häufig der Einbeziehung verschiedener Anspruchsgruppen, welche die Möglichkeiten einer Nutzung bisher nicht in Betracht gezogen haben.

In der Literatur finden sich kaum Hemmnisuntersuchungen im Bereich der energetischen Biomassenutzung. THRÄN/KALTSCHMITT liefern hierzu einen Ansatz für die energetische Festbrennstoffnutzung und kategorisieren die einzelnen Hemmnisse, wie in Abbildung 39 dargestellt, in verschiedene Typen, die durch Wirkungsorte, Akteure, Handlungsoptionen und Handlungszeiträume gekennzeichnet sind.

---

<sup>165</sup> Eigene Erfahrungen am IfaS.

Übergeordnete Hemmnisse	Uneinheitliche Begriffe und Definitionen
Ressourcenseitige Hemmnisse	Ressourcenverfügbarkeit Ressourcenerschließbarkeit Brennstoffeigenschaften Brennstoffmarkt
Technische Hemmnisse	Technischer Stand Technikverbreitung Ökologische Effizienz
Wirtschaftliche und Finanzierungshemmnisse	Investitionskosten Kreditfähigkeit Brennstoffkosten Ungeeignete Förderung
Administrative Hemmnisse	Abwägung mit Naturschutz Genehmigungsfähigkeit der Anlagen Vorgaben des Abfallrechtes Umgang mit Reststoffen
Soziale Hemmnisse	Allgemeine Informationsdefizite Nutzerakzeptanz Anwohnerakzeptanz Allgemeine Akzeptanz
Nachfragebedingte Hemmnisse	Strukturen des Energiesystems Netzzugang

**Abbildung 39: Hemmniskategorien im Rahmen der energetischen Nutzung biogener Festbrennstoffe – Quelle: nach THRÄN/KALTSCHMITT (2004)**

In den einzelnen genannten Bereichen können sich Hemmnisse ergeben, die für eine Projektumsetzung ausgeräumt werden müssen. In Ergänzung und unter Einbeziehung der oben dargestellten Kategorien wird jedoch im Folgenden auf die einzelnen Projektstadien der Umsetzung eines Bioenergie-Projekts und die hierbei möglicherweise auftretenden Hemmnisse bzw. verschiedene zu beachtende Sachverhalte eingegangen. Die Ausführungen gelten sowohl für feste als auch flüssige und nicht-holzartige Bioenergieträger und enthalten erste Hinweise für eine

Vermeidung der Hemmnisentstehung.<sup>166</sup> Bei der Umsetzung von Projekten sind verschiedene Stadien zu durchlaufen, in denen Voraussetzungen erfüllt und Entscheidungen getroffen werden müssen. Die folgenden Stadien werden daher genauer dargestellt:<sup>167</sup>

- Ideenfindung und Vorplanung
- Potenzialaktivierung und langfristige Sicherung des Angebots
- Technikauswahl
- Finanzierung und Wirtschaftlichkeit
- Genehmigung und administrative Rahmenbedingungen
- Planung und Bau
- Konfektionierung, Lagerung und Transport
- Anlagenbetrieb
- Produkt und Reststoffabsatz
- Auswirkungen auf die Umwelt und die Region.

## **2.1. Ideenfindung und Vorplanung**

Der Gedanke legt den Grund für die Tat<sup>168</sup>

Die Umsetzung eines jeden Projekts hängt davon ab, dass eine Person oder eine Gruppe von Personen dieses auf Basis einmal entstandener Ideen entwickelt. Für zahlreiche Vorhaben der energetischen Nutzung bestehen bereits weit bekannte Umsetzungsmöglichkeiten, die auf die gegebene Situation häufig „nur“ angewendet und angepasst werden müssen. Neue Ideen scheitern nicht selten daran, dass für sie bisher noch kein Beispiel existiert, und damit daran, dass sie neu oder noch nicht bekannt sind.<sup>169</sup> Die energetische Biomassenutzung hat in den vergangenen Jahren deutlich an Interesse gewonnen. Dennoch bestehen Vorbehalte und Informationsmängel gegenüber bestehender Möglichkeiten und etwaiger Risiken. Um diese abzubauen und ein Projekt zur Umsetzung zu führen, bedarf es engagierter Akteure,

---

<sup>166</sup> Konzeptionelle Lösungsansätze werden in Abschnitt G.1 weiter erläutert.

<sup>167</sup> Vgl. HECK/HOFFMANN/WERN (2004), S. 522 ff.

<sup>168</sup> H. v. MOLTKE.

<sup>169</sup> In der Praxis werden die Zweifel gegenüber Neuem häufig so ausgedrückt: „Wenn das (so gut) funktionieren würde, warum macht es dann nicht schon jeder?“

die in der Umsetzung eines Bioenergieprojektes die Möglichkeit der Erfüllung ihrer (Teil-)Ziele erkennen und als Initiatoren fungieren. Vor allem in Regionen, in denen die energetische Biomassenutzung noch nicht weit fortgeschritten ist, wird das Engagement dieser Akteure benötigt. Daraus wird deutlich, dass die Information über die Möglichkeiten der Nutzung von Biomassen und die bestehenden Potenziale eine große Rolle für deren Umsetzung spielen.<sup>170</sup>

Die Idee zur Durchführung von Biomasseprojekten kann sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite entstehen. Initiatoren von Biomasseprojekten können Kommunen, die Landwirtschaft, die Forstwirtschaft, private oder gewerbliche Biomassebesitzer, Technologielieferanten oder Dienstleister sein, die jeweils unterschiedliche Motivationen zur Umsetzung der Projekte verfolgen können. Die Idee für die Generierung eines Angebotes entsteht dabei in Abhängigkeit von der jeweiligen Situation des Anbieters. Voraussetzung für die Ideenfindung ist jedoch, dass der potenzielle Anbieter über die Möglichkeiten und den Wert seines Produktes informiert ist. Ist dies nicht der Fall, werden Potenziale nicht aktiviert. Bereits an dieser Stelle setzt Stoffstrommanagement ein. Durch das gezielte Aufspüren von Potenzialen und die Untersuchung der Möglichkeiten der Kombination der einzelnen Partner und Stoffströme können auch Biomassemengen interessant werden, deren Quantität allein nicht für den wirtschaftlichen Betrieb einer Anlage ausreichen würde.<sup>171</sup>

Die Entwicklung von automatisch betriebenen Biomasseanlagen mit kontrollierten Abgaswerten und Wirkungsgraden bis zu 95 % ermöglicht erstmals eine gleichwertige Konkurrenz zu konventionellen Öl- und Gasheizungen. Die am weitesten verbreitete Technologie zur Nutzung von Biomasse ist jedoch auch derzeit noch die der manuell beschickten Kamin- und Kachelöfen in Eigenheimen oder landwirtschaftlichen Betrieben, so dass der Begriff der Biomassenutzung häufig mit manuell betriebenen und daher unkomfortablen Anlagen gleichgesetzt wird. Viele

---

<sup>170</sup> Vgl. EICHELBRÖNNER et. al (1997), S. 10–31, 11–33 und 12–13.

<sup>171</sup> So kann z. B. kommunaler Grünschnitt, der häufig mit Kostenaufwand kompostiert wird, bei entsprechender Planung in einer Hackschnitzelheizung zur Energiegewinnung genutzt werden. Dies führt nicht nur zur Aktivierung von Potenzialen, sondern kann auch zur Reduzierung der Entsorgungs-/ Verwertungskosten beitragen.

potenzielle Nutzer, aber auch Planer und Heizungsbauer haben sich noch nicht mit der Thematik der automatisch beschickten Biomasseanlagen auseinander gesetzt und lehnen diese daher ab oder empfehlen standardmäßig eine konventionelle Anlage. Deshalb ist als eines der größten Hemmnisse der **Mangel an Information über die bestehenden Möglichkeiten** zu nennen.

Einen weiteren Aspekt, der die Initiierung von Bioenergieprojekten hemmen kann, stellen die häufig umfangreicheren Vorplanungsarbeiten gegenüber der Planung von konventionellen Systemen oder der Beibehaltung des Status Quo dar. Auf Grund der noch relativ neuen Technologie, die standortbezogen ausgewählt und angepasst werden muss, ist es bei der Biomassenutzung nur in geringem Umfang möglich, standardisierte „Komplettpakete“ umzusetzen. Umsetzungswillige Akteure sehen sich daher vor der Vergabe eines konkreten Planungsauftrages gezwungen, sich mit der Thematik und den Möglichkeiten der gegebenen Ausgangssituation auseinander zu setzen. Die Vorplanung oder Machbarkeitsbetrachtung, die zum Ziel hat, die spezifischen Voraussetzungen auf eine Durchführbarkeit zu überprüfen und Ansatzpunkte für einen wirtschaftlich positiven Betrieb verschiedener Technologien abzuschätzen, nimmt daher viel Zeit in Anspruch, verursacht Kosten und bietet dennoch keine Garantie eines positiven Resultats. Für viele potenzielle Akteure in Kommunen oder in Unternehmen bildet der Betrieb von Biomasseanlagen nicht das Hauptbetätigungsfeld. Daher müssen nötige Informationen hierzu beschafft oder Know-how extern eingekauft werden. Solche Kostengesichtspunkte verhindern bei möglichen Nachfragern oft eine intensivere Beschäftigung mit dem Thema, sofern nicht wesentliche Einsparungen erwartet werden können. Die Aktivierung dieser Potenziale erfolgt alternativ erst bei steigendem Kostendruck.<sup>172</sup>

## **2.2. Potenzialaktivierung und langfristige Sicherung des Angebotes**

Die Nutzung von Bioenergieträgern setzt das Vorhandensein von entsprechenden Potenzialen und das Erkennen derselben voraus. Diese unterscheiden sich jedoch in der jeweiligen Region stark nach Art der Biomasse, Anfalldichte und Anfallort. Bei der Ermittlung der Potenziale hinsichtlich einer energetischen Nutzung sollten daher die jeweiligen geographischen, strukturellen, administrativen und ökonomischen Rahmenbedingungen sowie die langfristige Verfügbarkeit berücksichtigt werden. Die

---

<sup>172</sup> Vgl. HECK/HOFFMANN/WERN (2004), S. 525 f.

Bereitstellung von Potenzialen kann – abhängig von der Biomasse – auf unterschiedlich starkem Niveau mit steigenden Absatzpreisen bis zu einem definierten Punkt<sup>173</sup> gesteigert werden. Bestehende und traditionell etablierte Verwertungsstrukturen<sup>174</sup> führen häufig dazu, dass vorhandene Potenziale nicht oder erst spät erkannt werden. Erst bei steigendem Kostendruck, der von Material zu Material unterschiedlich sein kann, erhöht sich das Interesse an der Aktivierung der verfügbaren Potenziale.

Die Aktivierung von Potenzialen in Form von Angeboten muss in Wechselwirkung mit der Nachfrage erfolgen. Für die Potenzialaktivierung relevant sind zum einen Nachfrager nach Rohstoffen, die am Betrieb einer Anlage interessiert sind und hierfür Biomassen, Technologien und Dienstleistungen nachfragen, zum anderen aber auch deren Nachfrager nach den Produkten Wärme/Kälte, Strom, Düngemitteln oder zu entsorgender Güter und Emissionen. Da ein funktionierender Markt sowohl eines Angebots als auch einer Nachfrage bedarf, liegt ein Hemmnis häufig bei der Nichtexistenz eines entsprechenden Marktes. Vor allem für das Angebot und die Nachfrage nach Biomassen besteht auf Grund des – gegenüber Öl und Gas – geringeren Energiegehalts von Biomasse und der damit begrenzten wirtschaftlich vorteilhaften Transportentfernung eine regionale Beschränkung des Marktes. Sind in einem definierten Umkreis (z. B. 50 km für Holzhackschnitzel) (noch) keine Anbieter oder Nachfrager vorhanden oder sind diese den potenziellen Marktteilnehmern nicht bekannt, ist in der Praxis häufig das so genannte „Henne-Ei-Problem“ zu beobachten. Solange keine Nachfrage vorhanden ist, entsteht kein Angebot. Umgekehrt gilt die Aussage ebenfalls, solange mit den fossilen Energieträgern noch eine alternative Möglichkeit zur Deckung der Bedürfnisse vorhanden ist und der dafür entstehende Kostendruck für die Akteure (noch) annehmbar ist. Während Strom durch die Vorgaben des Gesetzes für den Vorrang erneuerbarer Energien in der Regel in das öffentliche Netz abgegeben werden kann, liegt ein Marktversagen häufig im Produktbereich Wärme vor. Für Wärme bestehen am Markt weitere

---

<sup>173</sup> Der maximale Punkt ist das technische Potenzial, das jedoch wiederum von der aktuell verfügbaren Nutzungstechnologie abhängig ist. Für weitere Ausführungen zu den Potenzialen s. Abschnitt C.4.

<sup>174</sup> Wie z. B. die Kompostierung von Grünschnitt oder Bioabfällen, das Verblasen von Straßenpflegeschnittholz in die Böschung etc.

Substitute (Öl, Gas, Elektro etc.), die bereits seit Jahrzehnten weit verbreitet und somit allen potenziellen Abnehmern mit ihren Bezugsstrukturen bekannt sind. Besteht bei der Erneuerung oder Neuplanung einer Heizung daher kein Angebot für einen alternativen Brennstoffbezug, greifen zahlreiche Entscheider auf die konventionellen und bekannten Energieträger zurück. Anbieter von Biomassen ihrerseits erkennen oft keinen Handlungsbedarf, solange noch keine konkrete Nachfrage nach einem bisher nicht in entsprechender Form hergestellten Produkt besteht. Daher scheitern in zahlreichen Regionen Projekte an der Nichtverfügbarkeit von Rohstoffen in geeigneter Qualität.<sup>175</sup>

Haben die Akteure die Möglichkeiten der vorhandenen Potenziale erkannt, stellt die Erwartung wirtschaftlicher Vorteile durch den Verkauf der Güter oder Leistungen bzw. die kostengünstigere Entsorgung der anfallenden Biomassen den häufigsten Motivationsgrund für das Angebot von Biomassen oder die eigenständige energetische Nutzung dar. Jedoch werden auch andere Ziele, wie z. B. die Erwartung einer Qualitätsverbesserung der Outputstoffe (z. B. bei Wirtschaftsdünger), oder die langfristige Sicherung eines unsicheren oder instabilen Absatzmarktes als Gründe für die Aktivierung von Bioenergieträgern genannt.

Die Sicherung des Absatzmarktes bietet gleichsam Hemmnis und Chance für Biomassebesitzer. Langfristige Lieferverträge können die Akteure unabhängig von überregionalen und internationalen Einflüssen der Energiewirtschaft und den Globalisierungseffekten machen. Eine solche längerfristige Bindung ist jedoch nicht bei allen Akteuren in deren bestehenden Geschäftsfeldern üblich.<sup>176</sup> Daher werden oft Vorbehalte geäußert, da sich für Anbieter und Nachfrager in Zukunft evtl. attraktivere Optionen ergeben könnten. Häufig wird das Risiko, dass sich die künftigen Preise auch nachteilig entwickeln können, jedoch unterbewertet (vgl. Abschnitt D.1.2.2). Eine individuell festgelegte Preisgleitklausel, die z. B. ein Preisniveau in einer Teilanbindung an Weltmarktpreise in Kombination mit regionalen

---

<sup>175</sup> zu Konfektionierungsanforderungen hinsichtlich der Qualität von Inputstoffen s. D.2.4.

<sup>176</sup> Vor allem in der Landwirtschaft werden Entscheidungen für den Anbau und die damit zu erwartenden Erlöse meist jährlich bzw. für wenige Jahre im Rahmen der Fruchtfolge im Voraus getroffen.

Rohstoffpreisen festlegt, kann für alle Marktteilnehmer langfristige Planungsgrundlagen schaffen.

In anderen Bereichen, wie z. B. in der kommunalen Abfallwirtschaft, in denen langfristige Verträge üblich sind, kann eine solche Bindung und die daraufhin erfolgte Investition in eine alternative Anlage, z. B. eine Kompostierungsanlage, eine kurzfristige Umlenkung der Stoffströme verhindern. Für kommunale Biomassen bedarf es daher einer mittel- bis langfristigen Planung.

### **2.3. Technikauswahl und Planung**

Auf Grund der unterschiedlichen Brennstoffanforderungen sind Technologien zur Nutzung von Bioenergieträgern häufig in der Zuführung oder der Verbrennungstechnologie aufwändiger als vergleichbare Anlagen fossiler Energieträger. Die noch vergleichsweise junge Technologie verfügt zudem meist noch nicht über eine jahrzehntelange Optimierungsgeschichte wie vergleichbare Technologien auf Gas, Öl- oder Kohlebasis. Die Auswahl einer geeigneten Anlagentechnik trägt entscheidend zur Wirtschaftlichkeit, zur Zufriedenheit des Anlagenbetreibers und damit zum Image der Bioenergietechnologie und deren Ausbreitung in der Region bei. Nicht funktionierende oder schlecht auf den Einsatzstoff abgestimmte Anlagen können hemmend auf weitere Initiatoren wirken. Von besonderer Bedeutung ist es daher, die Auswahl der Anlagentechnologie auf den zu verwendenden Inputstoff abzustimmen. Gegebenenfalls muss zur Verwertung eines größeren Inputspektrums in eine Technologie mit höheren Kosten investiert werden, die anschließend eine flexiblere Materiallogistik ermöglicht.<sup>177</sup>

Häufige Probleme aus der Praxis resultieren aus einer mangelhaften Abstimmung des Inputs auf die Technologie bzw. umgekehrt. Hierzu bedarf es eines erhöhten Informationsaufwandes bei den Entscheidern und einer umfangreichen Wissensvermittlung an Planer und Betreiber, da in dem noch jungen Markt ständig neue Technologien in der Entwicklung und Erprobung sind, so dass ggf. Lösungen für die jeweiligen individuellen Fragestellungen bereits am Markt vorhanden sind, deren Verbreitung jedoch noch durch fehlendes Wissen gehemmt wird.

---

<sup>177</sup> Quelle zum Bedarf der Abstimmung der Technologie auf den Inputstoff. EMMERICH, Ingenieurbüro PEC am 6.2.2006 in Zerf.

Entsprechend der Voraussetzungen, unter denen die Anlage betrieben werden soll, sind Technologien auszuwählen, die ebenfalls an die Rahmenbedingungen der Nutzer angepasst sind. Vor allem im kleineren und mittleren Leistungsbereich bestehen bereits zahlreiche Anlagen, die auch von Laien problemlos betrieben werden können. Ein Großteil der Anlagen erfordert jedoch technischen Sachverstand und regelmäßigen Arbeitsaufwand, um einen problemlosen Betrieb zu gewährleisten und damit die ökonomischen und genehmigungsrechtlichen Vorgaben zu erfüllen.

Die Auswahl der Technologie ist ebenfalls abhängig von den Anforderungen aus Sicht der Abnahme. Möglichst lange Laufzeiten verbessern bei Biomasseanlagen mit vergleichsweise hohen Investitionskosten und geringen Brennstoffkosten die Wirtschaftlichkeit. Die Regelbarkeit verschiedener Technologien unterscheidet sich stark. Besteht bei den Abnehmern über das Jahr verteilt ein sehr unterschiedliches Lastprofil (z. B. im Winter hoher, im Sommer niedriger Energiebedarf), muss vor der Auswahl der Technologie bzw. der Dimensionierung ihrer Leistung geklärt werden, welche Anlagenlaufzeiten abgedeckt werden sollen und ob die Anlage entsprechend zur Deckung der Grundlast oder auch zur Deckung der Spitzenlast ausgelegt werden muss. Überdimensionierte Anlagen, vor allem im Bereich der Festbrennstoffverwertung, weisen meist nicht die erwartete Effizienz und Verfügbarkeit auf und verhindern damit die optimale Wirtschaftlichkeit durch häufigere Wartungsarbeiten und höheren Brennstoffverbrauch beim Betrieb. Zusätzlich können durch unvollständige Verbrennung ggf. emissionsrechtliche Vorgaben nicht eingehalten werden.

Die Auslegung von stromgeführten Anlagen erfolgt in Deutschland durch die Abnahmegarantie des EEG größtenteils auf Basis der vorhandenen bzw. der akquirierbaren Inputstoffe und -mengen sowie der gesetzlichen Vorgaben für Einspeisevergütungen.<sup>178</sup> Für inselbetriebene Anlagen bedarf es jedoch auch hier einer gesonderten Abstimmung, vor allem wenn durch die Anlage die

---

<sup>178</sup> Rahmendaten der Einspeisung von Strom für Biogasanlagen legen die Leistungsgröße von 500 kW<sub>el</sub> als eine Grenze für die Abstufung der Höhe der wirtschaftlich sehr attraktiven Einspeisevergütung je kWh fest. Jede weitere kWh wird mit einem geringeren Betrag vergütet, so dass sich hierbei für viele Betreiber eine künstliche Beeinflussung der zu installierenden Leistung ergibt. Die genauen Vergütungssätze s. Abschnitt C.2.6.

Versorgungssicherheit gewährleistet werden soll. In diesem Fall müssen zusätzliche Sicherungssysteme auf fossiler oder regenerativer Basis<sup>179</sup> eingeplant werden.

Die Planung von Projekten mit neuer Technologie, die mit umfangreichen stoffstromtechnischen Voraussetzungen verknüpft ist, bedarf daher einer intensiven Beschäftigung mit allen Einflussbereichen und Anforderungen. So erfordert die Planung von Biomasse-Energieanlagen eine Anpassung an standort- und stoffstromspezifische Voraussetzungen und Bedürfnisse. Für Planer konventioneller Energieversorgungsanlagen bedeutet dies, ebenso wie in der Vorplanung, auch in der konkreten Projektplanung einen **zusätzlichen Planungsaufwand**, der vor allem bei den ersten Anlagen häufig nicht voll vergütet werden kann. Dies trägt dazu bei, dass bei zahlreichen Planern und Heizungsbauern aus dem konventionellen Bereich das Interesse für die Umsetzung von Biomasseprojekten auf Grund der für sie zu hohen Transaktionskosten (Informationsbeschaffung, Know-how-Aneignung, Information möglicher Kunden, evtl. Organisation der Brennstoffbereitstellung und Definition der Anforderungen an den geeigneten Inputstoff etc.) gering ist.

Wie bei jeder neuen Entwicklung ergeben sich auch im Bereich der Biomassenutzung bei den ersten gebauten Anlagen technische, organisatorische oder planungsbedingte Probleme und so genannte „**Kinderkrankheiten**“, die als Beispiel für künftige Anlagen herangezogen werden. Diese Beispiele beeinflussen auch das Interesse der Akteure an künftigen Projekten. Je nach Informations-, Innovations- und Wissensstand des jeweiligen Akteurs können **negative Beispiele** sowohl zur Erweiterung des Wissens für die Planung neuer als auch zur Verhinderung weiterer Projekte beitragen. Häufig fehlt dem Laien jedoch die Information, die entsprechenden Fehler zu identifizieren und zu bewerten.

#### **2.4. Konfektionierung, Lagerung und Transport**

Ist die Auswahl der Technologie auf Basis der vorhandenen Potenziale erfolgt, können die Anforderungen an die Aufbereitung/Konfektionierung festgelegt werden. Das größte Hemmnis im Bereich der Konfektionierungsdienstleistung beim Beginn der Aktivierung von Bioenergiepotenzialen besteht in der für die meisten Biomassen

---

<sup>179</sup> Flexibel regelbare Brennstoffe sind neben fossilem Öl oder Gas z. B. auch Pflanzenöl oder Biodiesel, die sich lagern lassen und bei Bedarf zum Einsatz kommen können.

noch nicht flächendeckend vorhandenen Struktur. Zur Produktion hochwertiger Inputstoffe für Biomasseanlagen müssen, wie bereits im Abschnitt D.2.3 dargestellt, die Inputstoffe auf die Anlagentechnologie angepasst werden. Dies bedingt ggf. die Anschaffung neuer Maschinen oder die Umstellung von bestehenden Ernte- und Logistikverfahren, die bisher häufig einem anderen Zweck als der Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Inputmaterial für Biomasseanlagen dienen.<sup>180</sup> Hemmnisse ergeben sich vor allem in Regionen mit noch geringer Verbreitung der entsprechenden Technologie, durch die Vorgabe von minimalen Absatzmengen für einen wirtschaftlichen Betrieb der Aufbereitungseinheiten. Für die Anschaffung geeigneter Geräte im Rahmen von Bioenergieprojekten, sofern nicht bestehende Einheiten genutzt werden können, bedarf es daher einer kritischen Absatzmenge. Vor allem für sehr kostenintensive Maschinen wie spezielle Erntegeräte (z. B. für schnell wachsende Hölzer) oder Hacker ist es wichtig, nicht nur einzelne Anlagen beliefern bzw. einzelne Felder beernten zu können, sondern größere Mengen in einer Region zu verarbeiten. Daher sollte die Kapazität durch mehrere Anlagen oder durch andere Bereiche außerhalb der Bioenergienutzung zum Einsatz kommen und ggf. erweiterungsfähig sein. Für die ersten Pilotprojekte können Geräte aus anderen Regionen ausgeliehen werden, jedoch ergibt sich die maximale regionale Wertschöpfung erst bei einer größeren Absatzmenge innerhalb einer Region. Dies gilt vor allem für die Holzaufbereitung. In Forstbetrieben, deren Sortiment noch kein Energieholz enthält, bleibt Schwachholz häufig aus Kostengründen im Wald liegen. Die marktfähigen Sortimente wie Industrie- oder Bauholz werden als Stammholz am Waldrand abgelegt und zur Trocknung aufgeschichtet. Eine Produktion von Hackschnitzeln erfolgt üblicherweise nicht. Daher bedarf es auch für die Nutzung der forstlichen Potenziale eines weiteren Partners zur Konfektionierung, Lagerung und

---

<sup>180</sup> Zur langfristigen Bereitstellung von qualitativ hochwertigen Hackschnitzeln werden entsprechende Hacker benötigt, die eine gleich bleibende Qualität gewährleisten können. Die aktuelle Behandlung von Grünschnitt zielte bisher lediglich auf die Zerkleinerung zum Zwecke der Verdichtung ab. Eine entsprechende Qualität war bisher nicht angestrebt. Daher sind in zahlreichen Regionen vorwiegend Schredder im Einsatz, die zwar eine Zerkleinerung gewährleisten, aber keine qualitativ hochwertigen Hackschnitzel produzieren. Ein Grund für den Einsatz von Schreddern ist allerdings die größere Unempfindlichkeit gegenüber Fremdstoffen im Material (z. B. Nägel oder andere Metallteile), die bei Hackern Probleme verursachen können. Dies ist bei der Auswahl der Konfektionierungseinheit zu berücksichtigen.

häufig auch zum Transport, sofern dies der Forst nicht selbst übernehmen kann. Maschinen- und Betriebshilfsringe sowie Lohnunternehmer übernehmen häufig diese Arbeiten, die jedoch fallspezifisch koordiniert werden müssen.

Im landwirtschaftlichen Bereich bestehen für die Konfektionierung, Lagerung und den Transport meist nur geringe Hemmnisse, da diese zum Kerngeschäftsfeld der Landwirte zählen. Für die Zulieferung von Substraten für Biogasanlagen ist die Landwirtschaft daher größtenteils mit den benötigten Geräten ausgerüstet. Jedoch ist eine projektspezifische Koordination und Abstimmung der zeitlichen Planung und der spezifischen Ernte und Konfektionierungsvorgaben nötig, die gegebenenfalls die Errichtung weiterer Lagerkapazitäten oder die Anschaffung weiterer Fahrzeuge (z. B. Güllefass zur zeitnahen Belieferung der Anlage oder Schleppschlauchausbringeinrichtung) erfordern. Eine genaue Abstimmung der benötigten Qualitäten und Arbeitsschritte ist unvermeidlich und kann bei Nichterfolgen zu langfristigen Auswirkungen auf die technische Handhabbarkeit und die Wirtschaftlichkeit führen.<sup>181</sup>

Für größere Konfektionierungseinheiten wie Pelletierungsanlagen für Sägespäne zu Holzpellets oder Pflanzenölpresen muss ebenfalls ein Mindestabsatz in der Region kalkulierbar sein. Marketingmaßnahmen vor und nach der Errichtung der Anlage tragen dazu bei, für das bestehende Angebot eine entsprechende Nachfrage zu generieren.

## **2.5. Wirtschaftlichkeit und Finanzierung**

Die Entscheidung für eine Investition in eine Biomasseanlage wird in der überwiegenden Zahl der Fälle aus wirtschaftlichen Gründen getroffen. Hierbei wird entweder die Erwirtschaftung von Gewinnen oder die Reduzierung von Kosten erwartet. Ob die darstellbaren ökonomischen Ergebnisse den Erwartungen der Investoren entsprechen, hängt von deren Präferenzen (vgl. Abschnitt D.1.3) und den Alternativen ab. Um eine Vergleichbarkeit mit einer Alternative – die auch die so genannte Nulloption (vgl. Abschnitt D.1.1) berücksichtigt – zu gewährleisten, bedarf es daher einer Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Berücksichtigung aller

---

<sup>181</sup> So können z. B. zu lang geschnittene Fasern von Grassilage beim Einsatz in Biogasanlagen zu Schwimmdecken bei der Vergärung führen, was den technischen Betrieb und damit die Wirtschaftlichkeit beeinflusst.

ökonomischen Rahmendaten. Durch den höheren technischen Aufwand im Vergleich zu fossilen Anlagen ergeben sich für Bioenergieanlagen meist entsprechend höhere Investitionskosten. Vor allem Kommunen dienen in der Entwicklung der regionalen Bioenergienutzung häufig als Multiplikator und können durch die Errichtung kleinerer und mittlerer Anlagen zur Beheizung der kommunalen Gebäude Vorreiter und Wegbereiter für eine umfangreichere Bioenergienutzung sein. Die kommunalrechtliche Vorgabe des Bezugs der kostengünstigsten Investitionsalternative wird hierbei häufig als Hemmnis dargestellt, sofern nicht die gesamten Kosten über die Anlagenlaufzeit berücksichtigt werden. Durch die Berücksichtigung der Investitions- als auch der jährlichen Betriebskosten im Rahmen einer Amortisationsrechnung ergibt sich für Ersatzinvestitionen (z. B. in eine neue Heizanlage) eine Verschiebung der Ausgaben in den verschiedenen Bilanzpositionen. Während die Investitionskosten im Jahr  $t_0$  gegenüber denen fossiler Energieträger erhöht sind, liegen die jährlichen Betriebskosten ggf. niedriger. Die höhere Investition im Anschaffungsjahr kann, vor allem in kommunalen Budgets, die meist mittel- bis langfristig für mehrere Monate oder Jahre im Voraus festgelegt werden, die Finanzierung hemmen.

Der Finanzierungsaspekt ist vor allem von Interesse, wenn für Zusatzinvestitionen (z. B. der Bau einer Biogasanlage auf Basis vorhandener Potenziale) zusätzliche Finanzmittel von Banken und privaten Investoren bereitgestellt und später zurückgezahlt werden müssen.

Die Notwendigkeit der Betrachtung der Anlagenkosten über die gesamte Laufzeit implementiert an verschiedenen Stellen Unsicherheiten. Hierbei stellt sich häufig das Problem der nicht verfügbaren Kalkulationsgrundlage für fossile Anlagen<sup>182</sup> sowie der Unsicherheit hinsichtlich künftiger Brennstoffpreise. So bestehen ohne die vertragliche Festlegung von Preisen für Rohstoffe und Absatzprodukte Unsicherheiten, die Finanzmittelgeber und Investoren gleichermaßen zurückhaltend agieren lässt. Zusätzlich werden die Risiken neuer Technologien höher eingeschätzt als die bereits bekannter. Je nach Präferenz können Wirtschaftlichkeitsrechnungen durch entsprechende Annahmen beeinflusst werden. Aus diesem Grund sind Entscheidungsträger bei zu hoher Unsicherheit häufig eher geneigt, die bekannte

---

<sup>182</sup> In vielen Fällen werden ganzheitliche Betrachtungen der Kosten fossiler Anlagen erst im Rahmen der Diskussion um den Ersatz einer Anlage mit einem alternativen Brennstoff erstellt.

und in der Investition günstigere Anlage zu erstehen, sofern sich die wirtschaftlichen Aspekte nicht zweifelsfrei nachweisen lassen. Hierbei empfehlen sich verschiedene Szenarien mit unterschiedlichen, nachvollziehbaren Annahmen. So können die Risiken besser abgeschätzt und die etwaigen finanziellen Auswirkungen anschaulich dargestellt werden.

Für stromgeführte Anlagen besteht durch das EEG bereits eine langfristige Sicherung der Energieabnahme, so dass die Wirtschaftlichkeitsberechnung häufig auf dieser Basis erfolgen kann. Wird in einer Kalkulation zusätzlich der Wärmeabsatz einbezogen, muss dieser bei Banken ebenfalls nachgewiesen werden.<sup>183</sup> Eine angemessene Präsentation des Projekts bei der Bank entscheidet über die Finanzierungszusage. Nur sofern deutlich gemacht werden kann, dass ausreichend Transport- und Beschaffungskosten, Sicherungsrücklagen für Wartung, Reparaturen und nicht zu optimistische Werte einkalkuliert wurden, dass entsprechende Referenzen nachgewiesen werden können, dass der Absatz der Produkte langfristig gewährleistet ist und keine wesentlichen Fragen offen bleiben, ist mit einer Finanzierung zu rechnen.

Förderungen können die Vergabe von Krediten durch Banken zusätzlich erleichtern. Wird die Förderung als Eigenkapital angesetzt, kann die Finanzierung des Fremdkapitals bei entsprechender Förderhöhe von der Bank bezogen werden. Jedoch sind nicht alle gewährten Förderprogramme tatsächlich zielführend. Die Vorgaben einiger EU-Förderprogramme<sup>184</sup> die z. B. einen 50 %igen Zuschuss für öffentliche Einrichtungen gewähren, jedoch bei der Erzielung von Einnahmen (nicht Gewinnen) die Fördermittel um den entsprechenden Betrag reduzieren, verursachen häufig einen immensen Aufwand bei der Organisation der Partner zur Beantragung und Abwicklung, so dass zahlreiche Kommunen und Unternehmen auf die Beantragung

---

<sup>183</sup> Durch die anstehende Umsetzung der Neuen Baseler Kapitalvereinbarung (Basel II) sind Banken angehalten, ihr Risikomanagement stärker zu betonen und dadurch ihre Bonitätsbeurteilungsverfahren zu verbessern. Die neue Eigenkapitalvereinbarung soll auf Basis der drei Säulen Mindestkapitalanforderungen, aufsichtliche Überprüfungsverfahren und Offenlegung durch strengere Vorgaben zur Reduzierung des Bankenrisikos führen; Quelle: Bank of international settlements (2003).

<sup>184</sup> Z. B. das INTERREG IIIA- oder das LEADER Plus-Programm.

von Fördermitteln vor allem auf europäischer Ebene bereits verzichten.<sup>185</sup> In verschiedenen Projekten verfallen jährlich Fördermittel, da diese nicht von entsprechenden Akteuren abgerufen werden.<sup>186</sup>

## 2.6. Genehmigung und administrative Rahmenbedingungen

Die Voraussetzungen für eine Genehmigung hängen vor allem von der Art der Anlage, der Beschaffenheit der Inputstoffe, deren Herkunft und Verwertung und von der Größe der Anlage ab. Das breite Spektrum der Inputmaterialien aus unterschiedlichen Herkunftsbereichen löst eine umfangreiche Zuordnung zu Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften aus, die bei der Planung und der Genehmigung beachtet werden müssen.<sup>187</sup> Zahlreiche rechtliche Rahmenbedingungen wurden für andere Zwecke erstellt und müssen nun an die Rahmenbedingungen der energetischen Biomassenutzung angepasst werden.<sup>188</sup> Häufig agieren Behörden im Rahmen ihres Ermessensspielraumes, z. B. bei der Festlegung von Emissionsgrenzwerten oder der Erteilung von Baugenehmigungen, im Sinn der Vorsorgestrategie bei neuen Technologien sehr vorsichtig und zurückhaltend, was oft die Investitions- und Betriebskosten weiter erhöht. Hierdurch erschweren teilweise auch widersprüchliche Vorgaben die Umsetzung.<sup>189</sup> In einigen Bundesländern gibt es

---

<sup>185</sup> z. B. nach Aussage von C. Hastert, Agence de l'Énergie, Luxembourg, 24.10.2005.

<sup>186</sup> Die Probleme treten regelmäßig in den Programmen INTERREG III auf; Quelle: Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau (2005) sowie O. Gruppe, Interreg-Point Trier, Okt. 2005.

<sup>187</sup> z. B. AltholzV, KrW-/AbfG, BioAbfV, EEG, BiomasseV, DüMV, DüMG, BauG, BimSchG, TA Luft, TierKBG, TierNebG, TierNebV, VawS, WHG, UVP etc.

<sup>188</sup> Vgl. BLOCK (2002), S. 1.

<sup>189</sup> So fördert das EEG z. B. die kombinierte Kraft-Wärme-Kopplung in Biogasanlagen. Da Wärme jedoch, wie in Abschnitt D.2.8. dargestellt, nur über kurze Strecken transportiert werden kann, erfordert dies den Bau von Anlagen am Standort der Wärmenutzung oder in deren Nachbarschaft. Hierfür bestehen jedoch häufig Hemmnisse durch die Nichtprivilegierung von Flächen im Außenbereich für Bauten und damit der Verweigerung von Baugenehmigungen in der Nachbarschaft potenzieller Wärmeabnehmer.

jedoch Ansätze zur Vereinheitlichung der Genehmigungsverfahren.<sup>190</sup> Nur eine gemeinsame Diskussion der Voraussetzungen für den Bau von Anlagen kann Rahmenbedingungen finden, die die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben und umwelt- und naturschutzrelevanter Gesichtspunkte gewährleisten, dennoch verhältnismäßig sind und dem Vorsorgeprinzip nicht widersprechen. Durch die Neuregelung des EEG 2004 wurden besonders im Bereich der Planung und des Betriebes von landwirtschaftlichen Biogasanlagen auf NawaRo-Basis durch die Aufnahme der auf landwirtschaftlichen Betrieben anfallenden Reststoffe einige genehmigungsrechtliche Hemmnisse beseitigt.<sup>191</sup>

Vor allem durch die umfangreichen Förderprogramme und die Möglichkeiten der Übernahme einer Vorreiterrolle bei der energetischen Biomassenutzung, welche die Kommunen zunehmend für sich erkennen, steigt das Interesse an der Etablierung von öffentlich-rechtlichen Gesellschaften zur Übernahme der neuen Geschäftsfelder. Hierbei wirken die kommunalen Vorgaben hinsichtlich der Erzielung von Gewinnen oder des Ausschlusses von Risiken jedoch häufig hemmend, da die Vorgaben nach der Gemeindeordnung (vgl. Abschnitt D.1.3) erfüllt sein müssen.

## **2.7. Anlagenbau und -betrieb**

Beim Bau und Betrieb von Biomasseanlagen kommt es wegen mangelnder Erfahrung bei Pionieranlagen teilweise zu kleineren Problemen bei der Beschickung oder der technischen Einstellungen. Diese können, sofern sie entsprechend dokumentiert sind, für künftig zu errichtende Anlagen Hinweise zur Verkürzung der Inbetriebnahmephase führen. Dennoch muss eine Inbetriebnahmephase bei allen Anlagen einkalkuliert werden. Dabei wird der Arbeitsaufwand häufig unterschätzt. Die tatsächlich benötigte Qualität und die benötigte genaue Zusammensetzung des Inputstoffes werden teils erst beim Betrieb der Anlage deutlich. Sind Zuführung und

---

<sup>190</sup> Um die Genehmigung von Biogasanlagen zu vereinheitlichen, hat das Land Rheinland-Pfalz 2004 ein „Handbuch für die Planung, Errichtung und den Betrieb von Biogasanlagen in der Landwirtschaft in Rheinland-Pfalz“ vorgelegt.

<sup>191</sup> Die vorher rechtlich komplizierte Handhabung z. B. von Futterresten, die nach der alten Regelung als Abfall deklariert und damit bei der Nutzung in einer landwirtschaftlichen Anlage einer gesonderten Genehmigung bedurft hätten, werden nach den neuen Regelungen in die Liste der einsetzbaren Stoffe in einer Anlage mit NawaRo-Bonus aufgenommen.

Brennstoff nicht aufeinander abgestimmt, müssen ggf. technische Ergänzungen an der Anlage gemacht oder Verhandlungen zur Substrat- oder Brennstoffqualität geführt werden.<sup>192</sup> Vor allem bei Biogasanlagen bedarf es zunächst des Aufbaus der Biologie im Fermenter. Hierbei sind gewisse Reaktionszeiten, vor allem bei der Umstellung auf andere Substrate, mit einzukalkulieren. Ansonsten können Gegenmaßnahmen teils kontraproduktiv wirken. Für die Inbetriebnahmephase und die ersten Betriebsmonate sollten daher Planer und ggf. andere Experten für auftretende Probleme ansprechbar und verfügbar sein.

## **2.8. Produkt und Reststoffabsatz**

Die Preise, für welche die produzierten Güter und Reststoffe einer Anlage abgesetzt werden können, tragen entscheidend zur Wirtschaftlichkeit des Vorhabens bei. Für Anlagen zur Stromerzeugung gibt das EEG eine verlässliche Größe für den Absatz der produzierten Energie. Hierfür kann die Entfernung zum Einspeisepunkt jedoch zusätzliche Kosten für die Leitungsverlegung bedeuten. Der Wärmeabsatz aus diesen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen stellt meist eine größere Herausforderung dar, da produzierte Abwärme aus dezentralen Anlagen nur lokal und über eine geringe Entfernung über ein Nahwärmenetz transportiert werden kann. Für den Absatz von Wärme gilt ohne Förderung der Leitungskosten folgende Faustformel: Je Meter Leitung sollte die Abnahme mindestens 1,5 MWh pro Jahr entsprechen. Für eine 200 m-Wärmeleitung sollten folglich minimal 300 MWh Wärmeabsatz vorhanden sein.<sup>193</sup> Dies bedeutet eine gesteigerte Wirtschaftlichkeit, je höher der Wärmebedarf der Abnehmer in geringer Entfernung zur Anlage ist. Die Standortwahl für die Anlage

---

<sup>192</sup> Zu feuchte Hackschnitzel können z. B. im Bunker, in den Zuführungsschnecken oder im Brennraum Probleme verursachen. Für die energetische Nutzung von Grünschnitt bestehen besondere technische und organisatorische Voraussetzungen. Auf Grund des höheren Aschegehaltes des Materials mit oft sehr geringem Durchmesser und eines geringeren Energiegehalts (häufig hervorgerufen durch einen hohen Wassergehalt oder vorab einsetzende Kompostierung) wurden in mehreren Anlagen bereits negative Erfahrungen gemacht, so dass von der Verwertung von Grünschnitt wieder Abstand genommen wurde. Eine materialgerechte Aufbereitung mit Trocknung (z. B. mit Abwärme einer Kraft-Wärme-Kopplung) könnte diesen Energieträger für gewisse Anlagentechnologien attraktiv machen.

<sup>193</sup> Vgl. KfW-Förderprogramm Nr. 128.

ist damit ein entscheidender Faktor für den wirtschaftlichen Erfolg des Projekts und stellt bei unzureichender Betrachtung ein entscheidendes Hemmnis dar.

Für neue Absatzprodukte ist der noch fehlende Markt oft ein Hemmnis. Hierfür muss ggf. durch gezielte Maßnahmen eine Vermarktung erfolgen, so dass ein Absatz generiert werden kann. Auch der Absatz von Nebenprodukten, der bei kleinskaligem Anfall keine Probleme darstellt, kann ggf. bei größerem Mengenanfall ein Hemmnis bedeuten und so die Produktion eines marktfähigen Produktes behindern.<sup>194</sup>

Bei der Planung von Heizanlagen in öffentlichen Gebäuden können häufig benachbarte Liegenschaften mit in das Nahwärmenetz aufgenommen werden. Ist die Kommune jedoch Betreiber der Anlagen, generiert sie durch den Wärmeverkauf Einnahmen, welche die Förderfähigkeit in bestimmten Programmen mindern.<sup>195</sup>

## **2.9. Auswirkungen auf die Umwelt und das politisch-soziale Umfeld der Region**

Wie alle technischen Anlagen haben auch Bioenergieanlagen und der mit ihrer Installation und ihrem Betrieb einhergehende Zulieferverkehr sowie ggf. der Anbau von Rohstoffen und die Verwertung der Outputstoffe Einfluss auf die direkte Umgebung und ggf. das weitere Umfeld. Bedingt durch die vergleichsweise geringen Energiegehalte erfolgen Transporte sehr stark regional, was in unmittelbarer Umgebung der Anlage zu einem erhöhten Transportaufkommen führen und damit bei mangelhafter Planung der Transportwege zu Unmut bei den Anliegern führen kann.

Trotz der geringeren klimaschädlichen Emissionen im Vergleich zu fossilen Energieträgern kann z. B. durch die verstärkte Nutzung von biogenen Festbrennstoffen in kleineren Anlagen, die Konzentration von Staub in der Umgebungsluft ansteigen. Geruchsemissionen sind vor allem von Anlagen zu erwarten, die landwirtschaftliche

---

<sup>194</sup> Die Produktion von Pflanzenöl in Anlagen mit Kaltpressverfahren ist aus wirtschaftlicher Sicht nicht nur auf den Verkauf von Öl, sondern auch auf den Absatz des Presskuchens angewiesen. Kann dieser bei höheren Produktionsmengen nicht zu attraktiven Preisen gesichert werden, ergeben sich hieraus Hemmnisse für die Wirtschaftlichkeit der Anlage.

<sup>195</sup> Im Rahmen des LEADER+ Projekts in der Gemeinde Schopp konnten die Gebäude interessierter Privatpersonen in direkter Nachbarschaft der Heizanlage nicht angeschlossen werden, da der Wärmeverkauf eine einnahmegenerierende Maßnahme darstellt, die die Rückzahlung der Zuschüsse zur Folge gehabt hätte – eigene Ermittlungen.

Reststoffe sowie nicht holzartige Abfallprodukte und Silagen verarbeiten. Dies wirkt sich vor allem in städtischen Gebieten sowie in Regionen mit Luftkurortstatus hemmend aus.

Die Akzeptanz der Bevölkerung ist beim Bau einer Biomasseanlage daher von großer Bedeutung. Eine aktive Aufklärungspolitik verhindert negative Schlagzeilen und hilft Missverständnisse zu vermeiden, kann jedoch nicht immer die Akzeptanz herstellen. Vor allem durch Vorbehalte, die z. B. auf negativen Erfahrungen mit beteiligten Akteuren oder ähnlichen Technologien beruhen, können Hemmnisse entstehen, die nur sehr schwer auszuräumen sind.

Weitere Hemmnisse, die im kommunalen Kontext auftauchen können, sind interkommunale Meinungsverschiedenheiten der Akteure aus Politik oder verschiedenen Gruppierungen zu nicht direkt betroffenen Themengebieten, die jedoch die Projektentscheidungen mit beeinflussen und so die politische Durchsetzbarkeit beeinträchtigen. In diesen Fällen sollte sich die Diskussion auf die Faktenlage konzentrieren, so dass nicht sachlich begründete Einwände ausgeräumt und frühere Gegner evtl. überzeugt werden können.

Häufig hemmen auch rechtliche Rahmenbedingungen für den Absatz von Outputprodukten oder die Verarbeitung von Inputprodukten die Akzeptanz der Anlage. So trägt die Bezeichnung und somit die Verwertungsmöglichkeit eines Substrates aus einer Biomasseanlage entscheidend zur Akzeptanz des Gesamtkonzeptes bei den Beteiligten und den betroffenen Akteuren bei. Handelt es sich bei den Inputstoffen um Abfälle im Sinn der Bioabfallverordnung, steigert dies die Vorbehalte der Anwohner hinsichtlich Geruchs- oder Schadstoffemissionen bei nicht angemessener Aufklärungsarbeit.

## **2.10. Kategorisierung**

Die dargestellten Hemmnisse sind nicht unabhängig voneinander zu betrachten, sondern bedingen sich teilweise gegenseitig. Um diese Zusammenhänge darstellen zu können, müssen die verschiedenen Hemmnisse unabhängig von ihrem zeitlichen Auftreten auf einer allgemeinen Ebene betrachtet werden. Hierbei wird deutlich, dass verschiedene Mängelkategorien eine Umsetzung verhindern und sich gegenseitig beeinflussen. Die einzelnen Hemmnisse in den jeweiligen Stadien sind auf vier Kategorien von Mängeln zurückzuführen bzw. haben auf diese Einfluss. Kann ein

Teil der Mängel beseitigt werden, ergeben sich auch für andere Kategorien Lösungsansätze.

Unterschieden werden können die Kategorien

- mangelndes Interesse,
- fehlende Information,
- mangelnde Struktur und
- Mängel in der wirtschaftlichen Betrachtung bzw. Darstellbarkeit.

Dabei enthalten die einzelnen Mängelkategorien jeweils Aspekte aus den verschiedenen Stadien der Projektentwicklung sowie aus den in Abbildung 39 dargestellten Kategorien. Informationsmängel können in Kombination mit Interessensmängeln Projekte verhindern, noch bevor diese entstanden sind. Im Allgemeinen lassen sich diese am leichtesten ausräumen. Strukturmängel enthalten sowohl infrastrukturelle als auch administrative oder genehmigungsrechtliche Hemmnisse, die eine Umsetzung verhindern. Mängel in der wirtschaftlichen Darstellbarkeit, die sich im Allgemeinen aus den bestehenden oder nicht bestehenden Strukturen ergeben, sind überwiegend ausschlaggebend für die Projektentscheidung (s. Abschnitt D.1) und haben daher wiederum Einfluss auf das Interesse der Akteure.

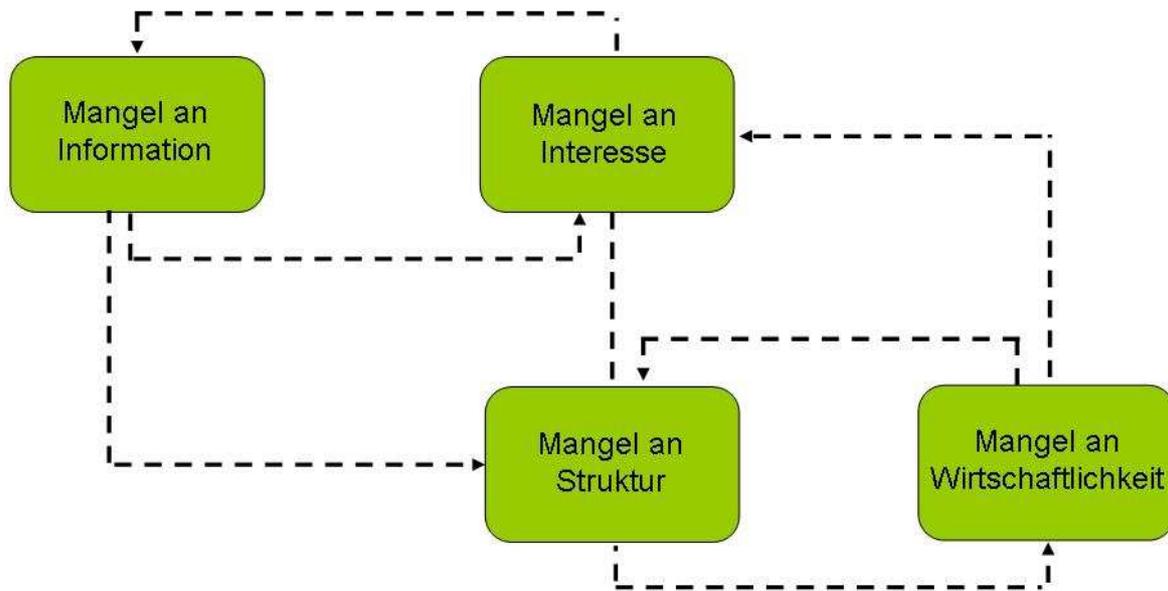
Tabelle 13 stellt die verschiedenen Kategorien der Mängel anhand verschiedener Beispiele dar.

<b>Informationsmangel</b>	<b>Interessensmangel</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• zum Stand der Technologie</li><li>• bezüglich bestehenden Fachwissens/Know-hows</li><li>• bezüglich bestehender Daten, Preise und vorhandener Mengen</li><li>• bezüglich bestehender Alternativen</li><li>• bezüglich bestehender Konzepte und Anlagen/positiver Beispiele</li><li>• bezüglich der Auswirkungen auf die Umwelt</li><li>• bezüglich der Möglichkeit zur Gewinnung von Partnern</li><li>• bezüglich des Nutzens und der Auswirkungen auf die eigene Situation</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• beim Rohstofflieferant zur Lieferung der Biomasse</li><li>• beim Investor</li><li>• bei Personen oder Gruppen mit gegenteiligem Interesse</li><li>• an der Durchführung alternativer Konzepte</li><li>• in der Politik</li><li>• bei den Abnehmern</li></ul>

<b>Strukturmangel</b>	<b>Mangel in der wirtschaftlichen Betrachtung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• durch nicht bestehende Logistik-/Bereitstellungskette</li> <li>• durch das Bestehen eines aktuellen Verwertungsweges</li> <li>• durch das Fehlen eines Förderers/Befürworters</li> <li>• durch anderweitige Interessen/ durch das Bestehen „Externer Effekte“</li> <li>• durch einen noch nicht bestehenden Standort oder bestehende Voraussetzungen am Standort</li> <li>• durch noch nicht bestehende Abnehmer für das Produkt /die Wärme</li> <li>• durch das Fehlen einer Gesellschaft zum Betrieb und Bau der Anlage</li> <li>• durch fehlende Kommunikationsmöglichkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• durch Risikoaversion beim Entscheider</li> <li>• durch bestehende Rohstoffpreise</li> <li>• durch alleinige Betrachtung (bisher bekannter) vorhandener Mengen</li> <li>• durch das Fehlen eines Investors</li> <li>• durch bestehende Marktpreise</li> <li>• durch Konkurrenzprodukte</li> <li>• durch hohe Personalkosten</li> <li>• durch hohe Folgeinvestitionen</li> <li>• durch aufwendige Datenbeschaffung</li> </ul>

**Tabelle 13: Mängelkategorien – eigene Darstellung**

Die Kategorien Informations- und Interessensmangel sowie Strukturmangel und Mangel in der wirtschaftlichen Betrachtung bilden jeweils Bereiche, die sich gegenseitig stark beeinflussen. Fehlen zu einem Projekt oder den Möglichkeiten der Beteiligung in geplanten Vorhaben die Informationen zu den entsprechenden Rahmenbedingungen oder Voraussetzungen, besteht bei den Akteuren entsprechend geringes Interesse. Akteure, deren Interessens- oder Arbeitsbereich auf anderen Schwerpunkten liegt, informieren sich seltener über Möglichkeiten zur Umsetzung von Projekten. Der Informationsgrad der Akteure hängt u. a. auch von der bereits bestehenden Struktur zur Nutzung der Potenziale ab. Mangelnde Strukturen hingegen hemmen zusätzlich den wirtschaftlichen Betrieb von Biomasseanlagen. Wirtschaftliche Mängel führen wiederum zu mangelndem Interesse am Konzept. Zur Auflösung der jeweiligen Hemmnisse bedarf es daher der Betrachtung und Auflösung der jeweils anderen Kategorie. Die Zusammenhänge sind in Abbildung 40 dargestellt. Dabei zeigen die Pfeile jeweils eine hemmende Wirkung auf die entsprechenden Bereiche an.



**Abbildung 40: „Teufelskreis“ der Mängel – eigene Darstellung**

Können die negativen Einflüsse nicht aufgelöst werden, scheitert das Projekt. Ziel der Projektentwicklung muss es daher sein, den „Teufelskreis“ der sich gegenseitig bedingenden Hemmnisse zu unterbrechen und – wo möglich – durch eine Umkehrung eine positive Wirkung durch die bestehenden Bezüge zu erzielen. Möglichkeiten zur Auflösung der dargestellten Mängel und Hemmnisse erläutert Kapitel G, nachdem Abschnitt D.3 und die Kapitel E und F die Schaffung regionaler Werte als positives Entscheidungselement konzeptionell als auch an praktischen Beispielen darstellen.

### **3. Positive Einflüsse auf die Entscheidung zur Potenzialaktivierung**

Ähnlich wie Hemmnisse negativ auf die Entscheidung zur Projektumsetzung wirken können, bestehen positive Einflussfaktoren, welche die Potenzialaktivierung befördern können. Diese sind jeweils abhängig von der Situation, in der die Projektentwicklung erfolgt. Je mehr positive Einflüsse vorhanden sind, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit einer Potenzialaktivierung. Die entsprechenden Faktoren werden daher im Folgenden kurz dargestellt.

#### **3.1. Erkenntnis hinsichtlich der Verfügbarkeit und des Wertes von Potenzialen**

Eines der wichtigsten Entscheidungsargumente für eine Umsetzung ist die Erkenntnis des Vorhandenseins und der Verfügbarkeit von Potenzialen. Das

Bewusstsein für das Erkennen der Möglichkeiten, die aus den vorhandenen Mengen genutzt werden können, ist daher von besonderer Bedeutung, da vorhandene Potenziale, deren Wert nicht bekannt ist, nicht genutzt werden. Können dagegen wirtschaftliche Gewinne durch die Potenzialnutzung erwartet werden, ist das Interesse an einer Umsetzung geweckt.

### **3.2. Bestehen von Nachfrage bzw. Handlungsbedarf**

Positive Einflüsse auf die Initiierung von Projekten können durch vorhandenen Handlungsbedarf oder einen Leidensdruck entstehen. Sollen Lösungen für bestehende Probleme entwickelt werden, entsteht Nachfrage nach den Technologien, die vergleichbare gewünschte Ergebnisse erzielen. Bei der Auswahl der Alternative müssen anschließend die unterschiedlichen Auswirkungen der Lösungsvarianten gegenübergestellt werden.

### **3.3. Vorhandensein von umsetzungswilligen und entscheidungs-kompetenten Akteuren**

Unabhängig von der vorhandenen Ausgangssituation werden zur Potenzialaktivierung stets umsetzungswillige Akteure benötigt, die für sich einen Vorteil aus der Umsetzung erkennen müssen. Für die Umsetzung sind willige Akteure von großem Vorteil. Diese können einen großen Beitrag zur Verbreitung der Information und des Bewusstseins zu den Umsetzungsmöglichkeiten leisten. Jedoch vor allem das Vorhandensein von Personen mit Umsetzungswille *und* Entscheidungskompetenz – vor allem in finanziellem Bereich – ermöglicht den Transfer von Projekten von der Ideen- und Konzeptionsphase in die Umsetzungsphase.

### **3.4. Erkenntnis der Schaffung regionaler Werte**

Ein wesentlicher Faktor für die Bewertung eines Projekts zur Zielerreichung stellt die Erfolgserwartung und die Erkenntnis der Auswirkungen dar. Kann mit einem Projekt Potenzial „in Wert gesetzt“ und so der Akteur seinem Ziel näher gebracht werden, bestehen positive Voraussetzungen für eine Entscheidung. Besonders deutlich wird dies bei der Betrachtung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die in zahlreichen Projekten die wichtigsten Hemmnisse bilden. Die zu schaffenden Werte können sich jedoch in unterschiedlichen Bereichen auswirken. Der Begriff des Wertes und der Wertschöpfung wird in der Literatur sehr unterschiedlich verwendet.

Daher bedarf es zunächst einer genauen Betrachtung der Begrifflichkeiten des Wertes und der Wertschöpfung für den Rahmen dieser Arbeit.

### **3.4.1. Begriffe Wert und Wertschöpfung**

Ein Wert bezeichnet zunächst ganz allgemein einen subjektiven Nutzen für eine Person. Werte eignen sich zur Befriedigung von Bedürfnissen und sind somit subjektiv, da der Wert in der Bedeutung für die Bedürfnisbefriedigung besteht. Die Mittel zur Bedürfnisbefriedigung sind entweder gegeben (frei) oder müssen geschaffen werden.<sup>196</sup>

Die Schaffung von Werten – die Wertschöpfung – besteht damit in der Hervorbringung eines Nutzens für eine Person oder eine Personengruppe. Hierzu zählen neben materiellen auch immaterielle Güter wie Sicherheit, eine lebenswerte und saubere Umwelt, langfristige Perspektiven etc.

### **3.4.2. Bewertung von Wertschöpfung**

Aus den oben dargestellten Begriffen ergibt sich bei der Bewertung der Wertschöpfung die Problematik der Vergleichbarkeit. Während ökonomische Werte bei eindeutiger Zuordnung monetär messbar sind, besteht bei der Schaffung von ökologischen und sozialen Werten vor allem die Problematik der Messbarkeit.

Da die Werte der immateriellen Güter im Allgemeinen nicht oder nur schwer in Geldeinheiten ausgedrückt werden können, wird im unternehmerischen Sinn die Wertschöpfung als die Schaffung von Wert für den Kunden in Form eines Produktes oder einer Dienstleistung interpretiert. Der Kunde zahlt dafür einen bestimmten Preis, der als Wert angesetzt werden kann.<sup>197</sup> Entsprechend wird im Rahmen der unternehmerischen Wertschöpfung häufig die reine ökonomische Wertschöpfung betrachtet.

Die Schaffung von Mehrwert ergibt sich demnach aus der Verarbeitung verschiedener Ausgangsstoffe/Rohstoffe im Rahmen einer Entstehungs-/Produktionskette. Ausgehend vom Inputmaterial werden diesem in jeder Stufe

---

<sup>196</sup> Vgl. KAISER (2001), S. 16, NICKLISCH (1939), S. 71 und SEISCHAB/SCHWANTAG (1960), Sp. 6313.

<sup>197</sup> [http://www.md-ecz.de/GP\\_Bew/glossar/wertschoepfung.html](http://www.md-ecz.de/GP_Bew/glossar/wertschoepfung.html) (19.7.06)

weitere Eigenschaften zur besseren Bedürfnisbefriedigung und damit „mehr Wert“ hinzugefügt.

Einer der ersten Vertreter, der den Begriff Mehrwert zwar noch nicht verwendet, seinen Gebrauch jedoch geprägt hat, war Adam SMITH (1789). Er zerlegt in seiner Diskussion der Bestandteile der Güterpreise den Wert, den ein Arbeiter einem Rohmaterial zufügt, in zwei Teile, „mit dem einen wird der Lohn gezahlt, mit dem anderen der Gewinn des Unternehmers, da er ja das gesamte Kapital für Materialien und Löhne vorgestreckt hat.“<sup>198</sup> SMITH führt hier bereits an, dass sich der gesamte Mehrwert aus verschiedenen Werten zusammensetzt, die später für die regionale Betrachtung und die Untersuchung der Auswirkungen der Schaffung von Mehrwert durch die energetische Biomassenutzung von Interesse sein werden.

MARSHALL definiert 1961 die ökonomische Auffassung von Mehrwert als „der Wert der nützlichen Struktur, der einer Materie/Energie durch Arbeit und durch Kapitalbestand hinzugefügt wird“. „Dieser „Mehrwert“ kann konsumiert und aufgebraucht werden. Konsum plus Ersparnisse ergeben das Volkseinkommen.“<sup>199</sup>

Heute wird der Begriff der Wertschöpfung betriebswirtschaftlich definiert als „der Beitrag des Unternehmens zum Volkseinkommen“. „Das vom Betrieb erzeugte Gütereinkommen ergibt sich aus den gesamten Erlösen (den nach außen abgegebenen Güterwerten), von denen „Vorleistungskosten“ (die von außen hereinkommenden Güterwerte) abgezogen werden. Das vom Betrieb erzeugte Gütereinkommen ist gleich dem vom Betrieb erzeugten Geldeinkommen, der Summe von Arbeitserträgen, Gemeinerträgen (Steuern und Abgaben) und Kapitalerträgen (Saldo)“.<sup>200</sup> Als Ergebnis der Wertschöpfung entsteht ein Mehrwert. Unternehmen haben daher das Interesse, den Wert ihrer Produkte mit möglichst geringem Aufwand zu maximieren.

Neben der betriebswirtschaftlichen Sicht hat die Schaffung von Werten vor allem aber auch eine volkswirtschaftliche Bedeutung.

---

<sup>198</sup> SMITH (1789), S. 43.

<sup>199</sup> MARSHALL (1961).

<sup>200</sup> GABLER (2000), S. 3474.

Der Begriff der Wertschöpfung wird aus volkswirtschaftlicher Sicht im Sinn des Sozialprodukts einer Periode gebraucht. Von der Seite der Einkommensentstehung beinhaltet dies die Summe aus den erwirtschafteten Löhnen, Gehältern, Gewinnen, Mieten, Pachten und Zinsen.<sup>201</sup>

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist die Reduzierung des Wertebegriffs auf die ökonomischen Faktoren nachvollziehbar. Wird jedoch ein größerer Betrachtungsraum hinsichtlich seiner Entwicklungsmöglichkeiten durch bestimmte Maßnahmen untersucht, wie im Rahmen dieser Arbeit, werden durch regionale und nationale Zusammenhänge und Auswirkungen die nichtmonetären Effekte bedeutsamer und können daher nicht übergangen werden.

### **3.4.3. Übertragbarkeit des Wertschöpfungsbegriffs auf Regionen**

Bei der Übertragung des Wertschöpfungsbegriffs auf die Region gilt es, die verschiedenen Aspekte der oben genannten Definitionen auf die regionale Ebene zu übertragen. Dabei sollten neben den monetären auch die nicht monetären Effekte beachtet werden. Einen Ansatz hierzu liefert HECK (2004). Er definiert die regionale Wertschöpfung als „die Summe aller zusätzlichen Werte (...), die in einer Region in einem bestimmten Zeitraum entstehen. Dabei sind neben rein monetären Aspekten wie zum Beispiel Kostensenkung, Kaufkraftsteigerung, neue Arbeitsplätze bzw. Erhalt von Arbeitsplätzen, höheres Steueraufkommen etc. vor allem und insbesondere soziale, ethische und ökologische Aspekte zu berücksichtigen.“<sup>202</sup> Diese Definition stellt neue Anforderungen an die Verwendung der Begrifflichkeiten. Es muss daher zwischen den langfristigen Auswirkungen der Wertschöpfung erzeugenden Maßnahmen unterschieden werden. Während z. B. die Wertschöpfung durch die nachhaltige Nutzung erneuerbarer Energien einen Beitrag zur positiven Entwicklung der Gesellschaft im Sinn der Nachhaltigkeitskriterien leistet, trägt die Wertschöpfung durch den Abbau bzw. die Gewinnung fossiler Energieträger zwar zum Umsatz und zur Generierung von Gewinnen bei Unternehmen bei, die Nutzung dieser Güter oder Leistungen hat jedoch mittel- bis langfristig negative Auswirkungen auf die Gesellschaft. So kann dies u. a. zu Klimaveränderungen, Abhängigkeitseffekten sowie zur Beeinträchtigung des Naturkapitals und damit langfristig zu

---

<sup>201</sup> LÖHR (2004), S. 19.

<sup>202</sup> HECK (2004), S. 7.

Wohlfahrtseinbußen führen, die ihrerseits für die Minderung oder Beseitigung der Effekte wiederum Wertschöpfung generieren, die jedoch nicht positiv bewertet werden können.

Projektbezogen müssen hierbei die negativen und positiven Effekte (sofern diese zuordenbar und messbar sind) der Alternativen gegenübergestellt werden.

Wird eine Alternative gegen eine andere ausgetauscht, müssen bestehende positive oder negative Effekte, die mit der neuen Alternative entstehen, vermieden oder reduziert werden, bei der Betrachtung Berücksichtigung finden.

Unter dem Begriff der nachhaltigen regionalen Generierung von Werten im Rahmen dieser Arbeit werden daher diejenigen Nutzen verstanden, die aus der Generierung von Werten nach Abzug der nicht nachhaltigen oder negativen Werte durch regionale Projekte entstehen.

#### **3.4.4. Besonderheiten bei der Ermittlung der generierten regionalen Werte durch Projekte**

Da der Begriff der regionalen Wertschöpfung vor allem im Rahmen kommunaler Entscheidungsfindung häufig „inflationär“ und ohne genaue Definition verwendet wird, ist dieser kritikanfällig. Daher ist es im Rahmen dieser Arbeit besonders wichtig, die entsprechenden Besonderheiten und die konkrete Begriffsverwendung für das weitere Verständnis darzustellen. Im Abschnitt 3.4.3 wurden bereits die Rahmenbedingungen für den Begriff im Zusammenhang dieser Arbeit genannt. Jedoch wird im Folgenden noch auf einige Herausforderungen und Annahmen im Rahmen dieser Arbeit hingewiesen.

Da in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung die unterschiedlichsten Wertschöpfungsgrößen bestehen, muss für jede Maßnahme, für die eine Aussage zu ihrer Auswirkung auf die Generierung von Werten getroffen wird, definiert werden, auf welches Aggregat und warum gerade auf dieses Bezug genommen wird. Unterschieden wird hierbei in Brutto- und Nettowertschöpfung, jeweils zu bereinigten oder unbereinigten Markt- oder Faktorpreisen.<sup>203</sup> Im Rahmen dieser Arbeit wird für die Ermittlung der ökonomischen Werte der Absatzprodukte mit Netto-Marktpreisen gearbeitet, da die zu erzielenden Absatzpreise für die Projekt-Entscheider von

---

<sup>203</sup> LÖHR (2004), S. 19.

größter Relevanz sind. Diese Preise stehen den entstandenen Kosten für die Erstellung des Produktes oder der Leistung gegenüber. Sofern Märkte für die entsprechenden Produkte vorhanden sind, werden daher Marktpreise zum Ansatz gebracht. Für die Produktion und Verwertung innerhalb des Systems (z. B. innerhalb eines landwirtschaftlichen Betriebes) werden die Nettofaktorpriese zum Ansatz gebracht.

Bei der Bewertung der Wertschöpfung muss ferner unterschieden werden, welche Ausgangssituationen bzw. welche Möglichkeiten im Rahmen einer Projektentscheidung verglichen werden.

Wie bereits ausgeführt, bestehen beim Treffen von Entscheidungen stets mehrere Alternativen. Diese beziehen die sog. „Nulloption“, also das Nichtstun oder Nichtinvestieren, mit ein. Die Art der Entscheidungsfindung hängt von der Motivation des Entscheiders und seines Umfeldes ab. Diese Motivation kann von mehreren Seiten bzw. auf verschiedenen Ebenen entstehen. Unterschieden werden vor allem die Ebenen der Nachfrageseite und der Angebotsseite. Diese können wiederum durch andere Entscheidungsträger und deren Tun beeinflusst sein (vgl. Abschnitte D.3.1 bis D.3.3).

Steht der Hauptakteur und Initiator eines Projekts auf der **Nachfrageseite**, ist die Lösung eines Problems oder die Befriedigung eines Bedürfnisses gefragt. Dies kann z. B. die Versorgung eines Gebäudes mit Raumwärme und warmem Wasser sein.

In diesem Fall müssen alle Optionen untersucht werden, welche die Befriedigung dieses Bedürfnisses bzw. die Lösung des Problems ermöglichen. Im Beispiel der Raumheizung und Warmwasserbereitung stehen fossile und regenerative Energieträger zur Wärmeerzeugung zur Auswahl. Die energetische Biomassenutzung ist damit eine Option unter mehreren und konkurriert mit diesen.

Für die Entscheidung hinsichtlich der verschiedenen Optionen sind die Präferenzen des Entscheiders von Bedeutung. Diese können z. B. die möglichst kostengünstige oder die möglichst umweltschonende Befriedigung seines Bedürfnisses sein. Häufig bestehen Prioritäten in den Nutzenpräferenzen (z. B. erste Präferenz Kosten, zweite Präferenz Umweltfreundlichkeit). Können diese Präferenzen definiert werden, kann ein Vergleich der verschiedenen Optionen erfolgen.

Die Bereitstellung von Wärme aus Biomasse muss daher mit den fossilen Energieträgern Öl, Gas, Kohle und Strom sowie mit anderen erneuerbaren Energieträgern wie Solarenergie, Geothermie, Windenergie etc. verglichen werden. Einzelne Optionen scheiden häufig wegen nicht vorhandener Infrastruktur (z. B. für die Solarenergie nutzbare Dachflächen oder Gasanschluss) oder nicht vorhandener Potenziale (Sonneneinstrahlung, Geothermievorkommen etc.) bereits im Vorfeld aus. Der Vergleich erfolgt anschließend auf Basis der Präferenzen, in den meisten Fällen auf Basis der entstehenden Kosten.

Eine andere Entscheidungssituation besteht, wenn die Initiative von der **Angebotsseite** ausgeht. In diesem Fall sind z. B. Potenziale vorhanden, die genutzt werden können/sollen. Untersucht werden grundsätzlich die Optionen, ob eine Anlage gebaut oder nicht gebaut werden soll, und im Spezielleren, welcher Standort der optimale ist.

Von der Nachfrage für die angebotenen Produkte am Standort oder in dessen Nähe hängt folglich auch die Wirtschaftlichkeit der Anlage ab.

Die Kalkulation erfolgt daher auf Basis eines gegebenen Preises z. B. für die Abnahme von Wärme, Strom oder für die Produktion und Lieferung der Rohstoffe. In Abhängigkeit vom Standort müssen zusätzlich die Verfügbarkeit der Rohstoffe und die Möglichkeit der Distribution der Produkte berücksichtigt werden. Zu beachten sind zahlreiche Abhängigkeiten, die in ihrer Kombination zahlreiche unterschiedliche Variationen ergeben können. Die Herausforderung besteht deshalb in der möglichst optimalen Kombination der verschiedenen Faktoren zu entsprechenden Preisen und Mengen.

## **E. Methodik zur Untersuchung der Generierung von regionalen Werten durch die Nutzung von Bioenergie**

### **1. Hintergründe und Annahmen**

Die Energieversorgung deutscher Regionen erfolgt derzeit hauptsächlich auf Basis fossiler und nuklearer Energieträger und wird nur zu sehr geringen Teilen aus nationalen Potenzialen bereitgestellt. Damit kommen entsprechend geringe Anteile der hierdurch erwirtschafteten finanziellen Mittel deutschen Regionen zugute. Sie fließen vielmehr in andere nationale und vor allem internationale Regionen ab. Neben dem stetigen Mittelabfluss für den Import von Energieträgern stellt sich bei fossilen und nuklearen Energieträgern das Problem der Endlichkeit und damit der erwarteten Preissteigerung, was in Europa und vielen anderen Ländern bereits für die Verbraucher spürbar wird. Steigende Preise verstärken daher künftig den Finanzmittelexport bei gleich bleibender Leistung (Energieimport). Dies birgt vor allem für ländliche Regionen mit stark dezentralen Strukturen und einer hohen Abhängigkeit von Mobilität die Gefahr einer zunehmenden Verarmung. Können die bisher abfließenden finanziellen Mittel dagegen in regionalen Projekten umgesetzt werden, kommen diese regionalen Akteuren zugute, die wiederum durch ihre Nachfrage den Umsatz anderer regionaler Akteure unterstützen können (Multiplikatoreffekt).<sup>204</sup>

Für die Region ist es aus diesem Grund relevant, von welchem Akteur Leistungen bezogen werden. Zwar kann nicht garantiert werden, dass regionale Akteure ihre Umsätze wiederum mit regionalen Geschäftspartnern tätigen, aber die Wahrscheinlichkeit ist bei einem regionalen Akteur höher als bei einem überregionalen oder internationalen.<sup>205</sup> Werden für Energieimporte Erlöse erzielt, verbleibt ein geringer Teil bei einem regionalen Brennstoffhändler, während die restliche Summe exportiert wird. Kann der Brennstoff dagegen in der Region bereitgestellt werden, verbleibt ein Großteil der Summe in der Region und kann dort Umsatz für weitere Akteure bedeuten. Abbildung 42 zeigt beispielhaft eine Annahme,

---

<sup>204</sup> Vgl. ASSENMACHER/LEßMANN/WEHRT (2004), S. 16.

<sup>205</sup> Vgl. BMK AG (2003), S. 22 ff.

auf der die vorliegende Arbeit aufbaut und die im weiteren Verlauf überprüft wird. Dargestellt werden die erwarteten finanziellen Geldflüsse bei überregionalem und regionalem Brennstoffbezug am Beispiel einer kommunalen Heizung.<sup>206</sup> Im ersten Fall wird eine Anlage zur Nutzung fossiler Energieträger mit importierten Brennstoffen von einem regionalen Anlagenlieferanten installiert. Davon fließen ca. 50 % in die regionale Wirtschaft zurück. Der Brennstoffbezug erfolgt bei einem regionalen Brennstoffhändler, der jedoch den Brennstoff überregional bezieht. 80 % der Einnahmen fließen dabei aus der Region ab. Der regionalen Wirtschaft kommen in diesem Fall jährlich 20 Geldeinheiten und einmalig 500 Geldeinheiten (GE) zu (vgl. Abbildung 41).

Im zweiten Fall erfolgt der Bezug einer Anlage zur Nutzung regionaler erneuerbarer Brennstoffe, deren Investition in diesem Beispiel um ca. 50 % höher angesetzt wird als die der konventionellen Anlage.<sup>207</sup> Auch hier fließen ca. 50 % der Investitionen aus der Region ab (750 GE), der Rest kommt jedoch einem oder mehreren regionalen Akteuren aus der Wirtschaft einmalig zugute. Der Brennstoffbezug erfolgt bei einem regionalen Brennstoffhändler, der wiederum bei einem regionalen Brennstoffbesitzer bezieht. Die höheren Investitionskosten werden durch die geringeren Brennstoffkosten während der Laufzeit der Anlage amortisiert. Aus dieser Kette gelangen jährlich 80 GE in Form von Personalkosten, Rohstoffkosten, Transportdienstleistungen etc. in den Kreislauf der regionalen Wirtschaft. Dadurch entstehen zusätzliche Effekte, wie ausgelöste weitere Investitionen z. B. für die Aufbereitung des Brennstoffes, sowie gesicherte und geschaffene Arbeitsplätze. Zusätzlich werden klimaschädliche Emissionen reduziert. Abbildung 41 und Abbildung 42 verdeutlichen, welche Auswirkungen der Ersatz von fossilen überregionalen durch erneuerbare regionale Energieträger auf die Finanzflüsse in der Region haben kann

---

<sup>206</sup> Die eingesetzten Geldeinheiten sind an diesem Punkt fiktiv. Sie dienen der Verdeutlichung der Dimensionen und werden in Abschnitt E.5 genauer dargestellt.

<sup>207</sup> In Abhängigkeit von der eingesetzten Technologie können die Investitionskosten für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energieträger gegenüber denen für die Nutzung fossiler Energieträger bis zu 250 % betragen.

Kapitel E: Methodik zur Untersuchung der Generierung von regionalen Werten durch die Nutzung von Bioenergie

.....  
und welche Möglichkeiten durch die Nutzung endogener Potenziale für die regionale Wirtschaft entstehen, ohne zusätzliche Geldmittel aufzuwenden.

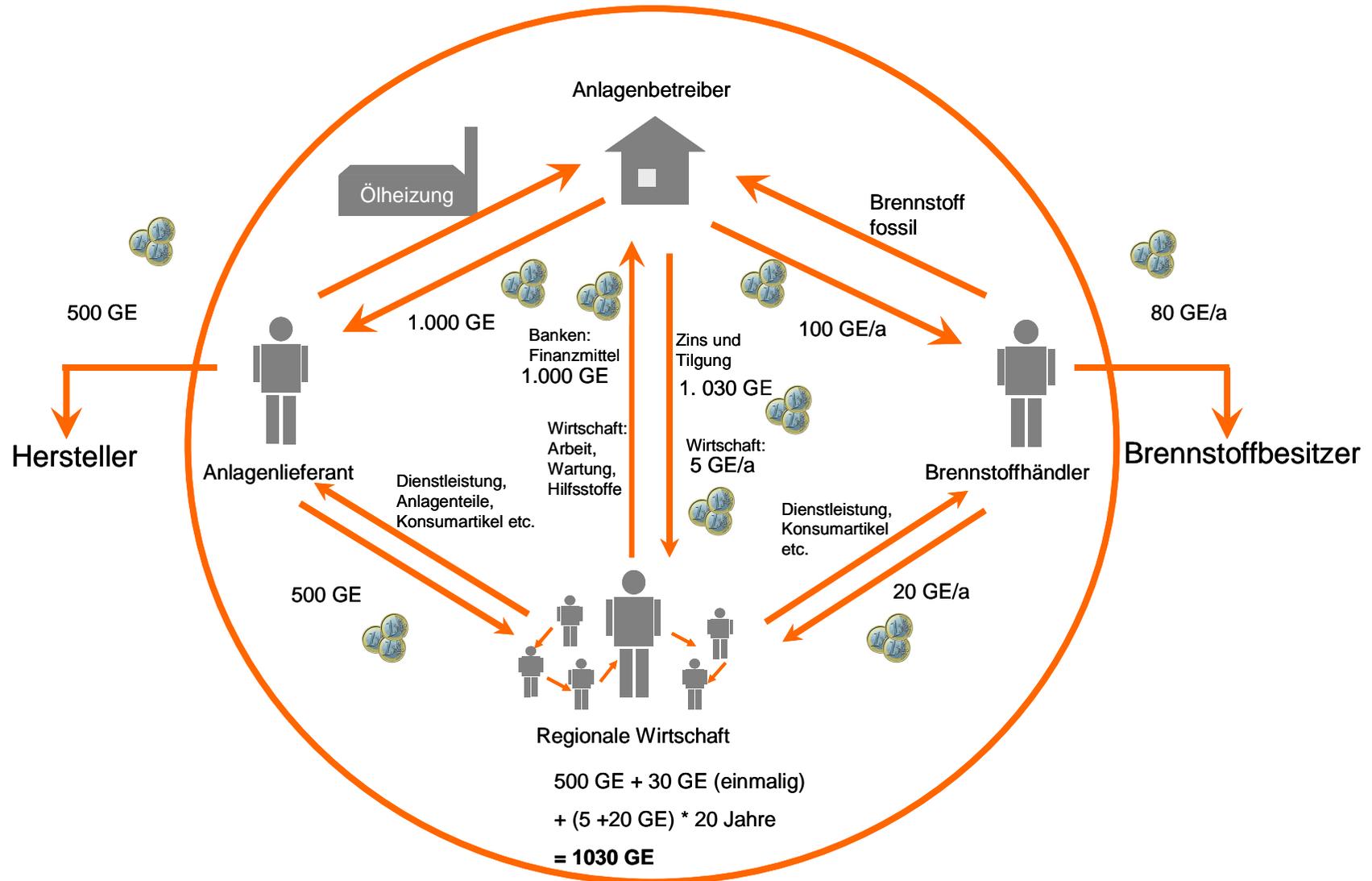


Abbildung 41: Allgemeines Schema der finanziellen Geldflüsse bei überregionalem Brennstoffbezug – eigene Darstellung

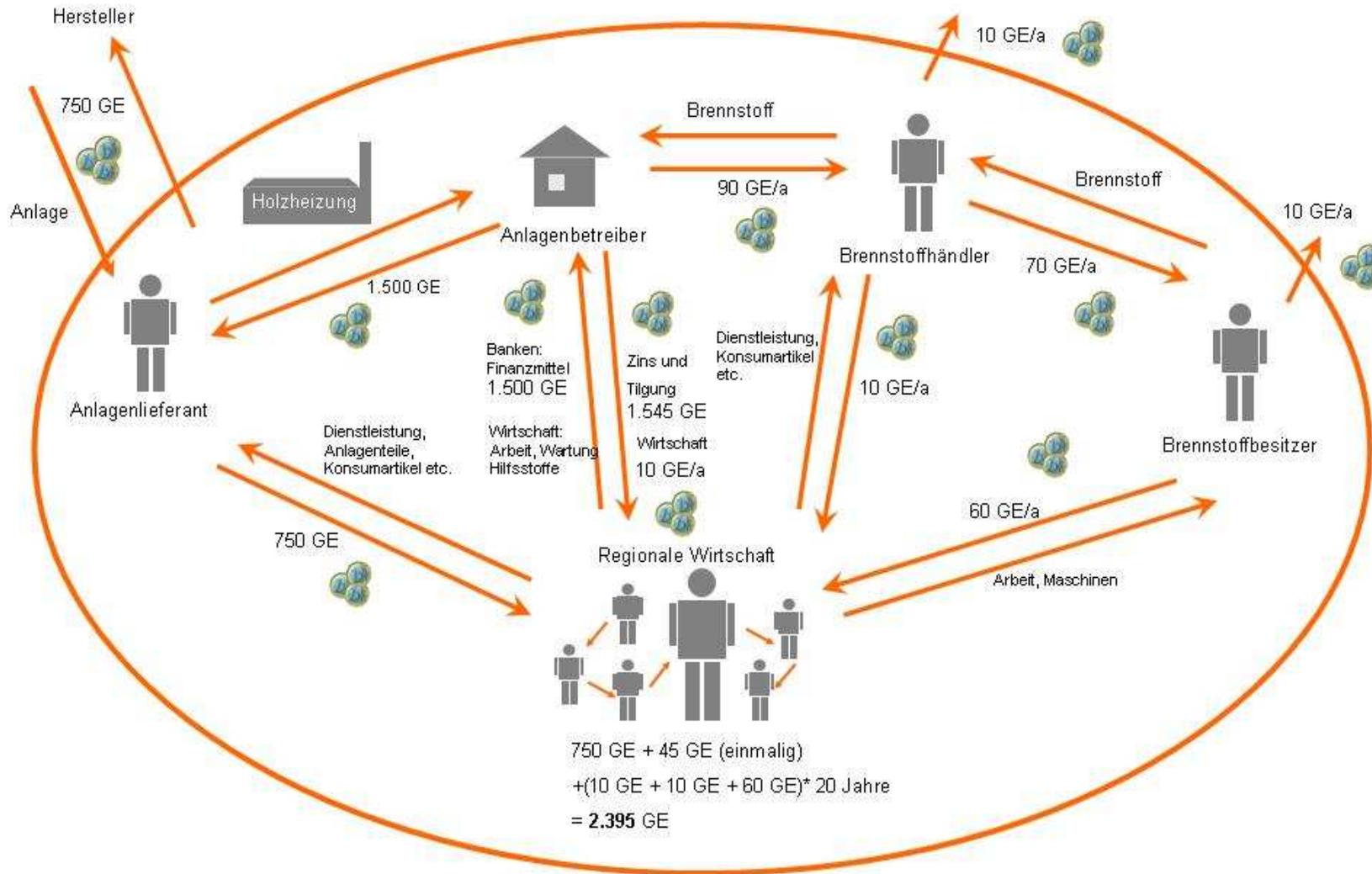


Abbildung 42: Allgemeines Schema der finanziellen Geldflüsse bei regionalem Brennstoffbezug – eigene Darstellung

Werden regionale erneuerbare Energiepotenziale als Ersatz für den entsprechenden Anteil der bisher importierten Energieträger eingesetzt, können die dafür bisher aus der Region abfließenden Finanzmittel in der Region gehalten und in erneuerbare Energieprojekte investiert werden. Die Aktivierung von endogenen Potenzialen zur energetischen Biomassenutzung stellt daher eine Möglichkeit zur Schaffung von regionalen Werten dar. Es wird davon ausgegangen, dass bei einer nachhaltigen Nutzung der Biomassen ein positiver Zusatznutzen im Rahmen der oben dargestellten Definition geleistet werden kann.

Das Beispiel in Abbildung 41 und Abbildung 42 vergleicht die regionalen Zuflüsse aus der Errichtung der verschiedenen Anlagenalternativen. In diesem Beispiel können bei Errichtung einer Ölheizung über die Gesamtlaufzeit 1030 GE und bei der Errichtung und dem Betrieb einer Holzheizung 2.395 GE als Zuflüsse für regionale Akteure nachgewiesen werden. Durch die Errichtung der Ölheizung können daher 2,3-mal mehr Zuflüsse bei regionalen Akteuren generiert werden als bei einer Ölheizung mit vergleichbarer Leistung. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit, einen zusätzlichen Nutzen in der Region zu generieren um den entsprechenden Faktor. Zur Darstellung des Verhältnisses der regionalen Zuflüsse zueinander wird daher an dieser Stelle der Begriff des „vergleichenden Multiplikatoreffekts“ eingeführt.<sup>208</sup> Dieser gibt das Verhältnis der regionalen Zuflüsse durch eine Investition zur jeweiligen Alternative an.

Um diesen Zusatznutzen anhand einer Region darzustellen, bedarf es der Eingrenzung der Region und der zu betrachtenden Sachverhalte sowie der Ausgangssituation, mit der ein Vergleich erstellt werden kann.

Um die Hauptpräferenz der Entscheider, die ökonomischen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen und eine monetäre Vergleichbarkeit mit konventionellen Lösungen zu ermöglichen, ist zunächst die Betrachtung der ökonomischen Faktoren einer Wertschöpfung auf Biomasse-Basis im Vergleich zu fossilen Energieträgern von besonderem Interesse. Jedoch müssen zur ganzheitlichen Darstellung auch ökologische und soziale Aspekte der Projektumsetzung betrachtet und auf ihre Auswirkungen untersucht werden.

---

<sup>208</sup> Weitere Ausführungen hierzu s. Abschnitt F.5.1.2 und F.5.2.1.

Es wird im Folgenden davon ausgegangen, dass für die Region ein zusätzlicher Wertschöpfungseffekt erzielt werden kann, wenn endogene Potenziale anstelle von importierten Energieträgern genutzt und die entsprechenden Investitionen in der Region ausgelöst werden können.

## **2. Ausgangssituation der Energieversorgung in einer Region**

Zur Darstellung der Ausgangssituation muss die in der Untersuchungsregion bis zum aktuellen Zeitpunkt bestehende Energieversorgung geprüft werden. Zunächst werden der aktuelle Primär- und Endenergieverbrauch und dessen Bereitstellung durch fossile und erneuerbare bzw. überregionale und regionale Energieträger ermittelt. Je nach Region bestehen bereits Energiebilanzen oder müssen erstellt werden. Die Bilanzen geben den Anteil der in der Region erzeugten und importierten Energien sowie einen Energiemix aus fossilen und erneuerbaren Energieträgern an.

Ist ein Primärenergieverbrauch für das Untersuchungsgebiet nicht vorhanden, kann dieser auf Basis der genutzten Endenergieträger näherungsweise errechnet werden. Der Primärenergieverbrauch einer Region ist von den verwendeten Endenergieträgern und der Art ihrer Gewinnung und Weiterverarbeitung sowie den dadurch auftretenden Verlusten abhängig. Dazu wird je Energieträger ein „Kumulierter Energieaufwand“ (KEA) angesetzt. Dieser enthält alle energetischen Aufwendungen bei Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Produkten oder Dienstleistungen.<sup>209</sup>

---

<sup>209</sup> Vgl. GEMIS-Datenbank des Ökoinstitut Darmstadt unter: [www.gemis.de](http://www.gemis.de)

Kumulierter Energieaufwand verschiedener Energieträger und Energieversorgungen					
Ergebnisse berechnet mit GEMIS Version 4.14					
Energieart	Prozeß <sup>1)</sup>	Kumulierter Energieaufwand [kWh <sub>prim</sub> /kWh <sub>End</sub> ]			Treibhausgase CO <sub>2</sub> -Äquivalent [g/kWh <sub>End</sub> ]
		Gesamt	nicht regenerativer Anteil	regenerativer Anteil <sup>4)</sup>	
Brennstoffe <sup>2)</sup>	Heizöl EL	1,13	1,13	0,00	311
	Erdgas H	1,14	1,14	0,00	247
	Flüssiggas	1,13	1,12	0,00	272
	Steinkohle	1,08	1,08	0,00	439
	Braunkohle	1,21	1,21	0,00	452
	Holz hackschnitzel	1,07	0,05	1,01	35
	Brennholz	1,01	0,01	1,00	6
	Holz-Pellets	1,16	0,14	1,03	43
Strom	Strom-mix	2,98	2,68	0,30	683
	Heizstrom-mix	2,91	2,91	0,00	930
	Heizstrom-Steinkohle	2,69	2,69	0,00	1034
	PV-Strom (erzeugernah)	1,84	0,74	1,10	248
	Wind (Park Küste+Verteilung)	1,04	0,03	1,00	20
	Fernwärme 70 % KWK	0,78	0,77	0,01	241
Fernwärme <sup>3)</sup>	Fernwärme 35 % KWK	1,13	1,12	0,01	323
	Fernwärme 0 % KWK	1,49	1,48	0,01	406
	Nahwärme 70 % KWK	0,73	0,72	0,01	-70
Nahwärme <sup>3)</sup>	Nahwärme 35 % KWK	1,11	1,10	0,01	127
	Nahwärme 0 % KWK	1,48	1,47	0,01	323

<sup>1)</sup> Vorgelagerte Kette für die Endenergie bis Übergabe im Gebäude inkl. Materialaufwand für Wärmeerzeuger, ohne Hilfsenergie im Haus

<sup>2)</sup> Bezugsgröße: unterer Heizwert H<sub>u</sub>

<sup>3)</sup> Stromgutschrift für Kohlestrom

<sup>4)</sup> Der regenerative Anteil beinhaltet auch sekundäre Ressourcen, z.B. Restholz und Müll

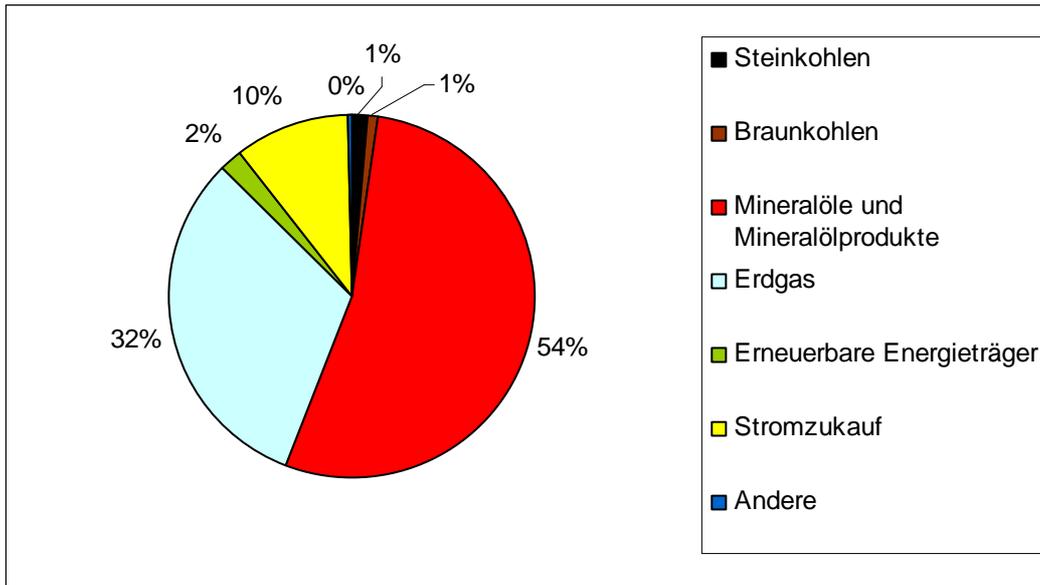
Fernwärmeversorgung durch Steinkohle-Kondensationskraftwerk(=Anteil KWK) + Heizöl-Spitzenkessel

Nahwärmeversorgung durch Erdgas-BHKW (=Anteil KWK) + Erdgas-Spitzenkessel

**Tabelle 14: Beispielhafte Darstellung des kumulierten Energieaufwands verschiedener Endenergieträger – Quelle: GROßKLOS (2004)**

Zur Verdeutlichung der Methodik wird im Folgenden die Energiebilanz des Landes Rheinland-Pfalz als Beispiel herangezogen.

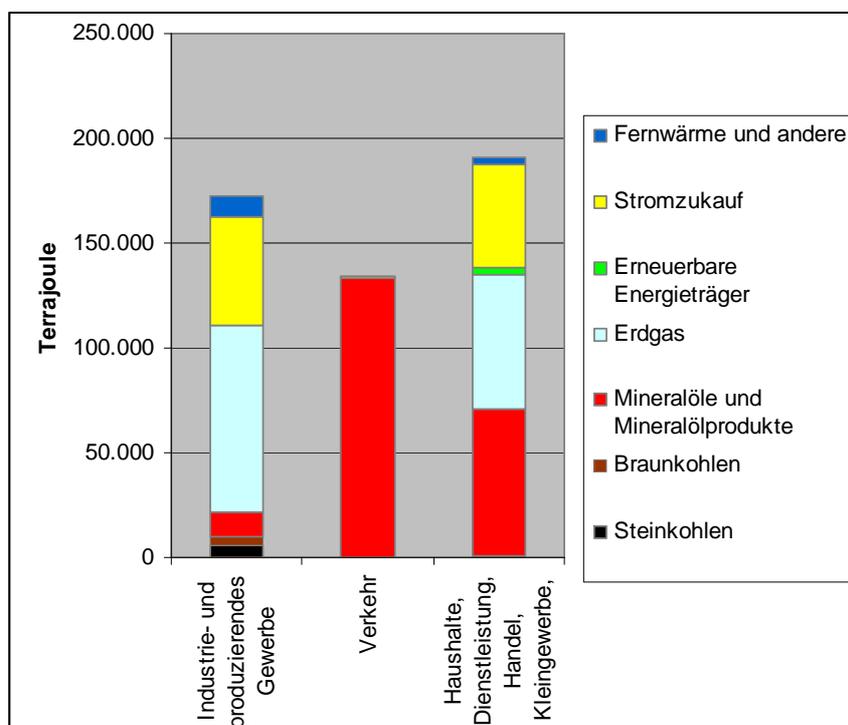
In Rheinland-Pfalz wurden im Jahr 2000 88 % des Primärenergieverbrauches in Höhe von 497.000 TJ aus importierten fossilen Energieträgern für die Strom- und Wärmeproduktion sowie als Treibstoff bereitgestellt. Für weitere 10 % des Primärenergiebedarfes wurde Strom aus anderen Regionen eingekauft, der ebenfalls zum Großteil fossil erzeugt wurde (s. Abbildung 43 und Tabelle 15). Im gleichen Jahr wurden lediglich 2,05 % des Primärenergieverbrauchs aus regionalen Energieträgern gewonnen.



**Abbildung 43: Primärenergiemix in Rheinland-Pfalz im Jahr 2000 – Quelle: MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, VERKEHR, LANDWIRTSCHAFT UND WEINBAU RHEINLAND-PFALZ (2004)**

Energieträger	Terajoule 2000	% Anteil	Bezüge	Gewinnung in RLP	Anteilige Gewinnung in RLP
Steinkohlen	10.659	1,4	10.659	0	0,00
Braunkohlen	6.754	0,9	6.754	0	0,00
Mineralöle und Mineralölprodukte	399.191	53,5	399.191	0	0,00
Erdgas	237.406	31,8	237.457	116	0,05
Erneuerbare Energieträger	13.770	1,8	0	13.770	100,00
Stromzukauf	76.250	10,2	135.395	0	0,00
Andere	2.632	0,4	0	2.632	100,00
<b>Insgesamt</b>	<b>746.662</b>	<b>100,0</b>	<b>789.456</b>	<b>16.518</b>	<b>2,05</b>

**Tabelle 15: Primärenergieverbrauch in TJ mit Vergleich der Bezüge von außerhalb und der Gewinnung innerhalb von Rheinland-Pfalz im Jahr 2000 – Quelle: MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, VERKEHR, LANDWIRTSCHAFT UND WEINBAU RHEINLAND-PFALZ (2004)**



**Abbildung 44: Verteilung des Endenergieverbrauches auf die verschiedenen Sektoren – Quelle: MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, VERKEHR, LANDWIRTSCHAFT UND WEINBAU RHEINLAND-PFALZ (2004)**

Der Endenergieverbrauch setzt sich in den verschiedenen Sektoren unterschiedlich zusammen. Während vor allem im Verkehrsbereich die Mineralöle dominieren, teilt sich der Endenergieverbrauch der Haushalte und anderer Kleinverbraucher in die drei Hauptteile Mineralöle (38 %), Erdgas (33 %) und Strom (26 %) auf. In Industrie

und produzierendem Gewerbe dominieren vor allem Erdgas (51 %) und Strom (28 %).

Die Steigerung der Energiepreise hat wesentlichen Anteil an der Gesamtpreissteigerung (s. Abbildung 45). Abbildung 46 verdeutlicht dies anhand der jährlichen Preissteigerungsraten der Jahre 2003–2005. Während der Gesamtindex ohne die Berücksichtigung von Energiepreisen und saisonabhängigen Nahrungsmitteln zwischen 0,8, 1,5 und 1,1 im Jahr 2005 sogar rückläufig war, trägt die Preissteigerung um 13 % bei Verbraucherpreisen von Strom, Gas und anderen Brennstoffen zu einem um 2 Prozentpunkte gesteigerten Gesamtpreisindex bei.

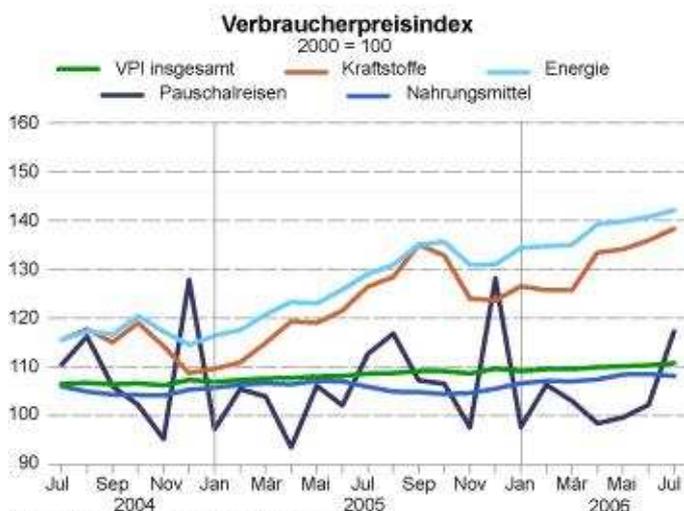


Abbildung 45: Vergleich der Verbraucherpreisindizes – Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT DEUTSCHLAND (2006)

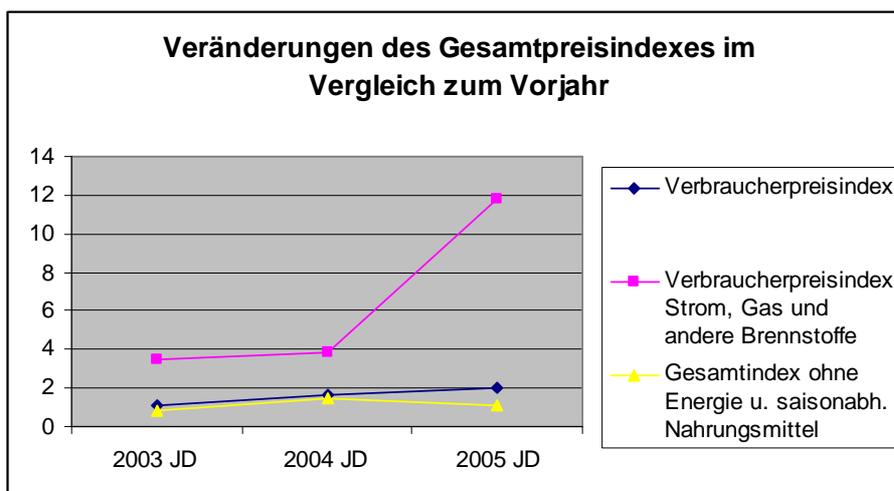


Abbildung 46: Darstellung der Veränderung der jeweiligen Verbraucherpreisindizes in Deutschland der Jahre 2003–2005 zum jeweiligen Vorjahr (2000 = 100) – Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT DEUTSCHLAND (2006)

Im Durchschnitt der Jahre 2003 bis 2005 lag die Steigerung des Energiepreisindex gegenüber dem jeweiligen Vorjahr nach Abzug der sonstigen Steigerung zwischen 2,2 und 9,8 %. Zwar kann der exakte Verlauf der Energiepreissteigerungen nicht vorhergesehen werden, jedoch ist eine Preissteigerung zu erwarten. Wird diese mit jährlich 2 % angesetzt, ergeben sich die in Tabelle 16 dargestellten Werte bzw. Kosten für den Energiebezug.

	Verbrauch in TJ	Kosten in Mio. €/a 2004	Davon 97,95% aus importierten Energieträgern	Kosten 2015 in Mio. €/a	Davon 97,95% aus importierten Energieträgern
Industrie und produzierendes Gewerbe	161.954	1.472	1.442	1.795	1.758
Haushalte und Kleinverbraucher	179.593	3.968	3.886	4.837	4.738
Treibstoffe	133.269	3.118	3.054	3.987	3.905
<b>Summe</b>	<b>474.815</b>	<b>8.557</b>	<b>8.382</b>	<b>10.618</b>	<b>10.400</b>

**Tabelle 16: Anteile und Kosten für regionale und importierte Energieträger<sup>210</sup> in Rheinland-Pfalz im Jahr 2000 mit Preisen 2004 und 2015 unter der Annahme einer jährlich 2 %igen Preissteigerung – eigene Berechnung**

Im Bundesland Rheinland-Pfalz wurden im Jahr 2000 474.815 TJ Endenergie in den einzelnen Bereichen verbraucht. Diese wurden zu 97,95 % von außerhalb des Bundeslandes bezogen. Zu diesem Zeitpunkt flossen dadurch für fossile Energieträger finanzielle Mittel mit einem Gegenwert 2004 von ca. 8.557 Mio. € aus dem Land ab.<sup>211</sup>

Durch die Aufteilung in Endenergien und Verbraucherkategorien können durchschnittliche Preise je Energieeinheit für die unterschiedlichen Abnehmer (Strom- und Brennstoffpreise für Haushalte, Industrie und Gewerbe, Mineralöle als Brenn- und Kraftstoffe) angesetzt werden.

<sup>210</sup> Annahmen: Preis je kWh Strom: 0,1709 €, Preis je Liter Heizöl: 0,3764 €, Preis je Liter Diesel: 0,92 €, Preis je m<sup>3</sup> Erdgas: 0,42 €.

<sup>211</sup> Es wird davon ausgegangen, dass der Energieverbrauch im Jahr 2004 mindestens die gleiche Höhe hatte wie im Jahr 2000. Daher ist der angesetzte Wert mit den aktuellen Energiepreisen ein unterer Wert, der sich durch einen gesteigerten Energieverbrauch weiter erhöht.

Haushalte und Kleinverbraucher	Verbrauch in TJ	Preis in €/TJ 2004	Verbrauch in GWh	Preis in €/GWh 2004	Kosten in Mio. €/a	angen. zukünftiger Preis/GWh in € 2015	Kosten in Mio. €/a 2015 (bei konstantem Verbrauch)	Preis in €/TJ 2015
Heizöl	62.627	10.456	17.396	37.640	655	45.883	798	12.745
Diesel	4.156	25.556	1.155	92.000	106	112.147	129	31.152
Erdgas	63.548	13.662	17.652	49.183	868	59.954	1.058	16.654
Strom	49.261	47.472	13.684	170.900	2.339	208.326	2.851	57.868
<b>Summe</b>	<b>179.593</b>				<b>3.968</b>		<b>4.837</b>	

**Tabelle 17: Verbrauch und Energiekosten für Haushalte und Kleinverbraucher in Rheinland-Pfalz im Jahr 2000 mit Preisen von 2004 und angenommenen künftigen Preissteigerungen im Jahr 2015 bei jährlich 2 %-iger Preissteigerung – eigene Berechnung mit Werten des BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ARBEIT (2005)**

Die Quantifizierung mit aktuellen und möglichen künftigen Energiepreisen in Tabelle 17 verdeutlicht den Handlungsbedarf durch steigende Energiekosten. Im Anschluss an die Ermittlung der aktuellen Ausgangssituation bei der Energiebereitstellung in der Region und der Quantifizierung der entsprechenden exportierten Finanzmittel können diese mit den Potenzialen für die Bioenergienutzung verglichen werden.

### **3. Potenziale für die energetische Biomassenutzung in der Region**

Die verfügbaren Biomassen können als Ausgangsbasis für eine regionale Bioenergieerzeugung und die Reduzierung des Energieimports genutzt werden.

Eine Studie zur Ermittlung der Biomassepotenziale in Rheinland-Pfalz<sup>212</sup> ergab, dass sich mit den kurzfristig verfügbar zu machenden Biomassen ca. 4 % des Primärenergieverbrauchs decken ließen. Hierbei wurden für die kurzfristig verfügbaren Potenziale sehr konservative Werte angesetzt. So wurde z. B. für die Potenziale aus der Landwirtschaft von der derzeitigen Stilllegungsfläche sowie von 20 % der derzeit vorhandenen Ackerflächen mit dem Anbau eines Mixes von bestehenden Feldfrüchten zur energetischen Nutzung ausgegangen. Ertragssteigerungen durch die züchterische Anpassung des Saatgutes hinsichtlich energetischer Anforderungen<sup>213</sup>

<sup>212</sup> HECK/HOFFMANN/WERN (2004)

<sup>213</sup> Die derzeit verwendeten Anbaufrüchte sind hinsichtlich der Nahrungsmittelproduktion optimiert. Eine energetische Nutzung setzt hinsichtlich der Pflanzen jedoch andere Schwerpunkte. Während für die energetische Nutzung vor allem Mengenerträge und Trockensubstanzgehalte relevant sind, spielen Eiweißgehalte und Wildkräuteranteil eine geringe Rolle. Dies eröffnet durch Züchtung und Anbaukombinationen große Optimierungspotenziale, deren Umsetzung noch aussteht.

sowie weitere Flächenpotenziale in der Landwirtschaft wurden in dieser Ermittlung nicht berücksichtigt. Daher bilden die angesetzten kurzfristig verfügbaren Potenziale eine Basismenge, die umgesetzt und auf mittlere Sicht gesteigert werden kann. Die Konkurrenz zur stofflichen oder nahrungsmitteltechnischen Verwendung wurde stark berücksichtigt. Durch eine verstärkte Unterstützung der in der Entstehung befindlichen Strukturen, durch intensive Öffentlichkeitsarbeit und Know-how-Transfer sowie ggf. die finanzielle Unterstützung für neue Lösungsansätze lassen sich größere Beiträge der Biomasse zum Primärenergieverbrauch darstellen. Hinzu kommen zu erwartende Änderungen im Preisgefüge der fossilen Energieträger, die durch den direkten Vergleich großen Einfluss auf die wirtschaftliche Verfügbarkeit von Potenzialen haben.<sup>214</sup> Durch die Optimierung der effizienten Bioenergienutzung sowie durch die gezielte Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen ließe sich der Wert der kurzfristig verfügbaren Bioenergiepotenziale auf 7 % steigern. Unter Nichtberücksichtigung der derzeitigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen betragen die technischen Potenziale bis zu 17 % des angesetzten Primärenergieverbrauches. Tabelle 18 stellt die ermittelten kurzfristig verfügbaren Potenziale in Rheinland-Pfalz nach Stoffgruppen dar.

Gesamtpotenziale Rheinland-Pfalz nach Stoffgruppen	Theoretisch in MWh		Technisch in MWh		Verfügbar in MWh	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
holzartige Biomasse	15.325.365	15.634.772	11.484.910	11.728.847	4.213.294	5.245.998
sonst. therm verwertb. Biomasse	6.590.732	6.590.732	5.222.600	5.222.600	932.796	932.796
vergärbare Biomasse	11.619.654	13.064.240	8.166.252	9.064.726	1.030.376	1.629.180
ölhaltige Biomasse	1.597.149	1.597.149	1.286.931	1.286.931	503.372	503.372
<b>Summe</b>	<b>35.132.900</b>	<b>36.886.893</b>	<b>26.160.692</b>	<b>27.303.104</b>	<b>6.679.837</b>	<b>8.311.346</b>

**Tabelle 18: Gesamtpotenziale der Biomassennutzung in Rheinland-Pfalz nach Stoffgruppen – Quelle: HECK/HOFFMANN/WERN (2004)**

Werden die ermittelten biogenen Stoffe jeweils als Ersatz für Heizzwecke, Treibstoffe und zur Stromerzeugung eingesetzt, ergeben sich in Haushalten und bei Kleinverbrauchern die oben dargestellten Vermeidungseffekte hinsichtlich des Imports fossiler Energieträger und des „Exports“ finanzieller Mittel, die sich bei Preissteigerungen weiter erhöhen. Im Folgenden wird angenommen, dass mit den erneuerbaren Energieträgern vornehmlich importierter Strom, Heizöl zur Wärmeerzeugung sowie Dieselmotorkraftstoff ersetzt werden.

<sup>214</sup> HECK/HOFFMANN/WERN (2004), S. 545.

Kurzfristig verfügbare Potenziale in Rheinland-Pfalz	Einsatz in	Ersatz von	Anteiliger Ansatz zur Erzeugung der jeweiligen Endenergie in % (kein Wirkungsgrad)	verfügb. Potenzial in GWh vor der Anlage	End-energie in GWh	Preis in €/GWh für ersetzten Energieträger (aktuell)	Preis in €/GWh für ersetzten Energieträger (bei Preissteigerung)	Reduzierte Mittelabflüsse in € bei Umsetzung der Potenziale im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher sowie als Treibstoffe	Reduktion des Mittelabflusses in Mio €/a (aktuell)	Reduktion des Mittelabflusses in Mio €/a (bei Preissteigerung)
Ölhaltige Biomasse	Dieselmotoren	Dieselmotoren	100	503	503	92.000	112.147	46.276.000	46	56
Vergärbare Biomasse	Biogasanlagen	Strom	33	1.030	340	170.900	208.326	58.088.910	58	71
		Heizöl	66	1.030	680	37.640	45.883	25.587.672	26	31
Sonst. Therm. Verwertb. BM	Feuerung	Heizöl	100	933	933	37.640	45.883	35.118.120	35	43
Holzartige Biomasse	40% im Heizkraftwerken	Strom	33	1.685	556	170.900	208.326	95.040.224	95	116
		Heizöl	66	1.685	1.112	37.640	45.883	41.864.412	42	51
Holzartige Biomasse	60 % in Heizwerken	Heizöl	100	2.528	2.528	37.640	45.883	95.154.793	95	116
<b>Summe</b>					<b>6.652</b>			<b>397.130.132</b>	<b>397</b>	<b>484</b>

**Tabelle 19: Reduktionspotenziale des Finanzmittelabflusses bei Ersatz fossiler Energieträger durch die kurzfristig verfügbaren Potenziale in Rheinland-Pfalz – eigene Darstellung**

Die oben genannten Werte beziehen sich beim Energieträger Heizöl auf einen Energieinhalt vor der Anlage. Der angegebene Preis enthält den Abbau außerhalb der Region, die Aufbereitung, den Transport zur Anlage, Steuern, Versicherungen und sonstige Kosten bis zur Anlieferung. Die Verwendung des Energieträgers Heizöl löst, neben den jährlichen Brennstoffkosten, eine Investition in eine Ölfeuerungsanlage (mit einem Wirkungsgrad von 95 %) sowie jährliche Betriebskosten für Wartung und Instandhaltung, Versicherung etc. aus. Daraus ergibt sich ein Preis pro kWh Ölwärme nach der Anlage.

Aus den getroffenen Annahmen der energetischen Verwertung dieser Potenziale in Tabelle 19 ergeben sich dadurch vermiedene Mittelabflüsse von ca. 397 Mio. €. In Abhängigkeit vom Ölpreis steigt auch der Wert der einzusparenden Brennstoffkosten.

Können diese Bedürfnisse aus endogenen Potenzialen gewonnen werden, wird nicht nur ein Abfluss der Kaufkraft verhindert, sondern auch Einkommen bei den Herstellern und Betreibern der zu installierenden Anlagen sowie ihrer Zulieferung geschaffen. Die Verdrängungseffekte in aktuellen regionalen Strukturen sind hierbei jedoch in Abzug zu bringen. Es entstehen daher verschiedene Effekte in unterschiedlichen Bereichen, wenn ein definiertes Budget nicht für externe Energieträger an Akteure außerhalb der Region abfließt. Werden keine fossilen Energieträger bezogen, bedarf es der Etablierung alternativer Strukturen, die zu den dargestellten Effekten führen. Somit wirkt 1 €, der nicht für fossile Energieträger exportiert wird, regional in vielfacher Weise, ohne dass zwingend zusätzliche

Finanzmittel aufgewendet werden müssen. Die Effekte und die Besonderheiten, die zu berücksichtigen sind, werden im folgenden Abschnitt verdeutlicht.

#### **4. Anlageninvestitionen im Bereich Bioenergie auf der Kapitalbasis vermiedener Mittelabflüsse sowie deren Auswirkungen auf die Region**

Die oben dargestellten nicht exportierten Summen stellen das Grundkapital für die Errichtung und den Betrieb von Biomasseanlagen als Ersatz für Anlagen mit fossilen Brennstoffen dar. Die Auswirkungen der Errichtung dieser Anlagen werden auf ihre Relevanz hinsichtlich der Schöpfung von Werten betrachtet.

Dabei muss die Ausgangssituation zur Nutzung fossiler Energieträger mit der Nutzung von Bioenergieträgern verglichen werden. Wie bereits in Abschnitt C.3.5 erwähnt, sind Anlagen zur energetischen Biomassenutzung meist mit höheren Investitionen verbunden als fossile Alternativen und erfordern einen zusätzlichen Personal- und Wartungsaufwand durch die umfangreicheren Beschickungsvorgänge und die erforderliche Konfektionierung. Dies bedingt niedrigere Rohstoff-/Brennstoffkosten, um einen wirtschaftlichen Betrieb im Vergleich mit fossilen Energieträgern darzustellen.

Die Erzeugung von Nutzenergie hat verschiedene Auswirkungen, die für die regionale Entwicklung von Bedeutung sind. Zu erwähnen sind die folgenden Aspekte, die jeweils beispielhaft verdeutlicht werden:

- Brennstoff-, Hilfs- und Betriebskosten als Umsatz für regionale Akteure;
  - o Der Einsatz regionaler Inputstoffe ist bei fossilen Anlagen zur Generierung von Energie wegen der geringen bzw. nur aufwändig zu gewinnenden<sup>215</sup> Vorkommen in deutschen Regionen stark beschränkt.
  - o Bioenergieanlagen können einen Großteil ihrer Inputstoffe aus der Region beziehen.
- Beschäftigungseffekte beim Betrieb, die langfristig bestehen;

---

<sup>215</sup> Im Fall von Stein- und Braunkohle.

- Öl- und Gasheizungen sowie Heizkraftwerke haben durch ihre problemlose automatische Zuführung vergleichsweise geringe Beschäftigungseffekte im Betrieb.
- Biomasseheizungen und -heizkraftwerke arbeiten häufig mit festen (z. B. Holzheizungen) oder pasteusen (z. B. Biogasanlagen) Inputstoffen, die über aufwändigere Technologien der Anlage zugeführt werden müssen. Der Beschäftigungseffekt ist durch den erhöhten Personalbedarf und die ggf. erforderliche Aufbereitung oder Überwachung des Prozesses größer als bei vergleichbaren Öl- oder Gasheizungen.
- Beschäftigungseffekte bei Planung und Bau, die einmalig entstehen;
  - Durch den einfach zu handhabenden Brennstoff und die langjährige Planungserfahrung sind die Planungskosten von Öl- und Gasheizungen vergleichsweise gering.
  - Biomasseanlagen mit Festbrennstoffen haben im Vergleich zu Öl- oder Gas-Feuerungsanlagen einen erhöhten Planungsaufwand und sind in der Ausführung umfangreicher. Daher sind die Beschäftigungseffekte in Bau und Montage ebenfalls höher, sofern diese von regionalen Akteuren übernommen werden.
- Investitionen, die Umsatz für Betriebe bzw. ein erhöhtes Kreditvolumen (und damit Umsatz für Banken) in der Region oder außerhalb der Region bedeuten;
  - Die Technologie der energetischen Öl- und Gasnutzung ist bereits seit Jahrzehnten am Markt vorhanden und ist daher vergleichsweise kostengünstig. Ferner trägt der einfach zu handhabende Brennstoff in der Zuführung zur Senkung der Investitionskosten bei.
  - Die umfangreiche Technologie der Biomassefeuerung bedingt eine höhere Investition, die jedoch ebenfalls der Region zufließen kann.
- Verwertungs- und Entsorgungskosten für Reststoffe und anfallende Materialien
  - Anfallende Aschen oder abgebrannte Brennstäbe aus Atomkraftwerken stellen einen Kostenfaktor dar, der durch die Art der Anlagentechnik bestimmt ist.

- Nicht genutzte Potenziale, z. B. in Form organischer Abfälle, stellen bei ihrer Entsorgung einen Kostenfaktor dar, der durch die energetische Nutzung reduziert werden kann (Einsparung von Entsorgungskosten).
- Emissionen klimaschädlicher Gase, die sich je nach Energieträger unterschiedlich stark auswirken;
  - Bei der Verbrennung fossiler Energieträger werden CO<sub>2</sub>-Emissionen frei, die zum Klimawandel beitragen. Emissionen von Klimagasen gehen häufig nicht in die Kostenrechnung mit ein, verursachen jedoch langfristige Schäden, deren Kosten die Allgemeinheit trägt.
  - Bei der nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse befindet sich das entstehende CO<sub>2</sub> in einem natürlichen Kreislauf und trägt damit nicht zur Klimaerwärmung bei. Zu beachten sind allerdings die entstehenden Emissionen für den Transport, den Anbau und die Ernte, sofern die entsprechenden Fahrzeuge mit fossilen Energieträgern betrieben werden, und ggf. zusätzliche Emissionen durch den erneuerbaren Brennstoff (z. B. Staub).

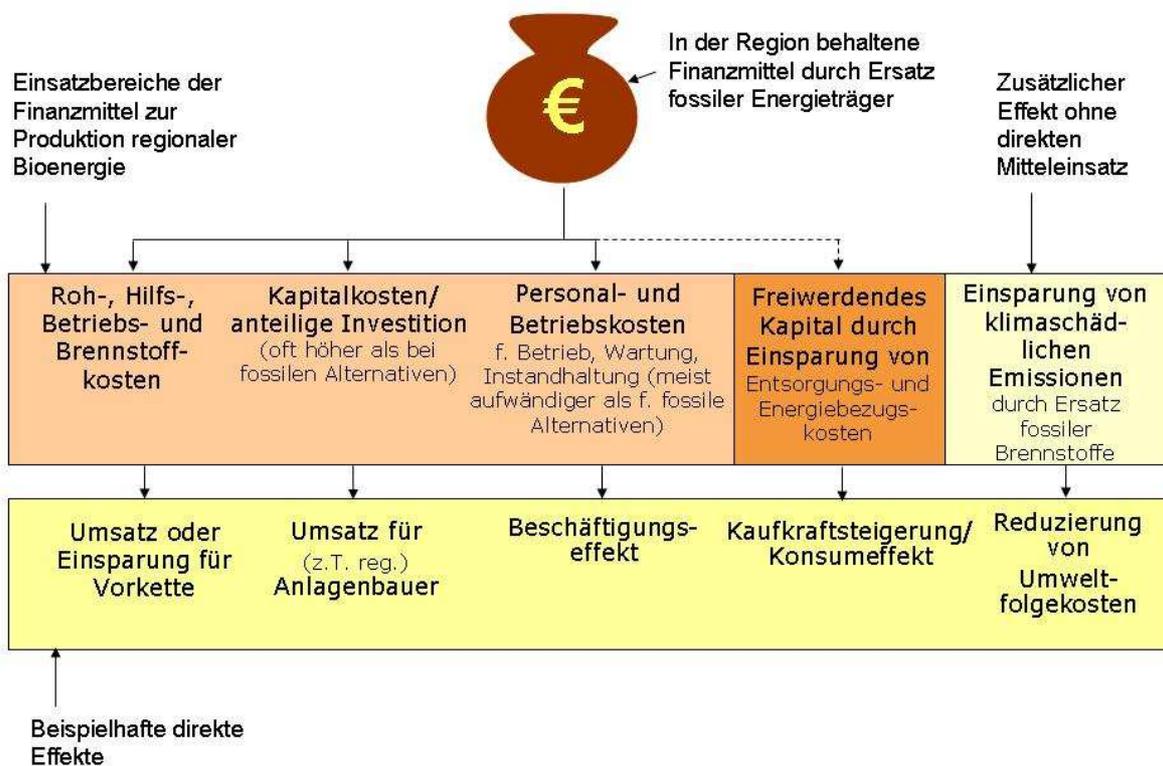
Wird davon ausgegangen, dass eine Umstellung aus betriebswirtschaftlicher (und privater) Sicht nur dann umgesetzt wird, wenn daraus ein wirtschaftlicher Erfolg (in Form von Gewinnen oder der Einsparung von Kosten) zu erwarten ist, kann auch bei einer Investition in eine neue Technologie ein Einspareffekt und damit eine Kaufkraftsteigerung (z. B. durch langfristig geringere Wärmepreise im Vergleich zu Öl oder Gas für die Verbraucher) erzielt werden. Zusätzlich erfolgt (im Vergleich zum Bezug der Primärenergieträger von außerhalb der Region) eine Einkommensgenerierung beim Brennstoffproduzenten. Da die Technologie zur energetischen Biomassenutzung häufig aufwändiger und damit teurer ist als die der eingeführten fossilen Energieträger, muss sich nach Abzug der Brennstoffkosten von den vergleichbaren Gesamtkosten des fossilen Systems ein zusätzlicher Posten für die erhöhten Abschreibungen und Kapitalkosten ergeben.

Die generierte ökonomische Wertschöpfung für die Region aus der Umsetzung einer Biomasseanlage ergibt sich daher aus den folgenden Bereichen:

- Einsparung durch kostengünstigere Energieversorgung (frei werdendes Kapital) bzw. Gewinn durch den Anlagenbetrieb und den Absatz von Energie

- Umsatz mit regional bezogenen Brennstoffen
- Beschäftigung an der Anlage und in der Anlieferung und Konfektionierung
- durch (höhere) Investitionskosten bedingte (höhere) Umsätze in der Region.

Abbildung 47 zeigt die verschiedenen Einsatzbereiche und Effekte, die entstehen können, wenn ein definiertes Budget nicht für externe Energieträger an Akteure außerhalb der Region abfließt, sondern die Bereitstellung von Energie durch die Aktivierung von Biomassepotenzialen erfolgt.



**Abbildung 47: Mögliche Einsatzbereiche und Effekte eines nicht für fossile Energieträger aus der Region exportierten Budgets beim Einsatz für die regionale Energieerzeugung aus endogenen Potenzialen – eigene Darstellung**

Um zu einer Aussage über die ökonomische Wertschöpfung in einer Region zu gelangen, müssen die oben stehenden Bereiche für verschiedene Anlagentypen untersucht werden. Neben den rein ökonomischen Aspekten ergeben sich aus den Projekten auch soziale und ökologische Auswirkungen, die ebenfalls zum Wert des Gesamtprojektes beitragen, jedoch häufig nicht messbar sind oder nicht mit den monetären Auswirkungen verglichen werden können.

## **5. Entwicklung von Wertefaktoren**

Die verschiedenen Anlagen in der Region werden auf ihre Auswirkungen und die Schaffung von „Werten“ als Auswirkung auf die Region untersucht. Um die einzelnen Effekte genauer zu untersuchen, werden verschiedene Kriterien aus den Bereichen Ökonomie, Ökologie und Soziales entwickelt. Dabei handelt es sich um Werte im Sinn einer Generierung von Nutzen. Hierbei bilden die ökonomischen Auswirkungen den Schwerpunkt für die Ermittlung der Generierung von regionalen Werten. Auf der Basis bestehender Daten werden jedoch soziale und ökologische Auswirkungen ebenfalls aufgenommen und – sofern messbar – gegenübergestellt. Anhand verschiedener Wertschöpfungsketten werden in der Region die Anlagen (soweit nachvollziehbar) mit ihren Vor- und Nachketten untersucht.

### **5.1. Ökonomische Wertefaktoren**

#### **5.1.1. Auswirkungen durch die Investition in Biomasseanlagen**

Die Investition in ein Anlagegut bedeutet die Bindung von Finanzkapital durch den Erwerb von Sachkapital. Das gebundene Finanzkapital steht damit nicht mehr für andere Anlagen zur Verfügung. Daher muss ein gewinnorientierter Investor entscheiden, in welchen Sachanlagen er sein Finanzkapital sinnvoll investiert. Häufiges Entscheidungskriterium sind die durch das Sachkapital zu erwartenden finanziellen Rückflüsse. Diese können bei der Investition in Produktionsanlagen als Kalkulationsbasis genutzt werden. Häufig dienen Investitionen jedoch nicht dem Zweck der Produktion verkäuflicher Güter, sondern der Befriedigung eines Bedürfnisses. Können keine direkten Rückflüsse erwartet werden, dienen die entstehenden jährlichen Kosten als Kalkulationsbasis. Diese jährlichen Kosten setzen sich aus den anfallenden Betriebs- und Wartungskosten, den Personalkosten und den auf die Jahre umgelegten Investitionen und den Kapitalkosten zusammen.

Werden unter den gerade genannten Rahmenbedingungen Investitionen getätigt, kann – vorausgesetzt dass die Investitionserwartungen eintreffen – davon ausgegangen werden, dass diese langfristige Auswirkungen auf die regionalen Finanz-, Einkommens- und Stoffströme haben, während Investitionen außerhalb der

Region das regionale System nicht direkt bzw. nur gering beeinflussen.<sup>216</sup> Häufig werden stattdessen negative Einflüsse, wie die Abwanderung der jungen und gut ausgebildeten Bevölkerung, die verringerte Attraktivität der Region, steigende Kosten für das Gemeinwesen und damit die Kürzung von öffentlichen Leistungen, beobachtet. Vor allem die selektive Migration aus ländlichen Regionen kann sich in Form einer relativen Überalterung der verbleibenden Bevölkerung, eines Frauendefizits im demographisch aktiven Alter sowie einer Überhäufigkeit gering Qualifizierter auswirken.<sup>217</sup> Regionale Investitionen und die dadurch entstehenden Auswirkungen sind damit als positiv zu bewerten, sofern sie den Grundsätzen der Nachhaltigkeit nicht widersprechen. Art und Stärke der ausgelösten Einflüsse hängen dabei vor allem von der Art der Investition ab. Die Höhe der Investition muss zur Messung ihres effektiven Einflusses mit ihren Auswirkungen ins Verhältnis gesetzt werden. Sollen die Auswirkungen auf die Region betrachtet werden, sind im Rahmen der Untersuchung vor allem die Anteile der Investitionen aus der Region selbst zu berücksichtigen. Diese Anteile tragen durch die Schaffung von Umsatz in der Vorkette dazu bei, dass weitere regionale Akteure in ihren Geschäftsbereichen eine zusätzliche Auslastung des Personals und der Produktionskapazitäten erfahren und ggf. einen zusätzlichen Gewinn erwirtschaften können. Ein wichtiger Aspekt ist vor allem in ländlichen Regionen der Betrag zur Zukunftssicherung von Absatzmöglichkeiten von Rohstoffen, Produkten und Dienstleistungen für regionale Unternehmen und damit die Sicherung von Beschäftigung.

Für den Ansatz und die Untersuchung von Investitionskosten im Rahmen der Betrachtung sind folgende Sachverhalte zu klären bzw. zu berücksichtigen:

- die Höhe der Investitionskosten für die Errichtung der Anlage im aktuellen Zustand; dies umfasst die Kosten für die Anlagenplanung, für die Bauteile, die Montage/ggf. Umbaukosten, die Genehmigung, die Inbetriebnahme zu Nettomarktpreisen. Für umgebaute Anlagen wird der Faktorwert der Anlage vor Umbau zuzüglich der Umbaukosten angesetzt.

---

<sup>216</sup> Einflüsse durch außerregionale Investitionen an der Regionengrenze mit Sogeeffekten in die Region werden in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

<sup>217</sup> WEIß (2002), S. 16 ff.

- die Anteile der Investitionen, die aus der Region und von außerhalb bezogen wurden.
- ob die Anlage (a) anstelle einer anderen/fossilen/nicht Energie erzeugenden Anlage errichtet wurde (Ersatzinvestition) oder ob die Investitionsentscheidung (b) auf Grund der erwarteten Gewinnerwirtschaftung durch verfügbare Materialien getroffen wurde (Zusatzinvestition).
- Im Fall (a) (z. B. bei Holzheizungen, Konfektionierungen, Abfallverwertungsanlagen) ist zu ermitteln, wie hoch die vergleichbaren Kosten für die Investition in eine Anlage zur Nutzung fossiler Brennstoffe oder in eine andere Anlage in der Region gewesen wären. In diesem Fall kann nur die Differenz als zusätzlicher Invest angesetzt werden.
- Im Fall (b) (z. B. bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen und Ölpresen) sind die gesamten Investitionskosten anzusetzen. Es wird in diesem Fall davon ausgegangen, dass die Akteure die finanziellen Mittel für den Eigenkapitalanteil zum durchschnittlichen Inflationszinssatz bei der Bank angelegt hätten, sofern nicht andere Investitionsalternativen mit höherem Zinssatz bekannt sind.
- Im Umgang mit fossilen Teilen der Energieversorgung muss unterschieden werden, ob es sich um für den Anlagenbetrieb notwendige oder zusätzliche Bestandteile handelt, die den Betrieb der regenerativen Energieversorgung nicht betreffen. Fossile Anteile regenerativer Anlagen (z. B. Zündstrahlmotor bei kleineren landwirtschaftlichen Biogasanlagen), die nicht ersetzt werden können, werden als Teil der Investition in die Gesamtanlage berücksichtigt. Bei den Brennstoffen ergeben sich die Unterschiede durch den regionalen und überregionalen Bezug. Zusätzliche Bestandteile oder durch erneuerbar betreibbare Technologie ersetzbare Komponenten (fossiler Spitzenlastkessel bei Biomassefeuerung) werden nicht als zusätzliche Investitionen gewertet. Baukosten, Peripherie etc, die nicht ausschließlich der nicht erneuerbaren Technologie zugeordnet werden können, werden jedoch angerechnet.
- Als Ergebnis der Investition wird der in der Region geschaffene Umsatz durch die Planung und den Bau der Anlage in den verschiedenen Bereichen verstanden.

### **5.1.2. Auswirkungen durch den Betrieb von Anlagen**

Sind alle Investitionen getätigt und die Vorbereitungs- und Bauphase abgeschlossen, kann die Anlage in Betrieb genommen werden. Handelt es sich um eine produzierende Anlage, dann verarbeitet sie einen Rohstoff (Input) zu Produkten (Output) und erzielt bei erfolgreichem Absatz der Produkte an Dritte einen Jahresumsatz. Die Erzielung des Umsatzes wird durch die Investition in den Anlagenbestand oder durch die Erbringung von immateriellen Dienstleistungen ermöglicht. Zu den Umsatzerlösen zählen neben dem Verkauf von Produkten auch die Vermietung und Verpachtung, Dienstleistungen aus Werkverträgen sowie Erlöse aus Nebenprodukten und Reststoffen. Die Umsatzerlöse stellen gemeinsam mit dem Bestand an Halb- und Fertigprodukten zum Ende der Periode die Betriebsleistung oder den Betriebsertrag dar.

Den Erträgen stehen Aufwendungen für den Materialverbrauch an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie für Löhne und Gehälter, die Abschreibungen und Zinsen sowie weitere Aufwendungen gegenüber, nach deren Abzug vom Ertrag sich der Gewinn ergibt.

Die Betriebsweise und vor allem die Art und Herkunft der Inputmaterialien bestimmen die Auswirkungen, die der Betrieb der Anlage jährlich auf die Region hat.

Für die regionale Betrachtung ist vor allem die Aufwandsseite von Bedeutung. Die Positionen Löhne und Gehälter, Materialverbrauch, Zinsen, sonstige Aufwendungen und der Gewinn können jeweils regionale oder überregionale Bezugsquellen aufweisen. Die Aufwendungen des Betriebes, die zu Auszahlungen oder zur Erhöhung des Vermögens führen, bedeuten für den entsprechenden Lieferanten oder Dienstleister einen Erlös. Daher ist zu untersuchen, welcher Anteil der jeweiligen Positionen (Löhne und Gehälter, Materialverbrauch, sonstige Aufwendungen, Zinsen, Gewinn) regionalen Akteuren zufließt.

Neben den Investitionsmitteln besteht meist auch für Inputmaterialien eine alternative Verwendung, die bei der Bewertung des regionalen Zusatznutzens berücksichtigt werden muss.

Nach der Ermittlung der absoluten Zahlen für die finanziellen Auswirkungen des Betriebes der Anlage ist jeweils zu klären, ob das Material in der Region alternativ eingesetzt werden würde; wenn ja, muss der Wert der alternativen Nutzung von dem

Materialwert in Abzug gebracht werden. Das Ergebnis ist der Zusatznutzen für die Region durch den Betrieb der Anlage mit dem entsprechenden Material.<sup>218</sup>

### **5.1.3. Auswirkungen in der Biomassebereitstellung**

Die Abnahmemenge der Anlage generiert den Jahresumsatz in der Vorkette und ist damit meist für einen Teil des Absatzes verantwortlich.

Im Rahmen der Untersuchung der Biomassebereitstellung sind die folgenden Punkte zu klären:

- Kosten und Absatzpreise für die Bereitstellung der Stoffströme mit Verteilung in Materialkosten, Personalkosten, sonstige Kosten und Gewinn
- woher die abgesetzten Mengen bezogen wurden und zu welchen Anteilen diese aus der Region stammen
- welchen Stellenwert der Absatz der entsprechenden Stoffströme für den Lieferanten hat (Hauptabsatzprodukt, eines von mehreren Produkten, Reststoff/Abfall)
- ob zusätzliche, bisher ungenutzte Potenziale aktiviert und monetarisiert werden konnten und welche Differenz zwischen dem vorherigen Wert und dem Wert nach Aktivierung besteht
- alternative Absatzwege und -preise für das Produkt
- bei welcher minimalen Absatzmenge die Lieferanten/Konfektionierer die Dienstleistung anbieten können bzw. ab welcher Menge zusätzliche Investitionen getätigt werden müssen<sup>219</sup>
- ob und in welcher Höhe Transportkosten und -entfernungen eingespart werden können.

### **5.1.4. Auswirkungen im Produktabsatz**

In Abhängigkeit von den Produkten sind bei den entsprechenden Abnehmern die folgenden Punkte zu klären:

---

<sup>218</sup> Der Zusatznutzen kann ggf. auch negativ sein, wenn andere Alternativen für die Region höhere Zuflüsse erwirtschaften.

<sup>219</sup> Gegebenenfalls können auch bestehende Maschinen besser ausgelastet werden, so dass eine höhere Effizienz in der Bereitstellung der Dienstleistung erzielt werden kann.

- zu welchen Preisen die Produkte bezogen werden
- ob und welche Kosten durch den Bezug bzw. Absatz des Produktes im Vergleich zum alternativen Bezug bzw. Absatz eingespart werden können<sup>220</sup>
- ob weitere Vorteile durch den Produktbezug entstehen (z. B. höherer Düngewert).

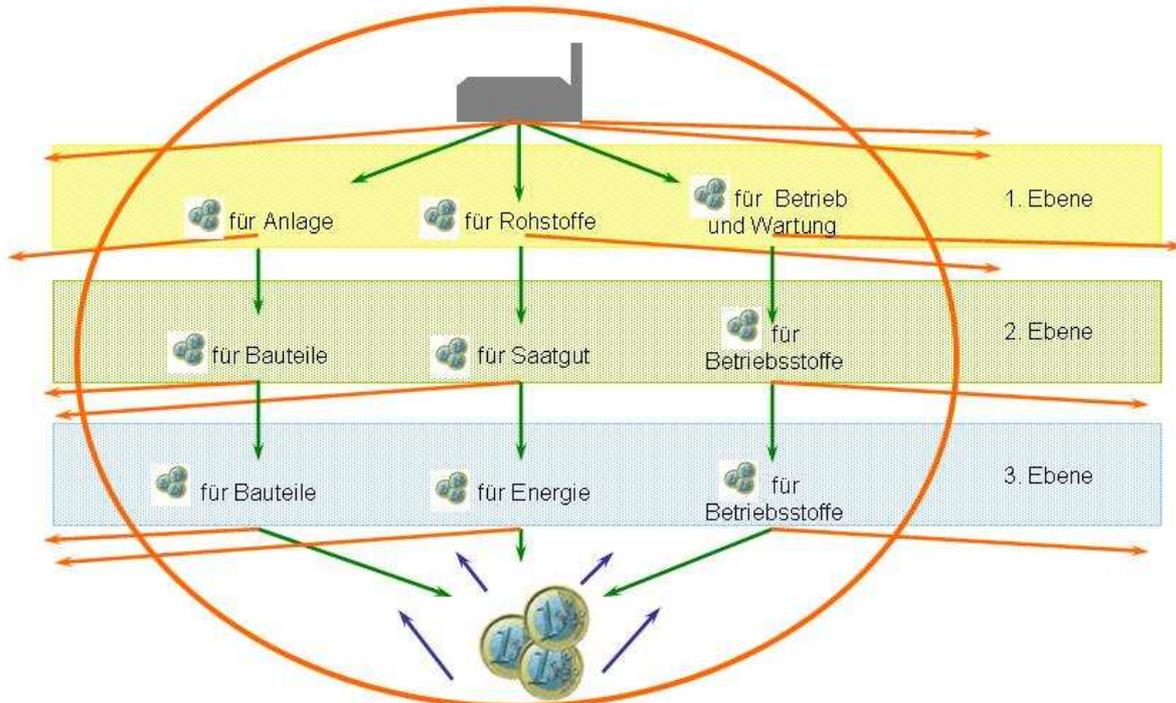
### **5.1.5. Ebenen ökonomischer Wertschöpfung**

Zur Ermittlung der ökonomischen Werte wird davon ausgegangen, dass sich neben den reinen betriebsbezogenen Effekten durch die Kosten für den Betreiber auch Einnahmen für die Lieferanten und Dienstleister der von der Anlage genutzten Produkte und Leistungen ergeben. Diese Auswirkungen können sich auf verschiedenen Ebenen vollziehen. Die erste Ebene der Finanzflüsse geht direkt vom Investor und Betreiber der Anlage aus. Hier werden die Zahlungen und Leistungen betrachtet, die in direktem Zusammenhang mit der Anlage entstehen. Diese umfassen den Kauf und die Installation, die jährlichen Kosten für den Betrieb, den Bezug von Rohstoffen oder deren Anbau sowie die Ausbringung und Verwertung von Reststoffen. Relevant für die Region ist dabei, welche Anteile regionalen Akteuren zufließen. Da jedoch unterschiedliche Anteile an der Gesamtwertschöpfung bei den unterschiedlichen Akteuren der Herstellungsketten verbleiben, ist es von Interesse, einen möglichst hohen Anteil der für die Herstellung des Produktes zuständigen Leistungsträger in der Region zu etablieren. Die zweite Ebene beschäftigt sich jeweils mit den Akteuren, die Einnahmen aus der ersten Ebene erwirtschaften. Diese Einnahmen können in Form von Leistungen und Produkten entweder an Akteure außerhalb oder innerhalb der Region weitergegeben werden. Sobald ein Akteur Produkte oder Dienstleistungen von außen bezieht und finanzielle Mittel nach draußen abgibt, ist der Kreislauf der Finanzflüsse (aus Sicht der Region) unterbrochen. Werden jedoch regionale Produkte und Dienstleistungen bezogen, besteht die Möglichkeit der Etablierung weiterer Ebenen mit regionalen Auswirkungen. Abbildung 48 zeigt, ausgehend von der Anschaffung einer Anlage, beispielhaft die verschiedenen Ebenen, auf denen finanzielle Mittel aus der Region

---

<sup>220</sup> Die Auswirkungen können dabei auch bereichsübergreifend betrachtet werden. So können ggf. bei energetischer Nutzung von Naturschutzmaterial Kosten für die Pflege reduziert und damit ein Beitrag zum Erhalt der ökologisch wertvollen Landschaftsstrukturen geleistet werden.

„exportiert“ oder in dieser gehalten werden können. Je länger die Finanzflüsse in der Region verweilen, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese wieder zu den Ausgangsakteuren zurückfließen.



**Abbildung 48: Ebenen der regionalen Finanzflüsse – eigene Darstellung**

Die verschiedenen Ebenen sind dabei nicht auf die Herstellung eines Produktes oder einer Anlage bezogen, sondern können sich auf alle in der Region hergestellten Leistungen beziehen und auswirken, da die jeweiligen Akteure nach ihren Bedürfnissen entscheiden, welche Güter sie innerhalb oder außerhalb der Region erwerben.

Relevant für die Untersuchung ist die Schaffung der Möglichkeiten für die Etablierung eines Kreislaufes finanzieller Mittel, wobei jede Ebene die gleiche Bedeutung einnimmt. Im Rahmen der untersuchten Anlagen wurde ein Schwerpunkt auf die erste und – soweit möglich – die zweite Ebene gelegt. Damit kann dargestellt werden, welche finanziellen Flüsse durch die Anlageninvestition in die Region eingebracht wurden und welche damit die Möglichkeit eröffnen, in der Region in den verschiedenen Ebenen zu wirken. Die Beförderung des Bewusstseins für die Möglichkeiten aus der Aktivierung dieser Kreisläufe kann die Bioenergienutzung nicht allein aktivieren. Hierbei kann sie jedoch einen Beitrag zur regionalen Entwicklung leisten, indem sie die Möglichkeiten für die Regionen aus der endogenen Nutzung

ihrer Potenziale aufzeigt und einen Weg zur bewussten Aktivierung auch anderer endogener Potenziale weist.

## **5.2. Soziale Wertefaktoren**

Die sozialen Indikatoren sind vor allem für die Schaffung von Voraussetzungen für die künftige und nachhaltige Entwicklung der Region von entscheidender Bedeutung. Bildungschancen und die Möglichkeit der Einbringung der Fähigkeiten der Bewohner in Unternehmen, die Erwerb generieren, garantieren der Region auch künftig Attraktivität und finanzielle Zuflüsse. Daher liegt auf der Schaffung und dem Erhalt von Arbeitsplätzen sowie der zusätzlichen Qualifizierung von Personen aus der Region ein Schwerpunkt der sozialen Wertefaktoren. Die Art der beruflichen Qualifikation, die für die geschaffenen oder erhaltenen Arbeitsplätze benötigt wird, ist vor allem für ländliche Regionen von besonderem Interesse. Entstehen z. B. in einer stark land- und forstwirtschaftlich geprägten ländlichen Region mit einer hohen Arbeitslosenquote der gering qualifizierten Bevölkerungsschicht vorwiegend Arbeitsplätze für hoch qualifiziertes Personal, hat dies einen Zuzug von entsprechenden Fachkräften zur Folge, ohne dass die Arbeitslosenquote bei der einheimischen Bevölkerungsschicht mit niedriger Qualifikation nennenswert sinkt. Entsprechendes gilt bei der reinen Schaffung von Arbeitsplätzen mit niedriger Qualifikation, wenn zeitgleich hoch qualifizierte Personen aus der Region abwandern. Daher ist die Mischung der Qualifikationsanforderungen der entstehenden und gesicherten Arbeitsplätze ebenfalls von Bedeutung. Die Besetzung der Arbeitsplätze mit regionalen Akteuren steigert zusätzlich die regionale Identifikation mit dem Projekt und fördert die Nutzung von bereits bestehenden Netzwerken aus anderen Bereichen. Etwaige verdrängte Arbeitsplätze müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Gesicherte Arbeitsplätze können in vergleichbarem Umfang gewertet werden wie neu geschaffene, da die Kosten der Arbeitslosigkeit im alternativen Fall von der Allgemeinheit getragen werden müssen.

Vor allem im Bereich der Anlagenplanung und Konfektionierung bedarf es dem Erreichen einer kritischen Größe, ab der die Investition in eine Aufbereitungstechnologie oder die Spezialisierung auf einen Bereich aus ökonomischen Gründen möglich ist. Die Verteilung der Anlagen in der Region und deren Entfernungen zueinander sind daher für die künftigen Planungen weiterer Potenzialnutzungen zu berücksichtigen. Hierfür ist es von Vorteil, Netzwerke zwischen den Akteuren zu

bilden, um Synergieeffekte und Informationen über Bedarf und Angebot sowie bestehende Erfahrungen möglichst effizient zu nutzen. Akteure, die bereits in Netzwerken aktiv sind, können als Multiplikator dienen und neuen Beteiligten den Projekteintritt erleichtern. Positive wie negative Beispiele und die Kommunikation der Akteure sowie die Möglichkeit der Besichtigung der entsprechenden Einrichtungen tragen erheblich zur Verbreitung und Umsetzung weiterer Projekte in der Region bei. Daher ist neben der Zahl der Arbeitsplätze auch die Zahl der erreichten und am Projekt beteiligten Personen von großer Relevanz.

Zu untersuchen sind im Rahmen der sozialen Wertefaktoren daher die folgenden Punkte:

- Zahl der geschaffenen, gesicherten und verdrängten Arbeitsplätze
- jeweilige Zuordnung der Arbeitsplätze zu den Qualitätsanforderungen (hoch qualifiziert, Fachkraft, Hilfskraft/niedrig qualifiziert)
- Anzahl der weiterqualifizierten Personen
- Anzahl der beteiligten Akteursgruppen im Projekt
- inwiefern erfahrenes Personal oder bestehende Netzwerke mit in das Projekt einbezogen werden konnten
- welche Rolle bestehende Anlagen für die Planung und Umsetzung anderer Anlagen spielen (Besichtigungen, Anteil der potenziellen Umsetzer bei Besichtigungen, Auswirkungen der Besichtigungen).

### **5.3. Ökologische Wertefaktoren**

Die ökologischen Indikatoren ergänzen die beiden erstgenannten um den wichtigen Aspekt der Überprüfung der Zukunftssicherung aus ökologischer Sicht. Nur wenn die genutzten Ressourcen langfristig verfügbar sind, kann auch für die Region ein nachhaltiger positiver Wert erzielt werden. Die Akteure und Anlagenbetreiber können ihren Beitrag zur nachhaltigen Ressourcenschonung durch die Einsparung von Energie und die Nutzung erneuerbarer Energieträger leisten. Messbar wird dies durch die Einsparung von Einheiten CO<sub>2</sub>-Äquivalent, indem die Nutzung fossiler Energieträger reduziert bzw. ersetzt wird. Neben den Klimagasen können weitere Schadstoffeinträge in die Umwelt wie z. B. Nitrat- oder Geruchsemissionen sowie die Bodenerosion reduziert werden. Ein Vergleich erfolgt hier, soweit vorhanden, mit dem Alternativszenario, das ohne die Anlage bzw. das Projekt zum Einsatz käme.

Zu klärende Sachverhalte sind im Folgenden:

- ob die Grundsätze der Nachhaltigkeit hinsichtlich der künftigen Rohstoffverfügbarkeit berücksichtigt wurden
- Flächenbedarf der Anlage in  $m^2$ , unterteilt in versiegelte und unversiegelte genutzte Fläche
- zusätzlich ganzjährig bepflanzte Flächen durch das Projekt und dadurch bestimmter Grad der Reduzierung von Erosionen
- eingesparte Menge an klimaschädlichen Gasen ( $CO_2$ , Methan etc. in  $CO_2$ -Äquivalent)
- Reduzierungspotenzial von Nitratauswaschungen
- Reduzierung von Geruchsemissionen
- Veränderung der Biodiversität und Gefahr der Bildung von Monokulturen.

## 6. Entwicklung von Indikatoren

Aus den ermittelten Wertefaktoren in den jeweiligen Wertschöpfungsketten werden, soweit möglich, Gesamtwerte gebildet. Um die entsprechenden Werte vergleichbar zu machen, werden Indikatoren entwickelt, welche die Effekte der einzelnen Wertschöpfungsketten miteinander ins Verhältnis setzen. Die jeweiligen Indikatoren sind dabei je nach Position des Adressaten bzw. Interessenten in der Wertschöpfungskette entsprechend auszuwählen.

### 6.1. Ökonomische Indikatoren

Allgemeine Indikatoren für alle Anlagen

- Gesamtinvestition/Einheit Input
- regionaler Umsatz (jährliche regionale Zuflüsse)/€ Gesamtinvestition
- regionale Investition (regionaler einmaliger Zufluss)/Einheit Input
- nationaler Invest/Einheit Input
- durchschnittliche Erlöse/Einheit Gesamtinput (Stoffströme)
- regionale Rohstoffkosten (regionale Zuflüsse für Rohstoffe)/Einheit regionaler Input
- regionaler Umsatz (jährliche regionale Zuflüsse)/Einheit Input (Stoffströme)
- regionaler Umsatz (jährliche regionale Zuflüsse) aus Rohstoffen/Einheit regionaler Input (Stoffströme)

- regionale Gesamtzuflüsse in €/€ alternativer Gesamtfinanzmittelexport für externen Energiebezug
- Gesamtinvestition in €/€ alternativer Gesamtfinanzmittelexport für externen Energiebezug.

#### Energie generierende Anlagen

- Gesamtinvestition/ $kW_{el}$
- regionale Investition/ $kW_{el}$
- Gesamtinvestition/ $kW_{th}$
- regionale Investition/ $kW_{th}$
- regionaler Umsatz (jährliche regionale Zuflüsse)/ $kW_{th}$
- regionaler Umsatz (jährliche regionale Zuflüsse)/ $kW_{el}$
- regionaler Umsatz (jährliche regionale Zuflüsse)/MWh Jahresinput
- regionale Verwertungs- bzw. Entsorgungskosten/MWh<sub>el</sub> bei organischen Abfällen
- regionale Verwertungs- bzw. Entsorgungskosten/MWh<sub>th</sub> bei organischen Abfällen.

#### Konfektionierung/Transport/Trocknung

- regionale Verarbeitungs- bzw. Aufbereitungskosten/Menge Endprodukt.

#### Verbraucher

- Bezugskosten/Einheit Wärme
- Bezugskosten/Einheit Strom
- Bezugskosten/Einheit Produkt
- alternative Bezugskosten/Einheit Wärme
- alternative Bezugskosten/Einheit Strom
- alternative Bezugskosten/Einheit Produkt
- Einsparung/Einheit Wärme
- Einsparung/Einheit Strom
- Einsparung/Einheit Produkt.

## 6.2. Soziale Indikatoren

### Allgemeine Indikatoren für alle Anlagen

- geschaffene Arbeitsplätze/Einheit Input
- geschaffene regionale Arbeitsplätze/Einheit Input
- zusätzlich geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/Einheit Input
- erhaltene regionale Arbeitsplätze/Einheit Input
- verdrängte regionale Arbeitsplätze/Einheit Input
- Gesamtpersonaleinsatz/Einheit Input
- Einsatz regionalen Personals/Einheit Input
- Einsatz von hoch qualifiziertem regionalem Personal/Einheit Input
- Einsatz von im Projekt qualifiziertem regionalem Personal/Einheit Input
- Einsatz von gering qualifiziertem regionalem Personal/Einheit Input
- weiterqualifiziertes Personal/Einheit Input
- zusätzlich geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/Einheit regionalem Input
- zusätzlich geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/Einheit alternativ extern bezogener Energie.

### Stromgeführte Anlagen zur Generierung von Energie

- geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/kW<sub>el</sub> installiert
- verdrängte Arbeitsplätze/kW<sub>el</sub> installiert
- verdrängte regionale Arbeitsplätze/kW<sub>el</sub> installiert
- Gesamtpersonaleinsatz/kW<sub>el</sub> installiert
- Gesamtpersonaleinsatz/kW<sub>th</sub> installiert
- Einsatz regionaler Personen/kW<sub>el</sub> installiert
- Einsatz von hoch qualifiziertem regionalem Personal/kW<sub>el</sub> installiert
- Einsatz von qualifiziertem regionalem Personal/kW<sub>el</sub> installiert
- Einsatz von gering qualifiziertem regionalem Personal/kW<sub>el</sub> installiert.
- weiterqualifiziertes Personal/kW<sub>el</sub> installiert

### Wärmegeführte Anlagen zur Generierung von Energie

- geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/kW<sub>th</sub> installiert
- verdrängte Arbeitsplätze/kW<sub>th</sub> installiert
- verdrängte regionale Arbeitsplätze/kW<sub>th</sub> installiert

- Gesamtpersonaleinsatz/kW<sub>th</sub> installiert
- Einsatz regionalen Personals/kW<sub>th</sub> installiert
- Einsatz von hoch qualifiziertem regionalem Personal/kW<sub>th</sub> installiert
- Einsatz von qualifiziertem regionalem Personal/kW<sub>th</sub> installiert
- Einsatz von gering qualifiziertem regionalem Personal/kW<sub>th</sub> installiert
- weiterqualifiziertes Personal/kW<sub>el</sub> installiert
- versorgte Wärmeabnehmer/100 kW<sub>th</sub> installiert.

### 6.3. Ökologische Indikatoren

#### Landwirtschaftlicher Anbau

- Flächenbedarf/Einheit Rohstoffinput
- zusätzlich/ganzjährig bepflanzte Flächen in ha/Einheit Rohstoffinput
- Eingesparte t CO<sub>2</sub>-Äquivalent durch Mineraldüngerersatz/Einheit Energieinput
- Eingesparte t CO<sub>2</sub>-Äquivalent durch Mineraldüngerersatz/ Einheit Rohstoffinput.

#### Stromgeführte Anlagen zur Generierung von Energie

- eingesparte t CO<sub>2</sub>-Äquivalent/kW<sub>el</sub>
- eingesparte t CO<sub>2</sub>-Äquivalent/kW<sub>th</sub>
- eingesparte t CO<sub>2</sub>-Äquivalent durch Wärme/Einheit Rohstoffinput
- eingesparte t CO<sub>2</sub>-Äquivalent durch Strom/Einheit Rohstoffinput
- eingesparte t CO<sub>2</sub>-Äquivalent durch Strom/Einheit Energieinput über Laufzeit.

#### Wärmegeführte Anlagen zur Generierung von Energie

- eingesparte t CO<sub>2</sub>-Äquivalent/kWh<sub>th</sub>
- eingesparte t CO<sub>2</sub>-Äquivalent/Einheit Rohstoffinput
- eingesparte t CO<sub>2</sub>-Äquivalent durch Wärme/Einheit Energieinput über Laufzeit.

## 7. Indikatorenbewertung

Die Indikatoren sind je nach Akteur und seiner Stellung in der Wertschöpfungskette mit unterschiedlichem Aufwand zu erheben. Die oben dargestellte Liste gibt daher Vorschläge für eine Vergleichbarkeit. In Abhängigkeit von den untersuchten Technologien können ggf. weitere Faktoren hinzugefügt oder unrelevante herausgenommen werden. Das praktische Beispiel in Kapitel F stellt anhand verschiedener

Anlagen die erheblichen Indikatoren gegenüber. Die Aussagekraft der unterschiedlichen Ergebnisse differiert in Abhängigkeit von der Zuverlässigkeit der Daten, vom Maß der bereits vorhandenen Dokumentation der jeweiligen Akteure sowie deren Auskunftsbereitschaft. Für einige Aussagen müssen die Akteure ggf. Schätzungen auf Grund von Betriebserfahrungen anstellen, da vor allem für Teile der Indikatoren im sozialen und ökologischen Bereich entsprechende Nachweise nicht erbracht werden müssen und damit oft nicht vorhanden sind. In diesen Fällen muss ein Abgleich mit Literaturwerten oder Erfahrungen anderer Akteure herangezogen werden, um die Daten zu bestätigen.

## **8. Auswahl der Befragungsteilnehmer**

Die Auswahl der zu befragenden Akteure kann nach dem folgenden Schema erfolgen:

- Erstellung einer Liste der vorhandenen Anlagenbetreiber in der zu untersuchenden Region
- Festlegung von Ausschluss- und Auswahlkriterien für die Befragung
  - o Ausgewählt werden sollen vornehmlich Anlagen, die als Demonstrationsobjekt auch für künftige Anlagenbetreiber dienen können und deren Belieferung oder Absatz Einfluss auf andere regionale Akteure hat.
  - o Als minimale Leistungsgröße für Einzelheizungsanlagen werden  $>100 \text{ kW}_{\text{th}}$  angesetzt; kleinere Anlagen können als Absatz für den Brennstoffhandel gesammelt betrachtet werden.
  - o Feuerungsanlagen in Holzverarbeitenden Betrieben werden nicht betrachtet, da die Entscheidungsgrundlage auf Basis des verfügbaren Brennstoffes nicht mit Entscheidungen anderer Akteure vergleichbar ist.
- Anfrage nach Auskunftsbereitschaft aller ausgewählter Akteure
- Erstellung und Abstimmung des Fragebogens auf die jeweils zu befragenden Akteure in Abhängigkeit vom Rücklauf der auskunftsbereiten Teilnehmer unter Berücksichtigung der Stellung in der Wertschöpfungskette.

Bei der Untersuchung handelt es sich um ein Themengebiet, das u. a. die internen Geschäftszahlen betrifft. Der Hauptteil der Befragungen wird persönlich durchgeführt, da die Auskunftsbereitschaft von Unternehmen am Telefon gegenüber Unbekannten

äußerst gering ist. Dem Wunsch nach Nichtveröffentlichung bestimmter Geschäftszahlen ist stattzugeben. In der Auswertung werden die Ergebnisse anonymisiert aufgelistet.

## **9. Befragung der regionalen Akteure im Bereich Bioenergie**

Die Befragung der regionalen Akteure erfolgt mit Hilfe von fragebogengestützten persönlichen und telefonischen Interviews.<sup>221</sup> Hierfür wurde ein Fragebogen entwickelt, dessen Ergebnisse in eine Excel-Datei eingepflegt werden können. Der Fragebogen enthält Abschnitte für die unterschiedlichen Bereiche der Potenzialbereitstellung, Anlagenplanung, Anlagenherstellung, Konfektionierung Anlagenbetrieb und Produktabnahme. Wegen der unterschiedlichen Anlagenstrukturen und der Akteursgruppenzugehörigkeiten der Befragten können einzelne Fragebereiche nach Bedarf eingefügt oder entfernt werden. Ein Schwerpunkt der Befragung liegt dabei auf dem Anlagenbetrieb (1. Ebene, s. 5.1.5) und den hierfür ausgelösten Investitionen. Soweit möglich werden die 2. und 3. Ebene hinsichtlich der Potenzialbereitstellung und der Produktabnahme erhoben. Durch die Verknüpfung der Zellen und die Hinterlegung von Formeln können Ergebnisse errechnet und graphisch dargestellt werden. Unterteilt werden im Tool die Bereiche Input-Output, Grunddaten, Ökonomie, Soziales und Ökologie. Ferner enthält die Datei Berechnungsgrundlagen zum Anbau von nachwachsenden Rohstoffen (Mais) und den alternativ angebauten Früchten (Winterweizen) sowie zu Transportkosten bei der Anlieferung und den Ausbringkosten von Substraten. Eine speziell entwickelte Eingabemaske fasst die zu ermittelnden Werte auf einem Blatt zusammen. Die wichtigsten zu ermittelnden Werte sind in den Tabellen jeweils mit einer farblichen Markierung versehen. Eingabefelder für zu ermittelnde Daten sind orange markiert. In Tabelle 20 bis 25 sind die obligatorischen Eingabefelder für die Anwendung des Tools zur Ermittlung der regionalen Effekte am Beispiel des Tools für Biogasanlagen dargestellt.

---

<sup>221</sup> Vgl. REUBER/PFAFFENBACH (2005) S. 65 ff.

### Input-Output

Anlageninput	Inputmenge	Einheit	Bezugskosten/t
Maissilage		t FM/a	
Grassilage		t FM/a	
Produktionsabfälle		t FM/a	
Hühnertrockenkot		t FM/a	
Rinderfestmist		t FM/a	
Schweinegülle		m <sup>3</sup> FM/a	
Rindergülle		m <sup>3</sup> FM/a	

genutzte Fläche		ha
davon eigene Fläche		ha
davon fremde Fläche		ha
Gesamtbetriebsfläche		ha

Tabelle 20: Eingabefelder für die Input-Output-Daten – eigene Darstellung

### Grunddaten

Parameter	Null-Option	Biogasanlage
Investitionskosten in €		
regionaler Anteil am Invest in %		
nationaler Anteil am Invest in %		
Fremdkapitalanteil in %		
Kreditlaufzeit in Jahren		
Fremdkapitalzinssatz in %		
Einkünfte Heizölhändler/a		
regional bezogene Leistung für Wartung und Betrieb der Energieerzeugung/a		
regionale Ausgaben der beteiligten Landwirte/a (2. Ebene) aus Erlösen f. Anbau		
Bezugskosten für nachwachsende Rohstoffe von außerhalb in €/ha		
Stromabgabe an das Netz in % von der Produktion		
el. Wirkungsgrad BHKW in %		
Kreditaufnahme in €		
Zuschuss in €		
Entsorgungserlöse in €/a		
Brennstoffkosten in €/a		
genutzte Wärme (ohne Fermenterheizung) in kWh/a		
Kosten in Ct./kWh Wärme		
Erlöse in Ct./kWh Strom		
durchschnittliche alternative Strombezugskosten für regionale Akteure bei Akteuren außerhalb der Region in €/kWh		
durchschnittliche alternative Wärmebezugskosten für regionale Akteure an Akteure außerhalb der Region in €/kWh		

Tabelle 21: Eingabefelder für die Grunddaten – eigene Darstellung

**Ökonomie**

Ökonomische Wertefaktoren	Nulloption		Biogasanlage	
installierte Leistung elektrisch		kW <sub>el</sub>		kW <sub>el</sub>
Jahresvolllaststunden		h		h
Inputmenge Öl/a		Liter		Liter
Anlagenwirkungsgrad bezogen auf Strom bzw. Wärme		%		%
Anteil der regionalen Inputmenge		%		%
reg. Verarbeitungs/Aufbereitungskosten für Input/a		€		€
Alternativer Erlös für die Rohstoffe aus eigenen Flächen/a		€		
max. Transportentfernung		km		km
tatsächliche Ausbringmenge/ha		m <sup>3</sup> /ha		m <sup>3</sup> /ha
Ausbringkosten je m <sup>3</sup> Substrat in Eigenleistung (eigene Maschinen)		€/m <sup>3</sup>		€/m <sup>3</sup>

**Tabelle 22: Eingabefelder für die ökonomischen Daten – eigene Darstellung**

**Soziales**

		Personalkosten in €	betroffene regionale Personen im Bereich	hoch qualifiziert in Stunden	Fachkraft in Stunden	ungelernt/niedrig qualifiziert in Stunden
	Kosten in €/Stunde			35	20	10
bezahlte einmalige Personalkosten	reg. Planung					
	reg. Anlagenbau					
	reg. Anlagenherstellung					
nicht bezahlte Stunden	Eigenleistung bei Anlagenbau und Planung					
bezahlte jährliche Personalkosten	reg. Rohstoffbereitstellung					
	reg. Brennstoffaufbereitung					
	reg. Anlagenbetrieb					
	Produktverwertung					
nicht bezahlte jährliche Stunden	Öffentlichkeitsarbeit					

**Tabelle 23: Eingabefelder für die sozialen Daten (1) – eigene Darstellung**

	Nulloption		Biogasanlage	
Anzahl der weiterqualifizierten Personen		Personen		Personen
Anzahl der beteiligten Akteure im Projekt		Personen		Personen
Anzahl der jährlichen Besichtigungsstunden		Stunden		Stunden
Anzahl der umgesetzten Projekte nach Besichtigung (nicht ausschließlich und		Projekte		Projekte
Einbeziehung bestehender Netzwerke				
Rolle der Anlage für zukünftige Projekte				

**Tabelle 24: Eingabefelder für die sozialen Daten (2) – eigene Darstellung**

**Ökologie**

Flächenbedarf versiegelt		ha
zusätzlich ganzjährig bepflanzte Fläche		ha
Reduzierungspotenzial von Nitratauswaschungen		%
Veränderung der Biodiversität und Gefahr der Bildung von Monokulturen		%

**Tabelle 25: Eingabefelder für die ökologischen Daten – eigene Darstellung**

Auf Grund des sehr umfangreichen Datenbedarfes zur Erzielung von Ergebnissen enthält das Tool in grün markierten Feldern Werte, die angesetzt werden können, wenn keine genaueren Angaben vorliegen. Diese sollten jeweils vom Bearbeiter überprüft und ggf. mit lokalen Daten ergänzt werden.

Anlageninput	Inputmenge	Einheit	TS-Gehalt	t TS	oTS-Gehalt	t oTS	Gaserträge in m <sup>3</sup> /t oTS	Gaserträge in m <sup>3</sup> /t FM
Maissilage	0	t FM/a	25	0	95	0	600	200
Grassilage	0	t FM/a	30	0	95	0	500	158
Produktionsabfälle	0	t FM/a	12	0	80	0	400	300
Hühnertrockenkot	0	t FM/a	40	0	77	0	400	231
Rinderfestmist	0	t FM/a	25	0	80	0	350	74
Schweinegülle	0	m <sup>3</sup> FM/a	7	0	80	0	500	27
Rindergülle	0	m <sup>3</sup> FM/a	7	0	82	0	240	23
<b>Gesamtinput</b>	<b>0</b>	<b>t FM/a</b>		<b>0</b>		<b>0</b>		

**Tabelle 26: Beispielhafte Darstellung der Eingabefelder (orange) und der zu überprüfenden und ggf. zu ergänzenden Felder (grün) im Wertschöpfungstool<sup>222</sup> – eigene Darstellung**

<sup>222</sup> Die Felder ohne Markierung enthalten in der Excel-Datei Formeln, die mit den entsprechenden Feldern verknüpft sind, so dass sich die Werte jeweils automatisch generieren.

Die so generierten Daten fließen in die Erstellung der Wertefaktoren ein, die wiederum zur Bildung der Indikatoren genutzt werden können. Zusätzlich können weitere Verknüpfungen erstellt und Daten hinzugefügt werden. Das vorliegende Tool dient damit als Grundlage für die Auswertung regionaler Daten zur Dokumentation der Auswirkungen und der Schaffung von Werten. Verschiedene Anlagen und Wertschöpfungsketten können nach diesem Schema untersucht und miteinander ins Verhältnis gesetzt werden. Eine digitale Version des Berechnungstools ist im Anhang beigefügt.

Erster Ansprechpartner bei der Befragung kann der Anlagenbetreiber sein, der meist auch über Teile der Vor- und Nachketten Auskunft geben kann. Für kleinere Anlagen, wie landwirtschaftliche Biogasanlagen und Hackschnitzelheizungen, sind häufig auch die Planungsbüros kompetente Ansprechpartner, da diese meist für mehrere Anlagen in der Region zuständig sind. Zusätzlich sollte die Plausibilität der Angaben mithilfe von Literaturwerten und vergleichbaren Anlagen (soweit vorhanden) oder anderen Ansprechpartnern überprüft werden. Allgemeine Daten über Referenztechnologien etc. müssen, soweit nicht bei den Befragten vorhanden, über die Literatur und entsprechende Fachbehörden oder über Fachpersonal im entsprechenden Bereich ermittelt werden.

## **10. Untersuchung der Auswirkungen verschiedener Bioenergie-Wertschöpfungsketten**

Bei der Darstellung der Auswirkungen ist zu beachten, dass die endogenen Potenziale in der Region in unterschiedlicher Art zum Einsatz gebracht werden können. Zum einen bedingt die Unterschiedlichkeit der Erscheinungsformen der Biomassen den Einsatz verschiedener Technologien, und zum anderen ermöglichen die zahlreichen technischen Umsetzungsmöglichkeiten den Einsatz der Biomassen in unterschiedlichen Quantitäten und Qualitäten und haben daher Einfluss auf Transportwege und Konfektionierungsanforderungen. Auf der Basis bestehender Anlagen sowie ihrer unmittelbar vor- und nachgelagerten Bereiche werden deshalb Untersuchungen hinsichtlich der Auswirkungen auf die Region angestellt.

## **11. Auswertung der Ergebnisse**

Im Anschluss an die Befragung werden die Ergebnisse ausgewertet. Mit Hilfe der entwickelten Indikatoren können die einzelnen Projekte verglichen werden (verschiedene Biomasseanlagen mit konventionellen Anlagen und Nullvarianten). Durch die Simulation verschiedener regionenbezogener Szenarien können Auswirkungen hinsichtlich der regionalen Wertschöpfung dokumentiert und für ausgewählte Anlagen mögliche Effekte einer stärkeren Einbindung regionaler Ressourcen dargestellt werden. Hierbei kann auch die Diskussion der Anwendbarkeit der Ergebnisse auf andere Regionen und Standorte geführt werden. Anhand der ermittelten regionalen Potenziale lassen sich mit den Ergebnissen der Untersuchung mögliche Wertschöpfungseffekte durch künftige Anlagen hochrechnen. Daraus lassen sich Handlungsempfehlungen für die Politik und die Kommunen sowie für regionale Akteure ableiten, wie aus regionaler Sicht künftige Projekte mit entsprechenden Voraussetzungen gestaltet sein sollten, um eine möglichst hohe regionale Wertschöpfung zu erzielen.

## **F. Auswirkungen der Biomassenutzung auf die regionale Wertschöpfung in der Region Naturpark Saar-Hunsrück**

Zur Überprüfung der praktischen Anwendbarkeit der in den vorausgehenden Abschnitten dargestellten Methodik und der theoretischen Rahmenbedingungen wurde eine empirische Untersuchung am Beispiel der Region Naturpark Saar-Hunsrück durchgeführt.

Bei der Untersuchungsregion handelt es sich um eine von sechs Modellregionen, die im Rahmen des Bundesforschungsvorhabens „Strategien zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse in ausgewählten Modellregionen“ – BioRegio – vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Untersuchung in Auftrag gegeben wurden.<sup>223</sup> Dabei sollten die im Rahmen des Vorgängerprojektes im Zukunftsinvestitionsprogramm (ZIP I) „Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse“ auf Bundesebene entwickelten Werkzeuge zur Potenzialermittlung, zur Ermittlung von Technik-, Kosten- und Umweltdaten sowie entwickelte Zukunftsszenarien für die energetische Biomassenutzung auf Möglichkeiten zur Implementierung auf regionaler Ebene überprüft werden. Weiterhin zielte das Projekt auf die Initiierung innovativer Technologieansätze in den jeweiligen Regionen und den Abbau von Hemmnissen. Die entwickelten Strategien sollen auf andere ähnlich strukturierte Regionen anwendbar sein.<sup>224</sup>

### **1. Untersuchungsdesign**

Anhand der Region Naturpark Saar-Hunsrück werden im Folgenden die regionalen Auswirkungen der energetischen Bioenergienutzung hinsichtlich der Schaffung von Werten dargestellt.

In diesem Zusammenhang wird im Anschluss an die Charakterisierung der Region die aktuelle Energieversorgung in der Region untersucht. Anschließend werden die vorhandenen Bioenergiepotenziale erhoben und dargestellt. Diese werden mit den

---

<sup>223</sup> Weitere Informationen zum Projekt Bioregio: [www.bioregio.info](http://www.bioregio.info)

<sup>224</sup> Endbericht und Informationsbroschüre als download: [www.oeko.de/service/bio](http://www.oeko.de/service/bio), Technologiedaten: [www.probas.umweltbundesamt.de](http://www.probas.umweltbundesamt.de) und [www.oeko.de/service/gemis](http://www.oeko.de/service/gemis)

aktuell umgesetzten Potenzialen in bestehenden Anlagen verglichen. Einige dieser Anlagen bilden den praktischen Untersuchungsschwerpunkt. Anhand von Befragungen werden die Auswirkungen ausgewählter Bioenergieanlagen auf die Region Naturpark Saar-Hunsrück und (bei Randlagen) auf die direkt benachbarten Regionen untersucht. Dabei erfolgt eine Beschränkung auf die messbaren Auswirkungen in der direkten Wertschöpfungskette.

Die ermittelten ökologischen, ökonomischen und sozialen Wertefaktoren werden zusammengestellt und fließen in die Indikatoren ein, die eine Vergleichbarkeit der Anlagen ermöglichen. Anschließend erfolgt eine beispielhafte Darstellung der Auswirkungen von möglichen Veränderungen in Planungs- und Betriebsprozessen auf die erzeugten Ergebnisse des Werkzeuges und auf die Region. Anhand der erhobenen Potenziale werden die Auswirkungen einer weitergehenden Umsetzung vorhandener Bioenergiepotenziale am Beispiel der vergärbaren Biomassen abgeschätzt.

## **2. Die Region Naturpark Saar-Hunsrück**

### **2.1. Flächenzuordnung**

Der Naturpark erstreckt sich im Rahmen der Projektdefinition auf einer Gesamtfläche von 325.982 ha zu beiden Seiten der Landesgrenze von Saarland (138.484 ha) und Rheinland-Pfalz (187.498 ha), vom Unteren Saartal im Westen über die Höhenzüge des Hunsrücks entlang der Mosel bis in das Obere Nahebergland.

Abbildung 49 zeigt die Lage und Grenzen des Naturparks mit der Landesgrenze zwischen Saarland und Rheinland Pfalz.

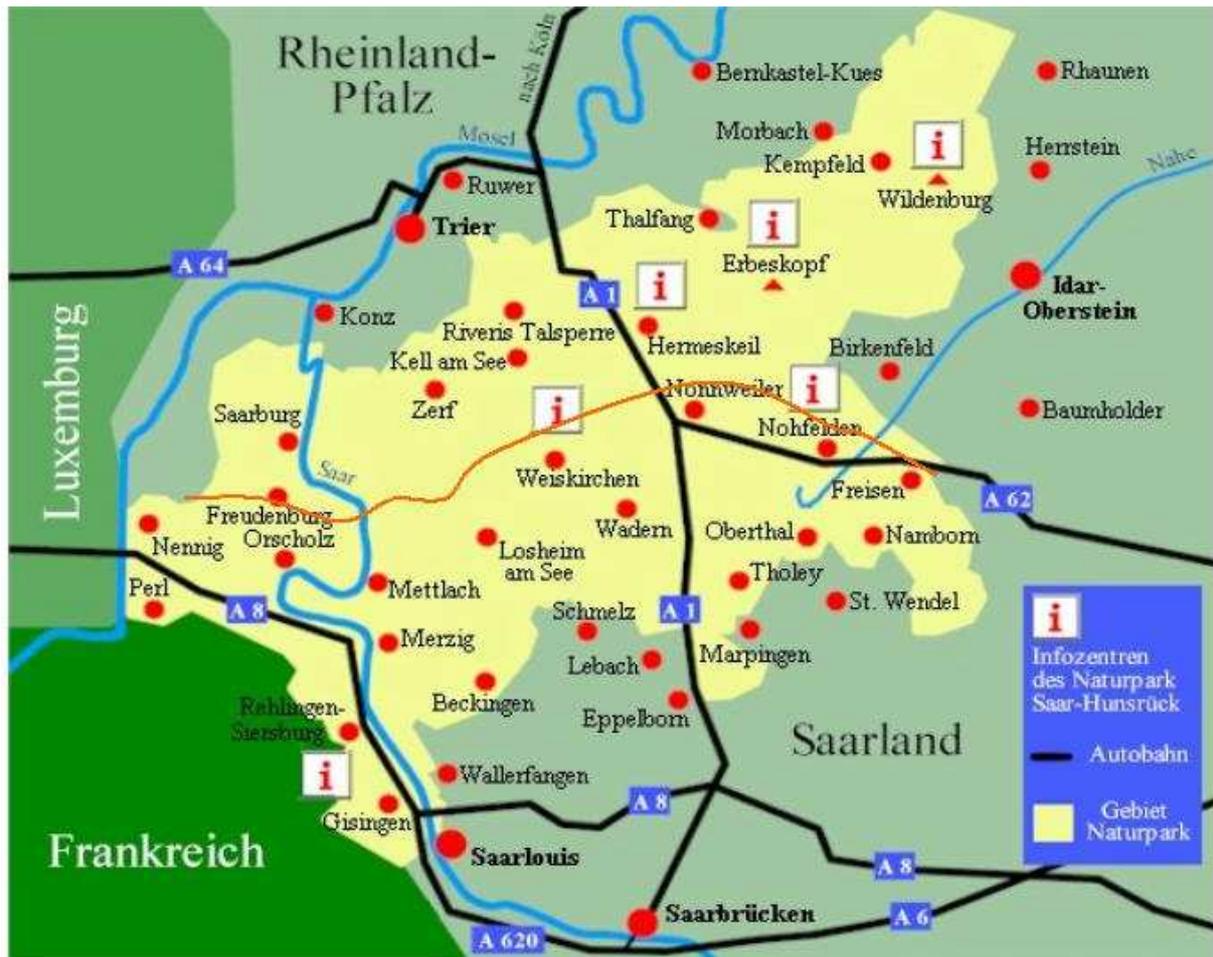


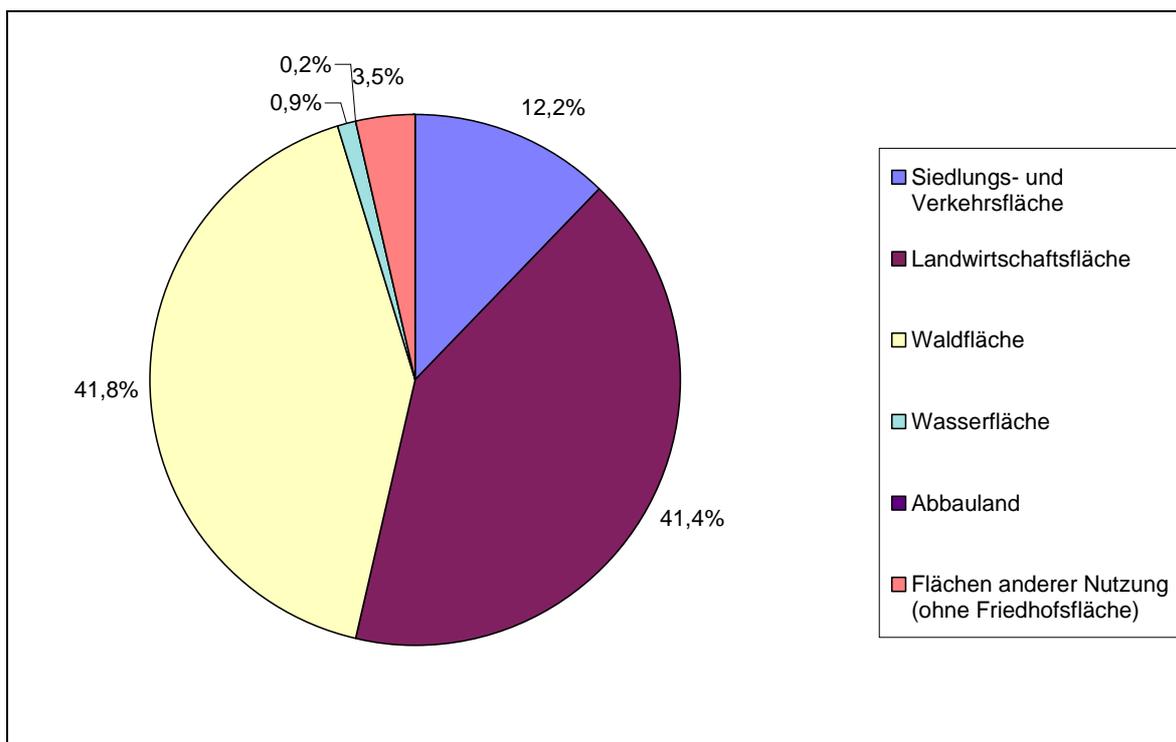
Abbildung 49: Lage des Naturparks Saar-Hunsrück – Quelle: Naturpark Saar-Hunsrück

Zur besseren Datenerfassung wurden die gesamten Flächen der Gemeinden im Saarland sowie die Flächen der Verbandsgemeinden in Rheinland-Pfalz, die Anteile am Naturpark haben oder eng mit diesem in Verbindung stehen, in das Projektgebiet mit einbezogen. Das gesamte Projektgebiet ist in Abbildung 50 dargestellt.

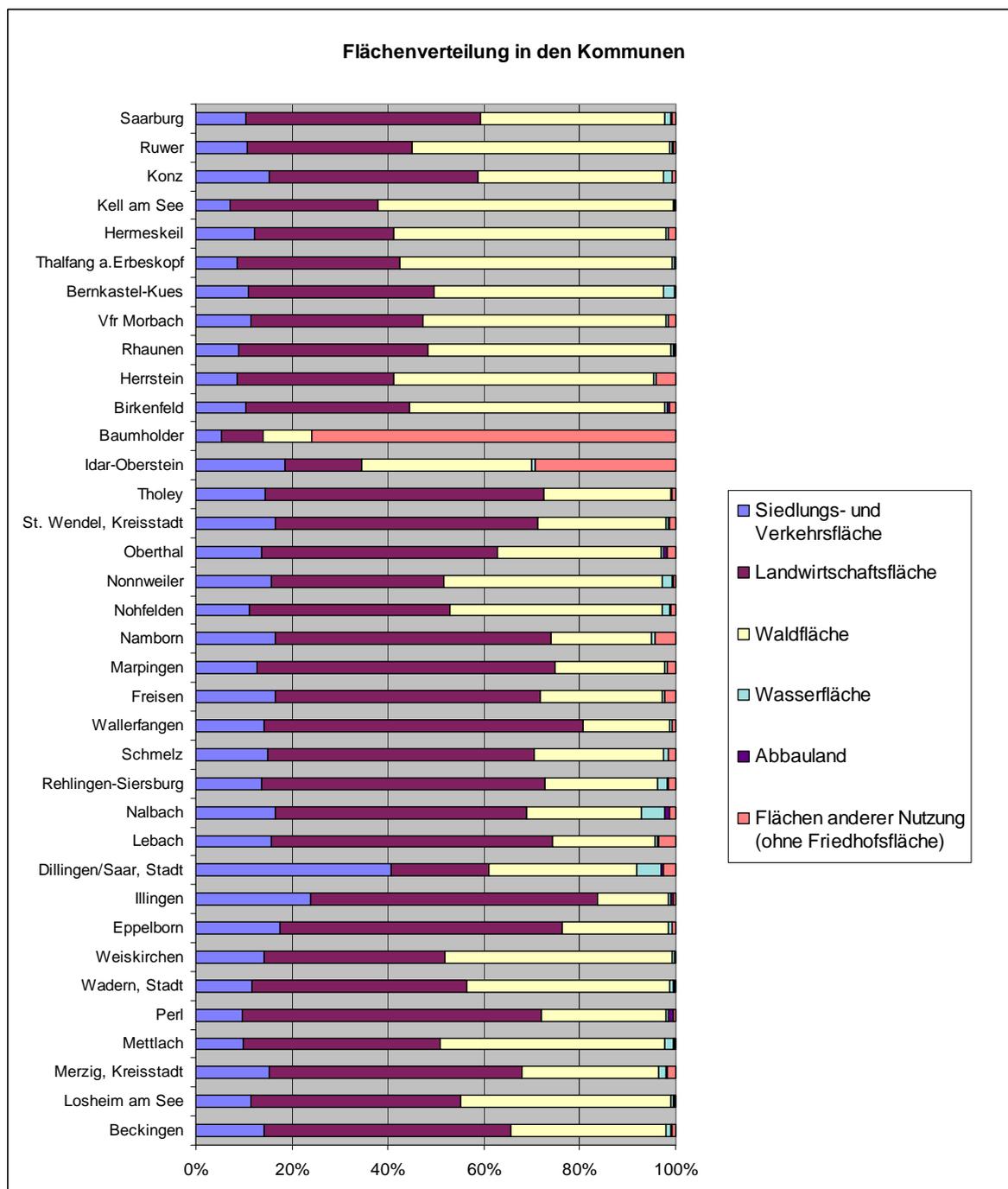


**Abbildung 50: Grenzen der Region 1 im Rahmen des Projekts Bioregio**

Die Landschaft ist vorwiegend land- und forstwirtschaftlich geprägt. Die Landwirtschaftsfläche macht, zusammen mit der Waldfläche, mit jeweils ca. 41 % den größten Anteil im Projektgebiet aus (vgl. Abbildung 51 und Abbildung 52).



**Abbildung 51: Verteilung der Flächennutzung im Projektgebiet – Quelle: STATISTISCHES LANDESAMT RHEINLAND-PFALZ (2003) und STATISTISCHES LANDESAMT SAARLAND (2001)**



**Abbildung 52: Verteilung der Flächen in den Kommunen – Quelle: STATISTISCHES LANDESAMT SAARLAND und RHEINLAND-PFALZ (2003)<sup>225</sup>**

<sup>225</sup> Die besondere Struktur in der Gemeinde Baumholder ergibt sich durch das Truppenübungsgelände der US-Armee, das einen Großteil der Gemeindefläche in Anspruch nimmt.

## 2.2. Administrative Strukturen

Der Naturpark wird vom Informationszentrum des Naturparks Saar-Hunsrück e. V. in Hermeskeil verwaltet. Die Untersuchungsregion umfasst auf rheinland-pfälzischer Seite Teile der Landkreise Trier-Saarburg, Bernkastel-Wittlich sowie den gesamten Landkreis Birkenfeld. Die einzelnen Landkreise werden in Rheinland-Pfalz in Verbandsgemeinden<sup>226</sup> aufgeteilt, die wiederum jeweils mehreren Ortsgemeinden übergeordnet sind. Auf saarländischer Seite werden Teile der Landkreise Saarlouis und Neunkirchen sowie die gesamten Landkreise Merzig-Wadern und St. Wendel dem Projektgebiet zugeordnet. In die Untersuchung wurden alle Gemeinden einbezogen, die Flächenanteile am Naturpark Saar-Hunsrück haben (s. Tabelle 27).

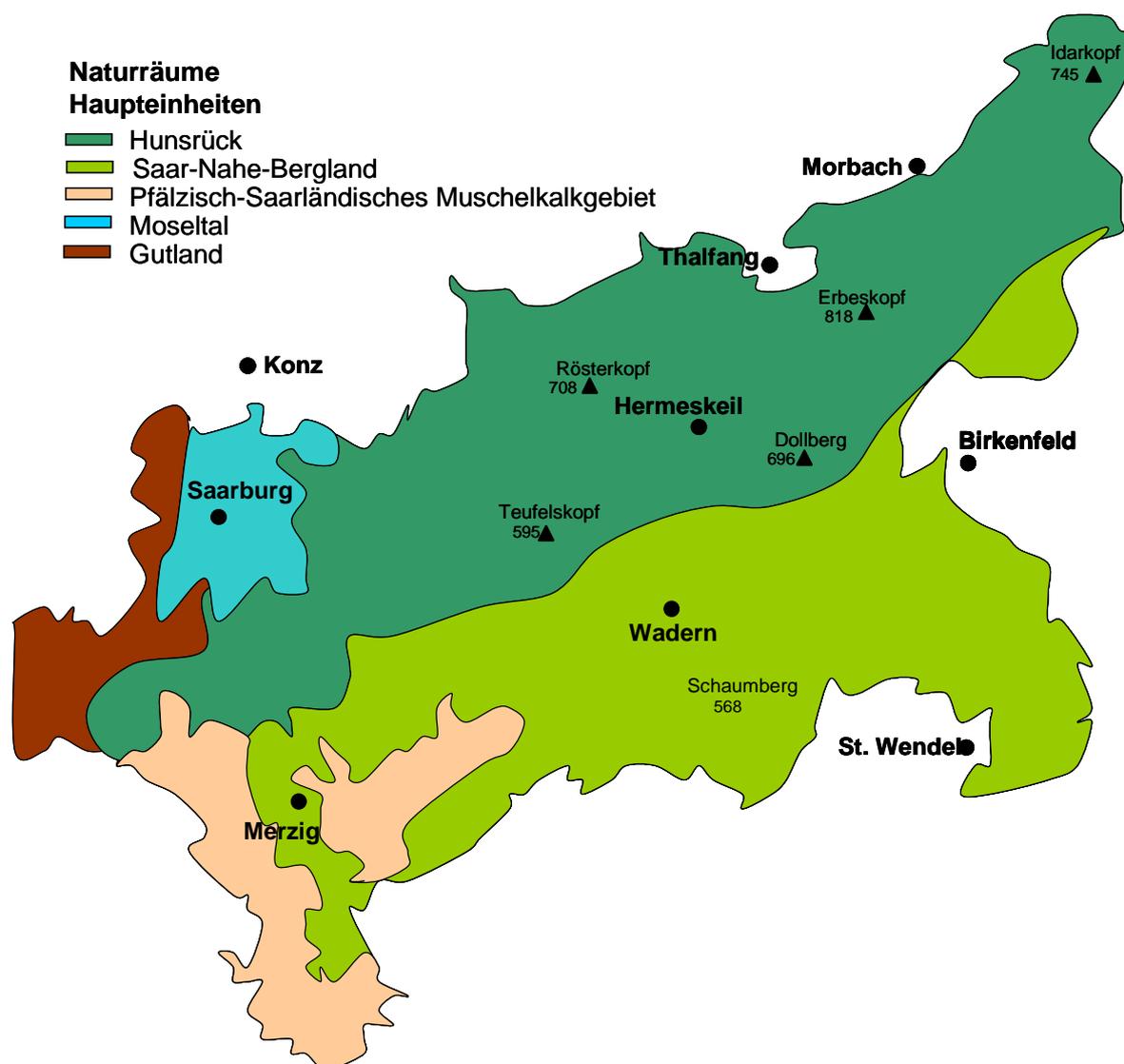
Rheinland-Pfalz			Saarland		
LK		Verbands- bzw. Verb. fr. Gemeinde	LK		Gemeinde/Stadt
Trier-Saarburg	VG	Kell am See	Merzig-Wadern	Gem.	Perl
	VG	Hermeskeil		Gem.	Mettlach
	VG	Ruwer		Stadt	Merzig
	VG	Saarburg		Gem.	Beckingen
	VG	Konz		Gem.	Losheim am See
Bernkastel-Wittlich	VG	Thalfang am Erbeskopf		Gem.	Weiskirchen
	Verb. fr. Gem.	Morbach		Stadt	Wadern
	VG	Bernkastel-Kues	Saarlouis	Gem.	Rehlingen-Siersburg
Birkenfeld	Stadtverw.	Idar-Oberstein		Gem.	Wallerfangen
	VG	Baumholder		Gem.	Schmelz
	VG	Herrstein		Gem.	Nalbach
	VG	Birkenfeld		Stadt	Dillingen
	VG	Rhaunen		Stadt	Lebach
			Neunkirchen	Gem.	Eppelborn
				Stadt	Illingen
			St. Wendel	Gem.	Marpingen
				Stadt	St. Wendel
				Gem.	Tholey
				Gem.	Oberthal
				Gem.	Namborn
				Gem.	Freisen
				Gem.	Nohfelden
				Gem.	Nonnweiler

Tabelle 27: Beteiligte Kommunen in der Region 1 – eigene Aufstellung

## 2.3. Geographischer Zusammenhang

Der Naturpark Saar-Hunsrück umfasst die Naturräume des Oberen Moseltales, des Unteren Saartales, des pfälzisch-saarländischen Muschelkalkgebietes, des Gutlandes, des Hunsrücks und des Saar-Nahe-Berglandes. Abbildung 53 gibt einen Überblick über die naturräumlichen Haupteinheiten des Naturparks.

<sup>226</sup> Ausnahme Morbach: verbandsfreie Gemeinde.



**Abbildung 53: Naturräumliche Einheiten im Naturpark Saar-Hunsrück – Quelle: NATURPARK SAAR-HUNSRÜCK (2005)**

Der Hunsrück, mit einem großen Flächenanteil im Naturpark, ist ein Gebirgstiel des Rheinischen Schiefergebirges. Die unterschiedliche Verwitterungsbeständigkeit der Gesteine führte zur Herausarbeitung des markanten Hunsrückreliefs, das aus einer Abfolge von Südwest nach Nordost verlaufenden Höhenzügen mit dazwischen liegenden, parallel dazu verlaufenden breiten Mulden besteht. Die bewaldeten Höhenzüge – Osburger Hochwald, Schwarzwälder Hochwald und Idarwald – ragen bis zu 300 Meter über die Mulden auf. Das wellige Saar-Nahe-Bergland ist durch Vulkankuppen, die meist bewaldet sind, geprägt.

Das Obere Nahebergland im Osten ist dem Hunsrück vorgelagert und durch einen markanten Höhenunterschied von ihm getrennt. Der kleinräumige Wechsel unterschiedlich harter Gesteine verursacht eine erhebliche Formenvielfalt auf engem Raum: Kuppige Hochflächen, enge und steile Durchbruchstäler wechseln mit breiten Tälern ab.

Das Muschelkalkgebiet zwischen Mosel, Saar und Nied mit den ausgedehnten Gauhochflächen ist geprägt durch buntblumige Wiesen, Kalk- und Halbtrockenrasen, Hecken und alte Obstwiesen. Für das Untere Saartal ist das tief eingeschnittene Flusstal mit seinen zum Teil steilen Hängen kennzeichnend. Umlaufberge und -täler sowie zahlreiche Mäander der Saar geben der Landschaft einen prägenden Charakter.

#### **2.4. Geländestruktur und Bodenqualitäten**

Auf Grund der Struktur ist die Region stark land- und forstwirtschaftlich geprägt. Die Anbaukosten und die Ertragslage sind hierbei stark vom Relief abhängig. Der Norden des Projektgebietes ist geprägt vom Hochwald mit bewaldeten Bergen. Die Landwirtschaft findet hier hauptsächlich in den engen Tälern und an den Hängen statt. Hier ist vor allem die Mutterkuhhaltung mit Weidegang besonders charakteristisch. Im mittleren und südöstlichen Bereich ist die Landschaft von Hunsrückausläufern, Hügeln und Tälern durchzogen. Dies bedeutet für die Landwirtschaft erschwerte Bedingungen durch sehr kleine Schläge (Realteilung) und hohe Transportentfernungen und den Bedarf der Überwindung von Höhenmetern zwischen den Flächen.

Die südlichen Gebiete mit den Gauhochflächen im Landkreis Merzig weisen sehr gute landwirtschaftliche Bedingungen auf (s. Bodenwerte) und erlauben größere zusammenhängende Flächen.

Die Erträge in der Landwirtschaft werden mit landwirtschaftlichen Vergleichszahlen (LVZ) angegeben. Die LVZ werden in Form einer Zahl zwischen 0 (unfruchtbar) und 100 (optimale Fruchtbarkeit) dargestellt und enthalten Faktoren wie: allgemeine Bodenbeschaffenheit, Bodenqualität, klimatische Bedingungen und Bewässerung des Bodens.

Die LVZ in den beteiligten saarländischen Gebieten liegen zwischen 17,5 an den vorwiegend bewaldeten Steilhängen der Saar (Saarhölzbach, Gemeinde Mettlach)

und 53 auf der Merziger Gaufläche (Ballern, Gemeinde Merzig). Die Gemeinde mit den in der Summe höchsten Vergleichszahlen ist Perl im Saar-Mosel-Gau. Hier werden in der gesamten Gemeinde Durchschnittswerte von 38,2 erreicht.

Die LVZ in den Hunsrückgemeinden liegen wesentlich niedriger mit LVZ 10,5–20 südlich und westlich der Stadt Idar-Oberstein. Die besten Bodenqualitäten in Landkreis Birkenfeld finden sich im Osten der Stadt Idar-Oberstein mit Werten von 31 bis 34.

Die landwirtschaftlichen Bedingungen in den Flusstälern Mosel und Saar liegen durchgehend über dem Durchschnitt. Die Gemeinden im Moseltal erreichen Kennzahlen von durchschnittlich 30–45, während die benachbarten Gemeinden auf dem Hunsrück mit 20–23 deutlich geringere Erträge aufweisen.

Die Anbaubedingungen in der Region weichen daher in Abhängigkeit der geographischen Strukturen voneinander ab. Die Region mit ihren unterschiedlichen Anbaubedingungen kann beispielhaft für andere Mittelgebirgsregionen als Untersuchungsobjekt dienen.

Die landwirtschaftlichen Vergleichszahlen sind vornehmlich beim Anbau von nachwachsenden Rohstoffen und den hierbei zu erwartenden Erträgen zu berücksichtigen, da bei gleichem Arbeits- und Kostenaufwand für den Anbau auf einer Fläche mit hohen und niedrigen LVZ unterschiedliche Erträge und somit unterschiedliche Einnahmen erzielt werden. Der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen konkurriert immer mit den ertragsstärksten Anbaufrüchten in der jeweiligen Region, die alternativ auf der Fläche angebaut würden. In der Untersuchungsregion handelt es sich hierbei meist um Getreide in Form von Winterweizen, da dieser als Marktfrucht angebaut und nicht für die Versorgung des ggf. vorhandenen Viehs genutzt wird.

## **2.5. Bevölkerung und Sozialstruktur**

Die Untersuchungsregion hat eine Gesamteinwohnerzahl von 558.813. Im rheinland-pfälzischen Projektgebiet wohnen 224.879 und auf saarländischer Seite 333.934 Personen. Dies entspricht einer Einwohnerdichte von 171 EW/km<sup>2</sup>.

Im gesamten Projektgebiet ist die Gruppe der jungen Menschen unter 18 Jahren mit insgesamt 19 % kleiner als die Zahl der Rentner. Der Schwerpunkt der Altersstruktur

im Projektgebiet liegt bei den 35- bis 49-Jährigen (24 %). Die Gruppe der 65- bis 75-Jährigen macht mit 11 % der Altersverteilung einen großen Anteil aus. Der Vergleich mit der Altersstruktur des Bundesgebietes in Abbildung 55 zeigt, dass die Region bei den Bevölkerungsschichten der Rentner (über 60) und künftigen Rentner (40- bis 60-Jährige) über dem Bundesdurchschnitt liegt, während die 20- bis 40-Jährigen unterdurchschnittlich vertreten sind. Im Bereich der unter 20-Jährigen ist jedoch noch ein leicht erhöhter Trend gegenüber dem Bundesdurchschnitt auszumachen.

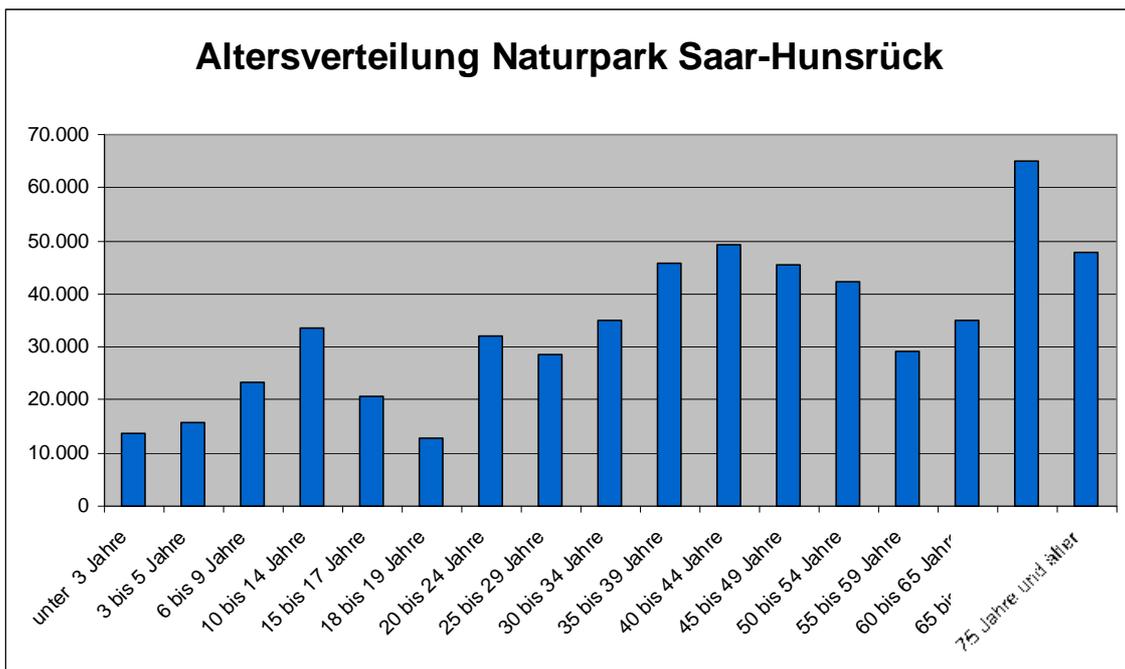
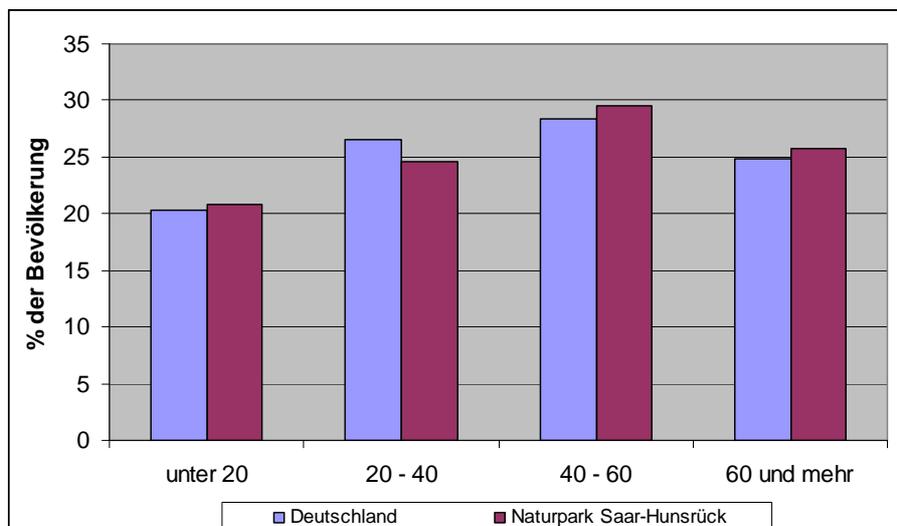


Abbildung 54: Altersverteilung der Bevölkerung im Projektgebiet – Quelle: STATISTISCHES LANDESAMT SAARLAND und RHEINLAND-PFALZ (2004)



**Abbildung 55: Vergleich der Bevölkerungsverteilung in Deutschland mit der im Naturpark Saar-Hunsrück – Quelle: STATISTISCHES LANDESAMT SAARLAND und RHEINLAND-PFALZ (2004) und STATISTISCHES BUNDESAMT (2004)**

Im Primärsektor arbeitete im Jahr 2003 ein Anteil von 0,7 %, während die Beschäftigten im tertiären Sektor mit ca. 63 % den größten Anteil der Erwerbstätigen ausmachten. Im Untersuchungsgebiet waren im Jahr 2003 18.372 Menschen arbeitslos gemeldet.<sup>227, 228</sup>

### **3. Energieversorgung**

Auf Grund der unterschiedlichen administrativen Strukturen des Projektgebietes bestehen keine einheitlichen Darstellungen des Primärenergieverbrauchs im Rahmen von Energiebilanzen. Die Länder Saarland und Rheinland-Pfalz erstellen jedoch Energiebilanzen, aus denen die Verbrauchsstruktur entnommen werden kann. Das Projektgebiet ist hinsichtlich der Strom und Gasversorgung in unterschiedliche Zuständigkeiten aufgeteilt.

Für die Strom- und Gasversorgung im Landkreis Birkenfeld ist die OIE AG zuständig. Sie ist eine Tochter der RWE AG, die in den Landkreisen Trier-Saarburg und Bernkastel-Wittlich die Stromversorgung übernimmt. Der Strommix der RWE-Gruppe besteht wesentlich aus Kohle und Kernenergie. Erneuerbare Energien haben nach Angaben des Unternehmens einen Anteil von 1,4 % (s. Abbildung 56).

---

<sup>227</sup> Bundesagentur für Arbeit, Saarbrücken (2005).

<sup>228</sup> Dies entspricht nicht der tatsächlichen Arbeitslosenquote, da diese nicht auf die gesamte Bevölkerung bezogen wird. Die tatsächliche Arbeitslosenquote konnte von der Bundesagentur für Arbeit für das Projektgebiet nicht zur Verfügung gestellt werden.

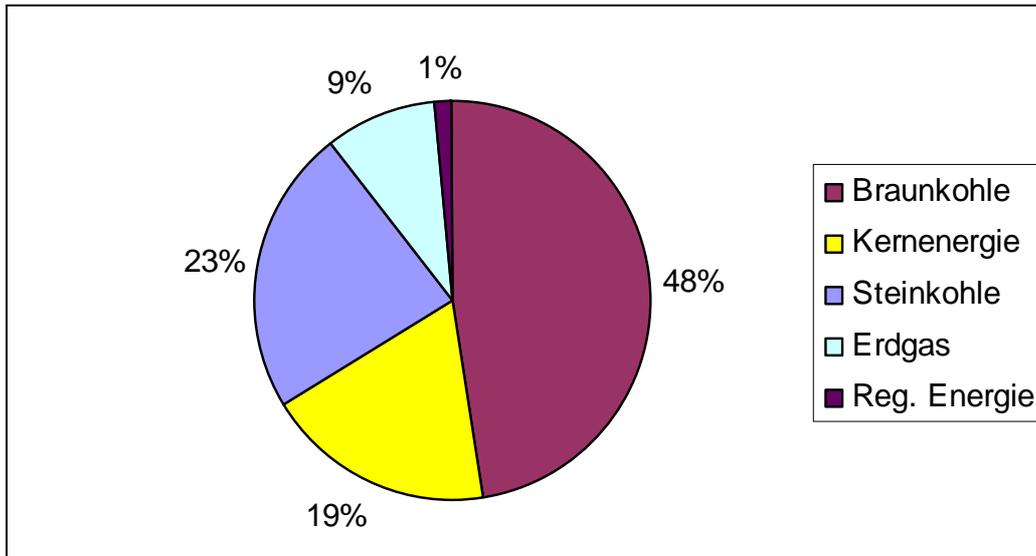


Abbildung 56: Energiemix der RWE AG – Quelle: RWE AG 2005

Für die Gasversorgung in den rheinland-pfälzischen Landkreisen Bernkastel-Wittlich und Trier-Saarburg sind die Stadtwerke Trier – SWT – zuständig.

Die Strom- und Gasversorgung im saarländischen Projektgebiet übernehmen die energis GmbH sowie die Stadtwerke Merzig, Dillingen und die Technischen Werke Losheim. Der Energiemix im Saarland ist in Abbildung 57 dargestellt.

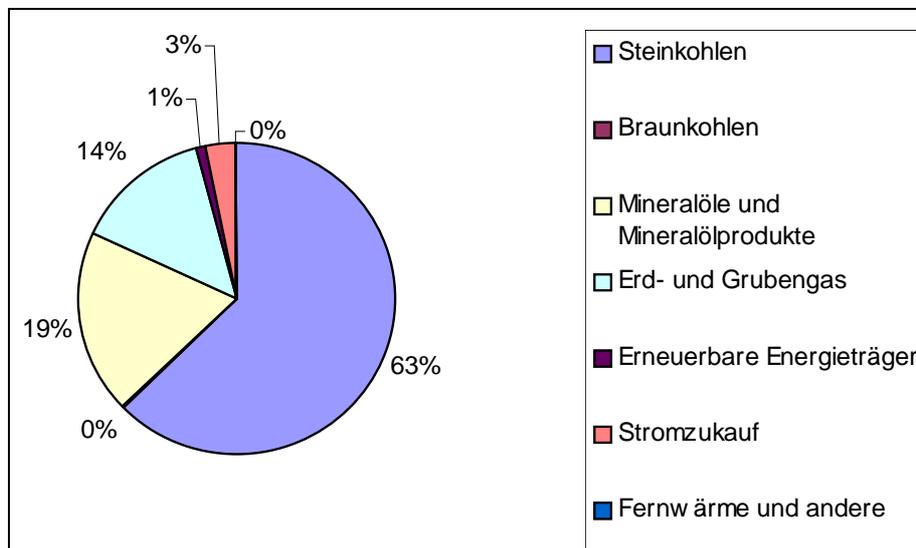


Abbildung 57: Energiemix im Saarland 2004 – Quelle: STATISTISCHES LANDESAMT SAARLAND (2005)

Die Stromerzeugung aus regenerativen Energien erfolgt im Projektgebiet über einen Mix verschiedener erneuerbarer Energieanlagen, der in Tabelle 28 dargestellt ist.

Art der Anlage	Anzahl	Leistung in kW	Jahreseinspeisung [kWh]	Durchschnittliche Volllaststunden	KEA Ansatz	PEV
Wasserkraft	23	13.168	78.045.398	4.921	1,00	78.045.398
Deponiegas	2	330	1.817.148	2.058	1,00	1.817.148
Windkraft	19	164.900	300.808.728	1.824	1,00	300.808.728
Photovoltaik	1.072	4.242	3.606.798	850	1,84	6.636.508
Biomasse	13	10.578	65.411.865	6.139	1,11	72.607.170
<b>Summe</b>	<b>1.129</b>	<b>193.218</b>	<b>449.689.938</b>	<b>15.793</b>		<b>459.914.953</b>

**Tabelle 28: Anlagen zur erneuerbaren Stromerzeugung im Projektgebiet – Quelle: IZES, RWE AG, OIE AG (2005)**

Vereinzelte Teile der saarländischen Projektregion werden durch die STEAG Saar Energie AG zusätzlich über eine Fernwärmeschiene mit Wärme aus bestehenden Kohlekraftwerken versorgt.

Der Großteil der Wärmeversorgung erfolgt in den Gemeinden ohne Gasanschluss jedoch durch Ölzentralheizungen. Flüssiggasheizungen nehmen eine untergeordnete Bedeutung ein. In zahlreichen Haushalten finden sich zusätzlich Festbrennstofföfen meist in Form von Scheitholz und Holzpellets.<sup>229</sup>

Neben den regenerativen Energieanlagen und der Versorgung über Fernwärme bestehen im Projektgebiet keine Anlagen zur Stromerzeugung. Die fossilen Energieträger werden daher bis auf die rechnerischen Kohlevorkommen im Süden der saarländischen Untersuchungsregion zu einem überwiegenden Teil importiert. Im Untersuchungsgebiet wird zwar im Bereich der Gemeinden Nalbach, Lebach und Schmelz Steinkohle abgebaut. Ihre Förderung durch das Bergwerk Saar in Ensdorf bringt den betroffenen Gemeinden jedoch keinerlei Einkommen, sondern lediglich Lasten in Form von Grubenschäden.

#### **4. Energieverbrauch und -bereitstellung**

Die einzelnen Gemeinden sind hinsichtlich ihres Verbrauchs in Abhängigkeit von angesiedeltem Gewerbe oder bestehender Industrie unterschiedlich strukturiert.

Tabelle 29 gibt eine Übersicht über den Stromverbrauch in der Projektregion und die erneuerbar erzeugten Anteile.

<sup>229</sup> Im Untersuchungsgebiet wurden bis 5.5.2006 vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) ca. 300 Holzpellettheizungen mit einem Investitionszuschuss gefördert – Quelle: BAFA 5.5.2006 nach Anfrage und eigener Auswertung.

<b>Stromverbräuche</b>		
Stromverbrauch in der Region	2.930.526.127	kWh/a
Stromverbrauch in der Region	2.931	GWh/a
Stromverbrauch/Einwohner	5.244	kWh/a
Erneuerbar erzeugter Strom im Projektgebiet	449.689.938	kWh/a
Anteil erneuerbar erzeugter Strom im Projektgebiet	15,35	%

**Tabelle 29: Stromverbrauch in der Projektregion – eigene Darstellung mit Daten der Energieversorger RWE, energis GmbH, Stadtwerke Dillingen, Merzig, Techn. Werke Losheim (2005)**

	<b>Tarifikunden</b>	<b>Sondervertragskunden</b>
<b>Gasverbrauch im Projektgebiet in kWh</b>	228.012.917	1.068.736.599

**Tabelle 30: Gasverbrauch in der Projektregion nach Tarif- und Sondervertragskunden 2005 – Quelle: Stadtwerke Trier, RWE AG, energis GmbH, Stadtwerke Dillingen, Stadtwerke Merzig, Techn. Werke Losheim (2005)**

Zur Ermittlung des Wärmebedarfes des Projektgebietes wurde eine Befragung der Schornsteinfegerinnungen Koblenz, Trier und Saarland in Auftrag gegeben. Auf Grund der geringen Auskunftsbereitschaft in den Bezirken Trier und Saarland wurden die Daten aus der Innung Koblenz exemplarisch für das Projektgebiet herangezogen.<sup>230</sup> Die Ermittlung ergab die in Tabelle 31 dargestellte Übersicht.

<b>Art der zentralen Beheizung</b>	<b>Anteil in %</b>
Ölheizung	76
Gasheizung	15
Elektroheizung	5
Biomasseheizung	4

**Tabelle 31: Übersicht der anteiligen Beheizung im Projektgebiet am Beispiel des Landkreises Birkenfeld – eigene Ermittlung aus einer Umfrage der Schornsteinfegerinnung Koblenz (2005)**

Nach Aussagen der Schornsteinfegerinnung Koblenz wurden 70 % der Gebäude in der Region vor dem Jahr 1978 erbaut und entsprechen somit nicht dem Niedrigenergiestandard. Werden diese Annahmen auf die gesamte Region übertragen, können je Gebäudetyp in Abhängigkeit vom Gebäudealter für Privatgebäude durchschnittliche Heizwärmebedarfe angesetzt werden. Tabelle 32 zeigt die

<sup>230</sup> Es wird davon ausgegangen, dass die Heizungsstruktur im restlichen Projektgebiet ähnlich aussieht.

Grundlagen für die Berechnung des Heizwärmebedarfes für die Projektregion in Privathaushalten.<sup>231</sup>

Art der Gebäude	Anzahl der Gebäude	Anteil am gesamten Wohngebäudebestand	Anzahl der Gebäude vor 1978 erbaut	angenommener Heizenergieverbrauch in kWh/a je Gebäude	Anzahl der Gebäude nach 1978 erbaut	angenommener Heizenergieverbrauch in kWh/a je Gebäude	Gesamt-Heizenergieverbrauch im Projektgebiet in kWh/a
Einfamilienhäuser	122.510	71,61 %	85.757	30.000	36.753	15.000	3.124.005.000
Zweifamilienhäuser	39.349	23,00 %	27.544	50.000	11.805	25.000	1.672.332.500
Häuser mit 3 oder mehr Wohnungen	9.214	5,39 %	6.450	70.000	2.764	40.000	562.054.000
<b>Summe</b>	<b>171.073</b>	<b>100,00 %</b>	<b>119.751</b>	<b>150.000</b>	<b>51.322</b>	<b>80.000</b>	<b>5.358.391.500</b>

**Tabelle 32: Berechnung des Heizwärmebedarfes der privaten Wohngebäude in der Projektregion – eigene Berechnungen nach Daten der Schornsteinfegerinnung Koblenz**

Nach den oben dargestellten Berechnungsgrundlagen ergeben sich für den Wärmebedarf in Haushalten, Kommunen und Kleingewerbe die in Tabelle 33 dargestellten Werte.<sup>232</sup>

<b>Heizenergieverbräuche in Haushalten, Kommunen und Kleingewerbe</b>		
Heizenergieverbrauch in Häusern in der Projektregion	5.358.391.500	kWh/a
durchschnittlicher Heizenergieverbrauch/Einwohner	9.589	kWh/a
Heizenergie aus Öl	4.097.518.243	kWh/a
Anteil Ölwärme	76,5	%
Heizenergie aus Gas inkl. Flüssiggas	810.802.465	kWh/a
Anteil Gaswärme	15,1	%
Heizenergie aus Strom	257.693.690	kWh/a
Anteil Elektrowärme	4,8	%
Heizenergie aus Holz	204.746.906	kWh/a
Anteil Holzwärme	3,8	%

**Tabelle 33: Heizenergieverbrauch in Haushalten, Kommunen und Kleingewerbe – eigene Berechnungen**

<sup>231</sup> Diese Annahmen können durch die Wärmeversorgungsdaten der STEAG Saar Energie AG in den mit Fernwärme versorgten saarländischen Gemeinden sowie durch die Gasversorgungsdaten der Stadt Dillingen (Stadtwerke Dillingen) bestätigt werden. Vgl. BAUR/BEMMANN/MÜLLER/HECK/HOFFMANN (2006), S. 45.

<sup>232</sup> Der errechnete durchschnittliche Heizenergieverbrauch von ca. 9.600 kWh/EW\*a liegt etwas niedriger als der von der Stadt Merzig angegebene Wert von 10.400 kWh/EW\*a. Vgl. BAUR/BEMMANN/MÜLLER/HECK/HOFFMANN (2006), S. 46.

Während der Strom- und Gasverbrauch von Industrie und Gewerbe über die Energieversorger ermittelt werden konnten, sind Heiz- und Prozessenergieverbrauch in Form von Mineralölen und Kohle nur durch eine flächendeckende Befragung genau zu ermitteln. Auf Grund der geringen Rücklaufquoten solcher Umfragen werden die Daten der Energiebilanz aus Rheinland-Pfalz auf die Fläche des Projektgebietes angewendet. Die Struktur der Verteilung von Industrie und Gewerbe in der Projektregion ist der in Rheinland-Pfalz ähnlich. In beiden Regionen bestehen äußerst ländlich geprägte Gebiete sowie einzelne Verdichtungsgebiete mit gewerblichen und industriellen Ansiedlungen, die vornehmlich durch kleine und mittelständische Betriebe geprägt sind. Der Anteil des Mineralöl- und Kohleverbrauchs in Industrie und Gewerbe in Rheinland-Pfalz, gemessen am Ölverbrauch der Haushalte, beträgt 31,1 %.<sup>233</sup> Wird dieser Wert auf den errechneten Ölverbrauch der Haushalte im Projektgebiet angesetzt, ergeben sich für Kohle- und Ölverbrauch in Industrie und Gewerbe die in Tabelle 34 dargestellten Werte.

<b>Sonstige Energieverbräuche in Industrie und Gewerbe</b>		
Endenergiebedarf aus Mineralöl und Kohle in Industrie und Gewerbe	1.274.328.173	kWh/a
Fernwärme in Industrie und Gewerbe	21.500.000	kWh/a

**Tabelle 34: Sonstiger Energieverbrauch in Industrie und Gewerbe im Untersuchungsgebiet – eigene Berechnung**

Die Berechnung des Energieverbrauches für den Transport stellt wegen des dezentralen Absatzes der Mineralölprodukte ähnliche Herausforderungen wie die Ermittlung des Verbrauchs in Industrie und Gewerbe. Die Energiebilanz in Rheinland-Pfalz beziffert im Jahr 2000 den Endenergieverbrauch des Verkehrs mit 27 % des Gesamtendenergieverbrauchs, während im Saarland der Anteil lediglich bei 16,5 % liegt.<sup>234</sup> Das Bundesministerium für Wirtschaft beziffert den Anteil des Verkehrs am Primärenergieverbrauch mit 28 %.<sup>235</sup> Im Rahmen der Ermittlung wird in Anlehnung

---

<sup>233</sup> MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, VERKEHR, LANDWIRTSCHAFT UND WEINBAU RHEINLAND-PFALZ (2004).

<sup>234</sup> Begründet durch den hohen Anteil an energieintensiver Stahlindustrie im Saarland.

<sup>235</sup> <http://www.bmwi.de/Navigation/Technologie-und-Energie/energiepolitik,did=20228.html>

an diese Daten ein Anteil des Verkehrssektors von 28 % des Endenergieverbrauches angenommen (s. Tabelle 35).

<b>Verkehr</b>		
Energieverbrauch im Verkehr	3.820.976.820	kWh
Anteil am Nutzenergieverbrauch	28	%
Erneuerbar erzeugte Treibstoffe	120.000	kWh
Anteil erneuerbar erzeugter Treibstoffe	0,003	%

**Tabelle 35: Energieverbrauch im Verkehr – eigene Berechnungen**

Aus den oben dargestellten Berechnungen, die sich auf Endenergie beziehen, lässt sich durch Ansatz des KEA (s. Abschnitt E.2, Tabelle 14) je Endenergieträger der Primärenergieverbrauch in der Region berechnen (s. Tabelle 36).

Endenergieträger		Endenergieverbrauch (EEV) in kWh/a	Kumulierter Energieaufwand [kWh <sub>Prim</sub> / kWh <sub>End</sub> ] (KEA)	Primärenergieverbrauch (PEV) in kWh/a
Strom	Heizstrom	218.150.531	2,91	634.818.046
	allgemeiner Strommix	2.262.685.658	2,98	6.742.803.260
	Wasserkraft	78.045.398	1,00	78.045.398
	Deponiegas	1.817.148	1,00	1.817.148
	Windparks	300.808.728	1,00	300.808.728
	Photovoltaik	3.606.798	1,84	6.636.508
	Biomasseanlagen	65.411.865	1,11	72.607.170
Wärme	Ölverbrauch Haushalte	4.097.518.243	1,13	4.630.195.614
	Holzwärmeverbrauch Haushalte	204.746.906	1,01	206.794.375
	sonstiger Energieverbrauch Industrie	1.274.328.173	1,13	1.439.990.836
	Fernwärme Industrie und Gewerbe	21.500.000	0,78	16.770.000
	Gas	1.296.749.516	1,14	1.478.294.448
Transport	Verkehr	3.820.976.820	1,50	5.731.465.230
<b>Summe</b>		<b>13.646.345.785</b>	<b>1,56</b>	<b>21.341.046.763</b>

**Tabelle 36: Umrechnungsbasen von Endenergie in Primärenergie – eigene Berechnungen nach GROßKLOS (2004), S. 2**

Primärenergieverbrauch im Projektgebiet	21.341.046.763	kWh/a
Primärenergieverbrauch im Projektgebiet	76.828	TJ/a
CO <sub>2</sub> -Emissionen durch Energieversorgung im Projektgebiet	3.677.937	t/a
Primärenergieverbrauch/EW im Projektgebiet	137,48	GJ/a

**Tabelle 37: Primärenergieverbrauch im Projektgebiet – eigene Berechnungen**

Der Primärenergieverbrauch pro Einwohner im Projektgebiet liegt damit durch die vorwiegend ländliche Struktur deutlich unter dem Bundesdurchschnitt von 218,9 GJ/a.

#### 4.1. Bioenergiepotenziale in der Region

Die Bioenergiepotenziale im Untersuchungsgebiet wurden nach den verschiedenen Herkunftsbereichen Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Naturschutz/Grünpflege,

Kommune, Industrie/Gewerbe ermittelt. Dabei können sich verschiedene Herkunftsbereiche in ihren Verwertungswegen überschneiden. So wird Pflegematerial aus dem Naturschutz oder aus Kommunen häufig in der Landwirtschaft verwertet. Weiterhin gelangt ein Großteil der haushaltsähnlichen Abfälle aus Gewerbe und Industrie in das kommunale Verwertungs- und Entsorgungssystem.

Die Potenziale wurden nach dem in Abschnitt C.4 beschriebenen Annahmen ermittelt und weisen die theoretischen, technischen und kurzfristig verfügbaren Potenziale aus (s. Tabelle 38 bis Tabelle 40). Dabei stellt das kurzfristig verfügbare Potenzial die Ausgangssituation für verschiedene Umsetzungsaktivitäten dar. Es bezieht sich auf die unter aktuellen wirtschaftlichen und gesetzlichen Rahmenbedingungen aus ökonomischer und ökologischer Sicht verfügbaren Mengen. Diese können bei entsprechender Zielsetzung bis zum technischen Potenzial ausgeweitet werden. Durch technische Weiterentwicklung können sich diese Potenziale noch geringfügig erhöhen. Im Rahmen dieser Definition bezieht sich das technische Potenzial jedoch nicht auf bestimmte Technologien, sondern auf die aus technischer und ökologischer Sicht bereitstellbaren Inputmengen.

Potenziale nach Akteursgruppe	Theoretisch in GWh		Technisch in GWh		Verfügbar in GWh	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Landwirtschaft	2.508	2.655	1.738	1.842	629	666
Forstwirtschaft	212	212	212	212	212	212
Landschaftspflege	21	28	17	22	9	12
Kommune	89	219	39	79	39	79
Industrie u. Gewerbe	1.358	1.358	1.357	1.357	1.187	1.187
<b>Summe</b>	<b>4.189</b>	<b>4.471</b>	<b>3.362</b>	<b>3.511</b>	<b>2.076</b>	<b>2.155</b>

**Tabelle 38: Gesamtpotenziale nach Akteursgruppen – eigene Ermittlungen**

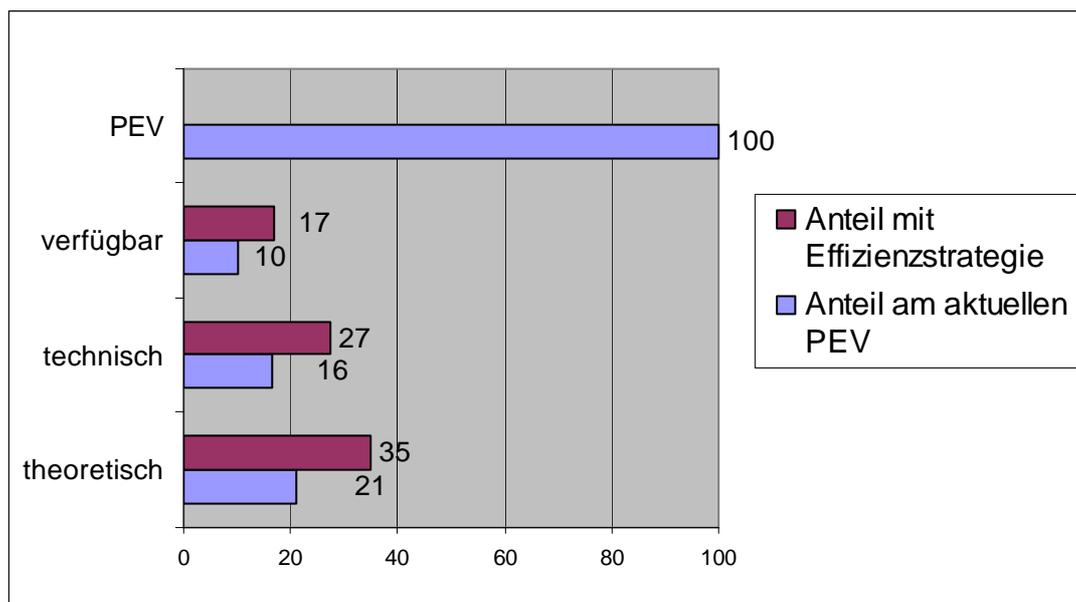
Gesamtpotenziale Untersuchungsgebiet nach Stoffgruppen	Theoretisch in GWh		Technisch in GWh		Verfügbar in GWh	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
holzartige Biomasse	1.793	1.827	1.732	1.754	1.459	1.471
sonst. therm verwertb. Biomasse	491	491	391	391	116	116
vergärbare Biomasse	1.781	2.029	1.145	1.272	449	516
ölhaltige Biomasse	123	123	94	94	52	52
<b>Summe</b>	<b>4.189</b>	<b>4.471</b>	<b>3.362</b>	<b>3.511</b>	<b>2.076</b>	<b>2.155</b>

**Tabelle 39: Gesamtpotenziale im Untersuchungsgebiet nach Stoffgruppen – eigene Ermittlungen**

Heizöläquivalente und CO <sub>2</sub> -Einsparung nach Stoffgruppen	Verfügbar in GWh		Äquivalent in Mio. Liter Heizöl		Einsparung in t CO <sub>2</sub>	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
holzartige Biomasse	1.459	1.754	146	175	379.315	456.026
sonst. therm verwertb. Biomasse	116	116	12	12	30.190	30.190
vergärbare Biomasse	449	516	45	52	116.671	134.206
ölhaltige Biomasse	52	52	5	5	13.480	13.480
<b>Summe</b>	<b>2.076</b>	<b>2.155</b>	<b>208</b>	<b>216</b>	<b>539.655</b>	<b>560.365</b>

**Tabelle 40: Heizöläquivalente und CO<sub>2</sub>-Einsparungen nach Stoffgruppen in der Untersuchungsregion – eigene Ermittlungen**

Abbildung 58 stellt die prozentualen Anteile dar, welche die jeweiligen Potenzialkategorien am aktuellen Primärenergieverbrauch (2005) decken können. Da der Anteil, den ein Energieträger an der Deckung des Gesamtbedarfes leisten kann, vor allem auch von der Höhe des aktuellen Verbrauches abhängig ist, können durch Energieeffizienzmaßnahmen und damit durch die Reduzierung des Verbrauches die entsprechenden Anteile der Energieträger gesteigert werden. So reduziert sich z. B. beim Austausch einer 20 oder 30 Jahre alten Heizung in der Regel durch den in der Zwischenzeit eingetretenen technischen Fortschritt der Energiebedarf um ca. 1/3. Weitere Effizienzeffekte sind durch die Weiterentwicklung der häufig noch nicht optimierten Anlagentechnologie sowie durch die Steigerung von Erträgen auf landwirtschaftlichen Flächen bei gezieltem Anbau von Bioenergieträgern zu erwarten, da die derzeit genutzten Anbaufrüchte über Jahrzehnte auf die Produktion von Nahrungsmitteln optimiert wurden. In Abbildung 58 ist die Bandbreite des möglichen Beitrages der Bioenergie zum Primärenergieverbrauch in Abhängigkeit von den politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen dargestellt.



**Abbildung 58: Gegenüberstellung der Steigerungsmöglichkeiten des Anteils der Bioenergie am Primärenergieverbrauch durch Effizienz steigernde Maßnahmen bei 40 %-iger Reduzierung des Energiebedarfes – eigene Darstellung**

#### 4.2. Bestehende Bioenergieanlagen in der Region

Durch die bereits umgesetzten Biomasseanlagen werden auch in der Untersuchungsregion bereits Potenziale genutzt. Unterschieden werden können dabei die folgenden Anlagentechnologien:

- Kleinfeuerungsanlagen in privaten Haushalten auf Basis von Holz und Holzkohle, Briketts sowie Holzpellets zur Teilwärmeversorgung
- Holzcentralheizungen auf Basis von Scheitholz, Hackschnitzeln oder Holzpellets für private Haushalte, kommunale und gewerblich genutzte Gebäude
- Holzheizkraftwerke zur Produktion von Strom und Wärme
- Biogasanlagen mit landwirtschaftlichen Inputstoffen und angeschlossenem Blockheizkraftwerk
- Biogasanlagen mit landwirtschaftlichen und nichtlandwirtschaftlichen Inputstoffen und angeschlossenem Blockheizkraftwerk
- Biogasanlagen mit nichtlandwirtschaftlichen Inputstoffen und angeschlossenem Blockheizkraftwerk
- stationäre Blockheizkraftwerke zur Nutzung von Pflanzenölen
- Fahrzeuge zur Nutzung von Pflanzenölen in Motoren.

Zur Bereitstellung der Inputstoffe und Anlagen bestehen in der Region verschiedene Einrichtungen zur Konfektionierung und Beplanung der nachgefragten Bioenergieträger:

- Holzhöfen oder Einrichtungen mit (teils saisonaler) Bereitstellung von Holz in Form von Hackschnitzeln, Scheitholz und Holzpellets
- Anlagen zur Produktion von Holzpellets
- Anlagen zur Produktion von Pflanzenölen für den Nahrungsmittel- und den Kraftstoffmarkt
- Unternehmen zur Planung und Herstellung von Biogasanlagen
- Unternehmen zur Planung von Anlagen zur Feststofffeuerung (Holzpellets, Hackschnitzel etc.).

Folgende holzartige Biomassen werden regional bereitgestellt und genutzt:

- Waldholz, zur Scheitholz- bzw. Holzhackschnitzelherstellung
- holzartiger Grünschnitt aus der Landschaftspflege, derzeit nur in Einzelfällen in sehr geringem Maße in Holzheizungen genutzt
- Sägewerksresthölzer
- Holzpellets, aus Sägeresthölzern der Holzverarbeitenden Industrie hergestellt.<sup>236</sup>

Regionale Biomassen aus dem landwirtschaftlichen Bereich, die in Biogasanlagen in der Region zur Energieerzeugung gebraucht werden:

- Gülle
- Stroh
- Festmist
- Mais-, Gras-, Triticale-, Ganzpflanzensilage etc.
- Bioabfall
- organische Produktionsabfälle
- Speisereste.

Tabelle 41 listet die vorhandenen Biomasseanlagen im Projektgebiet auf. Nicht enthalten sind private Holzpellet- und Scheitholzheizungen bis 50 kW.

---

<sup>236</sup> Firma WEAG & Mohr GmbH & Co. KG, Firma Röno Holzpellets GmbH.

Kapitel F: Auswirkungen der Biomassennutzung auf die regionale Wertschöpfung in der Region  
Naturpark Saar-Hunsrück

Landkreis	Art der Anlage	kW elektrisch	Jahresarbeit kWh elektrisch	kW thermisch	Jahresarbeit kWh thermisch	davon als Ersatz fossiler Wärme in kWh	Stand	PLZ	Standort	Versorgung
Bernkastel-Wittlich	HHS	0	0	60	120.000	120.000	gebaut	54411	Deuselbach	regional
Bernkastel-Wittlich	HHS						gebaut	54426	Dhronecken	regional
Bernkastel-Wittlich	HHS							54426	Heidenburg	
Bernkastel-Wittlich	HHS	0	0	250	500.000	500.000	gebaut	54497	Morbach	regional
Bernkastel-Wittlich	HHS	0	0	7.660	22.980.000	22.980.000	gebaut	54497	Morbach	regional
Bernkastel-Wittlich	HHKW	1.225	8.575.000	2.940	20.580.000	20.580.000	gebaut	54497	Morbach	regional
Birkenfeld	HHS	0	0	100	200.000	200.000	gebaut	55758	Hettenrodt	regional
Birkenfeld	Biogas-BHKW	630	2.500.000	430	3.010.000	3.010.000	gebaut	55768	Hoppstädten-Weiersbach	Gasbezug von Vergärungsanlage nebenan
Birkenfeld	HHKW	8.300	48.800.000	8.000	46.400.000	17.500.000	gebaut	55768	Hoppstädten-Weiersbach	überregional + regional
Birkenfeld	Vergärungsanlage	0	0	0	0	0	gebaut	55768	Hoppstädten-Weiersbach	überregional + regional
Birkenfeld	HHS	0	0	100	200.000	200.000	gebaut	55743	Idar-Oberstein	regional
Merzig-Wadern	HHS	0	0	200	1.400.000	1.400.000	gebaut	66679	Losheim	regional
Merzig-Wadern	HHS	0	0	300	2.100.000	2.100.000	gebaut	66663	Merzig	n.b.
Merzig-Wadern	HHS	0	0	700	4.900.000	4.900.000	gebaut	66663	Merzig-Hilbringen	n.b.
Merzig-Wadern	Verg. + Biogas-BHKW	180	1.575.000	300	2.625.000	875.000	gebaut	66709	Weiskirchen	überregional + regional
Merzig-Wadern	Verg. + Biogas-BHKW	150	1.050.000	280	1.960.000	0	gebaut	66693	Mettlach (Weiten)	regional
Merzig-Wadern	Verg. + Biogas-BHKW	746	5.222.000	0	0	0	gebaut	66681	Wadern	n.b.
Neukirchen	HHS	0	0	550	3.850.000	3.850.000	gebaut	66571	Wiesbach	n.b.
Neunkirchen	HHS	0	0	120	840.000	840.000	gebaut	66571	Eppelborn	regional
Saarlouis	Verg. + Biogas-BHKW	55	385.000	100	700.000	0	gebaut	66780	Rehlingen-Siersburg (Gerlfangen)	n.b.
St. Wendel	HHS	0	0	506	3.542.000	3.542.000	gebaut	66606	St. Wendel	n.b.
St. Wendel	HHS	0	0	990	6.930.000	6.930.000	gebaut	66606	St. Wendel (Wendelinushof)	regional
St. Wendel	Verg. + Biogas-BHKW	200	1.400.000	380	2.660.000	2.660.000	gebaut	66606	St. Wendel (Wendelinushof)	regional
St. Wendel	Verg. + Biogas-BHKW	500	4.000.000	540	4.320.000	720.000	gebaut	66606	St. Wendel (Dörrenbach)	regional
St. Wendel	HHS	0	0	380	2.660.000	2.660.000	gebaut	66636	Theley	regional
Trier	HHS	0	0	3.500	10.500.000	10.500.000	gebaut	54294	Trier	n.b.
Trier	HHS	0	0	1.300	3.900.000	3.900.000	gebaut	54295	Trier	n.b.
Trier-Saarburg	HHS	0	0	100	200.000	200.000	gebaut	54317	Farschweiler	n.b.
Trier-Saarburg	HHS	0	0	800	1.600.000	1.600.000	gebaut	54411	Hermeskeil	n.b.
Trier-Saarburg	HHS	0	0	70	140.000	140.000	gebaut	54411	Hermeskeil	regional
Trier-Saarburg	HHS	0	0	800	3.040.000	3.040.000	gebaut	54411	Hermeskeil	regional
Trier-Saarburg	HHS	0	0	100	200.000	200.000	gebaut	54316	Holzerath	regional
Trier-Saarburg	HHS	0	0	35	70.000	70.000	gebaut	54427	Kell am See	regional
Trier-Saarburg	HHS							54329	Konz	regional
Trier-Saarburg	Klärgas-BHKW	0	331.219	190	0	0	gebaut	54329	Konz	regional
Trier-Saarburg	HHS	0	0	80	160.000	160.000	gebaut	54317	Lorscheid	regional
Trier-Saarburg	Deponiegas-BHKW	1.260	3.654.000	0	0	0	gebaut	54290	Mertesdorf	regional
Trier-Saarburg	HHS	0	0	22	44.000	44.000	gebaut	54331	Oberbillig	n.b.
Trier-Saarburg	HHS							54317	Osburg	n.b.
Trier-Saarburg	Verg. + Biogas-BHKW	105	735.000	380	2.660.000	735.000	gebaut	54439	Palzem	regional
Trier-Saarburg	HHS	0	0	55	110.000	110.000	gebaut	54413	Rascheid	n.b.
Trier-Saarburg	Verg. + Biogas-BHKW	500	3.500.000	800	5.600.000	20.000	gebaut	54421	Reinsfeld	überregional + regional
Trier-Saarburg	HHS	0	0	100	200.000	200.000	gebaut	54316	Schöndorf	n.b.
Trier-Saarburg	HHS	0	0	100	200.000	200.000	gebaut	54332	Wasserliesch	n.b.

Tabelle 41: Biomasse-Anlagen im Projektgebiet, Stand Juni 2005 – Quelle: IfaS und IZES (2005)

Energieproduktion erneuerbar	Installierte Leistung in kW	produzierte Arbeit in kWh/a	KEA	Primärenergieverbrauch Input in kWh	Primärenergieverbrauch Input in GWh
Strom aus Biomasseanlagen	13.476	92.602.000	1,11	102.788.220	102,8
Wärme aus Biomasse KWK	12.157	44.413.250	0,78	34.642.335	34,6
Wärme aus Hackschnitzelheizungen	18.228	67.496.000	1,01	68.170.960	68,2
Wärme aus Pelletheizungen	6.048	9.071.400	1,01	9.162.114	9,2
Kleinfeuerungsanlagen	n.b.	23.190.000	1,01	23.421.900	23,4
<b>Summe Strom</b>	<b>13.476</b>	<b>92.602.000</b>		<b>102.788.220</b>	<b>102,8</b>
<b>Summe Wärme</b>	<b>36.433</b>	<b>144.170.650</b>		<b>135.397.309</b>	<b>135,4</b>
Summe Strom und Wärme					238,2
Kurzfristig verfügbare Potenziale					2.155,2
Anteil der bisher umgesetzten Potenziale durch Biogas- und Holzheizungen					11,1

**Tabelle 42: Erneuerbarer Energieverbrauch der bisher installierten Biomasseanlagen im Untersuchungsgebiet<sup>237</sup> – eigene Ermittlungen**

### 4.3. Untersuchte Bioenergieanlagen

Zur Ermittlung der regionalen Effekte von Bioenergieanlagen wurden in der Region Naturpark Saar-Hunsrück nach einer Vorauswahl hinsichtlich der möglichen regionalen Einflüsse aus der Anlagenliste in Tabelle 40 sowie unter den Anlagen zur Konfektionierung von Biomassen (Pelletierungsanlagen und Pflanzenölpresse) durch telefonische Anfrage in Abhängigkeit von der Auskunftsbereitschaft 14 Standorte zur Befragung ausgewählt. Es handelte sich dabei um:

- 2 Biogasanlagen auf Basis nachwachsender Rohstoffe + landwirtschaftlicher Reststoffe (NawaRo-Bonus)
- 2 Biogasanlagen auf Basis landwirtschaftlicher Reststoffe + organischer Abfälle
- 1 Biogasanlage auf Basis landwirtschaftlicher Reststoffe + nachwachsender Rohstoffe + organischer Abfälle
- 1 Biogasanlage auf Basis organischer Abfälle
- 1 kommunale Holzheizung auf Basis von Waldholz
- 1 kommunale Holzheizung auf Basis von Sägerestholz
- 1 private Holzheizung auf Basis von Altholz (unbelastetes Altholz)
- 1 Hackschnitzelheizkraftwerk

<sup>237</sup> Der Brennstoffverbrauch für Kleinfeuerungsanlagen kann durch die klein strukturierte Vertriebssituation nicht abschließend abgeschätzt werden. Aufgenommen wurden nur die registrierten Brennholzverkäufe in den Forstämtern. Private und nicht legale Holzbezüge sind nicht berücksichtigt.

- 1 Pflanzenölpresse
- 2 Pelletierungsanlagen für Holzpellets.

Die Befragung der Betreiber<sup>238</sup>, Planer<sup>239</sup>, Investoren<sup>240</sup>, Lieferanten<sup>241</sup> und Anlagenbauer<sup>242</sup> mittels eines nach dem in E.9 dargestellten Schema ergaben Informationen mit unterschiedlicher Datenqualität und -tiefe.

Aus den oben genannten Befragungen werden im Folgenden zwei Anlagen beispielhaft hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Effekte auf die Generierung von Werten in der Region dargestellt. Diese stehen für die unterschiedlichen Ausprägungen der Ersatzinvestition (eine bestehende Anlage soll ersetzt werden) und der Zusatzinvestition (die Entscheidung ist zwischen dem Bau und dem Nichtbau/der Nulloption zu treffen) von Energieanlagen (vgl. Abschnitt E.5.1.1.) In Abschnitt F.6 erfolgt ein Vergleich von sieben ausgewählten Anlagen aus der oben dargestellten Liste der Befragten (in Abhängigkeit von den verfügbaren Daten).

#### **4.3.1. Beispiel 1: Kommunale Holzheizung**

##### *4.3.1.1 Ausgangssituation*

Im Rahmen einer Agenda 21-Arbeitsgruppe wurden Ideen zur Umsetzung der Agenda 21-Vorgaben in der Region gesucht. In den Untergruppen Energie und Forst

---

<sup>238</sup> Betreiber: SCHIFFMANN, G, Fa. OIE AG, Idar-Oberstein; SPURK, C., Geschäftsführer und Biogasanlagenbetreiber, Fa. ZEUS GmbH, Reinsfeld; GITZINGER, H.-W., Biogasanlagenbetreiber, Weiten; JACOBY, U., Holzheizungsbetreiber, Forstamt Winterhauch, Idar-Oberstein; KOHL, M., Biogasanlagenbetreiber, Palzem; KOSAK, G., Biogasanlagenbetreiber, Fa. RPS Altvater, Ellerstadt; LAUB, B., Biogasanlagenbetreiber, Weiskirchen; MAISBERGER, M., Betriebsleiter Ölmühle St. Wendel/Marpingen; SCHNEIDER, H., Biogasanlagenbetreiber, St. Wendel/Dörrenbach; MÖLLE, G., i.V. f. Pelletieranlagenbetreiber, Rötweiler-Nockental.

<sup>239</sup> Planer: EMMERICH, E., Holzheizungsplaner, Ingenieurbüro PEC, Greimerath; SPURK, C., Biogasanlagenplaner, Fa. Ökobit GmbH Föhren, GUBERNATOR, L., Planung von Pelletierungsanlagen, Fa. Weag und Mohr GmbH, Hermeskeil/Trier.

<sup>240</sup> Investoren: SCHOPACH, T, Fa. Juwi GmbH, Mainz; SPURK, C., Fa. ZEUS GmbH, Reinsfeld, KOHL, M., Palzem; GITZINGER, H.-W., Weiten; KOSAK, G., Fa. RPS Altvater, Ellerstadt; LAUB, B., Weiskirchen; SCHMITT, N., Fa. OIE AG, Idar-Oberstein.

<sup>241</sup> Lieferant: LIESER, H., Forstamtsleiter Forstamt Saarburg, Saarburg.

<sup>242</sup> Anlagenbauer: SPURK, C., Biogasanlagenbau, Fa. Ökobit GmbH, Föhren.

wurde das Konzept zur Beheizung der Grundschule mit Turnhalle und benachbartem Kindergarten entwickelt, da hier eine Neuinvestition in eine neue Heizung anstand. Eine örtliche Firma wurde mit der Planung der Anlage betraut, die während der Heizsaison die Wärmeversorgung der Gebäude mit Holzhackschnitzeln gewährleisten sollte. Ziel war dabei neben der Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern vor allem auch die Schaffung von Absatzmöglichkeiten für den Forst und die Erhöhung der Wertschöpfung in der Region.

#### 4.3.1.2 Anlagenkonzept

Als Kessel wurde eine KÖB-Rotationsfeuerung mit einer Leistung von 400 kW ausgewählt und im September 2002 installiert. Diese ist für Hackschnitzel mit einem Wassergehalt von ca. 20–30 % ausgelegt und benötigt daher getrocknetes Inputmaterial. Zu diesem Zweck wurde ein großer Bunker als Lagerraum vorgesehen, in dem eine Endtrocknung möglich ist. Die Versorgung der Spitzenlast erfolgt weiterhin mit einem bestehenden Ölkessel, der jährlich ca. 7.000 Liter Heizöl benötigt.

Die Bereitstellung und Vortrocknung des Holzes übernimmt der lokale Forst. Dabei erfolgt die Vortrocknung in Form von Rundholz am Waldrand.

Zweimal jährlich wird durch einen Lohnunternehmer aus einer angrenzenden Region das vorgetrocknete Holz gehackt und in den vorderen Teil des Bunkers geblasen. Dort verbleibt es und trocknet bis zur Nutzung weiter.

Der jährliche Wärmebedarf beträgt ca. 700.000–800.000 kWh und wurde bisher durch Öl gedeckt. Bei einem Heizölpreis von 0,60 €/Liter ergeben sich Brennstoffkosten von 48.000 €/a für den Verbrauch von 80.000 Litern.<sup>243</sup>

Durch den Ersatz eines Großteils des Heizöls durch Hackschnitzel können bei Bezug von 800 m<sup>3</sup> Hackschnitzel/a<sup>244</sup> zu einem Preis von 17,50 €/m<sup>3</sup> und einem Bezug von nur noch 7.000 Litern Heizöl ca. 29.800 € an Brennstoffkosten eingespart werden. Jedoch bedarf es für die Bereitstellung der Wärme aus Holzhackschnitzeln der Investition in die Biomasseanlage und des Brennstoffbunkers sowie eines

---

<sup>243</sup> Vor Installation der Holzheizung ca. 80.000 Liter Brennstoff/a. Quelle: Hr. Emmerich, Fa. PEC, Anlagenplanung am 6.2.2006.

<sup>244</sup> Bei ca. 875 kWh/m<sup>3</sup> getrocknete Eichen/Buchehackschnitzel mit 20 % Wassergehalt.

zusätzlichen Gebäudes, da die vorhandenen Gebäude keinen ausreichenden Platz für die Installation der Anlage boten. Die Investitionskosten liegen daher signifikant höher als bei einer alternativen Ölheizung. Zusätzlich müssen für die Holzheizung wegen der höheren Zahl mechanischer Teile und der dadurch bedingten höheren Verschleiß- und Störungsanfälligkeit jährlich höhere Personal- und Wartungskosten einkalkuliert werden. Tabelle 43 und Tabelle 44 zeigen die Aufstellung der Eingangsparameter sowie die Berechnung der Differenz zwischen den beiden Anlagenvarianten. Für die Investition in die Holzheizung zahlte das Land Zuschüsse von 76,69 € (ehemals 150 DM) je kW installierter Leistung. Die restliche Investitionssumme wurde finanziert. Es wurde davon ausgegangen, dass für die Ölheizung die gesamte Summe mit einem kommunalen Zinssatz von 3 % finanziert wurde. Die anfallenden Zinsen und die Tilgungsraten wurden durch die Annuitätenmethode<sup>245</sup> auf die Nutzungsjahre verteilt. Trotz höherer Investitions- und Wartungskosten ergeben sich durch den günstigeren Brennstoffbezug bei den gegebenen Annahmen jährliche Kosteneinsparungen in Höhe von ca. 14.350 €.

Parameter	Ölheizung	Holzheizung
Investitionskosten in €	50.000,00	240.000,00
Laufzeit der Anlage in Jahren	15,00	15,00
Fremdkapitalanteil in %	100,00	87,22
Fremdkapitalanteil in €	50.000,00	209.323,00
Kreditlaufzeit in Jahren	15,00	15,00
Fremdkapitalzinssatz in %	3,00	3,00

**Tabelle 43: Eingangsparameter für den Vergleich einer 400 kW Öl- und einer Holzhackschnitzelheizung – Quellen: PEC, Forstamt Saarburg und eigene Ermittlungen**

Jährliche Kosten	Öl	Holz + Öl	Differenz
Brennstoffkosten	48.000,00	18.200,00	-29.800,00
Wartung/Personal	900,00	3.000,00	2.100,00
Annuität (Zins + Tilgung)	4.188,33	17.534,27	13.345,94
Summe jährliche Kosten	53.088,33	38.734,27	-14.354,06
Erzeugte Wärme in kWh	700.000,00	700.000,00	0,00
Kosten in €/ct/kWh	7,58	5,53	-2,05

**Tabelle 44: Vergleich der jährlichen Kosten einer 400 kW Ölheizung mit einer Holz-Öl-Kombination – Quellen: PEC, Forstamt Saarburg und eigene Berechnungen**

<sup>245</sup> Die Annuität wurde nach der folgenden Formel errechnet:  $i \cdot (1+i)^n / ((1+i)^n - 1)$ ; dabei gilt:  $i$  = Zinssatz,  $n$  = Laufzeit. Die Annuität wird mit dem Investitionssatz bzw. mit der Kreditsumme multipliziert.

Die Effekte, die neben der Einsparung von Brennstoffkosten in der Region entstehen werden in Abschnitt F.5.1 weiter erläutert.

#### **4.3.2. Beispiel 2: Landwirtschaftliche Biogasanlage**

##### *4.3.2.1 Ausgangssituation*

Der befragte Landwirt entschied sich im Jahr 2000 für den Bau einer der ersten Biogasanlagen in Rheinland-Pfalz zur Nutzung seiner landwirtschaftlichen Reststoffe aus der Rindviehhaltung. Motivation waren die Nutzung eigener Ressourcen, die Erzielung von wirtschaftlichen Vorteilen sowie die Reduzierung von Geruchsbelastungen und (eingeschränkt) die Verbesserung der Düngerqualität.

##### *4.3.2.2 Grundannahmen*

Um eine Vergleichbarkeit der regionalen Effekte des Baus einer Biogasanlage auf die Region zu gewährleisten, sind die Alternativen der Investition und des landwirtschaftlichen Anbaus zu berücksichtigen. Werden in einer Anlage nachwachsende Rohstoffe von landwirtschaftlichen Flächen für die energetische Nutzung verwendet, können die entsprechenden Flächen nicht für den sonst üblichen Marktfruchtanbau zum Einsatz kommen. Die Erlöse der Marktfrüchte sind daher von den geschaffenen Werten durch die Energieerzeugung in Abzug zu bringen. Ähnlich verhält es sich mit den Investitionen. Beim Ansatz von Investitionen sind fallspezifisch die jeweiligen Alternativen zu berücksichtigen.

##### *4.3.2.3 Anlagenkonzept*

Planung und Bau der Biogasanlage erfolgten in Eigenregie des Betreibers. In einer ersten Phase wurde ein Blockheizkraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 55 kW<sub>el</sub> installiert und 2003 durch ein Gas-BHKW mit 105 kW<sub>el</sub> ersetzt.

Der jährliche Wärmebedarf des Betriebes beträgt ca. 60.000 kWh und wurde vor dem Betrieb der Anlage durch Öl gedeckt. Bei einem Heizölpreis von 0,60 €/Liter ergeben sich Brennstoffkosten von 3.600 €/a für den Verbrauch von 6.000 Litern. Dieser Wärmebedarf wird durch die Abwärme des BHKW bereitgestellt.

Die Bereitstellung der Inputstoffe erfolgt durch Reststoffe sowie durch den Aufwuchs von 40 ha nachwachsender Rohstoffe. Davon sind 30 ha im eigenen Betrieb

vorhanden, von 10 ha Fläche werden nachwachsende Rohstoffe zugekauft.<sup>246</sup> Ferner erfolgt die kostenfreie Annahme von Hühnertrockenkot. Als Konkurrenzprodukt für nachwachsende Rohstoffe wird Winterweizen angesetzt, da dieser den höchsten Deckungsbeitrag für den Landwirt erwirtschaftet. Die jährlichen Inputmengen der jeweiligen Substrate sind in Tabelle 45 dargestellt.

Anlageninput		
Maissilage	1.369	t FM/a
Grassilage	146	t FM/a
Hühnertrockenkot	639	t FM/a
Rinderfestmist	146	t FM/a
Rindergülle	1.734	m <sup>3</sup> FM/a
<b>Gesamtinput</b>	<b>4.033</b>	<b>t FM/a</b>

**Tabelle 45: Inputstoffe der 105 kW Biogasanlage – Quelle: Anlagenbetreiber (2006)**

Die Finanzierung der Biogasanlage erfolgte durch einen Zuschuss des Landes Rheinland-Pfalz und einen Kredit der Hausbank. Da der Zuschuss nur in Verbindung mit der Biogasanlage zur Auszahlung kommt und der Kredit nur bei Investition aufgenommen werden muss, wird als Alternative für die Investition in die Biogasanlage angenommen, dass als Investition lediglich der Austausch der vorhandenen Ölheizung innerhalb der Laufzeit der Biogasanlage stattgefunden hätte, die ebenfalls kreditfinanziert wäre (Null-Option). Tabelle 46 und Tabelle 47 zeigen die Investitionskosten sowie die jährlichen Kosten der verschiedenen Optionen. Während die Sicherstellung der Wärmelieferung lediglich Kosten verursacht, entstehen bei der Produktion und Einspeisung von Strom durch die Biogasanlage Einnahmen in Höhe von 0,16 €/kWh.

Parameter	Null-Option	Biogasanlage
Investitionskosten in €	10.000,00	150.000,00
Laufzeit der Anlage in Jahren	20,00	20,00
Fremdkapitalanteil in %	100,00	66,67
Fremdkapitalanteil in €	10.000,00	100.000,00
Kreditlaufzeit in Jahren	10,00	10,00
Fremdkapitalzinssatz in %	6,00	6,00

**Tabelle 46: Vergleich der Investitionskosten und Zinssätze für die Errichtung einer neuen Ölheizung und den Bau einer Biogasanlage – Quelle: M. Kohl**

<sup>246</sup> Nach Erweiterung der Anlage im Laufe des Jahres 2006 werden 60 ha eigene Betriebsfläche genutzt. Im vorliegenden Beispiel wird jedoch auf Basis der bestehenden Anlage mit 40 ha Inputfläche kalkuliert.

Jährliche Kosten	Nulloption	Biogasanlage	Differenz
Brennstoffkosten	3.600,00	38.835,86	35.235,86
Wartung/Personal	200,00	29.600,00	29.400,00
Annuität (Zins + Tilgung)	1.358,68	13.586,80	12.228,12
<b>Summe jährliche Kosten</b>	<b>5.158,68</b>	<b>82.022,65</b>	<b>76.863,98</b>

**Tabelle 47: Vergleich der jährlichen Kosten einer Ölheizung mit einer 105 kW Biogasanlage –  
Quellen: M. Kohl, eigene Berechnungen**

jährliche Erlöse	Nulloption	Biogasanlage
Stromerlöse durch Biogaserzeugung	0,00 €	130.693,07 €
Erlöse für landwirtschaftliche Produkte (Weizen)	25.532,88 €	0,00 €

**Tabelle 48: Vergleich der jährlichen Erlöse des Anbaus von Marktfrüchten mit dem Betrieb  
einer Biogasanlage (Gesamtdifferenz: 105.160,19 €) – eigene Berechnungen**

Aus dieser rein betriebswirtschaftlichen Betrachtung ergibt sich aus dem Bau und Betrieb der Anlage ein ökonomischer Vorteil für den Betreiber der Anlage. Er schafft damit für sich selbst einen zusätzlichen Wert.

Jedoch entstehen, wie bereits oben dargestellt, in den verschiedenen Ebenen weitere Effekte für die Region, die in Abschnitt F.5.2 weiter erläutert werden.

## 5. Werte- und Indikatorenermittlung

Neben den betriebswirtschaftlichen Effekten aus dem Bau und Betrieb der Anlage sind im Rahmen dieser Arbeit vor allem auch die Effekte von Interesse, die sich auf die Region – in diesem Fall das Projektgebiet Naturpark Saar-Hunsrück – auswirken.<sup>247</sup>

Für die Schaffung von Beschäftigung in einer Region sind zum einen die Deckungsbeiträge und Gewinne, aber auch die Anzahl der in einer Wertschöpfungskette beteiligten Unternehmen und somit die Umschlagshäufigkeit innerhalb der Region entscheidend.

Je mehr Akteure an der Erstellung des Gutes beteiligt sind, umso häufiger kann der Umsatzanteil zur Sicherung oder Erweiterung des Betriebes und zur Schaffung von

<sup>247</sup> Für die Anlage 7 (Beispiel 2), die an der Grenze des Projektgebietes liegt, werden auf Grund der räumlichen Nähe und der wirtschaftlichen Beziehungen Einzugsgebiete für Zulieferer von bis zu 50 km Umkreis noch als regional angesetzt.

Beschäftigung für weitere regionale Betriebe führen. Sind diese Betriebe in einer Region angesiedelt, können Kreisläufe entstehen, die sich gegenseitig unterstützen.<sup>248</sup>

## **5.1. Werte und Indikatoren der kommunalen Holzheizung (Beispiel 1)**

### **5.1.1. Regionale Effekte**

Aus der rein betriebswirtschaftlichen Betrachtung in F.4.3.1.2 des Betriebs der Holzheizung im Vergleich zu einer Ölheizung ergibt sich ein ökonomischer Vorteil für den Betreiber der Anlage. Dieser Vorteil besteht auch bei Änderungen der Brennstoffpreise bis zu einer Ölpreissenkung auf 0,46 €/Liter Heizöl und einer gleichzeitigen Steigerung des Holzpreises auf 21 €/m<sup>3</sup> Hackschnitzel. Die Kalkulation im Jahr 2002 sah eine Kostendeckung am Ende der Laufzeit der Anlage vor. Die Entscheidung für eine Holzheizung wurde damit nicht primär aus betriebswirtschaftlichen Gründen getroffen. Die überproportionale Preissteigerung des Erdöls im Vergleich zu den kalkulierten alternativen Kosten führt somit zu einer zusätzlichen Einsparung bei Ersatz dieses Brennstoffes durch Holz.

### **5.1.2. Ökonomische Effekte**

Abbildung 59 und Abbildung 60 stellen die finanziellen Flüsse der gebauten Holzheizung im Vergleich mit der Alternativinvestition in eine Ölheizung dar und vergleichen die finanziellen Anteile, die in der Region (Naturpark Saar-Hunsrück + 50 km Umkreis um den Standort) verbleiben.

---

<sup>248</sup> Vgl. DANNER (2003).

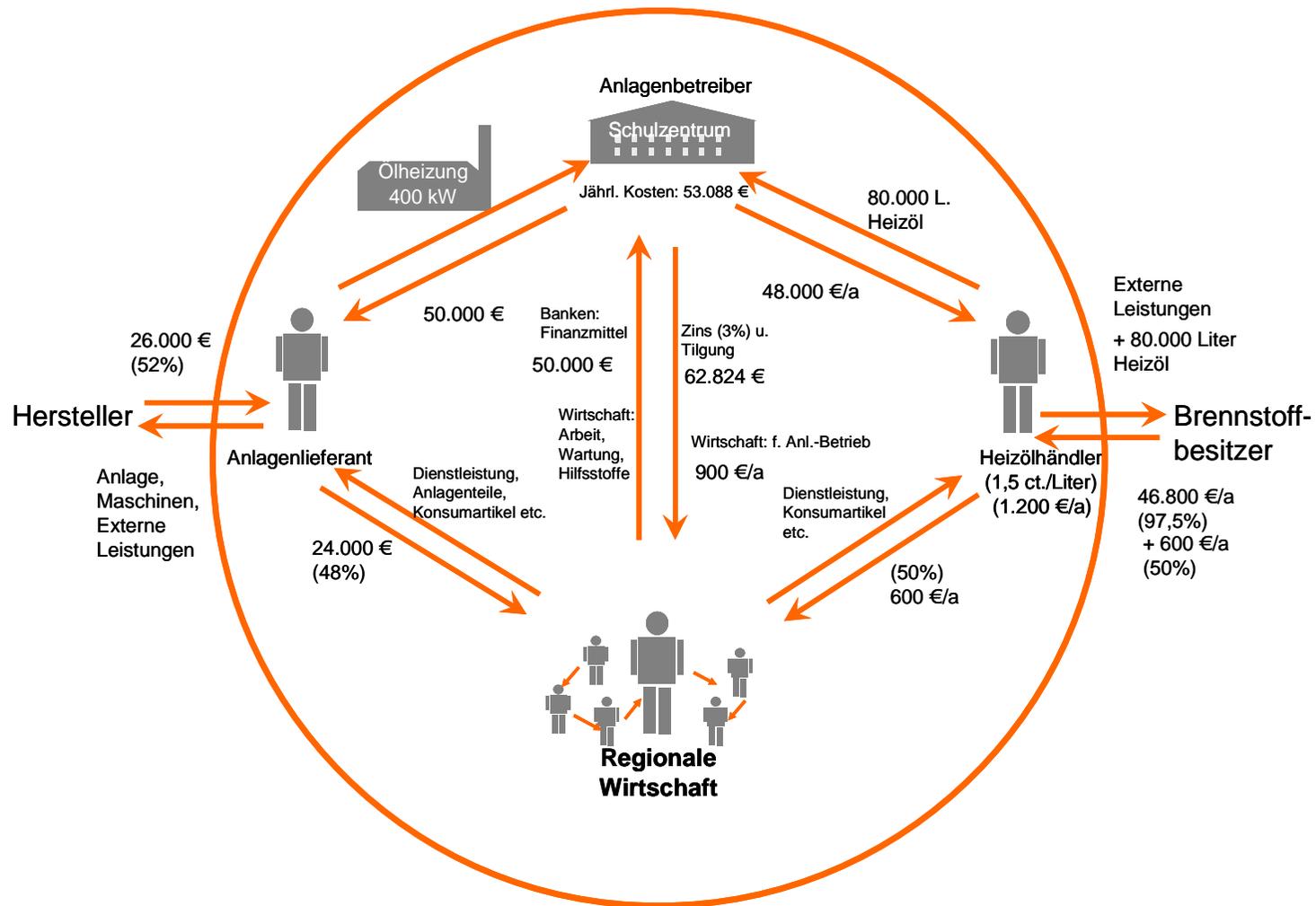


Abbildung 59: Finanzflüsse bei Errichtung einer Ölheizung im betrachteten Schulzentrum als Alternative zu einer Hackschnitzelheizung – eigene Darstellung nach Daten von PEC und dem Forstamt Saarburg (2006)

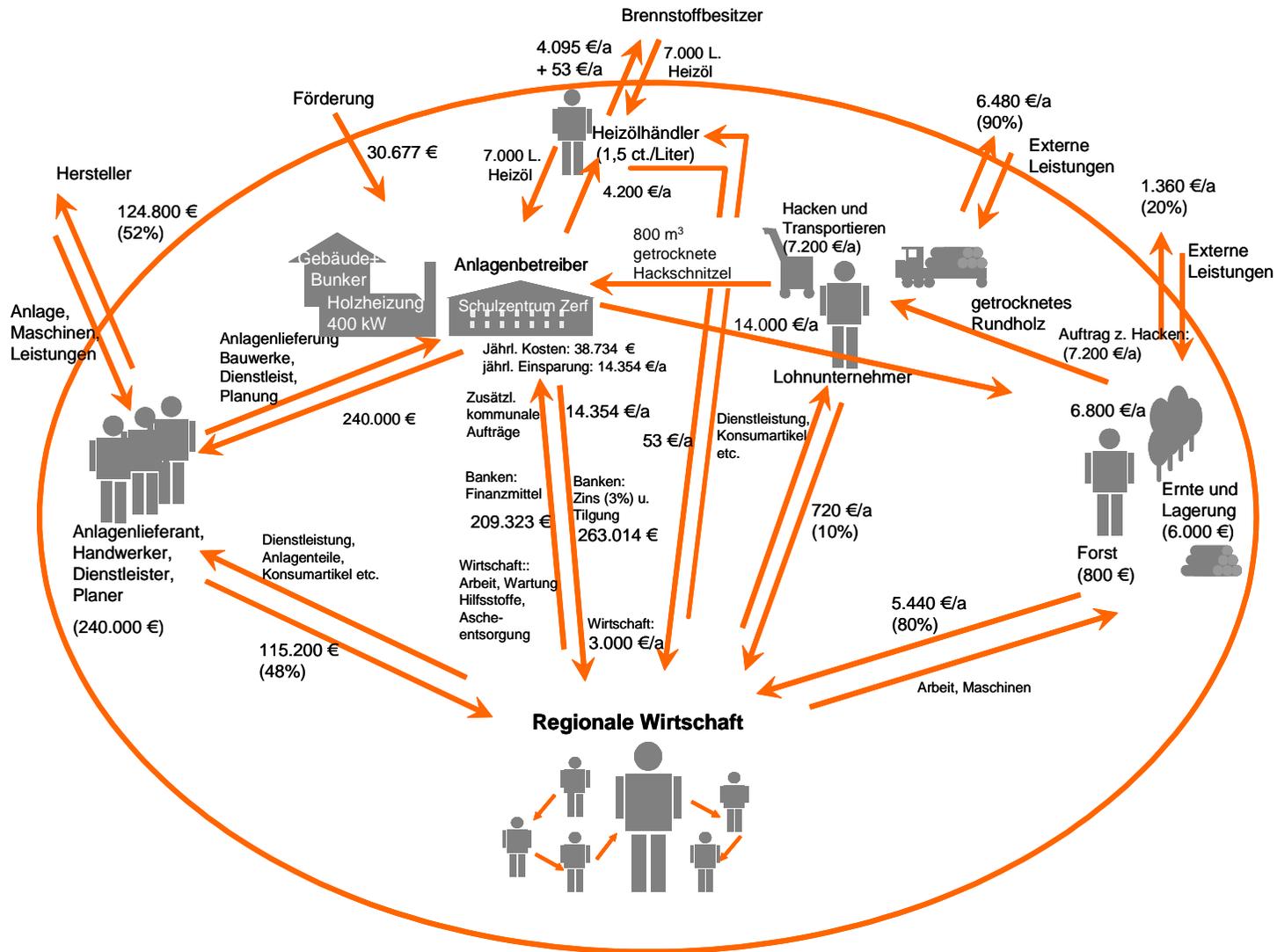


Abbildung 60: Finanzflüsse bei Errichtung einer Holzheizung im betrachteten Schulzentrum – eigene Darstellung nach Daten von PEC und dem Forstamt Saarburg (2006)

Die Investition der Anlagen schafft Umsatz bei regionalen Heizungsbetrieben und Planungsbüros. Die Anlagentechnik wird dabei in der Regel nicht in der Region produziert und muss daher importiert werden. Ein Teil der Investitionskosten bleibt jedoch für die Personalleistungen und vor Ort bezogene Materialien in der Region. Die Investition in die Holzheizung löst ebenfalls den Bau eines Bunkers und eines Gebäudes aus, so dass die Kosten mit 240.000 € im Vergleich zu einer 400 kW-Ölheizung mit ca. 50.000 €, für die keine zusätzlichen Gebäude hätten errichtet werden müssen, vergleichsweise hoch liegen. Während die Anlagentechnik über einen regionalen Händler jeweils von außerhalb bezogen wird, können Installation, Planung und Errichtung des Gebäudes mit lokalen Arbeitskräften und Materialien erfolgen. Der regionale Anteil wird jeweils mit 48 % der Investitionskosten angesetzt. Daraus ergibt sich im Fall der Ölheizung in der ersten Ebene ein direkter regionaler Umsatz von 50.000 € mit einem regionalen Verbleib (2. Ebene) von 24.000 €. Die Investition in die Holzheizung löst regionale Umsätze von 240.000 € in der ersten Ebene und einen Verbleib von 115.200 € (2. Ebene) in der Region aus.

Auf Grund beschränkter Haushaltsmittel muss für die Investition in die Anlage ein Kredit bezogen werden. Dieser erfolgt bei Kommunen meist über die regionale Hausbank, so dass die Zinsen ebenfalls der Region zufließen und damit Umsatz für die Bank bedeuten, die bei höheren Investitionen entsprechend höher ausfallen. Für die Investition in eine Holzheizung gewährte das Land für die Anlage im betrachteten Schulzentrum Zuschüsse, die das aufzunehmende Fremdkapital reduzieren. Für eine Ölheizung gibt es keine entsprechenden Zuwendungen. Bei der Inanspruchnahme eines Kommunalkredites lagen die Zinskosten für die Kreditsumme bei 3 %. Als direkte Einnahmen regionaler Banken entstehen bei einer Investition in eine Ölheizung durch Kreditbezug 12.824,00 € und für die Biomasseheizung inkl. Bunker und Gebäude 53.691,00 €.

Aus dem Bezug der Brennstoffe ergeben sich Effekte für Zulieferer. Bei der Ölheizung beziehen sich diese auf den Heizölhandel, der jedoch selbst nur einen geringen Anteil an der Wertschöpfung in Form einer Handelsmarge hat. Ca. 0,015 €/Liter können als Eigenanteil für den Heizöhhändler angesetzt werden.<sup>249</sup> Hinzu kommen dessen Personenleistung, Lagerkosten, Transportkosten sowie

---

<sup>249</sup> Persönliches Gespräch: Müller GmbH Heizöl, Trier (März 2006).

sonstige Kosten für die Abwicklung der Belieferung. Ein Großteil des von ihm erwirtschafteten Umsatzes fließt aus der Region ab. Es wird angenommen, dass ca. 50 % (600 €) des vom Händler selbst erwirtschafteten Anteils (1.200 €) in der 2. Ebene in die Region in Form von Konsumgütern, Miete oder sonstigen Dienstleistungen zurückfließen.

Wird eine Holzheizung installiert, reduziert sich dadurch der Absatz des Heizölhändlers durch den teilweisen Ersatz von Heizöl von 80.000 Litern auf 7.000 Liter. Im Vergleich zur vollständigen Belieferung mit Heizöl gibt der Händler bei Reduzierung seiner Absatzmenge in der 2. Ebene nicht mehr ca. 600 €/a, sondern nur noch 53 €/a in der Region aus. Der Brennstoffhändler hat nunmehr einen Nachteil aus dem Ersatz des Heizöls, sofern er nicht ebenfalls auf das Angebot regenerativer Energieträger umsteigt. Gleichzeitig wird jedoch Absatz in Form von getrockneten und gehackten Hackschnitzeln im Wert von 14.000 € (1. Ebene) beim regionalen Forst geschaffen. Die Wertschöpfungskette, die hierbei in der Region generiert wird, führt zur Beschäftigung eines Lohnunternehmers, der für 7.200 €/a Dienstleistungen vollbringt (2. Ebene) und davon ca. 720 €/a (Annahme 10 % des Umsatzes) in der Region belässt (3. Ebene). Der Rohstoffwert des Holzes kommt mit 6.800 €/a dem regionalen Forst für die Bereitstellung und Lagerung des Holzes, Radladertransporte sowie die Organisation der Dienstleistung zugute. Bleiben hiervon 80 % in der Region, fließen dieser jährlich 5.440 € zu (3. Ebene).<sup>250</sup>

Neben den Brennstoffkosten entstehen während des Betriebes der Anlage zusätzliche Betriebskosten in Form von Personal- und Materialkosten für Wartung und Reparaturen. Diese liegen beim Ölkessel durch den automatisierten Betrieb mit dem flüssigen Brennstoff mit 900 €/a niedriger als bei der Biomasseheizung mit zahlreichen beweglichen Teilen und dem Bedarf der regelmäßigen Entleerung der Aschebehälter sowie der Kesselreinigung in entsprechenden Abständen mit insgesamt ca. 3.000 €/a. Die Ausgaben fließen in der 1. Ebene vollständig regionalen Akteuren zu.

---

<sup>250</sup> Der Rohstoffwert des Holzes kommt auch im Rahmen der Investition in eine Ölheizung einem regionalen Akteur (dem örtlichen Sägewerksbetreiber) zugute und muss damit für beide Alternativen als regionaler Zufluss gewertet werden.

Nach Abzug der Mehrkosten für die Investitionen und die erhöhten Personalaufwendungen für den Betrieb der Biomasseheizung ergibt sich im genannten Beispiel im Vergleich zur Ölvariante für die Kommune bei einem Ölpreis von 0,60 €/Liter eine jährliche Einsparung von 14.354 €. Dieser Betrag steht daher zusätzlich für kommunale Leistungen zur Verfügung (1. Ebene).

Werden die jährlichen Zuflüsse in die Region beider Varianten über eine 15-jährige Laufzeit addiert, ergibt sich für die Ölheizung in der Summe ein Wert von 796.324 € direkte Zuflüsse (Ebene 1). Demgegenüber erwirtschaftet die Holzheizung direkte regionale Zuflüsse (1. Ebene) von 827.002 €. In einer zweiten Ebene, in der regionale Zulieferer mit der Brennstoffbereitstellung beauftragt werden, ergibt sich für die Holzheizung ein Wert von 223.995 € (im Vergleich zu 33.000 € im Falle der Ölheizung). Der Umsatz des Holzes wäre auch ohne Hackschnitzelheizung an die Sägeindustrie zum gleichen Preis erfolgt, so dass der Wert des in der Region umgesetzten Holzes in beiden Varianten gleich ist. Im Falle der Holzheizung beauftragt der Holzbesitzer wiederum regionale Akteure mit dem Transport und der Konfektionierung. Damit belaufen sich gesamten regionalen Zuflüsse der 3. Ebene auf 92.400 € (im Vergleich zu 81.600 € bei der Ölheizung). Die gesamten regionalen Zuflüsse, die aus dem Betrieb der Holzheizung resultieren, sind mit 1.143.397 € anzusetzen. Die Vergleichbare Ölheizung kommt auf einen Gesamtwert von 910.925 € an Finanzflüssen, die den regionalen Akteuren für verschiedene Leistungen in den nachvollziehbaren Bereichen der Ebenen 1–3 zukommen.

<b>Vergleich regionaler Zuflüsse</b>	<b>Ölheizung</b>	<b>Holzheizung</b>	<b>Differenz Holz - Öl</b>
<i>einmalige direkte Zuflüsse (1. Ebene)</i>			
Anlagenerrichtung	50.000,00	240.000,00	190.000,00
Zinsen bei regionalem Kreditinstitut	12.824,94	53.691,08	40.866,14
<b>Summe einmalige direkte Zuflüsse</b>	<b>62.824,94</b>	<b>293.691,08</b>	<b>230.866,14</b>
<i>direkte jährliche Zuflüsse (1. Ebene)</i>			
Brennstoffbezug von regionalem Händler	48.000,00	18.200,00	-29.800,00
Anlagenbetrieb	900,00	3.000,00	2.100,00
zusätzliche jährliche kommunale Ausgaben in der Region durch Einsparung	0,00	14.354,06	14.354,06
<b>Summe jährliche direkte Zuflüsse (1. Ebene)</b>	<b>48.900,00</b>	<b>35.554,06</b>	<b>-13.345,94</b>
<b>Summe jährliche direkte Zuflüsse (1. Ebene) nach Gesamtlaufzeit</b>	<b>733.500,00</b>	<b>533.310,86</b>	<b>-200.189,14</b>
<b>Indirekte regionale Zuflüsse (2. Ebene)</b>			
<b>einmalig</b>			
regionaler Bezug des Anlagenbauers für die Anlagenerrichtung	24.000,00	115.200,00	91.200,00
<i>indirekte jährliche Zuflüsse (2. Ebene)</i>			
Beauftragte regionale Zulieferer und Dienstleister f. Brennstoff	600,00	7.253,00	6.653,00
<b>Summe jährliche indirekte Zuflüsse (2. Ebene)</b>	<b>600,00</b>	<b>7.253,00</b>	<b>6.653,00</b>
<b>Summe jährliche indirekte Zuflüsse (2. Ebene) nach Gesamtlaufzeit</b>	<b>33.000,00</b>	<b>223.995,00</b>	<b>190.995,00</b>
<i>indirekte jährliche Zuflüsse (3. Ebene)</i>			
Beauftragte regionale Zulieferer für Holzbereitstellung	5.440,00	5.440,00	0,00
regionaler Bezug von Leistungen für Holzkonfektionierung	0,00	720,00	720,00
<b>Summe jährliche indirekte Zuflüsse (3. Ebene)</b>	<b>5.440,00</b>	<b>6.160,00</b>	<b>720,00</b>
<b>Gesamtlaufzeit</b>	<b>81.600,00</b>	<b>92.400,00</b>	<b>10.800,00</b>
Anlagenlaufzeit in Jahren	15,00	15,00	0,00
jährliche Anlagenkosten (aus Wirtschaftlichkeitsberechnung)	53.088,33	38.734,27	-14.354,06
zusätzliche kommunale Ausgaben nach Gesamtlaufzeit	0,00	215.310,86	215.310,86
<b>Summe gesamte direkte regionale Zuflüsse (1. Ebene) nach Gesamtlaufzeit</b>	<b>796.324,94</b>	<b>827.001,94</b>	<b>30.677,00</b>
<b>Summe indirekte regionale Zuflüsse (2. Ebene) nach Gesamtlaufzeit</b>	<b>33.000,00</b>	<b>223.995,00</b>	<b>190.995,00</b>
<b>Summe indirekte regionale Zuflüsse (3. Ebene) nach Gesamtlaufzeit</b>	<b>81.600,00</b>	<b>92.400,00</b>	<b>10.800,00</b>
<b>Summe gesamte direkte und indirekte regionale Zuflüsse nach Gesamtlaufzeit</b>	<b>910.924,94</b>	<b>1.143.396,94</b>	<b>232.472,00</b>

**Tabelle 49: Übersicht der regionalen Zuflüsse durch die Installation einer Ölheizung oder einer kommunalen 400 kW-Holzheizung – eigene Ermittlungen beim Anlagenplaner (2006)**

Im dargestellten Beispiel ergeben sich aus ökonomischer Sicht in der ersten Ebene lediglich geringfügig höhere regionale Zuflüsse aus der Variante der Holzheizung. (s. Tabelle 50). Jedoch ist der nachvollziehbare Effekt in der Ebene 2 um 6,7-mal höher als bei der Ölheizung. Hinsichtlich der nachweisbaren Effekte fließen regionalen Akteuren durch die Installation der Holzheizung über die Laufzeit 232.472 € mehr finanzielle Mittel zu als im Vergleichsfall.

<b>Vergl. Multiplikatoreffekt 1. Ebene</b>	<b>1,04</b>
<b>Vergl. Multiplikatoreffekt 2. Ebene</b>	<b>6,79</b>
<b>Vergl. Multiplikatoreffekt 1.+ 2. Ebene</b>	<b>1,27</b>
<b>Vergl. Multiplikatoreffekt 3. Ebene</b>	<b>1,13</b>
<b>Vergl. Multiplikatoreffekt 1.+ 2.+ 3. Ebene</b>	<b>1,26</b>

**Tabelle 50: Vergleichende Multiplikatoreffekte der Errichtung einer 400 kW-Holzheizung im Vergleich zu einer Ölheizung – eigene Berechnungen**

Diese verbleibenden Mittel können weitere regionale Umsätze generieren; jedoch können die Akteure diese auch direkt für extern bezogene Leistungen ausgeben. Im Vergleich mit der Variante des direkten Imports außerregionaler Energieträger wird ein Umsatz jedoch mindestens bei den direkten Projektbeteiligten generiert.

Tabelle 51 stellt die verschiedenen ökonomischen Wertefaktoren der alternativen Ölheizung und Holzheizung gegenüber und vergleicht diese. Dabei werden die Unterschiede hinsichtlich der regionalen ökonomischen Effekte der jeweiligen Investition deutlich.

Wertefaktoren	Ölheizung	Holzheizung	Differenz
Gesamtinvestitionskosten	50.000 €	240.000 €	190.000 €
regionaler Anteil am Invest	48 %	48 %	0 %
regionale Investitionskosten	24.000 €	115.200 €	91.200 €
nationaler Anteil am Invest	100 %	85 %	-15 %
nationale Investitionskosten	50.000 €	204.000 €	154.000 €
neu installierte Leistung	400 kW <sub>th</sub>	400 kW <sub>th</sub>	0 kW <sub>th</sub>
produzierte Arbeit (Wärme)	700.000 kWh <sub>th</sub>	700.000 kWh <sub>th</sub>	0 kWh <sub>th</sub>
Kosten pro kWh	7,6 €ct	5,5 €ct	-2 €ct
Inputstoff	Heizöl	Eiche/Buche	
Inputmenge Öl	80.000 Liter	7.000 Liter	-73.000 Liter
Inputmenge Holz	0 m <sup>3</sup>	800 m <sup>3</sup>	800 m <sup>3</sup>
Anlagenwirkungsgrad	95 %	85 %	-10 %
MWh Input	737	824	87
Anteil der regionalen Inputmenge	0 %	100 %	100 %
Regionale Inputmenge	0 MWh	824 MWh	824 MWh
reg. Verarbeitungs/Aufbereitungskosten für Input	0 €	6.480 €	6.480 €
regionale Zuflüsse für Rohstoffkosten	600 €	6.533 €	5.933 €
Anzahl der Wärmeabnehmer	3	3	0

**Tabelle 51: Wertefaktoren zum Vergleich der Investition in eine Ölheizung bzw. eine Holzheizung – eigene Ermittlungen beim Anlagenplaner (2006)**

Das in der Region behaltene Budget, das für die alternative Verwendung in Bioenergieanlagen zur Verfügung steht, ist in Tabelle 52 dargestellt. Diese finanziellen Mittel wären bei Nichtinvestition in eine Holzheizung aus der Region abgeflossen.

Wert der exportierten Finanzmittel je GWh Wärme	36.338,68	€
Wert der exportierten Finanzmittel für Wärmebezug/a in €	25.437,08	€

**Tabelle 52: Werte der Finanzmittel, die bei Nichtinvestition in die Holzheizung in andere Regionen abgefließen wären – eigene Berechnungen**

In Tabelle 53 werden die dargestellten Wertefaktoren miteinander ins Verhältnis gesetzt, so dass ein Vergleich mit anderen Energieanlagen möglich wird.

Ökonomische Indikatoren	Ölheizung	Holzheizung	Differenz Holz - Öl
jährliche regionale Gesamtzuflüsse in €/€ Invest	18,22	4,76	-13,45
jährliche regionale Gesamtzuflüsse in €/kW <sub>th</sub>	2.277,31	2.858,49	581,18
jährliche regionale Gesamtzuflüsse in €/kWh <sub>th</sub>	1,30	1,63	0,33
regionaler einmaliger Zufluss in €/MWh Input	85,26	356,62	271,36
regionale Gesamtzuflüsse in €/MWh Input nach Gesamtlaufzeit	1.236,26	1.388,41	152,16
jährliche regionale Zuflüsse für Rohstoffe in €/MWh Input	0,81	7,93	7,12
jährliche regionale Zuflüsse für Rohstoffe in €/MWh regionaler Input	0,00	7,93	7,93
Gesamtinvest in €/MWh Input	67,86	291,43	223,57
regionale Gesamtzuflüsse in €/MWh regionaler Input	0,00	1.388,41	1.388,41
Gesamtinvest in €/kW <sub>th</sub>	125,00	600,00	475,00
Nationaler Invest in €/MWh Input	67,86	247,71	179,86
Regionaler Invest in €/kW <sub>th</sub>	60,00	288,00	228,00
regionale Gesamtzuflüsse in € / € alternativer Gesamtfinanzmittelexport für externen Energiebezug		3,00	
Gesamtinvest in € / € alternativer Gesamtfinanzmittelexport für externen Energiebezug		0,63	
Bezugskosten in €/kWh <sub>th</sub>	0,08	0,06	-0,02
Einsparung in €ct/kWh <sub>th</sub>	0,00	2,05	2,05
regionale Verarbeitungskosten in €/MWh Input	0,00	7,87	7,87
regionale Verarbeitungskosten in €/MWh Output	0,00	9,26	9,26

**Tabelle 53: Ökonomische Indikatoren des Vergleichs einer 400 kW-Ölheizung mit einer Holzheizung auf Basis von Waldhackschnitzeln – eigene Berechnungen**

Beim Vergleich der Indikatoren werden vor allem die höheren Investitionskosten der Holzheizung im Vergleich zur Ölheizung deutlich. Diese können sowohl zu Finanzierungsproblemen führen, tragen jedoch auch zur Schaffung von zusätzlichen Arbeitsplätzen bei (s. Abschnitt F.5.1.3).

### 5.1.3. Soziale Effekte

Die sozialen Effekte drücken sich im Rahmen der Anlageninvestition und des Anlagenbetriebes hauptsächlich durch die Schaffung neuer oder die Sicherung bestehender Arbeitsplätze aus. Hierbei muss unterschieden werden zwischen Personenstunden, die durch die Planung, Herstellung und Installation der Anlage im jeweiligen Projekt einmalig ausgelöst werden, und Personenstunden, die während der Betriebslaufzeit jährlich anfallen. Eine Erfassung erfolgt daher jeweils in Stunden.

Eine Unterteilung in Positionen für die Qualifikationen Hochqualifizierte, Fachkräfte und Ungelernte/Hilfsarbeiter/Auszubildende ermöglicht die Anrechnung verschiedener Stundensätze für den jeweiligen Bereich. Unter Annahme von 2.030 Arbeitsstunden/a können die entsprechenden Arbeitszeiten auf Mannjahre hochgerechnet werden.

Die zusätzlich entstehenden Arbeitsplätze, die durch die Folgeinvestitionen und die Beauftragung von Dienstleistern oder Zulieferern entstehen, können an dieser Stelle nicht genauer betrachtet werden, sie haben jedoch ebenfalls Auswirkungen auf die Region.

		Personal- kosten in €	betroffene regionale Personen im Bereich	hoch qualifiziert in Stunden	Fachkraft in Stunden	ungelernt/ niedrig qualifiziert in Stunden	Summe
	Kosten in €/Stunde			35 €	20 €	10 €	
bezahlte einmalige Personalkosten	reg. Planung	5.000	1	143	0	0	143
	reg. Anlagenbau	12.500	4		625		625
	reg. Anlagenherstellung	0	0	0	0	0	0
nicht bezahlte Stunden	Eigenleistung bei Anlagenbau und Planung		0	0	0	0	0
<b>Summe einmalige Personalkosten</b>		<b>17.500</b>		<b>143</b>	<b>625</b>	<b>0</b>	<b>768</b>
<b>Summe Arbeitsplätze einmalig</b>			<b>5</b>	<b>0,07</b>	<b>0,31</b>	<b>0,00</b>	<b>0,38</b>
bezahlte jährliche Personalkosten	reg. Brennstoffbereit- stellung	800	1	0	40	0	40
	reg. Brennstoff- aufbereitung	0	0	0	0	0	0
	reg. Anlagenbetrieb	600	1		30		30
nicht bezahlte jährliche Stunden	Öffentlichkeits- arbeit	0	0	0	0	0	0
<b>Summe jährlich</b>		<b>1.400</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>70</b>	<b>0</b>	<b>70</b>
<b>Summe Dauerarbeitsplätze (über 15 Jahre)</b>			<b>7</b>	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>

Tabelle 54: Arbeitsplatzeffekte einer 400 kW-Ölheizung – eigene Berechnungen

Kapitel F: Auswirkungen der Biomassennutzung auf die regionale Wertschöpfung in der Region  
Naturpark Saar-Hunsrück

		Personalkosten in €	betroffene Personen im Bereich	hoch qualifiziert	Fachkraft	ungelernt/ niedrig qualifiziert	Summe	Differenz betroffene Personen
	Kosten in €/Stunde			35	20	10		
bezahlte einmalige Personalkosten	reg. Planung	36.000	1	1.029	0	0	1.029	0
	reg. Anlagenbau	48.000	15	0	2.400	0	2.400	11
	reg. Anlagenherstellung	0	0	0	0	0	0	0
nicht bezahlte Stunden	Eigenleistung bei Anlagenbau und Planung		0	0	0	0	0	0
<b>Summe einmalige Personalkosten</b>		<b>84.000</b>		<b>1.029</b>	<b>2.400</b>	<b>0</b>	<b>3.429</b>	<b>0</b>
<b>Summe Arbeitsplätze einmalig</b>			<b>16</b>	<b>0,51</b>	<b>1,18</b>	<b>0,00</b>	<b>1,69</b>	<b>11,09</b>
bezahlte jährliche Personalkosten	reg. Brennstoffbereitstellung	3.280	3	0	82	164	246	2
	reg. Brennstoffaufbereitung	720	1	0	36	0	36	1
	reg. Anlagenbetrieb	3.000	0,5	0	150	0	150	-1
nicht bezahlte jährliche Stunden	Öffentlichkeitsarbeit	3.000	0,5	0	150	0	150	1
<b>Summe jährlich</b>		<b>10.000</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>418</b>	<b>164</b>	<b>582</b>	<b>3</b>
<b>Summe Dauerarbeitsplätze (über 15 Jahre)</b>			<b>21</b>	<b>0,00</b>	<b>0,21</b>	<b>0,08</b>	<b>0,29</b>	<b>14,09</b>

**Tabelle 55: Arbeitsplatzeffekte einer 400 kW-Holzheizung auf Basis Waldhackschnitzel – eigene Berechnungen**

Tabelle 56 zeigt eine Übersicht der jeweils geschaffenen und gesicherten Arbeitsplätze im Fall der Installation einer Öl- oder Holzheizung. Dargestellt sind die Verdrängungseffekte, die berücksichtigt werden müssen, wenn statt der Öl- eine Holzheizung installiert wird. Der Personalbedarf für die Errichtung und den Betrieb der Ölheizung über 15 Jahre beträgt ca. 0,9 Personenjahre, während der Personalbedarf sich bei der Holzheizung während der Betriebszeit auf 6 Personenjahre summiert. Nach Abzug der Verdrängungseffekte wird bei der Installation einer Holzheizung und deren Betrieb über die Laufzeit von 15 Jahren ein Personalbedarf von insgesamt 5 zusätzlichen Personenjahren geschaffen.

Ölheizung einmalig			Holzheizung einmalig			im Vergleich zur Alternative Öl	
Arbeitsplätze	geschaffen	gesichert	Arbeitsplätze	geschaffen	gesichert	verdrängt	zusätzlich geschaffen und gesichert
hoch qualifiziert	0,00	0,07	hoch qualifiziert	0,00	0,51	0,07	0,44
Fachkraft	0,00	0,31	Fachkraft	0,00	1,18	0,31	0,87
ungelernt/ niedrig qualifiziert	0,00	0,00	ungelernt/ niedrig qualifiziert	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Summe</b>	<b>0,00</b>	<b>0,38</b>	<b>Summe</b>	<b>0,00</b>	<b>1,69</b>	<b>0,38</b>	<b>1,31</b>
Ölheizung jährlich			Holzheizung jährlich			im Vergleich zur Alternative Öl	
Arbeitsplätze	geschaffen	gesichert	Arbeitsplätze	geschaffen	gesichert	verdrängt	zusätzlich geschaffen und gesichert
hoch qualifiziert	0,00	0,00	hoch qualifiziert	0,00	0,00	0,00	0,00
Fachkraft	0,00	0,03	Fachkraft	0,00	0,21	0,03	0,17
ungelernt/ niedrig qualifiziert	0,00	0,00	ungelernt/ niedrig qualifiziert	0,00	0,08	0,00	0,08
<b>Summe</b>	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>	<b>Summe</b>	<b>0,00</b>	<b>0,29</b>	<b>0,03</b>	<b>0,25</b>
<b>Mannjahre gesamt über Laufzeit</b>	<b>0,00</b>	<b>0,90</b>	<b>Mannjahre gesamt über Laufzeit</b>	<b>0,00</b>	<b>5,99</b>	<b>0,90</b>	<b>5,09</b>

**Tabelle 56: Übersicht über geschaffene, gesicherte und verdrängte Arbeitsplätze in den Variationen 400 kW-Öl- und Holzheizung – eigene Berechnung**

Neben der Zahl der bezahlten Arbeitsplätze ist jedoch ebenfalls die Zahl der im Projekt involvierten Personen von Interesse, da mit der Zahl der beteiligten Personen auch die Verbreitung der Informationen hinsichtlich der Möglichkeiten eines solchen Projekts und der Austausch von Erfahrungen erleichtert wird. Während für die Errichtung und den Betrieb einer Ölheizung in der Größe von 400 kW<sub>th</sub> ca. 7 Personen involviert sind, weist die Errichtung und der Betrieb einer Holzheizung mit 21 Beteiligten zweimal mehr involvierte Personen aus (vgl. Tabelle 54 und Tabelle 55).

In dem Projekt werden auch Personenstunden geleistet, die der Öffentlichkeitsarbeit dienen und die Verbreitung dieser Informationen weiter unterstützen. Im Abschnitt D.2 wurde bereits dargestellt, dass die Bereitstellung von Information zum Wecken von Interesse an der Umsetzung von besonderer Bedeutung ist. Muss diese Information kostenintensiv erworben werden, führt dies zu einer reduzierten Verbreitung. Daher sind für die flächenhafte Verbreitung der Bioenergienutzung umfangreiche kostenlose Informationsmöglichkeiten erforderlich. Vor allem Vorreiterprojekte wie das vorliegende leisten einen erheblichen Beitrag zur Entwicklung neuer Vorhaben. Die untersuchte Anlage hatte vor allem in den ersten Betriebsjahren einen Vorzeigecharakter und wies jährlich mehr als 100 Besichtigungen verschiedener Zielgruppen auf. Bei einer Besichtigungsdauer von ca. 1,5 Stunden ergeben sich bei der Führung durch eine Fachperson ca. 3.000 €/a Personalkosten, die unentgeltlich

geleistet werden und damit als zusätzliche Leistung für die Verbreitung der Information gewertet werden können.

Tabelle 57 und Tabelle 58 stellen die sozialen Indikatoren der Auswirkungen durch die Installation einer Öl- oder Holzheizung dar.

Soziale Indikatoren	Ölheizung	Holzheizung
Geschaffene Arbeitsplätze/GWh Input	0 Arbeitsplätze	0 Mannjahre
Geschaffene regionale Arbeitsplätze/GWh Input	0 Arbeitsplätze	0 Mannjahre
Erhaltene regionale Arbeitsplätze/GWh Input	1,2 Arbeitsplätze	7,3 Mannjahre
Gesamtpersonaleinsatz/GWh Rohstoffinput	9,4 Personen	25,5 Personen
Einsatz regionalen Personals/GWh Input	9,4 Personen	25,5 Personen
Einsatz von hochqualifiziertem regionalem Personal/GWh Input	1,4 Personen	1,2 Personen
Einsatz von qualifiziertem regionalem Personal/GWh Input	8,0 Personen	20,1 Personen
Einsatz von gering qualifiziertem regionalem Personal/GWh Input	0 Personen	1,2 Personen
Weiterqualifiziertes Personal/GWh Input	0 Personen	0 Personen
Geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/kW <sub>th</sub> installiert	0,002 Mannjahre	0,015 Mannjahre
Gesamtpersonaleinsatz/kW <sub>th</sub> installiert	0,017 Personen	0,053 Personen
Einsatz regionalen Personals/kW <sub>th</sub> installiert	0,017 Personen	0,053 Personen
Einsatz von hochqualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>th</sub> installiert	0,003 Personen	0,0025 Personen
Einsatz von qualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>th</sub> installiert	0,0 Personen	0,05 Personen
Einsatz von gering qualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>th</sub> installiert	0 Personen	0 Personen
Weiterqualifiziertes Personal/kW <sub>el</sub> installiert	0 Personen	0 Personen
Versorgte Wärmeabnehmer/100 kW <sub>th</sub> installierte Leistung	0,75 Abnehmer	0,75 Abnehmer
geschaffene und erhaltene Mannjahre/Mio. € Investition	17,9 Mannjahre	25,0 Mannjahre

**Tabelle 57: Soziale Indikatoren für den Vergleich einer 400 kW-Öl- und Holzheizung – eigene Berechnungen**

Konsequenzen aus der Errichtung einer Holzheizung im Vergleich zu einer Ölheizung		
zusätzlich geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze	5,1	Mannjahre
verdrängte regionale Arbeitsplätze/GWh Input	1,1	Mannjahre
verdrängte Arbeitsplätze/kW <sub>th</sub> installiert	0,002	Mannjahre
verdrängte regionale Arbeitsplätze/kW <sub>th</sub> installiert	0,002	Mannjahre
zusätzlich geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/GWh regionalem Input	6,2	Mannjahre
zusätzlich geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/GWh alternativ extern bezogener Energie	0,5	Mannjahre
zusätzlich gesicherte und geschaffene Mannjahre/Mio. € Invest	21,22	Mannjahre

**Tabelle 58: Auswirkungen der Errichtung einer Holzheizung im Vergleich zu einer Ölheizung – eigene Berechnungen**

#### 5.1.4. Ökologische Effekte

Die ökologischen Effekte einer Anlage zur Nutzung erneuerbarer Energieträger liegen in erster Linie in der Einsparung von klimaschädlichen Emissionen. Die Reduktionspotenziale durch die Errichtung der Holzheizung sind in Tabelle 59 und

Tabelle 60 dargestellt. Weiterhin sind jedoch u. a. die ökologischen Auswirkungen des Flächenverbrauchs durch die Anlage und den Anbau der Potenziale zu beachten. Da die Anlage mit Waldrestholz befeuert wird, entsteht kein zusätzlicher Flächenbedarf, da das Material bei der Durchforstung von Jungwäldern anfällt. Um die entsprechende Anfallmenge von 800 m<sup>3</sup> Hackschnitzeln zu generieren, werden jedoch ca. 10 ha Waldfläche benötigt.<sup>251</sup> Die Verwertung der Asche erfolgt derzeit über den Hausmüll. Es wird jedoch angestrebt, die mineralisierten Reststoffe künftig zurück in den Wald zu verbringen.<sup>252</sup> Ein weiterer wichtiger Faktor ist die erhöhte Feinstaubbelastung, die ggf. durch größere Mengen festbrennstoffbefeuerteter Anlagen entstehen kann. Die vorliegende Untersuchung geht jedoch davon aus, dass dies in dem untersuchten ländlichen Gebiet eine stark untergeordnete Rolle spielt.

Ökologische Wertefaktoren		
Eingesparte Liter Heizöl	73.000	Liter
Eingesparte kWh aus Heizöl	730.000	kWh
CO <sub>2</sub> -Einsparung pro kWh	229	g
CO <sub>2</sub> -Einsparung/a	167	t
CO <sub>2</sub> -Gesamteinsparung über 15 Jahre Laufzeit	2.508	t
Berücksichtigung der Grundsätze der Nachhaltigkeit	ja	
Flächenbedarf versiegelt	0,25	ha
Flächenbedarf Anbaufläche für Waldrestholz	10	ha/a
zusätzlich ganzjährig bepflanzte Fläche	0	ha
Reduzierungspotenzial von Nitratauswaschungen	0	%
Veränderung der Biodiversität und Gefahr der Bildung von Monokulturen	0	%

**Tabelle 59: Ökologische Wertefaktoren für die Installation einer 400 kW-Holzheizung im Vergleich zu einer Ölheizung – eigene Berechnungen**

<sup>251</sup> Bei einem Anfall von 2,8 Schüttraummeter Hackschnitzel pro Festmeter werden jährlich 285 Festmeter Holz benötigt; bei einem Hiebsanfall von 30 Festmetern pro Hektar bei der Durchforstung von Jungwäldern ergibt sich der Flächenbedarf von ca. 10 ha zu durchforstende Fläche.

<sup>252</sup> Die Einbringung der jährlichen Aschemengen von nur 3–4 m<sup>3</sup> in die Bodenschutzkalkung mit 6 t/ha kohlen-saurer MG-Kalke (Dolomite) scheiterte bisher an der kleinen Menge, die die Anlage produziert. Eine Zumischung der Asche bis zu 1/3 wäre jedoch möglich; Quelle: H. Lieser, per e-mail am 19.5.2006.

<b>Ökologische Indikatoren</b>		
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Wärme/MWh Input/a	203	t
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent/kW <sub>th</sub>	6,3	t

**Tabelle 60: Ökologische Indikatoren für die Installation einer 400 kW-Holzheizung im Vergleich zu einer Ölheizung – eigene Berechnungen**

## **5.2. Werte und Indikatoren der landwirtschaftlichen Biogasanlage (Beispiel 2)**

### **5.2.1. Ökonomische Effekte**

Abbildung 61 und Abbildung 62 stellen den finanziellen Fluss der gebauten Biogasanlage im Vergleich mit der Nichtinvestition in eine Anlage, der Ersatzinvestition in eine Ölheizung für die Beheizung des Betriebes und dem Anbau von Winterweizen auf 40 ha landwirtschaftlicher Fläche dar. Verglichen werden die Finanzflüsse, die in der Region (Naturpark Saar-Hunsrück + 50 km Umkreis um den Standort) verbleiben.

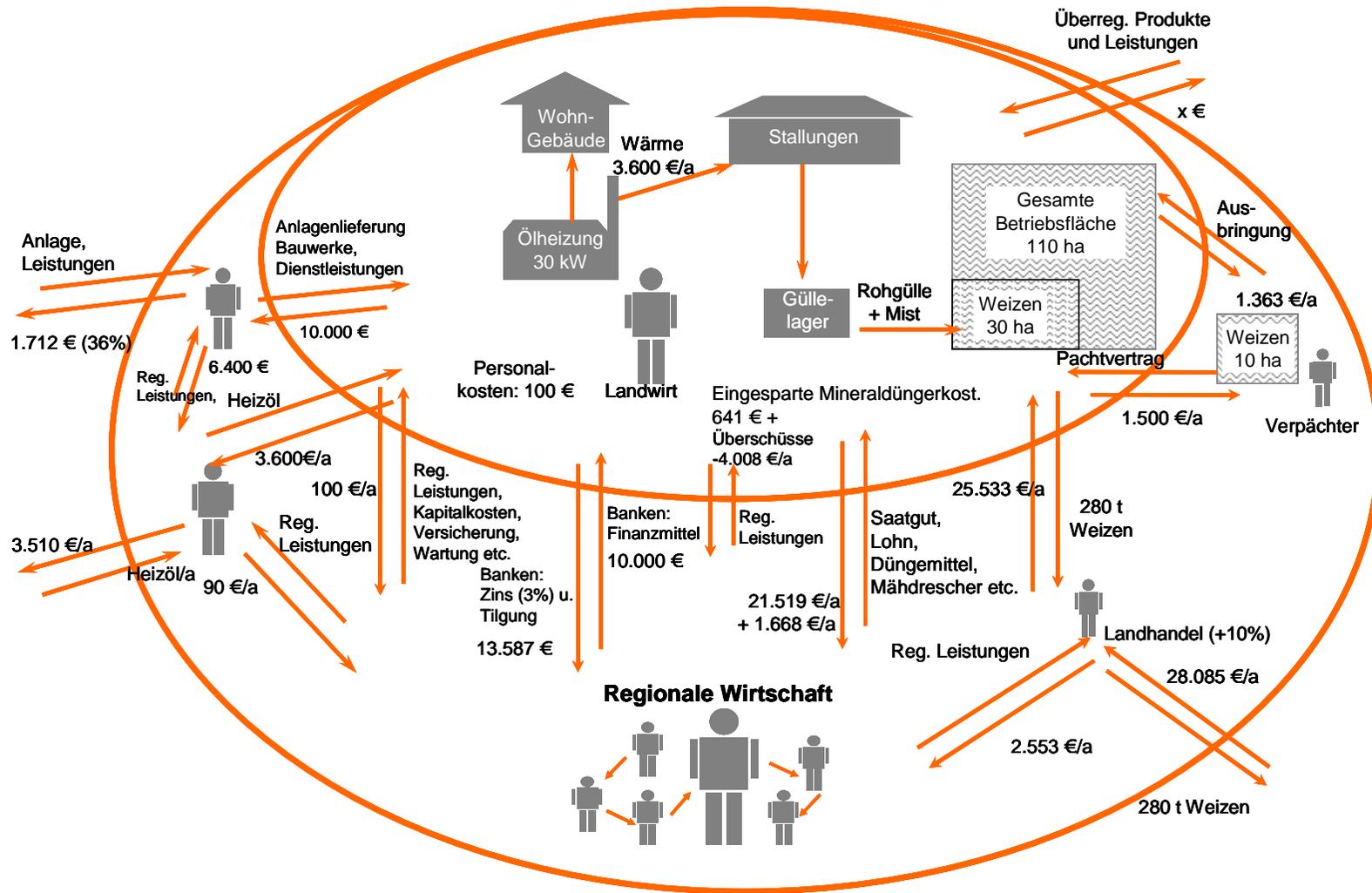


Abbildung 61: Finanzflüsse bei der Nichtinvestition in eine Biogasanlage und dem Anbau von Winterweizen auf 40 ha Fläche – eigene Darstellung nach Daten des Betreibers (2006)

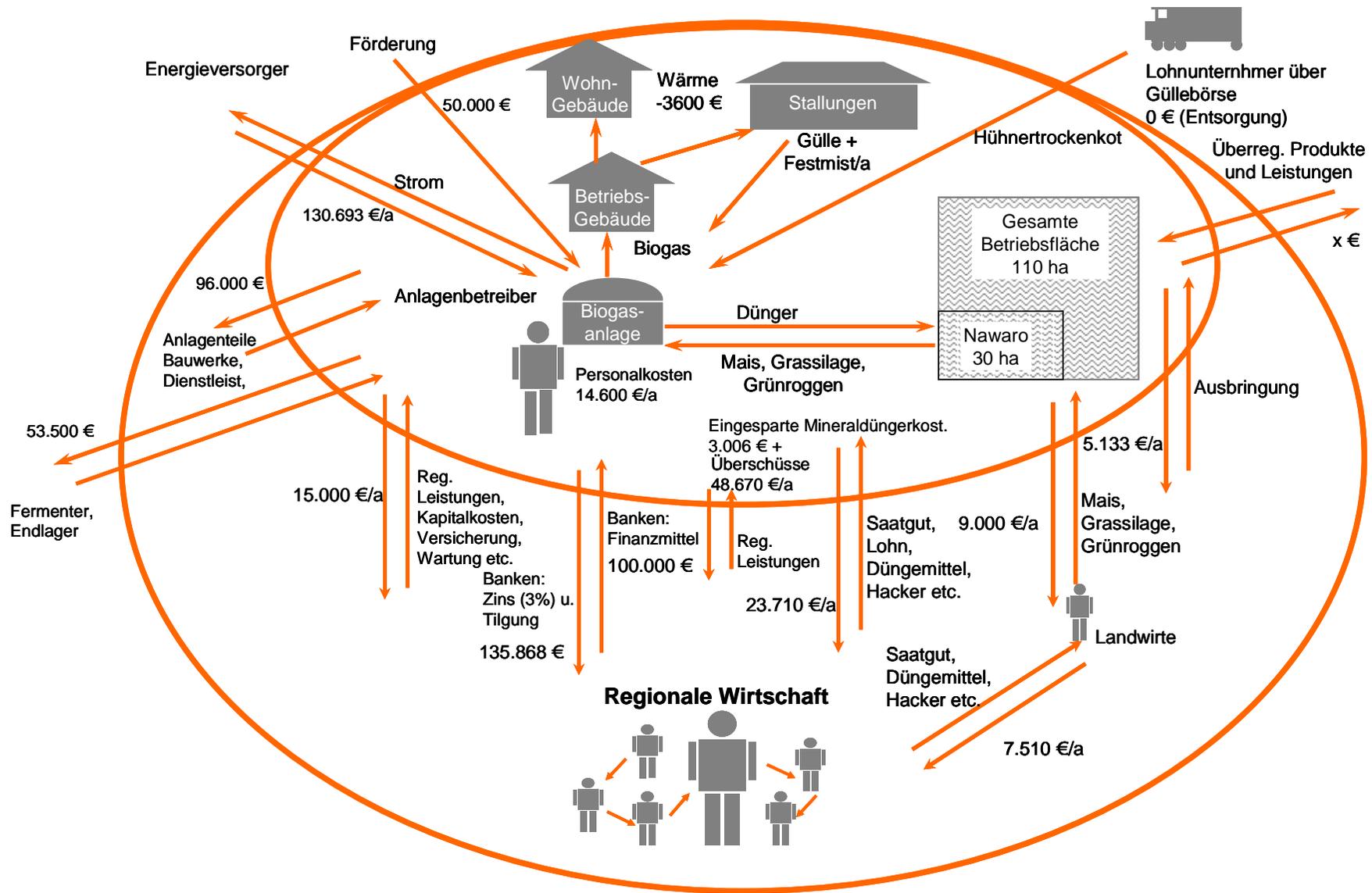


Abbildung 62: Finanzflüsse bei Errichtung einer landwirtschaftlichen Biogasanlage – eigene Darstellung nach Daten des Betreibers (2006)

Werden zunächst die Auswirkungen der ersten Ebene betrachtet und damit diejenigen Finanzmittel, die direkt auf den Bau und den Betrieb der Anlage zurückzuführen sind, ist vorab der Investitionsvorgang zu betrachten. Während bei der Variante „Nichtinvestition“ (in eine Biogasanlage) der Bezug einer neuen Ölheizung vom regionalen Heizungsbauer als Ersatz für eine veraltete Anlage mit 10.000 € angesetzt werden kann, liegen die Investitionskosten für die Biogasanlage bei 150.000 €. Da jedoch der Betreiber die Anlage selbst plant und baut, wird die Anlage nicht komplett von einem Hersteller bezogen. Es erfolgen unterschiedliche Käufe bei regionalen und überregionalen Akteuren. Der Region fließen dabei 96.000 € zu. Wird für beide Varianten ein Kredit aufgenommen, in Höhe des Gesamtbetrages für die Ölheizung und für die Biogasanlage unter Abzug von 50.000 € Förderung durch das Land<sup>253</sup>, ergeben sich bei einer 10-jährigen Kreditlaufzeit und einem Zinssatz von 6 % Zinskosten von 3.587 € bzw. 35.868 €.

Die jährlichen Betriebskosten beziehen sich im Fall der Nichtinvestition auf den Anbau von Winterweizen auf den angesetzten 40 ha Fläche (30 ha im eigenen Besitz und 10 ha gepachtet; die restlichen Betriebsflächen bleiben in ihrer Nutzung unverändert). Es ergibt sich ein regionaler Finanzfluss von 21.519 €/a (Saatgut, Düngemittel, Betriebsstoffe etc.) und 1.500 € für Pacht sowie auf den Betrieb der Ölheizung mit jährlichen Wartungskosten von 200 € (100 € eigenes Personal, 100 € regionaler Fremdbezug) und Brennstoffkosten von 3.600 €/a. Die Ausbringung der hofeigenen Gülle auf eigenen Flächen wird mit 1.363 €/a angesetzt. Hierfür können ca. 640 € Mineraldüngerkosten eingespart werden. Zusätzlich muss für die Düngung der Fläche neben dem bereits in den Anbaukosten enthaltenen Phosphor- (P) und Kalidünger (K) mineralischer Stickstoffdünger (N) mit einem Wert von 1.668 €/a bezogen werden, da die hofeigenen Güllemengen nicht wie beim Betrieb der Biogasanlage für die Bereitstellung der Düngung der Gesamtbetriebsfläche ausreichen.

Für die Variante der Investition in eine Biogasanlage belaufen sich die regional bezogenen Rohstoffkosten für den eigenen Anbau von Mais und anderen nachwachsenden Rohstoffen auf 23.710 € zuzüglich 9.000 € für fremdbezogene Mengen anderer Landwirte von 10 ha Fläche. Die Betriebskosten für die Anlage bewirken

---

<sup>253</sup> In diesem Fall erfolgte eine Förderung für die ersten 10 Biogasanlagen im Bundesland Rheinland-Pfalz in Höhe von 30 % der förderfähigen Kosten bzw. maximal 100.000 DM.

regionale Bezüge in Höhe von 15.000 € sowie Personalkosten des Betreibers in Höhe von 14.600 €. Die Ausbringkosten sind durch den Bezug zusätzlicher Rohstoffe und die dadurch entstehenden Düngermengen mit 5.133 € höher als bei der Nullvariante. Durch die Ausbringung des Gärsubstrates kann jedoch die Betriebsfläche weitgehend mit Stickstoff sowie den enthaltenen Mengen an Phosphor und Kali versorgt werden, so dass hierfür der Kauf von Mineraldünger um ca. 3.000 €/a reduziert werden kann.

Die Einnahmen von außen in Höhe von 25.533 € erfolgen bei der Nullvariante durch den Verkauf von landwirtschaftlichen Produkten in Form von Weizen über den Landhandel, während die Einnahmen der Biogasvariante von 130.693 € aus den Stromerlösen erfolgen. Zusätzlich können bei dieser Variante 3.600 € für den Bezug von Heizöl eingespart werden, da die Biogasanlage die Abwärme als Koppelprodukt liefert. Daraus ergibt sich ein entsprechend verminderter Umsatz für den Heizölhändler.

Die zweite Ebene der regionalen Finanzflüsse kann lediglich zu einem gewissen Grad nachvollzogen werden und unterliegt verschiedenen Annahmen aus den Aussagen der befragten Akteure und aus der Literatur. Die Grafiken in Abbildung 61 und Abbildung 62 zeigen in der Ebene 2 daher nur die regionalen Finanzflüsse, deren Wege ermittelt werden konnten.

Der regionale Anteil der Investition in die Ölheizung wird mit 64 % angesetzt. Damit können potenziell 6.400 € aus den Einnahmen des Heizungsbauers in die Region zurückfließen. Der Bezug des Heizöls in der Nullvariante erfolgt über einen regionalen Heizölhändler. Da dieser jedoch pro Liter nur 0,015 € als Deckungsbeitrag erwirtschaftet, beträgt der potenziell in die Region fließende Betrag nur 90 €/a. Hinzu kommt der Deckungsbeitrag des Landhandels für den An- und Verkauf des Getreides, der wiederum in die Region zurückfließen kann. Dieser Anteil wird mit 10 % des Marktpreises angesetzt und beträgt im angegebenen Beispiel 2.553 €.

Demgegenüber stehen bei der Biogasvariante die Anbaukosten der regionalen Landwirte, die ihre Rohstoffe in die Biogasanlage liefern. Der regionale Bezug beträgt hier 7512 € (für Dünger, Saatgut beim Landhandel, Maschineneinsatz etc.). Durch die Nutzung der Biogasanlage entstehen dem Betreiber finanzielle Vorteile in Form von Gewinnen in Höhe von 48.670 €/a, die er ebenfalls der Region durch den Bezug von zusätzlichen Leistungen zuführen kann. Durch die Ausgaben für Heizöl liegen

die Kosten des Betriebes für die Produktion des Weizens und die Wärmeversorgung bei der Nulloption damit in der Summe um ca. 4.000 € höher als die Einnahmen über die Verkaufserlöse des Produktes Weizen.

Tabelle 61 stellt die unterschiedlichen regionalen Zuflüsse der beiden Varianten in der ersten und zweiten Ebene (soweit verfügbar) gegenüber. Daraus ergibt sich ein 4- bis 5-fach höherer Zufluss (4,3 Mio. €) für die Region aus der Alternative der Biogasnutzung im Vergleich zur Nullvariante. Damit ist die Wahrscheinlichkeit um den entsprechenden Multiplikatoreffekt (Tabelle 62) erhöht, dass auch andere regionale Akteure von den Finanzflüssen profitieren. Dieser Effekt wird besonders in der Ebene 2 deutlich, da im Fall der Biogasanlage Produkte und Dienstleistungen bezogen werden, die regionale Akteure herstellen oder leisten können, so dass sich der Effekt hierdurch verstärkt.

Kapitel F: Auswirkungen der Biomassennutzung auf die regionale Wertschöpfung in der Region  
Naturpark Saar-Hunsrück

Vergleich regionaler Zuflüsse	Nulloption	Biogasanlage	Differenz
<i>einmalig</i>			
Beauftragte regionale Zulieferer und Dienstleister für Anlagenerrichtung	10.000,00	96.000,00	86.000,00
Zinsen bei regionalem Kreditinstitut	3.586,80	35.867,96	32.281,16
<b>Summe einmaliger regionaler Zuflüsse</b>	<b>13.586,80</b>	<b>131.867,96</b>	<b>118.281,16</b>
<b>direkte jährliche Zuflüsse (1. Ebene)</b>			
Stromerlöse durch Biogaserzeugung	0,00	130.693,07	130.693,07
Erlöse für landwirtschaftliche Produkte (Weizen)	25.532,88	0	-25.532,88
Regionaler Bezug zur Rohstoffproduktion im eigenen Betrieb	21.518,93	23.709,49	2.190,56
Beauftragte regionale Zulieferer und Dienstleister f. Rohstoffe/ regionaler Anteil des Anbaus von Rohstoffen/ Pachtzahlung	1.500,00	9.000,00	7.500,00
regionale Leistungen durch Anlagenbetrieb und Wartung der Energieerzeugung	200,00	29.600,00	29.400,00
Einnahmen regionaler Heizölhändler	3.600,00	0,00	-3.600,00
Einsparung von Heizölkosten	0,00	3.600,00	3.600,00
regionale Leistungen durch Substratausbringung	1.363,08	5.132,60	3.769,52
regionaler Bezug mineralischer Düngemittel für N-Düngung	1.667,71	0,00	-1.667,71
<b>Summe direkte jährliche regionale Zuflüsse (1. Ebene)</b>	<b>55.382,60</b>	<b>201.735,15</b>	<b>146.352,56</b>
Anlagenlaufzeit in Jahren	20,00	20,00	0,00
<b>Summe jährliche direkte regionale Zuflüsse nach Gesamtlaufzeit</b>	<b>1.107.651,97</b>	<b>4.034.703,09</b>	<b>2.927.051,13</b>
jährliche Anlagenkosten der Energieerzeugung (aus Wirtschaftlichkeitsberechnung)	5.158,68	82.022,65	76.863,98
jährliche Kosten der landwirtschaftlichen Produkterzeugung	24.382,01	0,00	-24.382,01
Differenz jährliche Einnahmen und Ausgaben (Gewinn) Produkt und Energieerzeugung	-4.007,81	48.670,41	52.678,22
<b>Indirekte regionale Zuflüsse (2. Ebene)</b>			
<i>einmalig</i>			
regionaler Bezug des Heizungsbauers für die Anlagenerrichtung	6.400,00	61.440,00	55.040,00
<i>jährlich</i>			
Rückflüsse aus landwirtschaftlichem Anbau	0,00	7.511,46	7.511,46
Rückflüsse aus dem Landhandel	2.553,29	0,00	-2.553,29
Rückflüsse aus dem Heizöhlhandel	90,00	0,00	-90,00
Rückflüsse aus eingesparten Mineräldüngerkosten	640,64	3.005,53	2.364,89
Summe indirekte regionale Zuflüsse	-723,88	59.187,40	59.911,28
Summe jährliche indirekte regionale Zuflüsse nach Gesamtlaufzeit	-14.477,69	1.183.747,92	1.198.225,60
<b>Summe indirekte regionale Zuflüsse nach Gesamtlaufzeit</b>	<b>-8.077,69</b>	<b>1.245.187,92</b>	<b>1.253.265,60</b>
<b>Summe gesamte direkte regionale Zuflüsse nach Gesamtlaufzeit</b>	<b>1.121.238,76</b>	<b>4.166.571,05</b>	<b>3.045.332,29</b>
<b>Summe gesamte direkte und indirekte Zuflüsse nach Gesamtlaufzeit</b>	<b>1.113.161,07</b>	<b>5.411.758,97</b>	<b>4.298.597,89</b>

Tabelle 61: Gegenüberstellung der regionalen Zuflüsse bei der Nullvariante und der Investition in eine landwirtschaftliche Biogasanlage – eigene Darstellung nach Angaben des Betreibers (2006)

Vergl. Multiplikatoreffekt 1. Ebene	3,7
Vergl. Multiplikatoreffekt 2. Ebene	8.078 € Abflüsse werden zu 1,2 Mio. Zuflüssen
Vergl. Multiplikatoreffekt 1.+ 2. Ebene	4,9

Tabelle 62: Vergleichende Multiplikatoreffekte der Errichtung einer landwirtschaftlichen Biogasanlage im Vergleich zur Nulloption mit Ersatz einer Ölheizung – eigene Berechnungen

Diese verbleibenden Mittel haben damit die Möglichkeit, weitere regionale Umsätze zu generieren. Sie können jedoch auch von den Akteuren direkt für extern bezogene Leistungen ausgegeben werden. Besonders deutlich wird der Effekt in der 2. Ebene, wo aus 14.478 € regionaler Abflüsse (für den Bezug externer Brennstoffe) 1,2 Mio. € regionale Zuflüsse generiert werden können.

Tabelle 63 stellt die verschiedenen ökonomischen Wertefaktoren der alternativen Ölheizung und Holzheizung gegenüber und vergleicht diese. Dabei werden die Unterschiede hinsichtlich der regionalen ökonomischen Effekte der jeweiligen Investition deutlich.

Ökonomische Wertefaktoren	Nulloption		Biogasanlage		Differenz	
Gesamtinvestitionskosten	10.000	€	150.000	€	140.000	€
regionaler Anteil am Invest	64	%	64	%	0	%
regionale Investitionskosten	6.400	€	96.000	€	89.600	€
nationaler Anteil am Invest	36	%	36	%	0	%
nationale Investitionskosten	3.600,00	€	54.000,00	€	50.400	€
neu installierte Leistung thermisch	40	kW <sub>th</sub>	105	kW <sub>th</sub>	65	kW <sub>th</sub>
produzierte Arbeit (Wärme)	60.000	kWh <sub>th</sub>	700.000	kWh <sub>th</sub>	640.000	kWh <sub>th</sub>
installierte Leistung elektrisch	0	kW <sub>el</sub>	105	kW <sub>el</sub>	105	kWh <sub>el</sub>
produzierte Arbeit (Strom)	0	kWh <sub>el</sub>	816.832	kWh <sub>el</sub>	816.832	kWh <sub>el</sub>
Jahresvolllaststunden	1500	h	7779	h	6.279	h
Kosten pro kWh Wärme	0,06	€	0,00	€	0	€
Inputstoff	Heizöl		Biogas			
Inputmenge Öl	6.000	Liter	0	Liter	-6.000	Liter
Anlagenwirkungsgrad bezogen auf Strom bzw. Wärme	95	%	30	%	-65	%
MWh Input	63	MWh	2.723	MWh	2.660	MWh
Anteil der regionalen Inputmenge	0	%	84	%	84	%
Regionale Inputmenge	0	MWh	2.292	MWh	2.292	MWh
regionale Zuflüsse für Rohstoffkosten	90	€	38.836	€	0	€

**Tabelle 63: Wertefaktoren zum Vergleich der Nulloption mit der Investition in die landwirtschaftliche Biogasanlage – eigene Ermittlungen mit Daten des Betreibers (2006)**

Das in der Region behaltene Budget, das für die alternative Verwendung in Bioenergieanlagen zur Verfügung steht, ist in Tabelle 64 dargestellt. Diese finanziellen Mittel wären bei Nichtinvestition in eine Biogasanlage aus der Region abgeflossen.

Wert der exportierten Finanzmittel abzüglich der regionalen Zuflüsse je GWh Strom in €	170.900	€
Wert der exportierten Finanzmittel für Strombezug/a in €	139.597	€
Wert der exportierten Finanzmittel je GWh Wärme abzüglich der regionalen Zuflüsse in €	36.049,77	€
Wert der exportierten Finanzmittel für Wärmebezug/a in €	2.162,99	€

**Tabelle 64: Werte der Finanzmittel, die bei Nichtinvestition in die Biogasanlage in andere Regionen abgeflossen wären – eigene Berechnungen**

In Tabelle 65 werden die dargestellten Wertefaktoren miteinander ins Verhältnis gesetzt, so dass ein Vergleich mit anderen Energieanlagen möglich wird.

Ökonomische Indikatoren	Nulloption	Biogasanlage	Differenz
jährliche regionale Gesamtzuflüsse in €/€ Invest	111,32	36,08	-75,24
jährliche regionale Gesamtzuflüsse in €/kW <sub>th</sub>	27.829,03	51.540,56	23.711,53
jährliche regionale Gesamtzuflüsse in €/kW <sub>el</sub>	0,00	51.540,56	51.540,56
jährliche regionale Gesamtzuflüsse in €/kWh <sub>th</sub>	1,59	7,73	6,14
jährliche regionale Gesamtzuflüsse in €/kWh <sub>el</sub>	0,00	5,10	5,10
regionaler einmaliger Zufluss in €/MWh Input	215,12	48,43	-166,69
regionale Gesamtzuflüsse in €/MWh Input nach Gesamtlaufzeit	17.625,05	1.987,59	-15.637,46
jährliche regionale Zuflüsse für Rohstoffe in €/MWh Input	1,43	14,26	12,84
jährliche regionale Zuflüsse für Rohstoffe in €/MWh regionaler Input	0,00	16,95	16,95
regionale Gesamtzuflüsse in €/MWh regionaler Input	0,00	2.361,60	2.361,60
regionale Gesamtzuflüsse in €/€ alternativer Gesamtfinanzmittelexport für externen Energiebezug		1,91	
Gesamtinvest in €/€ alternativer Gesamtfinanzmittelexport für externen Energiebezug		0,05	
Gesamtinvest in €/MWh Input	158,33	55,09	-103,24
Gesamtinvest in €/kW <sub>th</sub>	250,00	1.428,57	1.178,57
Gesamtinvest in €/kW <sub>el</sub>	0,00	1.428,57	1.428,57
Nationaler Invest in €/MWh Input	57,00	19,83	-37,17
Regionaler Invest in €/kW <sub>el</sub>	0,00	914,29	914,29
Regionaler Invest in €/kW <sub>th</sub>	160,00	914,29	754,29
Wärmebezugskosten in €/kWh <sub>th</sub>	0,06	0,00	-0,06
Düngerbezugskosten in €/ha	163,16	86,91	-76,26
Alternative Bezugskosten in €/kWh <sub>th</sub>	0,06	0,06	0,00
Einsparung in €ct/kWh <sub>th</sub>	0,00	0,06	0,06
Einsparung in €/m <sup>3</sup> selbst produzierter Dünger	0,00	0,84	0,84

**Tabelle 65: Ökonomische Indikatoren der Nullvariante mit der landwirtschaftlichen Biogasanlage – eigene Berechnungen**

## 5.2.2. Soziale Effekte

Für die Berechnung der sozialen Effekte gelten die gleichen Annahmen wie für die in Abschnitt F.5.1.3 dargestellte Holzheizung.

Kapitel F: Auswirkungen der Biomassennutzung auf die regionale Wertschöpfung in der Region  
Naturpark Saar-Hunsrück

		Personal- kosten in €	betroffene regionale Personen im Bereich	hoch qualifiziert in Stunden	Fachkraft in Stunden	ungelehrt/ niedrig qualifiziert in Stunden	Summe
	Kosten in €/Stunde			35	20	10	
bezahlte einmalige Personalkosten	reg. Planung und Errichtung	750	2	0	38	0	38
	reg. Anlagenbau		0				0
	reg. Anlagenherstellung	0	0	0	0	0	0
nicht bezahlte Stunden	Eigenleistung bei Anlagenbau und Planung	0	0	0	0	0	0
<b>Summe einmalige Personalkosten</b>		<b>750</b>		<b>0</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>38</b>
<b>Summe Arbeitsplätze einmalig</b>			<b>2</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>	<b>0,02</b>
bezahlte jährliche Personalkosten	reg. Rohstoffbereitstellung	8.998	1	0	450	0	450
	reg. Brennstoffaufbereitung	0	0	0	0	0	0
	reg. Anlagenbetrieb	200			10		10
	Öffentlichkeitsarbeit	0					0
Summe jährlich		9.198	1	0	460	0	460
<b>Summe Dauerarbeitsplätze (für 20 Jahre)</b>			<b>3,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,23</b>

**Tabelle 66: Arbeitsplatzeffekte der Nulloption (der Landwirt investiert nicht in eine Biogasanlage, sondern nur in eine Ölheizung und legt die alternativen Investitionskosten auf die Bank)– eigene Berechnungen**

		Personal- kosten in €	betroffene Personen im Bereich	hoch qualifiziert	Fachkraft	ungelehrt/ niedrig qualifiziert/in Ausbildung	Summe	Differenz betroffene Personen
	Kosten in €/Stunde			35	20	10		
bezahlte einmalige Personalkosten	reg. Planung und Errichtung	0	1	0	0	0	0	-1
	reg. Anlagenbau	96.000	15		4.800		4.800	15
	reg.	0	0	0	0	0	0	0
nicht bezahlte Stunden	Eigenleistung bei Anlagenbau und Planung	22.500	2	321	563	0	884	2
<b>Summe einmalige Personalkosten</b>		<b>96.000</b>		<b>0</b>	<b>4.800</b>	<b>0</b>	<b>4.800</b>	<b>0</b>
<b>Summe Arbeitsplätze einmalig</b>			<b>18</b>	<b>0,00</b>	<b>2,36</b>	<b>0,00</b>	<b>2,36</b>	<b>16,00</b>
bezahlte jährliche Personalkosten	reg. Rohstoffbereitstellung	7.421	3	0	371	0	371	2
	reg. Rohstoffaufbereitung			0	0	0	0	0
	reg. Anlagenbetrieb	21.200	2	0	1.027	660	1.687	2
	Öffentlichkeitsarbeit	150	1	0	8		8	1
Summe jährlich		28.771	5	0	1.406	660	2.066	4
<b>Summe Dauerarbeitsplätze (für 20 Jahre)</b>			<b>23,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,69</b>	<b>0,33</b>	<b>1,02</b>	<b>20</b>

**Tabelle 67: Arbeitsplatzeffekte der landwirtschaftlichen Biogasanlage – eigene Berechnungen**

Tabelle 68 zeigt eine Übersicht der jeweils geschaffenen und gesicherten Arbeitsplätze im Fall der Nulloption und der Installation einer Biogasanlage. Dargestellt sind die Verdrängungseffekte, die berücksichtigt werden müssen, wenn statt einer Ölheizung (Nulloption) eine Biogasanlage installiert wird. Der Personalbedarf für die Errichtung und den Betrieb der Ölheizung beträgt jährlich ca. 0,23 Personenjahre (über 20 Jahre 4,55 Personenjahre), während der Personalbedarf der geschaffenen und gesicherten Stellen sich bei der Biogasanlage mit einem jährlichen Personalbedarf von 1,02 über 20 Jahre auf 22,7 Personenjahre summiert. Nach Abzug der Verdrängungseffekte wird bei der Installation einer Biogasanlage über die Laufzeit

von 20 Jahren ein Personalbedarf von insgesamt 18,2 zusätzlichen Personenjahren geschaffen. Dies entspricht ca. 0,9 Arbeitsplätzen über eine Gesamtlaufzeit von 20 Jahren.

Nulloption mit Ölheizung einmalig			Biogasanlage einmalig			im Vergleich zur Alternative Nulloption mit Öl	
Arbeitsplätze	geschaffen	gesichert	Arbeitsplätze	geschaffen	gesichert	verdrängt	zusätzlich geschaffen und gesichert
hoch qualifiziert	0,00	0,00	hoch qualifiziert	0,00	0,00	0,00	0,00
Fachkraft	0,00	0,018	Fachkraft	0,00	2,36	0,02	2,35
ungelernt/niedrig qualifiziert	0,00	0,000	ungelernt/niedrig qualifiziert	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Summe</b>	<b>0,00</b>	<b>0,018</b>	<b>Summe</b>	<b>0,00</b>	<b>2,36</b>	<b>0,02</b>	<b>2,35</b>

Nulloption mit Ölheizung jährlich			Biogasanlage jährlich			im Vergleich zur Alternative Nulloption	
Arbeitsplätze	geschaffen	gesichert	Arbeitsplätze	geschaffen	gesichert	verdrängt	zusätzlich geschaffen und gesichert
hoch qualifiziert	0,00	0,00	hoch qualifiziert	0,00	0,00	0,00	0,00
Fachkraft	0,00	0,227	Fachkraft	0,00	0,69	0,23	0,47
ungelernt/niedrig qualifiziert	0,00	0,000	ungelernt/niedrig qualifiziert	0,33	0,00	0,00	0,33
<b>Summe</b>	<b>0,00</b>	<b>0,227</b>	<b>Summe</b>	<b>0,33</b>	<b>0,69</b>	<b>0,23</b>	<b>0,79</b>
<b>Mannjahre gesamt über Laufzeit</b>	<b>0,00</b>	<b>4,55</b>	<b>Mannjahre gesamt über Laufzeit</b>	<b>6,50</b>	<b>16,21</b>	<b>4,55</b>	<b>18,17</b>

**Tabelle 68: Übersicht über geschaffene, gesicherte und verdrängte Arbeitsplätze in den Varianten Nulloption mit Ölheizung und Biogasanlage – eigene Berechnung**

Neben der Zahl der bezahlten Arbeitsplätze ist jedoch ebenfalls die Zahl der im Projekt involvierten Personen von Interesse, da mit der Zahl der beteiligten Personen auch die Verbreitung der Informationen hinsichtlich der Möglichkeiten eines solchen Projekts und der Austausch von Erfahrungen erleichtert wird. Während für die Errichtung und den Betrieb einer Ölheizung in der Größe von 40 kW<sub>th</sub> nur ca. 3 Personen involviert sind, weisen Errichtung und Betrieb einer Biogasanlage mit 23 Beteiligten um ein Vielfaches mehr involvierte Personen aus (vgl. Tabelle 66 und Tabelle 67).

In dem Projekt werden auch Personenstunden geleistet, die der Öffentlichkeitsarbeit dienen und die Verbreitung dieser Informationen weiter unterstützen. Vor allem Vorreiterprojekte wie die untersuchte Biogasanlage leisten einen erheblichen Beitrag

zur Entwicklung neuer Vorhaben. Die Anlage hatte vor allem in den ersten Betriebsjahren einen Vorzeigecharakter und wies jährlich mehr als 12 Besichtigungen verschiedener Zielgruppen auf. Bei einer Besichtigungsdauer von ca. 1,5 Stunden ergeben sich bei der Führung durch eine Fachperson bei durchschnittlich 5 Führungen/a ca. 150 € Personalkosten pro Jahr, die unentgeltlich geleistet werden. Diese Leistungen, die regionale Akteure erbringen, führen zwar nicht zu einem tatsächlichen Geldfluss, aber sie tragen zur Etablierung regionaler Netzwerke, zur Verbreitung der Information über die Möglichkeiten und zur Entwicklung von neuen Ideen bei regionalen Akteuren in der Projektentwicklung bei. Die geleisteten Besichtigungsstunden sind daher ein Indikator der Informationsverbreitung und stellen damit einen wichtigen Ansatzpunkt für künftige Entwicklungen von Vernetzungsaktivitäten regionaler Akteure dar.

Tabelle 69 und Tabelle 70 stellen die sozialen Indikatoren der Auswirkungen der Nulloption sowie der Installation der Biogasanlage dar.

<b>Soziale Indikatoren</b>	<b>Nulloption mit Ölheizung</b>		<b>Biogasanlage</b>	
Geschaffene Arbeitsplätze/GWh Input	0,00	Mannjahre	2,39	Mannjahre
Geschaffene regionale Arbeitsplätze/GWh Input	0,00	Mannjahre	2,39	Mannjahre
Erhaltene regionale Arbeitsplätze/GWh Input	72,03	Mannjahre	5,95	Mannjahre
Gesamtpersonaleinsatz/GWh Rohstoffinput	0,05	Personen	8,45	Personen
Einsatz regionalen Personals/GWh Input	0,05	Personen	8,45	Personen
Einsatz von hochqualifiziertem regionalem Personal/GWh Input	0,03	Personen	0,37	Personen
Einsatz von qualifiziertem regionalem Personal/GWh Input	0,02	Personen	7,16	Personen
Einsatz von gering qualifiziertem regionalem Personal/GWh Input	0,00	Personen	0,37	Personen
Weiterqualifiziertes Personal/GWh Input	0,00	Personen	0,37	Personen
Geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/kW <sub>th</sub> installiert	0,11	Mannjahre	0,22	Mannjahre
Gesamtpersonaleinsatz/kW <sub>th</sub> installiert	0,08	Personen	0,22	Personen
Geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/kW <sub>el</sub> installiert	0,00	Arbeitsplätze	0,17	Arbeitsplätze
Gesamtpersonaleinsatz/kW <sub>el</sub> installiert	0,00	Personen	0,22	Personen
Einsatz regionalen Personals/kW <sub>th</sub> installiert	0,08	Personen	0,22	Personen
Einsatz regionalen Personals/kW <sub>el</sub> installiert	0,00	Personen	0,22	Personen
Einsatz von hochqualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>th</sub> installiert	0,05	Personen	0,01	Personen
Einsatz von hochqualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>el</sub> installiert	0,00	Personen	0,00	Personen
Einsatz von qualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>th</sub> installiert	1,00	Personen	0,19	Personen
Einsatz von qualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>el</sub> installiert	0,00	Personen	0,19	Personen
Einsatz von gering qualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>th</sub> installiert	0,00	Personen	0,01	Personen
Einsatz von gering qualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>el</sub> installiert	0,00	Personen	0,01	Personen
Weiterqualifiziertes Personal/kW <sub>th</sub> installiert	0,00	Personen	0,01	Personen
Weiterqualifiziertes Personal/kW <sub>el</sub> installiert	0,00	Personen	0,01	Personen
geschaffene und erhaltene Mannjahre/Mio. € Investition	454,94	Mannjahre	151,43	Mannjahre

**Tabelle 69: Soziale Indikatoren für den Vergleich der Nulloption und der Installation einer 105 kW Biogasanlage – eigene Berechnungen**

<b>Konsequenzen aus der Errichtung einer Biogasanlage im Vergleich zu einer Nichtinvestition mit Ölheizung für den Eigenwärmebedarf</b>		
zusätzlich geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze	18,17	Mannjahre
verdrängte regionale Arbeitsplätze/GWh Input	1,67	Mannjahre
verdrängte Arbeitsplätze/kW <sub>th</sub> installiert	0,04	Mannjahre
verdrängte Arbeitsplätze/kW <sub>el</sub> installiert	0,04	Mannjahre
zusätzlich geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/GWh regionalem Input	7,93	Mannjahre
zusätzlich geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/GWh alternativ extern bezogener Energie	1,04	Mannjahre
verdrängte regionale Arbeitsplätze/kW <sub>th</sub> installiert	0,04	Mannjahre
verdrängte regionale Arbeitsplätze/kW <sub>el</sub> installiert	0,04	Mannjahre
zusätzlich gesicherte und geschaffene Mannjahre /Mio € Invest	121,10	Mannjahre

**Tabelle 70: Auswirkungen der Nulloption im Vergleich zu einer 105 kW-Biogasanlage – eigene Berechnungen**

### 5.2.3. Ökologische Effekte

Die ökologischen Effekte einer Anlage zur Nutzung erneuerbarer Energieträger liegen in erster Linie in der Einsparung von klimaschädlichen Emissionen. Die Reduktionspotenziale durch die Errichtung der Biogasanlage sind in Tabelle 72 und Tabelle 73 dargestellt. Weiterhin ist jedoch der Flächenverbrauch für die Anlage und den Anbau der Potenziale zu beachten. Der Anbau der Energiepflanzen erfordert die Bereitstellung von 40 ha Fläche, die somit nicht alternativ genutzt werden kann. Aus ökologischer Sicht wäre es wünschenswert, auf diesen Flächen eine möglichst hohe biologische Vielfalt anzubauen. Hierzu muss jedoch noch geforscht werden, um ökonomische Ertragserwartungen und ökologische Anforderungen in Einklang zu bringen.

Ein weiterer Faktor, der beachtet werden muss, ist die Gefahr der Auswaschung von Nitraten in das Grundwasser bei nicht sachgemäßer Anwendung der Düngemittel. Durch Zugabe von Inputmaterialien in die Biogasanlage zu den bis dahin vorhandenen Wirtschaftsdüngern in Form von Gülle und Mist steigt auch der Bedarf der Flächen, die mit dem Wirtschaftsdünger versorgt werden. Wegen der hohen

Wassergehalte der Substrate steigen die Kosten für die Ausbringung der Gärsubstrate, wie in Tabelle 71 dargestellt, mit der zunehmenden Entfernung vom Hof schnell an.

	Lohnunternehmer (Vollkostenrechnung)		Landwirt Eigenbetrieb (ohne Vollkostenrechnung)		Landwirte über Maschinenring (mit Vollkostenrechnung)	
Kapazität Ausbringfass	25	m <sup>3</sup> /Fuhre	10	m <sup>3</sup> /Fuhre	10	m <sup>3</sup> /Fuhre
<b>Anzahl der Fahren/Std bei Ausbringung in 2 km Entfernung</b>	2,5	Fahren/h	2,3	Fahren/h	2,3	Fahren/h
Ausbringmenge/Std	63	m <sup>3</sup> /h	23	m <sup>3</sup> /h	23	m <sup>3</sup> /h
Gespannkosten/Std	131,00	€/h	34,50	€/h	74,00	€/h
Ausbringkosten/m <sup>3</sup>	2,10	€/m <sup>3</sup>	1,50	€/m <sup>3</sup>	3,22	€/m <sup>3</sup>
Ausbringkosten/ha	83,84	€/ha	60,00	€/ha	128,70	€/ha
<b>Anzahl der Fahren/Std bei Ausbringung in 5 km Entfernung</b>	2,0	Fahren/h	1,7	Fahren/h	1,7	Fahren/h
Ausbringmenge/Std	50	m <sup>3</sup> /h	17	m <sup>3</sup> /h	17	m <sup>3</sup> /h
Ausbringkosten/m <sup>3</sup>	2,62	€/m <sup>3</sup>	2,03	€/m <sup>3</sup>	4,35	€/m <sup>3</sup>
Ausbringkosten/ha	104,80	€/ha	81,18	€/ha	174,12	€/ha
<b>Anzahl der Fahren/Std bei Ausbringung in 10 km Entfernung</b>	1,3	Fahren/h	1,3	Fahren/h	1,3	Fahren/h
Ausbringmenge/Std	33	m <sup>3</sup> /h	13	m <sup>3</sup> /h	13	m <sup>3</sup> /h
Ausbringkosten/m <sup>3</sup>	4,03	€/m <sup>3</sup>	2,65	€/m <sup>3</sup>	5,69	€/m <sup>3</sup>
Ausbringkosten/ha	161	€/ha	106	€/ha	228	€/ha
<b>Anzahl der Fahren/Std bei Ausbringung in 15 km Entfernung</b>	0,9	Fahren/h	0,9	Fahren/h	0,9	Fahren/h
Ausbringmenge/Std	23	m <sup>3</sup> /h	9	m <sup>3</sup> /h	9	m <sup>3</sup> /h
Ausbringkosten/m <sup>3</sup>	5,82	€/m <sup>3</sup>	3,83	€/m <sup>3</sup>	8,22	€/m <sup>3</sup>
Ausbringkosten/ha	232,89	€/ha	153,33	€/ha	328,89	€/ha

**Tabelle 71: Ausbringkosten für 40 m<sup>3</sup> Gärsubstrat/ha aus der Biogasanlage bei verschiedenen Entfernungen und unterschiedlichen Ausbringkapazitäten – Quelle: Lohnunternehmer: C. SPURK, Fa. ZEUS GmbH; Landwirtschaft ohne Vollkostenrechnung: Landwirt M. KOHL; Landwirtschaft mit Vollkostenrechnung: R. HAYER, Maschinen- und Betriebshilfsring Trier-Saarburg, (2006)**

Die Ausbringmenge ist dabei durch die maximale Aufbringmenge von 170 kg Stickstoff pro Hektar aus organischem Dünger begrenzt.<sup>254</sup> Der untersuchte Betrieb benötigt zur Ausbringung des Gärsubstrates bei 40 m<sup>3</sup> Substrat je ha insgesamt 91 ha Fläche. Diese steht in 10 km Umkreis der Anlage zur Verfügung. Bei größeren

<sup>254</sup> Düngeverordnung § 4 Abs. 3.

Mengen besteht jedoch ggf. die Gefahr einer Überdüngung, sofern zur Einsparung von Transportkosten die Menge des ausgebrachten Substrates erhöht wird. In diesem Fall wird der Gärrest zum Entsorgungsgut. Eine Konkurrenz mit anderen Wirtschaftsdüngern, wie Klärschlamm oder Hühnertrockenkot sowie ggf. Biokompost, kann dieses Problem noch weiter verschärfen. Daher ist bei der Planung von Anlagen auf die Flächenverfügbarkeit zu achten. Besteht regional ein Absatzmarkt für organischen Dünger, können durch Trocknung oder Kompostierung der Wassergehalt reduziert und somit Transportkosten eingespart werden. Dies wird derzeit an den dezentralen Anlagen im Projektgebiet noch nicht praktiziert. Bei zunehmender Nutzung der Potenziale sowie für zentrale Anlagen zur Verwertung großer Mengen an organischen Abfällen müssen hierfür Lösungsansätze gefunden werden.

<b>Ökologische Wertefaktoren</b>		
Eingesparte Liter Heizöl	6.000	Liter
Eingesparte kWh aus Heizöl	60.000	kWh
Eingesparte Produktion von Strom aus Strommix	816.832	kWh
Eingesparte CO <sub>2</sub> -Äquivalente der Mineraldüngerproduktion je t Mittlerer N-Dünger	7.186	kg
zusätzlich genutzte fossile Treibstoffe für den Anbau	1.020	Liter
Genutzte fossile Treibstoffe für den zusätzlichen Transport von Gülle	0	Liter
Genutzte fossile Treibstoffe für den zusätzlichen Transport von Rohstoffen ohne NawaRos	0	Liter
Genutzte fossile Treibstoffe für die zusätzliche Ausbringung von Gärsubstrat	460	Liter
CO <sub>2</sub> -Emissionen pro kWh Treibstoff	2.630	g
CO <sub>2</sub> -Einsparung pro kWh aus Heizöl	290	g
CO <sub>2</sub> -Einsparung pro ersetzte kWh Strom	660	g
CO <sub>2</sub> -Einsparung durch Strom/a	539	t
CO <sub>2</sub> -Einsparung durch Wärme/a	17	t
CO <sub>2</sub> -Einsparung durch Mineraldüngereinsatz/a	111,3	t
CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Dieseltreibstoff für den zusätzlichen Anbau und Transport zur Anlage sowie für die zusätzlichen Ausbringmengen	38,9	t
CO <sub>2</sub> -Gesamteinsparung über Laufzeit	13.356	t
Berücksichtigung der Grundsätze der Nachhaltigkeit	ja	
Flächenbedarf versiegelt	0,15	ha
Flächenbedarf Anbaufläche für NawaRos	40	ha/a
Flächenbedarf für Substratausbringung	91	ha
zusätzlich ganzjährig bepflanzte Fläche	0	ha

**Tabelle 72: Ökologische Wertefaktoren für die Installation einer 105 kW Biogasanlage im Vergleich zur Nulloption – eigene Berechnungen**

<b>Ökologische Indikatoren</b>		
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Wärme/GWh Input über Laufzeit	128	t
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Strom/GWh Input über Laufzeit	3.960	t
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Mineraldüngerersatz/GWh Input über Laufzeit	817	t
CO <sub>2</sub> -Emissionen durch zusätzlichen Anbau, Transport und Ausbringung/GWh Input über Laufzeit	286	t
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Wärme/1000 t Rohstoffinput	79	t
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Strom/1000 t Rohstoffinput	2462	t
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Mineraldüngereinsatz/1000 t Rohstoffinput	508	t
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent/kWh <sub>th</sub>	127	t
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent/kWh <sub>el</sub>	127	t
Flächenbedarf in ha/1000 t Rohstoffinput	9,1	ha
zusätzlich ganzjährig bepflanzte Flächen in ha/1000 t Rohstoffinput	0,0	ha

**Tabelle 73: Ökologische Indikatoren für die Installation einer Biogasanlage im Vergleich zur Nulloption – eigene Berechnungen**

## 6. Indikatorenvergleich verschiedener untersuchter Anlagen

Nach dem oben genannten Schema wurden in der Untersuchungsregion verschiedene Anlagen betrachtet. Die Gegenüberstellung der Indikatoren ermöglicht einen Vergleich hinsichtlich der Auswirkungen auf die Schaffung von regionalen Werten.

### 6.1. Analyisierte Anlagen

In Abhängigkeit der Datenqualität und der Auskunftsbereitschaft der angefragten Betreiber und Planer wurden 5 Biogasanlagen und 2 Holzheizungen ausgewertet und werden kurz mit ihren Besonderheiten und Unterschieden dargestellt.

- Anlage 1<sup>255</sup>: (s. auch Beschreibung in Abschnitt F.5.2)
  - o Biogasanlage mit 105 kW<sub>el</sub>
  - o Nassfermentation
  - o Betreiber: Landwirt
  - o Inputmaterial: landwirtschaftliche Reststoffe und nachwachsende Rohstoffe (NawaRo-Bonus-fähig)
  - o Haupteinnahmequelle: Stromverkauf

<sup>255</sup> KOHL, M. Biogasanlagenbetreiber, Palzem (2006)

- Wärmenutzung erfolgt durch den landwirtschaftlichen Betrieb und das Wohnhaus
  - Baujahr 2001, eine der ersten Biogasanlagen in Rheinland-Pfalz mit hohem Anteil an Eigenleistung
  - Alternative: Nichtbau der Anlage, Ersatzinvestition in eine 40 kW-Ölheizung zur Beheizung des Betriebes, Anbau von Winterweizen auf den landwirtschaftlichen Anbauflächen, Ausbringung von unvergorener Gülle
- Anlage 2<sup>256</sup>:
- Biogasanlage mit 150 kW<sub>el</sub>
  - Nassfermentation
  - Betreiber: Landwirt
  - Inputmaterial: landwirtschaftliche Reststoffe und nachwachsende Rohstoffe (NawaRo-Bonus-fähig)
  - Haupteinnahmequelle: Stromverkauf
  - Bisher keine Wärmenutzung
  - Baujahr 2005, moderne Anlage nach dem aktuellen Stand der Technik
  - Alternative: Nichtbau der Anlage, Anbau von Winterweizen auf den landwirtschaftlichen Anbauflächen, Ausbringung von unvergorener Gülle.
- Anlage 3<sup>257</sup>:
- erweiterte Biogasanlage von 90 kW<sub>el</sub> auf 500 kW<sub>el</sub>
  - Nassfermentation
  - Betreiber: Landwirt, private Finanziere
  - Inputmaterial: Essensreste, landwirtschaftliche Reststoffe (keine nachwachsenden Rohstoffe)
  - Haupteinnahmequelle: Stromverkauf + Entsorgungserlöse
  - Wärmenutzung für Betrieb und Wohngebäude, Nahwärmenetz für Ortsgemeinde oder zur Versorgung einer Grasraffinerie geplant

---

<sup>256</sup> GITZINGER, H.-W., Biogasanlagenbetreiber und Investor, Mettlach/Weiten (2006).

<sup>257</sup> SCHNEIDER, H., Biogasanlagenbetreiber und Investor, St. Wendel/Dörrenbach (2006).

- Inbetriebnahme der ersten Anlage 1999, Erweiterung 2006
- Alternative: Nichtbau der Anlage, Ersatzinvestition in eine 40 kW-Ölheizung zur Beheizung des Betriebes, Verwertung der Essensreste außerhalb der Region, Ausbringung von unvergorener Gülle.
- Anlage 4<sup>258</sup>:
  - Biogasanlage mit 500 kW<sub>el</sub>
  - Nassfermentation
  - Betreiber: regionale Betreibergesellschaft aus Planer, Landwirten, Entsorger und BHKW-Vertreiber
  - Inputmaterial: Industrielle organische Abfälle, landwirtschaftliche Reststoffe, nachwachsende Rohstoffe (nicht NawaRo-Bonus-fähig)
  - Haupteinnahmequelle: Stromverkauf + Entsorgungserlöse
  - Wärmenutzung zur Hygienisierung sowie für benachbartes Bürogebäude, weitere Wärmenutzung geplant
  - Inbetriebnahme 2003
  - Gasaufbereitung zur Einspeisung in das Erdgasnetz geplant (Inbetriebnahme: 2007)
  - Vorzeiganlage für Planungsbüro mit hohem Besucherverkehr
  - Alternative: Nichtbau der Anlage, Planungsbüro wäre an anderem Standort geblieben, Verwertung der industriellen Abfälle außerhalb der Region, Anbau von Winterweizen auf den landwirtschaftlichen Anbauflächen, Ausbringung von unvergorener Gülle.
- Anlage 5<sup>259</sup>:
  - Biogasanlage zur Verwertung kommunaler Bioabfälle mit 630 kW<sub>el</sub>
  - Trockenfermentation
  - Betreiber: Unternehmen im Auftrag zweier Kommunen
  - Inputmaterial: getrennt gesammelte Biomüllfraktion zweier Landkreise sowie Flotatfette aus Fettabscheidern
  - Haupteinnahmequelle: Entsorgungserlöse + Gasverkauf

---

<sup>258</sup> SPURK, C., Geschäftsführer, Anlagenbetreiber, Anlagenbauer, Anlagenplaner, Investor, Fa. ZEUS, Reinsfeld (2006).

<sup>259</sup> KOSAK, G., Geschäftsführer, Anlagenbetreiber, Investor: Fa. Altvater, Ellerstadt (2006).

- Energetische Nutzung erfolgt nicht direkt am Anlagenstandort, Gas wird über Gasleitung zu benachbartem Unternehmen geliefert und dort in 2 BHKW verstromt
  - Wärmenutzung über Nahwärmenetz zu benachbartem Industriegebiet und Hochschulstandort
  - Inbetriebnahme 2002, Rührwerksbruch nach ½ Jahr Betriebszeit, wird umgebaut
  - Vorzeigestandort für nationale und internationale Gäste zur Demonstration der Trockenfermentation (wenn funktionstüchtig)
  - Alternative: Kompostierungsanlage zur Verwertung der Bioabfälle, Verwertung der Flotatschlämme außerhalb der Region.
- Anlage 6<sup>260</sup>:
- 800 kW-Hackschnitzelheizung
  - Rostfeuerung
  - Betreiber: Kommune
  - Inputmaterial: Hackschnitzel aus Sägeresten vom lokalen Sägewerk (ca. 40 % Wassergehalt)
  - Haupteinnahmequelle: keine, da Ersatz von Heizöl, Kostenverrechnung
  - Wärmeabnahme durch Schulzentrum und Schwimmbad
  - Inbetriebnahme Ende 2004
  - Alternative: Installation einer 800 kW-Ölheizung.
- Anlage 7<sup>261</sup>: (s. auch Beschreibung in Abschnitt F.5.2)
- 400 kW-Hackschnitzelheizung
  - Rotationsfeuerung, maximale Feuchte
  - Betreiber: Kommune
  - Inputmaterial: Hackschnitzel aus getrocknetem Waldrestholz (20 % Wassergehalt)

---

<sup>260</sup> EMMERICH, E., Anlagenplaner, Fa. PEC, Greimerath und Hr. JUNK, Betreiber für die Verbandsgemeinde Hermeskeil (2006).

<sup>261</sup> EMMERICH, E., Anlagenplaner, Fa. PEC, Greimerath und LIESER, H., Forstamtsleiter, Lieferant für Hackschnitzel, Forstamt Saarburg, Saarburg (2006).

- Logistik und Trocknung durch regionalen Forst organisiert,  
Hacken durch Lohnunternehmer, Investition in großen Bunker  
zur Gewährleistung der Trocknung
- Inbetriebnahme 2002
- Alternative: 400 kW-Ölheizung.

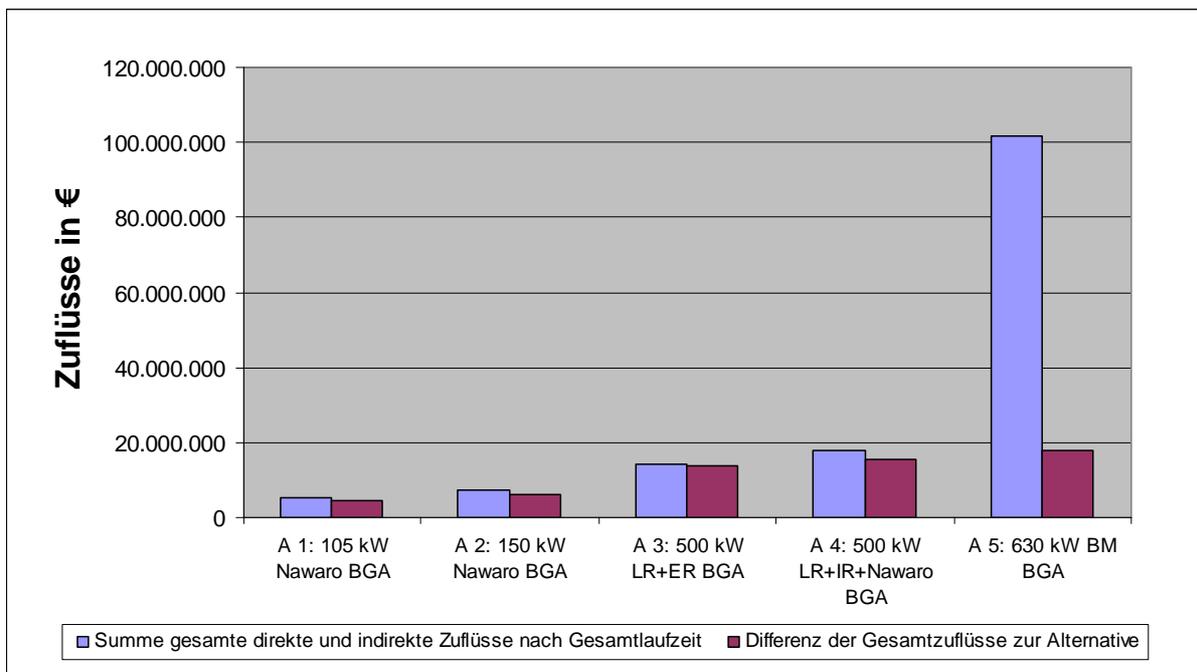


Kapitel F: Auswirkungen der Biomassenutzung auf die regionale Wertschöpfung in der Region Naturpark Saar-Hunsrück

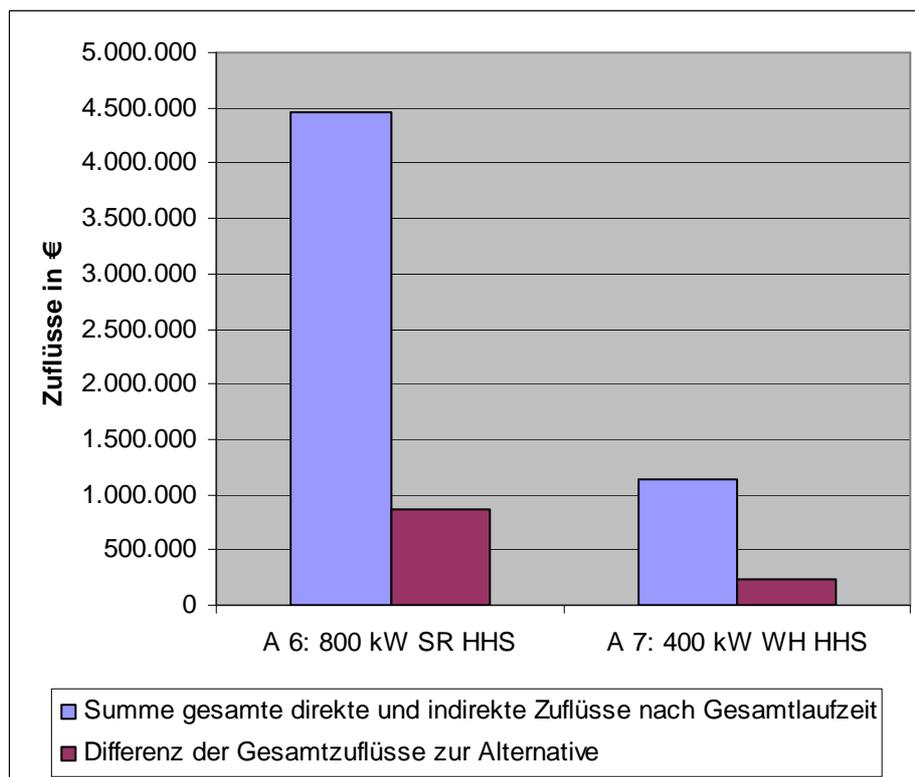
Ökonomische Indikatoren	A5: 630 kW BM BGA	Differenz zur Alternative Kompost	A6: 800 kW SR HHS	Differenz zur Alternative Ölheizung	A7: 400 kW WH HHS	Differenz zur Alternative Ölheizung
jährliche regionale Gesamtzuflüsse in €/€ Invest	1130	0	18,59	-53	4,76	-13
jährliche regionale Gesamtzuflüsse in €/kWth	94.952,20	94.952,20	5.577,13	1.088,50	2.858,49	581,18
jährliche regionale Gesamtzuflüsse in €/kWel	161.418,74	161.418,74	0,00	0,00	0,00	0,00
jährliche regionale Gesamtzuflüsse in €/kWthh	12,33	2,15	1,17	0,23	1,63	0,33
jährliche regionale Gesamtzuflüsse in €/kWhel	18,41	18,41	0,00	0,00	0,00	0,00
regionaler einmaliger Zufluss in €/MWh Jahresinput	492,14	-12.966,85	29,84	23,54	356,62	271,36
regionale Gesamtzuflüsse in €/MWh Input nach Gesamtlaufzeit	6.140,93	-154.965,05	1.056,72	158,99	1.388,41	152,16
jährliche regionale Zuflüsse für Rohstoffe in €/MWh Jahresinput	0,00	-1,30	10,89	10,89	7,93	7,12
jährliche regionale Zuflüsse für Rohstoffe in €/MWh regionaler Jahresinput	0,00	0,00	10,89	10,89	7,93	7,93
regionale Gesamtzuflüsse in €/MWh regionaler Input nach Gesamtlaufzeit	6.140,93	6.140,93	1.056,72	1.056,72	291,43	223,57
regionale Gesamtzuflüsse in €/€ alternativer Gesamtfinanzmittelexport für externen Energiebezug	5,40	0,00	2,13	0,00	3,00	0,00
Gesamtinvest in €/€ alternativer Gesamtfinanzmittelexport für externen Energiebezug	0,48	0,00	0,17	0,00	0,63	0,00
Gesamtinvest in €/MWh Jahresinput	543,48	-13.850,46	82,89	65,39	600,00	475,00
Gesamtinvest in €/kWth	8.403,36	8.403,36	437,50	350,00	3,00	0,00
Gesamtinvest in €/kWel	14.285,71	14.285,71	0,00	0,00	0,00	0,00
Nationaler Invest in €/MWh Jahresinput	195,65	-4.986,17	38,13	26,93	247,71	179,86
Regionaler Invest in €/kWel	9.142,86	9.142,86	0,00	0,00	0,00	0,00
Regionaler Invest in €/kWth	5.378,15	5.378,15	157,50	126,00	288,00	228,00
Wärmebezugskosten in €/kWthh	0,00	-0,06	0,00	0	0,00	0
Düngerbezugskosten in €/ha	100,92	-95,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Alternative Bezugskosten in €/kWthh	0,06	0,00	0,03	-0,03	0,06	-0,02
Einsparung in €/ct/kWthh	0,06	0,06	2,70	2,70	2,05	2,05
Einsparung in €/m3 selbst produzierter Dünger	0,84	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00
regionale Verarbeitungskosten in €/MWh Jahresinput	0,00	0,00	6,63	6,63	7,87	7,87
regionale Verarbeitungskosten in €/MWhel Jahresoutput	0,00	0,00	7,37	7,37	9,26	9,26

Tabelle 74: Vergleich der ökonomischen Indikatoren – eigene Berechnungen

Der Vergleich der ökonomischen Indikatoren in Tabelle 74 verdeutlicht die unterschiedlichen Auswirkungen der einzelnen Anlagentypen auf die Finanzflüsse der Region. In Abbildung 63 und Abbildung 64 sind die jeweiligen Gesamtzuflüsse dargestellt, die während der Anlagenlaufzeit nachweislich durch die Investition und den Betrieb in die Region fließen. Ebenso ist die Differenz dargestellt, die sich ergibt, wenn die Zuflüsse der alternativ umgesetzten Variante in Abzug gebracht werden. Dabei wird deutlich, dass Anlagen mit Alternative Nulloption die anteilig höchsten Zuflussgewinne erwirtschaften. Die vergleichsweise hohen Zuflüsse der Anlage 5 erfolgen nicht zusätzlich, da eine Verwertung des Biomülls auch unter der Alternative der Kompostierung erfolgen müsste. Die zusätzlichen Zuflüsse werden hierbei aus dem Verkauf des Gases erwirtschaftet. Für die Holzheizungen mit der Alternative der Ölheizung gilt ebenso die Vorgabe des Abzuges der alternativen regionalen Zuflüsse.

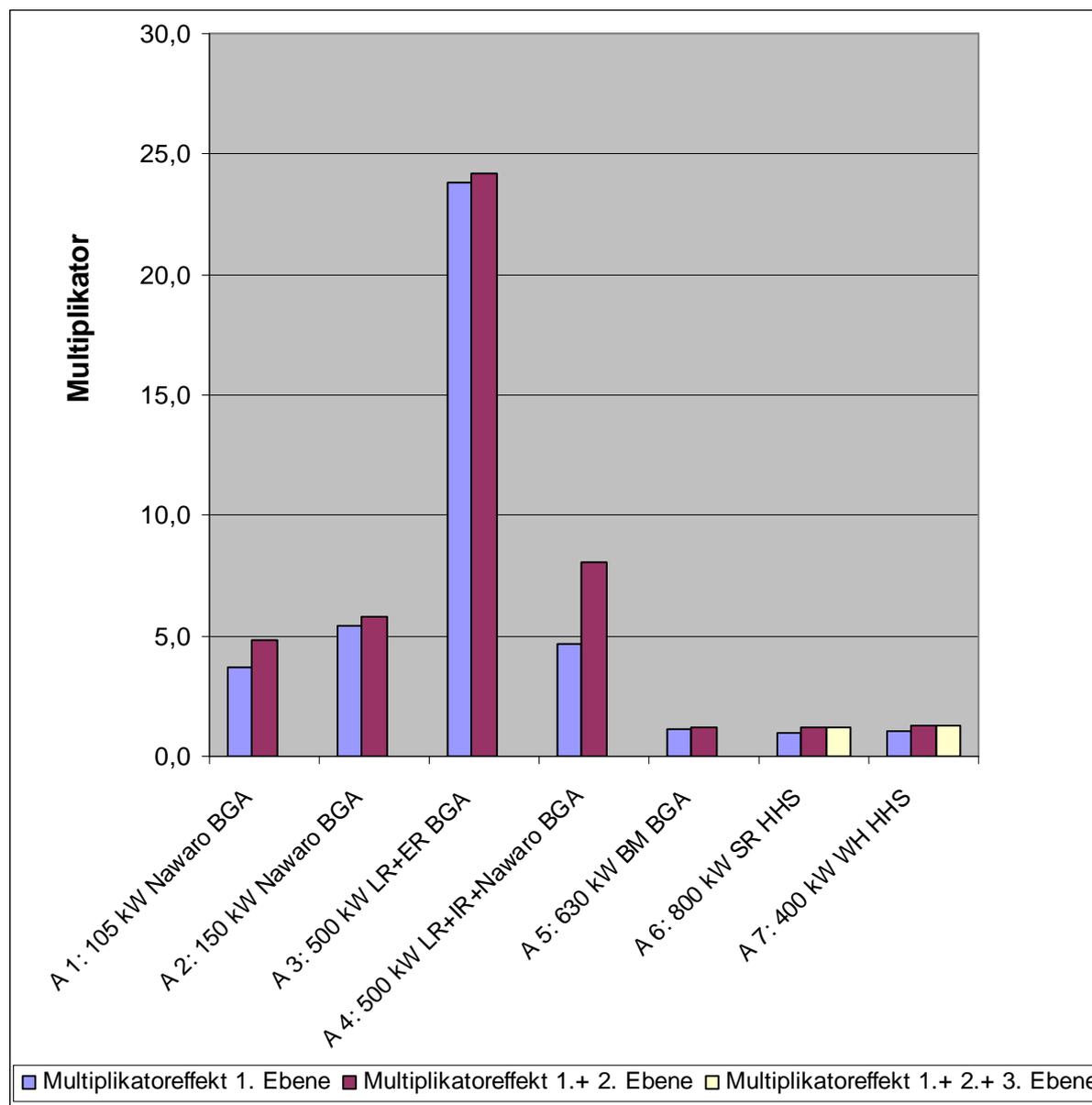


**Abbildung 63: Darstellung der Gesamtzuflüsse durch die Biogasanlagen und der Differenz zur jeweiligen Alternative – eigene Darstellung**



**Abbildung 64: Darstellung der Gesamtzuflüsse durch die Holzheizungen und der Differenz zur jeweiligen Alternative – eigene Darstellung**

Aus dem Verhältnis der Zuflüsse der erneuerbaren Anlage zur Alternative ergibt sich ein Multiplikatoreffekt (s. Abbildung 65), der angibt, wie viel € regionale Zuflüsse durch die Investition in die Biomasseanlage mehr erwirtschaftet werden als bei der Umsetzung der Alternative. Der Effekt hängt dabei von der Alternative ab. Anlage 3 erzielt einen sehr großen Effekt, da für die Bereitstellung des Inputmaterials keine Anbauflächen genutzt werden, deren Erlöse im alternativen Fall zum Abzug kommen würden. Für die regionalen Inputmengen, die alternativ außerhalb der Region zur Verwertung kämen, erhält der Betreiber Einnahmen aus Entsorgungserlösen. Ferner wird der Bezug von Heizöl im alternativen Fall als Abfluss von Mitteln gewertet, was neben den vergleichsweise geringen Investitionen für die alternative Ölheizung zu einer weiteren Erhöhung des Faktors beiträgt.

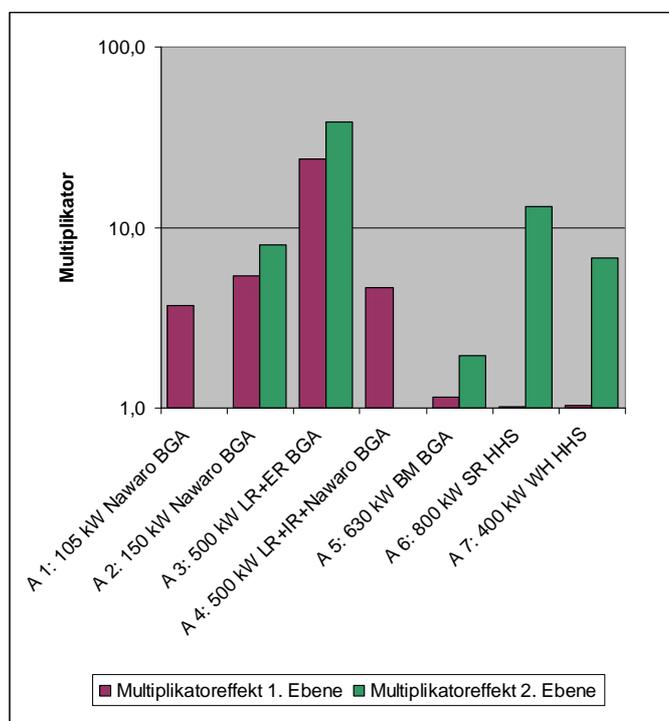


**Abbildung 65: Vergleich der Multiplikatoreffekte der Ebenen 1–3 verschiedener Anlagen jeweils im Vergleich mit den Alternativen – eigene Darstellung**

Unterschieden werden können hierbei die verschiedenen Ebenen der Wertschöpfung. Während die 1. Ebene den direkten Vergleich mit der Alternative darstellt, sind für die Entwicklung der regionalen Strukturen vor allem die weiteren Ebenen von Interesse.

Zu beachten sind hier vor allem die Effekte, die in der zweiten und ggf. dritten Ebene der Wertschöpfung entstehen. Abbildung 66 zeigt die Multiplikatoreffekte der 1. und 2. Ebene im Vergleich. Die Beauftragung regionaler Akteure für die Erbringung von Leistungen und die Lieferung von Inputmaterialien zeichnet sich hierbei deutlich ab. Dies wirkt sich vor allem bei den Anlagen mit Ersatzinvestitionen für fossile Energie-

anlagen (Anlagen 6 und 7) deutlich aus. Hier werden im Vergleich zur ersten Ebene, in der der Effekt bei 1 liegt und daher aus regionaler Sicht nicht nennenswert ist, in der zweiten und auch der dritten Ebene nennenswerte Zuflüsse erzielt.<sup>262</sup> Ein stark erhöhter 2.-Ebene-Effekt ergibt sich bei Anlage 4 durch den Zukauf von Anlagenteilen aus der Region. Bei Anlage 1 erfolgt ein Zukauf von nachwachsenden Rohstoffen bei regionalen Landwirten, die wiederum Saatgut, Dienstleistungen etc. zu großen Teilen aus der Region beziehen.<sup>263</sup> Dies lässt besonders auf positive Effekte der verschiedenen Ebenen durch Gemeinschaftsbiogasanlagen schließen. Die wesentlichen Effekte der Holzheizungen entstehen in der 2. (und 3.) Ebene, da für den Bezug des Brennstoffes regionale Dienstleister in Anspruch genommen werden, die wiederum größtenteils regional beziehen.



**Abbildung 66: Getrennte Darstellung der Multiplikatoreffekte der 1. und 2. Ebene (beachte die logarithmische Skalierung) – eigene Darstellung**

<sup>262</sup> Die Effekte der dritten Ebene sind grafisch nicht darzustellen, da diese bei der Alternative nicht nachvollziehbar sind und der einzeln betrachtete Multiplikatoreffekt daher ins Unendliche geht.

<sup>263</sup> Bei den Anlagen 2 und 4 erfolgt der Anbau auf eigenen Betriebsflächen bzw. auf Flächen von an der Anlage beteiligten Landwirten, daher sind die entsprechenden Auswirkungen in der Ebene 1 berücksichtigt.

In Abbildung 67 werden die durch die Anlageninstallation und ihren Betrieb ausgelösten finanziellen Zuflüsse in die Region ins Verhältnis gesetzt mit den Investitionen, der Inputenergie – aus der Region und insgesamt – sowie mit den Zuflüssen der Alternative. Anlage 1 verzeichnet durch den hohen Anteil an Eigenleistung vergleichsweise niedrige Investitionskosten und hohe regionale Zuflüsse je € Investitionssumme. Auch die 800 kW-Hackschnitzelheizung verzeichnet einen vergleichsweise hohen Zufluss je € Investitionskosten. Durch den Bau eines neuen Gebäudes bei der Errichtung von Anlage 7 (Beispiel 1) ergeben sich hierbei im Vergleich zu Anlage 6 geringere Zuflüsse je € Investition. Die regionalen Zuflüsse für Rohstoffe liegen bei den rein landwirtschaftlichen Biogasanlagen (Anlage 1 und 2) auf gleichem Niveau. Die Hackschnitzelheizungen (Anlagen 6 und 7) liegen nur geringfügig darunter. Biogasanlagen mit Abfallbezug (Anlagen 3–5) leisten durch die Entsorgungserlöse geringere oder keine Zahlungen an regionale Akteure für den Rohstoffbezug. Die Zuflüsse durch Entsorgungserlöse sind jedoch in den Gesamtzuflüssen enthalten. Die Darstellung der Differenz der Zuflüsse für Rohstoffe gibt den Unterschied zwischen der untersuchten Anlage und der Alternative an. Im Fall der abfallwirtschaftlichen Biogasanlagen ohne Bezug nachwachsender Rohstoffe bestehen Mindereinnahmen für den regionalen Brennstoffhändler, sofern Ersatzinvestitionen getätigt werden, die sich bei Betrachtung der Differenz in negativen (Anlage 3) bzw. in reduzierten Zuflüssen (Anlage 4) bei den Rohstoffen ausdrücken. Der Vergleich der regionalen Zuflüsse pro Einheit regionalem Input macht den Rohstoffbezug deutlich. Anlagen 1 und 4 beziehen einen Teil der Rohstoffe von außerhalb der Region und verzeichnen damit erhöhte regionale Zuflüsse je Einheit regionalem Input.

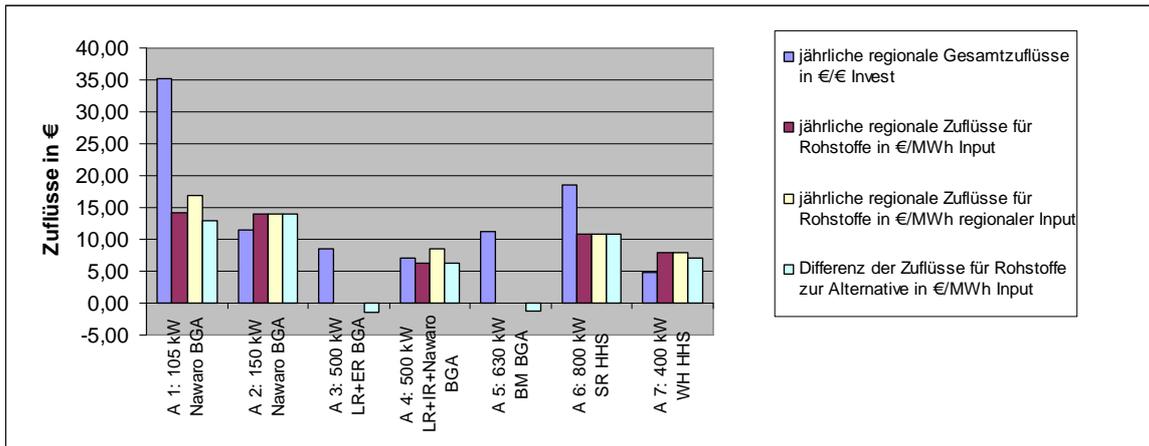


Abbildung 67: Vergleich der verschiedenen Zuflüsse je MWh Jahresinput und je € Invest mit der jeweiligen Alternative – eigene Darstellung

Der Vergleich der Investitionskosten je installierter Leistung in Abbildung 68 verdeutlicht die hohen technischen Anforderungen der Trockenfermentation und der Aufbereitungseinheit der Anlage 5. Durch die vollständige Wärmenutzung in dieser Anlage ergeben sich hierbei geringere Investitionskosten je  $kW_{th}$  installierte Leistung im Vergleich zur Kompostierung.

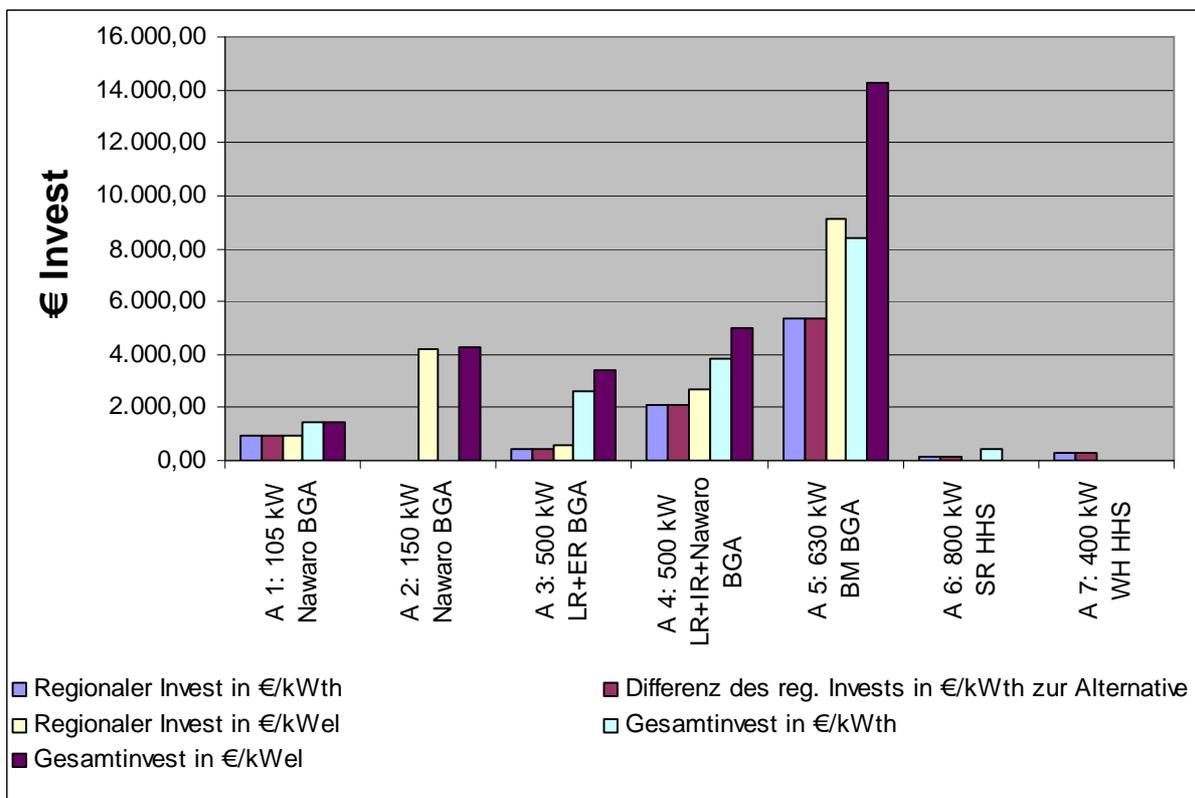
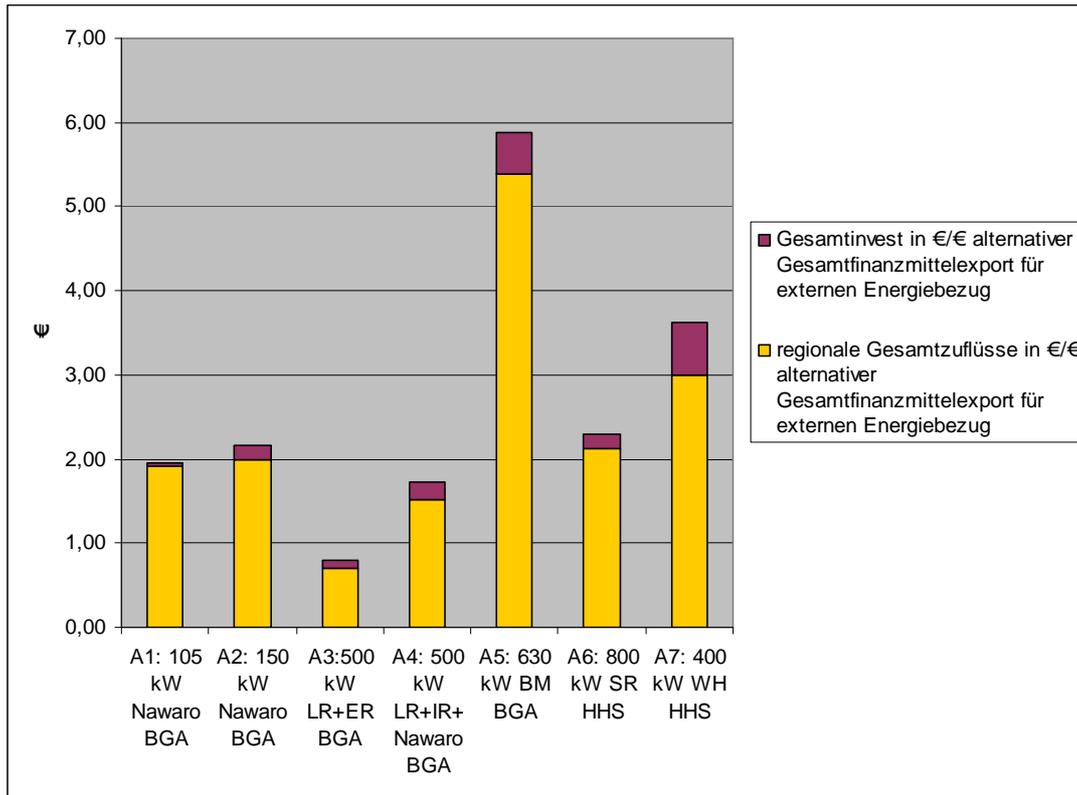


Abbildung 68: Vergleich der Investitionskosten je kW thermisch und elektrisch sowie im Vergleich zu den jeweiligen Alternativen – eigene Darstellung

Da der Absatz von Strom über das nationale Stromnetz erfolgt und zu einem höheren Preis als die Bezugskosten vergütet wird, wird dieser in den Betrieben rechnerisch nicht selbst genutzt. Da im Untersuchungsgebiet keine konventionellen Kraftwerke betrieben werden, muss im alternativen Fall jede Einheit Strom importiert werden. Durch die Betrachtung im regionalen Kontext kann die Generierung von Strom durch die erneuerbaren Energieanlagen jedoch als Eigenproduktion angesetzt werden, so dass entsprechende finanzielle Mittel hierfür in geringerem Maße abfließen. Der entsprechende Anteil an Strom muss rechnerisch nicht importiert werden. Den alternativ abgeflossenen Mitteln für den Energiebezug können Beträge zugeordnet werden. Wird je importierte kWh Strom 0,1709 € und je importierte kWh an Heizwärme aus Heizöl 0,3764 € zugeordnet, ergibt sich wie in Abschnitt E.1 beschrieben ein Finanzmittelexport für Energie. Wird die entsprechende Einheit durch regionale Energieträger generiert, ergibt sich eine Einsparung des Finanzmittelabflusses, die für die Investition und den Betrieb von Bioenergieanlagen verwendet werden kann. Abbildung 69 stellt die regionalen Zuflüsse über die Gesamtlaufzeit und die ausgelösten Investitionen den alternativ abfließenden Finanzmitteln<sup>264</sup> aus der Region gegenüber. Die Darstellung zeigt, dass bei gleicher Leistung (Lieferung von Strom und Wärme) nicht nur die Finanzmittel in der Region behalten werden, sondern dass für jeden €, der für Strom oder Wärme an außerregionale Akteure abgegeben werden müsste, durch die endogene Bioenergienutzung 0,70–5,60 € der Region zufließen. Zusätzlich werden für jeden €, der die Region verlassen hätte, durch die Bioenergienutzung Investitionen von 0,05–0,63 € – je nach Anlagentyp – ausgelöst.

---

<sup>264</sup> Die in der Region verbleibenden Anteile der fossilen Energieversorgung wurden bereits zum Abzug gebracht.



**Abbildung 69: Vergleich der jeweiligen Gesamtzuflüsse und der Investitionskosten je € Gesamtfinanzmittelexport für den alternativen Bezug fossiler Energieträger für Strom und Wärme – eigene Ermittlungen**

### 6.3. Soziale Indikatoren im Vergleich

Die sozialen Indikatoren in Tabelle 75 lassen sich vergleichbar vor allem in der Anzahl der geschaffenen, gesicherten und verdrängten Arbeitsplätze über die Gesamtlaufzeit (s. Abbildung 70) sowie durch die im Projekt involvierten und weiterqualifizierten Personen (s. Abbildung 71) darstellen. Dabei wird deutlich, dass die Anlagen mit großer Leistung und der Verwertung von Entsorgungsmaterialien durch den erhöhten Konfektionierungsaufwand erwartungsgemäß die höchste Zahl geschaffener und gesicherter Arbeitsplätze aufweisen. Der Bezug zur installierten Leistung zeigt jedoch die Arbeitsintensität der kleinen und etwas älteren Anlagen 1 und 7.

Kapitel F: Auswirkungen der Biomassenutzung auf die regionale Wertschöpfung in der Region Naturpark Saar-Hunsrück

Soziale Indikatoren	A1: 105 kW Nawaro BGA		A2: 150 kW Nawaro BGA		A3: 500 kW LR+ER BGA		A4: 500 kW LR+IR+ Nawaro BGA		A5: 630 kW BM BGA		A6: 800 kW SR HHS		A7: 400 kW WH HHS	
Geschaffene Arbeitsplätze/GWh Jahresinput	2,39	Mannjahre	1,99	Mannjahre	4,22	Mannjahre	2,52	Mannjahre	18,53	Mannjahre	0,00	Mannjahre	0,00	Mannjahre
Geschaffene reg. Arbeitsplätze/GWh Jahresinput	2,39	Mannjahre	1,99	Mannjahre	4,22	Mannjahre	2,52	Mannjahre	18,53	Mannjahre	0,00	Mannjahre	0,00	Mannjahre
Erhaltene reg. Arbeitsplätze/GWh Jahresinput	5,95	Mannjahre	2,97	Mannjahre	0,96	Mannjahre	2,69	Mannjahre	4,27	Mannjahre	3,37	Mannjahre	7,27	Mannjahre
Gesamtpersonaleinsatz/GWh Rohstoffinput	8,45	Personen	3,36	Personen	1,00	Personen	2,19	Personen	5,25	Personen	3,55	Personen	25,50	Personen
Einsatz regionalen Personals/GWh	8,45	Personen	3,36	Personen	1,00	Personen	2,19	Personen	5,25	Personen	3,55	Personen	25,50	Personen
Einsatz von hochqualifiziertem regionalem Personal/GWh Jahresinput	0,37	Personen	0,92	Personen	0,09	Personen	0,22	Personen	0,12	Personen	0,24	Personen	1,21	Personen
Einsatz von qualifiziertem regionalem Personal/GWh Jahresinput	7,16	Personen	1,99	Personen	0,68	Personen	0,66	Personen	2,29	Personen	3,32	Personen	20,11	Personen
Einsatz von gering qualifiziertem regionalem Personal/GWh Jahresinput	0,37	Personen	0,31	Personen	0,09	Personen	0,22	Personen	0,24	Personen	0,24	Personen	1,21	Personen
Weiterqualifiziertes Personal/GWh Jahresinput	0,37	Personen	0,31	Personen	0,18	Personen	2,19	Personen	0,66	Personen	0,24	Personen	0,00	Personen
Geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/kW <sub>th</sub> inst.	0,22	Mannjahre	0,00	Mannjahre	0,09	Mannjahre	0,07	Mannjahre	0,35	Mannjahre	0,02	Mannjahre	0,01	Mannjahre
Gesamtpersonaleinsatz/kW <sub>th</sub> inst.	0,22	Personen	0,00	Personen	0,02	Personen	0,03	Personen	0,08	Personen	0,02	Personen	0,05	Personen
Geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/kW <sub>el</sub> inst.	0,17	Arbeitsplätze	0,07	Arbeitsplätze	0,11	Arbeitsplätze	0,08	Arbeitsplätze	0,20	Arbeitsplätze				
Gesamtpersonaleinsatz/kW <sub>el</sub> inst.	0,22	Personen	0,07	Personen	0,02	Personen	0,04	Personen	0,14	Personen				
Einsatz regionalen Personals/kW <sub>th</sub> inst.	0,22	Personen	0,00	Personen	0,02	Personen	0,03	Personen	0,08	Personen	0,02	Personen	0,05	Personen
Einsatz regionalen Personals/kW <sub>el</sub> inst.	0,22	Personen	0,07	Personen	0,02	Personen	0,04	Personen	0,14	Personen				
Einsatz von hochqualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>th</sub> inst.	0,01	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen
Einsatz von hochqualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>el</sub> inst.	0,00	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen				
Einsatz von qualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>th</sub> inst.	0,19	Personen	0,00	Personen	0,01	Personen	0,01	Personen	0,04	Personen	0,02	Personen	0,05	Personen
Einsatz von qualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>el</sub> inst.	0,19	Personen	0,05	Personen	0,02	Personen	0,01	Personen	0,06	Personen				
Einsatz von gering qualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>th</sub> inst.	0,01	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen
Einsatz von gering qualifiziertem regionalem Personal/kW <sub>el</sub> inst.	0,01	Personen	0,01	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen				
Weiterqualifiziertes Personal/kW <sub>th</sub> inst.	0,01	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen	0,03	Personen	0,01	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen
Weiterqualifiziertes Personal/kW <sub>el</sub> inst.	0,01	Personen	0,01	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen	0,00	Personen				
geschaffene und erhaltene Mannjahre/Mio. € Investition	151,43	Mannjahre	25,31	Mannjahre	33,60	Mannjahre	19,06	Mannjahre	41,95	Mannjahre	40,70	Mannjahre	24,96	Mannjahre

Tabelle 75: Vergleich der sozialen Indikatoren – eigene Erhebungen

Kapitel F: Auswirkungen der Biomassenutzung auf die regionale Wertschöpfung in der Region Naturpark Saar-Hunsrück

Vergleich zur Alternative	A1: 105 kW Nawaro BGA		A2: 150 kW Nawaro BGA		A3: 500 kW LR+ER BGA		A4: 500 kW LR+IR+ Nawaro BGA		A5: 630 kW BM BGA		A6: 800 kW SR HHS		A7: 400 kW WH HHS	
	Biogasanlage im Vergleich mit einer Nichtinvestition und einer Ölheizung f. d. Eigenwärmebedarf		Biogasanlage im Vergleich zu einer Nichtinvestition		Biogasanlage im Vergleich mit einer Nichtinvestition und einer Ölheizung f. d. Eigenwärmebedarf		Biogasanlage im Vergleich zu einer Nichtinvestition		Biogasanlage im Vergleich zu einer Kompostierung		Holzheizung im Vergleich zu einer Ölheizung		Holzheizung im Vergleich zu einer Ölheizung	
geschaffene Arbeitsplätze über Gesamtlaufzeit	6,50	Mannjahre	6,50	Mannjahre	46,50	Mannjahre	23,05	Mannjahre	306,90	Mannjahre	0,00	Mannjahre	0,00	Mannjahre
gesicherte Arbeitsplätze über Gesamtlaufzeit	16,21	Mannjahre	9,70	Mannjahre	10,61	Mannjahre	24,60	Mannjahre	70,66	Mannjahre	14,24	Mannjahre	5,99	Mannjahre
zusätzlich geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze über Gesamtlaufzeit	18,17	Mannjahre	10,09	0,00	56,95	Mannjahre	40,00	Mannjahre	306,90	Mannjahre	13,25	Mannjahre	5,09	Mannjahre
verdrängte regionale Arbeitsplätze über Gesamtlaufzeit	4,55	Mannjahre	6,11	Mannjahre	0,16	Mannjahre	7,64	Mannjahre	252,08	Mannjahre	0,99	Mannjahre	0,90	Mannjahre
zusätzlich geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze/GWh alternativ extern bezogener Energie	1,04	Mannjahre	0,47	Mannjahre	0,58	Mannjahre	0,48	Mannjahre	0,70	Mannjahre	0,23	Mannjahre	0,49	Mannjahre
verdrängte regionale Arbeitsplätze/GWh Input	1,67	Mannjahre	1,87	Mannjahre	0,01	Mannjahre	0,84	Mannjahre	15,22	Mannjahre	0,23	Mannjahre	1,09	Mannjahre
verdrängte Arbeitsplätze/kW <sub>th</sub> installiert	0,04	Mannjahre	0,00	Mannjahre	0,00	Mannjahre	0,01	Mannjahre	0,24	Mannjahre	0,00	Mannjahre	0,00	Mannjahre
verdrängte Arbeitsplätze/kW <sub>el</sub> installiert	0,04	Mannjahre	0,04	Mannjahre	0,00	Mannjahre	0,02	Mannjahre	0,40	Mannjahre				
verdrängte regionale Arbeitsplätze/kW <sub>th</sub> installiert	0,04	Mannjahre	0,00	Mannjahre	0,00	Mannjahre	0,01	Mannjahre	0,24	Mannjahre	0,001	Mannjahre	0,002	Mannjahre
verdrängte regionale Arbeitsplätze/kW <sub>el</sub> installiert	0,04	Mannjahre	0,00	Mannjahre	0,00	Mannjahre	0,01	Mannjahre	0,40	Mannjahre				
Anzahl der umgesetzten Projekte nach Besichtigung/Betriebsjahr	3,00	Projekte	8,00	Projekte	0,14	Projekte	10,00	Projekte	8,00	Projekte	0,67	Projekte	0,29	Projekte
zusätzlich gesicherte und geschaffene Mannjahre /Mio € Invest	121,10	Mannjahre	15,76	Mannjahre	33,50	Mannjahre	16,00	Mannjahre	13,94	Mannjahre	37,87	Mannjahre	21,22	Mannjahre

Tabelle 76: Vergleich der Auswirkungen der sozialen Aspekte mit der Alternative – eigene Berechnungen

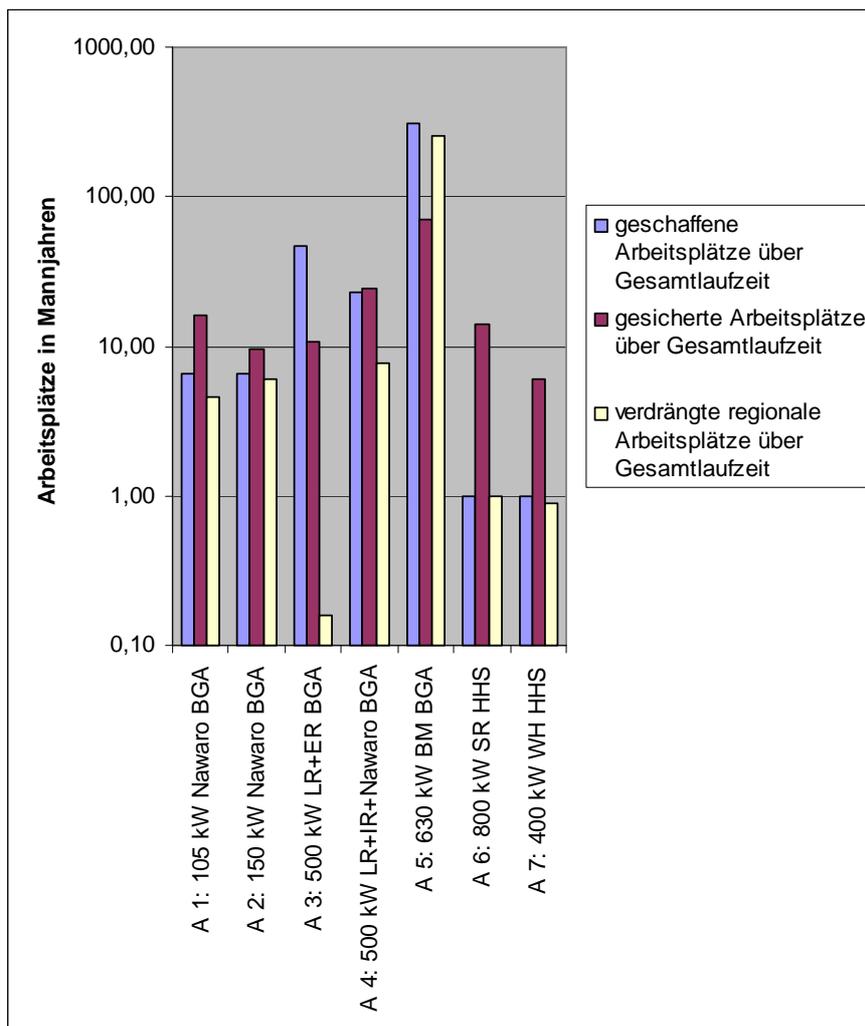
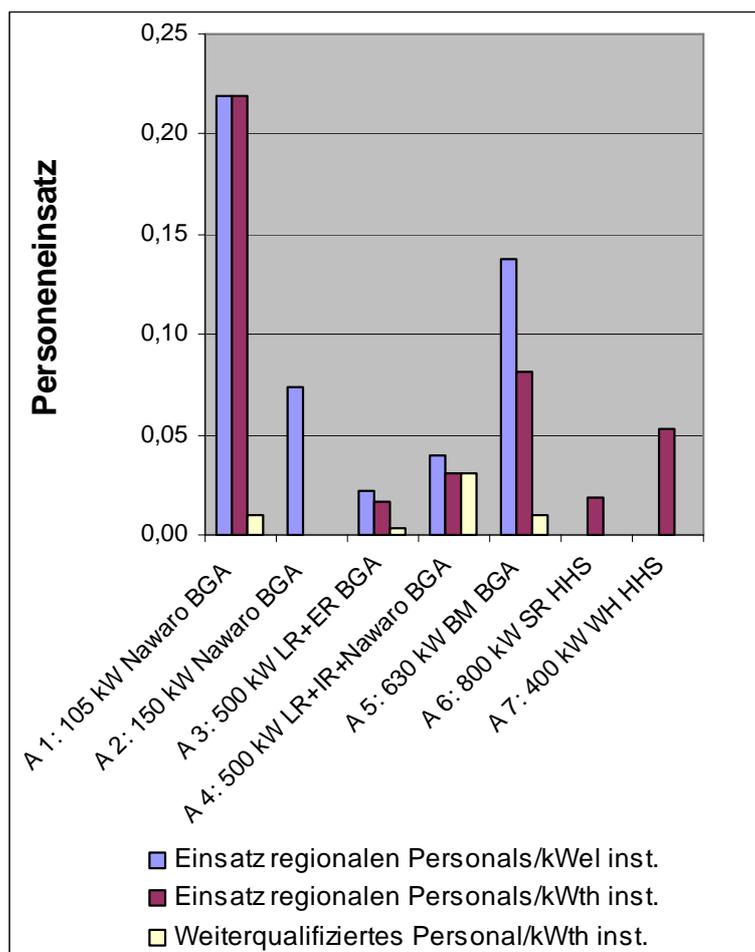


Abbildung 70: Vergleich der geschaffenen, erhaltenen und verdrängten Arbeitsplätze der Anlagen über die Gesamtlaufzeit – eigene Darstellung

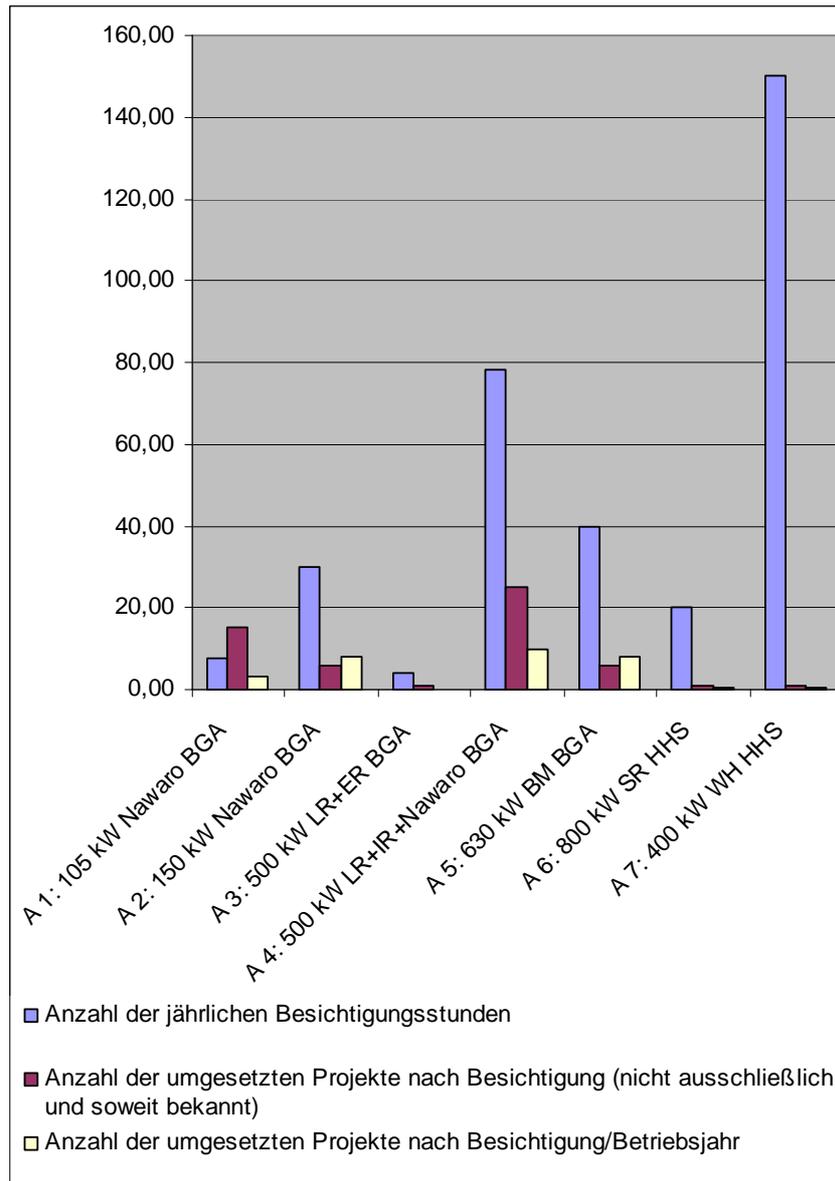


**Abbildung 71: Einsatz und Qualifizierung von Personal je Einheit installierter Leistung – eigene Darstellung**

Für die regionale Entwicklung sind vor allem auch die Auswirkungen der bestehenden Anlagen interessant. Dabei ist die abschließende Entscheidung für oder gegen den Bau einer ähnlichen oder veränderten Anlage als Konsequenz einer Besichtigung nur schwer abzuschätzen. Wie in Abschnitt D.1.2. dargestellt, werden Entscheidungen nicht auf Basis einer einzelnen Anlagenbesichtigung getroffen, jedoch sind die Existenz von Anschauungsobjekten und Ansprechpartnern mit Erfahrung für künftige Entscheider besonders wichtig. Die bestehenden Anlagen tragen daher in unterschiedlicher Weise dazu bei, dass die Information zu der Technologie in der Region weiter verbreitet wird. Besichtigungstermine, die alle befragten Betreiber bis dato kostenlos auf Anfrage anbieten, sind deshalb wichtige Voraussetzungen für die Kommunikation von Akteuren zur Weiterentwicklung der Technologie und zur Bildung von neuen Netzwerken. In Abbildung 72 sind daher die jährlich durchgeführten Besichtigungen der verschiedenen Anlagen sowie die bekannten daraus entstandenen Projekte gegenübergestellt. Der spezifische Anteil

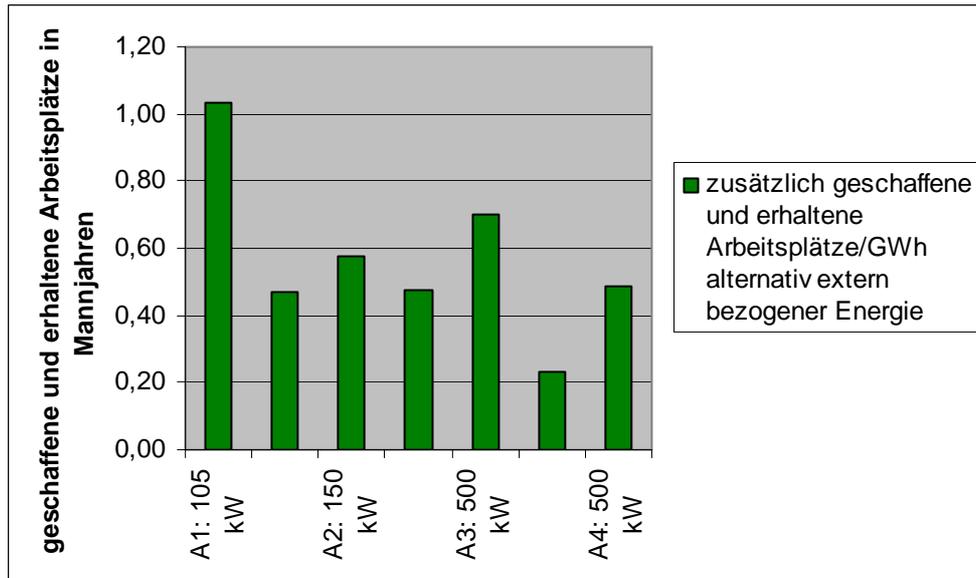
der Besichtigung an der Projektentscheidung kann dabei jedoch nicht beziffert werden. Anlage 7 stellt hierbei mit besonders hoher Besucherfrequentierung eine Besonderheit dar, da es sich um eine der ersten Kommunalen Holzheizungen in der Region handelt, die vor allem in den Anfangsjahren auch von überregionalen Besuchern besichtigt wurde. Hierbei ist die Verfolgung der Umsetzungsquote nur partial möglich. Bei Anlage 4 mit hoher Frequentierung und Umsetzungsquote handelt es sich um einen Firmenstandort eines regionalen Planers und Herstellers von Biogasanlagen, so dass potenzielle Kunden die Anlage stark frequentieren. Auch Anlage 2 erhält einen Großteil des Besucherstroms über die Vermittlung des regionalen Planungsbüros, so dass für einige dargestellte Umsetzungen davon auszugehen ist, dass die Besichtigungen mehrerer Anlagen im Untersuchungsgebiet die Entscheidung beeinflusst haben.

Relevant für den Effekt der Weiterverbreitung ist auch die Anzahl der einbezogenen Personen und Akteursgruppen. Vor allem interdisziplinär initiierte Anlagen wie Nr. 4 und Nr. 5 tragen durch die Besichtigungen und die Weiterleitung der Information über Technik und Umsetzungsmöglichkeiten erheblich zur Verbreitung von Interesse und zur Vergrößerung des Wissens über vorhandene Alternativen bei.



**Abbildung 72: Vergleich der unentgeltlich geleisteten Besichtigungsstunden und der umgesetzten Projekte nach Besichtigungen während der Gesamtlaufzeit und je Betriebsjahr – eigene Darstellung**

Im Fall der Nichtnutzung der energetischen Bioenergiepotenziale und dem damit einhergehenden Import von fossilen Energieträgern von außerhalb ergeben sich auch im direkten Vergleich Auswirkungen auf die Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen (vgl. Abbildung 69). Abbildung 73 stellt die jeweils geschaffenen und gesicherten Arbeitsplätze pro Jahr im Vergleich zu den alternativ zu beziehenden Energieeinheiten in GWh für das entsprechende Jahr dar. Hieraus wird deutlich, dass durch die Nutzung der gleichen Mengen endogener Energieträger im Vergleich zu exogenen Energieträgern zusätzliche regionale Effekte in Höhe von 0,2–1,04 Arbeitsplätzen (bezogen auf jeweils ein Jahr) entstehen.



**Abbildung 73: Vergleich der zusätzlich geschaffenen und erhaltenen Arbeitsplätze je GWh Energie, die alternativ von extern und aus fossilen Quellen bezogen worden wäre – eigene Darstellung**

#### 6.4. Ökologische Indikatoren im Vergleich

Die ökologischen Faktoren stellen in ihrer Messbarkeit die größten Schwierigkeiten dar. Eine messbare Größe, die jedoch ebenfalls von verschiedenen Faktoren abhängt, ist die Einsparung von klimaschädlichen Emissionen. An den untersuchten Standorten wird durch die Installation von Bioenergieanlagen durch die Nutzung der Abwärme der Bezug von Heizöl und durch die Produktion von Strom der bundesweite Strommix ersetzt. Ferner können bei Anlagen, die Dünger als Output produzieren, die Emissionen der Produktion von Mineraldünger eingespart werden. Zu beachten sind jedoch die zusätzlich entstehenden Emissionen, die durch den zusätzlichen Anbau bzw. den energieintensiveren Anbau (z. B. Mais im Vergleich zu Weizen) sowie die zusätzlichen Transporte der Rohstoffe und Reststoffe aus nicht-erneuerbaren Energien erzeugt werden. Diesen Einheiten können jeweils CO<sub>2</sub>-Emissionen zugeordnet werden. Auf Grund der weitgehend geschlossenen CO<sub>2</sub>-Kreisläufe wird die Verbrennung von Biomasse bzw. Biogas als CO<sub>2</sub>-neutral angesetzt. Neben den dargestellten Auswirkungen können bei geeigneten Messverfahren auch die Veränderung des Auswaschungspotenzials von Nitraten in das Grundwasser oder das Maß der Entstehung von Monokulturen bei übermäßigem Anbau untersucht und im entwickelten Tool dargestellt werden.

Kapitel F: Auswirkungen der Biomassenutzung auf die regionale Wertschöpfung in der Region Naturpark Saar-Hunsrück

Ökologische Wertefaktoren	A1: 105 kW Nawaro BGA		A2: 150 kW Nawaro BGA		A3: 500 kW LR+ER BGA		A4: 500 kW LR+IR+ Nawaro BGA		A5: 630 kW BM BGA		A6: 800 kW SR HHS		A7: 400 kW WH HHS	
Eingesparte Liter Heizöl	6.000	Liter	0	Liter	6.000	Liter	100.000	Liter	412.335	Liter	304.000	Liter	73.000	Liter
Eingesparte kWh aus Heizöl	60.000	kWh	0	kWh	60.000	kWh	1.000.000	kWh	4.123.350	kWh	3.040.000	kWh	730.000	kWh
Eingesparte Produktion von Strom aus Strommix	816.832	kWh	1.079.100	kWh	3.749.350	kWh	3.202.749	kWh	4.851.000	kWh	0	kWh		kWh
Eingesparte CO <sub>2</sub> -Äquivalente der Mineraldüngerproduktion je t mittlerer N-Dünger	7.186	kg	7.186	kg	7.186	kg	7.186	kg	7.186	kg				
zusätzlich genutzte fossile Treibstoffe für den Anbau	1.020	Liter	1.020	Liter	6.375	Liter	1.275	Liter	0	Liter	0	Liter	0	Liter
Genutzte fossile Treibstoffe für den zusätzlichen Transport von Gülle	0	Liter	0	Liter	0	Liter	600	Liter	0	Liter	0	Liter	0	Liter
Genutzte fossile Treibstoffe für den zusätzlichen Transport von Rohstoffen ohne NawaRos	0	Liter	0	Liter	0	Liter	0	Liter	0	Liter	0	Liter	0	Liter
Genutzte fossile Treibstoffe für die zusätzliche Ausbringung von Gärsubstrat	460	Liter	447	Liter	2.039	Liter	1.765	Liter	527	Liter	0	Liter	0	Liter
CO <sub>2</sub> -Emissionen pro kWh Treibstoff	2.630	g	2.630	g	2.630	g	2.630	g	2.630	g	2.630	g	2.630	g
CO <sub>2</sub> -Einsparung pro kWh aus Heizöl	290	g	290	g	290	g	290	g	290	g	290	g	290	g
CO <sub>2</sub> -Einsparung pro ersetzte kWh Strom	660	g	660	g	660	g	660	g	660	g	660	g	660	g
CO <sub>2</sub> -Einsparung durch Strom/a	539	t	712	t	2475	t	2.114	t	3.202	t	0	t	0	t
CO <sub>2</sub> -Einsparung durch Wärme/a	17,4	t	0,0	t	17,4	t	290	t	1.196	t	881,6	t	167,2	t
CO <sub>2</sub> -Einsparung durch Mineraldüngerersatz/a	111,3	t	105,9	t	351,7	t	235	t	638	t	0,0	t	0,0	t
CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Treibstoff f. zusätzl. Anbau, Transport u. Ausbringung/a	38,9	t	38,6	t	221,3	t	96	t	527	t	0,0	t	0,0	t
CO <sub>2</sub> -Gesamteinsparung/a	628,9	t	779,5	t	2622,4	t	2543,5	t	4508,2	t	881,6	t	167,2	t
CO <sub>2</sub> -Gesamteinsparung über Laufzeit	13.356	t	16.362	t	56.874	t	50.870	t	90.165	t	13.224	t	2.508	t
Berücksichtigung der Grundsätze der Nachhaltigkeit	ja		ja		ja		ja		ja		ja		ja	
Flächenbedarf versiegelt	0,15	ha	0,15	ha	0,5	ha	1	t	1	ha	0,5	ha	0,25	ha
Flächenbedarf Anbaufläche für Nawaros bzw. Waldrestholz	40	ha/a	40	ha/a	0	ha/a	50	ha	0	ha/a	0	ha/a	10	ha/a
Flächenbedarf für Substratausbringung	91	ha	87	ha	288	ha	193	ha	522	ha				
zusätzlich ganzjährig bepflanzte Fläche	0	ha	0	ha	0	ha	0	ha/a	0	ha	0	ha	0	ha
Reduzierungspotenzial von Nitratauswaschungen	0	%	0	%	0	%	0	ha	0	%	0	%	0	%
Veränderung der Biodiversität und Gefahr der Bildung von Monokulturen	0	%	0	%	0	%	0	ha	0	%	0	%	0	%

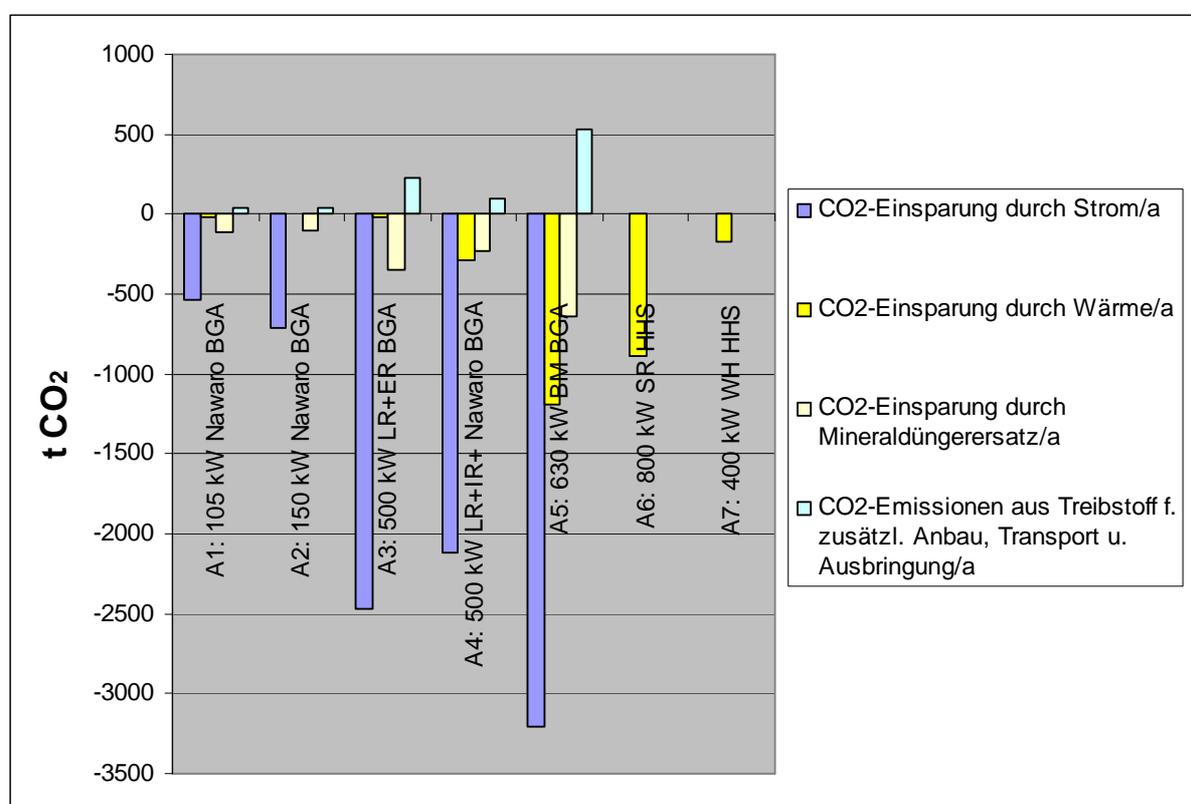
Abbildung 74: Ökologische Wertefaktoren in der Übersicht – eigene Ermittlungen

Kapitel F: Auswirkungen der Biomassenutzung auf die regionale Wertschöpfung in der Region Naturpark Saar-Hunsrück

Ökologische Indikatoren	A1: 105 kW Nawaro BGA	A2: 150 kW Nawaro BGA	A3: 500 kW LR+ER BGA	A4: 500 kW LR+IR+ Nawaro BGA	A5: 630 kW BM BGA	A6: 800 kW SR HHS	A7: 400 kW WH HHS
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Wärme/GWh Jahresinput über Laufzeit	128 t	0 t	32 t	634 t	1.444 t	209 t	203 t
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Strom/GWh Jahresinput über Laufzeit	3.960 t	4.356 t	4.488 t	4.620 t	3.867 t		
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Mineraldüngerersatz/GWh Jahresinput über Laufzeit	817 t	648 t	638 t	515 t	771 t		
CO <sub>2</sub> -Emissionen durch zusätzlichen Anbau, Transport und Ausbringung/GWh Jahresinput über Laufzeit	286 t	236 t	401 t	209 t	637 t		
Gesamte CO <sub>2</sub> -Einsparung/GWh Jahresinput	4.619 t	4.768 t	4.756 t	5.559 t	5.445 t	209 t	203 t
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Wärme/1.000 t Rohstoffinput	79 t	0 t	25 t	504 t	1.139 t		
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Strom/1.000 t Rohstoffinput	2.462 t	2.849 t	3.535 t	3.676 t	3.049 t		
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Mineraldüngerersatz/1.000 t Rohstoffinput	508 t	424 t	502 t	409 t	608 t		
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent/kW <sub>th</sub>	127 t	0 t	87 t	78 t	84 t	17 t	6 t
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent/kW <sub>el</sub>	127 t	109 t	114 t	102 t	143 t		
Flächenbedarf in ha/1000 t Rohstoffinput	9,1 ha	8,0 ha	0 ha	4 ha	0 ha		
zusätzlich/ganzjährig bepflanzte Flächen in ha/1.000 t Rohstoffinput	0,0 ha	0,0 ha	0 ha	0 ha	0 ha		

Tabelle 77: Ökologische Indikatoren im Vergleich – eigene Erhebungen

Die größten Effekte zur Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen ergeben sich, wie in Abbildung 75 und Abbildung 76 verdeutlicht, für die Anlagen mit Stromerzeugung. Bei den Einsparungen müssen jedoch die Emissionen berücksichtigt werden, die durch Anbau und Transport des Rohstoffmaterials zur Anlage sowie durch zusätzlich transportierte Mengen im Vergleich zur jeweiligen Alternative entstehen. Diese liegen trotz des hohen Wasseranteils des Gärsubstrats und den damit großen Ausbringmengen in allen Fällen niedriger als die Einsparung der Emissionen, die bei der Produktion von mineralischen Düngemitteln entstehen.<sup>265</sup> Eine weitere Reduktion der Transportemissionen könnte durch die Reduktion des Wassergehalts und somit der auszubringenden Gesamtmenge des Düngers erfolgen.

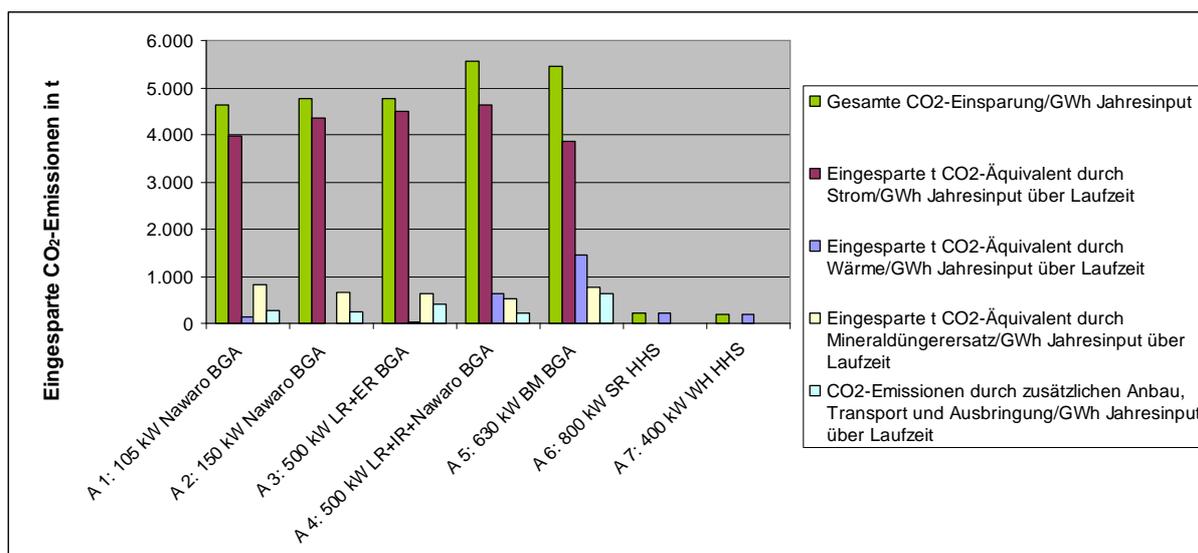


**Abbildung 75: Gegenüberstellung der jährlichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch Strom, Wärme, Mineraldüngerersatz mit den zusätzlichen Emissionen aus Anbau, Transport und der zusätzlichen Ausbringungsmenge – eigene Darstellung**

Abbildung 76 setzt die eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen in das Verhältnis zum Energieinput. Daraus wird deutlich, dass die großen Anlagen mit Strom- und Wärmenutzung

<sup>265</sup> Angesetzt wurde die Produktion von mittlerem N-Dünger mit einer Emission von 7186 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent je t N; s. PATYK/REINHARDT (1997), S. 94.

den höchsten Anteil an der Emissionseinsparung haben. Die Emissionen bei der Herstellung der Anlagen müssen zusätzlich von den Einsparungen in Abzug gebracht werden. Die Emissionen für die Produktion von Ersatzinvestitionen liegen meist auf ähnlichem Niveau wie die der untersuchten Anlagen. Die Ermittlung der Emissionen der anstelle der Nulloption errichteten Anlagen erfordert einen hohen Untersuchungsaufwand, da sich die Anlagen aus unterschiedlichen Materialien und Bauteilen zusammensetzen, die durch verschiedene Herstellungsvarianten produziert werden können<sup>266</sup>. Sie kann daher nicht Bestandteil dieser Untersuchung sein.



**Abbildung 76: Eingesparte CO<sub>2</sub>-Mengen im Verhältnis zum Rohstoffinput – eigene Berechnungen**

Abbildung 77 verdeutlicht die Ökoeffizienz der verschiedenen Anlagen hinsichtlich des Reduktionspotenzials von CO<sub>2</sub> durch die Stromproduktion im Verhältnis zur eingebrachten Rohstoffmenge und dem Energieinput. Die Anlagen 4 und 3 verzeichnen hierbei die höchste Ökoeffizienz.

<sup>266</sup> Der Herstellungsprozess einer Biogasanlage enthält eine Zusammenstellung der verschiedenen Bauteile und deren Anpassung auf die jeweiligen Inputstoffe und Rahmenbedingungen (Betonfermenter, Stahlfermenter oder Kombination von beidem; Feststoffdosierung, Güllelager, Silofläche, Verrohrung, Pumpen, BHKW etc.) und wird als Anlage meist erst vor Ort erstellt. Sie kann deshalb nicht wie z. B. eine Windkraftanlage oder eine Photovoltaikanlage als einzelne Einheit mit Anschluss und Montage betrachtet und bestellt werden.

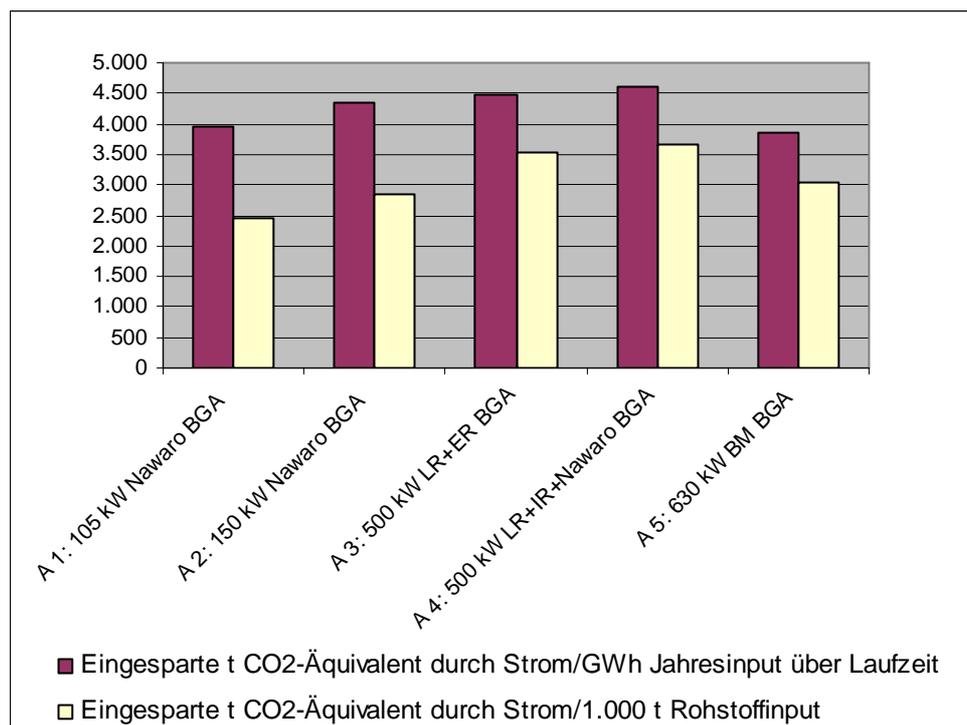


Abbildung 77: Verhältnis der eingesparten CO<sub>2</sub>-Mengen über Strom zum Energie- und Rohstoffinput – eigene Berechnungen

## 7. Nutzung des Berechnungstools zur Dokumentation möglicher Veränderungen in Planungs- und Betriebsprozessen hinsichtlich ihrer Relevanz auf die Auswirkungen auf die Region

Die beispielhaften Gegenüberstellungen in Abschnitt F.6 verdeutlichen die Möglichkeit des Vergleichs verschiedener Anlagenvarianten und Optionen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Region. Auf Basis der in Abschnitt E.9 dargestellten und im Anhang beigefügten Excel-Tabellen wurde die Methodik anhand der untersuchten Anlagen aufbereitet. Durch die Verknüpfung der Dateien können entsprechende Resultate auch mit anderen Rahmendaten generiert werden. Die dargestellten Ergebnisse dienen lediglich als Beispiele und können anhand der jeweiligen Präferenzen der Akteure ausgewählt und ins Verhältnis gesetzt werden. Auf Grundlage dieser Erfassung können die Szenarien verändert und die Auswirkungen auf die entsprechenden Effekte dokumentiert werden. Regionale Entscheider erhalten dadurch die Möglichkeit, verschiedene Alternativen gegeneinander abzuwägen und ggf. entsprechende Vorgaben oder Förder Voraussetzungen aus Sicht der angestrebten regionalen Entwicklung zu generieren.

Unter anderem trägt der Grad der Wärmenutzung in KWK-Anlagen wesentlich zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, Einsparung von Emissionen und Vernetzung von Akteuren bei. Anhand des Beispiels der Anlage 4 wird daher im Folgenden kurz beschrieben, wie sich die geplante vollständige Nutzung der Wärme durch die Installation einer Gasaufbereitung auf Erdgasniveau, die Einspeisung in das Gasnetz und die Entnahme an einem Standort mit vollständiger Wärmenutzung auf die Entwicklung der dargestellten Faktoren auswirken kann.

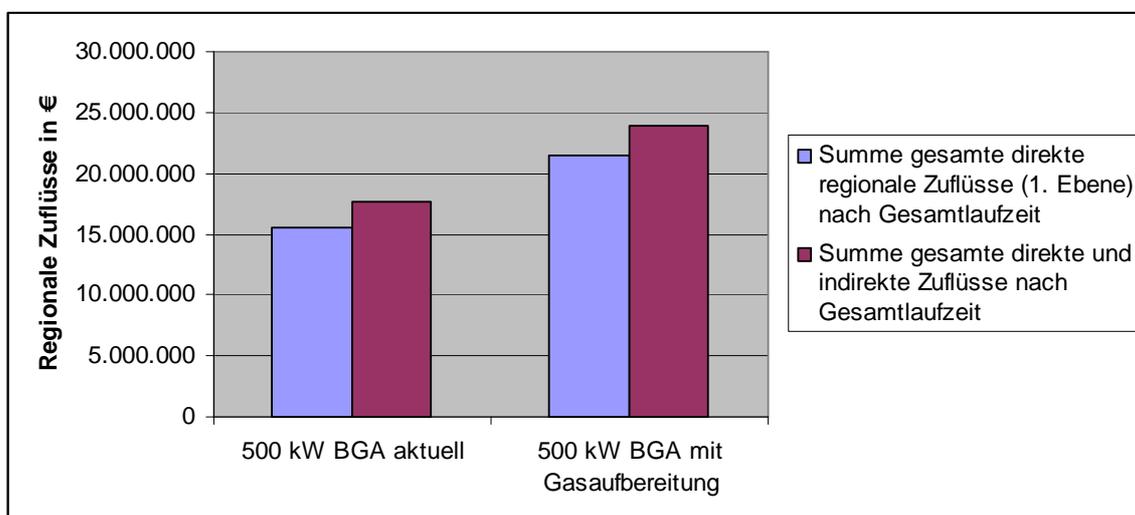
Am Standort der Anlage 4 ist die energetische Nutzung der produzierten Wärme außerhalb des Prozessbedarfes sowie der Beheizung der Büroräumlichkeiten nicht möglich. Da die Produktion von Wärme in Kombination mit der Stromerzeugung erfolgt, ist zur vollständigen Wärmenutzung die Produktion von Strom am Standort oder in räumlicher Nähe der Wärmeabnahme notwendig. Zum Transport des Gases eignet sich die bestehende Gasleitung des örtlichen Energieversorgers, sofern die hierfür erforderlichen Qualitätsanforderungen erfüllt sind. Die Aufbereitung von Biogas zur Einspeisung in ein Erdgasnetz erfordert die Reinigung des Gases von CO<sub>2</sub> und weiteren Spurengasen zur Erreichung des Methangehalts und der Qualität von Erdgas. Dies erfolgt durch eine Gaswäsche mittels Druck, der anschließend die Einspeisung in die bestehende Mitteldruck-Erdgasleitung (4 bar) ermöglicht. Die eingespeiste Menge Gas kann rechnerisch an anderer Stelle entnommen und verstromt werden.<sup>267</sup>

Abbildung 80 bis Abbildung 83 bereiten die Effekte graphisch auf, die die Gas-aufbereitung und Einspeisung sowie die Entnahme am Standort des Wärme-abnehmers im Vergleich zur aktuellen Variante erzielen. Daraus wird deutlich, dass sich durch die zusätzliche Investition und den Wärmeabsatz die regionalen Zuflüsse der 1. und 2. Ebene deutlich steigern. Neben der Gasaufbereitung muss in eine Gasleitung investiert werden, welche die Einspeisung von Standort der Biogasanlage in das vorhandene Netz ermöglicht. Die hierdurch entstehenden Effekte sind in Abbildung 78 noch nicht berücksichtigt, da diese nicht der Anlage 4 allein zugeordnet werden können. Durch die vollständige Wärmenutzung wird für die Vergütung des

---

<sup>267</sup> Faktisch wird am Wärmebedarfsstandort Erdgas aus dem Netz entnommen. Durch die Einspeisung des Biogases am Anlagenstandort wird jedoch die gleiche Menge Erdgas aus dem Netz durch Biogas ersetzt. Eine rechnerische Biogasverwertung ist damit am Wärmeabnahmestandort möglich.

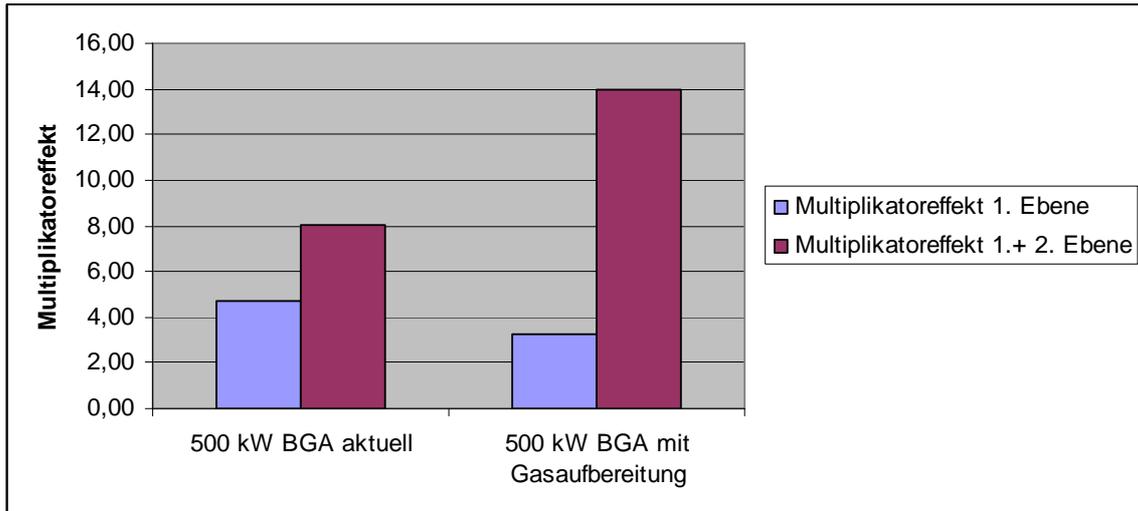
Stromes der KWK-Bonus von 0,02 €/kWh zum bestehenden Wärmepreis gewährt. Die Aufbereitung von Biogas auf Erdgasniveau ist eine technische Innovation, die mit weiteren 0,02 €/kWh vergütet wird.<sup>268</sup>



**Abbildung 78: Vergleich der regionalen Zuflüsse durch die Anlage 4 vor und nach Installation der Gasaufbereitung – eigene Berechnungen**

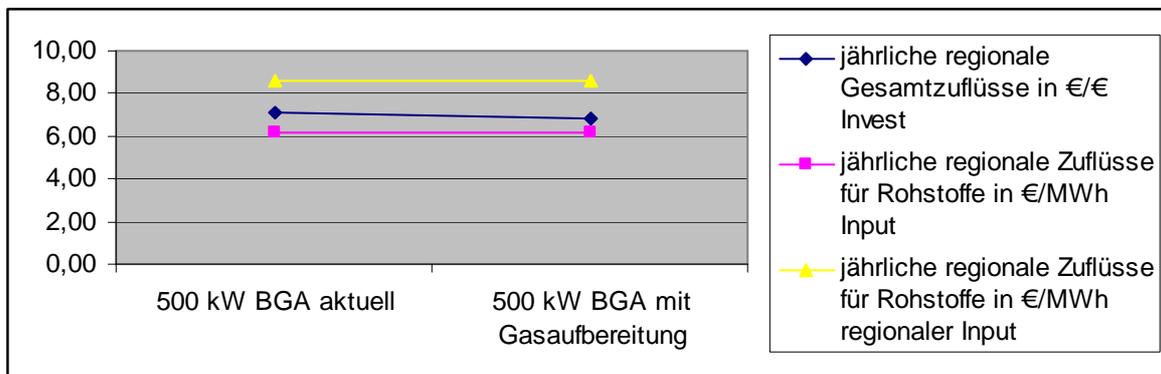
Die Reduzierung des Multiplikatoreffektes in der 1. Ebene (Abbildung 79) der Gas-einspeisung ergibt sich aus dem Vergleich mit der Alternative zur Wärmeversorgung mit Abwärme aus dem BHKW, die ansonsten fossil bereitgestellt worden wäre. In dieser Variante werden die alternativen Einnahmen des Energieversorgers um die Menge der zusätzlich abgesetzten Wärme reduziert. Die alternativen Einnahmen, mit der die Variante verglichen wird, sind damit höher als die der nur teilweise nutzbaren Wärme. Die gesamten Effekte bewegen sich jedoch auf einem höheren Niveau, so dass die regionalen Zuflüsse der ersten Ebene gegenüber der Alternative ohne Wärmenutzung erhöht sind (s. Abbildung 78).

<sup>268</sup> In der vorliegenden Untersuchung wurde für die Anlage 4 jedoch nur von einem zusätzlichen Bonus von 0,02 € für die 100 %ige Wärmenutzung ausgegangen, da die Investition in die Gasleitung vom regionalen Energieversorger übernommen wird und diesem der Technologiebonus zukommt. Hierdurch entstehen weitere Effekte, die durch das noch nicht abschließend geplante Projekt nicht weiter untersucht werden können.



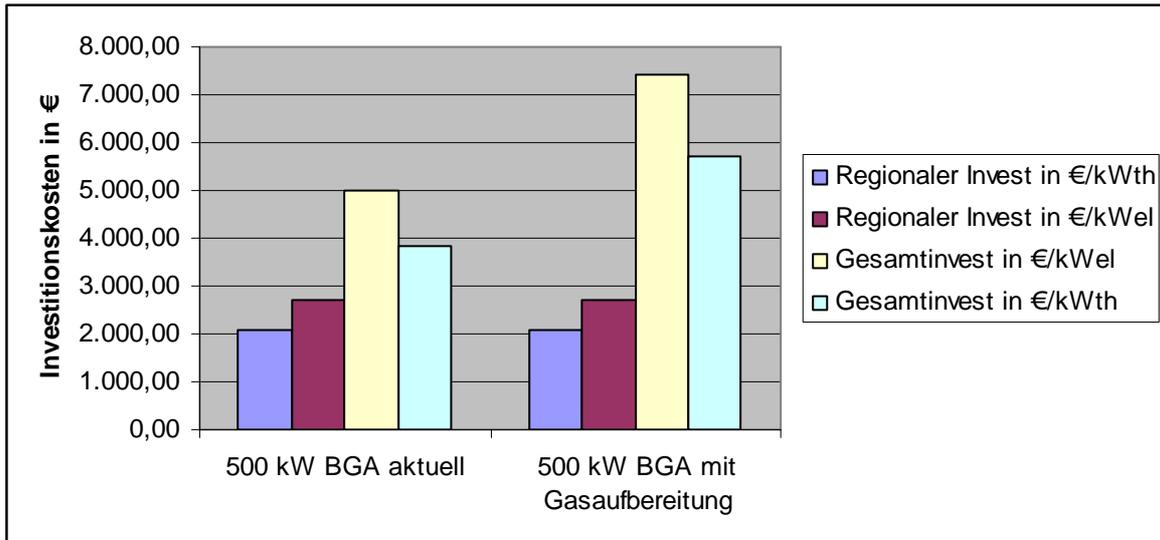
**Abbildung 79: Vergleich der Multiplikatoreffekte erzielt durch die Anlage 4 vor und nach Installation der Gasaufbereitung – eigene Berechnungen**

Durch die höheren Investitionskosten, die größtenteils von außerhalb der Region bezogen werden müssen, sinken die jährlichen Gesamtzuflüsse minimal. Die ausgelöste Investition ermöglicht jedoch die Einspeisung einer größeren als die an der Biogasanlage produzierten Gasmenge, so dass sich dieser Wert bei Erhöhung der Leistung wiederum verändern wird. Die regionalen Zuflüsse für Rohstoffe bleiben im untersuchten Fall unverändert (s. Abbildung 80).



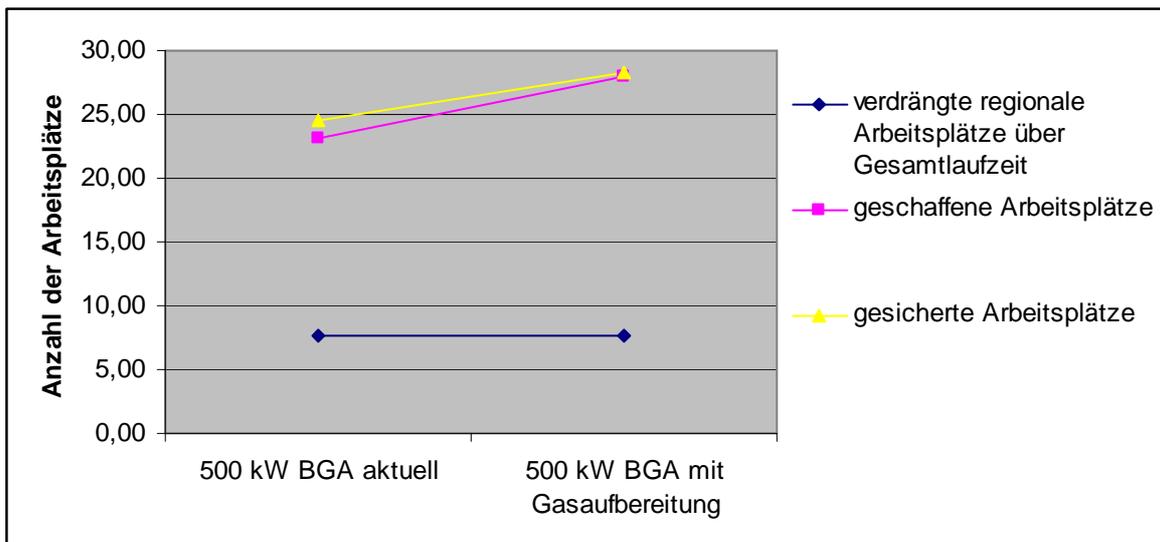
**Abbildung 80: Vergleich der regionalen Zuflüsse je Einheit Input der Anlage 4 vor und nach Installation der Gasaufbereitung – eigene Berechnungen**

Die Investitionskosten je kW installierte Leistung steigen an, während sich durch den externen Bezug der Technologie für die regionalen Investitionskosten keine Unterschiede ergeben (s. Abbildung 81).



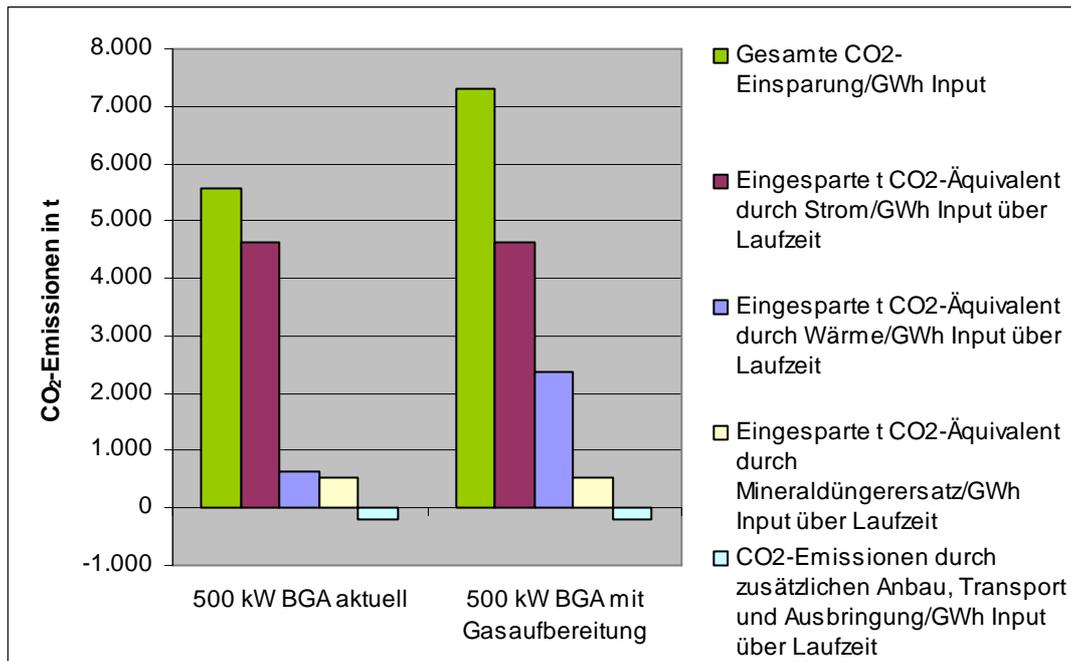
**Abbildung 81: Vergleich des regionalen Invest mit der installierten Leistung und der geleisteten Arbeit der Anlage 4 vor und nach Installation der Gasaufbereitung – eigene Berechnungen**

Durch den Betrieb der Aufbereitungseinheit und deren Installation werden zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen und gesichert (s. Abbildung 82).



**Abbildung 82: Vergleich der geschaffenen, gesicherten und verdrängten Arbeitsplätze der Anlage 4 vor und nach Installation der Gasaufbereitung – eigene Berechnungen**

Die vollständige Ausnutzung der generierten Energie (unter Abzug der Prozessenergie) führt zu einer höheren CO<sub>2</sub>-Einsparung je Inputeinheit (s. Abbildung 83).



**Abbildung 83: Vergleich der eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Anlage 4 vor und nach Installation der Gasaufbereitung – eigene Berechnungen**

Die Abbildungen verdeutlichen, dass das entwickelte Werkzeug zur Untersuchung und Darstellung der verschiedenen regionalen Effekte in unterschiedlichen Entscheidungssituationen herangezogen werden kann, um etwaige Auswirkungen in den ökonomischen, ökologischen und sozialen Bereichen zu veranschaulichen. Die Untersuchung, die an diesem Beispiel auf die Installation von Biogasanlagen und Holzheizungen beschränkt werden musste, lässt sich ebenfalls auf andere Technologien sowie andere Positionen in der Wertschöpfungskette ausweiten und auf andere Regionen übertragen. Die Regionalplanung kann damit auf die Entwicklung von regionalen Wertschöpfungsketten ausgerichtet werden, so dass die jeweiligen Multiplikatoreffekte gesteigert und somit die Generierung von Werten in der Region unterstützt werden kann. Die Einbeziehung einer Alternative in der Berechnung ermöglicht eine flexible Handhabung und die Anpassung der Bewertungsgrundlage auf verschiedene Rahmenbedingungen.

## **8. Abschätzung der Auswirkungen einer weitergehenden Umsetzung vorhandener Bioenergiepotenziale**

Die Darstellung der Ergebnisse mit Hilfe der Indikatoren gestattet eine Abschätzung der Auswirkungen der Umsetzung der vorhandenen und noch nicht genutzten

Bioenergiepotenziale auf die Region in Abhängigkeit von den für die Umsetzung genutzten Anlagen.

Durch das Verhältnis der eingesetzten Inputmenge zu den Auswirkungen der jeweiligen Bioenergieanlagen können Potenziale in zu erwartende Investitionen, einzusparende Emissionen und zu schaffende Arbeitsplätze etc. abgeschätzt werden.

Tabelle 78 zeigt die Aufstellung der Potenziale der verschiedenen Bioenergieträger in der Projektregion und teilt diese nach entsprechenden Stoffgruppen auf. Diese können zur Nutzung in verschiedenen Bioenergieanlagen verwertet werden. Im Rahmen der regionalen Strategie können hierbei Szenarien entwickelt werden, welche Nutzung aus Sicht der Region vorwiegend anzustreben ist. Ggf. können zur Unterstützung dieser Strategie entsprechende Strukturen geschaffen oder Förderanreize gegeben werden.

Gesamtpotenziale Untersuchungsgebiet nach Stoffgruppen	Theoretisch in MWh		Technisch in MWh		Verfügbar in MWh	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
holzartige Biomasse	1.793.207	1.827.155	1.731.776	1.753.946	1.458.903	1.471.114
sonst. therm verwertb. Biomasse	491.410	491.410	390.628	390.628	116.114	116.114
vergärbare Biomasse	1.781.202	2.029.302	1.144.865	1.271.992	448.733	516.176
ölhaltige Biomasse	122.942	122.942	94.235	94.235	51.845	51.845
<b>Summe</b>	<b>4.188.761</b>	<b>4.470.809</b>	<b>3.361.503</b>	<b>3.510.800</b>	<b>2.075.594</b>	<b>2.155.248</b>

**Tabelle 78: Darstellung der Bioenergiepotenziale in der Projektregion nach Stoffgruppen – eigene Ermittlungen**

Die ermittelten Indikatoren können dazu dienen, die zu erwartenden Effekte für die Region aus der Umsetzung der Potenziale abzuschätzen. In Tabelle 79 sind beispielhaft verschiedene Indikatoren dargestellt, die für die unterschiedlichen Kategorien der künftig zu installierenden Anlagen ermittelt und auf die vorhandenen Potenziale angewendet werden können.

Kapitel F: Auswirkungen der Biomassennutzung auf die regionale Wertschöpfung in der Region Naturpark Saar-Hunsrück

Indikatoren zur Umsetzung von vergärbaren Biomassen	Landwirtschaftliche Biogasanlagen bis 300 kW	Landwirtschaftliche Biogasanlagen bis 500 kW auf NawaRo Basis	Landwirtschaftliche Biogasanlagen bis 500 kW mit Abfallverwertung	Abfallrechtliche Biogasanlagen für die Bioabfallvergärung
regionale Gesamtzuflüsse in €/MWh Jahresinput nach Gesamtlaufzeit	2.116	1.773	1.619	6.141
jährliche regionale Zuflüsse für Rohstoffe in €/MWh regionaler Jahresinput	15	7	4	0
zusätzliche regionale Gesamtzuflüsse in €/MWh regionaler Jahresinput nach Gesamtlaufzeit	2.303	1.773	1.993	6.141
Gesamtinvest in €/MWh Jahresinput	125	175	214	543
regionale Gesamtzuflüsse in €/€ alternativer Gesamtfinanzmittelexport für externen Energiebezug	2	1	1	5
Gesamtinvest in €/€ alternativer Gesamtfinanzmittelexport für externen Energiebezug	0,1	0,1	0,1	0,5
Geschaffene reg. Arbeitsplätze/GWh Jahresinput	2	3	3	19
Erhaltene reg. Arbeitsplätze/GWh Jahresinput	4	2	2	4
Einsatz regionalen Personals/GWh Jahresinput	6	2	2	5
Weiterqualifiziertes Personal/GWh Jahresinput	0,3	0,2	1,2	0,7
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Wärme/GWh Jahresinput über Laufzeit	64	16	333	1.444
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Strom/GWh Jahresinput über Laufzeit	4.158	4.422	4.554	3.867
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Mineraldüngerersatz/GWh Jahresinput über Laufzeit	733	648	576	771
CO <sub>2</sub> -Emissionen durch zusätzlichen Anbau, Transport und Ausbringung/GWh Jahresinput über Laufzeit	261	319	305	637
Gesamte CO <sub>2</sub> -Einsparung/GWh Jahresinput	4.693	4.762	5.158	5.445

**Tabelle 79: Indikatoren zur Ermittlung der regionalen Auswirkungen der Umsetzung von Bioenergiepotenzialen am Beispiel der vergärbaren Potenziale<sup>269</sup> – eigene Ermittlungen**

<sup>269</sup> Die Werte für die landwirtschaftlichen Anlagen bis 300 kW<sub>el</sub> wurden aus dem Mittelwert der Indikatoren zwischen Anlagen 1 und 2, die Werte für die landwirtschaftliche Anlage auf NawaRo-Basis mit 500 kW<sub>el</sub> wurden aus dem Mittelwert der Indikatoren von Anlage 2 und 3 gebildet.

Tabelle 80 zeigt die regionalen Auswirkungen auf die Untersuchungsregion Naturpark Saar-Hunsrück durch die Umsetzung der kurzfristig verfügbaren Bioenergiepotenziale, die sich für die Vergärung eignen. Angesetzt wurden unterschiedliche prozentuale Verteilungen in entsprechende Anlagenkategorien, da die Umsetzung in regional unterschiedlichen Größeneinheiten und mit verschiedenen Technologien erfolgt. In der derzeitigen Entwicklung ist bei den neu zugebauten Anlagen eine Tendenz zur Erstellung von 500 kW<sub>el</sub>-Anlagen auf NawaRo-Basis zu erkennen. Daher wird dieser Anlagenkategorie ein Anteil von 50 % eingeräumt. Anlagen zur Verwertung von reinen Bioabfällen sind in ihrer Kapazität auf deren Anfall beschränkt. Entsprechend der Potenziale wird hierbei ein Prozentsatz von 7 % für diese Kategorie angesetzt. Die restlichen Potenziale verteilen sich auf die Kategorien der gemischten Verwertung landwirtschaftlicher Reststoffe mit Abfallstoffen (30 %) und die seltener werdenden Kleinanlagen (13 %). Bei der Umsetzung dieser kurzfristig verfügbaren Potenziale in den dargestellten Kategorien lassen sich in der Region während der Laufzeit der Anlagen 1,14 Mrd. € zusätzliche Zuflüsse im Vergleich zu den jeweiligen Alternativen erwirtschaften. Gleichzeitig werden Investitionen von 106 Mio. € ausgelöst. Es werden über die Gesamtlaufzeit von 20 Jahren 2.139 Mannjahre (jährlich 107) neue Arbeitsplätze geschaffen und 2,5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalent eingespart.

Diese kurzfristig verfügbaren Potenziale sind abhängig von den jeweiligen strukturellen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (s. Abschnitt C.4.) und können bei Reduzierung gewisser struktureller und wirtschaftlicher Hemmnisse (s. Abschnitt D.2.) in Richtung der technisch/ökologischen Potenziale ausgeweitet werden, sofern die Aspekte der Nachhaltigkeit und die Ziele der Regionalentwicklung (s. Abschnitt B.3.) berücksichtigt werden.

Die Auswirkungen der Umsetzung der technischen Potenziale, die als eine Potenzialobergrenze angesetzt werden können, sind für die vergärbaren Potenziale in Tabelle 81 dargestellt.

Bei der Umsetzung dieser technisch/ökologischen Potenziale in den dargestellten Kategorien lassen sich in der Region während der Laufzeit der Anlagen 2,8 Mrd. € zusätzliche Zuflüsse im Vergleich zu den jeweiligen Alternativen erwirtschaften. Gleichzeitig werden Investitionen von 261 Mio. € ausgelöst. Es würden über die

Gesamtlaufzeit von 20 Jahren 2.784 Mannjahre (jährlich 140) neue Arbeitsplätze geschaffen und 5,9 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalent eingespart.

Auswirkungen der Umsetzung der kurzfristig verfügbaren vergärbaren Bioenergiepotenziale	Landwirtschaftliche Biogasanlagen bis 300 kW	landwirtschaftliche Biogasanlagen bis 500 kW auf Nawaro Basis	landwirtschaftliche Biogasanlagen bis 500 kW mit Abfallverwertung	Abfallrechtliche Biogasanlagen für die Bioabfallvergärung	Summe	
Verwendeter Potenzialanteil	vergärbare Biomasse	vergärbare Biomasse	vergärbare Biomasse	vergärbare Biomasse		
Gesamtes kurzfristig verfügbares Potenzial in MWh	516.176	516.176	516.176	516.176		
genutzter Anteil des Potenzials im jeweiligen Anlagentyp in %	13	50	30	7	<b>100</b>	%
Potenzialnutzung in den jeweiligen Anlagen in MWh	67.103	258.088	154.853	36.132	<b>516.176</b>	<b>MWh</b>
regionale Gesamtzuflüsse nach Gesamtlaufzeit in €	141.979.125	457.711.268	250.753.549	221.886.121	<b>1.072.330.063</b>	<b>€</b>
jährliche regionale Zuflüsse für Rohstoffe in €	1.033.823	1.789.292	664.712	0	<b>3.487.828</b>	<b>€/a</b>
zusätzliche regionale Gesamtzuflüsse in € nach Gesamtlaufzeit	154.527.674	457.711.268	308.623.566	221.886.121	<b>1.142.748.628</b>	<b>€</b>
Gesamtinvest in €	8.415.024	45.149.760	33.089.176	19.637.136	<b>106.291.096</b>	<b>€</b>
€ alternativer Gesamtfinanzmittelexport für externen Energiebezug	36.050	347.992	172.082	194.979	<b>751.101</b>	<b>€</b>
Geschaffene regionale Arbeitsplätze über Gesamtlaufzeit	147	801	522	670	<b>2.139</b>	<b>Mannjahre</b>
Erhaltene regionale Arbeitsplätze über Gesamtlaufzeit	299	507	283	154	<b>1.243</b>	<b>Personen</b>
Einsatz regionalen Personals	396	563	246	190	<b>1.395</b>	<b>t CO<sub>2</sub></b>
Weiter-qualifiziertes Personal über Gesamtlaufzeit	23	63	183	24	<b>293</b>	<b>t CO<sub>2</sub></b>
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Wärme über Laufzeit	4.288	4.072	51.519	52.181	<b>112.060</b>	<b>t CO<sub>2</sub></b>
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Strom über Laufzeit	279.014	1.141.265	705.200	139.714	<b>2.265.193</b>	<b>t CO<sub>2</sub></b>
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Mineraldüngerersatz über Laufzeit	49.153	167.137	89.234	27.851	<b>333.375</b>	<b>t CO<sub>2</sub></b>
CO <sub>2</sub> -Emissionen durch zusätzlichen Anbau, Transport und Ausbringung über Laufzeit in t	17.511	82.239	47.276	23.015	<b>170.041</b>	<b>t CO<sub>2</sub></b>
Gesamte CO <sub>2</sub> -Einsparung über Gesamtlaufzeit in t	314.944	1.228.989	798.676	196.731	<b>2.539.341</b>	<b>t CO<sub>2</sub></b>

**Tabelle 80: Darstellung der Auswirkungen auf die Region aus der Umsetzung der kurzfristig verfügbaren vergärbaren Bioenergiepotenziale in der Untersuchungsregion – eigene Darstellung**

Kapitel F: Auswirkungen der Biomassenutzung auf die regionale Wertschöpfung in der Region  
Naturpark Saar-Hunsrück

Auswirkungen der Umsetzung der technischen vergärbaren Bioenergiepotenziale	Landwirtschaftliche Biogasanlagen bis 300 kW	landwirtschaftliche Biogasanlagen bis 500 kW auf Nawaro Basis	landwirtschaftliche Biogasanlagen bis 500 kW mit Abfallverwertung	Abfallrechtliche Biogasanlagen für die Bioabfallvergärung	Summe	
Verwendeter Potenzialanteil	vergärbare Biomasse	vergärbare Biomasse	vergärbare Biomasse	vergärbare Biomasse		
Gesamtes technisches Potenzial in MWh	1.271.992	1.271.992	1.271.992	1.271.992		
genutzter Anteil des Potenzials im jeweiligen Anlagentyp in %	13	50	30	7	100	%
Potenzialnutzung in den jeweiligen Anlagen in MWh	165.359	635.996	381.598	89.039	1.271.992	MWh
regionale Gesamtzuflüsse nach Gesamtlaufzeit in €	349.873.373	1.127.919.231	617.921.756	546.784.928	2.642.499.288	€
jährliche regionale Zuflüsse für Rohstoffe in €	2.547.608	4.409.280	1.638.024	0	8.594.911	€/a
zusätzliche regionale Gesamtzuflüsse in € nach Gesamtlaufzeit	380.796.251	1.127.919.231	760.528.479	546.784.928	2.816.028.890	€
Gesamtinvest in €	20.736.801	111.260.714	81.540.309	48.390.993	261.928.817	€
Geschaffene regionale Arbeitsplätze über Gesamtlaufzeit	362	1.392	835	195	2.784	Mannjahre
Erhaltene regionale Arbeitsplätze über Gesamtlaufzeit	738	2.837	1.702	397	5.673	Mannjahre
Einsatz regionalen Personals	977	3.756	2.254	526	7.512	Personen
Weiterqualifiziertes Personal über Gesamtlaufzeit	56	214	128	30	428	Personen
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Wärme über Laufzeit	10.567	40.644	24.386	5.690	81.287	t CO <sub>2</sub>
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Strom über Laufzeit	687.562	2.644.471	1.586.682	370.226	5.288.942	t CO <sub>2</sub>
Eingesparte t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Mineraldüngerersatz über Laufzeit	121.126	465.871	279.523	65.222	931.742	t CO <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub> -Emissionen durch zusätzlichen Anbau, Transport und Ausbringung über Laufzeit in t	43.151	165.967	99.580	23.235	331.934	t CO <sub>2</sub>
Gesamte CO <sub>2</sub> -Einsparung über Gesamtlaufzeit in t	776.105	2.985.018	1.791.011	417.903	5.970.036	t CO <sub>2</sub>

**Tabelle 81: Darstellung der Auswirkungen auf die Region aus der Umsetzung der technisch/ökologischen vergärbaren Bioenergiepotenziale in der Untersuchungsregion – eigene Darstellung**

## **G. Bioenergienutzung als strategischer Beitrag zur nachhaltigen Regionalentwicklung**

In Abschnitt F wurden anhand praktischer Untersuchungen mit Hilfe eines selbst entwickelten Werkzeugs die unterschiedlichen vorhandenen und möglichen Auswirkungen regionaler Bioenergieprojekte auf die Region gelistet und vergleichbar gemacht.

Diese Auswirkungen sind sehr vielfältig, so dass nur jeweils eine Auswahl präsentiert werden kann. Jedoch verdeutlichte die Untersuchung, dass in allen drei Ebenen der Ökonomie, der Ökologie und im sozialen Bereich positive Effekte auszumachen sind, welche die Zukunftsfähigkeit der Region unterstützen und zur Stärkung der regionalen Leistungsfähigkeit beitragen können. Das entwickelte Werkzeug kann für den Prozess der regionalen Entwicklungsplanung zur Verdeutlichung und Darstellung verschiedener Szenarien und ihrer Auswirkungen verwendet werden. Die Darstellbarkeit beschränkt sich dabei nicht auf die Nutzung der Bioenergiepotenziale, sondern kann durch Erweiterung der Wertefaktoren und der Indikatoren auch andere regionale Prozesse abbilden, wie z. B. die Regionalvermarktung und die Aktivierung des hierzu vorhandenen Potenzials an strukturell geeigneten Betrieben. Dies kann z. B. kommunalen Akteuren Hilfestellung bei der Entscheidung über die möglichst effiziente Verwendung eines begrenzten Budgets oder Projektentwicklern eine Argumentationshilfe hinsichtlich der Auswirkungen des Vorhabens über die reinen betriebswirtschaftlichen Effekte hinaus geben.

Auf Grundlage der Entwicklungen und Ermittlungen des bisher Dargestellten ergibt sich die Forderung nach einem möglichst effizienten Zugang zu einer optimierten Umsetzung der vorhandenen endogenen Potenziale, um eine nachhaltige Entwicklung zu gewährleisten.

Zur Aktivierung der vorhandenen endogenen Potenziale müssen weitere Voraussetzungen erfüllt und vor allem die in Abschnitt D.2 dargestellten Hemmnisse beseitigt oder verhindert werden. Abhängig von den Maßnahmen, die zur Entwicklung der Potenziale ergriffen bzw. nicht ergriffen werden, entstehen starke oder schwache Auswirkungen. Daher werden im Folgenden verschiedene Maßnahmen diskutiert, die zu einer Optimierung des Beitrages der Bioenergie zur nachhaltigen Regionalentwicklung beitragen können.

## **1. Lösungsansätze zur optimierten Umsetzung von endogenen Bioenergiepotenzialen**

Im Rahmen des Prozesses zur Aktivierung der Nutzung endogener Bioenergiepotenziale ist nach den Ausführungen in Abschnitt C.5 und Kapitel F davon auszugehen, dass ein Teil der verfügbaren Potenziale aus verschiedenen Gründen (noch) nicht umgesetzt ist.

Um eine Aktivierung zu erzielen, die sich positiv auf die regionale Entwicklung auswirkt, müssen zunächst die Gründe für die jeweiligen bestehenden oder möglichen Hemmnisse erörtert und identifiziert werden.

Eins solcher Prozess kann, wie in Abbildung 84 dargestellt, ablaufen.

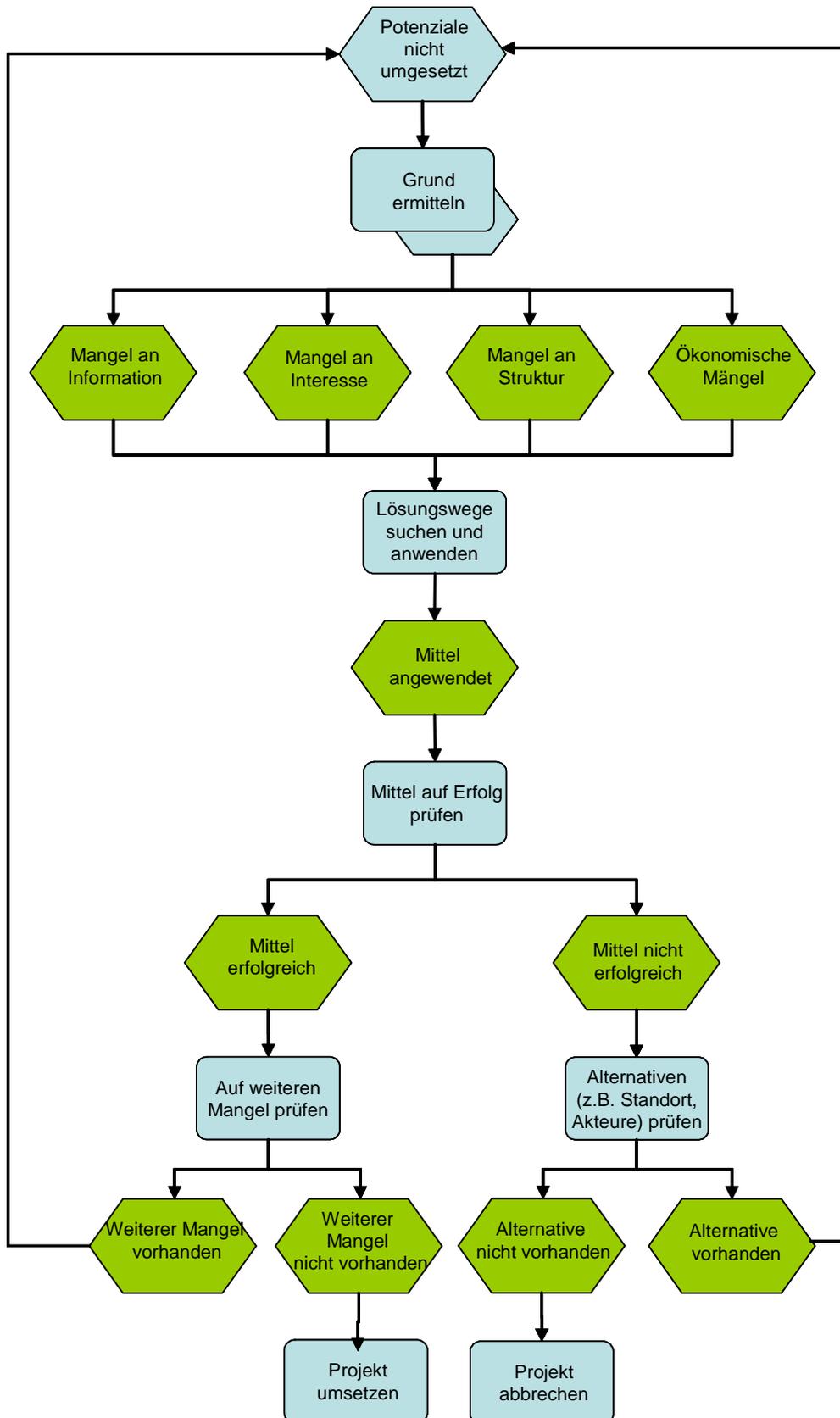


Abbildung 84: Prozessablauf zur Auflösung von Hemmnissen – eigene Darstellung

Von besonderem Interesse für die Ausräumung von Hemmnissen sind die jeweiligen Aspekte, die das Handeln von regionalen Akteuren kurz- bis mittelfristig beeinflussen

können. Diese Aspekte können als so genannte „Stellschrauben“ in regionalen Entwicklungsprozessen steuernd und beeinflussend wirken. Aspekte mit nur langfristiger Beeinflussbarkeit müssen in der Planung als feste Größen akzeptiert werden. Stellen diese unüberwindbare Hindernisse dar, müssen Wege zur Umgehung z. B. durch eine andere Technologie, einen anderen Standort oder andere Projektpartner gesucht werden.

Ein besonderes Augenmerk bei der Suche nach Lösungswegen sollte auf der Umkehrung des sich gegenseitig bedingenden Mängelgeflechts (vgl. „Teufelskreis“ der Mängel, Abbildung 40) liegen. Häufig kann die Auflösung eines Mangels die Auflösung eines anderen hervorrufen. Vor allem die Kategorien Informations- und Interessensmangel bedingen sich positiv wie negativ gegenseitig. Aber auch Mängel in der Struktur bzw. deren Auflösung können ökonomische Mängel wesentlich beeinflussen.

Die Beeinflussung von so genannten Stellschrauben kann z. B. in einem Regionalmanagementprozess<sup>270</sup> oder in der regionalen Entwicklungsplanung mit entsprechenden Maßnahmen verankert werden. Im Folgenden werden die wichtigsten Stellschrauben mit ihren Ansatzpunkten und Steuerungsansätzen für die Aktivierung der Bioenergienutzung für die regionale Entwicklung erläutert.

### **1.1. Identifizierung von Stellschrauben zur Beeinflussung der Aktivierung endogener Bioenergiepotenziale in regionalen Entwicklungsprozessen**

Um die Aktivierung regionaler Potenziale nachhaltig und nutzenstiftend für die Region zu gestalten, bedarf es einer umfassenden strategischen Planung für die Projektumsetzung. Bereits im Vorfeld geplanter Vorhaben sollten Strategien zur Umsetzung entwickelt und abgestimmt werden. Dies umfasst auch die Entwicklung von Hemmnisvermeidungs- bzw. -überwindungsstrategien. Damit können unerwartete Ereignisse (z. B. der Ausfall eines Partners) zwar nicht ausgeschlossen, durch entsprechende Vorkehrungen (z. B. die Etablierung eines Akteursnetzwerkes) kann man auf diese jedoch angemessen reagieren. Nach Auftreten von Hemmnissen kann an der Hemmnisursache oder auch an den Rahmenbedingungen angesetzt

---

<sup>270</sup> Vgl. z. B. GEIßENDÖRFER/RAHN/STOIBER (2003), S. 8 ff.

werden.<sup>271</sup> Dabei ist darauf zu achten, dass bei der Auflösung einzelner Problem-bereiche keine neuen entstehen. Ferner sind die Auswirkungen der Stoff- und Energieflüsse auf unterschiedliche Systeme und umgekehrt zu beachten (s. Abschnitt E.3). Daher sind die jeweiligen Handlungsspielräume der Akteure zur Modifikation von Strukturen oder Rahmenbedingungen bei der Erstellung der Strategie zu berücksichtigen.

### 1.1.1. Stellschraube Informationsverbreitung und Bewusstseinsbildung

Eine Projektumsetzung ist die erfolgreiche Implementierung einer Idee. Die Verbreitung von umsetzungsfähigen Ideen und das Interesse an deren Implementierung hängen jedoch von den jeweiligen Rahmenbedingungen und vor allem vom Informationsstand der Akteure sowie deren Bewusstsein hinsichtlich der Auswirkungen einer solchen Umsetzung ab. Für regionale Planungsprozesse bilden die **Informationsverbreitung** und die **Bewusstseinsbildung** daher besonders wichtige Stellschrauben zur Unterstützung einer Umsetzung. Dieser Bereich stellt mit die bedeutendste Voraussetzung für eine flächendeckende Potenzialaktivierung dar und birgt gleichzeitig die größten Einflussmöglichkeiten für kommunale Prozesse.

Die Untersuchungen in Kap. C.2 zeigen, dass zahlreiche Technologien zur Nutzung der Bioenergiepotenziale vorhanden sind, ohne dass das Wissen um die Möglichkeiten zu ihrer Nutzung bereits in großem Stil verbreitet wäre. Hierfür sind **Informationsasymmetrien** verantwortlich, die durch die Schaffung von Interesse (teilweise) überwunden werden können. Für die Bewusstseinsbildung ist vor allem die gezielte Ansprache der unterschiedlichen Akteure hinsichtlich ihrer jeweiligen Zielsetzungen (s. Abschnitt D.1.3) wichtig. Durch die Darstellung der zu schaffenden regionalen Werte (s. Kapitel F) können die entsprechenden Argumente für unterschiedliche Akteure durch Indikatoren belegt und mit Alternativen verglichen werden. Je nach geplantem Projekt bzw. dem aktuellen Stand der Entwicklung in der Bioenergienutzung können öffentliche Veranstaltungen (z. B. Messen und regionale Feste) mit Gewinnspielen oder der Integration bestehender Anlagen in die Veranstaltungen auf die Möglichkeiten der Bioenergienutzung aufmerksam machen. Im nächsten Schritt können gesonderte **Informationsveranstaltungen** zu speziellen Themengebieten organisiert werden. Eine entsprechende Aufbereitung der

---

<sup>271</sup> THRÄN (2004): S. 42.

Informationen für verschiedene Zielgruppen trägt zu einer breiteren Akzeptanz und umfangreicheren Integration der verschiedenen Akteure bei und schafft die Voraussetzung für die Bildung von strukturübergreifenden Netzwerken, auch wenn erste Modellprojekte häufig auf eine Minimalzahl von Akteuren beschränkt werden, um möglichst kurzfristig vorzeigbare Ergebnisse zu erzielen. Die **frühzeitige Kommunikation** der langfristigen Ziele schafft die Möglichkeit der Entwicklung von Ideen bei unterschiedlichen Akteursgruppen, die im weiteren Entwicklungsprozess integriert werden können. So können durch spezielle Verflechtungen der Einzelakteure u. U. auch Potenziale entwickelt werden, die den Initiatoren nicht bekannt waren.<sup>272</sup>

Zur möglichst effizienten Verbreitung des Wissens zur Potenzialaktivierung sind vor allem die **Information und Schulung von Multiplikatoren** von größter Wichtigkeit. Durch gezielte Stoffstrommanagementberatungen für Kommunen und Unternehmen können regionale Akteure in der Vorgehensweise bei der Identifizierung und Aktivierung von Potenzialen geschult werden.<sup>273</sup> Mit dem entsprechenden Bewusstsein wächst meist auch das Interesse an der Umsetzung weiterer Projekte.

Ist das Interesse für die Umsetzung geweckt, bedarf es einer zielgerichteten Aufklärungsarbeit in den verschiedenen Ebenen bis zur Umsetzung und dem Betrieb der Anlagen. Vor allem bestehende Anlagen und deren Betreiber können bei Besichtigungen und weiteren Gesprächen wichtige Ansatzpunkte für künftige Projekte liefern. Dabei ist darauf zu achten, dass **negative Erfahrungen** nicht

---

<sup>272</sup> Vor allem der Anfall und die Transportwege gewerblicher Reststoffe sind bei der Potenzialermittlung auf Grund der privatwirtschaftlichen Struktur des gewerblichen Entsorgungsmarktes nur unter relativ hohem Aufwand und mit detaillierter Branchenkenntnis abzuschätzen. Durch die Information können die bestehenden Netzwerke zur Implementierung neuer Ansätze z. B. zur Nutzung von industriellen Reststoffen in Biogasanlagen aktiviert werden.

<sup>273</sup> Das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement führt seit 2001 Beratungen zur Aktivierung von Stoffströmen in verschiedenen rheinland-pfälzischen Kommunen durch. Durch die Ortskenntnis der Akteure in Kombination mit den Methoden der Stoffstromermittlung konnten Projekte initiiert werden, die lokale oder regionale Besonderheiten aufweisen und dadurch die Identifikation der Akteure mit dem Projekt verstärken. Beispiele hierfür sind u. a. die thermische Nutzung von Klärschlamm in einem örtlichen Zementwerk nach der Trocknung durch die Abwärme einer Biogasanlage oder die Installation einer Energielandschaft mit Windkraft-, Photovoltaik- und Biomassenutzung auf dem Gelände eines ehemaligen Munitionslagers.

verallgemeinert, sondern **differenziert betrachtet** werden. Vor allem die kritische Auseinandersetzung mit gelösten Problemen bei der Biomassebereitstellung, der Konfektionierung oder dem Betrieb kann zum positiven Verlauf künftiger Projekte beitragen.<sup>274</sup> Da die technische Entwicklung in dem neuen Markt ständig Fortschritte verzeichnet, besteht bei potenziellen Umsetzern ein großer Informations- und Diskussionsbedarf zu den technischen Spezifikationen und den Anforderungen an die Qualität des Inputmaterials, das oft eine hohe Varianz aufweist. Eine **Abstimmung der Technologie mit dem Inputmaterial** bzw. umgekehrt trägt entscheidend zur Funktionsfähigkeit und damit zum erfolgreichen Betrieb bei, der wiederum ausschlaggebend für künftige Projekte sein kann.

Wegen des umfangreichen Informations- und Planungsbedarfes von Bioenergieanlagen im Vergleich zu fossilen Anlagen muss zu ihrer Entwicklung ein höherer Zeitbedarf für die Planung und Auslegung angesetzt werden. Um die Kosten für die Mehraufwendungen zu kompensieren, können Landesregierung, die Kommune etc. **Aufträge für Machbarkeitsuntersuchungen und Vorplanungen** vergeben. Mittlerweile werden diese jedoch ebenfalls von Unternehmen mit Spezialisierung auf Planung und Bau entsprechender Anlagen angeboten, sofern diese sich künftige Aufträge versprechen. Falls (z. B. bei kommunalen Trägern) eine Ausschreibung der Anlage erfolgen muss, kann die Vergabe dieser Vorstudie nur unabhängig vom späteren Umsetzungspartner erfolgen. Verschiedene Hochschulen und Institute, die sich auf den Bereich der Bioenergieberatung spezialisiert haben, bieten herstellerunabhängige Beratungsgespräche, Machbarkeitsuntersuchungen und Vorplanungen an. Die Spezialisierung dieser Institutionen kann sich jedoch auch bei entsprechender Nachfrage und durch die **Einbeziehung der Hochschulakteure** in die Entwicklungsplanung zielgerichtet entwickeln. Hierdurch werden außerdem junge Menschen bereits in die verschiedenen Projekte der Region integriert. So werden die Voraussetzungen geschaffen, dass entstandene Strukturen auch künftig erhalten und weiter ausgebaut werden können.

---

<sup>274</sup> So wurde z. B. bei zahlreichen wärmegeführten Anlagen die Kapazität auf den Spitzenlastbedarf ausgelegt. Durch den ungünstigen Teillastbetrieb ergaben sich technische und wirtschaftliche Probleme, die durch eine Auslegung auf den Grundlastbetrieb oder den Bezug teillastfähiger Technologien behoben werden können.

Die Information und Einbeziehung der Akteure aus Politik und Landesregierungen spielen hierbei vor allem zum Aufbau von **effizienten Förderstrukturen** eine besondere Rolle. Durch die Beschränktheit der verfügbaren Mittel werden politische Entscheidungsträger Projekte bevorzugen, die mit möglichst geringem Finanzeinsatz einen größtmöglichen sichtbaren/messbaren Nutzen hervorbringen. Die Voraussetzungen zur Darstellung der entsprechenden Auswirkungen bestehen durch die spezifische Darstellung der regional zu schaffenden Werte, die u. a. mit dem in Kapitel F entwickelten Werkzeug dargestellt werden können.

Anreize, die **regionale Entscheider schaffen** und kommunizieren können, sind **Signale**, z. B. durch die Zusage der Abnahme von Wärme in öffentlichen Gebäuden oder die Selbstverpflichtung zur Prüfung der Möglichkeiten erneuerbarer Energieversorgung beim Austausch von Heizsystemen in kommunalen Einrichtungen und der Erstellung von Planungsunterlagen, auch für künftige Ersatzmaßnahmen. Hierdurch kann der Problematik des oft kurzfristigen Handlungsbedarfs bei Defekt eines Systems entgegengewirkt werden.

Ist ein Projekt in konkreter Planung, sind die Voraussetzungen für den Bau der Anlage ggf. in **zuständigkeitsübergreifenden Arbeits- oder Projektgruppen** zu diskutieren. Um bei der Auswahl des optimalen Standorts Proteste zu vermeiden, empfiehlt sich auch die **Aufklärung der betroffenen Bevölkerung** hinsichtlich der zu erwartenden Transportbelastung und der emissionsrechtlichen Vorgaben, so dass ungerechtfertigten Spekulationen kein Raum geboten wird.

Zur Intensivierung des Erfahrungsaustauschs auch mit anderen Regionen empfiehlt sich der Austausch und evtl. die Kooperation mit Informationsstellen für Bioenergie oder die Einrichtung von eigenen Informationsstellen und die Konsultation des Internets zum Austausch von Informationen und dem Handel von Biomassen.<sup>275</sup>

Dem klassischen Henne-Ei-Problem (ohne Angebot keine Nachfrage, ohne Nachfrage kein Angebot) kann entgegengewirkt werden, indem über umfangreiche Informationen zu den technischen und ökonomischen Möglichkeiten eine Nachfrage

---

<sup>275</sup> Das Land Rheinland-Pfalz betreibt z. B. ein Handelsinformationssystem Biomasse unter [www.biomasse-rlp.de](http://www.biomasse-rlp.de), in dem Potenziale zur Bioenergie, Brancheninformationen, Anlagenstandorte und -daten abgefragt sowie eigene Biomassen zum Handel eingestellt und abgerufen werden können.

(zu erwartende Nachfrage) geschaffen und z. B. durch Unterstützung der Struktur- bildung die Angebotserstellung erleichtert wird.

Die Stellschraube der Informationsverbreitung ist daher besonders relevant für die Initiierung von Projekten und die Aktivierung von Akteuren, welche die Biomasse- nutzung „auf den Weg bringen“ können.

### **1.1.2. Stellschraube strukturelle und ökonomische Voraussetzungen und Rahmenbedingungen**

Strukturelle Voraussetzungen und Rahmenbedingungen wirken sich stark auf die ökonomischen Aspekte der Projektentwicklung aus und können von regionalen Entscheidungsträgern teilweise maßgeblich beeinflusst werden. Daher sind diese bei der Planung regionaler Prozesse von besonderem Interesse. Geeignete ökonomische Rahmenbedingungen stellen die wichtigsten Voraussetzungen für die Umsetzung vorhandener Potenziale nach den Präferenzen der Akteure (s. Abschnitt D.1.3) dar. Ein Großteil der Rahmenbedingungen, wie z. B. Preise für Konkurrenz- produkte, gesetzliche Einspeisevergütungen oder Kosten für definierte Dienstleistungen, muss bzw. kann als gegeben erachtet werden. Teilweise beeinflusst werden können jedoch die Kombination dieser Rahmenbedingungen für das entsprechende Projekt sowie Maßnahmen auf Basis regionaler Strukturen zur Unterstützung der entsprechenden Zielvorgaben.

Das bereits erwähnte **Henne-Ei-Problem** basiert auf dem Nichtvorhandensein von Strukturen, die jedoch für eine Umsetzung benötigt werden. Im Lauf der Projektierung müssen **Angebot und Nachfrage aufeinander abgestimmt** werden. Die Existenz von verlässlichen oder mindestens abschätzbaren Rahmen- bedingungen für den Produktabsatz und den Rohstoffbezug für Investitionen mit mehr als 5 Jahren Amortisationszeit ist Grundvoraussetzung für eine Umsetzungs- entscheidung. Vor allem für Produkte und Rohstoffe, die mit anderen konkurrieren oder für die der Markt erst gebildet werden muss, sind langfristige Abnahmeverträge von besonderem Interesse. Hier können kommunale Träger durch die Signalisierung der langfristigen Abnahmebereitschaft entscheidend zur Zukunftssicherung und zu positiven Umsetzungsentscheidungen geplanter Projekte beitragen.

Für erste einzelne oder klein dimensionierte Modellprojekte besteht oft das Problem der Ermangelung einer kostengünstigen Versorgungsstruktur, da die Herstellung der

benötigten Qualität bei speziellem Aufbereitungsbedarf nur für eine gewisse Mindestmenge kostendeckend durchgeführt werden kann (vgl. Abschnitt C.3.3). Bei der Durchführung von Modellprojekten sollte daher immer die **Kapazitätsfrage der Aufbereitung und Konfektionierung** in die Planungen integriert werden, so dass weitere Projekte die gleichen Strukturen nutzen können und die Kosten der Etablierung der Strukturen nicht einer einzigen Anlage angelastet werden müssen. Erfolgt dies, kann die Wirtschaftlichkeit entscheidend beeinflusst werden. Durch die Einbeziehung mehrerer Teilprojekte können Infrastruktur wie Maschinen und Geräte im Austausch durch mehrere Akteure genutzt und Kosten unter mehreren Betreibern aufgeteilt werden. Hierzu ist eine Vernetzung von Akteuren, auch über die sonst üblichen Fachdisziplinen hinaus, von Vorteil. Die übergeordnete Planungsebene kann durch Bereitstellung von Infrastruktur und durch die Verbreitung der Information sowie die Koordination der Aktivitäten unterstützend wirken.

Die Einführung von **Normen** bei Brennstoffen und Substraten ermöglicht einen Bezug von verschiedenen Lieferanten, garantiert gleich bleibende Qualitäten und reduziert die Risiken von Fehlernten und technischen Defekten durch ungeeignetes Material. Vor diesem Hintergrund können regionale Kooperationen, wie z. B. Einkaufs- und Bezugsgemeinschaften, entstehen, welche die Brennstoffqualitäten mit dem Bedarf der Anlagentechnologien abstimmen und so einen einheitlichen regionalen Brennstoff beziehen. **Regionale Stoffstrommanager** können hierbei die Aufgabe der **Mengenakquise** für verschiedene Anlagen übernehmen, um durch technische, organisatorische, ökonomische und administrative Maßnahmen immer ein ausreichendes Brennstoffangebot zu akzeptablen Preisen verfügbar zu machen. Durch die Etablierung eines regionalen Tauschmarktes im Internet können die Informationen leicht an weitere Akteure verbreitet und neue Ansprechpartner akquiriert werden. Durch die Integration verschiedener regionaler Lieferanten und Abnehmer kann die Abhängigkeit vom Weltmarktpreis in Teilen reduziert werden. Dabei müssen jedoch stets die Belange des Natur- und Umweltschutzes beachtet werden.<sup>276</sup>

Um die Abwicklung entsprechender Projekte zu optimieren, können öffentlich-private Kooperationen in Form eines **Public-Private-Partnership (PPP)** gegründet werden.

---

<sup>276</sup> THRÄN (2004), S. 42–43.

Durch die Installation verschiedener Bioenergieanlagen an einem (z. B. durch die Etablierung eines Bioenergie- und Rohstoffzentrums – **BERZ**) oder mehreren Standorten mit verschiedenen Energieträgern kann mittel- bis langfristig ein Teil der Energieversorgung für die Region durch regionale Strukturen bereitgestellt werden. Weitere mögliche Dienstleistungen sind die Trocknung oder die Konfektionierung von Bioenergeträgern sowie die Vermarktung der Produkte. Für Privatpersonen oder Unternehmen, die nicht selbst in Energieversorgungsstrukturen investieren möchten, bietet sich die Möglichkeit des **Energiecontracting** an.<sup>277</sup> So kann die Dienstleistung der Wärme- oder Gasversorgung, die durch ein bestehendes oder zu gründendes Unternehmen bereitgestellt wird, ohne weiteren Aufwand in Anspruch genommen werden. Durch diese Dienstleistung entstehen weitere Umsätze und Arbeitsplätze in der Region, von denen ein größerer Anteil dort verbleibt als bei der fossilen Energieversorgung (s. Kapitel F). In diese Strukturen können regionale Akteure wie Landwirte, Lohnunternehmer oder die Forstwirtschaft einbezogen werden. Die entsprechenden Unternehmen haben dadurch die Möglichkeit der Schaffung eines weiteren Standbeins neben der Haupttätigkeit.

Bei der Umsetzung und der **Genehmigung** müssen unterschiedliche Rahmenbedingungen beachtet werden. Diese richten sich größtenteils nach Bundesgesetzen oder Vorschriften. Jedoch liegt die Auslegung in den Kommunen bis zu einem gewissen Grad im Ermessensspielraum der Behörden.<sup>278</sup> Diese können genutzt werden, wenn eine Abstimmung der allgemeinen Rahmenbedingungen erfolgt ist und das Vorhaben den gesetzlichen Vorgaben nicht entgegensteht. Durch so genannte „Scoping-Termine“ können die unterschiedlichen Ansprüche der Interessensvertreter aus Sicht der Genehmigung geäußert und offene Fragen geklärt werden. Dies verbessert die Findung von gemeinsamen Lösungen und trägt dazu bei, die Auflagen in verhältnismäßigem Ausmaß zu formulieren. Vor allem die Genehmigung von Anlagenstandorten mit hohem Wärmebedarf spielt hierbei eine besonders wichtige Rolle. Die Vereinheitlichung von Rahmenbedingungen muss auf Grund der neuen Technologien und den dafür oft noch nicht angepassten rechtlichen Grundlagen, im Rahmen eines Abstimmungsprozesses zwischen Betreibern und Genehmigungs-

---

<sup>277</sup> Vgl. BEMMANN (2003).

<sup>278</sup> THRÄN (2004).

behörden erfolgen. Hierbei muss oft ein Kompromiss zwischen einer erwünschten, effizienten, möglichst kostengünstigen Energieversorgung und dem Vorsichtsprinzip mit zum Teil unverhältnismäßigen Maßnahmen gefunden werden.

Die Schaffung der Rahmenbedingungen für einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlage ist eine der größten Herausforderungen der Projektplanung. Bedingt durch höhere Investitionskosten und die vergleichsweise neuen Technologien sind vor allem Bioenergieanlagen mit innovativem Charakter derzeit häufig noch auf **Förderungen** angewiesen. Diese können unterschiedlich bereitgestellt werden. Bundes- und Landeszuschüsse sowie zinsgünstige Darlehen werden für definierte Technologien auf Antrag erteilt und stehen Betreibern mit den entsprechenden Förderbedingungen zur Verfügung – solange das vorgesehene Budget nicht ausgeschöpft ist. Können kommunale oder regionale Fördermöglichkeiten akquiriert werden, kann ein gezielter Mitteleinsatz hinsichtlich der regionalen Planungsziele erfolgen, indem Anreize zur Erreichung dieser Planungsziele geschaffen werden. Für die Beantragung von Mitteln bei der Europäischen Kommission bedarf es meist der Entwicklung und Einreichung umfangreicherer Projekte und Antragsformulare mit hohem organisatorischem Aufwand. Diese Projektkonstellationen eignen sich besonders für die Einreichung durch eine Kooperation verschiedener Akteure im Rahmen eines Netzwerkes, das sich ggf. fachlicher Unterstützung bedienen sollte. Die Zielsetzung der Projekte sollte jedoch die Tatsache berücksichtigen, dass Zuschüsse nur für einen begrenzten Zeitraum zur Verfügung stehen. Entsprechend ist langfristig der Betrieb ohne Fördermittel anzustreben.

Die Finanzierung von Projekten stellt häufig eine der größten Herausforderungen für kleine und mittelständische Unternehmen dar. Besonders relevant ist die Präsentation des Projekts bei der Bank. Erfahrene Umsetzer können hierfür Beratungsdienstleistungen anbieten. Eine erfolgreiche Präsentation bei einer Bank enthält die folgenden Punkte:<sup>279</sup>

- Darstellung des Projekts mit allen entscheidenden Faktoren
- Beschreibung des Bioenergiesystems und der verwendeten Technik
- Zusammensetzung der Investitionen

---

<sup>279</sup> Quelle: Vortrag C. SPURK/A. GUTTENSOHN, Ökobit GmbH am 6.2.2006 bei den Bioenergie-Fachgesprächen, Landwirtschaftskammer des Saarlandes, Lebach.

- Investoren und Gesellschafter
- Absicherung von Rohstoffen mit Vertragswerken
- Darstellung des Absatzmarktes
- 20-jährige Cash-Flow-Betrachtung.

Für den Nachweis des Absatzmarktes für die angegebenen Produkte und der Rohstoffsicherheit werden Verträge benötigt. Basiert die Kalkulation auf mehreren Absatzprodukten, sollte ein worst-case-Szenario angesetzt werden. Zahlreiche Betreiber von stromgeführten Anlagen (z. B. Biogasanlagen) legen die Wirtschaftlichkeitsberechnung bei den Banken daher auf Basis der Strom-einspeisevergütungen vor und kalkulieren die Wärmeerlöse lediglich als zusätzliche Einnahmen. Einen Anreiz zur verstärkten Wärmenutzung bei stromgeführten Anlagen liefert der so genannte „Kraft-Wärme-Kopplungs-Bonus“ des EEG, der eine höhere Einspeisevergütung für den Strom bei gleichzeitiger Wärmenutzung von > 80 % vorsieht und damit die Wirtschaftlichkeit sowie die Anreize für einen erhöhten organisatorischen Aufwand unterstützt.

### **1.1.3. Sonstige Stellschrauben der Umsetzungsakteure**

Weitere Stellschrauben sind in speziellen anlagenspezifischen Bereichen zu finden, die vor allem durch gleichberechtigtes Zusammenarbeiten und voneinander Lernen der verschiedenen Akteure positiv beeinflusst werden können.<sup>280</sup> Dazu trägt z. B. die langfristige Betreuung der Inbetriebnahme und Prozessstabilisierung sowie ggf. die Beteiligung des Herstellers oder Planers an der Anlageninvestition oder im Betrieb bei. Akzeptanzprobleme und Vorbehalte können hierdurch sowie durch die Anpassung der Nutzungskonzepte und -technologien an die räumlichen und sozialen Strukturen<sup>281</sup> vermieden oder reduziert werden. Hierzu sind jedoch ein dauernder gesellschaftlicher Diskurs und die Ausrichtung auf nichttechnische Kenngrößen des Hemmnisabbaus notwendig.<sup>282</sup>

---

<sup>280</sup> THRÄN (2004), S. 43.

<sup>281</sup> Z. B. die Reduzierung von möglichen Geruchsaustrittsstellen durch Einhausung.

<sup>282</sup> THRÄN (2004) S. 42 f.

## **1.2. Entwicklung eines Biomasse-Masterplanes für Regionen als Lösungsansatz für die endogene Potenzialentwicklung**

Für optimale Ergebnisse aus der Umsetzung der endogen vorhandenen Potenziale bedarf es der strategischen Planung dieser Umsetzung. Die Entwicklung eines Biomasse-Masterplanes im Rahmen einer regionalen Entwicklungsplanung ermöglicht die flexible Gestaltung einer solchen Strategie und setzt mit den Stell-schrauben an den entsprechenden in der Region modifizierbaren Voraussetzungen an. Der Plan zeigt eine energiewirtschaftliche Vision auf, die für künftige Projekte als Rahmen dienen kann. Zur Erstellung des Masterplanes kann die im Folgenden beschriebene Vorgehensweise verwendet werden.

### **1.2.1. Potenzialermittlung**

Die Ermittlung der kurzfristig verfügbaren und der technischen Potenziale stellt die Ausgangssituation für eine Umsetzungsplanung dar. Die beiden Potenzialkategorien (s. Abb. C.4) geben das verfügbare Minimum und das mittel- bis langfristige Maximum der Potenziale an, über deren Umsetzung nach den jeweils regionalen Rahmenbedingungen und Strategien entschieden werden kann.

### **1.2.2. Ermittlung der aktuellen Verwertungs- und Nutzungssituation**

Die Ermittlung der bestehenden Verwertungswege sowie die bereits erfolgte Nutzung ist wesentlich für die weitere Entwicklung, da bereits bestehende Verträge und langfristig angelegte Strukturen die künftige Verwertung beeinflussen. Ferner werden durch diese Untersuchung die Positionen der Akteure deutlich, die ggf. in künftige Projekte einbezogen werden können oder mit deren Widerstand gerechnet werden muss. Sie sind vor allem für die Berechnungen der Auswirkungen im Vergleich zu den alternativen Verwertungssystemen zu beachten.

### **1.2.3. Ermittlung der verfügbaren Technologien zur Nutzung der Potenziale**

In Abhängigkeit von den vorhandenen Potenzialarten und deren Mengenanfall sind unterschiedliche Technologien regional relevant (vgl. Abschnitt C.2). Die Verwertungstechnologie kann dabei ebenfalls vom Absatzmarkt abhängig sein. Vor allem landwirtschaftlich geprägte Regionen können im Rahmen ihrer Anbau-bedingungen vergleichsweise flexibel auf die Nachfrage nach gewissen Produkten reagieren. Häufig müssen hier jedoch ebenfalls zusätzliche Investitionen getätigt und Know-how eingebracht werden.

#### **1.2.4. Ermittlung der Auswirkungen des Potenzialeinsatzes in den Technologien**

Mit Hilfe des in Kap. F entwickelten Ermittlungswerkzeugs und weiterer Untersuchungsmethoden<sup>283</sup> können die jeweiligen Auswirkungen ermittelt und dargestellt werden, die sich aus dem Einsatz der jeweiligen Potenziale in den verschiedenen Technologien bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Szenarienannahmen ergeben.

#### **1.2.5. Diskussion der regionalen Zielsetzungen in verschiedenen Gremien**

Aus der Kalkulation der verschiedenen Auswirkungsvarianten können in einer Diskussion mit verschiedenen Anspruchsgruppen, entsprechend der jeweiligen Zielsetzungen, die Szenarien mit dem höchsten Gesamtzielerreichungsgrad ausgewählt werden.

#### **1.2.6. Festlegung einer Strategie mit einem künftigen Input- und Technologie-Mix**

Aus der Diskussion der Zielsetzungen ergeben sich die Vorgaben für die regionale Strategie, die durch die Umsetzung der endogenen Potenziale verfolgt werden sollen.

#### **1.2.7. Nutzung der Stellschrauben für die regionale Unterstützung der Strategieumsetzung**

Mit Hilfe der in Abschnitt G.1.1 definierten Stellschrauben können die Möglichkeiten der regionalen Einflussnahme genutzt werden, um strategisch gewünschte Projekte besonders zu unterstützen. Entsprechende Maßnahmen, Förderprogramme, Informationsveranstaltungen etc. können auf den Weg gebracht werden.

#### **1.2.8. Regelmäßige Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen und des Umsetzungsfortschritts.**

Um eine flexible Anpassung der Strategie an künftige Entwicklungen zu ermöglichen, sollte die Wirksamkeit der ergriffenen Maßnahmen und Auswirkungen regelmäßig überprüft werden. Neue regionale Schwerpunkte können so ebenfalls in die Strategie implementiert werden.

---

<sup>283</sup> Z. B. GEMIS-Datenbank unter [www.gemis.de](http://www.gemis.de)

### 1.2.9. Etablierung regionaler Stoffstromräte

In zahlreichen Regionen bestehen bereits relevante Aktivitäten im Bereich der energetischen Bioenergienutzung, während andere mit ähnlichen Voraussetzungen nur eine geringe Umsetzung aufweisen.<sup>284</sup> Dies ist häufig mangelndem Bewusstsein über die Möglichkeiten und mangelndem fachlichem Austausch zwischen den Akteuren geschuldet. Die Installation entsprechender Foren und das Angebot von Anlagenbesichtigungen können Interessens- und Informationsmängel beseitigen. Zusätzlich werden durch entsprechende Maßnahmen bisher unbekannte Umsetzungsbeispiele für ein größeres Publikum sichtbar.<sup>285</sup>

Die Überprüfung und Diskussion der zu ergreifenden Mittel kann in einem einzurichtenden regionalen Gremium aus Vertretern der Kommunen, privater Unternehmen, Land- und Forstwirtschaft und anderen Anspruchsgruppen der Potenzialbereitstellung oder der Produktabnahme sowie betroffenen Bürgern erfolgen. Die Zusammensetzung kann entsprechend dem Rahmen des zu entwickelnden Projekts oder der zu diskutierenden Strategie flexibel gestaltet werden.

Häufig bestehen zu verschiedenen Projekten eigene Homepages oder Informationsbroschüren, auf die im Rahmen der Einrichtung einer zentralen Stelle verwiesen werden kann, so dass Informationen kanalisiert und damit einem größeren Publikum zugänglich gemacht werden können. Als Koordinationsstelle und Informations-Anlaufpunkt eignen sich Universitäten oder Institute mit Schwerpunkt im Bereich erneuerbarer Energien oder auch kommunale Agenda-Büros, die hierfür jedoch mit entsprechenden Mitteln und Kompetenzen ausgestattet werden müssen. Wichtig für

---

<sup>284</sup> Vor allem in der untersuchten Projektregion waren zu Projektbeginn die Unterschiede zwischen der rheinland-pfälzischen und der saarländischen Projektregion sichtbar. Während im rheinland-pfälzischen Teil bereits mehrere Projekte auch im kommunalen Bereich in der Umsetzung waren, beschränkten sich die Projekte auf saarländischer Seite auf das Engagement verschiedener Einzelakteure ohne starke Außenwirkung. Vielmehr scheinen negative Aspekte wie Geruchsemissionen die Verbreitung von Biogasanlagen blockiert zu haben.

<sup>285</sup> Während der Laufzeit des Bioregio-Projekts wurden im saarländischen Teil des Projektgebietes verschiedene Veranstaltungen unter dem Titel „Bioenergie-Fachgespräche“ durchgeführt. Hierbei wurden verschiedene Akteure sichtbar, die bereits umgesetzte Projekte vorweisen konnten und sich für die Umsetzung weiterer innovativer Projektteile interessierten.

die Steigerung der Umsetzungschancen ist die Einbeziehung der Akteure mit tatsächlicher Entscheidungskompetenz. Eine projektorientierte Herangehensweise mit frühzeitiger Implementierung erster Modelle steigert die Motivation der Akteure, sollte jedoch mit der Gesamtstrategie im Einklang stehen.

### **1.3. Entwicklung von Bioenergie- und Rohstoffzentren zur Nutzung von Synergieeffekten bei der Energieerzeugung und -nutzung**

Die Untersuchung verschiedener Anlagen in Kap. F zeigt, dass vor allem die Errichtung von Anlagen, die mit Nulloptionen konkurrieren, und Systeme, die möglichst 100 % der generierten Energie nutzen sowie einen Großteil der Leistungen und Rohstoffe aus der Region beziehen, die größten Effekte für die Region erbringen. Aus diesem Grund sollte Ziel der regionalen Strategie die möglichst effiziente Nutzung der generierten Energie in entsprechenden Anlagen sein. Die Herausforderung von KWK-Anlagen ist daher die optimale Kombination mit einem Wärmeabnehmer, so dass möglichst die gesamte produzierte Abwärme genutzt werden kann. Neben der Versorgung bestehender Wärmeabnehmer können in räumlicher Nähe von stromerzeugenden Bioenergieanlagen zusätzliche Abnehmer angesiedelt werden, die wiederum zusätzliche regionale Zuflüsse generieren. Erfolgt eine strategische Gesamtplanung, können zusätzliche Synergieeffekte durch die gemeinsame Nutzung von Infrastruktur und Personalkapazitäten zugänglich gemacht werden. In einem solchen Bioenergie- und Rohstoffzentrum (BERZ) kann z. B. die Abwärme von Biogasanlagen oder Holzvergasern zur Trocknung von Sägespänen und Sägemehl zur Holzpelletproduktion verwendet werden. Dies ermöglicht den regionalen Absatz eines Bioenergieträgers in der Region und reduziert die Transportkosten der Späne, sofern diese in der Region produziert werden und alternativ einen außerregionalen Absatz fänden. Abbildung 85 zeigt die Stoff- und Energieflüsse der Morbacher Energielandschaft, in der eine landwirtschaftliche Biogasanlage die Abwärme für eine Pelletrocknung liefert. Auf Grund des höheren Wärmebedarfes für die Pelletherstellung liefert ein Pflanzenöl-BHKW die zusätzliche Abwärme. Das Konzept der Morbacher Energielandschaft (MEL) sieht die Nutzung von Strom und Wärme an einem Standort vor und ermöglicht zusätzlich die Installation weiterer Biomasseanlagen, wie z. B. eine Holzvergasung oder andere innovative Technologien. Zur zusätzlichen Wärmeabnahme ist die Etablierung eines Gewerbegebietes vorgesehen, in dem möglichst Unternehmen angesiedelt werden

sollen, die organische Biomasse als Reststoffe produzieren und/oder Wärme benötigen. Die organischen Reststoffe können künftig in einer weiteren Biogasanlage mit abfallrechtlicher Genehmigung genutzt werden. Zusätzlich wird das Informationszentrum sowie ein ggf. entstehendes Technikum versorgt. Die touristische Aufbereitung der verschiedenen Technologien trägt zur Bewusstseinsbildung bei der Bevölkerung und verschiedenen Besuchergruppen bei. Neben den Bioenergieanlagen sind auf dem Gelände 14 Windkraftanlagen mit je 2 MW und 500 kW<sub>p</sub> Photovoltaik installiert.<sup>286</sup> Die Morbacher Energielandschaft gibt damit ein positives Beispiel der Schaffung von regionalen Werten durch die regenerative Energienutzung.

---

<sup>286</sup> Weitere Informationen s. auch unter der Projekthomepage: GEMEINDE MORBACH (2006) [www.energielandschaft.de](http://www.energielandschaft.de) sowie HOFFMANN (2004), S. 104–115.

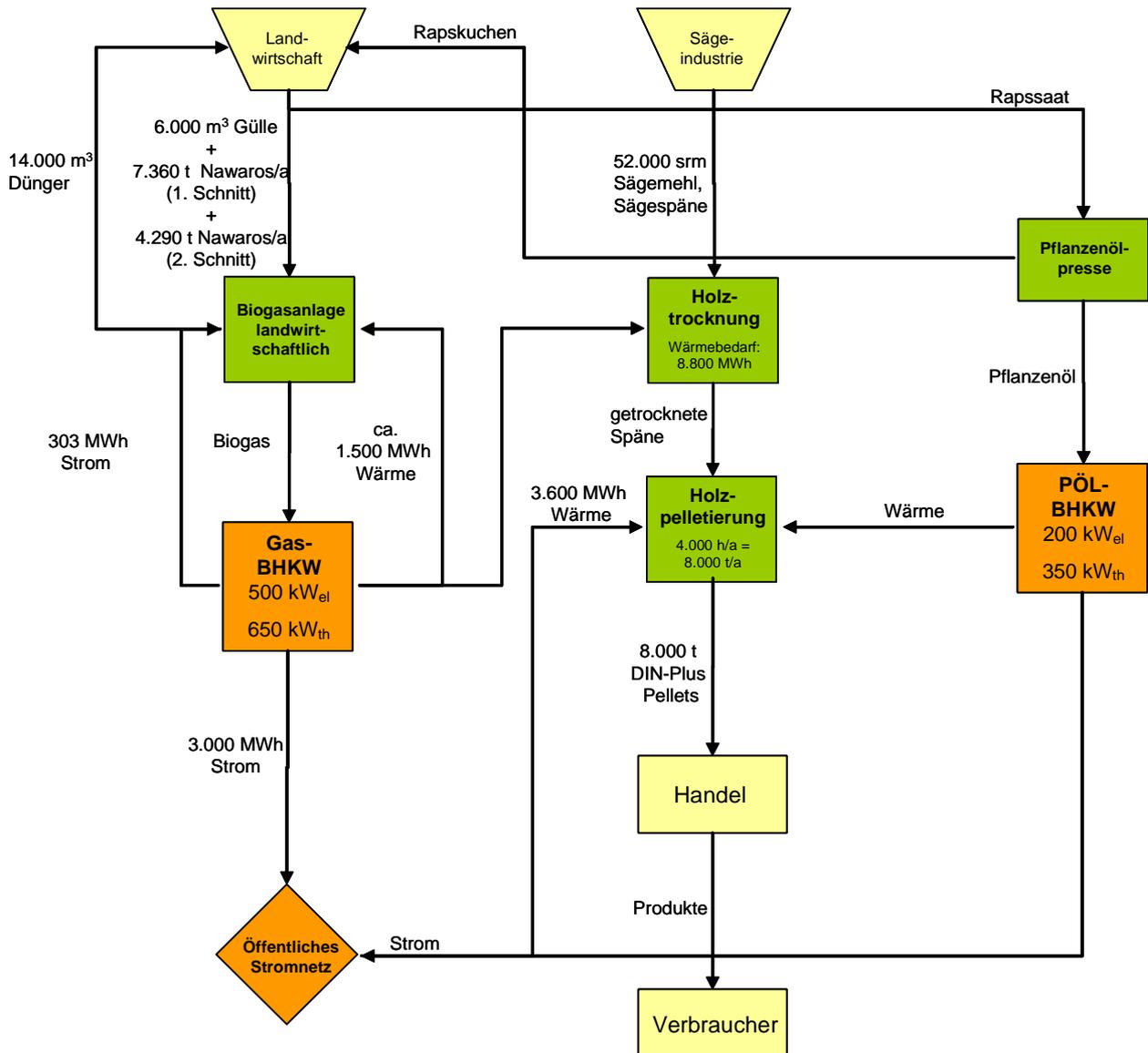


Abbildung 85: Stoff- und Energieflüsse in der Morbacher Energielandschaft – eigene Darstellung nach Daten der Firma juwi GmbH

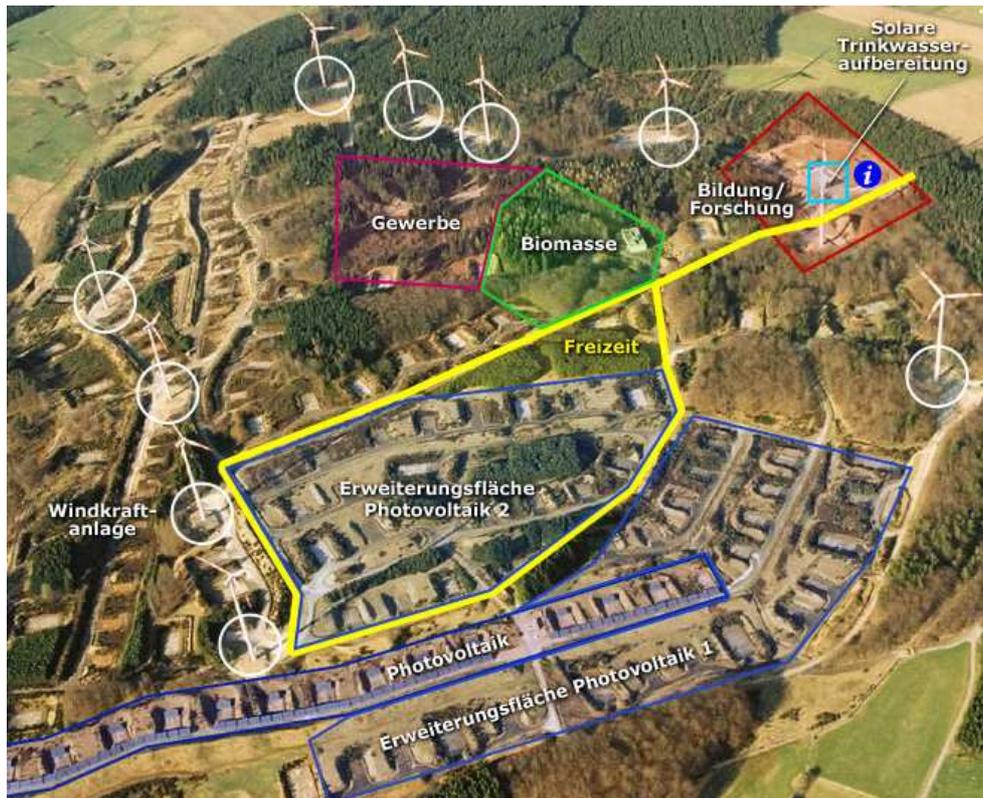


Abbildung 86: Flächenplanung zur Nutzung regenerativer Energien in der Morbacher Energielandschaft – Quelle: HECK/HOFFMANN (2005) und [www.energielandschaft.de](http://www.energielandschaft.de)

## 2. Chancen und Perspektiven für die nachhaltige Regionalentwicklung durch die Nutzung endogener Bioenergiepotenziale

Die Untersuchung der Auswirkungen der Nutzung endogener Bioenergiepotenziale zeigt, dass diese einen nennenswerten Beitrag zur Beförderung von regionalen Entwicklungsprozessen leisten können. Im Rahmen strategischer Planungen sollten die jeweiligen Einschränkungen der Potenzialverfügbarkeit und die Grundsätze der Nachhaltigkeit Berücksichtigung finden. Ziel der Potenzialaktivierung kann dabei nicht sein, die Bioenergienutzung als einziges Ziel anzustreben oder die gesamte Region von fremden Importen und Exporten abzuschirmen. Vielmehr sollen die vorhandenen Möglichkeiten der Rohstoffverfügbarkeit, aber auch regionale Strukturen und bestehendes Know-how effizienter genutzt werden, um dadurch mehr Gesamtwert für die Region zu generieren, ohne Nutzeneinbußen zu erleiden. Von großer Bedeutung sind dabei die korrekte Abgrenzung der Untersuchungsregion (vgl. B.1) sowie die Auswahl der zu untersuchenden Technologie (vgl. C.2), die Besonderheiten des Inputstoffes (vgl. C.3) und die daraus möglicherweise resultierenden Herausforderungen (vgl. D.1) und Hemmnisse (vgl. D.2), die für eine

Aktivierung ausgeräumt oder überwunden werden müssen. Die Schaffung eines einheitlichen Potenzialverständnisses (vgl. C.4) und die Definition der zur Nutzung angestrebten Mengen sind für den Planungsprozess besonders wichtig, um vorhandene Möglichkeiten zu erkennen.

Durch die Aktivierung der regionalen Potenziale können bei gleichem finanziellem Aufwand zusätzliche Nutzen (z. B. regionale Zuflüsse, regionale Investitionen, regionale Arbeitsplätze, Einsparung klimaschädlicher Emissionen) generiert werden (vgl. Abbildung 69), die bei umfassender Anwendung wiederum die Basis für weitere generierte Nutzen bilden (vgl. Abschnitt E.5.1.5).

Von besonderem Interesse ist die schwerpunktmäßig untersuchte Biogaserzeugung für die Landwirtschaft, die mit ihrem Know-how und den vorhandenen Strukturen eine hervorragende Basis für die künftige Bioenergieerzeugung bietet. Jedoch bedarf es auch hier einer ständigen Weiterentwicklung der Anbaumethoden, der eingesetzten Technologie und der Kooperation mit Akteuren aus anderen Bereichen. Vor allem die interdisziplinäre Vernetzung ist für das Querschnittsthema der Bioenergie von besonderer Bedeutung. Große Optimierungspotenziale sind daher durch den Austausch und die Vernetzung von Wissen und Kenntnissen verschiedener Akteure zu erwarten. Eine möglichst kurzfristige Umsetzung erfolgt zwar meist in Projekten innerhalb bestehender Strukturen (z. B. Stromerzeugung mittels Biogasanlage innerhalb des landwirtschaftlichen Betriebes), die größten regionalen Effekte sind aber erst durch die Nutzung aller Synergieeffekte, eine Anpassung an die lokalen Gegebenheiten und die Kommunikation mit Repräsentanten komplementärer Strukturen (z. B. Wärmeabsatz an die Kommune oder Unternehmen) und die Weiterentwicklung der Technologien zu erzielen. Vor allem Konzepte zur Nutzung der kombinierten Kraft-Wärme-Kopplung sind in diesem Zusammenhang anzustreben.

Im Rahmen der vielfach erforderlichen Neustrukturierung der Landbewirtschaftung durch die zunehmende Verrentung älterer Landwirte und die sich stark verändernden Zuschussstrukturen von Seiten der Europäischen Union kann die endogene Bioenergienutzung diverse Möglichkeiten für eine nachhaltige Zukunftsentwicklung nicht nur in der Rohstoffbereitstellung, sondern auch in der Erzeugung von Energie und stofflich nutzbaren Endprodukten aufzeigen.

Bei der Ermittlung der Potenziale der Bioenergieerzeugung – insbesondere aus Biogas – sollten die Flächenpotenziale zur Ausbringung der Outputprodukte (z. B.

Gärsubstrate oder Aschen) ebenfalls mit erfasst werden. Bei der Biogasproduktion ergibt sich durch die zusätzlich eingebrachten Mengen im Vergleich zur sonst üblichen Wirtschaftsdüngererzeugung (die Gülle und Mistausbringung erfolgt meist in möglichst geringer räumlicher Entfernung zum Hof) ein höherer Flächenbedarf für die Ausbringung (vgl. Abschnitt F.6.4). Die im Vergleich zu Mineraldünger sehr geringen Mineralienkonzentrationen des Gärrestes erhöhen die Transportaufwendungen und beschränken gleichzeitig die wirtschaftliche Ausbringentfernung. Um zu hohe Aufbringmengen je Flächeneinheit (im Sinn einer Entsorgung) und die damit erhöhten Gefahren der Nitratauswaschung zu vermeiden, sollten die Flächenpotenziale möglichst in räumlicher Nähe der Anlage liegen. Eine zu starke Zentralisierung von Biogasanlagen (Anlagengröße von 1 MW und mehr) ist daher unter den derzeitigen technischen Rahmenbedingungen nicht anzuraten. Alternativ sollte der Wassergehalt des Ausbringsubstrates reduziert werden.<sup>287</sup>

Großer Bedarf zur Optimierung der Umsetzung besteht nach wie vor in der Kommunikation und Information über die verschiedenen Möglichkeiten und Chancen der Bioenergie. Das Bewusstsein über die Besonderheiten und Potenziale in Regionen wird mit zunehmender Globalisierung stetig in den Hintergrund gedrängt. Die Diskussion zur Nutzung der Bioenergie kann einen Beitrag zur Rückbesinnung auf diese vorhandenen und ausbaubaren Strukturen und Potenziale leisten und damit ebenfalls die Diskussion anderer relevanter Themengebiete für Regionen erwirken. Diese Arbeit möchte daher einen Beitrag zur Verdeutlichung der bestehenden Möglichkeiten zur Weiterentwicklung von Regionen in Richtung einer nachhaltigen Zukunft leisten und gleichzeitig Wege zur Aktivierung endogener Bioenergiepotenziale aufzeigen. Hierfür gibt es unzählige Herangehensweisen und Methoden, die an dieser Stelle nicht vollständig wiedergegeben werden können. Im Rahmen der Untersuchung wurde jedoch versucht, die unterschiedlichen Themengebiete, die für eine Umsetzungsaktivierung relevant sein können, aufzunehmen und konzeptionelle wie praktische Lösungsansätze zu präsentieren.

---

<sup>287</sup> Ein einfaches Abpressen bringt hier keine Lösung, da der Hauptnährstoff, das pflanzenverfügbare Ammonium in der Wasserphase gelöst ist. Die Trocknung des Gärrestes durch Abwärme stellt eine kostenintensive Lösung dar, die nur bei entsprechend gesteigertem Wert für das Outputprodukt ökonomisch darstellbar ist.

## H. Zusammenfassung

Vor allem ländliche Regionen in Europa, aber auch weltweit, sehen sich zunehmend den Auswirkungen der weiter zunehmenden Globalisierung, dem Wegfall regionaler Arbeitsplätze und der damit einhergehenden Abwanderung junger, gut ausgebildeter Bevölkerungsschichten ausgesetzt. Zusätzlich steigen die Energiekosten weltweit an, und klimatische Veränderungen werden zunehmend auf die stetig steigenden Emissionen zurückgeführt. Konzepte für die Reduzierung dieser Effekte durch die effizientere und optimierte Nutzung endogener Potenziale verzeichnen daher eine hohe Nachfrage.

Die Bioenergienutzung greift auf ein endogenes Potenzial zurück, dem große Chancen zur Generierung von regionalen Werten zugesprochen werden. Die tatsächlichen Auswirkungen einer optimierten Bioenergienutzung auf die regionale Entwicklung wurden jedoch bisher noch nicht in diesem Zusammenhang dokumentiert und wissenschaftlich untersucht.

Die vorliegende Arbeit untersucht daher die Möglichkeiten einer optimierten endogenen Biomassenutzung zur Unterstützung einer nachhaltigen Regionalentwicklung. Weiter liefert sie ein Werkzeug zur Ermittlung der in der Region entstehenden Wertschöpfungseffekte durch die Aktivierung von Potenzialen und deren Umsetzung.

Regionalentwicklungsprozesse (Kapitel B) gehen auf Probleme der Veränderungen ländlicher Räume im Rahmen des regionalen Strukturwandels mit Auswirkungen auf den Bereich der regionalen Wirtschaftspolitik ein. Eine „nachhaltige Regionalpolitik“ setzt auf das Konzept der „lernenden Region“ und der „integrierten ländlichen Entwicklung“ (Abschnitt B.3). Schwerpunkte sind u. a. die Stärkung der regionalen Wirtschaftskraft durch Nutzung der regionalen Ressourcen, Produktdiversifizierung und Innovation, Stärkung innerregionaler Produktionsverflechtungen und die Verwendung menschenfreundlicher, energiesparender und umweltschonender Technologie. Ferner sollen die regionale Identität durch aktive Beteiligung der Bevölkerung und Berücksichtigung sozio-kultureller Traditionen gefestigt und die Regionsebene durch Dezentralisierung politisch und administrativ aufgewertet werden. Eine nachhaltige Regionalentwicklung zielt auf die Förderung der Aktivierung und Nutzung endogener Potenziale (Abschnitt B.4) unter den Vorgaben

der Nachhaltigkeit. Unter solchen Potenzialen werden u. a. immobile und weltweit weniger gesuchte, jedoch für die regionale Entwicklung wichtige natürliche Ressourcen verstanden, die häufig ineffizient genutzt oder noch ungenutzt in der Region vorhanden sind. Darunter fallen auch erneuerbare Energie-Potenziale wie Sonne-, Wind- und Wasserenergie, die Bioenergieträger und (eingeschränkt) die Geothermie (s. Abschnitt B.5) sowie das Know-how zur Umsetzung dieser Energieträger in Anlagen. Die Bioenergie stellt mit den ihr eigenen Merkmalen und Herausforderungen für die Entwicklung der endogenen Ressourcen ein interessantes Handlungsfeld dar (s. Kapitel C). Die bedingte Regelbarkeit, der dezentrale Anfall mit vergleichsweise geringem Energiegehalt und die stark variierende Konsistenz und Erscheinungsform der Energieträger stellen hohe Anforderungen an die technische Nutzung und führen zu höheren Investitionskosten und einem erhöhten Koordinations- und Planungsaufwand zur Aktivierung der Potenziale. Dies stellt jedoch wiederum eine Chance für regionale Akteure dar, da der Radius der wirtschaftlichen Nutzung begrenzt und das Basis-Know-how für die Potenzialbereitstellung und ähnliche technische Prozesse vor allem in ländlichen Regionen meist vorhanden sind (s. Abschnitt C.3).

Bei der Ermittlung von nutzbaren Bioenergiepotenzialen sind verschiedene Potenzialkategorien nach ihrer zeitlichen, technischen und ökonomischen Verfügbarkeit zu unterscheiden. Für die Umsetzung relevant sind die technisch/ökologischen Potenziale als mittel- bis langfristiges Umsetzungsmaximum sowie die kurzfristig verfügbaren Potenziale als Minimalmenge, die innerhalb eines Jahres unter den aktuellen ökonomischen Rahmenbedingungen zur Umsetzung kommen könnten. Das tatsächlich umgesetzte Potenzial liegt in den meisten Fällen weit darunter (s. Abschnitt C.4). Seine Umsetzung wird von verschiedenen Hemmnissen behindert, die unterschiedlich beeinflussbar sind. Zur Aktivierung der jeweiligen Potenziale und Ausräumung von Hemmnissen kann das Mittel des Stoffstrommanagements genutzt werden (s. Abschnitt C.6). Dieses umfasst Analyse, Steuerung und Kontrolle der Stoff- und Energieströme innerhalb eines bestimmten Systems und beschränkt sich nicht auf Einzelprodukte oder einzelne Stoffflüsse. Prinzipiell zielt Stoffstrommanagement auf die Senkung des Energie- und Materialdurchsatzes durch die gesamte Wirtschaft und auf die Verringerung und den Ersatz ökologisch bedenklicher Stoffe. Da diese Ziele für die optimierte Nutzung von endogenen Energieträgern essentiell sind, eignet sich das Mittel des Stoffstrom-

managements besonders zur Unterstützung der Implementierung von Projekten in diesem Bereich.

Um die Motivation der potenziellen Umsetzer besser zu verstehen und diese für die Umsetzung zu interessieren oder auf diese ggf. in Richtung der vorgesehenen Nachhaltigkeitsstrategie positiv einwirken zu können, müssen die Voraussetzungen bekannt sein, unter denen verschiedene Akteure Entscheidungen treffen (s. Abschnitt D.1). Hierfür sind unterschiedliche Zielsetzungen relevant. Je klarer das Ziel den jeweiligen Akteuren dargestellt werden kann, umso sicherer führen die Maßnahmen, die mit begrenzten Mitteln durchzuführen sind, zum Erfolg. Die Erfolgchancen sind umso höher, je weniger Hemmnisse im Vorfeld der Projektumsetzung auftreten (s. Abschnitt D.2). Zwar sind nicht alle potenziellen Hemmnisse absehbar und beeinflussbar, aber umsichtige und zielgerichtete Planung kann viele vermeiden, umgehen oder überwinden.

Ein wichtiger Faktor für die Entscheidung zur Umsetzung ist die klare Definition des zu erwartenden Ergebnisses. Hierbei nehmen Bioenergieprojekte eine Sonderrolle bei der Zielerreichung ein. Neben den rein betriebswirtschaftlichen Zielen des Investors können und sollen diese Projekte oft weitere Ziele erfüllen. Vor allem die Schaffung regionaler Werte wird in diesem Zusammenhang häufig diskutiert. Wegen der nur sehr unscharfen Definition konnte dieser Begriff bisher nur sehr allgemein und ohne quantitative Aussagen genutzt werden (s. Abschnitt D.3). Um die Argumentationslinie in dieser Hinsicht zu verbessern, wurde nach erfolgter Definition der Begrifflichkeiten eine Methodik entwickelt, wie die geschaffenen ökonomischen, ökologischen und sozialen Werte abgebildet werden können. Positive Auswirkungen für die Region sind vor allem dann zu erwarten, wenn regionale Finanzkreisläufe geschlossen werden können und möglichst wenige externe Bezüge für regional angebotene Leistungen bei gleichem Preis erfolgen (s. Kapitel E). Anhand der Region Naturpark Saar-Hunsrück konnte diese Methodik überprüft werden (s. Kapitel F). Die Auswertung am Beispiel von fünf Biogasanlagen und zwei Holzheizungen stellt die jeweiligen Effekte auf die Region einander gegenüber. Ein Vergleich kann sowohl zwischen der Anlage und der entsprechenden konkurrierenden Alternative sowie zwischen den Anlagen untereinander erfolgen. Die Auflistung der gewonnenen Ergebnisse ist dabei nicht abschließend und kann je nach Interessenschwerpunkt des entsprechenden Akteurs ausgeweitet oder gekürzt werden. Damit steht regionalen Akteuren ein Werkzeug zur Verfügung, das die

Auswirkungen der energetischen Biomassenutzung – abhängig von der Datenverfügbarkeit – darstellt. Mit diesem Wissen um die unterschiedlichen Effekte liegt es im Interesse der regionalen Entscheidungsträger, die für die Region positiven Effekte zu unterstützen und die negativen möglichst zu verhindern. Zu diesem Zweck können verschiedene „Stellschrauben“ definiert werden, die eine Beeinflussung der jeweiligen regionalen Rahmenbedingungen ermöglichen (s. Abschnitt G.1.1). Die strategische Planung der vorhandenen Bioenergieträger im Rahmen eines Biomasse-Masterplanes (s. Abschnitt G.1.2) ermöglicht eine zielgerichtete regionale Nutzung zur Optimierung der Werte für die Region.

## I. Literatur

- ❖ AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG (ARL) (Hrsg.) (1999): Europäische Einflüsse auf die Raum- und Regionalentwicklung am Beispiel des Naturschutzes, der Agenda 2000 und des regionalen Milieus. ARL, Hannover.
- ❖ AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG (ARL) (Hrsg.) (1983): Handwörterbuch der Raumforschung und Raumordnung. ARL, Hannover.
- ❖ ALANNE, K., SAARI, A. (2006): Distributed energy generation and sustainable development. In: RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS, Volume 10, Issue 6, 1 December 2006 S. 539–558, London.
- ❖ ASSENMACHER M., LEßMANN, G., Wehrt, K. (2004): Regionale Entwicklungsimpulse von Hochschulen – Einkommens-, Beschäftigungs- und Kapazitätseffekte der Hochschulen Anhalt und Harz (FH). Harzer Hochschultexte, Wernigerode, [http://www.fh-harz.de/R/OA/downloads/Hochschultexte\\_7.pdf](http://www.fh-harz.de/R/OA/downloads/Hochschultexte_7.pdf) (2.8.2006).
- ❖ AUST, S. (2004): Der Windmühlenwahn. In: Der Spiegel. Ausgabe März 04, (2004), Hamburg.
- ❖ AUSWÄRTIGES AMT (2006): zu den Reduktionsverpflichtungen der Bundesrepublik Deutschland im Rahmen der EG-Lastenverteilung, [http://www.auswaertiges-amt.de/diplo/de/Aussenpolitik/VereinteNationen/VN-Engagements/VN-Klima-Kyoto,templateId=mittelspalte\\_\\_with\\_\\_toc.html](http://www.auswaertiges-amt.de/diplo/de/Aussenpolitik/VereinteNationen/VN-Engagements/VN-Klima-Kyoto,templateId=mittelspalte__with__toc.html) (19.7.2006).
- ❖ BADE, F.-J. (1982): Möglichkeiten und Grenzen der Regionalisierung der regionalen Strukturpolitik. In: RAUMFORSCHUNG UND RAUMORDNUNG. H. 1, S. 3–8.
- ❖ BAHRENBERG, G. (1987): Unsinn und Sinn des Regionalismus in der Geographie. In: GEOGRAPHISCHE ZEITSCHRIFT. 75 (1987), S. 149–160.
- ❖ BARTHELIS, D. (1968): Zur wissenschaftstheoretischen Grundlegung einer Geographie des Menschen. In: MITTEILUNGEN DER ÖSTERREICHISCHEN GEOGRAPHISCHEN GESELLSCHAFT. 120, H. 2 (1968), S. 227–242, Wien.

- ❖ BATHELT, H., GLÜCKLER, J. (2002): Wirtschaftsgeographie. Stuttgart.
- ❖ BAUR, F., HOFFMANN, D. (2006): Strategien zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse in ausgewählten Modellregionen / Halbzeitbericht des Projektes Bioregio: Umsetzung am Beispiel Naturpark Saar-Hunsrück. In: HECK/SPEISER (2006), S. 17–35.
- ❖ BAUR, F., MUELLER, N., HECK, P., HOFFMANN, D. (2006): 2. Zwischenbericht zum Projekt Bioregio. Januar 2006, Saarbrücken/Birkenfeld, unveröffentlicht.
- ❖ BAYRISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2006): zu den Aufgaben von Stoffstrommanagement: <http://www.stmugv.bayern.de/de/abfall/ipp/ssm.htm> (19.7.2006)
- ❖ BEMMANN, U. (Hrsg.) (2003): Contracting-Handbuch 2003 –Strategien – Umsetzung – Praxisbeispiele. Köln.
- ❖ BENSMANN, M. (2005): Energie hoch drei. In: ERNEUERBARE ENERGIEN. Heft 7 (2005).
- ❖ BIOMASSE INFO-ZENTRUM (BIZ) (2001): Holzpellets – Energie, die nachwächst. Stuttgart.
- ❖ BLOCK, K. (2002): Biomasseerzeugung und Nutzung im landwirtschaftlichen Bereich – Erfahrungen bei der Umsetzung der BiomasseV aus Sicht der Genehmigungsbehörde in Nordrhein-Westfalen. In: INSTITUT FÜR ENERGETIK UND UMWELT (IE) (2002).
- ❖ BLOTEVOGEL, H. H. (1999): Zur Neubewertung der Region für Regionalentwicklung und Regionalpolitik. In: AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG (Hrsg.) (1999), S. 44–60.
- ❖ BLOTEVOGEL, H.H. (1996): Auf dem Weg zu einer „Theorie der Regionalität“: Die Region als Forschungsobjekt der Geographie. In: BRUNN (1996), S. 44–68.
- ❖ BMK AG (2003): Die regionalwirtschaftliche Bedeutung des Rottaler Modells im Gebiet des Abfallwirtschaftsverbandes Isar-Inn (AWV Isar-Inn). Gankofen.

- ❖ BRAUN, B., SCHULZ, C., SOYEZ, D. (2003): Konzepte und Leitthemen einer ökologischen Modernisierung der Wirtschaftsgeographie. In: ZEITSCHRIFT FÜR WIRTSCHAFTSGEOGRAPHIE. Jg. 47, Heft 3–4, S. 231–248.
- ❖ BRUNN, G. (Hrsg.) (1996): Region und Regionsbildung in Europa, Konzeptionen der Forschung und empirische Befunde. Schriftenreihe des Instituts für europäische Regionalforschungen, Bd. 1, Baden-Baden.
- ❖ BUNDESAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE (BAFA) (2005): Daten zur Zahl der Anträge im Marktanzreizprogramm 2000 bis 2005, [www.bafa.de](http://www.bafa.de) (26.8.2005).
- ❖ BUNDESINITIATIVE BIOENERGIE (2003): Heimische Energiequellen in ländlichen Kommunen – am Beispiel der Gemeinde Süsel/Ostholstein. <http://www.bioenergie.de/downloads/Gutachten/Ssel-Broschre.pdf> (11.3.2004).
- ❖ BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) (2005): Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und Internationale Entwicklung. Stand: Juni 2005, Berlin.
- ❖ BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ARBEIT (2005): zum prozentualen Anteil des Energieverbrauches aus dem Verkehr: <http://www.bmwi.de/Navigation/Technologie-und-ENERGIE/ENERGIEPOLITIK,DID=20228.HTML> (28.4.2005).
- ❖ BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ARBEIT (2005): Energiedaten, Tabelle 26-30
- ❖ BUNDESVERBAND SOLARENERGIE (BSI) (2005): Übersicht zur Zahl der Anträge im Marktanzreizprogramm 2000 bis 2005: [www.bsi.solar.de](http://www.bsi.solar.de), (26.8.2005).
- ❖ BÜNTING, K.-D. (1996): Deutsches Wörterbuch. Chur (Schweiz).
- ❖ CENTRALE MARKETING GESELLSCHAFT DER DEUTSCHEN AGRARWIRTSCHAFT (CMA) (1997): Biomasse – nachwachsende Energie aus Land- und Forstwirtschaft. 2. Auflage, Bonn.
- ❖ CHOREN (2005): zum Flächenbedarf beim Anbau von BTL-Treibstoffen: [http://www.choren.com/de/energy\\_for\\_all/biomasse/bedarf/](http://www.choren.com/de/energy_for_all/biomasse/bedarf/) (19.7.2006)

- ❖ DANIELZYK, R. (1998): Zur Neuorientierung der Regionalpolitik  
Wahrnehmungsgeographische Studien zur Regionalentwicklung. H. 17,  
Oldenburg.
- ❖ DANNER, W. (2003): Regenerative Energien als Beitrag zur Regional-  
entwicklung in ländlichen Räumen. unveröffentlicht.
- ❖ DE MAN, R., CLAUS, F. (1998): Kooperation, Organisationsformen und  
Akteure. In: FRIEGE/ENGELHARDT/HENSELING (1998), S. 72–81.
- ❖ DER LANDKREIS. Deutscher Landkreistag, Stuttgart:  
[www.kreise.de/landkreistag/zeitschrift/dl-impresum.htm](http://www.kreise.de/landkreistag/zeitschrift/dl-impresum.htm)
- ❖ DER SOLARSERVER (2004): zur Entwicklung im Photovoltaikmarkt,  
<http://www.solarserver.de/solarmagazin/news2004m08.html> (28.4.2005)
- ❖ DER SPIEGEL, Spiegel-Verlag, Hamburg.
- ❖ DI BLASI, L. GOEBEL, B. HÖSLE, V. (2001): Nachhaltigkeit in der Ökologie,  
München.
- ❖ DISP (1980), Nr. 61, 17, Zürich.
- ❖ DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R., SILVERBERG, G., SOETE, L. (1988):  
Technical Change and Economic Theory. London/New York.
- ❖ EICHELBRÖNNER, M. (1997): Aktionsprogramm Abbau von Hemmnissen bei  
der Realisierung von Anlagen erneuerbarer Energien. Forum für  
Zukunftsenergien e.V., Bonn.
- ❖ EMBERGER, J. (1993): Kompostierung und Vergärung. Würzburg.
- ❖ ENDRES, A. (2000): Moderne Mikroökonomik – erklärt in einer einzigen  
Nacht. München/Wien.
- ❖ ENQUETE-KOMMISSION „SCHUTZ DES MENSCHEN UND DER UMWELT“  
(1994): Die Industriegesellschaft gestalten. Berlin.
- ❖ ERHARD-MASCHINEN (2005): zum minimalen Inputbedarf von  
Pflanzenölpresen, <http://www.erhard-maschinen.de/oelpresen.php>  
(19.7.2006).
- ❖ ERNEUERBARE ENERGIEN, Transan, Überstorf: [www.sses.ch/de/zeitschrift](http://www.sses.ch/de/zeitschrift).

- ❖ FACHAGENTUR FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (FNR) (2005a): Bioenergie – Pflanzen, Rohstoffe, Produkte. Gülzow.
- ❖ FACHAGENTUR FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (FNR) (2005b): Biokraftstoffe – Pflanzen, Rohstoffe, Produkte. Stand: Januar 2005, Gülzow.
- ❖ FACHAGENTUR FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (FNR) (2005c): Basisdaten Biokraftstoffe. Stand: Januar 2005, Gülzow.
- ❖ FACHAGENTUR FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (FNR) (2005d): Basisdaten Biogas Deutschland, Stand: Januar 2005, Gülzow.
- ❖ FACHAGENTUR FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (FNR) (2005e): Basisdaten Bioenergie Deutschland. Stand: Januar 2005, Gülzow.
- ❖ FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V (FNR) (2000): Leitfaden Bioenergie – Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Gülzow.
- ❖ FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V (FNR) (2003): Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. Gülzow.
- ❖ FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V (FNR) (2002a): Innovative Verfahren zur Wärme- und Stromerzeugung aus Biomasse. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- ❖ FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V (FNR) (2002b): Biogas – eine natürliche Energiequelle. Gülzow.
- ❖ FLAIG, H., LEUCHTWEIS, C., V. LÄNEBURG, E., ORTMAIER, E., SEEGER, C. (1998): Biomasse – nachwachsende Energie – Potentiale, Technik, Kosten. Renningen-Malmsheim.
- ❖ FOIßNER, P. (2000): Endogene Entwicklung in peripheren Regionen: Möglichkeiten der Aktivierung endogener Potenziale in der Region Vorpommern. Köln/Berlin/Bonn/München/Heidelberg, S. 297–306.
- ❖ FORUM FÜR ANGEWANDTES SYSTEMISCHES STOFFSTROMMANAGEMENT (FasS), Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, Birkenfeld.

- ❖ FRAUNHOFER INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG (FhG-ISI) (2005): Gutachten zur CO<sub>2</sub>-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien. Karlsruhe.
- ❖ FRIEGE, H., ENGELHARDT, C., HENSELING, K. O. (Hrsg.) (1998): Das Management von Stoffströmen, Geteilte Verantwortung – Nutzen für alle. Heidelberg/New York.
- ❖ FRITSCH, M., WEIN, T., EWERS, H.-J. (1999): Marktversagen und Wirtschaftspolitik. 3. Auflage, Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, München.
- ❖ GABLER, T., SELLIEN, R.; SELLIEN, H. (1979): Gabler's Wirtschafts-Lexikon. 10. Überarbeitete Auflage, Wiesbaden
- ❖ GAILFUß, M. (1999): BHKW-Infozentrum Rastatt, Informationen zu BHKW-Größen und -Leistung: [http://www.bhkw-infozentrum.de/erlaeuter/kwkk\\_grundlagen.html](http://www.bhkw-infozentrum.de/erlaeuter/kwkk_grundlagen.html) (28.8.2005)
- ❖ GANGL (2004), Ethanolerzeugung aus stärkehaltigen Rohstoffen für Treibstoffzwecke: [http://www.wiso.boku.ac.at/fileadmin/\\_/H730-sozial/H733/pub/Biogas/2004\\_DA\\_Gangl\\_kurz.pdf](http://www.wiso.boku.ac.at/fileadmin/_/H730-sozial/H733/pub/Biogas/2004_DA_Gangl_kurz.pdf) (19.7.2006)
- ❖ GEIßENDÖRFER, M., RAHN, T., STOIBER, M. (2003): Handbuch „Erfolgreiches Regionalmanagement“. Bayreuth/Triesdorf.
- ❖ GEMEINDEORDNUNG FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN (GO) § 107 in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Juli 1994, (1994).
- ❖ GEMEINDEORDNUNG RHEINLAND-PFALZ in der Fassung vom 31.1.1994, GemO §94 (2), (1994).
- ❖ GEMEINDEVERWALTUNG MORBACH (2006): zum Projekt Morbacher Energielandschaft, [www.energielandschaft.de](http://www.energielandschaft.de) (19.7.2006).
- ❖ GEMIS-DATENBANK des Ökoinstitut Darmstadt (2006): <http://www.oeko.de/service/gemis/> (19.7.2006).
- ❖ GEOGRAPHISCHE RUNDSCHAU, Braunschweig: [www.geographischerundschau.de](http://www.geographischerundschau.de)
- ❖ GEOGRAPHISCHE ZEITSCHRIFT, Franz Steiner Verlag, Stuttgart.

- ❖ GESETZ FÜR DEN VORRANG ERNEUERBARER ENERGIE – Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) (2004).
- ❖ GREENPEACE MAGAZIN (2005): zur Windkraftproblematik, Ausgabe 2/2005, Hamburg, <http://www.greenpeace-magazin.de/magazin/reportage.php?repid=2227>
- ❖ GROßKLOS, M. (2002): Kumulierter Energieaufwand verschiedener Energieträger und -versorgungen. Ergebnisse berechnet mit GEMIS Version 4.13, Institut für Wohnen und Umwelt Darmstadt (IWU). Juni 2002.
- ❖ GRUNDGESETZ DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND: Art. 20 I, Art. 28 I, Art. 72 II Ziffer 3, Art. 104 IV sowie Art. 106 III Nr. 2.
- ❖ HAHNE, U. (1985): Regionalentwicklung durch Aktivierung intraregionaler Potenziale: zu den Chancen „endogener“ Entwicklungsstrategien. München.
- ❖ HANDWÖRTERBUCH DER RAUMFORSCHUNG UND RAUMORDNUNG (1970), 2. Auflage. Bd. 3, Hannover.
- ❖ HARTMANN, H., ROSSMANN, P. (2003): Feuerungen und Anlagentechnik. In: FACHAGENTUR FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (FNR) (2003), S. 68–102.
- ❖ HAUFF, V. (1987): Unsere gemeinsame Zukunft – Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Greven.
- ❖ HECK, P. (2004): Regionale Wertschöpfung als Zielvorgabe einer dauerhaft, nachhaltigen, effizienten Wirtschaftsförderung. In: FORUM FÜR ANGEWANDTES SYSTEMISCHES STOFFSTROMMANAGEMENT, 2. Jahrgang, S. 5–12.
- ❖ HECK, P. (2005): Vorlesungsfolien zum Thema Business aspects in ecosystem management, im Masterstudiengang International Material Flow Management am Umwelt-Campus Birkenfeld.
- ❖ HECK, P., BEMMANN, U. (Hrsg.) (2002): Praxishandbuch Stoffstrommanagement 2002/2003. Köln.
- ❖ HECK, P., HOFFMANN, D. (2005): Abschlussbericht der 2. Phase im Projekt „Morbacher Energielandschaft“. Im Auftrag der Gemeinde Morbach und des Ministeriums für Inneres und Sport Rheinland-Pfalz, unveröffentlicht.

- ❖ HECK, P., HOFFMANN, D. (2003): Biomasse-Potenzialstudie Rheinland-Pfalz: Dokumentation zur 2. Biomasse-Tagung am Umwelt-Campus Birkenfeld. Berlin.
- ❖ HECK, P., HOFFMANN, D., WERN, B. (2004): Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse in Rheinland-Pfalz. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Mainz.
- ❖ HECK, P., SPEISER, I. (2006): Dokumentation zur 5. Biomasse-Tagung Rheinland-Pfalz, 10./11. November 2005 am Umwelt-Campus Birkenfeld. IfaS-Schriftenreihe zum angewandten Stoffstrommanagement, Band 4, Berlin.
- ❖ HECK, P., WERN, B. (2004): Biomasse-Potenzialstudie Rheinland-Pfalz: Dokumentation zur 3. Biomasse-Tagung am Umwelt-Campus Birkenfeld vom 27. + 28.11.2003. Berlin.
- ❖ HELLING, K. (2005): Vorlesungsskript Betriebliches Stoffstrommanagement. Umwelt-Campus Birkenfeld, Stand SS 2005.
- ❖ HIRSCHMANN, A. O. (1967): Die Strategie der wirtschaftlichen Entwicklung. In: ÖKONOMISCHE STUDIEN, 13, Stuttgart.
- ❖ HOFFMANN, D., MARX, K. (2004): Stoffstromkonzept der Morbacher Energielandschaft: Untersuchung zur Machbarkeit von Biomasseanlagen am Standort der Morbacher Energielandschaft und in der Einheitsgemeinde Morbach. In: HECK/WERN (2004), S. 104–115.
- ❖ HOLZ-ENERGIE 2002 (2002), Kongress (30.–31. Oktober 2002), Bundesinitiative BioEnergie BBE, Bonn.
- ❖ HOLZABSATZFONDS (2002): Holzenergie für Kommunen – Ein Leitfaden für Initiatoren. Bonn.
- ❖ HOLZENERGIE SCHWEIZ (2005): zum Energiegehalt von Holz und Heizöl: [http://www.holzenergie.ch/fileadmin/pdf/403energieinhalt\\_graueEnergie\\_DFI.pdf](http://www.holzenergie.ch/fileadmin/pdf/403energieinhalt_graueEnergie_DFI.pdf), Zürich (19.7.2006).
- ❖ HOPPE-KLIPPER, M. (2004): Perspektiven der Windenergienutzung in Deutschland – Zukünftige Anforderungen an Forschung, Entwicklung und Markterschließung. Studie für die Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn.

- ❖ IBS Haustechnik (2005): Leistungsbereiche Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, <http://energieberatung.ibs-hlk.de/planbhkw.htm> (14.8.2005).
- ❖ IEA (2005): zur Preisentwicklung für Mineralöle: [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov), (9/2005).
- ❖ INSTITUT FÜR ANGEWANDTES STOFFSTROMMANAGEMENT (2006): Handels- und Informationsplattform Biomasse Rheinland-Pfalz: [www.biomasse-rlp.de](http://www.biomasse-rlp.de) (19.7.2006).
- ❖ INSTITUT FÜR ANGEWANDTES STOFFSTROMMANAGEMENT (IfaS) (2005): Lehr- und Lernplattform Stoffstrommanagement: <http://www.ifas.umwelt-campus.de> (19.7.2006)
- ❖ INSTITUT FÜR ENERGETIK UND UMWELT (2002): Rechtlich-administrative Hemmnisse bei der Umsetzung der BiomasseV, 28. – 29.10.2002. Tagungsband, Leipzig.
- ❖ INSTITUT FÜR THERMISCHE TURBOMASCHINEN UND MASCHINENDYNAMIK (1999–2001): Technologiebereich Kraft-Wärme-Kopplung. Technisch Universität Graz, In: ENERGYTECH.AT. <http://www.energytech.at/kwk/index.html>, 06.02.2003
- ❖ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) (2004a): Energy Balances of non-OECD Countries. 2004 Edition, Paris.
- ❖ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) (2004b): World Energy Outlook 2004. OECD/IEA, Paris.
- ❖ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) (2004c): Energy Balances of OECD Countries, 2004 Edition, Paris.
- ❖ INTERNATIONAL HYDROPOWER ASSOCIATION, INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS, IMPLEMENTING AGREEMENT ON HYDROPOWER TECHNOLOGIES AND PROGRAMMES, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, CANADIAN HYDROPOWER ASSOCIATION (2000): Wasserkraft und die Energiezukunft der Welt – Die Rolle der Wasserkraft als saubere erneuerbare Energie für die Welt. Sutton/Paris/Ottawa: <http://www.ieahydro.org/reports/Ger-Whitep.pdf> (19.7.2006)

- ❖ KAISER, B. (2001): Werttheorie und Bewertungstheorie als Grundlage der Waldbewertung. Schriften aus dem Institut für Forstökonomie der Universität Freiburg, Band 2, Freiburg.
- ❖ KALTSCHMITT, M. HARTMANN, H. (Hrsg.) (2001): Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. Berlin.
- ❖ KALTSCHMITT, M., WIESE, A. (1993): Erneuerbare Energieträger in Deutschland - Potentiale und Kosten. Berlin/Heidelberg.
- ❖ KALUZA, B. (Hrsg.) (1998): Kreislaufwirtschaft und Umweltmanagement. Duisburger Betriebswirtschaftliche Schriften, Band 17, Duisburg.
- ❖ KEMPKENS (2002): Verwertung von organischen Reststoffen in Biogasanlagen. [www.lwf.uni-bonn.de/hst/archiv52/VORTRAG%20KEMPKENS.pdf](http://www.lwf.uni-bonn.de/hst/archiv52/VORTRAG%20KEMPKENS.pdf), (September 2005).
- ❖ KIRCHHOFF, U. MÜLLER-GODEFFROY, H. (1996): Finanzierungsmodelle für kommunale Investoren. 6., erw. und überarb. Aufl., Stuttgart.
- ❖ KÖHLER, M. et. al. (1995) Potential der erneuerbaren Biomasse In: PONTENAGEL (1995), S. 127–186.
- ❖ KOSLOWSKI, P. (2001): Prinzipien einer ökologisch nachhaltigen Ökonomie. In: DI BLASI/GOEBEL/HÖSLE (2001), S. 105.
- ❖ KRCAL, H.-C. (2000): Regionale Netzwerke für das Stoffstrommanagement – Eine Kooperationsform für den Entsorgungsprozess. In: LIESEGANG/STERR/OTT (2000), S. 26–35.
- ❖ KREISLAUFWIRTSCHAFTS- UND ABFALLGESETZ (KrW-/AbfG) (1994).
- ❖ KULKE, E. (1998): Wirtschaftsgeographie Deutschlands. Gotha/Stuttgart.
- ❖ LANDWIRTSCHAFTLICHE FACHSCHULE TULLN (2002): Vom Bauern zum Energiewirt. Tulln (Österreich).
- ❖ LANGE, K. (1970): Regionen. In: HANDWÖRTERBUCH DER RAUMFORSCHUNG UND RAUMORDNUNG, Sp. 2705–2719.
- ❖ LIESEGANG, D. G., STERR, T., OTT, T. (2000): Aufbau und Gestaltung regionaler Stoffstrommanagementnetzwerke. Betriebswirtschaftlich-Ökologische Arbeiten, IUWA, Heidelberg.

- ❖ LINDEN, R.D. (2002): Energiesysteme, Konzeptstudie Systematische Biomassenutzung in der westfälischen Modellregion Münster, Borken, Paderborn. Gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.
- ❖ LÖHR, D. (2004): Sinn, Unsinn und eine mögliche Konzeption des Begriffs der „regionalen Wertschöpfung“. In: FORUM FÜR ANGEWANDTES SYSTEMISCHES STOFFSTROMMANAGEMENT, 2. Jahrgang, Birkenfeld, S. 19–23.
- ❖ LUKS, F. (2002): Nachhaltigkeit. Wissen 3000, Hamburg.
- ❖ LULEY, H., SCHRAMM, E. (2000): Regionale Ansätze nachhaltigen Wirtschaftens in Deutschland. Institut für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt am Main.
- ❖ LUTZ, A. (2002): Wärmeversorgung eines Neubaugebietes aus einem Holzheizkraftwerk mit ORC-Anlage und Holzkessel am Beispiel Scharnhäuser Park in Ostfildern. In: HOLZ – ENERGIE 2002 (2002).
- ❖ MAGDEBURGER ELECTRONIC COMMERCE ZENTRUM (2006) zur Definition von Wertschöpfung, [http://www.md-ecz.de/GP\\_Bew/glossar/wertschoepfung.html](http://www.md-ecz.de/GP_Bew/glossar/wertschoepfung.html) (19.7.2006).
- ❖ MAJER, H. (2000): Energiepreise, Ressourcenschutz und Nachhaltigkeit. In: ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE UMWELTFORSCHUNG : ZAU, Bd. 13 (2000), 3–4, S. 277–280, Berlin.
- ❖ MAJER, H., WEINMÜLLER, K. (1997): Umsetzung von regionalem Wirtschaften – Überblick über den Stand der Forschung und vorrangige Forschungsthemen. Ergebnisbericht über den Expertenworkshop "Regionale Ansätze nachhaltigen Wirtschaftens" des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF), Universität Stuttgart, Stuttgart.
- ❖ MARKT-DATEN.DE (2005): Tabelle zur Entwicklung des Rohölpreises 1983–2005: <http://www.markt-daten.de/Chartbook/oel-preise.htm> (19.7.2006)
- ❖ MARSHALL, A. (1961): Principles of Economics. 9. Auflage, London.

- ❖ MARUTZKY, R., SEEGER, K. (1999): Energie aus Holz und anderer Biomasse. Leinfelden-Echterdingen.
- ❖ MARX, K. (1862): Das Kapital. Band 4, Theorien über den Mehrwert, Berlin .
- ❖ MILBERT, A. (2004): Wandel der Lebensbedingungen im ländlichen Raum Deutschlands. In: Geographische Rundschau, Jahrgang 56, September 2004, Heft 9, Braunschweig, S. 26–32.
- ❖ MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, VERKEHR, LANDWIRTSCHAFT UND WEINBAU RHEINLAND-PFALZ (2004): Energiebilanz Rheinland-Pfalz 2000
- ❖ MITTEILUNGEN DER ÖSTERREICHISCHEN GEOGRAPHISCHEN GESELLSCHAFT, Österreichische Geographische Gesellschaft, Wien.
- ❖ MÜLLER CHRIST, G. (2001): Nachhaltiges Ressourcenmanagement. Marburg.
- ❖ NATURPARK SAAR-HUNSRÜCK (2004): Statistische Erhebungen, Naturparkverwaltung Hermeskeil, unveröffentlicht.
- ❖ Naturpark Saar-Hunsrück (2006): Informationen zum Projektgebiet Naturpark Saar-Hunsrück: [www.naturpark.org](http://www.naturpark.org) (19.7.2006).
- ❖ NATURPARK SAAR-HUNSRÜCK (k.A.): Erlebnisregion Naturpark Saar-Hunsrück. Hermeskeil.
- ❖ NICKLISCH, H. (Hrsg.) (1939): Handwörterbuch der Betriebswirtschaft. Stuttgart.
- ❖ OBERNBERGER I., HAMMERSCHMID, A. (2001): Stromerzeugungstechniken. In: KALTSCHMITT, M. (2001).
- ❖ ÖKO-INSTITUT e.V. (1996): Globaler Stoffwechsel. Freiburg.
- ❖ ÖKONOMISCHE STUDIEN, Fischer, Stuttgart.
- ❖ ONLINE-VERWALTUNGSLEXIKON (2006): zur Definition von Nutzen und negativem Nutzen: <http://www.olev.de/n/nutzen.htm> (19.7.2006)
- ❖ PASCHEN, H., OERTEL, D., GRÜNWALD, R. (2003): Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland. Sachstandsbericht, Arbeitsbericht Nr. 84, Büro für Technikfolgen-Abschätzung bei Deutschen Bundestag, Berlin,

[http://www.europarl.eu.int/stoa/ta/renewable\\_energies/geothermic/geothermische\\_energie\\_\(tab\).pdf](http://www.europarl.eu.int/stoa/ta/renewable_energies/geothermic/geothermische_energie_(tab).pdf)

- ❖ PATYK, A., REINHARDT, G.A. (1997): Düngemittel- Energie- und Stoffstrombilanzen. Braunschweig/Wiesbaden.
- ❖ PONTENAGEL, I. (1995): Das Potenzial erneuerbarer Energien in der Europäischen Union, Berlin/Heidelberg .
- ❖ QUASCHNIG, V., GEYER, M. (2000): Einsatzmöglichkeiten regenerativer Energien für eine klimaverträgliche Elektrizitätsversorgung in Deutschland. Vortrag zum 12. Internationalen Sonnenforum 5.-7. Juli 2000, Freiburg.
- ❖ RAUMFORSCHUNG UND RAUMORDNUNG. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Stuttgart.
- ❖ RAUSSEN, T. (2005): Verstärkter Einsatz von Produkten und Energie aus Nachwachsenden Rohstoffen in Kommunen: Chancen, Hemmnisse und Erfahrungen. In: HECK/SPEISER (2005), S. 23–35.
- ❖ RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS. Elsevier, London: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/13640321>
- ❖ REUBER, P., PFAFFENBACH, C. (2005): Methoden der empirischen Humangeographie – Beobachtung und Befragung. Braunschweig.
- ❖ RÜHLI, E. (1988): Unternehmungsführung und Unternehmungspolitik. 2. Auflage, Bern/Stuttgart.
- ❖ SCHAMP, E. W. (1983): Grundansätze der zeitgenössischen Wirtschaftsgeographie. In: GEOGRAPHISCHE RUNDSCHAU, Vol. 35, Nr. 2, S. 74–80, Braunschweig.
- ❖ SCHEFFER, K. (2000): Energie aus der Vielfalt der Pflanzenarten – ein neuer Ansatz zur ökonomischen und ökologischen Optimierung der Biomassennutzung. Kassel.
- ❖ SCHEFFER, K. (2003): Die Bedeutung einer integralen Landwirtschaft. In HECK/WERN (2004), S. 22–33.
- ❖ SCHIERENBECK, H. (2000): Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre. 15. überarbeitete Auflage, München/Wien.

- ❖ SCHRIMPF, E. (2003): Biodiesel oder Pflanzenöl. In: HECK/HOFFMANN (2003), S. 88–94.
- ❖ SCHULZ, H., EDER, B. (2001): Biogas Praxis – Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele. 2. Auflage, Freiburg.
- ❖ SCHUMANN (2004): Machtkampf um den Energiemix. In: ECOreporter.de-Online-Magazin;  
[http://www.ecoreporter.de/upload/ECO\\_MAG\\_3\\_04\\_Teil1\\_OD.pdf](http://www.ecoreporter.de/upload/ECO_MAG_3_04_Teil1_OD.pdf)
- ❖ SEISCHAB, H., SCHWANTAG, K. (Hrsg.) (1960): Handwörterbuch der Betriebswirtschaft. Dritte völlig neu bearbeitete Auflage, Stuttgart.
- ❖ SEN, A. (1987): Rational Behaviour. In: THE NEW PALGRAVE, Vol. 4.
- ❖ SIEBEN, G., SCHILDBACH, T. (1994): Betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie. 4. Auflage, Düsseldorf.
- ❖ SINZ, M. (1995): Region. In: AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG S. 805–808.
- ❖ SMITH, A. (1789): Der Wohlstand der Nationen. London.
- ❖ SOLO STIRLING GmbH (2005): Informationen zum Stirling-Motor:  
[www.stirling-engine.de/technischedaten.html](http://www.stirling-engine.de/technischedaten.html) (19.7.2006).
- ❖ SPILLER, A. (1998): Gesamtökologische Bewertung von Kreislaufwirtschaftskonzepten, Eine informationsökonomische Analyse. In: KALUZA, B. (1998), S. 145–168.
- ❖ STATISTISCHES BUNDESAMT DEUTSCHLAND (2006): Preise Verbraucherpreisindizes für Deutschland – Monatsbericht Juli 2006. Fachserie 17, Reihe 7, Wiesbaden.
- ❖ STATISTISCHES BUNDESAMT DEUTSCHLAND (2004): Bevölkerungverteilung in Deutschland
- ❖ STATISTISCHES LANDESAMT RHEINLAND-PFALZ (2004): Bevölkerung, Boden, Beschäftigte (Auszug auf Anfrage für das Projektgebiet)
- ❖ STATISTISCHES LANDESAMT RHEINLAND-PFALZ (2003): Flächennutzung im Projektgebiet (Auszug auf Anfrage für das Projektgebiet)

- ❖ STATISTISCHES LANDESAMT SAARLAND (2003): Flächennutzung im Projektgebiet (Auszug auf Anfrage für das Projektgebiet)
- ❖ STATISTISCHES LANDESAMT SAARLAND (2004): Altersverteilung der Bevölkerung im Projektgebiet (Auszug auf Anfrage für das Projektgebiet)
- ❖ STATISTISCHES LANDESAMT SAARLAND (2005): Energiemix im Saarland 2004
- ❖ STERR, T. (1998): Stoffstrommanagement. In: UMWELTWIRTSCHAFTSFORUM, 6. Jg., H. 2, Berlin u. a., S. 48–55.
- ❖ STERR, T. (2000): Konzeptionelle Grundlagen für den Umgang mit dem Regionenbegriff vor dem Hintergrund eines regionalen Stoffstrommanagements. In: LIESEGANG/STERR/OTT (2000), S. 1–25.
- ❖ STÖHR, W. B. (1980): Alternative Strategien für die integrierte Entwicklung peripherer Gebiete bei abgeschwächtem Wirtschaftswachstum. Vortragsmanuskript, In: DISP (1980), S. 5–8.
- ❖ STREIT, M.E. (1991): Theorie der Wirtschaftspolitik, 4. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Düsseldorf.
- ❖ SZYPERSKY, N., WINAND, U. (1974): Entscheidungstheorie, Eine Einführung unter besonderer Berücksichtigung spieltheoretischer Konzepte. Stuttgart.
- ❖ TEXTOR, B. (2003): Praxisversuch "Energieproduktion und Verwertung". Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Bericht Teil II, Freiburg.
- ❖ THE NEW PALGRAVE (1987), Dictionary of economics. Vol. 4, London/New York.
- ❖ THOSS, R. (1983): Qualitatives Wachstum in den Raumordnungsregionen der Bundesrepublik Deutschland. In: ARL (1983), S. 1–23.
- ❖ THRÄN, D., KALTSCHMITT, M. (2004): Hemmnisse bei der energetischen Nutzung biogener Festbrennstoffe. In: ZEITSCHRIFT FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT 1/2004.
- ❖ UFOP (2005): zum Flächenbedarf für den Anbau von Pflanzenölen: [www.UFOP.de](http://www.UFOP.de) (25.7.2006).

- ❖ UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2002): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland – die Zukunft dauerhaft umweltgerecht gestalten. Berlin.
- ❖ UMWELTWIRTSCHAFTSFORUM (UWF), Springer-Verlag, Berlin:  
[www.iuwa.de/uwf/index.html](http://www.iuwa.de/uwf/index.html).
- ❖ VERBAND DEUTSCHER NATURPARKE (2001): Die deutschen Naturparke, Aufgaben und Ziele. 2. Fortschreibung, Bispingen.
- ❖ VERBAND DEUTSCHER NATURPARKE (2002): Nachhaltiger Tourismus in Naturparks, Ein Leitfadens für die Praxis. Bispingen.
- ❖ VEREINTE NATIONEN (1997): Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, Kyoto.
- ❖ WALDARBEITSSCHULEN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (2000): Der Forstwirt, Stuttgart.
- ❖ WEISS, W. (2002): Der ländlichste Raum – regional-demographische Perspektiven, Probleme von Abwanderungsgebieten mit geringer Bevölkerungsdichte. In: DER LANDKREIS, 72, Jg., Heft 1/2002, S. 15–19.
- ❖ WELLINGER, A., BASERGA, U., EDELMANN, W., EGGER, K., SEILER, B. (1991): Biogas-Handbuch, Grundlagen – Planung – Betrieb landwirtschaftlicher Anlagen. Aarau.
- ❖ Williamson, O.E. (1990): Die ökonomischen Institutionen des Kapitalismus. Tübingen.
- ❖ ZEITSCHRIFT FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden.
- ❖ ZEITSCHRIFT FÜR WIRTSCHAFTSGEOGRAPHIE, Buchenverlag, Frankfurt.

### **Persönliche Gespräche**

- ❖ EMMERICH, E., Ingenieurbüro PEC, Greimerath, zum Thema der Auswahl der Technologie in Abstimmung mit dem Brennstoff bei Holzheizungen sowie zu den Holzheizungen in Zerf und Hermeskeil (Anlagen 6 und 7) (6.2.2006).

- ❖ GITZINGER, H.-W., Biogasanlagenbetreiber, zur Biogasanlage Mettlach/Weiten (Anlage 2) (13.2.2006).
- ❖ GRUPPE, O., Interreg-Point Trier, beim Auftaktgespräch zum INTERREG IIIA-Projekt RUBIN, Mainz 24.10.2005.
- ❖ GUBERNATOR, L., Fa. Weag und Mohr GmbH, zur Holzpelletproduktion Trier (15.3.2006).
- ❖ GUTTENSOHN, A. Wirtschaftsingenieur, Fa. Ökobit GmbH.
- ❖ HASTERT, C., Präsident des Verwaltungsrates der Agence de l'Énergie, Luxembourg, beim Auftaktgespräch zum INTERREG IIIA-Projekt RUBIN, Mainz 24.10.2005.
- ❖ HAYER, R., Maschinen- und Betriebshilfsring Trier-Wittlich, zu Preisen für die landwirtschaftliche Produktion und die Ausbringung von Düngemitteln (6.5.2006).
- ❖ HENGST, H.-U., Stadtkämmerer der Stadt Fürstenwalde Spree, 6.5.2003 zum Thema der wirtschaftlichen Betätigung von Kommunen.
- ❖ JACOBY, U., Forstamt Winterhauch, zur Hackschnitzelheizung Idar-Oberstein (13.2.2006).
- ❖ KOHL, M., Biogasanlagenbetreiber, zur Biogasanlage Palzem (Anlage 1) (2.3.2006).
- ❖ KOSAK, G., Fa. RPS Altvater zur Biogasanlage Hoppstädten-Weiersbach (Anlage 5) (3.2.2006).
- ❖ LAUB, B., Biogasanlagenbetreiber, zur Biogasanlage Weiskirchen (8.3.2006).
- ❖ LIESER, H., Forstamtsleiter Forstamt Saarburg, per E-Mail zur Holzhackschnitzelheizung in Kell am See (Anlage 6), (19.5.2006).
- ❖ MAISBERGER, M., Betriebsleiter der Ölpresse der St. Wendeler Ölsaaten GmbH, zur Pflanzenölpresse Marpingen (21.2.2006).
- ❖ MANN, M., Geschäftsführer, Fa. Mann Naturenergie GmbH & Co KG, zum Thema maximale Transportentfernungen, (Februar 2003).
- ❖ MÖLLE, G., Geschäftsführer Mölle GmbH, zur Holzpelletproduktion Röno Holzpellets, Rötweiler Nockental (28.3.2006).

- ❖ MÜLLER GmbH Heizöl, zum regionalen Anteil am Heizölpreis, Trier (März 06).
- ❖ SCHIFFMANN, G., Betriebsingenieur der Fa. OIE AG, zum Hackschnitzelheizkraftwerk Hoppstädten-Weiersbach (21.2.2006).
- ❖ SCHMITT, N., Geschäftsführer, Fa. OIE AG, Idar-Oberstein, zum Blockheizkraftwerk und zum Hackschnitzelheizkraftwerk Hoppstädten-Weiersbach (Anlage 5).
- ❖ SCHNEIDER, H., Biogasanlagenbetreiber, zur Biogasanlage Dörrenbach (Anlage 3) (20.2.2006).
- ❖ SCHOPACH, T., Wirtschaftsingenieur, Fa. Juwi GmbH zum Bau der Holzpelletierung und der Biogasanlage auf der Morbacher Energielandschaft (Mai 2006).
- ❖ SPURK, C., Geschäftsführer ZEUS GmbH Reinsfeld und Geschäftsführer Ökobit GmbH Föhren, zur Biogasanlage Zeus Reinsfeld (Anlage 4), Informationen zu Anlagenbau von Biogasanlagen, Gasaufbereitung auf Erdgasqualität, Anlagengenehmigung, Transportkosten (24.8.2005, 30.12.2005, Januar 2006).

## J. Abkürzungsverzeichnis

17. BimschV	17. Bundesimmissionschutzverordnung
4. BimschV	4. Bundesimmissionschutzverordnung
AltholzV	Altholzverordnung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BimSchG	Bundesimmissionschutzgesetz
BioAbfV	Bioabfallverordnung
BiomasseV	Biomasseverordnung
DüMG	Düngemittelgesetz
DüMV	Düngemittelverordnung
EEG	Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien
KEA	Kumulierter Energieaufwand
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
LVZ	Landwirtschaftliche Vergleichszahlen
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWK-Bonus	Bonus für die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung nach dem EEG
MBR	Maschinen- und Betriebshilfsring
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NawaRo-Bonus	besonderer Vergütungssatz von 0,06 €/kWh für Anlagen, die nur Inputmaterial aus landwirtschaftlichen Reststoffen und nachwachsenden Rohstoffen verwenden
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TierKBG	Tierkörperbeseitigungsgesetz
TierNebG	Tiernebenproduktegesetz

TierNebV	Tiernebenprodukteverordnung
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VawS	Verordnung über den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

## **K. Anhang**

# Lebenslauf



## 1. Personaldaten

Name: Hoffmann  
Vorname: Dunja  
Geburtsdatum: 06.11.1973  
Geburtsort: Germersheim  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Anschrift: Balmaceda 2013, Dpt. 92, Recreo  
Viña del Mar - Chile  
Tel.: +56- 987641697 bzw. +49-71271-909617  
E-Mail: hoffmandunja@web.de  
Familienstand: ledig  
Beruf: Integrierte Fachkraft des Centrum für internationale Migration und Entwicklung (CIM) als Projektentwicklerin für Bioenergie  
Arbeitgeber: Universidad Católica de Valparaíso, Chile

## 2. Schulbesuch

1990 - 1993 Nikolaus von Weis-Gymnasium, Abschluss der allgemeinen Hochschulreife (Abitur)

## 3. Beruflicher Werdegang

- Sep. 1993 – Mai 1995 Ausbildung zur Verlagskauffrau beim Druck- und Verlagshaus „Die Rheinpfalz“ in Ludwigshafen am Rhein
- Jun. 1995 – Sep.1996 unbefristete Anstellung bei der Zeitung „Die Rheinpfalz“ in der Abteilung EDV, Bereich: Benutzer-Support
- Jan. 2001 – Apr. 2002 Freiberufliche Tätigkeit im EU-Projekt Local Sustainable Development Network (LSDN), Projektmanagement des Projektpartners Fürstenwalde/Spree
- Mai 2001 – Jun. 2006 Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Forschungsbereich am Institut für angewandtes Stoffstrommanagement:
- Projektmanagement und wissenschaftliche Erstellung der Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse in Rheinland-Pfalz (Abgabe der Studie April 2004);
  - Erstellung eines EU-Projektantrages im Programm INTERREG IIIA (Genehmigung Oktober 2005);
  - Projektmanagement des EU-Projektes Pro-Gras im Programm INNOVATION;

- Vorträge zu verschiedenen Themen der energetischen Biomassenutzung vor nationalen und internationalen Studierenden (u.a. für Inwent) sowie vor regionalen Vertretern aus Land- und Forstwirtschaft, Kommunen und Unternehmen;
- Organisation der jährlichen Biomasse-Tagung Rheinland-Pfalz am Umwelt-Campus Birkenfeld;
- Betreuung von Studierenden in Praktika, Praxissemester und Diplomarbeiten zu diversen Themen der energetischen Biomassenutzung;
- Vorbereitung und Durchführung des Managementseminars „Reisende Hochschule“: Projektentwicklung mit Studierenden vor Ort in verschiedenen Themengebieten des Stoffstrommanagements, in Abhängigkeit von der Problemstellung in der Gastregion (Region Biosphärenreservat Pfälzer-Wald (BRD), Region Kunming (China), Region Uppsala (Schweden), Region Wartemündung (Polen), Region Antalya (Türkei), Region Curitiba (Brasilien))
- Entwicklung und Begleitung der Umsetzung eines Stoffstrom- und Marketingkonzeptes für das Konversionsprojekt „Morbacher Energielandschaft“ zur Kombination von Windkraft, Photovoltaik und Biomasse auf einem Standort unter der Voraussetzung der Schaffung regionaler Mehrwerte durch die Kombination von Bioenergieanlagen mit Gewerbebetrieben, Forschung und Entwicklung, Tourismus und Öffentlichkeitsarbeit (2002 – 2006);
- Betreuung und Führung internationaler Delegationen aus Brasilien, China, England, Serbien, Rumänien bei der Besichtigung des Umwelt-Campus und verschiedener Biomasseanlagen;
- Regionales Projektmanagement und inhaltliche Bearbeitung des Projektes „Bioregio“ für die Region Naturpark Saar-Hunsrück im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Wissenschaftliche Untersuchung der Auswirkungen des regionalen Mehrwertes durch Biomassenutzung auf die Region. (2004 – 2006)
- Beantragung von Fördermitteln für internationale Kooperations-Projekte mit Partnern aus der Türkei (ISKUR) und Chile (CORFO)

seit 1.10.2006

Anstellung als Projektentwicklerin und Expertin für Bioenergie an der Universidad Católica de Valparaíso/Chile im Rahmen der deutsch-chilenischen Entwicklungszusammenarbeit als integrierte Fachkraft des Centrum für Internationale Entwicklung und Migration (CIM), Frankfurt; Entwicklung von Bioenergieprojekten in Chile und Weiterbildung einheimischer Fachkräfte und Studierender im Thema erneuerbare Energien mit Schwerpunkt Bioenergie und Projektentwicklung

## **1. 4. Studium**

- 1996 – 2000 Studium der Umwelt- und Betriebswirtschaft an der Fachhochschule Trier/Umwelt-Campus Birkenfeld, Studienabschluss als Diplom-Betriebswirtin (FH) am 14.12.2000, Gesamtnote: sehr gut, Thema der Diplomarbeit: Marketingkonzept für nachhaltigen Tourismus – Aufbau und Finanzierung eines Agenda 21-Trainingszentrums in Castilla y León/Spainien
- 2005 – 2006 Studium der Geographie an der Universität des Saarlandes im Rahmen des Promotionsverfahrens; Verteidigung der Dissertation: 3.5.2007, Gesamtnote: magna cum laude Thema der Promotionsarbeit: Regionale Wertschöpfung durch optimierte Nutzung endogener Bioenergiepotenziale als strategischer Beitrag zur nachhaltigen Regionalentwicklung

## **5. Weiterbildung**

- 2002 – 2006 Teilnahme an Doktorandenkolloquien in Zittau, Osnabrück, Bamberg und Köln
- Aug. – Sept. 2006 Vorbereitung des Einsatzes in Chile in der Vorbereitungsstätte für die Entwicklungszusammenarbeit (VEZ), Bad Honnef; Seminare zu den Themen Projektmanagement, Interkulturelle Kommunikation, Kooperation und Koordination in der Entwicklungszusammenarbeit, Landeskunde Chile, dreiwöchiger Intensivkurs Spanisch

## **6. Praktika und Auslandsaufenthalte**

- Aug. – Sept. 1997 Praktikum bei der Tropenwaldstiftung Oro Verde, Frankfurt a. M., Abteilung Marketing und Öffentlichkeitsarbeit
- Aug. 1998 – Feb. '99 Aufenthalt und Praktikum in San Francisco (Kalifornien, U.S.A.) bei der California Coastal Commission, Abteilung „Public Education“ im Rahmen des Praxissemesters
- Apr. – Sep. 2000 mehrere Aufenthalte in Castilla y León (Spanien) zur Recherche im Rahmen der Diplomarbeit
- Apr. 2002– Okt. '05 Aufenthalte in China, Schweden, Polen, Brasilien und der Türkei zur Betreuung und Anleitung deutscher und einheimischer Studierender zur Entwicklung von Stoffstrommanagementkonzepten für die jeweiligen Regionen
- Mai 2004 Aufenthalt in Curitiba (Brasilien) zur Initiierung von Biomasse-Projekten und Beratung der Landwirtschaft zu den Möglichkeiten des Anbaus und der energetischen Nutzung von Pflanzenöl und Biogas. Initiierung einer internationalen Kooperation zwischen dem Bundesstaat Paraná, Brasilien und dem Bundesland Rheinland-Pfalz, BRD.
- Mai – Juni 2004 Aufenthalt in Medellín, Bogotá und Cartagena (Kolumbien) zur Initiierung von Hochschulkooperationen bezüglich des - am Umwelt-Campus akkreditierten - „Master of Science“ mit dem

Schwerpunkt Stoffstrommanagement und zur Identifizierung möglicher Biomasseprojekte.

Sept. 2004

Aufenthalt in Antalya (Türkei) zur Fertigstellung und Abgabe eines gemeinsamen Projektantrages mit der Stadtverwaltung und der Handelskammer Antalya im Programm ISKUR

## 7. Sprachkenntnisse

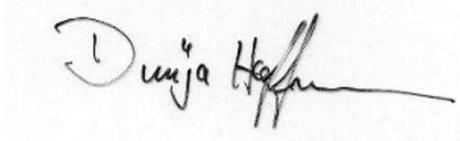
- Englisch: fließend in Wort und Schrift
- Spanisch: fließend in Wort und Schrift
- Französisch: selbständige Gesprächsführung
- Portugiesisch: Anfangskenntnisse
- Italienisch: Anfangskenntnisse

## 8. Wissenschaftliche Arbeiten und Veröffentlichungen

- HOFFMANN, Dunja; WEIH, Martin: Limitations and improvement of the potential utilisation of woody biomass for energy derived from short rotation woody crops in Sweden and Germany; In: Biomass&Bioenergy, 28 (2005), S. 267 - 279, London 2005
- HOFFMANN, Dunja: Stoffstrommanagement in Lateinamerika; In: Forum für angewandtes systemisches Stoffstrommanagement (FasS), Birkenfeld 2004
- HECK, Peter; HOFFMANN, Dunja; WERN, Bernhard: Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Biomassennutzung in Rheinland-Pfalz, Abschlussbericht, eingereicht beim Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, unveröffentlicht
- HECK, Peter; HOFFMANN, Dunja: Aktueller Stand der Biomasse-Potenzialstudie; In: HECK, Peter; WERN, Bernhard (Hrsg.): Biomasse-Tagung 2003 im Rahmen der Biomasse-Potenzialstudie Rheinland-Pfalz, Berlin 2004
- HOFFMANN, Dunja: Stoffstromkonzept für die Morbacher Energielandschaft: Untersuchung zur Machbarkeit von Biomasseanlagen am Standort Morbacher Energielandschaft und in der Einheitsgemeinde Morbach; In: HECK, Peter; WERN, Bernhard (Hrsg.): Biomasse-Tagung 2003 im Rahmen der Biomasse-Potenzialstudie Rheinland-Pfalz, Berlin 2004
- HECK, Peter, HOFFMANN, Dunja (Hrsg.): Biomasse-Potenzialstudie Rheinland-Pfalz – Tagungsdokumentation zur 2. Biomasse-Tagung 2002, Berlin, 2003
- HOFFMANN, Dunja: Wärme und Strom aus schnellwachsenden Hölzern, Bsp.: Schweden; In: HECK, Peter, HOFFMANN, Dunja (Hrsg.): Biomasse-Potenzialstudie Rheinland-Pfalz –Dokumentation zur 2. Biomasse-Tagung 2002, Berlin, 2003
- HOFFMANN, Dunja: Wiesengras veredeln; In: Rheinische Bauernzeitung, Ausg. 3/2003, S. 23-25, Koblenz 2003
- HECK, Peter; HOFFMANN, Dunja (Hrsg.): Tagungsdokumentation Biomasse-Tagung und Workshop zur 1. Biomasse-Tagung Rheinland-Pfalz, Birkenfeld, 2001, unveröffentlicht
- LOBE, Lars; HOFFMANN, Dunja: Anpassung des SAP R/3 Systems – Erfahrungen aus einem interdisziplinären Projektseminar; In: Wirtschaftsinformatik, Heft 4, Wiesbaden, 2000, S. 371 – 374

- HOFFMANN, Dunja: Umweltschutz in Kalifornien, Erfahrungen aus der Praxis;  
In: Praxis der Lehre – Lehre der Praxis, Umwelt-Campus Birkenfeld, 2000

Viña del Mar, 2.07.2007

A handwritten signature in black ink on a light background. The signature reads "Dunja Hoffmann" in a cursive style. The first letter 'D' is large and loops around. The name "Hoffmann" is written in a more compact, cursive script.

---

Dunja Hoffmann