NACHWACHSENDE
ROHSTOFFE
natürlich umweltverträglich

Modellversuch

„Wärme und Strom aus nachwachsenden Rohstoffen"

– Machbarkeitsstudien –

Schriftenreihe
„Nachwachsende Rohstoffe"
Band 1

Bundesministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Forsten

Fachagentur
Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Modellversuch "Wärme-/Stromerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen"

- Auswertung von 30 Machbarkeitsstudien -

D. Wintzer, B. Fürniß, S. Klein-Vielhauer, L. Leible,
C. Leichsenring, E. Nieke und H. Tangen

Abteilung für Angewandte Systemanalyse (AFAS)
Kernforschungszentrum Karlsruhe

März 1994

Inhaltsverzeichnis

		Seite
I	**Einleitung**	1
II	**Technische Angaben zur Wärme-/Stromerzeugung**	2
1.	**Vorbemerkungen**	2
2.	**Feuerungstechnologien und Brennstoffarten**	2
3.	**Anforderungen an die Kombination von Brennstoff und Feuerung**	4
3.1	Stückgröße, Körnung	7
3.2	Wassergehalt	7
3.3	Stickstoffgehalt	8
3.4	Chlorgehalt	9
3.5	Schwefelgehalt	10
3.6	Kaliumgehalt	10
III	**Kosten der Bereitstellung der Biobrennstoffe**	12
1.	**Vorbemerkungen**	12
2.	**Überblick über die Kosten der Biobrennstoff-bereitstellung**	13
2.1	Projektspezifische Angaben für Durchschnittskosten	13
2.2	Kostenangaben für einzelne Energieträgerarten	16
3.	**Gründe für die Streubreite der Kostenab-schätzungen**	19
3.1	Unterschiedliche Rahmenbedingungen	19
	3.1.1 Natürliche Standortgunst	19
	3.1.2 Agrarökonomische Rahmenbedingungen	21
3.2	Verfahren der Konditionierung, des Transports und der Lagerung	23
	3.2.1 Übersicht	23
	3.2.2 Häckselgut	25
	3.2.3 Ballen	26
	3.2.4 Pellets	28
	3.2.5 Holzhackschnitzel	29
3.3	Methodisches Vorgehen zur Abschätzung der Bereitstellungskosten	30
	3.3.1 Kalkulierte Kosten und Marktpreise	30

3.3.2 Nichtberücksichtigung von Kostenkomponenten 31
3.3.3 Flächenstillegungs-, Extensivierungsprämie und eingesparte Entsorgungskosten 31
3.3.4 Zuteilung der Kosten auf Haupt- und Nebenprodukte 34
4. **Näher aufgeschlüsselte Angaben zu den Kosten der Rohstoffbereitstellung** 34
IV **Ökonomische Kenndaten der Anlagen zur Wärme-/ Stromerzeugung** 42
1. **Vorbemerkungen** 42
2. **Anlegbare Preise für Wärme und Strom aus Biomasse** 44
2.1 Anlegbare Preise für Strom aus Biomasse 44
2.2 Anlegbare Preise für Wärme aus Biomasse 45
2.2.1 Methodische Fragen 45
2.2.2 Spanne und Struktur der anlegbaren Preise für Wärme aus Biomasse 46
3. **Spezifische Investitionen für Anlagen zur Wärme-/ Stromerzeugung** 54
3.1 Spezifische Investitionen für maschinelle Anlagenteile 54
3.2 Spezifische Investitionen für Grundstück und Gebäude sowie für sonstige Aufwendungen 60
3.3 Spezifische Investitionen für die Wärmeverteilung 62
4. **Zeitliche Auslastung** 63
5. **Spezifische Betriebskosten** 64
5.1 Fixe jährliche Kosten 67
5.2 Personalkosten und Verwaltungskosten 67
5.3 Sonstige variablen Betriebskosten 68
5.4 Fossile Brennstoffe 68
5.5 Gesamtbetrag der Betriebskosten 69
6. **Substitutionswert** 71
V **Kostenunterdeckung** 78
VI **Zusammenfassung und Schlußfolgerungen** 81
Anhang: Vorbemerkungen A-1
Kurzbeschreibungen der Machbarkeitsstudien A-5

Abbildungsverzeichnis

Seite

Abb. 1: Kosten der Biomassebereitstellung und Anteil der Reststoffe am Brennstoffmix - sortiert nach Rangfolge der Bereitstellungskosten frei Verwendungsanlage 14

Abb. 2: Trockenmasseertrag von Stroh, Ganzpflanzengetreide, Holz aus Schnellwuchsplantagen und Miscanthus in Abhängigkeit von der Acker- bzw. Bodenzahl 21

Abb. 3: Anlegbare Wärmepreise in Abhängigkeit von der Leistung der Biomassefeuerungsanlage 53

Abb. 4: Spezifische Investitionen für maschinelle Anlagenteile mit und ohne Stromerzeugung in Abhängigkeit von der Leistung der Biomassefeuerungsanlage 59

Abb. 5: Spezifische Investitionen für die Gesamtanlage ohne Netz mit und ohne Stromerzeugung in Abhängigkeit von der Leistung der Biomassefeuerungsanlage 61

Abb. 6: Spezifische Betriebskosten für Biomasseversorgungssysteme mit und ohne Stromerzeugung in Abhängigkeit von der Leistung der Biomassefeuerungsanlage (nur Neuanlagen) ... 70

Abb. 7: Substitutionswerte für Biomasseversorgungssysteme mit und ohne Stromerzeugung in Abhängigkeit von der Leistung der Biomassefeuerungsanlage 76

Abb. 8: Substitutionswerte für Biomasseversorgungssysteme mit und ohne Stromerzeugung in Abhängigkeit von der Leistung der Biomassefeuerungsanlage unter Angabe der jährlichen Auslastung 77

Abb. 9: Verbleibende Kostenunterdeckung pro Energieeinheit des Biomasseenergieträgers - nach Korrektur der Bereitstellungskosten um die anzusetzenden Substitutionswerte 78

Tabellenverzeichnis

Seite

Tab. 1: Kombination von Feuerungstechnologien und Biobrennstoffen laut Projektvorschlägen 5

Tab. 2: Überblick über die Kostenangaben zur Biomassebereitstellung 13

Tab. 3: Kenngrößen zum Ertrag und zu den Kosten der Biomassebereitstellung aller betrachteten Rohstoffvarianten 17

Tab. 4: Kenngrößen zum Standort und zu ökonomischen Basisdaten .. 22

Tab. 5: Zusammenfassung der Kostenkomponenten zu Konditionierung, Transport und Lagerung von Biomasse 23

Tab. 5a: Häckselgut 23

Tab 5b: Ballen 24

Tab 5c: Pellets 24

Tab 5d: Holzhackschnitzel 24

Tab 5e: Zusammenstellung der angegebenen Kosten des Biomassetransport (geglieder nach drei Größenklassen des Brennstoffbedarfs der Anlagen) 25

Tab. 6: Kennwerte zur Biomassebereitstellung 36

Tab. 7: Anlegbare Wärmepreise für Wärmeversorgungssysteme mit Biomassefeuerungsanlagen 47

Tab. 8: Spezifische Investitionen für Biomassefeuerungsanlagen 55

Tab. 9: Aufgliederung der jährlichen Betriebskosten als Prozentwert der Investition 65

Tab. 10: Klassifizierung ökonomisch wichtiger Projektmerkmale in den Gruppen günstig, durchschnittlich und ungünstig 72

Tab. 11: Schlüssel zur Klassifizierung wichtiger Projektmerkmale für Tabelle 10 75

Tab. 12: Biobrennstoffpreise, Substitutionswerte und Kostenunterdeckung 80

I Einleitung

Am 25. Oktober 1991 wurde von der Bundesregierung der Modellversuch "Wärme-/Stromgewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen" begonnen.

Ende März 1993 wurde die Phase I des in drei Phasen gegliederten Modellversuches abgeschlossen. Während der Phase I wurde die Durchführung von 21 Machbarkeitsstudien gefördert. Neben diesen 21 Studien wurden dem BML weitere 9 Studien eingereicht und in das Auswahlverfahren für eine Förderung in der zweiten Phase des Modellversuches (Durchführung detaillierter Ingenieurstudien, Erstellung vergabereifer Projektunterlagen) eingegliedert.

Im August 1993 hat das BML auf der Basis von Empfehlungen eines Gutachtergremiums sieben Projekte für die Weiterförderung in Phase II ausgewählt. Diese sieben Projekte wurden am 1. September im Rahmen eines Expertenkolloquiums in Dresden der Fachöffentlichkeit vorgestellt.

Die dem BML eingereichten 30 Machbarkeitstudien enthalten eine Vielzahl von Basisinformationen und Daten zum Themenkomplex der Wärme- und Stromerzeugung aus pflanzlichen Rohstoffen. Das BML hat die Abteilung für Angewandte Systemanalyse (AFAS) des Kernforschungszentrums Karlsruhe (KfK) beauftragt, diese Informationen und Daten aufzubereiten und auszuwerten.

Der vorliegende Bericht beschreibt die Ergebnisse dieser Auswertung.

II Technische Angaben zur Wärme-/Stromerzeugung

1. Vorbemerkungen

Die Machbarkeitsstudien enthalten bei unterschiedlichem Detaillierungsgrad Angaben zur Auswahl oder Vorauswahl der Feuerungstechnik für die bei den Projekten vorgesehenen Brennstoffarten. Die Studien enthalten weiterhin meistens Angaben zur vorgesehenen Technik der Rauchgasreinigung. Die genaue Festlegung dieser Technik konnte verständlicherweise in vielen Fällen noch nicht in der Phase der Machbarkeitsstudie erfolgen. Deshalb wird auf die Technik der Rauchgasreinigung im folgenden nicht näher eingegangen. Die sonstigen Angaben zur Anlagentechnik beziehen sich in der Regel auf konventionelle Technik. Die Kurzbeschreibungen der Projekte im Anhang dieses Berichtes enthalten einige Angaben dazu, z.B. zu Art und Umfang der Stromauskopplung bei Heizkraftwerken.

2. Feuerungstechnologien und Brennstoffarten

In den Machbarkeitsstudien sind etwa 20 verschiedene Verbrennungstechnologien (inklusive der Verbrennung nach einer Verschwelung und Vergasung) diskutiert worden. Davon wurden 17 unterschiedliche Technologien für die Projekte ausgewählt oder näher in Betracht gezogen (vgl. auch Tab. 1). Von diesen 17 Technologien lassen sich sieben in die Gruppe der Rostfeuerungen einordnen, zwei in die Gruppe der Wirbelschichtfeuerungen, vier in die Gruppe der Verbrennung nach einer Verschwelung oder Vergasung und vier in weitere Gruppen. Die einzelnen Technologien und/oder die spezifischen Herstellervarianten unterscheiden sich jedoch in der Regel deutlich, auch wenn sie der gleichen Technologiegruppe angehören.

Die Bandbreite der diskutierten Technologien, deren nähere Beschreibung eine gesonderte Untersuchung erfordern würde, kommt hauptsächlich deshalb zustande, weil recht unterschiedliche Arten von Energiepflanzen in unterschiedlichen Verdichtungsformen und Stückigkeiten in den Konzepten der Machbarkeitsstudien zugrundegelegt werden. Außerdem ist die Bandbreite der diskutierten Technologien mitbestimmt durch die teilweise sehr unterschiedliche Leistungsgröße und Auslastung der Biomasse-Feuerungsanlagen, weil sich bei höherer Leistung und guter Auslastung ein höherer Aufwand für Technik und somit für Investitionen lohnt als bei kleineren und/oder vergleichsweise schlecht ausgelasteten Anlagen. Drittens sind die Technologien in unterschiedlicher Weise für einen häufigen

Teillastbetrieb und für kurzfristige Schwankungen im Heizwert - z.B. Feuchtigkeitsschwankungen der Energieträger aus Pflanzen geeignet. Viertens sind die Technologien in unterschiedlicher Weise geeignet, nicht nur eine Brennstoffart (z.B. Stroh, Holz) und nicht nur in einer Konditionierungsform (z.B. Ballen) umweltverträglich verbrennen zu können, sondern bei einigen Projekten ein breiteres und sich zeitlich änderndes Spektrum.

Die Tabelle 1 gibt Auskunft darüber, welche Feuerungstechnologien - damit sind in diesem Bericht auch Technologien der Verbrennung nach einer Verschwelung oder Vergasung gemeint - in den Machbarkeitsstudien für welche Brennstoffarten oder Kombinationen von Brennstoffarten ausgewählt wurden. Einige Einzelheiten zu diesen Kombinationen finden sich in den Kurzbeschreibungen zu den Machbarkeitsstudien (s. Anhang).

Die in den Zeilen aufgeführten Arten von Biobrennstoffen sind dabei in acht Hauptgruppen gegliedert: Holzhackschnitzel, Stroh, Miscanthus, Getreideganzpflanzen, Heu, Silage, Topinamburkraut und Rapsöl. In den Spalten der Tabelle sind die Verbrennungstechnologien aufgegliedert, die in der Gesamtheit der Studien vorgeschlagen wurden.

Die in Tabelle 1 durch Projektnummern markierten Kombinationen von Brennstoffen und Verbrennungstechnologien werden von den Bearbeitern der Machbarkeitsstudie für geeignet gehalten. In den meisten Studien werden dafür auch Gründe aufgeführt.

Dennoch muß man Tabelle 1 vorsichtig interpretieren. Im größeren Teil der Machbarkeitsstudien ist nicht auf alle wichtigen Fragen näher eingegangen worden. Daß dies so ist, darf man in vielen Fällen nicht den Bearbeitern der Machbarkeitsstudien anlasten, sondern muß es objektiv bestehenden Kenntnislücken, Entwicklungslücken und mangelnden Praxisdemonstrationen zuschreiben. Der Modellversuch soll ja Beiträge zur Schließung solcher Lücken liefern.

In dieser Situation kann man nicht sagen, daß in Tabelle 1 nur die geeigneten und zukunftsträchtigen Kombinationen von Biobrennstoffen und Verbrennungstechnologien aufgelistet sind. Möglicherweise enthält Tabelle 1 auch solche, die sich im Praxisbetrieb nicht bewähren werden.

In Tabelle 1 sind nicht alle Technologien aufgeführt, die aus technischer Sicht in Frage kommen. Drehrohröfen, Einblasfeuerungen und Flash-Pyrolyse-Anlagen sind Beispiele dafür. In Hinblick auf den begrenzten Stand der Kenntnisse bei ei-

nigen dieser Technologien oder in Hinblick auf den mehr oder weniger klar erkennbaren technischen und ökonomischen Aufwand ist es verständlich, daß keine Projektstudien für die zuletzt genannten Technologien eingereicht wurden.

Im folgenden Textabschnitt werden wichtige, nicht immer leicht zu bewältigende Anforderungen an Feuerungstechnologien für Biobrennstoffe näher angesprochen.

3. Anforderungen an die Kombination von Brennstoff und Feuerung

Alle Biobrennstoffe, die in den Machbarkeitsstudien diskutiert werden, lassen sich mit verfügbaren Technologien einigermaßen vollständig verbrennen. An zukunftsträchtige Technologien der Verbrennung von Energieträgern aus Pflanzen müssen jedoch höhere Ansprüche gestellt werden als nur der einer einigermaßen vollständigen Verbrennung, nämlich:

(a) Die Verbrennung und Rauchgasbehandlung muß umweltschonend geführt werden.

(b) Dies gilt auch für erforderliche Teillastperioden.

(c) Im Falle der Kraft-Wärme-Kopplung (Stromauskopplung) sollte ein möglichst hoher elektrischer Wirkungsgrad erzielt werden.

(d) Die Anlage muß möglichst automatisch ohne ständige Beaufsichtigung betrieben werden können.

(e) Dies alles sollte bei einem möglichst geringen technischen und finanziellen Aufwand erfolgen.

Diese fünf Anforderungen ergeben sich, wenn man die technischen, umweltrelevanten und ökonomischen Aussagen der Machbarkeitsstudien in einer Gesamtschau sieht. Mit Bezug auf diese Anforderungen sollen nachfolgend verschiedene Schwierigkeiten erläutert werden, mit denen die Feuerungstechnik bei unterschiedlichen Brennstoffarten aus Pflanzen fertig werden muß.

Tabelle 1: **Kombinationen von Feuerungstechnologien und Biobrennstoffen laut Projektvorschlägen**
(Die angegebenen Zahlen beziehen sich auf die Projektnummern, s. Liste im Anhang)

Feuerungstechnologie / Biobrennstoff		Einfache Technologien										Aufwendige Technologien						
				Rostfeuerungen								Wirbelschicht-feuerungen		Verbrennung nach Vorvergasung				
		Unterschub-Feuerung	Vorofen-Feuerung	Zigarrenbrenner	Starrer Rost mit Schubstangenbeschickung	Schwingschub-Feuerung	Vorschubrost	Zonen-Vorschubrost	Tunnel-Durchbrandbrenner (Petry)	Stufenrost (Nord Pab LIN - KA)	Stufenrost mit Wirbelelementen (Pauli)	Stationäre Wirbelschicht	Zirkulierende Wirbelschicht	Gleichstromvergaser (Wamsler)	Festbettquerstromvergaser	Michel-Kimvergaser	Wirbelschichtvergaser	Pflanzenölmotoren
Waldholzschnitzel, Holz aus SWP	ungetrocknet	19 28	7		1	21	16 27	9 25				6	5 10 27 30	11		31	28	
Industrie-Restholz, naturbelassen	lufttrocken	28						25								28		
	feucht	28							15a 15b				30			28		
Stroh	Pellets						16	9										
	Ballen		2	12 17 26						18								
	Hackselgut	19	7					25				6	5 10	12				
Getreideganzpflanzen	Pellets						16	9		18								
	Ballen		2	12 17 20 26					15a 15b				30					
	Hackselgut	19						25		18 20	8	6	5 30	12				
Miscanthus	Pellets					21		9		18								
	Ballen		2	23 26						18			10					
	Hackselgut	19						25		18		6		11				
Heu	Pellets					22												
	Ballen			12 26					15a 15b				5 10	12				
	Häckselgut	19									8							
Silage			7	26								14			3			
Topinamburkraut							16											
Rapsöl																		4

Die fett gedruckten Ziffern gelten jeweils für die vorherrschende Brennstoffart, wenn verschiedene Biobrennstoffe vorgesehen sind

Eine zentrale Voraussetzung für (a) und (b) ist eine möglichst vollständige Verbrennung zur Vermeidung von hohen CO-, HC- und Partikelfrachten im Rauchgas. Wichtig dafür ist, daß hinreichend hohe Temperaturen bei der Verbrennung erreicht werden, daß sich die Brennstoffpartikel hinreichend lange im Reaktionsraum aufhalten, in dem diese Temperaturen herrschen, daß eine gute, möglichst gleichmäßige und vollständige (ohne benachteiligte "Nester") Sauerstoffzufuhr zu den noch nicht verbrannten Partikeln erfolgt und daß eine gute Durchmischung (gestützt durch ausgeprägte Turbulenz) der im Verlaufe des Verbrennungsprozesses entstehenden Gase, wie CO und Kohlenwasserstoffe, mit der zugeführten Luft bzw. dem zugeführten Sauerstoff erfolgt. Bei einfachen Feuerungsanlagen (z.B. mit Unterschubfeuerung) ist es schwierig, die Luftzufuhr bei Teillast so zu drosseln, daß einerseits hinreichend hohe Verbrennungstemperaturen erhalten bleiben (der Luftüberschuß darf dafür nicht zu hoch sein) und daß andererseits die Anfachungsfunktion und die turbulenzbildende Funktion der zugeführten Luft nicht so beeinträchtigt werden, daß es zu einer unerwünschten unvollständigen Verbrennung (bzw. Verschwelung) kommt. Mit solchen Schwierigkeiten kommt die Wirbelschichtfeuerung (WSF) vergleichsweise gut zurecht, da vom technischen Prinzip her eine ziemlich gleichmäßige Temperaturverteilung im Querschnitt des Verbrennungsraumes bei hoher Turbulenz , bei einem vergleichsweise geringen Luftüberschuß (λ etwa 1,3 bis 1,5) und bei hoher Wärmekapazität des Wirbelbettes erzielt wird. Dies gilt für die zirkulierende Wirbelschichtfeuerung noch mehr als für die stationäre WSF. Die WSF ist allerdings in die Gruppe der technisch aufwendigen Technologien einzuordnen, deren ökonomische Nachteile unterhalb von 10-20 MW Feuerungsleistung schwerwiegend sind. Bei kleineren Anlagen zur Wärme-/Stromerzeugung gerät man deshalb bei der WSF in Konflikt mit der Anforderung, die unter Punkt (e) aufgeführt ist. Ähnliches gilt für die Technologien der Verbrennung mit kombinierter Vorvergasung, die in Tabelle 1 aufgeführt sind.

Bei der Anpassung der Feuerungstechnologie an die Art des Biobrennstoffes spielen auch dessen Stückgröße oder Körnung, der Wasser- und Aschegehalt und die chemische Zusammensetzung eine wichtige Rolle.

3.1 Stückgröße, Körnung

Die Forderung (d), die Anlage möglichst autonom betreiben zu können, um hohe Personalkosten zu vermeiden, erfordert neben einer guten Handhabungstechnik bei einem möglichst hohen Automatisierungsgrad vor allem, daß die Brennstoffe in einer solchen Art der Stückigkeit dargeboten werden, daß sie durch Förderschnecken, Schieber oder Transportbänder möglichst störungsfrei, verklemmungsfrei und sicher gegen Feuerungsrückschläge in die Brennräume geführt werden können. Dazu ist die rieselfähige Form von Hackschnitzeln, Briketts und Pellets in der Regel besser geeignet als die Form von Holzscheiten oder Stroh-Häckselgut.

Auf die Verbrennung von ganzen Ballen aus halmgutartiger Biomasse eingerichtet ist der in Dänemark entwickelte "Zigarrenbrenner". Mit Rostfeuerungen können im Prinzip sowohl große Holzscheite als auch Holzhackschnitzel sowie grobes Häckselgut (etwa von Miscanthus) verbrannt werden. Bei Stroh-Häckselgut ist dagegen bei den meisten Varianten der Rostfeuerung mit einem vorzeitigen Austrag unvollständig ausgebrannter Flugasche aus dem Verbrennungsraum zu rechnen.

Für sehr geringe Körnungen (bei Sägemehl und feingemahlener Biomasse) kommen Einblasfeuerungen am ehesten in Frage.

3.2 Wassergehalt

Ein hoher Wassergehalt, wie bei waldfrischem Holz oder bei Silage, verringert den Heizwert und führt im Zusammenspiel mit einem hohen Luftüberschuß über Temperaturabsenkungen zu einer unvollständigen Verbrennung. Dies gilt insbesondere für Unterschubfeuerungen und für verschiedene Rostfeuerungen, bei denen der Teillastbetrieb einen hohen Luftüberschuß zur Gewährleistung einer guten Turbulenz erfordert. Wirbelschichtfeuerungen und Feuerungen kombiniert mit Vorvergasung werden mit feuchten Biobrennstoffen (Wassergehalt bis ca. 50 %) besser fertig.

Ein hoher Aschegehalt kann wegen der Verringerung des Heizwertes im Prinzip zu ähnlichen Schwierigkeiten führen. Bei den diskutierten Arten von Biobrennstoffen sind die durch den Aschegehalt verursachten Heizwertunterschiede jedoch deutlich kleiner als die durch den Wassergehalt verursachten Unterschiede.

3.3 Stickstoffgehalt

Der Stickstoffgehalt der Biobrennstoffe interessiert in erster Linie in Hinblick auf die NO_x-Emissionen der Feuerungsanlagen. Die Angaben verschiedener Machbarkeitsstudien zum Gewichtsanteil von Stickstoff in der Trockensubstanz verschiedener Biobrennstoffe liegen in großer Streubreite vor. Drei Pflanzengruppen lassen sich hinsichtlich des N-Gehaltes einigermaßen unterscheiden:

- Holz als günstiger Biobrennstoff, für den die Angaben zwischen 0,16 % und 0,32 % liegen.
- Stroh und Miscanthus, für die sich die Angaben zwischen 0,4 % und 0,7 % bewegen.
- Getreideganzpflanzen, Heu und Mais mit 0,8 % bis 1,8 %.

Die Einhaltung der TA-Luft-Forderungen von < 500 mg NO_x/m^3 (für Anlagen über 1 MW) ist bereits für Stroh und Miscanthus technisch nicht ganz einfach. Bei einem Sauerstoffgehalt von 11 % im Rauchgas und bei einer N-Konzentration im trockenen Biobrennstoff von 0,6 % dürfte nur etwa ein Viertel des pflanzenbürtigen Stickstoffs in Form von NO_x (umgerechnet in NO_2) in das Rauchgas gelangen. Dabei ist schon vorausgesetzt, daß die Entstehung von "Prompt-NO_x" und "thermischem NO_x" aus dem Stickstoff der Luft keine Rolle spielen, daß die Temperaturen also nicht oder nur wenig über 1000 °C gelangen.

Getreideganzpflanzen, Heu und Mais stellen somit besondere Anforderungen an die Begrenzung von NO_x-Emissionen. Dabei ist es noch nicht klar, inwieweit die sogenannten primärseitigen Maßnahmen (Staffelung der Luftzufuhr in verschiedene Bereiche des Feuerungsraumes, Rückführung von Rauchgasen in den Verbrennungsraum) bei den technisch und ökonomisch weniger aufwendigen Technologien zu hinreichend geringen NO_x-Emissionen führen.

Unklar ist gegenwärtig noch, mit welchen N_2O-Konzentrationen bei der Verbrennung von Biomasse im Abgas zu rechnen ist. Die N_2O-Emissionen können die sonst gute Klimaverträglichkeit der energetischen Nutzung von Biomasse beeinträchtigen. Die Beseitigung von Kenntnislücken in diesem Bereich ist sehr wünschenswert.

Die düngungsbedingten N_2O-Emissionen während des Energiepflanzenwachstums spielen bei den lignozellulosereichen Pflanzen keine wichtige Rolle.

3.4 Chlorgehalt

Chlorgehalt der pflanzenbürtigen Energieträger kann zu drei unerwünschten Effekten führen:

- Die Chlor-Korrosion an Stahl bei hohen Temperaturen,
- HCl-Emissionen,
- Bildung von Dioxinen und Furanen.

Sortiert man die in den Machbarkeitsstudien angegebenen Chlorkonzentrationen in drei Pflanzengruppen, so ergeben sich (in % der TS):

0,07 %	bis	0,2 %	für Holz
0,2 %	bis	0,5 %	für Miscanthus, Heu, Getreidekorn, Mais
0,7 %	bis	0,8 %	für Stroh

Es ist zu vermuten, daß die Spannbreiten noch unterschätzt sind, da die Chlorkonzentration vom Standort, von der Düngung, von Art und Umfang der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (z.B. Halmverkürzern oder Herbiziden) mit organischen Chlorverbindungen, vom Erntezeitpunkt und gegebenenfalls von der Dauer einer Feldlagerung abhängt. Im Stroh liegt das Chlor überwiegend in Form anorganischer Verbindungen vor, von denen ein größerer Teil als Salze in die Asche eingebunden wird als im Falle der organischen Verbindungen.

Die Chlor-Korrosion bei hohen Temperaturen, die bei Dampfkreisläufen in erster Linie die Lebensdauer der Dampfüberhitzerrohre begrenzt, läßt sich offenbar hinreichend verringern, wenn man auf Dampftemperaturen über ca. 450 °C verzichtet. Dadurch kann jedoch weniger Strom ausgekoppelt werden. Das bedeutet Abstriche an dem oben unter (c) genannten Ziel.

Die Emissionen von HCl in die Luft lassen sich durch das Eindüsen von Kalkhydrat vor einem Schlauchfilter verringern. Hierzu liegen in den Machbarkeitsstudien allerdings keine quantitativen Angaben vor.

In der Machbarkeitsstudie Nr. 16 wird darauf hingewiesen, daß für die Verbrennung von Stroh und Getreide noch keine hinreichenden Untersuchungen zu den Bildungsmechanismen für Dioxine und Furane vorliegen, daß es aber als sicher gilt, daß die Bildung von Dioxinen begünstigt wird durch

- unverbrannten Kohlenstoff im Rauchgas,
- hohen Luftüberschuß,
- niedrige Verbrennungstemperaturen.

Demgemäß ist zu erwarten, daß vergleichsweise ungünstige Verhältnisse für insbesondere feuchte Biobrennstoffe bei Teillast bestehen.

3.5 Schwefelgehalt

Die Angaben der Machbarkeitsstudien zum Schwefelgehalt der Biobrennstoffe liegen in den folgenden Bereichen (in % TS):

meist	unter	0,05 %	für Holz
0,05 %	bis	0,2 %	für Stroh, Heu und Miscanthus
0,06 %	bis	0,4 %	für Ganzpflanzengetreide

Damit liegt eine ähnliche Rangordnung der Pflanzen vor wie beim Stickstoffgehalt. Die angegebenen Konzentrationen sind pro Energieeinheit deutlich geringer als die von Kohle, aber nicht vernachlässigbar. Bei einer Schwefelkonzentration von 0,2 % in der Trockensubstanz würden sich im Falle einer vollständigen Emission aus den Rauchgasen etwa 500 mg SO_2 / m^3 Rauchgas (bei 11 % O_2) ergeben.

Zu vermerken ist, daß es bei der Herstellung von Pellets oder Briketts möglich ist, Kalk zuzugeben, um Schwefel bei der Verbrennung in der Asche zu binden. Im Falle von Wirbelschichtfeuerungen kann Kalk dem Bettmaterial zugegeben werden, um eine weitere Verringerung der SO_2-Emission auch bei Häckselgut und Hackschnitzeln sowie bei Silage als Brennstoff zu erreichen.

3.6 Kaliumgehalt

Der Kaliumgehalt der Biobrennstoffe bestimmt weitgehend die Ascheerweichungstemperatur, wenngleich diese auch von anderen Inhaltsstoffen der Asche und von der Sauerstoffkonzentration im Glutbett abhängt.

Beim Erreichen und Überschreiten der Ascheerweichungstemperatur im Glutbett oder an heißen Wandungen und Einbauten des Feuerungsraumes, die von Aschepartikeln erreicht werden, kommt es zu Verklebungen und zu Verschlackungen, die Reinigungsarbeiten und Stillstände der Anlage erzwingen. Das würde der oben genannten Anforderung (d) (wenig Betriebsstörungen durch erfor-

derliche Reinigungsarbeiten) an die Verbrennungsanlage zuwiderlaufen und ihre Wirtschaftlichkeit verringern.

Die Angaben zu K_2O-Gehalten der Asche und zu Ascheerweichungstemperaturen liegen in großen Spannen:

	K_2O-Gehalt	Erweichungstemperatur
Holz	8 % bis 15 % *)	1000 °C bis 1550 °C
Ganzpflanzengetreide	20 % bis 40 %	770 °C bis 1380 °C
Stroh, Miscanthus, Heu, Mais	12 % bis 44 %	700 °C bis 1380 °C

*) In der Studie Nr. 17 werden auch 15 % - 30 % genannt.

Die Gruppenunterscheidung zwischen Ganzpflanzengetreide einerseits und Stroh, Miscanthus, Heu und Mais andererseits ist wahrscheinlich nicht signifikant. In der Studie Nr. 20 werden Verschlackungskennzahlen für Getreide aufgeführt, die für Korn ungünstiger liegen als für Stroh.

Der Kaliumgehalt ist abhängig vom Standort, von der Düngung, vom Erntezeitpunkt und gegebenenfalls von der Schwadlegung bzw. Feldlagerung und der dabei möglichen Auswaschung bzw. Verunreinigung mit Erde.

Technische Möglichkeiten zur Verringerung der Verschlackung sind:

- Vermeidung ungleichmäßiger Verbrennungstemperaturen, Kühlung von Rost und Wandungen im Feuerungsraum von Rostfeuerungen;
- Räumliche Trennung von Vergasung und Verbrennung bzw. Nachverbrennung;
- Wirbelschichtfeuerung mit Temperaturen unterhalb des Ascheerweichungspunktes.

Eine weitere Klärung und Verbesserung der Möglichkeiten, mit den Verschlackungsproblemen bei Biobrennstoffen (außer Holz) fertig zu werden, ist besonders dringlich.

III Kosten der Bereitstellung der Biobrennstoffe

1. Vorbemerkungen

In den analysierten 30 Machbarkeitsstudien ist eine Vielzahl von Varianten der Rohstoffbereitstellung mehr oder weniger einheitlich beschrieben, von denen in den Studien letztendlich nur eine Auswahl davon für weitergehende ökonomische Analysen weiterverfolgt wurden. Bei der Ableitung dieser weitergehenden Kostengrößen, wie z.B. Subventionsbedarf, wurde in der Regel von einem Rohstoff-Mix bzw. der preiswertesten Variante der Biobrennstoff-Bereitstellung ausgegangen.

Da bei den einzelnen Projekten in der Regel mehrere Varianten der Rohstoffbereitstellung dargestellt wurden, scheint es für eine projektübergreifende Analyse lohnenswert, auch die Varianten näher zu untersuchen, die bei den weitergehenden ökonomischen Analysen keine bzw. nur im Rohstoff-Mix Berücksichtigung fanden.

In diesem Zusammenhang muß noch einmal betont werden, daß sich die Auswertung ausschließlich auf die Angaben der einzelnen Projekte bezieht, mit allen möglichen Unterschieden, die aus den unterstellten unterschiedlichen Rahmenbedingungen, wie beispielsweise natürliche Standortgunst oder agrarökonomische Rahmenbedingungen, und/oder aber aus einem unterschiedlichen methodischen Vorgehen herrühren.

Bei der Darstellung der Situation wurde nahezu bei allen Projekten die Flächenstillegungsprämie - und teilweise auch andere Extensivierungsprämien - als Gutschrift angesetzt. Dies wurde auch bei der projektübergreifenden Analyse so beibehalten und bei den wenigen Projekten, bei denen dies nicht der Fall war, entsprechend angepaßt, um zu vergleichbaren Aussagen zu gelangen.

Die Analyse der Kosten der Bereitstellung der Biobrennstoffe ist wie folgt aufgebaut: Zunächst wird ein Überblick über die Kostenangaben in den Machbarkeitsstudien gegeben. Dabei wird dargestellt, von welchen Kosten der Biobrennstoffbereitstellung bei den weitergehenden ökonomischen Betrachtungen - insbesondere bei der Ableitung der Kostenunterdeckung - ausgegangen wurde. Da sich diese Kosten in der Regel auf einen Brennstoff-Mix beziehen, und diese Anteile sehr auseinandergehen, sind anschließend zur besseren Vergleichbarkeit alle Verfah-

ren der Brennstoffbereitstellung in Reinform (nicht im Mix) im Überblick dargestellt.

In einem nächsten Schritt wird versucht, die wesentlichen Gründe für die Varianz der Kosten der Biobrennstoffbereitstellung zu erfassen, wobei das Augenmerk zunächst auf die unterstellten natürlichen und agrarökonomischen Rahmenbedingungen und auf die unterschiedlichen Ansätze hinsichtlich Konditionierung (z.B. Pelletieren), Transport und Lagerung gerichtet ist.

Das teilweise starke methodische Auseinandergehen bei der Ableitung der Bereitstellungskosten ist ebenfalls eine wesentliche Ursache für die dargestellten Unterschiede bei den Bereitstellungskosten, deshalb wird dieser Punkt anschließend näher beleuchtet.

Abschließend werden die einzelnen Projekte in einer Übersichtstabelle hinsichtlich der bereits angeführten Kenngrößen einander gegenübergestellt. wobei dem Leser als Bewertungshilfe eine vereinfachte statistische Auswertung (Mittelwert, Min-/Max-Werte, Standardabweichung) an die Hand gegeben wird.

2. Überblick über die Kosten der Biobrennstoffbereitstellung

2.1 Projektspezifische Angaben für Durchschnittskosten

Die weitergehenden ökonomischen Betrachtungen der analysierten Machbarkeitsstudien bauen, wie bereits erwähnt, in der Regel auf der energetischen Nutzung eines Brennstoff-Mix auf, nur bei rd. 1/4 der Studien wurde auf nur einen Biomasseträger zurückgegriffen.

Tabelle 2: Überblick über die Kostenangaben zur Biomassebereitstellung

	Mittelwert (Mw)	**Min.**	**Max.**	**Standardabweichung** (in % von Mw)
Kosten (DM/MWh)	31,4	1	84,4	54,27
Anteil der Reststoffe (%)	43,78	0	100	85,30

Einzelwerte sind aus Tabelle 6 ersichtlich

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich, liegt die Spanne der Kosten der Bereitstellung für diesen Brennstoff-Mix bzw. die ausgewählte Brennstoff-Variante bei den weitergehenden ökonomischen Kalkulationen zwischen 1 DM/MWh bis 84,4 DM/MWh, wobei der letztgenannte Kostenansatz für die Bereitstellung von Rapsöl gilt. Zusätzlich ist in Abbildung 1 angegeben, welchen Anteil hierzu die Reststoffe Stroh, Pflegegut, Wald-/Industrierestholz (naturbelassen), Obstbaumschnitt oder Topinamburkraut beitragen. Weitere Einzelheiten zu den Brennstoffkomponenten, die in dem angeführten Brennstoff-Mix enthalten sind, finden sich in Tabelle 6 im abschließenden Teil des Kapitels zu den Kosten der Biobrennstoffbereitstellung.

Von den analysierten 30 Projekten (vgl. Abb.1), gehen 21 Projekte von einem Biobrennstoff-Mix mit gezielt angebauter Biomasse und Reststoffen (bis zu 100 %) aus. Nur sieben Projekte verwenden ausschließlich gezielt angebaute Biomasse (einschließlich Rapsöl), in zwei Projekten wird keine eindeutige Zuordnung getroffen.

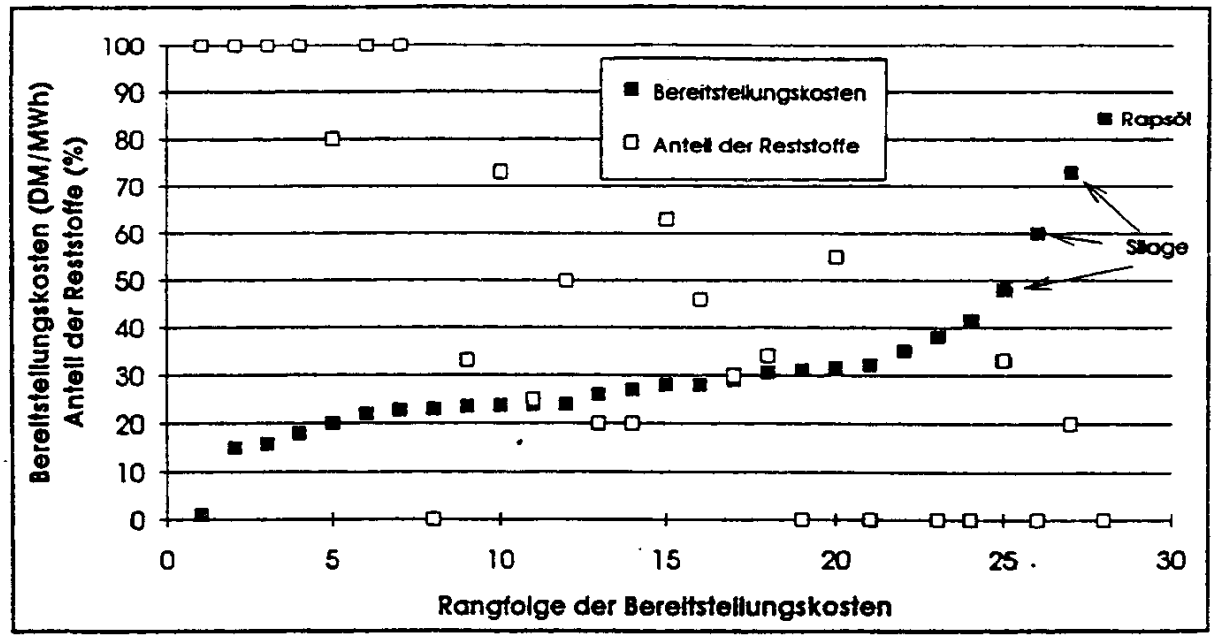


Abb. 1: Kosten der Biomassebereitstellung und Anteil der Reststoffe am Brennstoff-Mix - sortiert nach Rangfolge der Bereitstellungskosten frei Verwendungsanlage

Werden Projekte ausgeklammert, die Rapsöl (rd. 84 DM/MWh) bzw. Silage (48 bis 73 DM/MWh) aus Ganzpflanzengetreide und Mais (teilweise vermischt mit Stroh) einsetzen, dann verengt sich die angeführte Spanne der Kosten der Brennstoffbereitstellung auf 1 DM/MWh bis 42 DM/MWh (s. Abb. 1). Die Bereitstellung von Silagen muß - neben allen anderen verbrennungstechnischen und logistischen Erschwernissen als zu teuer eingestuft werden. Dies vor allem auch vor dem Hintergrund, daß in der Regel immer die Alternative besteht, "trockene" Biobrennstoffe mit nahezu nur dem halben Kostenaufwand bereitzustellen.

Wie aus Abbildung 1 hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit der Brennstoffbereitstellung (genauer: Brennstoff-Mix) ersichtlich und zu erwarten ist, sind die Projekte (7 von 30) mit einem sehr hohen Anteil (80 bis 100 %) an Reststoffen (Stroh, Pflegegut, Wald-/Industrierestholz) auch die günstigsten hinsichtlich der Kosten der Brennstoffbereitstellung. Hierbei wurden Kosten der Brennstoffbereitstellung zwischen 1 DM/MWh und 23 DM/MWh abgeleitet, wobei der Durchschnitt für diese Gruppe bei rd. 16 DM/MWh liegt.

Abbildung 1 verdeutlicht außerdem, daß die meisten Machbarkeitsstudien mit den Bereitstellungskosten für den Biobrennstoff zwischen 20 und 40 DM/MWh liegen. Dies entspricht - bei einem durchschnittlichen Heizwert von rd. 4,5 MWh/t TM - rd. 90 bis 180 DM/t TM. Diese trotzdem noch verbleibende Varianz bei den Kosten der Biobrennstoffbereitstellung hat neben dem unterschiedlichen Anteil der Reststoffe im Brennstoff-Mix vor allem ihre Ursache in den teilweise sehr divergierenden Annahmen bei den zugrundegelegten Rahmenbedingungen und in der unterschiedlichen Vorgehensweise bei der Ableitung der Kosten.

Genauere Analysen der Ursachen für die Varianz der Kosten der Brennstoffbereitstellung sind jedoch erst möglich, wenn die Basis "Brennstoff-Mix" verlassen wird - insbesondere wegen der sehr unterschiedlichen Anteile der Reststoffe in diesem Mix - und die zugrundeliegenden einzelnen Rohstofflinien näher untersucht werden. Dies geschieht im folgenden Teilabschnitt.

2.2 Kostenangaben für einzelne Energieträgerarten

In den 30 Machbarkeitsstudien können 13 verschiedene Rohstoffvarianten (Pflanzenarten) unterschieden werden, wenn (mit Ausnahme von Ganzpflanzengetreide-Silage) auf eine weitere Differenzierung nach Konditionierungsformen (Häcksel, Ballen, Pellets) verzichtet wird.

In Tabelle 3 sind diese 13 Biobrennstoffvarianten im Überblick zusammengestellt, wobei die energetische Nutzung von Hackschnitzeln aus Obstbaumschnitt, von Topinamburkraut und von Rapsöl jeweils Einzelnennungen sind, die sich somit einer vereinfachten statistischen Analyse entziehen. Für die verbleibenden 10 nachwachsenden Energieträger sind für die Merkmale Ertrag (in t Trockenmasse = TM) und Kosten der Biomassebereitstellung frei Verwendung jeweils der Mittelwert, Min-/Max-Werte und die Standardabweichung als Maß für die Varianz mit aufgeführt.

Hinsichtlich der Bereitstellungskosten (siehe Rangfolge) sind die Reststoffe Industrierestholz (rd. 8 DM/MWh), gefolgt von Hackschnitzeln aus Obstbaumschnitt (12 DM/MWh), Topinamburkraut (rd. 17 DM/MWh), Pflegeheu (rd. 20 DM/MWh), Stroh (rd. 22 DM/MWh) und Hackschnitzeln aus Waldrestholz (rd. 24 DM/MWh) die günstigsten Brennstoffvarianten, basierend auf den abgeleiteten Mittelwerten. Bei genauerer Betrachtung wird aber sehr schnell deutlich, daß sich diese Kostenschätzungen jeweils für die gleiche Brennstoffvariante je nach Machbarkeitsstudie beim Verhältnis Max- zu Min-Wert um rd. den Faktor 1,4 (Pflegeheu) bis rd. 12 (Industrierestholz) unterscheiden können (vgl. Tab. 3). Die Gründe hierfür liegen einerseits an den teilweise sehr unterschiedlichen zugrundeliegenden Rahmenbedingungen, teilweise aber auch an der unterschiedlichen methodischen Vorgehensweise.

Die Hauptgründe für das kostenmäßig günstige Abschneiden der Reststoffe sind darin zu sehen, daß diese Stoffgruppe in der Regel ohnehin anfällt und zum Teil von einem gewissen Entsorgungsdruck (Abfall) gekennzeichnet ist. Somit werden gewisse Kostenelemente, wie beispielsweise Rohstofferfassung, Transport, Lagerung oder Fixkosten und Nutzungskosten, nicht bzw. nur teilweise in Ansatz gebracht, beziehungsweise sie werden mit den eingesparten Entsorgungskosten "betriebsintern" (z.B. bei Industrierestholz) verrechnet.

Tabelle 3: Kenngrößen zum Ertrag und zu den Kosten der Biomassebereitstellung aller betrachteten Rohstoffvarianten

		Mittelwert (Mw)	Min.	Max.	Standardabweichung (in % vom Mw)	Rangfolge der Wettbewerbsfähigkeit
Ganzpflanzengetreide						
Ertrag	(t TM/ha)	8,89	5	12,0	23,02	
Kosten	(DM/t TM)	165,15	96	313,0	37,10	
"	(DM/MWh)	35,96	20	69,28	38,81	7
Ganzpflanzengetreide-Silage						
Ertrag	(t TM/ha)	9,50	7,50	13	26,14	
Kosten	(DM/t TM)	279,5	278	281	0,54	
"	(DM/MWh)	63,67	59,53	67,8	6,50	11
Silomais						
Ertrag	(t TM/ha)	12,00	7,50	17,00	32,45	
Kosten	(DM/t TM)	289	281	297	2,77	
"	(DM/MWh)	65,77	59,53	72,00	9,48	12
Miscanthus						
Ertrag	(t TM/ha)	18,04	10	35	35,40	
Kosten	(DM/t TM)	197,94	94	409,7	41,51	
"	(DM/MWh)	41,63	19,2	95,66	46,37	8
Energieheu						
Ertrag	(t TM/ha)	5,75	5,50	6,0	4,35	
Kosten	(DM/t TM)	225,2	83	393,6	56,90	
"	(DM/MWh)	50,57	19,22	88,86	57,05	10
Pflegeheu						
Ertrag	(t TM/ha)	3,12	1,80	4,50	39,26	
Kosten	(DM/t TM)	97,13	87,50	112,00	9,88	
"	(DM/MWh)	20,17	16,92	22,90	12,08	4
Stroh						
Ertrag	(t TM/ha)	3,33	2,08	4,70	28,53	
Kosten	(DM/t TM)	99,55	70	132	17,09	
"	(DM/MWh)	21,55	16,83	28,83	15,51	5
Holz aus Schnellwuchsplantagen						
Ertrag	(t TM/ha)	10,67	8	14,0	16,66	
Kosten	(DM/t TM)	200,93	108	523,4	63,10	
"	(DM/MWh)	45,47	26,04	117,39	65,77	9
Waldrestholz						
Ertrag	(t TM/ha)	2,5	-	-	-	
Kosten	(DM/t TM)	112,87	60	170	29,29	
"	(DM/MWh)	24,11	12	36,03	31,88	6
Industrierestholz						
Kosten	(DM/t TM)	33,07	4,36	51,9	53,15	
"	(DM/MWh)	7,58	1,00	12,0	47,89	1
Obstbaumschnitt						
Ertrag	(t TM/ha)	3,60				
Kosten	(DM/t TM)	57,1				
"	(DM/MWh)	11,78				2
Topinamburkraut						
Ertrag	(t TM/ha)	10				
Kosten	(DM/t TM)	84				
"	(DM/MWh)	17,14				3
Rapsöl						
Ertrag	(t Öl/ha)	1,14				
Kosten	(DM/t Öl)	848				
"	(DM/MWh)	83,22				13

Einzelwerte sind aus Tabelle 6 ersichtlich

Bei den gezielt angebauten Energieträgern stellt sich Ganzpflanzengetreide (rd. 36 DM/MWh) am günstigsten dar, gefolgt von Miscanthus (42 DM/MWh), Holz aus Schnellwuchsplantagen (45 DM/MWh), Energieheu (rd. 51 DM/MWh), Silagen aus Ganzpflanzengetreide (rd. 64 DM/MWh) und Mais (rd. 66 DM/MWh) - jeweils gemäß dem Durchschnitt der Angaben.

Im Gegensatz zu den Reststoffen (mit Ausnahme von Industrierestholz) ist die Varianz (genauer Standardabweichung) bei den Kostenschätzungen für die gezielt angebauten Energieträger in der Regel deutlich größer. Besteht beispielsweise bei den Angaben für Stroh eine Standardabweichung (in % vom Mittelwert) von rd. 16 %, so liegt die entsprechende Abweichung für Ganzpflanzengetreide mehr als doppelt so hoch bei rd. 39 % (vgl. Tab. 3). Die größten Spannen dieser Abschätzungen zeigen sich - wie zu erwarten ist - bei den weniger vertrauten Varianten, wie beispielsweise Miscanthus (46 %), Hackschnitzel aus Schnellwuchsplantagen (66 %) oder auch Energieheu (57 %), wobei die Zuordnung des Heus zu den Verfahren "Energieheu" oder "Pflegeheu" sicherlich fließend ist und wobei sich durch eine Präzisierung der Zuordnung diese Varianz deutlich vermindern ließe.

Bei den gezielt angebauten Energieträgern (auf Stillegungsflächen) ist in die Kostenabschätzungen die Gutschrift "Flächenstillegungsprämie" mit eingeflossen, wie dies originär in den Machbarkeitsstudien in nahezu allen Fällen bereits berücksichtigt war.

Beim Vergleich der Standardabweichungen der Kostenangaben auf der Basis DM/t TM und auf der Basis DM/MWh wird insbesondere an den Beispielen Ganzpflanzengetreide-/Mais-Silage, Miscanthus und Industrierestholz an der Zunahme der Standardabweichung deutlich, daß hier auch eine gewisse Variabilität darin besteht, welche Heizwerte für diese Energieträger angesetzt werden.

Werden die in den Machbarkeitsstudien unterstellten Heizwerte (H_u) der Biobrennstoffe - standardisiert auf 100 % TS (Kondensationsenthalpie bei 25 C°: 0,6783 MWh/t Wasser) - miteinander verglichen (s. Tab. 6, Teil 6), so liegen diese für die mehrfach angeführten Festbrennstoffe im Durchschnitt zwischen 4,2 MWh/t TS (Ganzpflanzengetreide-Silage) und 4,7 MWh/t TS (Holz aus SWP, Waldrestholz). Wie das Beispiel Getreidestroh zeigt (Durchschnitt: 4,57 MWh/t TS), können sich hierbei der Min-Wert (3,96 MWh/t TS) und der Max-Wert (5,17 MWh/t TS) um bis zu 30 % unterscheiden. Die zwischen und innerhalb der Brennstoffarten (Pflanzenarten) bei den Heizwerten bestehenden Unterschiede in den Angaben der Machbarkeitsstudien ließen sich sicherlich deutlich redu-

zieren, wenn die Brennstoffe auf der Basis wasser- und aschefrei miteinander verglichen würden.

Die prozentualen Unterschiede der Kostenangaben je MWh, verglichen mit Kostenangaben je t TM, kann folglich durch die bestehende Variabilität bei den Angaben zum Heizwert verstärkt (s. Ganzpflanzengetreide- /Mais-Silage) oder auch abgeschwächt (s. Stroh) werden (s. Tab. 3).

Die Ursachen für das teilweise sehr starke Auseinandergehen der Kostenabschätzungen sind, wie bereits angedeutet, vielschichtig und haben weitergehende Gründe, die im nachfolgenden Kapitel etwas näher untersucht werden sollen.

In diesem Zusammenhang soll nochmals darauf hingewiesen werden, daß die wichtigsten Kenngrößen zu den in den Machbarkeitsstudien beschriebenen Verfahren der Biobrennstoff-Bereitstellung in Tabelle 6 aufgeführt sind.

3. Gründe für die Streubreite der Kostenabschätzungen

Als Ursache für das teilweise sehr starke Auseinandergehen der Abschätzungen zu den Kosten der Biomassebereitstellung lassen sich vor allem drei Gründe anführen: Einerseits sind es die teilweise sehr unterschiedlichen zugrundegelegten Rahmenbedingungen, wie beispielsweise die unterschiedliche Standortgunst (Ertragsfähigkeit), die regional vorliegenden oder unterstellten agrarökonomischen Rahmenbedingungen (z.B. Fixkosten, Pacht-/Lohnansatz). Zweitens sind es die unterschiedlichen Verfahrensschritte der Ernte, Konditionierung, Transport und Lagerung. Drittens begründen sich die Unterschiede schon in der unterschiedlichen methodischen Vorgehensweise, vor allem in der Berücksichtigung bzw. Nichtberücksichtigung relevanter Kostengrößen.

3.1 Unterschiedliche Rahmenbedingungen

3.1.1 Natürliche Standortgunst

Als wichtige Kenngrößen zur Beschreibung der Ertragsfähigkeit eines Standorts (Standortgunst) dienen die Acker- bzw. Bodenzahl und die durchschnittlichen Jahresniederschläge (noch besser, die Niederschläge während der Vegetationsperiode). Jedoch sind in nur rund der Hälfte der Machbarkeitsstudien solche Merkmale zur Standortbeschreibung angeführt. Die Projekte, bei denen solche Merk-

male angegeben werden, weisen mit einer durchschnittlichen Acker- bzw. Bodenzahl von rd. 39 (21 bis 72) und mit durchschnittlichen Jahresniederschlägen von rd. 620 mm (475 bis 869 mm) eher auf unterdurchschnittliche Standortverhältnisse hin (siehe Tab. 4).

In Abbildung 2 sind die unterstellten Erträge von Getreidestroh, Ganzpflanzengetreide, Holz aus Schnellwuchsplantagen (SWP) und Miscanthus in Abhängigkeit von der Acker- bzw. Bodenzahl des jeweiligen Standorts dargestellt.

Aus dieser Abbildung wird deutlich, daß der Ertrag an Ganzpflanzengetreide die örtlichen Ertragsverhältnisse der erfaßten Standorte noch am einleuchtendsten wiedergibt, wenn man deren Abhängigkeit von der Ackerzahl bzw. Bodenzahl betrachtet.

Die Ertragsannahmen zu Miscanthus liegen je nach Machbarkeitsstudie zwischen 10 und 35 t TM/ha (Durchschnitt: 18 t TM/ha) und übertreffen die Ertragsannahmen für Ganzpflanzengetreide von 5 bis 12 t TM/ha (Durchschnitt: 8,9 t TM/ha) um rund das Doppelte (vgl. Tab. 3, Abb. 2). Die noch fehlenden Erfahrungen bei Miscanthus hinsichtlich des standortspezifischen Ertragsniveaus und insbesondere hinsichtlich der Ertragsstabilität haben jedoch vermutlich zu deutlichen Ertragsüberschätzungen bei dieser Pflanzenart geführt.

Bei SWP muß sich ebenfalls vor Ort noch jeweils beweisen, daß diese Variante in etwa das Ertragsniveau von Ganzpflanzengetreide erreichen kann.

Von den Biobrennstoffvarianten, die in mehreren Machbarkeitsstudien diskutiert werden (siehe Tab. 3), schneidet somit Miscanthus hinsichtlich des angegebenen Flächenertrages (Durchschnitt: 18 t TM/ha) mit Abstand am besten ab, gefolgt von Silomais (Durchschnitt: 12 t TM/ha), SWP (Durchschnitt: 10,7 t TM/ha), Ganzpflanzengetreide-Silage (Durchschnitt: 9,5 t TM/ha), Ganzpflanzengetreide (unsiliert, Durchschnitt: 8,9 t TM/ha) und Energieheu (Durchschnitt: 5,8 t TM/ha). Die Reststoffe Pflegeheu (Durchschnitt: 3,1 t TM/ha), Stroh (Durchschnitt: 3,3 t TM/ha) und Waldrestholz liegen um mehr als den Faktor 2 unter dem Ertragsniveau von Ganzpflanzengetreide.

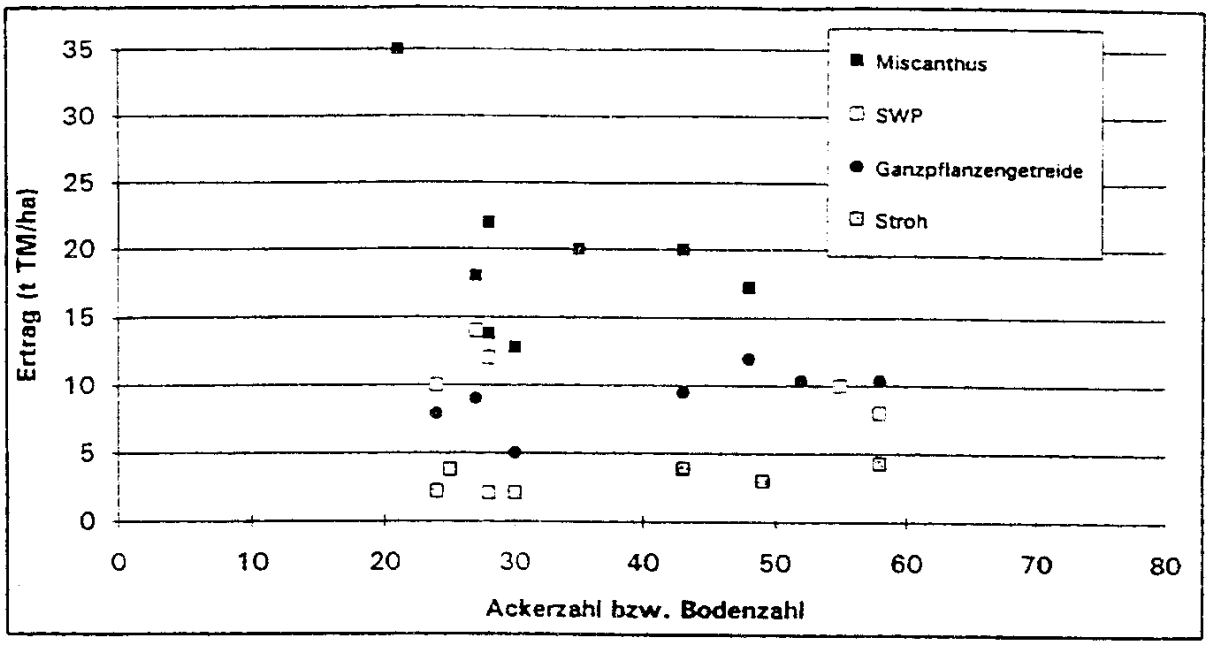


Abb. 2: Trockenmasseertrag (TM) von Stroh, Ganzpflanzengetreide, Holz aus Schnellwuchsplantagen (SWP) und Miscanthus in Abhängigkeit von der Acker- bzw. Bodenzahl

3.1.2 Agrarökonomische Rahmenbedingungen

In Tabelle 4 sind einige Kenndaten zu den agrarökonomischen Rahmenbedingungen zusammengestellt, soweit sie aus den einzelnen Machbarkeitsstudien zu extrahieren waren. Wie aus der ausführlichen Übersicht in Tabelle 6 jedoch erkennbar ist, sind solche Angaben in der Regel in weniger als 50 % der Machbarkeitsstudien verfügbar, so daß diese Kenngrößen nicht unbedingt typisch für die Rahmenbedingungen aller Machbarkeitsstudien sind.

Wie die vereinfachte statistische Analyse anhand der Standardabweichung zeigt, ist die größte Variabilität bei den Ansätzen für Fixkosten/Gemeinkosten (100 bis 900 DM/ha) und beim Pachtansatz (100 bis 450 DM/ha) zu finden. Beim Lohnansatz (Durchschnitt: 20 DM/AKh) für die eingesetzten Arbeitskräfte sind ebenfalls große Abweichungen bei den Angaben festzustellen, die Ansätze liegen zwischen 8,4 DM/AKh bis 31,60 DM/AKh.

Bei den Kenngrößen Fixkosten, Pacht- und Lohnansätze liegen die Machbarkeitsstudien aus den neuen Bundesländern (NBL) teilweise deutlich niedriger als entsprechende Angaben aus Westdeutschland. Diese überwiegend strukturell (Betriebsgröße) bedingten Unterschiede hinsichtlich des Kostenansatzes für Pacht-

und Fixkosten/Gemeinkosten dürften auch mittelfristig bestehen bleiben, im Gegensatz zum Lohnansatz, wo eine deutliche Annäherung an das westdeutsche Niveau zu erwarten ist.

Die in nahezu allen Machbarkeitsstudien "gutgeschriebene" Flächenstillegungsprämie variiert zwischen 479,- DM/ha und 750,- DM/ha. Fälschlicherweise werden in einer Machbarkeitsstudie 1139 DM/ha Flächenstillegungsprämie als Gutschrift für Energieraps angesetzt (vgl. Tab. 6). Geht man für diese Machbarkeitsstudie dagegen von der für Energieraps anzusetzenden Flächenstillegungsprämie von rd. 750 DM/ha aus und andererseits in Anlehnung an diese Prämie (nach Abzug von rd. 150 DM/ha als Pflegeaufwand) von einem Nutzungskostenansatz von rd. 600 DM/ha anstatt 900 DM/ha, dann erhöhen sich die Kosten für die Bereitstellung von Rapsöl um rd. 10 % auf ca. 92 DM/MWh (vgl. Tab. 3). Auf die methodisch teilweise sehr unterschiedlich gehandhabte Berücksichtigung der Flächenstillegungsprämie wird unter Kapitel 3.3 eingegangen.

Tabelle 4: Kenngrößen zum Standort und zu ökonomischen Basisdaten

	Mittelwert (Mw)	Min.	Max.	Standardabweichung (in % von Mw)
STANDORT				
Acker-/Bodenzahl	39,29	21	72	36,28
Jahresniederschlag (inkl. Beregnung) (mm)	619,86	475	869	15,33
ÖKONOMISCHE KENNGRÖSSEN				
Flächenstill.-Prämie (DM/ha)	621,80	479	1139	23,56
Nutzungskosten, Ziel-Deckungsbeitrag (DM/ha)	899,43	394	1500	36,66
Fixkosten/Gemeinkosten (DM/ha)	479,25	100	900	50,92
Pachtansatz (DM/ha)	225,67	100	450	50,46
Lohnansatz (DM/AKh)	20,09	8,40	31,60	30,15

Einzelwerte sind aus Tabelle 6 ersichtlich

Hinsichtlich der Produktionsintensität wurde bei den meisten Machbarkeitsstudien unterstellt, daß die Biomasse unter eher extensiven Produktionsbedingungen - geringer Einsatz an Düngemitteln und in der Regel Verzicht auf Pflanzenschutzmaßnahmen - umweltschonend produziert wird. Bei den angeführten extensiven Düngungsmaßnahmen liegt natürlich die Frage auf der Hand, ob das jeweils

unterstellte Ertragsniveau auch mittelfristig (5 - 10 Jahre) gehalten werden kann, oder ob nicht aufgrund fehlender Nährstoffversorgung (unausgewogene Nährstoffbilanz) mit deutlichen Ertragsrückgängen zu rechnen ist. Andererseits kann vermutet werden, daß technische und züchterische Fortschritte diesen Effekt durch eine effizientere Ausnutzung des aufgebrachten Düngers durch die Pflanzen etwas abschwächen.

In mehreren Machbarkeitsstudien wurde zur Realisierung des angestrebten Ertrages von einer zusätzlichen Bewässerung ausgegangen, die nicht nur aus ökologischen Gesichtspunkten sondern auch unter betriebswirtschaftlichen Aspekten zu Bedenken führt.

3.2 Verfahren der Konditionierung, des Transports und der Lagerung

3.2.1 Übersicht

In Tabelle 5a bis Tabelle 5d sind Mittelwerte und Spannen der in den Machbarkeitsstudien angegebenen Kosten der Konditionierung, des Transports und der Lagerung aufgeführt, und zwar getrennt für Häckselgut, Ballen, Pellets und Holzhackschnitzel.

Tabelle 5: Zusammenfassung der Kostenkomponenten (DM/MWh) der Konditionierung, des Transports und der Lagerung von Biomasse

Tabelle 5a: Häckselgut

Häckselgut	Häckseln				Transport				Lagerung			
	Mittelwert ± Abweichung [1]	Anzahl	min. Wert	max. Wert	Mittelwert ± Abweichung	Anzahl	min. Wert	max. Wert	Mittelwert ± Abweichung [1]	Anzahl	min. Wert	max. Wert
Miscanthus	3,6	1	-	-	3,0 ± 23 %	3	1,3	3,9	1,3 ± 30 %	4	0,6	2,5
Getreideganzpflanzen	3,8	1	-	-	2,0 ± 25 %	4	0,9	3,1	2,0 ± 32 %	4	0,7	3,8
Topinamburkraut	-		-	-	4,9	1	-	-	0,4	1	-	-

Tabelle 5b: Ballen

Ballen	Ballen pressen				Transport				Lagerung			
	Mittelwert ± Abweichung	Anzahl	min. Wert	max. Wert	Mittelwert ± Abweichung	Anzahl	min. Wert	max. Wert	Mittelwert ± Abweichung	Anzahl	min. Wert	max. Wert
Stroh	6,6 ± 21 %	5	3,2	10,5	5,2 ± 13 %	5	3,1	8,0	1,6 ± 19 %	3	1,0	2,1
Heu	10 ± 13 %	2	8,1	11,9	4,8 ± 21 %	5	2,1	8,8	3,6 ± 55 %	5	0,7	11,9
Miscanthus	4,0	1	-	-	2,1 ± 19 %	4	1,4	3,5	1,8 ± 44 %	3	0,6	3,7
Getreideganzpflanzen	4,5 ± 29 %	2	2,6	6,4	3,2 ± 19 %	7	0,5	5,8	2,3 ± 29 %	4	1,4	4,7

Tabelle 5c: Pellets

Pellets	Pelletierung				Transport				Lagerung			
	Mittelwert ± Abweichung	Anzahl	min. Wert	max. Wert	Mittelwert ± Abweichung	Anzahl	min. Wert	max. Wert	Mittelwert ± Abweichung	Anzahl	min. Wert	max. Wert
Stroh	10 ± 21 %	4	5,4	14,2	3,4 ± 27 %	3	1,2	5,0	0,2	1	-	-
Miscanthus	11,2	1	-	-	1,2 ± 30 %	2	0,6	1,8	0,9 ± 22 %	2	0,6	1,3
Getreideganzpflanzen	10,0	1	-	-	2,2 ± 48 %	3	0,5	4,8	1,3 ± 21 %	3	0,9	2,0

Tabelle 5d: Holzhackschnitzel

Hackschnitzel	Hackgut herstellen				Transport				Lagerung			
	Mittelwert ± Abweichung	Anzahl	min. Wert	max. Wert	Mittelwert ± Abweichung	Anzahl	min. Wert	max. Wert	Mittelwert ± Abweichung	Anzahl	min. Wert	max. Wert
Restholz	6,0 ± 13 %	6	3,2	8,9	4,1 ± 15 %	6	2,3	6,5	-	0	-	-
SWP	3,5 ± 8 %	2	3,1	4,0	4,3 ± 22 %	3	3,0	6,6	4,8 ± 21 %	3	2,8	7,1

Die Angaben zu den Transportkosten konnten wegen häufig nicht vorliegender Entfernungsangaben leider nicht in Kosten pro Mengeneinheit und Kilometer umgerechnet werden. Sie sind dennoch in den Tabellen 5a bis 5d ausgewiesen, um ihre Größenordnung im Vergleich zu den Kosten der Zerkleinerung oder Verdichtung und der Lagerung zu illustrieren.

Die mittlere Transportentfernung wird in der Regel mit dem jährlichen Brennstoffbedarf der Wärme-/Stromerzeugungsanlage wachsen, weil damit meist das zur Brennstoffversorgung erforderliche Einzugsgebiet wächst. Deshalb wurde in der nachstehenden Zusammenstellung eine Aufgliederung der Transportkostenangaben nach drei Größenklassen des jährlichen Brennstoffbedarfs vorgenommen. Die angegebenen Spannen lassen jedoch keinen klaren Zusammenhang zwischen Brennstoffbedarf und Transportkosten erkennen.

Tabelle 5e: Zusammenstellung der angegebenen Kosten (DM/MWh) des Biomassentransports, gegliedert nach drei Größenklassen des Brennstoffbedarfs der Anlagen

Brennstoffbed. (MWh/a) / Energieträger	bis 10 000	10 000 - 50 000	über 50 000
Stroh, Heu Miscanthus-Ballen	1,40 - 5,00	0,50 - 8,80	1,50 - 4,00
Holzhackschnitzel	2,30 - 4,40	3,00 - 6,60	3,20 - 6,50
Getreidepflanzen	-	0,50 - 5,80	2,30 - 3,70

In den nachfolgenden Kapiteln werden die zusammengefaßten Daten in ihrer Gliederung nach Häckselgut (Tab. 5a), Ballen (Tab. 5b), Pellets (Tab. 5c) und Holzhackschnitzel (Tab. 5d) näher kommentiert.

3.2.2 Häckselgut

Die in Tabelle 5a zusammengeführten Kosten des Häckselns von Miscanthus und Getreideganzpflanzen (GGP) beinhalten die Ernte mit selbstfahrenden Häckslern bzw. mit Anbauhäckslern und die Übergabe des Häckselgutes auf die Transport-

fahrzeuge. Für beide Energieträger ist jeweils nur ein Wert aufgeführt (3,6 bzw. 3,8 DM/MWh). Dieser Kostenansatz erscheint realistisch.

Im Falle von Häckselgut sind generell kurze Transportwege unterstellt (1-4 km) und die Schüttdichten werden zwischen 50 und 90 kg TM/m^3 angegeben. Bei den Transportkosten kann der für Miscanthus angeführte untere Wert (min. Wert) ohne besondere Verdichtung kaum erreicht werden. Da bei den Getreideganzpflanzen der Kornanteil bereits eine hohe Dichte aufweist, ist im Mix von Stroh und Korn der angeführte untere Wert verständlich. Dieser Dichteunterschied spiegelt sich auch in den Transportkostenschätzungen von 3,0 DM/MWh (ca. 12 DM/t) für Miscanthus und 2,0 DM/MWh (ca. 8 DM/t) für GGP wider. Beide Werte dürften jedoch unter dem Aspekt, daß neben der reinen Fahrzeit auch Zeiten für die Be- und Entladung (mit Wartezeiten) berücksichtigt werden müssen, unterschätzt sein.

Die Vorgehensweise bei der Ableitung der Lagerungskosten ist in den Machbarkeitsstudien in der Regel sehr knapp beschrieben worden. Aufgrund der höheren Lageranforderungen für GGP sind für diesen Fall aufwendigere Anforderungen an das Gebäude zu stellen oder Körnerverluste zu veranschlagen (Mäusefraß). Deshalb erscheint der im Mittel angesetzte Wert von 2,0 DM/MWh für GGP äußerst gering. In der Mehrzahl der Studien sind keine eigens erbauten Scheunen oder sonstige Lagergebäude kostenmäßig berücksichtigt, sondern es wurde auf Altbestand verwiesen. Gerade die Lagerung von gering verdichtetem Häckselgut müßte sich auf der Kostenseite stark bemerkbar machen. Das Verhältnis von maximalem zu minimalem Wert (>4) zeigt, daß hierfür die Angaben sehr unterschiedlich sind.

3.2.3 Ballen

Die Herstellung und der Umgang mit Rund- oder Quaderballen bereiten technisch gesehen kaum Probleme. Folglich sind bei den Kostenabschätzungen geringere Varianzen zu erwarten.

Die durchschnittlichen Kosten von 6,60 DM/MWh für das Pressen von Strohballen erscheinen als gering, im Gegensatz zu den Angaben bei Heu (s. Tab. 5b). Im Falle des mehrere Meter hohen und leicht verholzten Miscanthus ist die einzige Angabe von 4 DM/MWh vermutlich viel zu niedrig gegriffen. Bei GGP ist zwar auch der Minimalwert von 2,6 DM/MWh unrealistisch, jedoch ergeben sich durch die gute Flächenleistung, bei gleichzeitiger Aufnahme von Stroh und Korn (beide mit ähnlichem Heizwert) Zeit- und Kostenvorteile gegenüber dem Stroh. Die

deutliche Streuung um den Mittelwert zeigt, daß bisher nur wenig belastbare Zahlenwerte für die Ernte von GGP vorhanden sind, weshalb die Studienersteller auf Schätzungen der Kosten angewiesen waren. Man sollte GGP nicht zuvor im Schwad ablegen, da die Körnerverluste unkalkulierbar groß werden können. Allerdings wäre hierdurch eine natürliche kostengünstige Nachtrocknung möglich. Die getrennte Erfassung von Korn und Stroh (herkömmliche Getreideernte) könnte ein gangbarer Weg sein.

Erstaunlicherweise gehen die Kosten für den Transport von Rundballen bzw. Quaderballen sehr stark auseinander. Werte von 0,50 bis 8,80 DM/MWh sind zu finden. Sind einmal Ballen hergestellt, so hängen die Transportkosten von der Entfernung und den Transportkapazitäten ab, wobei grundsätzlich ein fixer Anteil für das Be- und Entladen und evtl. für Wartezeiten mit ca. 1,5 bis 2,5 DM/MWh in die Transportkosten einfließt. Die Transportkosten für Miscanthus (im Durchschnitt 2,10 DM/MWh) sind wahrscheinlich auch bei (nicht unbedingt zu erwartenden) geringen Entfernungen unterschätzt. Sie müßten ebenfalls in der gleichen Größenordnung wie bei Stroh und Heu liegen. Die erhöhte Dichte von GGP-Ballen ermöglicht eine höhere Transportleistung, bei nur minimal höherem Kraftstoffverbrauch; die günstigen Transportkosten (Durchschnitt: 3,2 DM/MWh) erscheinen dadurch - wie auch bei Häckselgut - plausibel.

Ballen können im Freien und unter Dach gelagert werden. Eine einfache und kostengünstige Abdeckung der Ballen mit einer Plane oder Folie am Feldrand erlaubt es, bis zum Zeitpunkt der Verwertung den Energieträger relativ verlustarm zu lagern - außer bei GGP. Die in den Studien angegebenen Kosten einer Lagerung im Freien (ca. 2-3 DM/MWh) beinhalten nur den Stapel- und Abdeckungsaufwand. Die Auswertung der Lagerkosten für Heuballen weist einen realistischen (maximalen) Wert von 11,90 DM/MWh (Gebäudelagerung) auf. In manchen Machbarkeitsstudien werden die Investitionen für das Lager am Verbrauchsort den Investitionen der Anlage zugerechnet. Die Angaben zu den Lagerkosten unterscheiden sich nicht zuletzt auch aufgrund der sehr unterschiedlichen Annahmen hinsichtlich der durchschnittlichen Lagerdauer (4 Tage bis mehrere Monate). Dadurch erklärt sich ein Teil der großen Unterschiede bei den angegebenen Lagerkosten.

3.2.4 Pellets

Für Stroh, Miscanthus und Getreideganzpflanzen wird in den Machbarkeitsstudien in jeweils vier Fällen von einer Pelletierung ausgegangen, um vor allem den verbrennungstechnischen Erfordernissen Rechnung zu tragen. Für Miscanthus und Getreideganzpflanzen werden jedoch nur jeweils in einem Fall Kostenangaben gemacht (vgl. Tab. 5c).

Die Pelletierung kann zum einen in stationären Anlagen (oft Trocknungs- und Pelletierwerke) oder, möglicherweise künftig, mit selbstfahrenden Pelletiermaschinen (Fa. Haimer) erfolgen. In der Praxis zeigt sich häufig, daß die von den Pressenherstellern angegebenen Nennleistungen kaum zur Hälfte erreicht werden. Die Angaben zu den Pelletierungskosten (s. Tab. 5c) differieren nur gering (10,00 - 14,20 DM/MWh). Falls die Anlagen in der Praxis die Nennleistung gerade zur Hälfte erreichen und gleichzeitig die Einsatzstundenzahl weniger optimistisch angesetzt wird, ergeben sich Kosten zwischen 70 und 100 DM/t bzw. 18 und 25 DM/MWh.

Die Haimer-Presse bietet die Möglichkeit, den Energieträger ohne zusätzliche Transportwege mit gering verdichtetem Material in eine gut hantierbare Form zu bringen. Wesentlich dabei ist, daß der Wassergehalt des Gutes 18 bis 20 % nicht überschreitet. Nach Angaben der Firma wird die selbstfahrende Pelletieranlage 900 000 DM (o. MWSt.) kosten und bei 1000 h/a und 6 Jahren Lebensdauer bei 8 t/h Pelletierleistung etwa 43 DM/t Pellets (11 DM/MWh) an Kosten verursachen. Die Kapitalkosten haben daran einen Anteil von zwei Dritteln, was bei geringerer Auslastung oder kleinerer tatsächlicher Leistung zu gravierenden Kostensteigerungen führt.

Die Vorteile hinsichtlich der Transportkosten von Pellets gegenüber den zuvor genannten Konditionierungsformen sind eindeutig. Bei einem Schüttgewicht von ca. 600 kg/m^3 können die flachen oder zylinderförmigen Pellets mit Radladern, Kippvorrichtungen, Sauggebläsen oder Fördereinrichtungen für Rieselgut be- oder entladen werden. Zum Transport eignen sich Silo-Lkw genauso wie landwirtschaftliche Schlepper mit Hängern. Die Leistung pro Fuhre wird durch das zulässige Gesamtgewicht begrenzt (bei Häckselgut oder Ballen dagegen durch das Volumen). Die Differenzen in den Transportkosten pro MWh, wie auch die Varianz der Zahlen sind nicht dem Energieträger zuzuordnen, sondern wahrscheinlich unterschiedlichen Entfernungen und unterschiedlichen Transportfahrzeugen. Eck-

daten und Kosten für die Be- und Entladung werden durchweg vernachlässigt, kostenmäßig wirkt sich dies jedoch kaum aus.

In den Studien sind sieben Angaben zu den Kosten der Lagerung von Pellets enthalten, deren Spanne von nur 20 Pfg/MWh bis 2 DM/MWh reicht. Da Pellets unter Dach gelagert werden müssen, gegen seitliche Befeuchtung geschützt sein sollten und auch die Schütthöhe aufgrund der Bröselgefahr limitiert ist, sind diese Kostenansätze nur verständlich, wenn von ohnehin und kostenfrei verfügbaren überdachten Lagerflächen ausgegangen wird. Mit dem Argument "Altbestand an Gebäuden" werden keinerlei Kostenansätze für Kapitalkosten, Instandhaltung oder Betriebskosten gemacht.

3.2.5 Holzhackschnitzel

In verschiedenen Fällen haben sich die Studienersteller auf die alleinige Angabe der gesamten Bereitstellungskosten von Holzhackschnitzeln frei Verwendungsanlage beschränkt. Bei sechs Angaben wurden Werte für das Fällen und Rücken von Durchforstungsholz genannt. Die Werte liegen zwischen 6,60 DM/MWh und 14,60 DM/MWh (Durchschnitt 9,80 DM/MWh, entsprechend 42 DM/t TM). Unterschiedliche Erntetechniken (motormanuelle oder vollmaschinelle Ernte) haben auf den Bereitstellungspreis in den Machbarkeitsstudien kaum Auswirkungen. Das gleiche gilt auch für Holz aus Schnellwuchsplantagen (SWP). Die Erntekosten (sie beinhalten das Fällen, Rücken und Aufstapeln am Feldrand) wurden mit 7 bis 9 DM/MWh veranschlagt. In einer Studie (Nr. 31) werden hierfür 2 - 3 DM/MWh angesetzt. Dabei nehmen die Autoren an, daß die "bisher bekannten Kostenansätze von 30 DM/t" durch den Einsatz kleiner Forstraupen mit Anbaukreissägen deutlich verringert werden können.

Für das eigentliche Hacken (des öfteren auch Shreddern genannt) der am Feld- oder Waldrand aufgehäuften Stämme und Äste von Durchforstungs- und Waldrestholz, ließen sich Kostenansätze finden, die zwischen 3,2 und 8,9 DM/MWh liegen. Die beiden Kostenansätze für das Hacken von Holz aus SWP, sind mit 3,1 DM/MWh und 4 DM/MWh offenbar optimistisch abgeschätzt worden. Dabei wurde eine Stundenleistung des Hackers mit 13,3 t Feuchtmasse pro Stunde - bei nur einem Mann als Kranbediener, Fahrer der Hackmaschine und Bereitsteller der zu beladenden Hänger - angenommen.

In den Kosten des Transports des forstlichen Hackgutes zur Verwendungsanlage sind die Zeiten für das Beladen der Hänger nicht enthalten, da sie bereits dem

Hacken zugerechnet sind. Die Spanne reicht hier von 2,30 bis 6,60 DM/MWh (s. Tab. 5d). Angaben über die zugehörigen mittleren Transportentfernungen liegen dabei leider nur selten vor. Im Projekt Nr. 31 werden bei einer mittleren Entfernung von 17,5 km auf einem Lkw 17 t für 155 DM/Fuhre (das entspricht 3 DM/MWh) transportiert.

Die Kosten der Lagerung von Holzhackschnitzeln im Tagesbunker oder Zwischenlager der Verwendungsanlage werden den Kosten der Heizanlage zugeordnet. Lagerkosten, die die Bereitstellungkosten der Hackschnitzel erhöhen, entstehen bei einer Zwischenlagerung in Gebäuden nach dem Hacken. Hierzu liegen drei Angaben zwischen 2,80 und 7,10 DM/MWh vor. Die zugehörigen Lagergrößen und Lagerzeiten sind nicht angegeben worden.

3.3 Methodisches Vorgehen zur Abschätzung der Bereitstellungskosten

Neben den in den Machbarkeitsstudien teilweise sehr unterschiedlichen Annahmen hinsichtlich der natürlichen Standortgunst, der agrarökonomischen Rahmenbedingungen oder der Verfahren der Konditionierung, des Transports und der Lagerung, liegen wesentliche Ursachen auch in der teilweise methodisch sehr unterschiedlichen Vorgehensweise bei der Abschätzung der Bereitstellungskosten.

Nachfolgend sollen die wichtigsten dieser methodischen Unterschiede kurz angesprochen werden, ohne jedoch im einzelnen quantitativ auf deren Rückwirkung auf die Kosten der Bereitstellung der Biobrennstoffe einzugehen.

3.3.1 Kalkulierte Kosten und Marktpreise

In den meisten Machbarkeitsstudien wurden die Kosten der Biobrennstoffbereitstellung unter Berücksichtigung der standörtlichen Gegebenheiten abgeleitet.

Neben diesen abgeleiteten Kosten wurden jedoch - insbesondere bei Waldrestholz - oftmals die aktuellen ortsüblichen Marktpreise für die Brennstoffbereitstellung als Kostengröße herangezogen. Diese Vorgehensweise mag kurzfristig sicherlich ihre Berechtigung haben. Da die Brennstoffversorgung jedoch auch noch mittelfristig gesichert sein sollte, scheint es ratsamer, sich auf die in der Regel etwas höheren, kalkulierten Kosten zu beziehen, die weniger von den Tagesaktualitäten (Entsorgungsdruck, Überangebot) geprägt sind.

Bei Waldrestholz hängen die momentan sehr niedrigen Preise einerseits mit den derzeit generell sehr niedrigen Preisen am Holzmarkt, andererseits mit dem Überangebot an Windbruch-, Kalamitäten- und Durchforstungsholz zusammen. Regional - in waldreichen Gebieten - kann dieser Effekt besonders groß sein, insbesondere wenn der Waldbrandgefahr und der Borkenkäfervermehrung vorgebeugt werden muß. Wie sich der künftige Anfall von Kalamitätenholz und dessen Entsorgungsdruck entwickeln werden, ist schwer prognostizierbar.

Ähnliches gilt für Dauergrünland, das in zunehmendem Maße nicht mehr für die Bereitstellung von Grundfutter benötigt wird und für das deshalb alternative Nutzungsmöglichkeiten gesucht werden, wie z.B. extensive Weidehaltung, Produktion von Heu als nachwachsenden Energieträger oder konventionelle Aufforstung.

Kostenunterschiede, die sich aufgrund regionaler (z.B. Erträge) und betriebsstruktureller (z.B. Betriebsgröße) Unterschiede ergeben, dürften auch mittelfristig noch bestehen bleiben. Die betriebsstrukturellen Vorteile sind vor allem in den neuen Bundesländern anzusiedeln.

3.3.2 Nichtberücksichtigung von Kostenkomponenten

Bei der Analyse der Machbarkeitsstudien wird die Vergleichbarkeit der Ergebnisse, neben der unterschiedlichen Bewertung einzelner Kostengrößen (z.B. Lohnansatz, Pachtansatz, Fixkosten), auch dadurch erschwert, daß unterschiedliche Kostenkomponenten teilweise nicht berücksichtigt wurden.

Typische Beispiele im Bereich des Anbaus sind hierfür die Nichtberücksichtigung der Verzinsung des Umlaufkapitals, die Versicherung des Feldinventars, ggf. eine Kalkdüngung (zur Erhaltung des pH-Wertes des Bodens) oder das Ansetzen eines Dünger- und Humuswertes bei Stroh.

Die Berücksichtigung dieser Kostenkomponenten würde in der Summe zu einer nicht unwesentlichen Kostenerhöhung (ca. 10 bis 20 %) führen.

3.3.3 Flächenstillegungs-, Extensivierungsprämie und eingesparte Entsorgungskosten

Die Flächenstillegungsprämie wurde in nahezu allen Machbarkeitsstudien als Gutschrift mit in die Kostenabschätzung einbezogen. In vielen Fällen wurde hierbei von der Annahme ausgegangen, daß die Flächenstillegungsprämie in etwa die

Fixkosten abdeckt und sich somit eine nähere Analyse der Fixkosten pro Hektar erübrigt. Teilweise wurde in den Kostenkalkulationen die Flächenstillegungsprämie, vermindert um den Pflegeaufwand für die stillgelegte Fläche, als Nutzungskosten für den Boden angesetzt.

Die Berücksichtigung von Extensivierungsprämien - für die extensive Bewirtschaftung von Grünland - wurde in ähnlicher Weise wie bei der Flächenstillegungsprämie als kostenmindernde Größe berücksichtigt.

Vor dem Hintergrund einer auch noch mittelfristig betriebswirtschaftlich gesicherten Brennstoffbereitstellung erhebt sich in diesem Zusammenhang die Frage, wieweit die Flächenstillegungs- und Extensivierungsprämien auch mittelfristig noch zur Verfügung stehen.

Die Entscheidung darüber, ob auf stillgelegten Flächen nachwachsende Rohstoffe angebaut ("Industrie-/Energiebrache") oder ob diese Flächen nur extensiv (z.B. 1 x Mulchen) gepflegt werden, ist weitgehend unabhängig von der gewährten Flächenstillegungsprämie, sondern abhängig von der jeweiligen Situation des Einzelbetriebes.

Für viele Betriebe, insbesondere flächenstarke Betriebe, die bisher Engpässe bei der verfügbaren Arbeitskapazität (Arbeitsspitzen) hatten und außerdem die Möglichkeit sehen, ihre Fixkosten (insbesondere Maschinenpark, Fremdarbeitskräfte) an die reduzierten Produktionsverhältnisse anzupassen (d.h. abzubauen), ist es zunächst hinsichtlich der Verwertung ihres knappen Faktors Arbeit interessanter, diese Flächen tatsächlich stillzulegen. Auf der anderen Seite sind insbesondere flächenarme Veredlungsbetriebe darauf angewiesen, nahezu jeden Hektar Ackerfläche unter Bewirtschaftung zu halten, um den Auflagen bei der Ausbringung des Wirtschaftsdüngers gerecht werden zu können, ohne ihre Viehbestände abstocken zu müssen. Für diese Betriebsgruppe ist es unter diesen Rahmenbedingungen betriebswirtschaftlich interessant, die eigentlich stillzulegenden Flächen weiter in der Produktion zu halten - möglicherweise auch zugunsten des Anbaus nachwachsender Rohstoffe.

Mittelfristig dürfte es nur dann zu einem großflächigen Anbau von nachwachsenden Rohstoffen auf stillgelegten Flächen kommen, wenn dieser Anbau eindeutige betriebswirtschaftliche Vorteile gegenüber der Flächenstillegung aufweist. Dies ist der Fall, wenn der hierbei erzielbare Deckungsbeitrag (incl. Flächenstillegungsprämie) pro Hektar - unter Berücksichtigung eines Lohnansatzes und der

zurechenbaren Fix- und Gemeinkosten - höher ist als die Flächenstillegungsprämie (abzüglich eines eventuellen Pflegeaufwandes). Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen wird für beide "Produktionsalternativen" die gleiche Flächenprämie bezahlt, somit ist die relative Vorzüglichkeit, unter den oben bereits angeführten Einschränkungen, hiervon weitgehend unabhängig. Die Wettbewerbsfähigkeit für nachwachsende Rohstoffe (Energieträger) auf stillgelegten Flächen kann folglich nicht durch eine allgemeine Erhöhung der Flächenstillegungsprämie verbessert werden, sondern nur über steigende Marktpreise (höhere Substitutionswerte) für diese Produkte, beispielsweise durch eine CO_2-/Energiesteuer.

Soll der Anbau nachwachsender Rohstoffe (Energieträger) über den Umfang der stillgelegten Fläche hinaus ausgedehnt werden, so muß sich seine Wettbewerbsfähigkeit an den Gliedern der Food-Fruchtfolge beweisen, die den geringsten Deckungsbeitrag erzielen und somit als erste ausgetauscht würden, soweit nicht andere einzelbetriebliche Gründe dagegen sprechen.

In den Machbarkeitsstudien wurden vor dem Hintergrund solcher Überlegungen "Zieldeckungsbeiträge" bzw. Nutzungskosten von bis zu 1500 DM/ha veranschlagt (vgl. Tab. 6). Die Höhe dieses Nutzungskostenansatzes (Zieldeckungsbeitrag, incl. Flächenprämie) wird von der spezifischen Situation des landwirtschaftlichen Betriebes bestimmt und kann somit aufgrund standörtlicher (z.B. Ertrag) und betrieblicher (z.B. Betriebsgröße) Besonderheiten sehr differieren.

Beim Anbau auf nicht stillgelegten Flächen werden die nachwachsenden Rohstoffe - in Analogie zur Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln - nur dann einen festen Platz in der Fruchtfolge eines Betriebes finden, wenn der erzielbare Deckungsbeitrag im wesentlichen die damit verbundenen Fix- und Gemeinkosten abdeckt und darüber hinaus über die Vergütung eines Lohn- und Pachtansatzes mit zur Einkommensbildung des landwirtschaftlichen Betriebes beiträgt.

Wieweit bei den Reststoffen aus der Landschafts- und Waldpflege bzw. aus der Holz- und Ernährungsindustrie der Entsorgungsdruck auch mittelfristig bestehen bleibt und sie durch das Einsparen von Entsorgungskosten (z.B. Deponiegebühren) weiterhin kostenmäßig interessante Biobrennstoffe darstellen, ist nur schwer abzuschätzen. Alternative Verwertungsmöglichkeiten (z.B. Kompostierung) bzw. geänderte Produktionsverhältnisse und Produktionsverfahren könnten aber auch hier mittelfristig zu höheren oder auch geringeren Bereitstellungskosten führen.

3.3.4 Zuteilung der Kosten auf Haupt- und Nebenprodukte

Bei der Zuteilung der Kosten auf Haupt- und Nebenprodukte (Koppelprodukte) wurde bei den Produktionsverfahren im Getreidebau, die auf eine getrennte Vermarktung von Korn und Stroh abzielen, generell darauf verzichtet, dem Verfahren der Strohbereitstellung auch Anteile an den fixen Kosten der Bodennutzung (z.B. Pachtansatz, Gemeinkosten) zuzurechnen.

Dies mag unter derzeitigen Verhältnissen, wo Stroh in Ausnahmefällen als Koppelprodukt, mit eher bescheidenen alternativen Verwertungsmöglichkeiten empfunden wird, seine Berechtigung haben.

Wird jedoch mittel- und längerfristig davon ausgegangen, daß einerseits die energetische Nutzung von Biomasse (und damit insbesondere auch von Stroh) deutlich zunehmen wird, daß andererseits die Markterlöse für Getreide, wie von der Agrarpolitik angepeilt, sich auf dem Weltmarktpreisniveau einpendeln, so ist diese bisher praktizierte Kostenzurechnung zu überdenken. Nimmt nämlich unter diesen Rahmenbedingungen der Anteil des Stroherlöses in Relation zum Markterlös über das Getreidekorn deutlich zu, so sollte in der Kostenkalkulation - im Sinne einer gerechteren Kostenzurechnung (Kostenstellenrechnung) - dem Stroh auch ein gewisser Anteil an den bisher nicht berücksichtigten Gemeinkosten oder Nutzungskosten (z.B. Pacht) für den Boden zugerechnet werden.

4. Näher aufgeschlüsselte Angaben zu den Kosten der Rohstoffbereitstellung

In der nachfolgenden Tabelle 6 sind für die einzelnen Machbarkeitsstudien wichtige Kenngrößen, soweit verfügbar, zusammengestellt, die für die Ableitung der Biobrennstoffkosten relevant sind. Die erkennbaren Datenunterschiede - insbesondere bei den Daten zu den Rahmenbedingungen - erklären zum Teil, weshalb die bereits diskutierten Kostenabschätzungen der Biobrennstoffbereitstellung teilweise so stark differieren.

Da es mitunter vorkommt, daß in der gleichen Studie, zum gleichen Merkmal unterschiedliche Angaben gemacht wurden (z.B. Heizwerte, Kosten pro Tonne Frischmasse) mußte teilweise durch Mittelung bzw. durch Übernahme nur einer Kenngröße eine gewisse "Auswahl" getroffen werden.

In ähnlicher Weise können sich gewisse Diskrepanzen beim Versuch ergeben, über die in den Studien beschriebenen einzelnen Varianten der Biobrennstoffbereitstellung die daraus jeweils abgeleiteten Kosten des Brennstoff-Mix nachzuvollziehen.

Für die Zusammenstellung der Daten in Tabelle 6 wurden mit Ausnahme der Umsetzung der qualitativen Größe "lufttrocken" in einen TS-Gehalt von 86 % keine weiteren Korrekturen an den ursprünglichen Daten vorgenommen.

Alle Kostenangaben zu den "Biobrennstoffen" schließen die Berücksichtigung einer Gutschrift in Höhe der Flächenstillegungsprämie mit ein; bei einer Machbarkeitsstudie mußte diese Korrektur zur besseren Vergleichbarkeit nachträglich vorgenommen werden.

Neben den angeführten Kenngrößen zum Standort, zu agrarökomomischen Kenngrößen, zu den Kosten der Biobrennstoffbereitstellung und den Heizwerten der Energieträger, (differenziert nach den einzelnen Pflanzenarten bzw. Rohstoffen), ist in Tabelle 6 mit aufgeführt, in welcher Konditionierung die Biomasse bereitgestellt wird. Hierbei kann zwischen Ballen (Ba), Pellets (Pe), Häcksel (Hä), Holzhackschnitzel (Ha) und Silage (Si) unterschieden werden.

Tabelle 6: Auswertung der Machbarkeitsstudien: Kennwerte zur Biomassebereitstellung (Teil 1 von 6)

Nr.	STUDIE / ORT	STANDORT		Angesetzter Biobrennstoffpreis (Mix)			Anteil	Flä-Sti-Prämie	Nutz-Ko Ziel-DB	Fixkosten Gemeinko	Pacht-ansatz	Lohn-ansatz	GANZPFLANZENGETREIDE (Ge)					
		Ackerzahl	Nieder-	Rangfolge	Kosten	Anteilige	Reststr.						Ertrag	Kosten		Heizwert (Hu)		Kondit.
		Bodenzahl	schlag (mm)	nach Kosten	(DM/MWh)	Rohstoffe	(in %)	(DM/ha)	(DM/ha)	(DM/ha)	(DM/ha)	(DM/AKh)	(t TM/ha)	(DM/t TM)	(DM/MWh)	(MWh/t)	(% TS)	
1	Schönberg	55		17	29	SWP,WRe	30	750	1000			16						
2	Arzberg (NBL)	43		23	38	Ge,MI	0	660	1000		176	18	9,5	152	33,18	3,94	86	Ba
3	Hannover	25	660	25	48	Silage: GeS,MaS,St	33	649		649		25						
4	Hilpoltstein	45	652	28	84,4	RÖ	0	1139	900									
5	Werder (NBL)	24		3	15,8	WRe,ORe	100	480	1500	900			7,9	313	69,28	3,84	85	Pe
6	Rothenburg (NBL)	27	475	20	31,5	Ge,MI,St,WRe	55	660			450		9,0	188,0	40,57	3,8	82	Ba
7	Reinsberg (NBL)	49	710	27	72,8	Silage: GeS,MaS,St	20	660			350	22						
8	Schongau-Altenstadt			13	26	EH,PH	20	594	394			20	10,2	131,2	28,67	3,89	85	Ba
9	Hettstedt (NBL)		509	11	24	Ge,MI,SWP,ST	25	650		575		8,4	9	108	24,32	4,44	100	Pe
10	Lübbenau (NBL)	28	575	15	28	MI,WRe,St,PH	63	479		200	150	24,86						
11	Ludwigsfelde (NBL)	28	550	19	31	MI	0	479		325	125							
12	Sommerfeld (NBL)			4	18	PH	100	479		100	115		5	127	25,25	5,03	100	Ba
14	Salzgitter	72	647	26	60	Silage: GeS,MaS	0	582		605	400	31,6						
15a	Ellmann			12	24	Ge,EH,IRe	60				300			195	43,50	3,9	87	Ba
15b	Knetzgau	Identisch Projekt Nr. 15a																
16	Apolda (NBL)	58	567	18	30,6	Ge,SWP,To,St,WRe	34	649					10,4	114	23,27	4,9	100	Pe
17	Ulm-Eselsberg			14	27	Ge,St	20	560					10,44	125	27,96	3,89	87	Ba
18	Hohen-Luckow (NBL)	48	650			versch. Varianten		577			192		12	250	55,27	3,89	86	Pe
19	Dechtow-Karwesee (NBL)	30	540	10	23,7	Ge,MI,PH,WRe,St	73	479	550		150		5,04	231	50,27	3,86	84	Hä
20	Mühlhausen (NBL)	52		8	23	Ge	0	649		480	200	20	10,4	113,4	23,25	4	82	Ba
21	Friedland (NBL)	35	669	21	32	MI	0	750										
22	Gatersleben (NBL)			6	22	PH	100											
23	Anonym (NBL)	21	869	24	41,5	MI	0		952									
25	Fallingbostel			5	20	Ge,St,WRe,IRe	80						6,9	96	20,00	4,8	100	Ba
26	Kalsersesch			22	35	Biomasse		511										
27	Eberswalde (NBL)			7	22,8	WRe	100											
28	Niederzier			1	1	IRe	100											
29	Pfaffenhofen			2	15	St,IRe	100											
30	Sulzbach-Rosenberg			16	28	Ge,WRe,IRe	46						9,8	168,5	38,65	3,88	89	Pe
31	Laage (NBL)	28	605	9	23,5	SWP,WRe	33				100	15						
	Min.	21,00	475,00		1,00		0,00	479,00	394,00	100,00	100,00	8,40	5,00	96,00	20,00	3,80	82,00	
	Max.	72,00	869,00		84,40		100,00	1139,00	1500,00	900,00	450,00	31,60	12,00	313,00	69,28	5,03	100,00	
	Mittelwert (Mw)	39,29	619,86		31,27		43,78	621,80	899,43	479,25	225,67	20,09	8,89	166,16	35,96	4,16	89,60	
	Standardabweichung	14,26	95,04		16,97		32,34	146,61	329,77	244,04	113,87	6,06	2,05	61,27	13,95	0,43	6,87	
	in % vom Mittelwert	*36,28%*	*15,33%*		*54,27%*		*85,30%*	*23,58%*	*36,66%*	*50,92%*	*50,46%*	*30,15%*	*23,02%*	*37,10%*	*38,81%*	*10,29%*	*7,68%*	
						Erläuterung der Abkürzungen: siehe Biobrennstoffvarianten (Pflanzenarten)												

Tabelle 6: Auswertung der Machbarkeitsstudien: Kennwerte zur Biomassebereitstellung (Teil 2 von 6)

Nr.	STUDIE / ORT	GANZPFL.GETREIDE-SILAGE (GeS)						MAIS-SILAGE (MaS)						MISCANTHUS (MI)					
		Ertrag	Kosten		Heizwert (Hu)		Kondit.	Ertrag	Kosten		Heizwert (Hu)		Kondit.	Ertrag	Kosten		Heizwert (Hu)		Kondit.
		(t TM/ha)	(DM/t TM)	(DM/MWh)	(MWh/t)	(% TS)		(t TM/ha)	(DM/t TM)	(DM/MWh)	(MWh/t)	(% TS)		(t TM/ha)	(DM/t TM)	(DM/MWh)	(MWh/t)	(% TS)	
1	Schönberg																		
2	Arzberg (NBL)													20	176	38,42	3,94	86,00	Ba
3	*Hannover*	*8*			2,25	55	SI	7,5					SI						
4	Hilpoltstein																		
5	Werder (NBL)													10	409,7	95,66	2,784	65,00	Pe
6	Rothenburg (NBL)													18	136	28,56	4	84,00	Ba
7	Reinsberg (NBL)	7,5	278	67,80	4,1	100	SI	11,5	297	72	4,1	100,00	SI						
8	Schongau-Altenstadt																		
9	Hettstedt (NBL)													16,88	136	30,02	4,53	100,00	Pe
10	Lübbenau (NBL)													21,9	140	30,11	4,65	100,00	Ba
11	Ludwigsfelde (NBL)													13,8	138	31,08	4,44	100,00	CRo
12	Sommerfeld (NBL)																		
14	Salzgitter	13	281	59,53	4,72	100	SI + Ma	17	281	59,53	4,72	100	SI +Ge						
15a	Ellmann														258,5	62,62	4,2	85,40	Ba
15b	Knetzgau																		
16	Apolda (NBL)																		
17	Ulm-Eselsberg														253	56,58	3,89	87,00	Ba
18	Hohen-Luckow (NBL)													17,2	281	58,91	4,77	100,00	Ba
19	Oechlow-Karwesee (NBL)													12,8	224	47,16	3,8	80,00	HO
20	Mühlhausen (NBL)																		
21	Friedland (NBL)													20	160	31,99	4,08	87,00	Ba
22	Gatersleben (NBL)																		
23	Anonym (NBL)													35	177	42,55	4,16	100,00	Ba
25	Fallingbostel													12,9	94	20,00	4,7	100,00	Ba
26	Kaisersesch																		
27	Eberswalde (NBL)																		
28	Niederzier																		
29	Pfaffenhofen															19,2			
30	Sulzbach-Rosenberg																		
31	Laage (NBL)																		
	Min	7,50	278,00	59,53	2,25	55,00		7,50	281,00	59,53	4,10	100,00		10,00	94,00	19,20	2,78	65,00	
	Max.	13,00	281,00	67,80	4,72	100,00		17,00	297,00	72,00	4,72	100,00		35,00	409,70	95,66	4,77	100,00	
	Mittelwert (Mw)	9,50	279,50	63,67	3,69	85,00		12,00	289,00	65,77	4,41	100,00		18,04	197,94	41,63	4,16	90,38	
	Standardabweichung	2,48	1,50	4,14	1,05	21,21		3,89	8,00	6,23	0,31	0,00		6,39	82,16	19,30	0,60	10,43	
	in % vom Mittelwert	*26,14%*	*0,54%*	*6,50%*	*28,43%*	*24,96%*		*32,45%*	*2,77%*	*9,48%*	*7,03%*	*0,00%*		*35,40%*	*41,51%*	*46,37%*	*12,13%*	*11,54%*	

Tabelle 6: Auswertung der Machbarkeitsstudien: Kennwerte zur Biomassebereitstellung (Teil 3 von 6)

Nr.	STUDIE / ORT	ENERGIEHEU (EH)						PFLEGEHEU (PH)						STROH (St)					
		Ertrag	Kosten		Heizwert (Hu)		Kondit.	Ertrag	Kosten		Heizwert (Hu)		Kondit.	Ertrag	Kosten		Heizwert (Hu)		Kondit.
		(t TM/ha)	(DM/t TM)	(DM/MWh)	(MWh/t)	(% TS)		(t TM/ha)	(DM/t TM)	(DM/MWh)	(MWh/t)	(% TS)		(t TM/ha)	(DM/t TM)	(DM/MWh)	(MW/t)	(% TS)	
1	Schönberg																		
2	Arzberg (NBL)													3,9	86	18,77	3,94	86	Ba
3	Hannover													3,8			3,87	85	
4	Hilpoltstein																		
5	Werder (NBL)	5,5	393,6	88,86	3,765	85	Pe							2,2	111,1	24,48	3,903	86	Pe
6	Rothenburg (NBL)														132	28,83	3,8	83	Ba
7	Reinsberg (NBL)													3					
8	Schongau-Altenstadt	6	83	19,22	3,67	85	Ba				3,67	85	Ba	4,7	78	16,83	3,94	85	Ba
9	Hettstedt (NBL)													4	70	17,68	3,96	100	Pe
10	Lübbenau (NBL)							4,16	112	22,90	4,89	100	Ba	2,08	112	23,33	4,8	100	Ba
11	Ludwigsfelde (NBL)																		
12	Sommerfeld (NBL)							4,5	87,5	16,92	5,17	100	Ba	2,1	111	21,47	5,17	100	Ba
14	Salzgitter																		
16a	Ettmann		199	43,63	3,9	85,5	Ba								100,6	22,05	3,9	85,5	Ba
16b	Knetzgau																		
16	Apolda (NBL)													4,3	97	19,80	4,9	100	Pe
17	Ulm-Eselsberg													4,35	103	23,04	3,89	87	Ba
18	Hohen-Luckow (NBL)														93				Ba
19	Dechtow-Karwesee (NBL)							2	90	18,76	4,03	84	Hä	2,1	119	24,99	4	84	Ba
20	Mühlhausen (NBL)																		
21	Friedland (NBL)																		
22	Gatersleben (NBL)							1,8	99	22,11	4,03	90	Hä						
23	Anonym (NBL)																		
25	Fallingbostel													3,44	81,4	17,32	4,7	100	Ba
26	Kaiserasch																		
27	Eberswalde (NBL)																		
28	Niederzier																		
29	Pfaffenhofen															21,5			
30	Sulzbach-Rosenberg																		
31	Laage (NBL)																		
	Min.	5,50	83,00	19,22	3,67	85,00		1,80	87,50	16,92	3,67	84,00		2,08	70,00	16,83	3,80	83,00	
	Max.	6,00	393,60	88,86	3,90	85,50		4,50	112,00	22,90	5,17	100,00		4,70	132,00	28,83	5,17	100,00	
	Mittelwert (Mw)	5,78	226,20	80,87	3,78	88,17		3,12	97,13	20,17	4,36	91,80		3,33	99,55	21,55	4,21	90,88	
	Standardabweichung	0,25	128,18	28,85	0,09	0,24		1,22	9,59	2,44	0,57	7,00		0,95	17,02	3,34	0,47	7,26	
	in % vom Mittelwert	*4,35%*	*56,90%*	*57,05%*	*2,50%*	*0,28%*		*39,26%*	*9,88%*	*12,08%*	*13,11%*	*7,62%*		*28,53%*	*17,09%*	*15,51%*	*11,04%*	*7,99%*	

Tabelle 6: Auswertung der Machbarkeitsstudien: Kennwerte zur Biomassebereitstellung (Teil 4 von 6)

Nr.	STUDIE / ORT	HOLZ a. SCHNELLWUCHSPLANT. (SWP)						WALDRESTHOLZ (WRe)						INDUSTRIERESTHOLZ (IRe)					
		Ertrag	Kosten		Heizwert (Hu)		Kondit.	Ertrag	Kosten		Heizwert (Hu)		Kondit.	Ertrag	Kosten		Heizwert (Hu)		Kondit.
		(t TM/ha)	(DM/t TM)	(DM/MWh)	(MWh/t)	(% TS)		(t TM/ha)	(DM/t TM)	(DM/MWh)	(MWh/t)	(% TS)		(t TM/ha)	(DM/t TM)	(DM/MWh)	(MWh/t)	(% TS)	
1	Schönberg	10	146	32,44	4,5	100	Ha		94	20,89	4,5	100	Ha						
2	Arzberg (NBL)																		
3	Hannover																		
4	Hilpoltstein																		
5	Werder (NBL)	10	523,4	117,39	3,121	70	Ha	2,5	81,3	16,48	3,7	75	Ha						
6	Rothenburg (NBL)	14	226	44,22	2,3	45	Ha		130	28,26	2,3	50	Ha						
7	Reinsberg (NBL)								130										
8	Schongau-Altenstadt																		
9	Hettstedt (NBL)	10	139	29,45	4,72	100	Ha												
10	Lübbenau (NBL)								140	27,72	5,05	100	Ha						
11	Ludwigsfelde (NBL)																		
12	Sommerfeld (NBL)																		
14	Salzgitter																		
15a	Ellmann														40	8,97	3,3	74	
15b	Knetzgau																		
16	Apolda (NBL)	8	190	38,78	4,9	100	Ha				4,9	100	Ha						
17	Ulm-Eselsberg																		
18	Hohen-Luckow (NBL)																		
19	Dechtow-Karwesee (NBL)								60	12,00	3,75	75	Ha						
20	Mühlhausen (NBL)																		
21	Friedland (NBL)																		
22	Gatersleben (NBL)																		
23	Anonym (NBL)																		
25	Fallingbostel								170	34,52	3,3	67	Ha		36	7,31	3,3	67	Ha
26	Kaisersesch																		
27	Eberswalde (NBL)	10	150	30,00	5	100	Ha		107,5	22,82	4,71	100	Ha						
28	Niederzier		108				Ha		83				Ha		4,36	1,00	2,91	67	Ha
29	Pfaffenhofen															8,6			
30	Sulzbach-Rosenberg								155,8	36,03	3,33	77	Ha		51,9	12,00	3,33	77	Ha
31	Laage (NBL)	12	125	26,04	4,8	100	Ha		90	18,26	4,93	100	Ha						
	Min.	8,00	108,00	26,04	2,30	45,00		2,50	60,00	12,00	2,30	50,00			4,36	1,00	2,91	67,00	
	Max.	14,00	523,40	117,39	5,00	100,00		2,50	170,00	36,03	5,05	100,00			51,90	12,00	3,33	77,00	
	Mittelwert (Mw)	10,83	208,93	48,47	4,19	87,86		2,50	112,87	24,11	4,08	84,40			33,07	7,88	3,21	71,25	
	Standardabweichung	1,76	126,78	29,91	0,97	20,33		0,00	33,06	7,69	0,87	17,13			17,57	3,63	0,17	4,38	
	in % vom Mittelwert	16,66%	63,10%	65,77%	23,21%	23,14%		0,00%	29,29%	31,88%	21,39%	20,30%			53,15%	47,89%	5,41%	6,15%	

Tabelle 6: Auswertung der Machbarkeitsstudien: Kennwerte zur Biomassebereitstellung (Teil 5 von 6)

Nr.	STUDIE / ORT	TOPINAMBURKRAUT (To)						OBSTBAUMSCHNITT (ORe)						RAPSÖL (RÖ)					
		Ertrag	Kosten		Heizwert (Hu)		Kondit.	Ertrag	Kosten		Heizwert (Hu)		Kondit.	Ertrag	Kosten		Heizwert (Hu)		Kondit.
		(t TM/ha)	(DM/t TM)	(DM/MWh)	(MWh/t)	(% TS)		(t TM/ha)	(DM/t TM)	(DM/MWh)	(MWh/t)	(% TS)		(t TM/ha)	(DM/t TM)	(DM/MWh)	(MWh/t)	(% TS)	
1	Schönberg																		
2	Arzberg (NBL)																		
3	Hannover																		
4	Hilpoltstein													1,14	848	83,22	10,19	100	Rapsöl
5	Werder (NBL)							3,6	57,1	11,78	3,393	70	Ha						
6	Rothenburg (NBL)																		
7	Reinsberg (NBL)																		
8	Schongau-Altenstadt																		
9	Hettstedt (NBL)																		
10	Lübbenau (NBL)																		
11	Ludwigsfelde (NBL)																		
12	Sommerfeld (NBL)																		
14	Salzgitter																		
15a	Ellmann																		
15b	Knetzgau																		
16	Apolda (NBL)	10	84	17,14	4,9	100	Hä												
17	Ulm-Eselsberg																		
18	Hohen-Luckow (NBL)																		
19	Dechtow-Karwesee (NBL)																		
20	Mühlhausen (NBL)																		
21	Friedland (NBL)																		
22	Gatersleben (NBL)																		
23	Anonym (NBL)																		
25	Fallingbostel																		
26	Kaisersesch																		
27	Eberswalde (NBL)																		
28	Niederzier																		
29	Pfaffenhofen																		
30	Sulzbach-Rosenberg																		
31	Laage (NBL)																		
	Min.																		
	Max.																		
	Mittelwert (Mw)																		
	Standardabweichung																		
	in % vom Mittelwert																		

Tabelle 6: Auswertung der Machbarkeitsstudien: Kennwerte zur Biomassebereitstellung (Teil 6 von 6)

Nr.	STUDIE / ORT	HEIZWERTE (MWh/t TS) der Biobrennstoffe (Hu, standardisiert auf 100 % TS) (Kondensationsenthalpie des Wassers, in MWh/t H2O: 0,678) (bei 25 °C)												
		Ge	GeS	MaS	MI	EH	PH	St	SWP	WRe	IRe	To	ORe	RÖ
1	Schönberg								4,50	4,50				
2	Arzberg (NBL)	4,49			4,49			4,49						
3	Hannover		3,79					4,45						
4	Hilpoltstein													10,19
5	Werder (NBL)	4,42			4,05	4,33		4,44	4,26	4,76			4,64	
6	Rothenburg (NBL)	4,51			4,65			4,46	4,74	4,26				
7	Reinsberg (NBL)		4,10	4,10										
8	Schongau-Altenstadt	4,47				4,22	4,22	4,53						
9	Hettstedt (NBL)	4,44			4,53			3,96	4,72					
10	Lübbenau (NBL)				4,65		4,89	4,80		5,05				
11	Ludwigsfelde (NBL)				4,44									
12	Sommerfeld (NBL)	5,03					5,17	5,17						
14	Salzgitter		4,72	4,72										
15a	Eitmann	4,39			4,81	4,46		4,46			4,28			
15b	Knetzgau													
16	Apolda (NBL)	4,90						4,90	4,90	4,90		4,90		
17	Ulm-Eselsberg	4,38			4,38			4,38						
18	Hohen-Luckow (NBL)	4,43			4,77									
19	Dechtow-Karwesee (NBL)	4,49			4,61		4,69	4,65		4,83				
20	Mühlhausen (NBL)	4,76												
21	Friedland (NBL)				4,60									
22	Gatersleben (NBL)						4,41							
23	Anonym (NBL)				4,16									
25	Fallingbostel	4,80			4,70			4,70		4,70	4,70			
26	Kaiserseich													
27	Eberswalde (NBL)								5,00	4,71				
28	Niederzier										4,12			
29	Pfaffenhofen													
30	Sulzbach-Rosenberg	4,28								4,17	4,17			
31	Laage (NBL)								4,80	4,93				
	Min	4,28	3,79	4,10	4,05	4,22	4,22	3,96	4,26	4,17	4,12			
	Max	5,03	4,72	4,72	4,81	4,46	5,17	5,17	5,00	5,05	4,70			
	Mittelwert (Mw)	4,54	4,20	4,41	4,53	4,34	4,67	4,57	4,70	4,68	4,32			
	Standardabweichung	0,21	0,39	0,31	0,22	0,10	0,34	0,28	0,23	0,27	0,23			
	in % vom Mittelwert	*4,69%*	*9,24%*	*7,03%*	*4,79%*	*2,33%*	*7,24%*	*6,11%*	*4,95%*	*5,84%*	*5,31%*			

IV Ökonomische Kenndaten der Anlagen zur Wärme-/Stromerzeugung

1. Vorbemerkungen

Bei der Auswertung der Aussagen der Machbarkeitsstudien zu ökonomischen Kenndaten für Anlagen zur Wärme-/Stromerzeugung wird das Ziel verfolgt, einerseits einen Gesamtüberblick über das Spektrum der in den einzelnen Studien zu den Projekten verwendeten Daten zu bieten und andererseits, soweit möglich, bestimmte Grundstrukturen innerhalb einzelner Datenbereiche aufzuzeigen. Gleichzeitig sollen Aufschlüsse zu den Fragen geliefert werden, welche Aspekte bei ähnlichen Projekten zur Nutzung noch nicht am Markt eingeführter Energieträger besonders zu beachten sind, welches ökonomisch wichtige Projektmerkmale sind und in welcher Bandbreite günstige, durchschnittliche oder ungünstige Ausprägungen dieser Projektmerkmale liegen.

Die nachfolgende Auswertung bezieht sich prinzipiell auf 30 Projekte mit einer meistens größeren Anzahl von Varianten. Das später zurückgezogene Projekt Nr. 20 ist hier mit einbezogen. Die Darstellung der Kenndaten zu den einzelnen Projekten weist wegen teilweise unklar oder unvollständig angegebener Daten Lücken auf. Bisweilen war es für die Auswertungszwecke erforderlich, aus den verschiedenen Varianten eines Projekts eine bestimmte auszuwählen und nur hierfür die Daten darzustellen. Die Variantenauswahl erfolgte nach einer vorläufigen Abschätzung der relativ größten Realisierungseignung, bei der technische, ökonomische und ökologische Aspekte gleichzeitig berücksichtigt wurden. Präferenzen der Ersteller der Machbarkeitsstudien wurden ebenfalls in Rechnung gestellt. Sofern eine Studie neben den die gegenwärtige Situation abbildenden Daten alternativ auch zukunftsbezogene Daten verwendet, wurde aus Gründen einer möglichst einheitlichen Vergleichsbasis lediglich die gegenwartsbezogene Variante zugrundegelegt. Es ist darauf hinzuweisen, daß alle Zahlenangaben aus der Phase von Machbarkeitsstudien stammen und somit zwangsläufig eine größere Unsicherheit aufweisen als Angaben, die aus einer konkreten Durchführungsplanung hervorgegangen sind. Es ist außerdem festzustellen, daß nicht in alle Machbarkeitsstudien das gleiche Maß an Sorgfalt und Vorwissen bei der Ermittlung oder Abschätzung einzelner qualitativer und quantitativer Merkmale eingeflossen ist.

Der Auswertung liegen prinzipiell die Zahlen der Projektstudien zugrunde. Änderungen wurden nur dann vorgenommen, wenn offensichtliche Rechenfehler, grobe betriebswirtschaftliche Mängel und besondere methodische Eigenheiten mit deutlich verzerrendem Einfluß auf vergleichende Darstellungen von Ergebnissen vorlagen.

Die wirtschaftlichen Chancen von Anlagen zur Wärme-/Stromerzeugung mit Biomasse als Brennstoff, im folgenden vereinfacht als Biomassefeuerungsanlage angesprochen, sind im wesentlichen davon abhängig, welche Investitions- bzw. Kapitalkosten für die verschiedenen Arten und Größen von Biomassefeuerungsanlagen einschließlich ergänzender Anlagen im Umwandlungs- und Verteilungsbereich zu veranschlagen sind. Zusätzlich ist maßgeblich, welche Betriebskosten (außer Biobrennstoffkosten) jährlich anfallen, mit welcher zeitlichen Auslastung die Anlage betrieben wird und gegen welche alternative Wärme-/Stromversorgung die Anlage konkurriert. Diese vier Merkmale bestimmen den Substitutionswert der jeweiligen Biomassefeuerungsanlagen. Auf die Frage, zu welchen Kosten die Biomasse frei Feuerungsanlage bereitgestellt werden kann, ist im vorangehenden Kapitel III eingegangen worden.

In den nachfolgenden Abschnitten wird auf die "anlegbaren" Preise für Strom und Wärme, die spezifischen Investitionen, die Auslastung, die Betriebskosten (außer Biomassebrennstoffkosten) und den Substitutionswert eingegangen. Bei den Zahlenangaben werden in der Regel die Daten (ggf. nach Umrechnung) pro Energieeinheit des zugeführten Brennstoffs (MWh_{in}) oder bezogen auf die Brennstoffinputleistung (Feuerungsleistung) in MW_{in} oder in kW_{in} angegeben und diskutiert. Dadurch wird eine bessere Vergleichbarkeit erreicht. Die "anlegbaren" Strom- und Wärmepreise geben an, welche Preise beim Verkauf von Strom und Wärme zu erzielen sind bzw. mit welchen Preisen oder Kosten für Strom und Wärme bei der konkurrierenden (fossilen) Wärme- oder Stromversorgung zu rechnen ist. Der Substitutionswert gibt an, wieviel bei der unterstellten Kosten- und Erlössituation der Biobrennstoff höchstens kosten darf, damit eine Kostengleichheit zwischen einer Biomassefeuerungsanlage und dem jeweils konkurrierenden fossilen Versorgungssystem erreicht wird. Die Differenz zwischen den Bereitstellungskosten bzw. Lieferpreisen für die Biomasse und dem jeweiligen Substitutionswert ergibt die Kostenunterdeckung je Energieeinheit. Damit ist zugleich eine Schätzung für die jeweils pro Energieeinheit erforderliche Subvention gegeben.

2. Anlegbare Preise für Wärme und Strom aus Biomasse

Die ausschließliche Stromerzeugung aus Biomasse ist derzeit der alternativen Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern oder Kernenergie ökonomisch in der Regel unterlegen. Deshalb enthält der Modellversuch hierzu nur eine einzige Berechnung (Nr. 30, Variante B). Die vorrangige Stromerzeugung aus Biomasse mit ergänzender Wärmeauskopplung steht um einiges günstiger da (Nr. 30, Variante A). Alle anderen Varianten in den verschiedenen Projektstudien enthalten Vorschläge für eine ausschließliche Wärmebereitstellung oder für eine gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung mit unterschiedlichen Strom- und Wärmeanteilen.

Die Auswertung verweist auf ein relativ großes Spektrum möglicher qualitativer und quantitativer Informationen und/oder Annahmen, aus denen die Autoren der Machbarkeitsstudien je nach den konkreten Standortbedingungen eines Projekts und in Abhängigkeit von dem verfolgten Analyseansatz ein bestimmtes Bündel von Daten ausgewählt haben.

Der anlegbare Strompreis hat dagegen relativ wenig mit dem unmittelbar konkurrierenden fossilen Wärmeerzeugungssystem zu tun.

Die Angaben der Machbarkeitsstudien zu den anlegbaren Wärme- und Strompreisen bzw. zu den für deren Berechnung zugrundegelegten Preisen fossiler Energieträger beziehen sich in der Regel auf die Situation in den Jahren 1992/93, das ist der Zeitraum, in dem die Machbarkeitsstudien erstellt wurden.

2.1 Anlegbare Preise für Strom aus Biomasse

Der anlegbare Preis für Strom hat für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung meist eine etwas geringere Bedeutung als der für Wärme. Bei rd. zwei Dritteln der ausgewerteten Projekte soll neben Wärme auch Strom erzeugt werden. Der selbsterzeugte Strom dient einerseits dazu, den eigenen Produktionsprozeß aufrechtzuerhalten, andererseits wird er als Überschußstrom in das Netz eingespeist. Je nachdem, ob ein Heizkraftwerk in einen anderweitigen Produktionsprozeß integriert ist oder primär der Bereitstellung von Strom und Wärme zugunsten anderer Endverbraucher dient, kann der Anteil des Überschußstroms einen kleineren oder einen größeren Anteil an der gesamten Stromerzeugung einer Biomassefeuerungsanlage erreichen.

Nach dem Gesetz zur Einspeisung von aus erneuerbaren Energien erzeugtem und in das öffentliche Netz eingespeistem Strom vom Dezember 1990 sind 75 % des Durchschnittserlöses des aufnehmenden EVU bei der Stromabgabe an alle Letztverbraucher anzusetzen. Es gelten zudem bundesweit vereinheitlichte Mindestpreisbedingungen. Die Projektstudien unterstellen dementsprechend 137 bis 140 DM/MWh. Inwieweit es gerechtfertigt ist, darüber hinaus eine Gutschrift für die bereitgestellte Nettoleistung anzusetzen (s. Nr. 3 und 4), ist jedoch fraglich. Soweit unter Bezugnahme auf das Stromeinspeisungsgesetz alternative Zahlenannahmen in die Berechnungen zu einem bestimmten Projekt eingehen, verweisen sie auf die Möglichkeit eines zukünftig erhöhten Strompreisniveaus in Verbindung mit deutlich steigenden Preisen fossiler Energien.

Probleme mit dem Ansatz des Stromerlöses entsprechend der Stromeinspeisevergütung können sich insbesondere dann ergeben, wenn Strom nicht nur aus Biomasse, sondern parallel dazu auch aus fossilen Energieträgern erzeugt und in das Netz eingespeist wird und wenn dabei die Brennstoffanteile nicht klar verrechenbar sind. Dies ist z.B. bei Nr. 30 mit der teilweisen Stromerzeugung aus Gichtgas der Fall.

2.2 Anlegbare Preise für Wärme aus Biomasse

2.2.1 Methodische Fragen

Sofern es um die Umrüstung oder Ausweitung eines vorhandenen Fernwärmesystems geht, wurden in einigen Studien entweder ortsübliche Fernwärmepreise oder der Stand von Vorverhandlungen über Einspeisungspreise im Sinne anlegbarer Preise angegeben. In anderen Fällen wurde der anlegbare Preis für Wärme aus Biomasse aus Kostenrechungen für das jeweils konkurrierende fossile Wärmeversorgungssystem abgeleitet. Insofern sind von vornherein unterschiedliche projekt- und standorttypische Werte für die anlegbaren Wärmepreise zu erwarten. Diese Preise gelten für die gesamte in einer Biomassefeuerungsanlage erzeugte Wärme, somit gegebenenfalls auch für die in dieser Anlage ergänzend aus fossilen Energieträgern erzeugte Wärme.

Inwieweit es sich bei den aufgeführten Größen um Angaben für Wärmepreise frei Netz oder frei Endverbraucher handelt, ist aus manchen Projektstudien nur indirekt ablesbar. Die tabellarische Auswertung enthält eine entsprechende Zuordnung (s. Tab. 7).

Da davon auszugehen ist, daß die anlegbaren Wärmepreise, die für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Biomassefeuerungsanlagen benötigt werden, auch in Zukunft von sehr projekt- und standorttypischen Ausgangs- und Alternativbedingungen abhängig sein werden, seien im folgenden einige besonders beachtenswerte Punkte im Sinne einer Checkliste herausgestellt, die bei der Konzeption zu erstellender und bei der Interpretation bereits vorliegender Wirtschaftlichkeitsanalysen von Nutzen sein dürften.

- Die projektabhängige konkurrierende Versorgungssituation ist im Hinblick auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede sorgfältig zu erkunden.

- Besonderes Augenmerk ist der Frage zu widmen, ob ein von anderer Stelle übernommener oder vorgegebener Wärmepreis die Verteilungskosten und -verluste berücksichtigt.

- Wenn es sich bei der konkurrierenden fossilen Alternative der Wärmeversorgung um bestehende Zentralheizungen für einzelne Gebäude handelt, ist der anlegbare Wärmepreis für die Biomassefeuerungsanlage aus den Berechnungen von Kostenunterschieden bei der Bereitstellung der Energie für die Gebäude abzuleiten. Dabei sind Kostenunterschiede für die Energieumwandlungsanlagen, für die Lagerung der Energieträger bei den Umwandlungsanlagen und für die Verteilung der erzeugten Wärme zu berücksichtigen. Berücksichtigt werden müssen auch Unterschiede bei den energetischen Verlusten der Wärmeverteilung.

2.2.2 Zur Spanne und Struktur der anlegbaren Preise für Wärme aus Biomasse

In Abbildung 3 sind die in den Machbarkeitsstudien angegebenen anlegbaren Wärmepreise für die in das Wärmeverteilungsnetz eingespeiste Wärme (Quadrate in der Abb.) oder für die den Endverbrauchern gelieferte Wärme (Dreiecke in der Abb.) in Abhängigkeit von der Feuerungsleistung der Anlage dargestellt. Die dargestellten Werte erstrecken sich im Falle der Quadrate auf ein breites Band von 27 DM/MWh (in Projekt Nr. 30 schwer verständlich niedrig für Dampf angegeben) bis 86 bzw. 85 DM/MWh (Nr. 29 bzw. 1). Wenn man von den genannten Extremwerten absieht, verbleibt eine Spanne von 34 bis 74 DM/MWh für die ins Netz eingespeiste Wärme. Innerhalb dieser Spanne zeichnen sich die nachfolgend unter a) bis c) erläuterten Elemente eines qualitativ verständlichen Musters ab:

Tabelle 7: Anlegbare Wärmepreise für Wärmeversorgungssysteme mit Biomassefeuerungsanlagen

Projekt-Kurzbeschreibung: Typ der Biomassefeuerungsanlage [1]	In den Projektstudien enthaltene Annahmen (DM/MWh [2])				In AFAS-Auswertung [4] enthaltener Wert frei Netz (DM/MWh)	Erläuterungen [3]
	Basisannahme		Varianten			
	frei Netz	frei Endverbr.	frei Netz	frei Endverbr.		
1. Schönberg HW	85	104	-	-	85	Wärmeeinspeisung ins Netz + 19 DM/MWh Aufschlag für Wärmeverteilungskosten; unter wirtschaftlich vertretbaren Randbedingungen anlegbarer Wärmepreis ab Heizwerk für ein vergleichbares Neubaugebiet.
2. Arzberg HKW	70	-	-	-	70	Je MWh abgenommener Wärmemenge; da Wärmeverluste wegen geringer Länge der Wärmeleitung niedrig sind, wurden sie rechnerisch nicht extra berücksichtigt; bzw. Wärmepreis wird als von vornherein relativ niedrig interpretiert.
3. Hannover HW HKW	74	-	-	-	74	Anlegbarer Preis aus Basisvariante "Flughafen Ausbau" (Gaskessel) berechnet; Erdgas, Mischpreis: 42,- DM/MWh$_{Hu}$. Der anlegbare Wärmepreis ist stark von den spezifischen Versorgungsbedingungen der Abnehmer abhängig.
4. Hilpoltstein BHKW	-	96	-	-	96 *)	Orientierung an Höhe der Nutzwärmekosten bei konventioneller dezentraler Wärmeerzeugung. Die Stadt als Kunde ist zu dieser Vergütung bereit. Ähnlicher spezifischer Erlös auch für alternatives BHKW berechnet.
5. Werder HKW	57	-	-	-	57	Die Zahlenangaben der Projektstudie betreffen nur den Brennstoffinput der verschiedenen fossilen HKW-Alternativen: 30, 40, 13 bzw. 12 DM/MWh für Erdgas, HEL, BK bzw. SK. Spezifische Wärmeerzeugungskosten (= anlegbare Erlöse) je Alternative werden in der Studie nicht berechnet, da nur der Saldo der Gesamtkosten zwischen dem Biomasseversorgungssystem und einem fossilen System als Ergebnis benötigt wird. Der ausgewiesene Wert von 57 DM/MWh wurde von uns aus dem Erdgas-Fall abgeleitet.
6. Rothenburg HKW	60	-	75	-	60	-

[1] HW: Heizwerk oder Dampf- oder Heißluferzeuger; HKW: Heizkraftwerk oder Prozeßwärmeerzeuger mit KWK; KWK: Kraftwärmekopplung; BHKW: Blockheizkraftwerk

[2] Preisniveau: In etwa 1992/93. Siehe auch unter Erläuterungen

[3] HEL: Heizöl, extra leicht; BK: Braunkohle; SK: Steinkohle; FW: Fernwärme

[4] Angegeben wird der anlegbare spezifische Wärmeerlös, der in die Berechnung des Substitutionswerts gemäß der AFAS Auswertung eingegangen ist.

*) Siehe jeweils die dazugehörige Spalte "Erläuterungen".

Tabelle 7: Anlegbare Wärmepreise für Wärmeversorgungssysteme mit Biomassefeuerungsanlagen - *(Fortsetzung)*

Projekt-Kurzbeschreibung: Typ der Biomassefeuerungsanlage [1]	In den Projektstudien enthaltene Annahmen (DM/MWh [2])				In AFAS-Auswertung [4] enthaltener Wert frei Netz (DM/MWh)	Erläuterungen [3]
	Basisannahme		Varianten			
	frei Netz	frei Endverbr.	frei Netz	frei Endverbr.		
7. Reinsberg HW HKW	-	93	-	-	93 *)	Unterstellt sind 14 neue dezentrale Heizanlagen auf HEL-Basis bei 50 DM/MWh HEL-Input. AFAS-Wert: frei Endverbraucher.
8. Schongau-Altenstadt HW HKW	-	78	-	-	78	Vergleichspreis der Stadt.
9. Hettstedt HW	59	70	-	94/ 117	60	Endverbraucherwert, gewichtetes Mittel für 3 Abnehmergruppen (dezentrale Versorgung; bereits angeschlossene Haushalte, zukünftiger Wohnkomplex und anzuschließende Mosterei); bei HEL-Preis von 40, 60 oder 80 DM/MWh. Wärmeverteilkosten bei Bio-HW-System: zukünftig 11 nach gegenwärtig 17 DM/MWh. →: Anlegbarer Wärmepreis frei Netz im Basisfall: 59 DM/MWh.
10. Lübbenau HKW	44	-	-	-	44	Ab HKW, ohne Berücksichtigung der Verteilungskosten für die Nahwärme.
11. Ludwigsfelde HKW	70	-	60/ 80	-	70	Ab HKW, ohne Berücksichtigung der Verteilungskosten für die Nahwärme.
12. Sommerfeld HW	-	60/ 76	-	83	76*)	Studieneigene Abschätzung der Nutzwärmekosten für beide Wärmeabnehmer (Vergleichsvariante) und die alternative Ausbauvariante (83). Zugrundeliegender Erdgaspreis (mittlerer Arbeitspreis, Leistungspreis eingerechnet): 40,56 DM/MWh (1. Quartal '93). AFAS-Wert: frei Endverbraucher.

1) HW: Heizwerk oder Dampf- oder Heißluferzeuger; HKW: Heizkraftwerk oder Prozeßwärmeerzeuger mit KWK; KWK: Kraftwärmekopplung; BHKW: Blockheizkraftwerk

2) Preisniveau: in etwa 1992/93. Siehe auch unter Erläuterungen.

3) HEL: Heizöl, extra leicht; BK: Braunkohle; SK: Steinkohle; FW: Fernwärme

4) Angegeben wird der anlegbare spezifische Wärmeerlös, der in die Berechnung des Substitutionswerts gemäß der AFAS-Auswertung eingegangen ist.

*) Siehe jeweils die dazugehörige Spalte "Erläuterungen".

Tabelle 7: Anlegbare Wärmepreise für Wärmeversorgungssysteme mit Biomassefeuerungsanlagen - *(Fortsetzung)*

Projekt-Kurzbeschreibung: Typ der Biomassefeuerungsanlage [1]	In den Projektstudien enthaltene Annahmen (DM/MWh [2])				In AFAS-Auswertung [4] enthaltener Wert frei Netz (DM/MWh)	Erläuterungen [3]
	Basisannahme		Varianten			
	frei Netz	frei Endverbr.	frei Netz	frei Endverbr.		
14. Salzgitter HW	34	-	-	-	34	Ansatz: Derzeit 0,35 l HEL/m² Plattenfertigung benötigt; Jahreskapazität: 5,5 Mio m² Fermacell-Platten →: 770 000,- DM/a.
15a. Eltmann HKW	34	-	28	-	34	Entsprechend Dampfgestehungskosten der geeigneten Vergleichsvariante V1-b (Basisannahme) und der ungeeigneten Vergleichsvariante V2 bei Erdgaskosten von 25 DM/MWh.
15b. Knetzgau HW HKW	-	39 (abger. 40)	-	50/ 60	40 *)	Bestehende Wärmebedarfsversorgung im Industriegebiet Knetzgau; Schätzung. Höhere Werte berücksichtigen mögliche Steigerungen des Brennstoffpreises. Annahme: jeweils bei 30, 40 und 50 DM/MWh Gasinput. AFAS-Wert: frei Endverbraucher.
16. Apolda Futtermittel-trockenwerk	50	-	-	-	50	Bei 40 DM/MWh HEL-Input abzüglich 3 % Rabatt. Alternative Neuanlage auf HEL-Basis.
17. Ulm-Eselsberg HW HKW	45-50	-	-	-	48	Generelle Orientierung an Nutzwärmekosten im Falle einer konventionellen Wärmeerzeugungsanlage. Speziell: Was der Betreiber des bestehenden Nahwärmenetzes für die einzuspeisende Wärme zu vergüten bereit ist ("Stand der Gespräche"). AFAS-Wert: 47,50 DM/MWh.
18. Hohen Luckow HW	96	-	74	-	74	Bei 41 DM/MWh Gasinput. Vergleichskosten für neu zu errichtendes Erdgas-HW, ab HW; ebenfalls bei Nutzung vorhandener Bauhüllen und Anlagen. Erdgaspreis: Sonderpreis bis 900 000 m³/a. Basisannahme: Mit Berücksichtigung von Preisänderungsfaktoren bei Instandsetzungskosten, verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten. Variante: Ohne Berücksichtigung der genannten Preisänderungsfaktoren.

1) HW: Heizwerk oder Dampf- oder Heißlufterzeuger; HKW: Heizkraftwerk oder Prozeßwärmeerzeuger mit KWK; KWK: Kraftwärmekopplung; BHKW: Blockheizkraftwerk

2) Preisniveau: In etwa 1992/93. Siehe auch unter Erläuterungen.

3) HEL: Heizöl, extra leicht; BK: Braunkohle; SK: Steinkohle; FW: Fernwärme

4) Angegeben wird der anlegbare spezifische Wärmeerlös, der in die Berechnung des Substitutionswerts gemäß der AFAS-Auswertung eingegangen ist.

*) Siehe jeweils die dazugehörige Spalte "Erläuterungen".

Tabelle 7: Anlegbare Wärmepreise für Wärmeversorgungssysteme mit Biomassefeuerungsanlagen - *(Fortsetzung)*

Projekt-Kurzbeschreibung: Typ der Biomassefeuerungsanlage [1]	In den Projektstudien enthaltene Annahmen (DM/MWh [2])				In AFAS-Auswertung [4] enthaltener Wert frei Netz (DM/MWh)	Erläuterungen [3]
	Basisannahme		Varianten			
	frei Netz	frei Endverbr.	frei Netz	frei Endverbr.		
19. Dechtow-Karwesee HW	-	120	-	-	120 *)	Bestehende Wärmebedarfsdeckung bei unterschiedlichen Heizsystemen mit verschiedenen Brennstoffen; überwiegend EFH/RH; "bei einer Fernwärmeversorgung aus Biomasse [sind] Wärmekosten bis zu einer Höhe von 120 DM/MWh konkurrenzfähig". *) AFAS-Wert frei Endverbraucher
20. Mühlhausen HW HKW	72	-	-	-	72	Mittlerer Wärmepreis frei Netz; zugrunde liegt ein für die nächsten Jahre erwarteter Wärmepreis zwischen 74 und 82 DM/MWh frei Abnehmer, je nach Vertragsbedingungen (Mühlhäuser Fernwärme).
21. Friedland HW HKW	70 68	- -	94 92	- -	70 66	Basisannahme: SK, bei 25 DM/MWh. Varianten: BK, bei 42 DM/MWh. Jeweils im Falle einer Umrüstung. AFAS-Werte: bezogen auf SK.
22. Gatersleben Grünfuttertrocknungsanl.	-	-	-	-	-	Anlegbarer Preis je Tonne Trockengut auf Steinkohlebasis: 350 DM/t Trockengut. Ein anlegbarer spezifischer Wärmeerlös läßt sich nicht berechnen.
23. N.N, HW	63-68	-	-	-	66	Unterer Wert: Fernwärmepreise (1990) von 6 ausgewählten kleineren Erzeugeranlagen. Oberer Wert: Preisangebot für Wärme aus ca. 6 MW-HW (auf der Basis von Ruhr Anthrazit Nuß 5)
25. Fallingbostel HKW	-	47	-	-	47 *)	Bei 40 DM/MWh HEL-Input; Wirkungsgrad: 85 %. Berücksichtigt ist nur der Arbeitspreis. 47 DM/MWh Wärme entspricht rd. 26 DM/t Dampf (0,55 MWh/t Dampf). *) AFAS-Wert: frei Endverbraucher.
26. Kaisersesch HW HKW	51 52	51 52	- -	- -	51 52	Bei 40 DM/MWh HEL Input. Alternatives fossiles Heizwerk (Neuerrichtung) mit Thermoöl (Var. A: als HKW-Alternative) und mit Heißwasser (Var. B: als HW-A). Nutzwärmeleistung jeweils wie bei entsprechender Biomassevariante. Verteilungskosten berücksichtigt.

1) HW: Heizwerk oder Dampf- oder Heißlufterzeuger; HKW: Heizkraftwerk oder Prozeßwärmeerzeuger mit KWK; KWK: Kraftwärmekopplung; BHKW: Blockheizkraftwerk

2) Preisniveau: In etwa 1992/93. Siehe auch unter Erläuterungen.

3) HEL: Heizöl, extra leicht; BK: Braunkohle; SK: Steinkohle; FW: Fernwärme

4) Angegeben wird der anlegbare spezifische Wärmeerlös, der in die Berechnung des Substitutionswerts gemäß der AFAS-Auswertung eingegangen ist.

*) Siehe jeweils die dazugehörige Spalte "Erläuterungen".

Tabelle 7: Anlegbare Wärmepreise für Wärmeversorgungssysteme mit Biomassefeuerungsanlagen - *(Fortsetzung)*

Projekt-Kurzbeschreibung: Typ der Biomassefeuerungsanlage [1]	In den Projektstudien enthaltene Annahmen (DM/MWh [2])				In AFAS-Auswertung [4] enthaltener Wert frei Netz (DM/MWh)	Erläuterungen [3]
	Basisannahme		Varianten			
	frei Netz	frei Endverbr.	frei Netz	frei Endverbr.		
27. Eberswalde HW HKW	50	85	-	-	50	Anlegbarer Preis bei dezentraler Eigenerzeugung für ein Gebäude von 200 kW; entspricht Wärmeeinspeisungspreis von 50 DM/MWh.
28. Niederzier KWK, A3 KWK, B Vergasung	70	-	-	-	70	In Anlehnung an eine FW-Preisspanne für FW aus Kraftwerk RWE-Weisweiler, bis ausschließlich Wärmetauscher in Höhe von 70 bis 80 DM/MWh.
29. Pfaffenhofen HW HKW	86	-	-	-	86	Ausführliche Berechnung für Sonderabnehmer, aktuelle Gaspreise (Arbeits- und Leistungspreis), Kessel mitberücksichtigt. Angabe der Studie: 81 DM/MWh, hier um Rechenfehler auf Mengenseite korrigiert.
30. Sulzbach-Rosenberg Kraftwerk mit/ohne Wärmeauskopplung	27 (Dampf)/ 58 (FW)	-	-	-	27/ 58	Prozeßdampferlös durch Verkauf an Unternehmen NMH; sonst keine näheren Begründungen. Alternative Abschätzungen für die Kostenunterdeckung bei Preissteigerungsraten von + 30 % bzw. + 100 % für die fossilen Energieträger.
31. Lange Holzgas-HKW	55	88	-	-	55	Zulässige Kosten für Verbraucher entsprechend Erdgas-Vergleichsfällen. Entsprechende Angaben frei Netz: 55 DM/MWh.

[1] HW: Heizwerk oder Dampf- oder Heißlufterzeuger; HKW: Heizkraftwerk oder Prozeßwärmeerzeuger mit KWK; KWK: Kraftwärmekopplung; BHKW: Blockheizkraftwerk

[2] Preisniveau: in etwa 1992/93. Siehe auch unter Erläuterungen.

[3] HEL: Heizöl, extra leicht; BK: Braunkohle; SK: Steinkohle; FW: Fernwärme

[4] Angegeben wird der anlegbare spezifische Wärmeerlös, der in die Berechnung des Substitutionswerts gemäß der AFAS-Auswertung eingegangen ist.

[*] Siehe jeweils die dazugehörige Spalte "Erläuterungen".

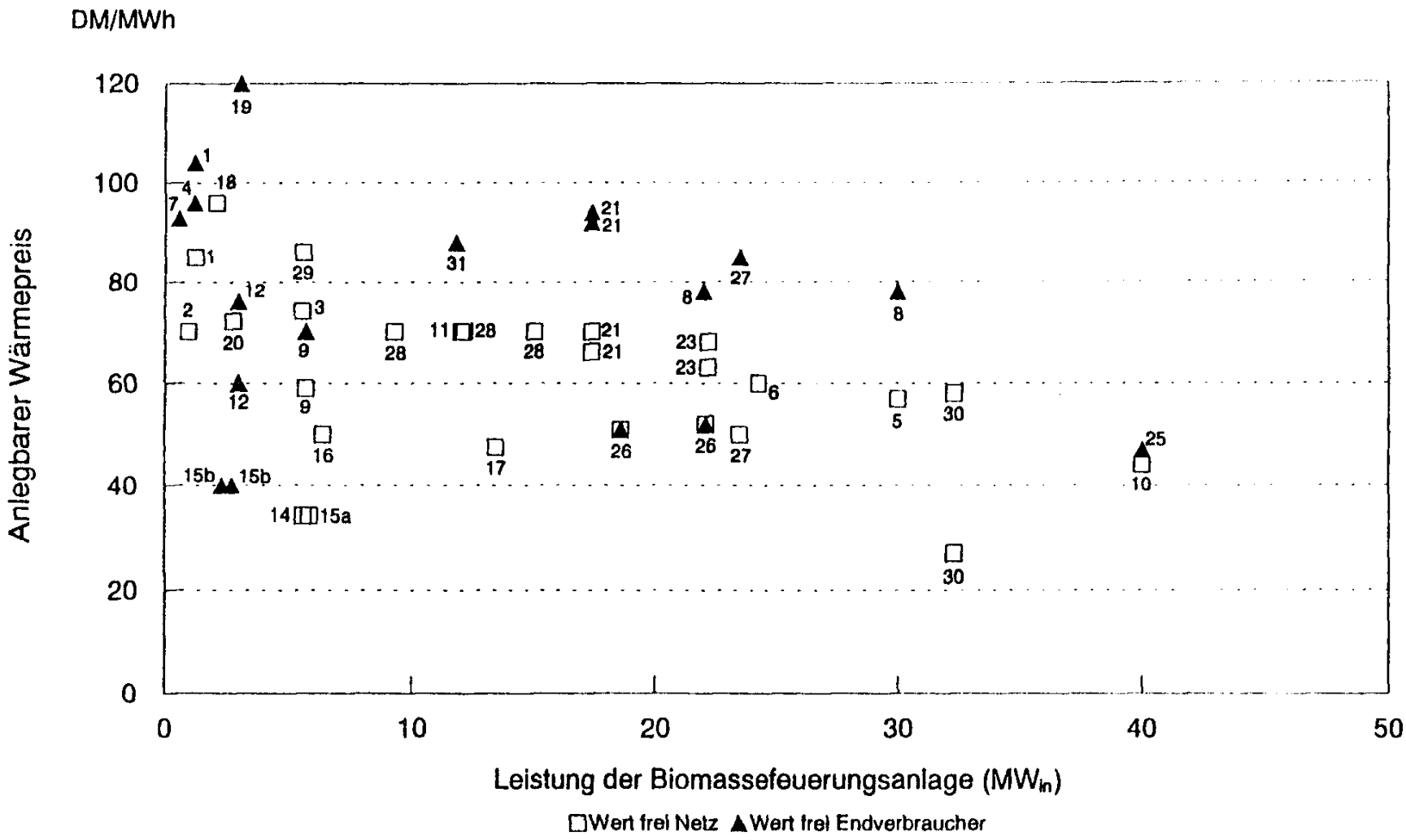
a) Die anlegbaren Wärmepreise sind tendenziell für größere Anlagen geringer als für kleinere. So liegen die für Anlagen mit Feuerungsleistungen über 15 MW angegebenen Daten zwischen 44 DM/MWh (Nr. 10) und 70 DM/MWh (Nr. 21). Werte über 70 DM/MWh_{in} sind nur für Anlagen unter 15 MW_{in} angegeben.
Eine Ursache für die Leistungsabhängigkeit der anlegbaren Wärmepreise dürfte darin bestehen, daß die größeren Biomassefeuerungsanlagen überwiegend in vorhandene Wärmenetze integriert werden, wo sie mit kostengünstigen, ebenfalls größeren fossilen Anlagen konkurrieren.

b) Bei den kleineren Anlagen ist der anlegbare Wärmepreis dann vergleichsweise gering, wenn es um die Belieferung eines gewerblichen Abnehmers mit Prozeßwärme geht. Dies ist u.a. in den Projekten Nr. 15a, 15b und 16 der Fall, für welche unter den kleineren Anlagen die geringsten anlegbaren Wärmepreise angegeben sind. Verständlich ist dies dadurch, daß in diesen Fällen die konkurrierende Alternative entweder ein billiger erdgasbefeuerter Dampferzeuger (z.B. bei Nr. 15a und 15b) oder eine bestehende und mit (billiger) Kohle befeuerte Anlage ist (z.B. bei Nr. 16), jeweils ohne nennenswerte Kosten für die Wärmeverteilung.

c) Sofern die Wärme- oder Dampferzeugung mit einer hohen Vollbenutzungsstundenzahl erfolgen kann (z.B. bei Nr. 15a), trifft dieser Vorteil in Form niedriger Wärmegestehungskosten und damit auch niedriger anlegbarer Wärmepreise ebenfalls auf die konkurrierenden fossilen Alternativen zu, weil der fossile Brennstoff (z.B. Erdgas) zu überdurchschnittlich günstigen Konditionen bezogen werden kann und/oder die Kapitalkosten der fossilen Alternativen durch die gute zeitliche Auslastung ebenfalls gering sind.

Im Falle der anlegbaren Preise für Endverbraucher (Dreiecke) sind die gleichen Grundmuster entsprechend a) bis c) erkennbar, wobei die hier zusätzlich eingehenden Vergütungen oder Kosten für die Wärmeverteilung natürlich zu entsprechend höheren anlegbaren Preisen führen.

Abb. 3: Anlegbare Wärmepreise in Abhängigkeit von der Leistung der Biomassefeuerungsanlage



KIK / AFAS

3. Spezifische Investitionen für Anlagen zur Wärme-/Stromerzeugung aus Biomasse

Die Kapitalkosten je Energieeinheit (Biomasse-Inputenergie) werden in erster Linie durch die spezifischen Investitionen (Investitionssumme, bezogen auf die Feuerungsleistung der Biomasseanlage) und durch die zeitliche Auslastung der Anlage bestimmt.

Die spezifischen Investitionen lassen sich grob in vier Bestandteile aufgliedern:

- Maschinelle Anlagenteile,
- Grundstück und Gebäude,
- Wärmeverteilung,
- Sonstige Aufwendungen (Planungsaufwand, Aufwand für Anlaufphase, Sonstiges).

Tabelle 8 bietet eine Übersicht über die Investitionen insgesamt und ihre Aufschlüsselungen in die oben angeführten Bestandteile.

3.1 Spezifische Investitionen für maschinelle Anlagenteile

Die spezifischen Investitionen für maschinelle Anlagenteile sind fast immer der größte und der wichtigste Bestandteil der gesamten Investition je Leistungseinheit. Im Gegensatz zu den spezifischen Gesamtinvestitionen gehen hier hauptsächlich technikabhängige und weniger standortabhängige Merkmale und Unterschiede ein. Dadurch ist im Prinzip ein höheres Maß an Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Projekten gegeben.

Abbildung 4 enthält eine grafische Darstellung der spezifischen Investitionen für den maschinellen Teil der Anlagen als Funktion der Anlagengröße. Auf den ersten Blick sieht man eine sehr große Streubreite ohne klare Abhängigkeit von der Anlagengröße. Bei näherer Betrachtung, unter Berücksichtigung der durch grafische Zeichen unterschiedlich markierten Klassifizierungen von Technologiegruppen, zeichnen sich jedoch engere Bandbreiten für verschiedene Technologiegruppen mit Größendegressionseffekten ab. Das Muster läßt sich (mit Ausnahmen) in seinen wesentlichen Zügen durch die nachstehend unter a) bis e) aufgeführten Prägungen beschreiben:

Tabelle 8: Spezifische Investitionen für Biomassefeuerungsanlagen

Projekt-Kurzbeschreibung	Typ [1]	Projektvariante	Umrüst. oder Neuanl. [2]	Feuerungstechnik	Brennstoffleistung ($MW_{in,bio}$/ $MW_{in,fos}$)	Spezifische Investition, $DM/kW_{in,bio}$						
						Masch. Anlagen	Gebäude, Grundst.	Planungsaufwand	Aufwand f Anlaufphase	Sonstiges	Netz	Gesamt
1. Schönberg	HW		N	Rostfeuerung	1,25 / 2,06	656	552	128	-	72	960	2368
2. Arzberg	HKW		vN	Vorofenfeuerung	0,97 / 2,80	701	31	202	-	-	877	1811
3. Hannover	HKW		N	Biomassevergaser	5,60 / -	955	730	204	-		vorh.	1889
4. Hilpoltstein	BHKW		N	Pflanzenölmotoren	1,21 / -	1274	112	290	111	109	438	2334
5. Werder	HKW		N	ZWSF	30 / ?	830 [3]	233	-	-		vorh.	1063
6. Rothenburg	HKW	Szen. I	vN	WSF	24,3 / -	612	226	26	-	123 [6]		987
7. Reinsberg	HW		N	Vorofenfeuerung	0,567/ 0,850	1171	291	[4]	-	233	1358	3053
8. Schongau-Altenstadt	HW HKW		N N	Stufenrost + Wirbelkomp.	22 / 13,3 30 / 13,3	673 1013	177 133 [8]	100 140		- 13	364 267	1314 1567
9. Hettstedt	HW	4	U	Zonenvorschubrostf.	5,73 / 6,00	544	68	[4]	-	54	129	795
10. Lübbenau	HKW		N	ZWSF	40 / vorh.	[4]	[4]	[4]	-	-	vorh.	1033
11. Ludwigsfelde	BHKW		U	Gleichstromvergaser	12 / -	1333	285	-	-	48	-	1667
12. Sommerfeld	HW	Ausbauvariante	N	nicht festgelegt	3,02 / ~ 4,4	924	908	-	64	35	598	2529
14. Salzgitter	HW		N	WSF	5,62 / -	1640	306	-	-	-	-	1946

[1] HW: Heizwerk; HKW: Heizkraftwerk; KW: Kraftwerk; KWK: Kraftwärmekopplung; BHKW: Blockheizkraftwerk

[2] N = Neuanlage; U = Umrüstung; vN = vorw. Neuanlage

[3] Ohne Elektroteil

[4] Enthalten, jedoch nicht getrennt ausgewiesen. Zeichenerklärung: - = nicht enthalten

[5] DM/kW_{Netz}

[6] Vorhandenes Anlagevermögen

[7] Unplausible Werte

[8] Ohne Gebäude

[9] Ohne Grundstück

Tabelle 8: Spezifische Investitionen für Biomassefeuerungsanlagen - Fortsetzung

Projekt-Kurzbeschreibung	Typ [1]	Projektvariante	Umrüst. oder Neuanl. [2]	Feuerungstechnik	Brennstoffleistung ($MW_{in,bio}$/ $MW_{in,fos}$)	Spezifische Investition, DM/kW$_{in,bio}$						
						Masch. Anlagen	Gebäude, Grundst.	Planungsaufwand	Aufwand f. Anlaufphase	Sonstiges	Netz	Gesamt
15a. Eltmann	HKW	V1a	N	Tunneldurchbrandofen	5,88 / 4,70	1474	56	153				1684
15b. Knetzgau	HKW		vN	Tunneldurchbrandofen	2,75 / 6,3	1261	410	210		191	300	2371
	HW		vN		2,35 / 6,3	889	437	202		183	351	2275
16. Apolda	HW		$U_{100\%}$	Vorschubrostf.	6,45 / -	183				36	entf.	218
17. Ulm-Eselsberg	HW		N	Zigarrenbrenner	13,4 / vorh.	851	261	119		67	vorh. im Erweiter.	1298
18. Hohen Luckow	HW	Häcksel Ballen	U	Stufenrostf.	2,11 / 1,88 2,11 / 1,88	636 723	- -	45 51		- -	vorh.	681 774
19. Dechtow-Karwesee	HW		N	Unterschubfeuerung	3,12 / -	7)	7)				1290 [5]	7)
20. Mühlhausen	HW	Var. 1	N	Rostfeuerung	2,8 / 9,4	957	464 [9]	120			54	1595
21. Friedland	HW HKW		U U	Schwingschub Rostfeuerung	17,4 / - 17,4 / -	4)	4)	4)	4)	6)	vorh.	474 527
22. Gatersleben	HW		$U_{100\%}$	Schwingschub Rostfeuerung	5,6 / -	116	-				entf.	116
23. N.N.	HW		N	Zigarren-brenner; Rostf.	22,2 / 7,4	384	112				entf.	496
25. Fallingbostel	HKW		N	Zonenvorschubrost	40 / -	675	124	59		3	51	912
26. Kaisersesch	HW HKW		N N	Zigarrenbrenner	22,1 / - 18,6 / -	900 1306	3 4	90 131			32 38	1025 1479

[1] HW: Heizwerk; HKW: Heizkraftwerk; KW: Kraftwerk; KWK: Kraftwärmekopplung; BHKW: Blockheizkraftwerk

[2] N = Neuanlage, U = Umrüstung; vN = vorw. Neuanlage

[3] Ohne Elektroteil

[4] Enthalten, jedoch nicht getrennt ausgewiesen. Zeichenerklärung: - = nicht enthalten

[5] DM/kW$_{Netz}$

[6] Vorhandenes Anlagevermögen

[7] Unplausible Werte

[8] Ohne Gebäude

[9] Ohne Grundstück

Tabelle 8: **Spezifische Investitionen für Biomassefeuerungsanlagen - Fortsetzung**

Projekt-Kurzbeschreibung	Typ [1]	Projektvariante	Umrüst. oder Neuanl.[2]	Feuerungstechnik	Brennstoffleistung ($MW_{in,bio}$/ $MW_{in,fos}$)	Spezifische Investition, DM/kW$_{in,bio}$						
						Masch. Anlagen	Gebäude, Grundst.	Planungsaufwand	Aufwand f. Anlaufphase	Sonstiges	Netz	Gesamt
27. Eberswalde	HKW		N	ZWSF	23,5 / -	560	32	-	-	54	79	725
28. Niederzier	HKW	A3	U	Dampfturb.	12,1 / -	298	4)	17	-	-	-	443
		B	U	Dampfmotor	9,3 / -	462	4)	21		-	-	651
		Vergas.	U	Holzvergaser	15 / -	2550	4)	20	-	-	-	2667
29. Pfaffenhofen	HW		N	nicht näher bezeichn. Strohfeuerung	5,623 / 7,0	505	716	4)	-	-	557	1778
30. Sulzbach-Rosenberg	HKW	Var. A	N	ZWSF	32,3 / -	1557	115	107	-			1780
	KW	Var. B	N	ZWSF	32,3 / -	1128	176	102	-		-	1406
31. Laage	HKW		N	Holzvergaser	11,79 / -	695	350	138	161	47	499	2051

1) HW: Heizwerk; HKW: Heizkraftwerk; KW: Kraftwerk; KWK: Kraftwärmekopplung; BHKW: Blockheizkraftwerk
2) N = Neuanlage; U = Umrüstung; vN = vorw. Neuanlage
3) Ohne Elektroteil
4) Enthalten, jedoch nicht getrennt ausgewiesen. Zeichenerklärung: - = nicht enthalten
5) DM/kW$_{Netz}$
6) Vorhandenes Anlagevermögen
7) Unplausible Werte
8) Ohne Gebäude
9) Ohne Grundstück

a) Die spezifischen Maschineninvestitionen sind in allen Größenbereichen höher für Anlagen mit gleichzeitiger Stromauskopplung als für Anlagen mit reiner Dampf- oder Heißwassererzeugung.

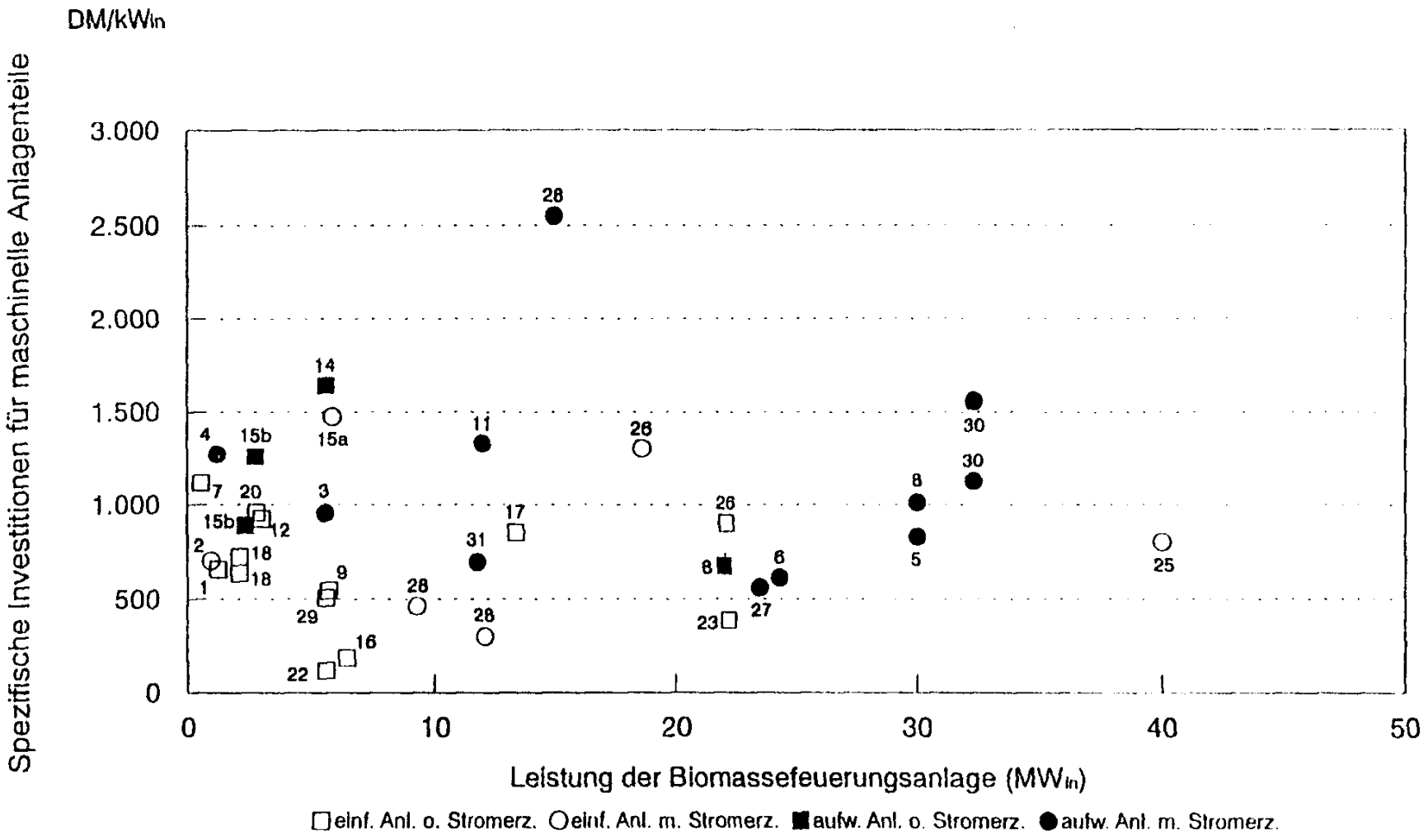
b) Bei Anlagen oberhalb 20 MW Feuerungsleistung sind (aus ökonomischen Gründen) meist solche Energieumwandlungsanlagen präferiert, die in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) arbeiten. Bei Anlagen unter 5 MW Feuerungsleistung wird nur in einem Sonderfall (Nr. 4) das KWK-Konzept vorgeschlagen. Das angesprochene Projekt stellt außerdem insofern einen Sonderfall dar, als hier eine KWK-Anlage projektiert ist, die mit einem flüssigen Energieträger aus Pflanzen (Rapsöl) betrieben werden soll.

c) Im Größenbereich oberhalb von 10 MW herrschen eher technisch aufwendige Anlagen als technisch einfache Anlagen vor. Dies hängt zusammen mit unterschiedlichen Möglichkeiten und Ansprüchen an die Schadstoffrückhaltung und an die Stromerzeugung je Energieeinheit, deren Kosten mit zunehmender Anlagengröße günstiger werden.

d) Verschiedene Projekte beziehen sich auf die Umrüstung oder den Ersatz bereits bestehender Anlagen, wobei nicht nur Investitionen für ein Grundstück und für Gebäude entfallen oder gering sind, sondern wobei meist auch einige vorhandene maschinelle Anlagenteile für die Biomassefeuerungsanlagen genutzt werden können. Solche Umrüstungsprojekte sind überwiegend in ostdeutschen Machbarkeitsstudien enthalten (siehe Nr. 6, 9, 16, 18 und 22), bei denen es um die Umrüstung bisheriger Braunkohlefeuerungen geht. Unter den westdeutschen Projekten ist Nr. 28 dieser Gruppe zuzurechnen.

e) Bei kleineren Anlagen herrschen einfache Technologien vor. Sofern es um Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung geht, wird bei kleineren Anlagen erwartungsgemäß mit einem deutlich geringeren elektrischen Wirkungsgrad (um 10 %) gerechnet als bei größeren Anlagen. Eine Ausnahme ist das erwähnte Projekt Nr. 4, bei dem Strom und Wärme über Motoren erzeugt werden, die mit Rapsöl als Kraftstoff arbeiten.

Abb. 4: Spezifische Investitionen für maschinelle Anlagenteile mit und ohne Stromerzeugung in Abhängigkeit von der Leistung der Biomassefeuerungsanlage



KIK / AFAS

Die hohe spezifische Investition für die Vergaservariante des Projektes Nr. 28 betrifft einen technischen Sonderfall. Die Machbarkeitsstudien zu Nr. 2 und 31 lassen es als sinnvoll erscheinen, die ökonomischen Kenndaten für diese Projekte nicht in die Musteranalyse einzubeziehen. Sieht man von diesen Fällen sowie von Nr. 4 und den Ersatz- oder Umrüstungsprojekten ab, dann lassen sich der Abbildung 4 etwa folgende Zahlenspannen entnehmen:

(900 ± 250) DM/kW$_{in}$	für einfache Anlagen ohne Stromerzeugung bei kleineren Anlagen unter 5 MW,
(650 ± 250) DM/kW$_{in}$	für einfache Anlagen ohne Stromerzeugung bei größeren Anlagen,
ca. (100 bis 300) DM/kW$_{in}$	gegebenenfalls als zusätzlicher Aufschlag bei aufwendigeren Anlagen;
(1200 ± 400) DM/kW$_{in}$	für Anlagen mit Stromerzeugung.

Zum Vergleich:
Die spezifischen Investitionen für öl- oder gasbefeuerte Heizwerke und Dampferzeuger vergleichbarer Größe liegen bei 100 bis 200 DM/kW$_{in}$.

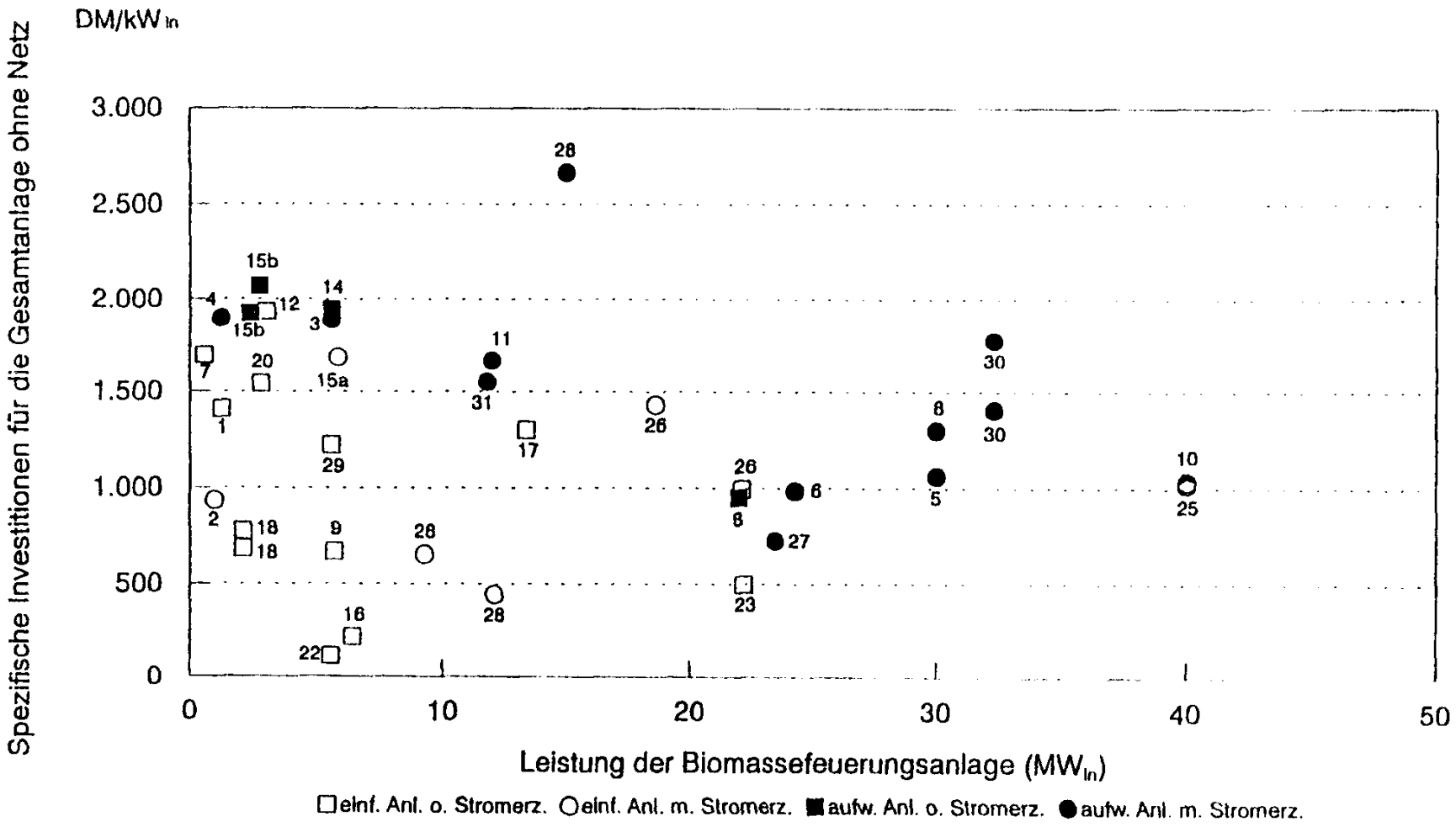
3.2 Spezifische Investitionen für Grundstück und Gebäude sowie für sonstige Aufwendungen

Die in dieser Teilüberschrift genannten Bestandteile der spezifischen Investitionen spielen in den Machbarkeitsstudien eine sehr unterschiedliche Rolle. Sie machen zwischen 0 % und 140 % der Investitionen für die maschinellen Anlagenteile aus. Sie erstrecken sich von 0 bis etwa 1000 DM/kW$_{in}$.

Ein Teil dieser Spanne dürfte darauf zurückzuführen sein, daß in die Machbarkeitsstudien ein teilweise recht unterschiedliches Maß an Erfahrungen und an Vorsicht eingeflossen ist. Daneben gibt es jedoch verschiedene Sachgründe, die die Größe der Spanne bedingen:

- Bei Umrüstprojekten sind Grundstück und Betriebsgebäude in der Regel weiter verwendbar und bedeuten deshalb keine hohen Zusatzinvestitionen.

Abb. 5: Spezifische Investitionen für die Gesamtanlage ohne Netz mit und ohne Stromerzeugung in Abhängigkeit von der Leistung der Biomassefeuerungsanlage



KIK / AFAS

- Beim Übergang von kleinen zu größeren Anlagen steigt der Flächen- und der Gebäudebedarf weniger als proportional zur Leistung. Das macht es verständlich, daß unter den Projekten insbesondere kleinere Anlagen (Nr. 1, 3, 12, 15b, 20 und 29), die neu errichtet werden sollen, relativ hohe Kosten (über 400 DM/kW_{in}) für Grundstück und Gebäude aufweisen. Für Anlagen über 6 MW Brennstoffleistung werden ausnahmslos geringere spezifische Zusatzinvestitionen angegeben.

Ein Vergleich der Abbildungen 5 (spezifische Investitionen für die Gesamtanlage ohne Netz) und 4 (spezifische Investitionen für maschinelle Anlagenteile) macht deutlich, wie sich das Muster durch die zusätzlichen Investitionen (ohne solche für gegebenenfalls erforderliche Wärmenetze) verschiebt. Wenn man von den Umrüstungsprojekten absieht, tritt die Größendegression der spezifischen Investitionen in Abbildung 5 stärker hervor.

3.3 Spezifische Investitionen für die Wärmeverteilung

Die in den Machbarkeitsstudien beschriebenen Projekte erstrecken sich von solchen mit vernachlässigbaren Kosten für die Wärmeverteilung bis zu Projekten, bei denen der Aufwand für die Wärmeverteilung über 40 % der Gesamtinvestition ausmacht.

Bei den meisten Projekten liegen hinsichtlich der Investitionen für die Wärmeverteilung ausgesprochen günstige Verhältnisse mit spezifischen Investitionen unter 150 DM/kW_{in}vor. Umgerechnet auf den Substitutionswert der Biomassefeuerungsanlage bedeutet das einen Abstrich von weniger als 10 DM/MWh_{in} gegenüber Fällen, in denen überhaupt keine Aufwendungen für die Wärmeverteilung anfallen. Bei dieser Umrechnung ist eine mittlere Auslastung von 3750 Vollbenutzungsstunden unterstellt - ebenso wie bei den nachfolgend erwähnten Umrechnungen in diesem Abschnitt. Bei diesen günstig gelagerten Fällen handelt es sich

- entweder um bereits bisher mit Fernwärme versorgte Gebiete (vornehmlich in den neuen Bundesländern), bei denen Ersatzanlagen für bisher mit Braunkohle befeuerte Anlagen erforderlich sind,

- oder um Gebiete, für die nur vergleichsweise bescheidene Aufwendungen für die Ausweitung vorhandener Wärmeverteilungsnetze anfallen,

- oder um die Versorgung von Industrie- und Gewerbebetrieben mit Prozeßwärme, die nahe am Anlagenstandort liegen.

Unter den Projekten gibt es andererseits sechs (Nr. 1, 2, 7, 12, 19 und 29), bei denen die erforderlichen Investitionen für die Wärmeverteilung über 500 DM/kW_{in} liegen und beim Substitutionswert mit durchschnittlich 28 DM/MWh_{in} ins Gewicht fallen.

Es fällt auf, daß die hinsichtlich der Wärmeverteilungskosten ungünstig gelagerten Fälle sämtlich bei Projekten mit relativ kleinen Feuerungsleistungen zu finden sind (unter 6 MW).

Die durch Wärmeverteilungs-Investitionen zwischen 150 DM/kW_{in} und 500 DM/kW_{in} gekennzeichnete mittlere Gruppe enthält nur vier Projekte (Nr. 4, 8, 15b und 31), bei denen zwar ein neues Wärmeverteilungsnetz erstellt werden muß (oder ein altes erneuert werden muß), wobei jedoch relativ hohe Wärmeanschlußleistungen je Meter Verrohrung erreicht werden.

4. Zeitliche Auslastung

Die bei der Verwendungsanlage je Energieeinheit des Biobrennstoffs anfallenden Kapitalkosten sind proportional zur spezifischen Investition und umgekehrt proportional zur zeitlichen Auslastung, für die die Vollbenutzungsstunden pro Jahr ein Maß sind. Letztere schwanken je nach Projekt zwischen 1400 h/a und 7000 h/a. Auch die spezifischen fixen Betriebskosten der Biomasseanlagen (zu denen die Brennstoffkosten nicht gehören), sinken mit zunehmender Auslastung. Deshalb ist es verständlich, daß die zeitliche Auslastung von großer Bedeutung für den anlagenspezifischen Substitutionswert (je Energieeinheit Biomasse) ist, der stark von den Kapitalkosten und mäßig von den fixen Betriebskosten mitbestimmt wird.

Überdurchschnittlich gute Anlagenauslastungen mit über 4500 Vollbenutzungsstunden jährlich sind verständlicherweise anzutreffen

- bei der Versorgung von Mehrschicht-Industriebetrieben mit Prozeßdampf;

- bei der Wärmeversorgung von Versorgungsgebieten mit vielen gewerblichen Abnehmern und öffentlichen Einrichtungen wie Krankenhäuser und Schwimmbäder, mit einem hohen Bedarf an Grundlastwärme;

- bei der Heizwärmeversorgung von Wohn- und Gewerbegebieten, sofern etwa 50 % der jährlichen Wärmehöchstlast oder mehr von (meist ölbefeuerten) Spitzenlastkesseln übernommen werden, für welche im übrigen nur relativ geringe Zusatzinvestitionen aufzubringen sind.

Bei näherem Hinsehen zeigt sich, daß fast alle Projekte mit einer Biomasse-Wärmeleistung oberhalb 10 MW eine Vollbenutzungsstundenzahl über 4000 h/a aufweisen. Es zeigt sich weiter, daß durchschnittliche und ungünstige (< 3000 h/a) Auslastungen meist bei kleinen Leistungen und bei einfachen Feuerungstechnologien anzutreffen sind, welche gemäß Kapitel II mit Emissionsproblemen bei Teillast behaftet sind.

5. Spezifische Betriebskosten

Die spezifischen Betriebskosten als Prozentsatz der Investition stellen einen weiteren wichtigen Indikator für die ökonomische Attraktivität der Biomasse-Feuerungsanlagen dar. In Tabelle 9 sind dazu aufgegliederte Zahlen zusammengestellt, die aus Angaben der Machbarkeitsstudien errechnet wurden. Zu den Betriebskosten werden die fixen Betriebskosten (vor allem Wartungs- und Instandhaltungsaufwendungen, Versicherungen und Steuern), die Personal- und Verwaltungskosten und sonstige variable Betriebskosten (Stromausgaben, Ascheentsorgung, Schmiermittel) gezählt. Die jährlichen Ausgaben für fossile Energieträger zur Spitzenlastdeckung oder für die Reserve sind gesondert aufgeführt, da sie im wesentlichen vom Leistungsverhältnis Biomasse/fossile Energieträger abhängen. Die Projekte 9, 11, 16, 21 und 22 sind Umrüstungen mit geringeren Investitionsaufwendungen als Neuanlagen. Folglich würden die spezifischen Betriebskosten als Verhältnis zwischen den Betriebskosten und den relativ kleinen Zusatzinvestitionen höher liegen und wären nicht mehr vergleichbar mit denen für Neuanlagen. Andererseits streuen auch die Umrüstungen sehr stark. Extreme sind einerseits eine Neuinstallation des Kessels unter Beibehaltung von Gebäuden und Infrastruktur und andererseits die wenig kostenintensive Umstellung von Kohle- auf Biomasseverbrennung. Deshalb wurde auf eine Einbeziehung dieser Anlagen in Tabelle 9 verzichtet.

Tabelle 9: Aufgliederung der jährlichen Betriebskosten als Prozentwert der Investition

Projekt-Kurzbeschreibung	Typ	Projektvariante	fixe Betriebskosten	Personal und Verwaltung	variable Betriebskosten	fossile Brennstoffe	Summe[1] Betriebskosten	Investition Mio DM
1. Schönberg	HW		3,7 %	1,3 %	0,3 %	1,8 %	5,2 %	1,76
2. Arzberg	HKW		5,2 %	4,4 %	0,2 %	13,1 %	9,8 %	0,90
3. Hannover	HKW		3,2 %	0,8 %	0,9 %	3,6 %	4,8 %	10,6
4. Hilpoltstein	BHKW		4,4 %	1,3 %	1,5 %	1,4 %	7,1 %	2,3
5. Werder	HKW		2,5 %	6,9 %	3,0 %	0,1 %	12,3 %	31,9
6. Rothenburg	HKW	Szen. I	1,4 %	1,7 %	0,2 %	0,2 %	3,2 %	24,0
7. Reinsberg	HW		2,3 %	1,1 %	2,4 %	2,5 %	5,9 %	0,96
8. Schongau-Altenstadt	HW HKW		2,4 % 2,2 %	2,9 % 2,6 %	1,3 % 4,0 %	- -	6,6 % 8,7 %	20,9 39,0
10. Lübbenau	HKW		2,8 %	3,6 %	0,7 %	1,0 %	7,0 %	41,3
12. Sommerfeld	HW	Ausbauvariante	4,9 %	2,1 %	1,1 %	3,8 %	8,3 %	5,83
14. Salzgitter	HW		10,5 %	3,0 %	2,8 %	0,3 %	16,3 %	10,9
15a. Eltmann	HKW	V1a	1,3 %	2,7 %	-	-	4,0 %	9,9
15b. Knetzgau	HKW HW		3,4 % 2,4 %	3,2 % 4,0 %	- -	4,6 % 5,8 %	6,6 % 6,4 %	5,7 4,52
17. Ulm-Eselsberg	HW		4,1 %	0,5 %	0,8 %	-	5,4 %	17,4
18. Hohen Luckow	HW	Häcksel Ballen	3,8 % 3,8 %	4,0 % 3,5 %	1,8 % 1,6 %	1,9 % 1,7 %	9,6 % 8,9 %	1,44 1,63
19. Dechtow-Karwesee	HW		-	-	-	-	-	-
20. Mühlhausen	HW	Var. 1	3,8 %	2,8 %	0,9 %	1,8 %	7,5 %	4,31
23. N.N.	HW		3,3 %	5,3 %	4,3 %	2,3 %	12,9 %	11,0
25. Fallingbostel	HKW		2,5 %	2,0 %	0,3 %	-	4,8 %	40,9

1) ohne fossile Brennstoffe, Rundungsdifferenzen sind möglich
2) Aufgliederung nicht vollständig
3) Koppelproduktерlöse

Tabelle 9: Aufgliederung der jährlichen Betriebskosten als Prozentwert der Investition - *(Fortsetzung)*

Projekt-Kurzbeschreibung	Typ	Projektvariante	fixe Betriebskosten	Personal und Verwaltung	variable Betriebskosten	fossile Brennstoffe	Summe[1] Betriebskosten	Investition Mio DM
26. Kaisersesch	HW HKW		3,8 % 3,5 %	1,9 % 1,6 %	2,3 % 0,0 %	- -	8,0 % 5,1 %	22,0 26,6
27. Eberswalde	HW HKW		1,0 % 1,0 %	5,2 % 4,0 %	3,7 % 4,0 %	- -	10,0 % 9,0 %	8,50 17,0
28. Niederzier	HKW	A3 B Vergas.	2,8 % 2,9 % 2,3 %	1,4 % 1,2 % 0,6 %	2,6 % 2,1 % 0,3 %	0,9 % 0,0 % -	6,7 % 6,2 % 3,1 %	5,36 6,05 40,0
29. Pfaffenhofen	HW		0,0 %	1,7 %	3,2 %	1,0 %	5,0 %	6,87
30. Sulzbach-Rosenberg	HKW KW	Var. A Var. B	5,0 % 3,4 %	0,3 % 0,8 %	0,1 % 0,1 %	15,2 %	5,6 % 4,4 %	57,5 45,4
31. Lange	HKW		0,3 %	0,1 %	1,8 %	2,0 % [3]	7,5 % [2]	18,3

[1] ohne fossile Brennstoffe, Rundungsdifferenzen sind möglich

[2] Aufgliederung nicht vollständig

[3] Koppelproduktерlöse

5.1 Fixe jährliche Betriebskosten

Dieser Bestandteil ist bei nahezu allen Machbarkeitsstudien in ähnlicher Weise aufgeführt worden. Meist wurde ein Prozentsatz der Investition für Wartung, Instandhaltung, Versicherung und Steuern angesetzt. Während die Versicherungsausgaben in den Betrieben durch direkte Zurechnung gut abgeschätzt werden können, sind die anderen Positionen abhängig von den betrieblichen Bedingungen und sehr uneinheitlich abgeschätzt. Bei einigen der Machbarkeitsstudien wurden Ausgaben für Versicherung und Steuern nicht ausgewiesen. Bei anderen sind sie zwar als Summenwert aufgeführt, jedoch vermutlich in der Größe unterschätzt (Projekte 5, 6, 7, 8, 15a, 27, 28, 29, 31). Die spezifischen fixen Betriebskosten (fixe jährliche Betriebskosten im Verhältnis zur Investition) zeigen keine klare Abhängigkeit von der Anlagengröße. Die spezifischen Ausgaben für Instandhaltung und Wartung liegen technikabhängig meistens im Bereich von 2 bis 4 %/a der Investition.

5.2 Personalkosten und Verwaltungskosten

Diese beiden Kostenfaktoren spielen bei den Studien eine sehr unterschiedliche Rolle. Die Spanne reicht von vermutlich erheblich unterschätzten (Nr. 1, 3, 6, 7, 16, 17, 19, 28, 31) bis großzügig kalkulierten Werten (Nr. 5, 21, 23), d. h. von 0,1 % bis 6,9 % der Investition (Durchschnitt 2,6 %). Nur in wenigen Fällen sind die Personalkosten je Beschäftigten angegeben (Bereich von 50 000 bis 80 000 DM/a). Die Zahl der Beschäftigten ist abhängig von

- der Einsatzstundenzahl der Anlage pro Jahr (Schichtbetrieb),
- dem Umfang der durchzuführenden Arbeiten (Brennstoffannahme, Aufbereitung, Einlagerung, Asche- und Filterstäubeentsorgung),
- der Vorhaltung von Reparaturmannschaften,
- der Integration in einen Betrieb oder in eine eigenständige Anlage,
- dem Automatisierungsgrad,
- dem technischen Aufwand (Heizwerk oder Heizkraftwerk).

In keiner der Studien sind sehr konkrete und gut fundierte Aufgliederungen für den Personaleinsatz aufgeführt. Es ist damit zu rechnen, daß die spezifischen jährlichen Personalkosten (als Prozentsatz der Investition) mit steigender Anlagengröße relativ konstant bleiben oder schwach sinken. Verwaltungsaufwendungen wurden insgesamt fünfmal genannt. Der Höhe nach, mit Ausnahme der Projekte 11 und 23, sind sie von geringerer Bedeutung (7 000 bis 10 000 DM) und können

gerade Büroausgaben wie Telefon, Porto, Büromaterial umfassen.

5.3 Sonstige variable Betriebskosten

Die Positionen, die zu den variablen Betriebskosten gezählt werden, lassen sich im allgemeinen gut abschätzen. So haben die Ersteller der Machbarkeitsstudie insbesondere die Aufwendungen für den Stromfremdbezug, der bei Heizwerken nicht vernachlässigt werden darf, konkret ermittelt. Wesentlich seltener wurden Ansätze für die Entsorgung der Filterrückstände und ggf. der Asche gemacht. Zudem ist hierbei die Spanne besonders groß. In Anlage Nr. 8 (HKW-Variante) wurden dafür nahezu 1,5 Mio DM/a kalkuliert, während bei der Heizwerksvariante, die nur ein Drittel der jährlichen Brennstoffmenge des HKW umsetzt, nur 0,2 Mio DM/a berücksichtigt worden sind. Bei vielen Studien sind hierfür nur kleine pauschale Summen eingesetzt, in vielen Fällen wird unterstellt, daß die Asche als Dünger auf die Anbauflächen für die Biomasse gebracht werden kann. Aufwendungen für Hilfsstoffe, wie Schmieröl, Kalk für die Entschwefelung, Speisewasser, wurden in nur wenigen Fällen aufgeführt und spielen dann wertmäßig kaum eine Rolle.

Die Angaben zu den sonstigen variablen Betriebskosten liegen in einer Spanne von 1 % bis 4 % der Investition, im Durchschnitt bei etwa 2 %.

5.4 Fossile Brennstoffe

Aufwendungen der Betreiber für fossile Brennstoffe zur Spitzenlastdeckung bzw. für die Reservehaltung werden im allgemeinen den variablen Betriebskosten zugerechnet. Für die Zwecke der Auswertung der vorliegenden Machbarkeitsstudien stören sie bei Quervergleichen. Die Ausgaben sind abhängig

- vom Bereitstellungspreis des Energieträgers,
- vom Leistungsanteil fossiler Energieträger an der Gesamtleistung,
- von der Auslastungsstundenzahl pro Jahr.

Hinsichtlich des Leistungsanteils fossiler Energieträger an der nachgefragten Höchstleistung unterscheiden sich die einzelnen Studien deutlich. Die Projekte 2, 15b und 20 decken ihre maximale Leistung zu ca. 75 % durch fossile Energieträger, während es beim Projekt 23 nur 25 % sind. Bei etwa der Hälfte der Fälle wurden in die Kalkulationen keine fossilen Kessel mit einbezogen, entweder weil es sich um ein bestehendes Versorgungssystem handelt und diese Kessel bereits vor-

handen sind oder weil der Leistungsbedarf vollständig mit biogenen Energieträgern gedeckt werden soll. In vielen Fällen fehlen Angaben zur Reservehaltung.

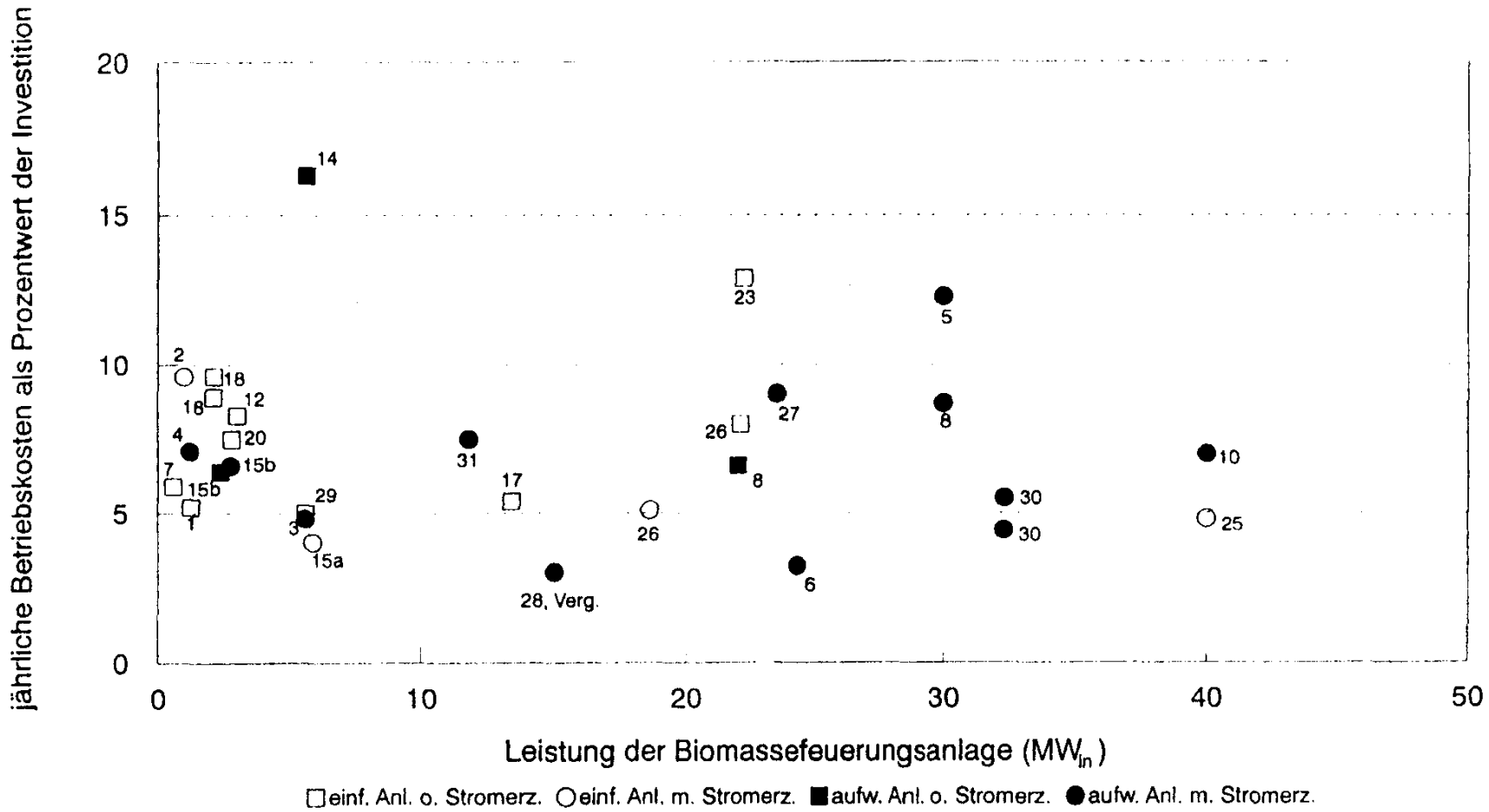
5.5 Gesamtbetrag der Betriebskosten

Die Summe der jährlichen Betriebskosten (ohne biogene oder fossile Brennstoffe) wurde in Abbildung 6 als Prozentwert der Investitionen aufgetragen. Anlagen, deren Investitionswerte aufgrund der Weiterverwendung bestehender Anlagenteile (Umrüstung) gering sind, sind nicht in der graphischen Darstellung enthalten. Projekt 14 hebt sich mit jährlichen Betriebskosten von 16,3 % der Investition deutlich von den anderen ab. Dieser hohe Wert ist die Folge der hohen fixen Betriebskosten. Einerseits wurden die Instandhaltungs- und Wartungsaufwendungen, da es sich um eine Pilotanlage handelt, mit 7 % der Investition auf der sicheren Seite abgeschätzt, andererseits gehen hier Kosten für die Erbpacht des Grundstücks ein, die zwecks einer Gleichbehandlung zu den Investitionskosten zählen sollten.

Es läßt sich kein eindeutiges Muster erkennen. Trotzdem ist zu bemerken, daß etwa die Hälfte der Fälle im vermutlich knapp kalkulierten Bereich von 5 % bis 7,5 % liegen. Solche Prozentwerte dürften zumindest bei den kleineren Anlagen aufgrund der überproportional hohen Personalkosten noch nach oben zu korrigieren (bis ca. 15 %) sein. Spezifische Betriebskosten unter 5 % der Investition können nur erreicht werden, wenn Grundstücke und Gebäude mit ihren geringen Betriebskosten die Investition dominieren und wenn gleichzeitig die Beschäftigtenanzahl in einem bestehenden Betrieb durch das hinzukommende Heizwerk bzw. Heizkraftwerk nur unerheblich steigt.

Der Personalkostenanteil bei Nr. 5 ist mit einem Einsatz von 30 bis 40 Mann auch bei 7000 h/a Auslastung überdurchschnittlich hoch eingeschätzt, zumal sich das HKW innerhalb einer Pektinfabrik befindet, in der vermutliche für gewisse Arbeiten auf vorhandenes Betriebspersonal mit zurückgegriffen werden kann. Bei Nr. 23 addieren sich durch die Vielzahl der eingesetzten Wärmeerzeuger die Betriebskosten aus vielen Einzelpositionen zu einer gewichtigen Summe. Maßgeblichen Einfluß haben bei Nr. 27 die nicht näher beschriebenen sonstigen Kosten, mit einem Anteil von 4 %. Bei Nr. 8 haben die oben angeführten Deponierungskosten einen wesentlichen Einfluß.

Abb. 6: Jährliche Betriebskosten als Prozentwert der Investition für Biomasseversorgungssysteme mit und ohne Stromerzeugung in Abhängigkeit von der Leistung der Biomassefeuerungsanlage (nur Neuanlagen)



KfK / AFAS

Bei den eingangs beschriebenen Umrüstungsfällen ist es für Vergleiche wenig sinnvoll, die Betriebskosten bezogen auf die Investitionshöhe darzustellen. Eine gewisse Vergleichsmöglichkeit wird in diesen Fällen erreicht, wenn man die jährlichen Betriebskosten auf die Inputleistung (Feuerungsleistung) bezieht. Als Spanne ergibt sich dabei für die Umrüstungsfälle 20 DM/kW$_{in}$ bis 120 DM/kW$_{in}$ (Mittelwert 60 DM/kW$_{in}$), sie liegt deutlich unterhalb der entsprechenden Spanne von Neuanlagen (30 bis 320 DM/kW$_{in}$, Mittelwert 100 DM/kW$_{in}$). Auf eine tabellarische Darstellung dieser Werte wird verzichtet, da sie keine weiteren Erkenntnisse bringt.

Auf die Charakterisierung der spezifischen Betriebskosten wurde in Tabelle 10 verzichtet, weil sie die Klassifizierung des Substitutionswertes nicht entscheidend bestimmen. Zahlenwerte unter 7 %/a würden bei einer vollständigen Zusammenstellung der Betriebskostenkomponenten als besonders günstige Fälle angesehen werden. Werte zwischen 7 %/a und 12 %/a lägen im mittleren Bereich.

6. Substitutionswert

In den voranstehenden Abschnitten 2. bis 5. wurden verschiedene Projektmerkmale diskutiert, die alle eine große Bedeutung für den Substitutionswert haben können. In Tabelle 10 ist im Interesse einer raschen Übersicht das Ergebnis einer Klassifizierung in günstige (⊕), durchschnittliche (O) und ungünstige (⊖) Fälle angegeben.*) Die Festlegung der quantitativen Klassengrenzen für die Merkmale ist in Tabelle 11 ausgewiesen. Eine Klassifizierung der resultierenden Substitutionswerte je MWh Biobrennstoff ist in der letzten Spalte von Tabelle 10 aufgeführt. Als durchschnittliche (O) Substitutionswerte sind dort solche gekennzeichnet, die zwischen 5 DM/MWh$_{in}$ und 15 DM/MWh$_{in}$ liegen. Substitutionswerte über 15 DM/MWh$_{in}$ sind entsprechend mit dem Zeichen (⊕) und Substitutionswerte unter 5 DM/MWh$_{in}$ mit dem Zeichen (⊖) gekennzeichnet.

Es zeigt sich, daß keines der Projekte hinsichtlich aller der in Tabelle 10 aufgeführten Kenngrößen einheitlich entweder als günstig oder als ungünstig oder als durchschnittlich klassifiziert werden kann - jedenfalls soweit klare Angaben für alle Merkmale vorliegen. Es zeigt sich weiter, daß ungünstige Substitutionswerte in wenigen Fällen hauptsächlich durch einen ungünstigen anlegbaren Wärmepreis, in anderen Fällen durch ungünstige spezifische Investitionen für die Biomassefeuerungsanlage oder für ein zugehöriges Wärmenetz und in wieder anderen Fällen durch eine ungünstige zeitliche Auslastung verursacht werden.

*) "günstig" und "ungünstig" bezieht sich dabei auf die Sicht des Anlagenbetreibers.

Tabelle 10: Klassifizierung ökonomisch wichtiger Projektmerkmale in die drei Gruppen günstig (⊕), durchschnittlich (O) und ungünstig (⊖)

Projekt-Kurzbeschreibung	Typ [1]	Projektvariante	Umrüst. oder Neuanl. [2]	Feuerungstechnik [3]	Brennstoffleistung ($MW_{in,bio}$/ $MW_{in,fos}$)	Klassifizierung der Merkmale lt. Tabelle 11				
						Anlegbarer Wärmepreis	Spezifische Investition	Investition f. Wärmenetz	Zeitliche Auslastung	Substitutionswert
1. Schönberg	HW		N	Rostfeuerung	1,25 / 2,06	⊕	⊖	⊖	⊖	⊖
2. Arzberg	HKW		vN	Vorofenfeuerung	0,97 / 2,80	O	⊕	⊖	O	O
3. Hannover	HKW		N	Biomassevergaser	5,60 / -	⊕	⊖	⊕	⊕	O
4. Hilpoltstein	BHKW		N	Pflanzenölmotoren	1,21 / -	⊕	⊖	O	⊕	⊕
5. Werder	HKW		N	ZWSF	30 / ?	O/⊖	⊕	⊕	⊕	O/⊖
6. Rothenburg	HKW	Szen. I	vN	WSF	24,3 / -	O	⊕	⊕	O	⊕
7. Reinsberg	HW		N	Vorofenfeuerung	0,567/ 0,850	⊕	⊖	⊖	O	⊖
8. Schongau-Altenstadt	HW HKW		N N	Stufenrost + Wirbelkomp.	22 / 13,3 30 / 13,3	O O	O O	O O	⊕ ⊕	O
9. Hettstedt	HW	4	U	Zonenvorschubrostf.	5,73 / 6,00	O	⊕	⊕	O	⊕
10. Lübbenau	HKW		N	ZWSF	40 / vorh.	⊖	⊕	⊕	⊕	⊕
11. Ludwigsfelde	BHKW		U	Gleichstromvergaser	12 / -	O	⊖	⊕	⊕	⊕
12. Sommerfeld	HW	Ausbauvariante	N	nicht festgelegt	3,02 / ~ 4,4	O	⊖	⊖	⊕	⊖
14. Salzgitter	HW		N	WSF	5,62 / -	⊖	⊖	⊕	⊕	⊖

1) HW: Heizwerk; HKW: Heizkraftwerk; KW: Kraftwerk; KWK: Kraftwärmekopplung; BHKW: Blockheizkraftwerk

2) N = Neuanlage; U = Umrüstung; vN = vorw. Neuanlage

3) WSF: Wirbelschichtfeuerung; ZWSF: Zirkulierende Wirbelschichtfeuerung

Tabelle 10: Klassifizierung ökonomisch wichtiger Projektmerkmale in die drei Gruppen günstig (⊕), durchschnittlich (O) und ungünstig (⊖) - *(Fortsetzung)*

Projekt-Kurzbeschreibung	Typ [1]	Projektvariante	Umrüst. oder Neuanl. [2]	Feuerungstechnik [3]	Brennstoffleistung ($MW_{in,bio}$/ $MW_{in,fos}$)	Klassifizierung der Merkmale lt. Tabelle 11				
						Anlegbarer Wärmepreis	Spezifische Investition	Investition f. Wärmenetz	Zeitliche Auslastung	Substitutionswert
15a. Eltmann	HKW	V1a	N	Tunneldurchbrandofen	5,88 / 4,70	⊖	⊖	⊕	⊕	O
15b. Knetzgau	HKW		vN	Tunneldurchbrandofen	2,75 / 6,3	⊖	⊖	O	O	
	HW		vN		2,35 / 6,3	⊖	⊖	O	O	⊖
16. Apolda	HW		$U_{100\%}$	Vorschubrostf.	6,45 / -	⊖	⊕	⊕	O	⊕
17. Ulm-Eselsberg	HW		N	Zigarrenbrenner	13,4 / vorh.	⊖	⊖	⊕	⊕	O/⊖
18. Hohen Luckow	HW	Häcksel	U	Stufenrostf.	2,11 / 1,88	⊕	⊕	⊕	⊖	⊖
		Ballen			2,11 / 1,88	⊕	⊕	⊕	⊖	⊖
19. Dechtow-Karwesee	HW		N	Unterschubfeuerung	3,12 / -	⊕	-	⊖	⊕	-
20. Mühlhausen	HW	Var. 1	N	Rostfeuerung	2,8 / 9,4	⊕	⊖	⊕	⊕	O
21. Friedland	HW		U	Schwingschub	17,4 / -	O	-	-	-	-
	HKW		U	Rostfeuerung	17,4 / -	O				
22. Gutersleben	HW		$U_{100\%}$	Schwingschub-Rostfeuerung	5,6 / -	⊖	⊕	⊕	O	⊖
23. N.N.	HW		N	Zigarrenbrenner; Rostf.	22,2 / 7,4	O	⊕	⊕	⊖	O/⊖
25. Fallingbostel	HKW		N	Zonenvorschubrostf.	40 / -	⊖	⊕	⊕	⊕	O
26. Kaisersesch	HW		N	Zigarrenbrenner	22,1 / -	⊖	O	⊕	⊕	⊕
	HKW		N		18,6 / -	⊖	O	⊕	⊕	⊕

[1] HW: Heizwerk; HKW: Heizkraftwerk; KW: Kraftwerk; KWK: Kraftwärmekopplung; BHKW: Blockheizkraftwerk

[2] N = Neuanlage; U = Umrüstung; vN = vorw. Neuanlage

[3] WSF: Wirbelschichtfeuerung; ZWSF: Zirkulierende Wirbelschichtfeuerung

Tabelle 10: Klassifizierung ökonomisch wichtiger Projektmerkmale in die drei Gruppen günstig (⊕), durchschnittlich (O) und ungünstig (⊖) - *(Fortsetzung)*

Projekt-Kurzbeschreibung	Typ [1]	Projektvariante	Umrüst. oder Neuanl. [2]	Feuerungstechnik [3]	Brennstoffleistung ($MW_{in,bio}$/ $MW_{in,fos}$)	Klassifizierung der Merkmale lt. Tabelle 11				
						Anlegbarer Wärmepreis	Spezifische Investition	Investition f. Wärmenetz	Zeitliche Auslastung	Substitutionswert
27. Eberswalde	HKW		N	ZWSF	23,5 / -	⊖	⊕	⊕	O	⊕
28. Niederzier	HKW	A3	U	Dampfturb.	12,1 / -	O	⊕	⊕	O	O
		B	U	Dampfmotor	9,3 / -	O	⊕	⊕	O	O
		Vergas.	U	Holzvergaser	15 / -	O	⊖	⊕	O	⊖
29. Pfaffenhofen	HW		N	nicht näher bezeichn. Strohfeuerung	5,623 / 7,0	⊕	⊖	⊖	⊕	O/⊖
30. Sulzbach-Rosenberg	HKW	Var. A	N	ZWSF	32,3 / -	O	⊖	⊕	⊕	⊖
	KW	Var. B	N	ZWSF	32,3 / -	O	O	⊕	⊕	
31. Laage	HKW		N	Holzvergaser	11,79 / - b	O	O	O	-	O

[1] HW: Heizwerk; HKW: Heizkraftwerk; KW: Kraftwerk; KWK: Kraftwärmekopplung; BHKW: Blockheizkraftwerk

[2] N = Neuanlage; U = Umrüstung; vN = vorw. Neuanlage

[3] WSF: Wirbelschichtfeuerung; ZWSF: Zirkulierende Wirbelschichtfeuerung

Tabelle 11: Schlüssel zur Klassifizierung wichtiger Projektmerkmale für Tabelle 10

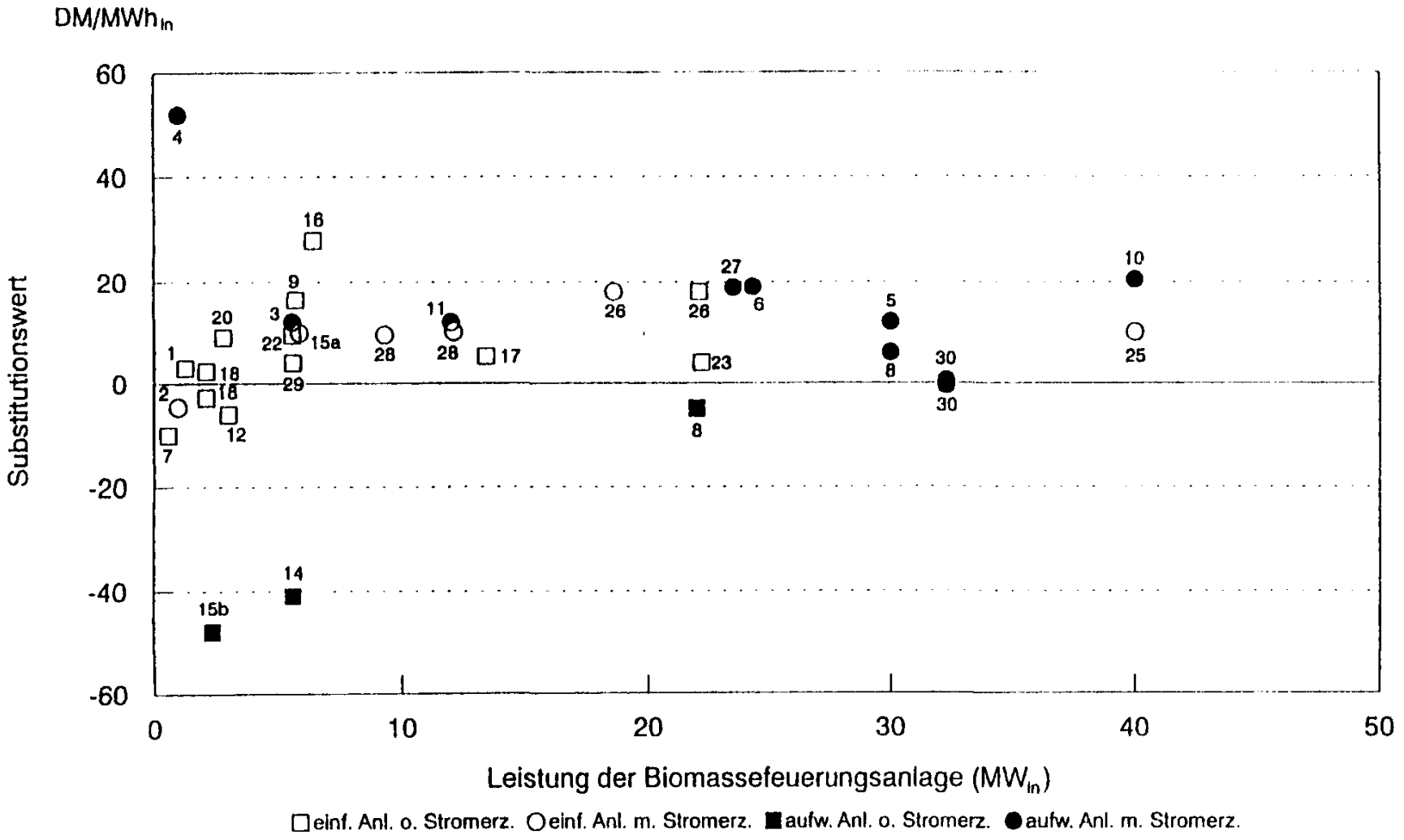
Merkmal	günstig (⊕)	durchschnittlich (O)	ungünstig (⊖)
Anlegbarer Wärmepreis (vgl. Abb. 3)			
- für Netzeinspeisung (in DM/MWh)	> 70	55 - 70	< 55
- für Endverbraucher (in DM/MWh)	> 90	75 - 90	< 75
Spezifische Investition (vgl. Abb. 5)			
- für HW und DE (in DM/kW$_{in}$)	< 800	800 - 1200	> 1200
- für Anlagen mit KWK (in DM/kW$_{in}$)	< 1200	1200 - 1600	> 1600
Investition für Wärmenetz			
(in DM/kW$_{in}$)	< 150	150 - 500	> 500
ungefähr in % der Gesamtinvestition	<15	15 - 30	> 30
Zeitliche Auslastung (in Vollbenutzungsstunden/a)	> 4500	3000 - 4500	< 3000
Substitutionswert (in DM/MWh$_{in}$)	> 15	5 - 15	< 5

HW: Heizwerk
DE: Dampferzeuger
KWK: Kraftwärmekopplung

Abbildung 7 zeigt eine grafische Darstellung der spezifischen Substitutionswerte als Funktion der Leistung der Biomassefeuerungsanlage. Die Abbildung macht deutlich, daß die meisten ungünstigen oder sehr ungünstigen Werte bei kleinen Anlagen (unter 5 MW) anzutreffen sind. Eine Ausnahme ist Projekt Nr. 4 (BHKW mit Rapsölmotor). Für diese Ausnahme liegt jedoch nicht nur der höchste Substitutionswert je MWh vor, sondern gleichzeitig auch der höchste Wert für die Biobrennstoffkosten (für Rapsöl).

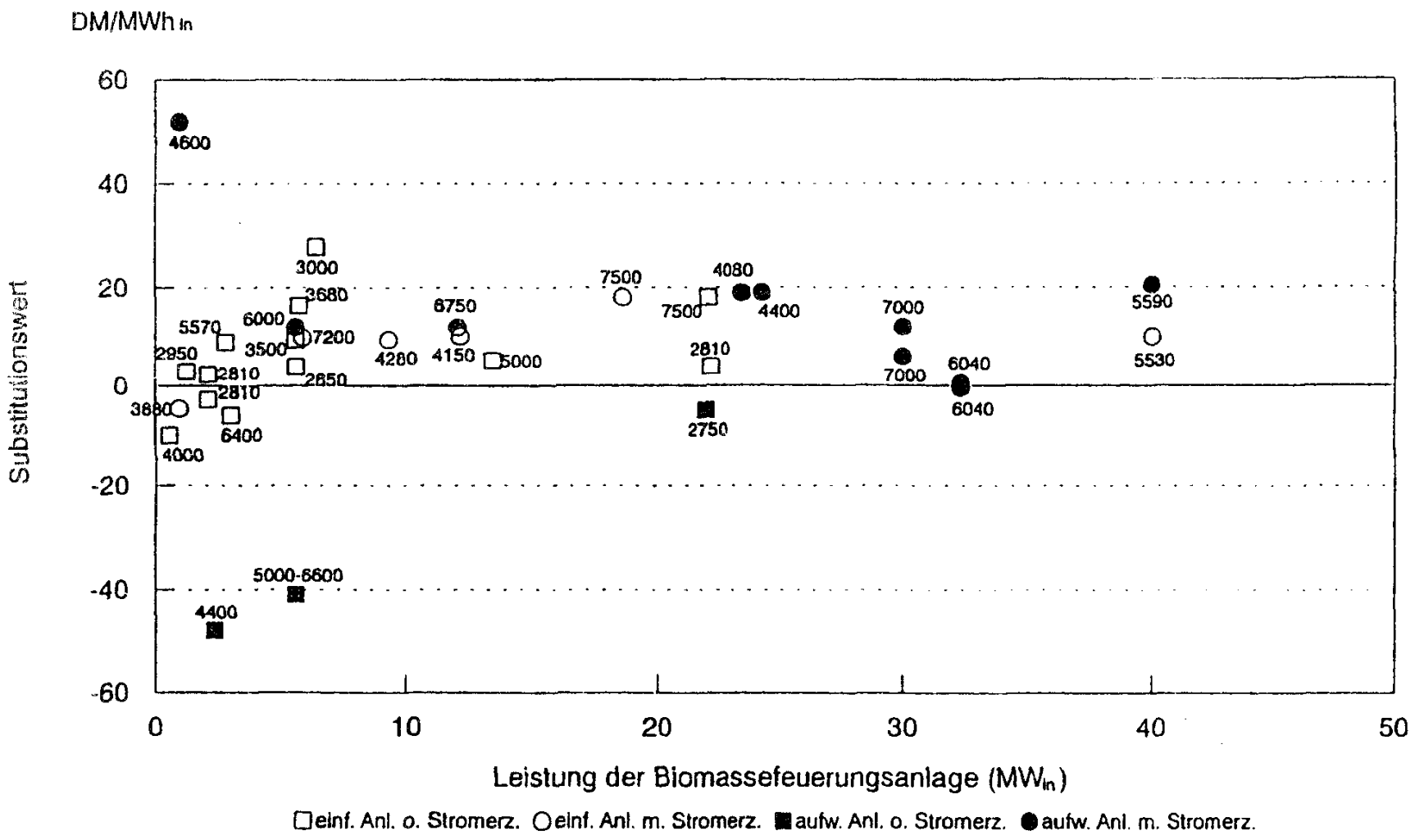
Abbildung 8 zeigt die gleichen Daten für den spezifischen Substitutionswert wie Abbildung 7 mit dem Unterschied, daß neben den Projektpunkten jeweils die im Abschnitt 3 dieses Kapitels diskutierten Vollbenutzungsstunden eingetragen sind, welche den Substitutionswert bei einigen Projekten deutlich beeinflussen können.

Abb. 7: Substitutionswerte für Biomasseversorgungssysteme mit und ohne Stromerzeugung in Abhängigkeit von der Leistung der Biomassefeuerungsanlage



KfK / AFAS

Abb. 8: Substitutionswerte für Biomasseversorgungssysteme mit und ohne Stromerzeugung in Abhängigkeit von der Leistung der Biomassefeuerungsanlage unter Angabe der jährlichen Auslastung



KIK / AFAS

V Kostenunterdeckung

Bis auf eine Ausnahme (Projekt Nr. 28) sind die in den Projekten angesetzten Kosten der Biobrennstoffe (vgl. Kapitel III) größer als der berechnete Substitutionswert der Biomassefeuerungsanlagen. Dementsprechend sind für fast alle Projekte Kostenunterdeckungen zu erwarten, die sich aus der Differenz zwischen den Bereitstellungskosten und dem Substitutionswert des Biomassebrennstoffs in der Feuerungsanlage ergeben.

Wie Abbildung 9 verdeutlicht, ergibt sich ein sehr breites Spektrum von Kostenunterdeckungen, das von der genannten Ausnahme abgesehen von rd. 3 DM/MWh bis 101 DM/MWh (s. Tab. 12) reicht. Dabei bewegen sich allerdings die meisten Fälle (etwa 60 %) zwischen 5 und 35 DM/MWh für die Kostenunterdeckung.

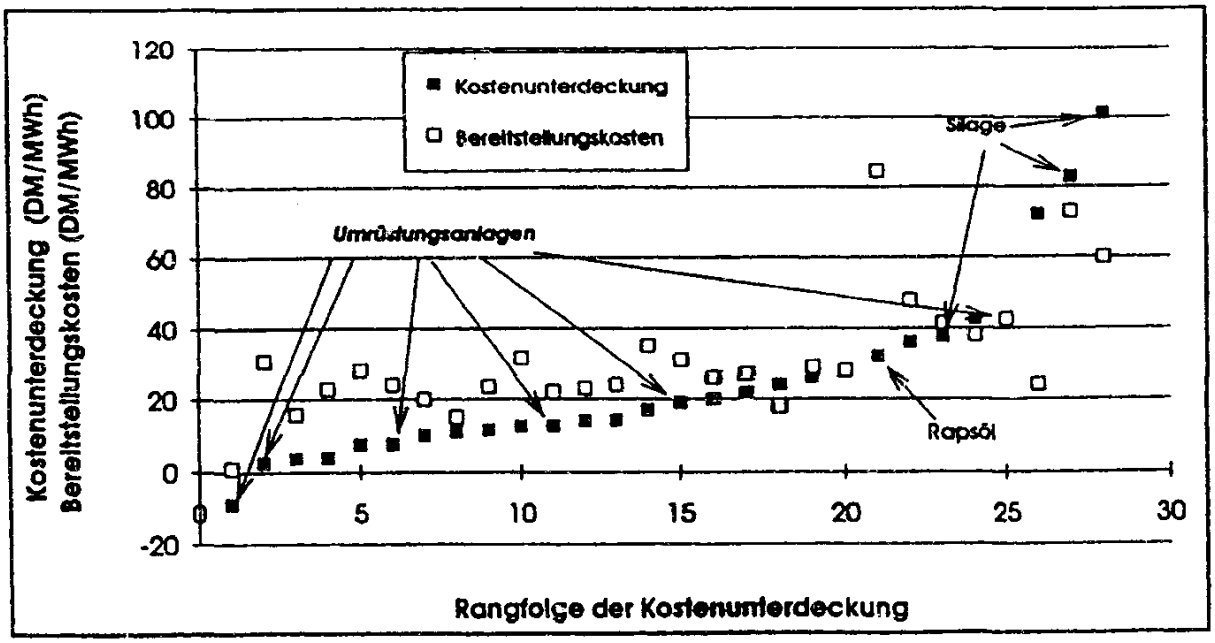


Abb. 9: Verbleibende Kostenunterdeckung pro Energieeinheit des Bioenergieträgers - nach Korrektur der Bereitstellungskosten um die anzusetzenden Substitutionswerte

Von den sechs Projekten, die eine höhere Kostenunterdeckung als 35 DM/MWh aufweisen, sind fünf durch besonders hohe Kosten der Biobrennstoffe (für den Brennstoffmix) gekennzeichnet. Drei dieser Projekte verwenden Silage mit angegebenen Kosten zwischen 48 DM/MWh und 73 DM/MWh. Zwei dieser Projekte haben hohe Brennstoffmix-Kosten durch Miscanthus. Bei dem sechsten Projekt mit einer sehr hohen Kostenunterdeckung (Projekt Nr. 15b) handelt es sich um ein Projekt mit einer relativ aufwendigen Technologie bei nur 2,35 MW Feuerungsleistung. Bei diesem Projekt führt die hohe spezifische Investition zu einem außergewöhnlich ungünstigen Substitutionswert von minus 42 DM/MWh (s. Tab. 12).

Von den sechs Projekten, die eine Kostenunterdeckung von weniger als 10 DM/MWh aufweisen, sind drei (die Projekte Nr. 9, 16 und 28) durch spezifische Investitionen unter 700 DM/kW_{in} gekennzeichnet, welche dadurch zustandekommen, daß es sich um die Umrüstung bestehender Anlagen handelt. Im Falle des Projektes Nr. 28 sind die spezifischen Investitionen für die Varianten A 3 und B günstig, nicht aber für die Variante mit Holzvergasung (vgl. Kurzbeschreibung im Anhang).

Bei den drei anderen der gemäß Abbildung 9 besonders günstigen Fälle (bei den Projekten Nr. 5, 10 und 27) handelt es sich um vergleichsweise große Heizkraftwerke mit Feuerungsleistungen über 20 MW und spezifischen Investitionen um 1000 DM/MWh oder darunter. Die Projekte Nr. 5 und 27 weisen zudem günstige Brennstoffkosten (im Mix unter 25 DM/MWh) auf (s. Tab. 12).

Wenn man den mittleren Bereich von Abbildung 9, mit Kostenunterdeckungen von 10 DM/MWh bis 35 DM/MWh, nach Vertretern verschiedener Leistungsklassen der Feuerungsanlagen betrachtet (vgl. Tab. 12 und Tab. 8), so fällt auf, daß die kleinen Anlagen mit einer Feuerungsleistung unter 5 MW mit einer Ausnahme Kostenunterdeckungen von über 20 DM/MWh aufweisen. Die Ausnahme mit 14 DM/MWh ist das Projekt Nr. 20, welches (wie auch einige andere) durch einen vergleichsweise günstigen Preis für die eingespeiste Fernwärme von 72 DM/MWh gekennzeichnet ist.

Tabelle 12: Biobrennstoffpreise, Substitutionswerte und Kostenunterdeckung

Nr.	STUDIE / ORT	Angesetzter Biobrennstoffpreis (Mix)			Anteil	Substitutionswert		Kostenunterdeckung	
		Rangfolge	Kosten	Anteilige	Reststr.				
		nach Kosten	(DM/MWh)	Rohstoffe	(in %)	(DM/MWh)	Rangfolge	(DM/MWh)	Rangfolge
1	Schönberg	18	29	SWP,WRe	30	3	8	26	19
2	Arzberg (NBL)	24	38	Ge,MI	0	-4,6	5	42,6	24
3	Hannover	27	48	GeS,MaS,St (Säge)	33	12	18	36	22
4	Hilpoltstein	30	84,4	RÖ	0	52	28	32	21
5	Werder (NBL)	3	15,8	WRe,ORe	100	12	18	3,8	3
6	Rothenburg (NBL)	21	31,5	Ge,MI,St,WRe	55	19	25	12,5	10
7	Reinsberg (NBL)	29	72,8	GeS,MaS,St (Säge)	20	-10	3	82,8	27
8	Schongau-Altenstadt	14	26	EH,PH	20	6	12	20	16
9	Hettstedt (NBL)	11	24	Ge,MI,SWP,ST	25	16,4	22	7,6	6
10	Lübbenau (NBL)	16	28	MI,WRe,St,PH	63	20,5	26	7,5	5
11	Ludwigsfelde (NBL)	20	31	MI	0	12	18	19	15
12	Sommerfeld (NBL)	4	18	PH	100	-6	4	24	18
14	Salzgitter	28	60	GeS,MaS (Säge)	0	-41	2	101	28
15a	Eltmann	13	24	Ge,EH,IRe	50	9,9	16	14,1	13
15b	Knetzgau	(13)	24	(ident. Nr. 15a)		-48	1	72	26
16	Apolda (NBL)	19	30,6	Ge,SWP,To,St,WRe	34	28	27	2,6	2
17	Ulm-Eselsberg	15	27	Ge,St	20	5,3	11	21,7	17
18	Hohen-Luckow (NBL)	(angesetzt)	42,5	verschied. Varianten		-0,5	6	43	25
19	Dechtow-Karwesee (NBL)	10	23,7	Ge,MI,PH,WRe,St	73				
20	Mühlhausen (NBL)	8	23	Ge	0	9	13	14	12
21	Friedland (NBL)	22	32	MI	0				
22	Gatersleben (NBL)	6	22	PH	100	9,4	14	12,6	11
23	Anonym (NBL)	25	41,5	MI	0	4	9	37,5	23
25	Fallingbostel	5	20	Ge,St,WRe,IRe	80	10	17	10	7
26	Kaiserasch	23	35	Biomasse		18	23	17	14
27	Eberswalde (NBL)	7	22,8	WRe	100	18,9	24	3,9	4
28	Niederzier	1	1	IRe	100	9,8	15	-8,8	1
29	Pfaffenhofen	2	15	St,IRe	100	4	9	11	8
30	Sulzbach-Rosenberg	17	28	Ge,WRe,IRe	46	0,05	7	28	20
31	Laage (NBL)	9	23,5	SWP,WRe	33	12	18	11,5	9
	Min.		*1,00*		*0,00*	*-48,00*		*-8,80*	
	Max.		*84,40*		*100,00*	*52,00*		*101,00*	
	Mittelwert (Mw)		*31,49*		*43,78*	*6,47*		*25,18*	
	Standardabweichung		*14,57*		*37,34*	*18,26*		*24,45*	
	in % vom Mittelwert		*52,78%*		*85,30%*	*282,27%*		*97,10%*	
				Erläuterung der Abk.: s. Tab. 6 (Kennwerte der Biomassebereitstellung)					

VI Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

1. Kenntnis- und Entwicklungsstand im Bereich der Verbrennungstechnik

Für die umweltschonende Verbrennung von Holz sind erprobte Feuerungstechnologien verfügbar, die je nach Stückigkeit und Anlagengröße zu wählen sind. Noch bestehende Unklarheiten bei der Technik der Holzverbrennung beziehen sich hauptsächlich auf feuchtes Holz bei Teillast der Feuerungsanlagen. Für andere feste Energieträger aus Pflanzen (Stroh, Heu, Ganzgetreide, Chinaschilf, Topinambur, Silage) besteht noch kein befriedigender Kenntnisstand darüber, wie leistungsfähig und umweltverträglich welche Technologie der Verbrennung/Vergasung für welche Biobrennstoffe, Stückigkeiten, Wassergehalte, Lastzustände ist, mit welchen Materialschäden und mit welcher Verfügbarkeit zu rechnen ist. Mit der Bezeichnung "leistungsfähig" ist hier auch das Leistungsvermögen zur Erzielung hoher und zukunftsträchtiger Anteile der Stromerzeugung an der Energieumwandlung gemeint.

Bei der Auswahl bzw. Auslegung der Feuerungstechnologien spielen nicht nur die Größe der Anlage und die Stückigkeit und der Wassergehalt der Biobrennstoffe eine Rolle, sondern auch der Gehalt an Stickstoff, Chlor, Schwefel und Kalium sowie die Aschezusammensetzung.

Man darf sich vom Stand der Technik für die Verbrennung von Holz nicht täuschen lassen. Es besteht noch ein hoher Bedarf an Forschung, Entwicklung und Demonstration im Bereich der Feuerungstechniken für Biobrennstoffe.

2. Kosten der Bereitstellung der Biobrennstoffe

Bei zwei Dritteln der Machbarkeitsstudien liegen die für die ökonomischen Analysen zugrundegelegten Biobrennstoffkosten (Durchschnittskosten für die jeweilige Kombination von Biobrennstoffen) zwischen 20 und 40 DM/MWh, dies entspricht rund 90 bzw 180 DM/t TM. Hierbei ist die Ausgleichszahlung für die konjunkturelle Flächenstillegung berücksichtigt.

Nach den Angaben aus den Machbarkeitsstudien können diese Reststoffe - bei teilweise unterschiedlicher Konditionierung oder Transportentfernung - durchschnittlich zu folgenden Kosten frei Verwendungsanlage bereitgestellt werden:

Pflegeheu:	20 DM/MWh
Stroh:	22 DM/MWh
Waldrestholz:	24 DM/MWh

Demgegenüber wurden für die gezielt angebauten Energieträger im Durchschnitt der Angaben nahezu doppelt so hohe Kosten abgeleitet:

Ganzpflanzengetreide:	36 DM/MWh
Miscanthus:	42 DM/MWh
Holz aus Schnellwuchsplantagen:	46 DM/MWh
Energieheu:	51 DM/MWh

Die Überprüfung der Angaben der Machbarkeitsstudien zu den Kosten der Konditionierung, des Transports und der Lagerung führt jedoch zu der Einschätzung, daß in den meisten Fällen diese Kostengrößen in der Summe aus allen drei Komponenten um ca. 2 bis 10 DM/MWh zu gering angesetzt wurden.

Hinzu kommt, daß sich die Kosten der Biobrennstoffbereitstellung nach unseren eigenen Abschätzungen zusätzlich um rund 10 bis 20 % erhöhen, wenn Kostenkomponenten berücksichtigt werden, die meist bei den Kalkulationen der Machbarkeitsstudien vernachlässigt wurden. Beispiele hierfür sind die Verzinsung des Umlaufkapitals, die Versicherung des Feldinventars oder die Berücksichtigung einer Kalkdüngung.

Aufgrund dieser geschilderten Verhältnisse ist zu erwarten, daß bei kleinen Nachfragemengen zunächst diejenigen Biobrennstofflieferanten die Angebotssituation (Preise) bestimmen, die aufgrund besonders günstiger standörtlicher Rahmenbedingungen oder unter Verzicht einer vollen Kostenabdeckung bereit sind, Brennstoffe zu Preisen anzubieten, die unterhalb der bereits angeführten durchschnittlichen Kosten liegen.

Bei deutlich größeren Nachfragemengen nach Biobrennstoffen kann dieser Bedarf jedoch nur dann befriedigt werden, wenn die Preise die Vollkosten der Biobrennstoffbereitstellung abdecken (unter Berücksichtigung von Prämien).

3. Ökonomische Kenndaten der Anlagen zur Wärme-/Stromerzeugung

Neben den Kosten für die Bereitstellung der Biomasse hängt die Wirtschaftlichkeit der Projekte entscheidend von den vier Merkmalen ab:

- Erzielbare oder anlegbare Preise für Wärme und Strom,
- Spezifische Investitionen,
- Spezifische Betriebskosten,
- Zeitliche Auslastung.

Zusammen mit den Wirkungsgraden bei der Strom- und Wärmeerzeugung bestimmen diese vier Merkmale den Substitutionswert für den Biobrennstoff. Der Substitutionswert gibt an, wie teuer der angelieferte Brennstoff höchstens sein darf, damit das Projekt gerade noch wirtschaftlich ist.

3.1 Erzielbare Preise für die Lieferung von Wärme und Strom

Für Überschußstrom, der aus den Biomasseanlagen in das öffentliche Netz eingespeist wird, werden nach dem Stromeinspeisungsgesetz vom Dezember 1990 75 % des Durchschnittserlöses des aufnehmenden Energieversorgungsunternehmens bei der Stromabgabe an alle Letztverbraucher vergütet. 1993 waren dies etwa 138 DM/MWh$_{el}$, weitgehend unabhängig vom Standort.

Der erzielbare Erlös oder anlegbare Preis für Wärme, die in ein Nah- oder Fernwärmenetz eingespeist wird, oder der Preis für die dem Endverbraucher gelieferte Wärme ist dagegen stark von den Gegebenheiten des Standortes abhängig. Wenn man von Extremwerten absieht, ergibt sich eine Spanne von 44 bis 74 DM/MWh für die ins Netz eingespeiste Fernwärme. Tendenziell werden für größere Anlagen geringere Preise für die eingespeiste Fernwärme angegeben. Die Ursache hierfür dürfte hauptsächlich in einer verschärften Konkurrenzsituation größerer Anlagen, die auch größere Versorgungsgebiete beliefern, bestehen. Nur für Anlagen unter 15 MW werden anlegbare Preise angegeben, die über 68 DM/MWh für die Einspeisung von Fernwärme liegen.

Besonders geringe anlegbare Wärmepreise werden für gut ausgelastete Anlagen zur Bereitstellung von Prozeßwärme für Produktionsbetriebe angegeben.

Die Erkundung der standort- und leistungsspezifischen Konkurrenzsituation für die Wärmelieferung aus Biomasse verdient viel Aufmerksamkeit bei Einschät-

zungen zur Wirtschaftlichkeit von Projekten. Ein Unterschied von z.B. 15 DM/MWh für den erzielbaren oder vergleichbaren Wärmepreis für die Wärmeeinspeisung schlägt sich mit 9 bis 13 DM/MWh beim Substitutionswert nieder. Mit anderen Worten: Der Unterschied zwischen z.B. 55 DM/MWh und 70 DMMWh für die Wärmeeinspeisung kann einen Kostenunterschied von 35 bis 50 DM/t für den angelieferten Energieträger rechtfertigen.

3.2 Spezifische Investitionen

Für Anlagen ohne Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), also für Heizwerke und Dampferzeuger, liegen die Angaben zu spezifischen Investitionen (ohne Investitionen für die ggf. erforderliche Wärmeverteilung) bei durchschnittlichen Verhältnissen in der Größenordnung von 1 000 DM je kW Feuerungsleistung. Bei Anlagen mit KWK liegen sie um typisch 400 DM je kW Feuerungsleistung höher, Abweichungen von über 40 % von den genannten Zahlen sind keine Seltenheit.

Eine Zusammenschau der Angaben (vgl. Abbildung 5) läßt kein klares Muster einer Abhängigkeit von der Leistung der Anlagen erkennen. Dieser zunächst überraschende Befund ist darauf zurückzuführen, daß die Größendegressionseffekte auf die spezifischen Investitionen häufig ausgeglichen werden durch einen mit der Anlagengröße steigenden technischen und ökonomischen Aufwand zur Verringerung von Schadstoffemissionen und zur Erhöhung des Wirkungsgrades bei der Stromauskopplung.

Bei den gegenwärtigen Preiskonstellationen lohnt sich eine Stromauskopplung bei Feuerungsleistungen unter 5 bis 10 MW nicht. Anders liegen die Verhältnisse beim Einsatz von Pflanzenölen im BHKW mit Motoren.

Motor-Generator-Kombinationen zur Stromerzeugung aus Pflanzenölen können auch bei deutlich kleineren Leistungen (bis herab zur Größenklasse von 10 kW) Nettowirkungsgrade von über 20 % bei der Stromerzeugung erreichen.

3.3 Spezifische Betriebskosten

Für Quervergleiche zwischen den jährlichen Betriebskosten (ohne Brennstoffkosten) von sehr unterschiedlich gelagerten Projekten eignet sich die Umrechnung der Angaben der Machbarkeitsstudien auf einen Prozentsatz der Investitionssumme. Die Angaben hierzu streuen stark. In etwa der Hälfte der Fälle ergeben sich

jährlich 5 % bis 7,5 % der Investitionen. Die Analyse der Angaben zu den Teilkosten, die bei den Betriebskosten zu berücksichtigen sind, führt uns zu der Einschätzung, daß die spezifischen Betriebskosten in der Regel etwas nach oben zu korrigieren sind, auf etwa 7 % bis 10 % der Investition.

Eine solche Erhöhung der spezifischen Betriebskosten würde sich in einer Erhöhung der Kostenunterdeckung der Anlagen um etwa 5 bis 10 DM je MWh Inputenergie auswirken.

3.4 Zeitliche Auslastung

Die zeitliche Auslastung ist von großer Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der Projekte. Die Projektangaben hierzu liegen zwischen 1400 und 7000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr.

Überdurchschnittlich gute Anlagenauslastungen mit über 4500 Vollbenutzungsstunden jährlich sind verständlicherweise anzutreffen

- bei der Versorgung von Mehrschicht-Industriebetrieben mit Prozeßdampf,
- bei der Wärmeversorgung von Versorgungsgebieten mit vielen gewerblichen Abnehmern und öffentlichen Einrichtungen wie Krankenhäuser und Schwimmbäder, mit einem hohen Bedarf an Grundlastwärme,
- bei der Heizwärmeversorgung von Wohn- und Gewerbegebieten, sofern etwa 50 % der jährlichen Wärmehöchstlast oder mehr von (meist ölbefeuerten) Spitzenlastkesseln übernommen werden, für welche im übrigen nur relativ geringe Zusatzinvestitionen aufzubringen sind.

Bei näherem Hinsehen zeigt sich, daß fast alle Projekte mit einer Biomasse-Wärmeleistung oberhalb 10 MW eine Vollbenutzungsstundenzahl über 4000 h/a aufweisen. Es zeigt sich weiter, daß durchschnittliche und ungünstige (<3000 h/a) Auslastungen meist bei kleinen Leistungen und bei einfachen Feuerungstechnologien anzutreffen sind.

3.5 Substitutionswert

Aufgrund der Varianzen beim anlegbaren Wärmepreis, bei den spezifischen Investitionen, den spezifischen Betriebskosten und der zeitlichen Auslastung wird verständlich, daß sich für die Substitutionswerte ein breites Band ergibt, das bis auf 8 Fälle zwischen 0 und 20 DM/MWh für die Brennstoffenergie liegt.

Es zeigt sich, daß keines der Projekte hinsichtlich aller diskutierten Merkmale einheitlich entweder als günstig oder als ungünstig oder als durchschnittlich klassifiziert werden kann - jedenfalls soweit klare Angaben für alle Merkmale vorliegen. Es zeigt sich weiter, daß ungünstige Substitutionswerte in einigen Fällen hauptsächlich durch einen ungünstigen anlegbaren Wärmepreis, in anderen Fällen durch ungünstige spezifische Investitionen für die Biomassefeuerungsanlage oder für ein zugehöriges Wärmenetz und in wieder anderen Fällen durch eine ungünstige zeitliche Auslastung verursacht werden.

Für etwa die Hälfte der Projekte lassen sich aus den Angaben der Studie Werte in einem etwas engeren Band von 5 bis 15 DM/MWh ableiten. Diese engere Spanne bedeutet, daß bei den betroffenen Projekten zuschußfrei nur etwa 20 bis 60 DM je Tonne angelieferten Biobrennstoffs gezahlt werden könnte, um nicht in rote Zahlen zu gelangen.

Auf der Basis der von uns geschätzten erforderlichen Korrektur der durchschnittlich angesetzten Betriebskosten müßten diese Werte noch um etwa 20 bis 40 DM je Tonne angelieferter Biomasse nach unten korrigiert werden.

Die meisten ungünstigen oder sehr ungünstigen Werte sind bei kleinen Anlagen (unter 5 MW) anzutreffen.

4. Schlußfolgerungen

A Eine Durchsicht der Machbarkeitsstudien zeigt, daß kaum die Hälfte der in Zusammenhang mit den diskutierten Feuerungstechnologien erwähnten Herstellerfirmen inländische Firmen sind. Dies ist ein Hinweis auf den Sachverhalt, daß einige europäische Länder mit günstigeren ökonomischen Rahmenbedingungen für die energetische Nutzung von Biomasse einen gewissen Technologievorsprung gegenüber dem Stand in der BRD erreicht haben, der sich tendenziell vergrößert.

Es erhebt sich die Frage nach einem auf breite Anreizstiftung angelegten Förderprogramm zur Wärme-/Stromerzeugung aus Biomasse, das u.a. zu einer gewissen Eigendynamik bei der Technologieentwicklung führt und das den laufenden Modellversuch ergänzt.

B Zu den Zielen des laufenden Modellversuchs gehört der Miteinbezug von gezielt angebauten Energiepflanzen neben Stroh, Waldrestholz, Schwachholz und Pflegeheu, um für die Energiepflanzen auch die Praxis des Anbaus und der Logistik überprüfen und möglichst erfolgreich demonstrieren zu können.

Angesichts der großen verfügbaren Mengen an Stroh, Restholz und zunehmend auch Pflegeheu empfiehlt es sich, bei einem ergänzenden breiten Förderprogramm Kosten zu sparen und den gezielten Anbau von Energiepflanzen nicht zur Förderbedingung zu machen.

Wir gehen nun darauf ein, mit welchem Stützungsbedarf je Energieeinheit dabei ungefähr zu rechnen ist. Die vorliegenden Auswertungen der Machbarkeitsstudien ergeben einen Förderbedarf von etwa 30 DM je MWh Biobrennstoff, wenn nicht nur auf kleine Mengen und besonders günstige Verhältnisse abgezielt wird.

Dabei ist zu erwarten, daß die Schwelle zur Wirtschaftlichkeit nicht nur für Teile der land- und forstwirtschaftlichen Reststoffe, sondern bei günstigen Standortgegebenheiten auch z.B. für Triticale oder für eine extensive Heuproduktion erreicht oder überschritten werden kann.

Zum Vergleich: der in Deutschland bestehende Steuervorteil von "Biodiesel" gegenüber Gasöl beträgt umgerechnet 62 DM je MWh.

C Je nach dem Umfang der Stromauskopplung neben der Wärmeproduktion vermeidet eine MWh Biobrennstoffenergie (netto) Emissionen von etwa 0,22 bis 0,32 t CO_2. Vergleicht man dies mit einem Förderaufwand von 30 DM/MWh, so ergeben sich CO_2-Minderungskosten von etwa 90 bis 140 DM/t CO_2, also keine haarsträubenden Werte, sondern angesichts des CO_2-Minderungsziels vertretbare Werte.

D Wegen der Vorteile der breiten Anreizwirkung für Forschung, Entwicklung, und Demonstration wegen der Netto-CO_2-Minderung zu vertretbaren Kosten sowie angesichts der vielen Jahre, die voraussichtlich bis zu einer Realisierung einer Energie- oder CO_2-Steuer/Abgabe in anreizstiftender Höhe vergehen

werden, sowie angesichts vieler gut für die Wärme- und Stromerzeugung aus Biomasse geeigneter Standorte, die jährlich durch fossile Energieträger für lange Zeit besetzt werden, empfehlen die Autoren dieses Berichtes die Auflage eines auf Breitenwirkung angelegten Förderprogrammes. Dazu haben wir einen konkreten Vorschlag ausgearbeitet.

Nach Rücksprache mit dem Auftraggeber der vorliegenden Auswertung wird dieser Vorschlag an anderer Stelle veröffentlicht.

Anhang

Kurzbeschreibung der Machbarkeitsstudien

Gliederung

Vorbemerkungen		A-1
Nr. 1	Schönberg	A-5
Nr. 2	Arzberg	A-8
Nr. 3	Hannover	A-11
Nr. 4	Hilpoltstein	A-14
Nr. 5	Werder	A-17
Nr. 6	Rothenburg	A-21
Nr. 7	Reinsberg	A-24
Nr. 8	Schongau-Altenstadt	A-27
Nr. 9	Hettstedt	A-30
Nr. 10	Lübbenau	A-32
Nr. 11	Ludwigsfelde	A-35
Nr. 12	Sommerfeld	A-38
Nr. 14	Salzgitter	A-41
Nr. 15a	Eltmann	A-44
Nr. 15b	Knetzgau	A-47
Nr. 16	Apolda	A-50
Nr. 17	Ulm-Eselsberg	A-52
Nr. 18	Hohen-Luckow	A-54
Nr. 19	Dechtow-Karwesee	A-57

Nr. 20	Mühlhausen	A-60
Nr. 21	Friedland	A-62
Nr. 22	Gatersleben	A-65
Nr. 23	N. N.	A-68
Nr. 25	Fallingbostel	A-71
Nr. 26	Kaisersesch	A-74
Nr. 27	Eberswalde	A-76
Nr. 28	Niederzier	A-78
Nr. 29	Pfaffenhofen	A-81
Nr. 30	Sulzbach-Rosenberg	A-84
Nr. 31	Laage	A-88

Vorbemerkungen

Die nachfolgend dargestellten Kurzbeschreibungen sind gegliedert in:

1. Übersichtsangaben zum jeweiligen Projekt
2. Nachfrageseitige Standortbedingungen
3. Feuerungstechnik
4. Rohstoffbereitstellung
5. Ökonomische Merkmale
6. Umweltmerkmale

Die gemeinsame Gliederung soll Quervergleiche erleichtern. Es folgen erläuternde Angaben zu 1. bis 6.

1. Übersichtsangaben zum jeweiligen Projekt

Die Angaben hierzu sind für eilige Leser gedacht, die sich einen raschen Überblick über die Projekte verschaffen möchten.

2. Nachfrageseitige Standortbedingungen

Unter dieser Überschrift werden insbesondere solche Standortgegebenheiten benannt, die sich hauptsächlich auf die Art und den Umfang (nach Leistung und Arbeit) der örtlichen Wärmenachfrage beziehen. Gegebenenfalls werden vorhandene Teile des örtlichen Wärmeversorgungsystems genannt, die von den Biomassefeuerungsanlagen benutzt werden können bzw. in welche diese Anlagen eingepaßt werden sollen.

3. Feuerungstechnik

Unter der kurzen Überschrift werden auch Angaben zur Anlagentechnik jenseits der eigentlichen Feuerungstechnik gemacht.

4. Rohstoffbereitstellung

Die Angaben zur Rohstoffbereitstellung erstrecken sich auf pflanzenbaulich relevante Standortmerkmale, geschätzte Flächenerträge, angenommene Heizwerte, Bereitstellungskosten für die pflanzlichen Energieträger sowie auf den Umfang der regionalen Versorgungsbasis.

5. Ökonomische Merkmale

Hierunter werden Angaben für die zur Wärme-/Stromerzeugung aus Biomasse erforderlichen Investitionen (absolut und auf die Biomasse-Inputleistung (Angaben in DM/kW_{in}) bezogen) aufgeführt. Weiterhin werden Angaben zum Substitutionswert (in DM/MWh_{in}) je Energieeinheit der pflanzlichen Energieträger gemacht. Der Substitutionswert gibt an, wieviel der angelieferte Biomassestoff höchstens kosten darf, damit die Wärme-/Stromerzeugung nicht unwirtschaftlicher wird als bei dem jeweils konkurrierenden fossilen Energiesystem.

Der Substitutionswert ist in den Machbarkeitsstudien nicht ermittelt worden. In den Studien wurden andere und teilweise sehr unterschiedliche ökonomische Kenngrößen abgeschätzt, die Quervergleiche nicht immer leicht machen. In Kapitel IV.6 dieses Berichtes wird näher auf den Substitutionswert eingegangen. Als Differenz zwischen Substitutionswert und Bereitstellungskosten für die Biobrennstoffe ergibt sich die rechnerische Kostenunterdeckung (Angaben in DM/MWh_{in}), die ebenfalls sinnvolle Quervergleiche zwischen den Projekten ermöglicht.

6. Umweltmerkmale

Die Machbarkeitsstudien enthalten in unterschiedlicher Tiefe und Breite Angaben zu umweltrelevanten Merkmalen der Projekte. Solche Merkmale betreffen die Bereiche des Pflanzenbaus, der Emissionen aus Verbrennungsanlagen sowie (teilweise) Energie- und CO_2-Bilanzen.

Weil die Energie- und CO_2-Bilanzen erstens nur in einigen Machbarkeitsstudien beschrieben sind und zweitens je Energieeinheit des eingesetzten Biobrennstoffes ähnlich ausfallen, wird auf Angaben hierzu unter 6. verzichtet.

Ebenfalls keine Angaben werden unter 6. nachfolgend zu den Emissionen bei der Verbrennung gemacht. Die Gründe hierfür sind, daß der Kenntnisstand hierzu für unterschiedliche Verbrennungstechnologien und unterschiedlicheLastzustände recht unterschiedlich ist und daß die technische Auslegung der Rauchgasreinigung in der Regel in der ersten Projektphase noch nicht festgelegt ist.

Deshalb beschränken sich die in der Kurzbeschreibung der Machbarkeitsstudien unter 6. aufgeführten Umweltmerkmale weitgehend auf einige Angaben zum Bereich des Pflanzenbaus. Dabei wird auf Besonderheiten der jeweiligen Projekte abgehoben. Angaben zu weitgehend gemeinsamen Umweltmerkmalen der Projekte werden nicht gemacht.

Nr. 1	0319582 A	Schönberg	Schleswig-Holstein

Holzheizwerk Schönberg

Antragsteller: ESN Energiesysteme Nord GmbH

1. Übersicht

Versorgung eines Neubaugebietes, Nutzwärmeleistung 1,75 MW.

Biobrennstoff:

- Schnellwuchsgehölze von Kurzumtriebsplantagen, ungetrocknet (70%),
- Restholz aus der Knickpflege sowie Waldrestholz (30 %), zusammen 819 t TS/a.

Feuerungstechnik:

- Grundlastkessel (Biomasse): 1,0 MW bei 1,25 MW_{in}, 2950 h/a, (Rostfeuerung mit hydraulischer Schubstangenbeschickung)
- Spitzenlastkessel (Erdgas): 1,7 MW,
- „Sommerkessel" (Erdgas): 0,15 MW.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

- Wärmenetz noch nicht vorhanden,
- Nutzwärmebedarf: 1,75 MW (3500 MWh/a).

3. Feuerungstechnik

Für trockene Holzhackschnitzel ist die Rostfeuerung mit Schubstangenbeschickung eine bewährte Technik. Es ist ein Teillastbetrieb bis herab zu 20 % geplant. Vorgesehen sind die Installation einer Multizyklonentstaubung und einer Rauchgaskondensation.

4. Rohstoffbereitstellung

Standort: Bodenpunkte: 45 bis 65, teilweise bis 70; laubbaumfähige Standorte.

Brennstoffbedarf: rund 4 600 MWh/a, davon 80 % Biomasse bzw. rund 820 t TM/a.

Brennstoffbereitstellung: Holzhackschnitzel aus der Knickpflege (30 %), 70 % des Bedarfs sollen über Schnellwuchsplantagen (Pappeln, Weiden) abgedeckt werden, wobei bis zur ersten Ernte verstärkt auf Waldrestholz zurückgegriffen werden muß.

Nr. 1	0319582 A	Schönberg	Schleswig-Holstein

Holzheizwerk Schönberg

Antragsteller: ESN Energiesysteme Nord GmbH

4. Rohstoffbereitstellung – Fortsetzung –

Brennstoffpotential: Aus der Pflege der im zugehörigen Kreis Plön vorhandenen Knicks (ca. 4 000 km) könnten potentiell rund 6 000 t TM bereitgestellt werden. Im Umkreis von ca. 15 km um Schönberg gibt es ca. 1 600 ha Wald, aus dem nachhaltig 3 000 bis 4 000 fm (bzw. rund 1 200 bis 1 600 t TM) an Brennholz entnommen werden könnten.

Die Bereitstellungskosten (frei Verwender) wurden für Knickholz/Waldrestholz mit 20,8 DM/MWh (94 DM/t TM) bzw. für das in SWP angebaute Holz mit 32,4 DM/ MWh (146 DM/t TM) abgeschätzt. Auf eine Trocknung der erntefrischen Hackschnitzel wird verzichtet. Bei der Ableitung der Kosten für Hackschnitzel aus SWP wurde als Nutzungskostenansatz von einem Zieldeckungsbeitrag von 250 DM/ha ausgegangen. Veranschlagte Durchschnittskosten für die eingesetzten Brennstoffe: 29 DM/MWh.

5. Ökonomische Merkmale

Die geringe Größe des Holzheizwerkes (1 MW Wärmeeinspeisung, Investition 1,76 Mio DM) sowie die Investitionen für das erforderliche Nahwärmenetz (1,2 Mio DM) führen zu spezifischen Investitionen von 2 370 DM/ kW_{in} (ohne Wärmeverteilung 1 410 DM/kW_{in}).

Die Vollbenutzungsdauer des HW beträgt 2 950 Vollbenutzungsstunden jährlich. Aus den in der Studie angegebenen Daten läßt sich ein Substitutionswert von 9 DM/MWh_{in} berechnen. Dabei ist ein Landeszuschuß von 33 % zur Investition für das Nahwärmenetz (umgerechnet 5,8 DM/MWh_{in}) berücksichtigt, ohne den sich ein Wert von ca. 3 DM/MWh_{in} ergibt. In der Studie wird ein vergleichsweise hoher erzielbarer Wärmepreis von 85 DM/MWh für die Wärmeeinspeisung ins Netz angesetzt, der mit 19 DM/MWh Aufschlag für die Kosten der Wärmeverteilung zu 104 DM/MWh beim Durchschnittsverbraucher führt.

Bei den Durchschnittskosten für die Hackschnitzel von 29 DM/MWh_{in}, die bei dem erwarteten Bundeszuschuß für die Anlage der Plantage auf 25 DM/MWh_{in} sinken würden, ergibt sich eine Kostenunterdeckung von 20 DM/MWh_{in} (bzw. 16 DM/MWh_{in}).

Nr. 1	0319582 A	Schönberg	Schleswig-Holstein

Holzheizwerk Schönberg

Antragsteller: ESN Energiesysteme Nord GmbH

6. Umweltmerkmale

Die Anpflanzung von SWP auf 5 bis 7 % des Gemeindegebiets erhöht den sehr niedrigen Waldanteil der Region (Schleswig-Holstein: 9,7 %, Kreis Plön: 10 %).

Umweltrelevant ist die vorgesehene Verwertung von Knickholz und Waldpflegeholz.

Im Vergleich zur intensiven landwirtschaftlichen Nutzung der Fläche ist die Belastung von Boden und Wasser durch Düngemittel und PSM unter SWP geringer, was im genannten Wasserschongebiet von Vorteil ist.

Nr. 2	0319586 A	Arzberg	Sachsen

Kraftwärmekopplung mit Energiegetreide

Antragsteller: Agrargenossenschaft Arzberg

1. Übersicht

Es wurden vier HKW-Varianten zur Versorgung eines noch zu errichtenden Heiznetzes mit 1,63 bis 3,38 MW_{th} Anschlußleistung untersucht. Für die Stromerzeugung ist ein Dampf-Kolbenmotor mit 786 kW vorgesehen.

Biobrennstoff:

- Energiegetreide, Getreidestroh, ggf. Miscanthus von Versuchsflächen.

Feuerungstechnik:

- Vorofenfeuerung der dänischen Firma Petry.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Variante 1, auf dem „Stützpunkt" der Agrargenossenschaften mit Anschluß zusätzlicher Wohnblöcke, wird wegen der spezifisch geringeren Netzkosten als die interessanteste der betrachteten Varianten empfohlen. Dabei werden nur Wohngebäude versorgt. Mit der maximalen Heizleistung von 2,85 MW_{th} wird bei 1 800 Vollaststunden pro Jahr eine Jahresarbeit (inkl. Brauchwassererwärmung) von 5,14 GWh/a erbracht.

3. Feuerungstechnik

Von den beiden untersuchten Feuerungen wird die Vorofenfeuerung der Firma Petry wegen ihrer geringeren Investitionskosten vorgeschlagen. Sie wird mit aufgelösten Großballen betrieben. Leistung des Grundlastkessels: 874 kW_{th}, Leistung des Spitzenlastkessels (nur für Heizwärme): 2 537 kW_{th}. Der Spitzenlastkessel soll eventuell auch mit Biobrennstoffen, statt üblicherweise mit Öl, befeuert werden. Zusätzlich könnte ein wegschwenkbarer Ölbrenner an dem Vorofenkessel installiert werden.

Nr. 2	0319586 A	Arzberg	Sachsen

Kraftwärmekopplung mit Energiegetreide

Antragsteller: Agrargenossenschaft Arzberg

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: ø Bodenzahl: 43; Durchschnittserträge (Korn) bei W-Weizen und W-Gerste: 6,5 t/ha (Strohertrag: 4,55 t/ha).

Es werden verschiedene Varianten der Rohstoffbereitstellung diskutiert (Miscanthus, Ganzpflanzengetreide, Stroh), jeweils Ballenlinie.

Als Erträge (lufttrocken) sind unterstellt: Ganzpflanzengetreide: 8,8 t/ha; Miscanthus: 13,2 t/ha; Stroh: 4,06 t/ha.

Die Bereitstellungskosten frei Anlage wurden für Stroh mit 74 DM/t (= 18,80 DM/MWh), für Energiegetreide mit 244 DM/t bzw. nach Abzug der Flächenstillegungsprämie (660 DM/ha) mit 131 DM/t (= 33,20 DM/MWh) und für Miscanthus mit 226 DM/t TM bzw. nach Abzug der Flächenstillegungsprämie mit 176 DM/t TM (= 38,90 DM/MWh) abgeschätzt. Hierbei sind Nutzungskosten von 1 000 DM/ha angesetzt.

Biomassebedarf: rund 1 900 t Biomasse („lufttrocken"), hierfür wären 1/3 der Strohfläche ausreichend.

Veranschlagte Durchschnittskosten für die Brennstoffe: 38 DM/MWh.

5. Ökonomische Merkmale

Für die erforderliche Investition der Variante 1 für die Heizkraftanlage mit Ölspitzenkessel werden 906 000 DM (spezifisch 933 DM/kW_i) kalkuliert. Für das zu erstellende Nahwärmenetz sind bei der ausgewählten Variante 1 Investitionen in Höhe von 851 000 DM (298 DM/kW_{netz}) unterstellt.

Bei einer Stromvergütung von 140 DM/MWh_{el} und einer Wärmevergütung von 70 DM/MWh läßt sich ein Substitutionswert von – 4,6 DM/MWh_{in} errechnen, der in der Studie (wie auch in den anderen Machbarkeitsstudien) nicht ausgewiesen ist.

Mit den angegebenen Brennstoffkosten von 38 DM/MWh_{in} (als Durchschnitt) ergibt sich eine Kostenunterdeckung von 42,6 DM/MWh_{in}.

Nr. 2	0319586 A	Arzberg	Sachsen

Kraftwärmekopplung mit Energiegetreide

Antragsteller: Agrargenossenschaft Arzberg

6. Umweltmerkmale

Durch den extensiven Anbau von Energiegetreide (50 % – 70 % des üblichen Düngemitteleinsatzes sowie Halbierung oder totaler Verzicht auf PSM) ergeben sich Umweltvorteile gegenüber der konventionellen Produktion von Nahrungs- und Futtergetreide.

Nr. 3	0319585 A	Hannover	Niedersachsen

Anbau und energetische Nutzung von Biomasse als integraler Bestandteil eines ökologisch orientierten Energieversorgungs- und Wassergewinnungskonzeptes in Hannover

Antragsteller: Stadtwerke Hannover AG

1. Übersicht

Heizwerk bzw. Heizkraftwerk mit Dampfturbine zur Versorgung des Flughafens Langenhagen und ggf. weiterer Verbraucher. Untersuchung von vier Varianten. Die Leistung der vorgesehenen Wärmeerzeugungsanlage liegt je nach Variante zwischen 1 und 5 MW_{th}, die Wärmehöchstlast zwischen 3,5 und 18 MW_{th}. In Hinblick auf möglichst geringe öffentliche Zuschüsse je Energieeinheit Biobrennstoff schält sich die Variante mit 3 MW Fernwärmeeinspeisung und mit 0,66 MW_{el} als die günstigste heraus (Variante II). Die Entscheidung für ein HW oder ein HKW soll erst nach der Ingenieurstudie fallen.

Biobrennstoff:

- Unterschiedliche Biomassen, deren Anbau mit dem Ziel einer Grundwassersanierung oder -entlastung verträglich ist, mit Stroh als Zumischkomponente nach Silierung

Feuerungstechnik:

- Vergasung mit einem Festbettquerstromvergaser oder Gegenstromvergaser

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Der Flughafen benötigt 26 GWh/a bei einer Wärmehöchstlast von 18 MW_{th}. Davon soll das H(K)W in der Grundlast 18 GWh/a mit maximal 3 MW_{th} bereitstellen. Das ergibt eine Auslastung mit einer Vollbenutzungsdauer von 6 000 h/a. Mittel- und Spitzenlast werden aus den bestehenden Heizanlagen gedeckt, die auch für die Reservehaltung verwendet werden können.

3. Feuerungstechnik

Es wird die Vergasung von silierter Biomasse favorisiert. Es sind in Betracht:

- Festbettquerstromvergasung der Firma Wittwar. Mehrere Klein- und Großanlagen sind bei Möbelherstellern und Sägereien in Deutschland in Betrieb.
- Festbettquerstromvergasung der Firma Wamsler. Eine 4 MW-Anlage ist bei einem Möbelhersteller in Betrieb.
- Gegenstromvergasung der Firmen Volund oder Ahlstrøm. Von der Firma Vølund ist noch keine Anlage, von der Firma Ahlstrom sind mehrere Kleinanlagen in Skandinavien in Betrieb

Nr. 3	0319585 A	Hannover	Niedersachsen

Anbau und energetische Nutzung von Biomasse als integraler Bestandteil eines ökologisch orientierten Energieversorgungs- und Wassergewinnungskonzeptes in Hannover

Antragsteller: Stadtwerke Hannover AG

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: Sandböden (Feldkapazität: 75 mm); ø Jahresniederschlag: 620 mm bzw. 700 mm (zwei verschiedene Gemarkungen).

Das Ertragsniveau (jeweils mit Beregnung) des Standortes für W-Roggen (90 bzw. 30 mm Beregnung) liegt bei 50 dt/ha oder für Zuckerrüben (mit 120 bzw. 150 mm Beregnung) bei 400 bzw. 475 dt/ha. Zuckerrüben und Kartoffeln haben einen Fruchtfolgeanteil von zusammen 20 bis 50 %; aufgrund der Lage innerhalb eines großen Wassergewinnungsgebietes (30 000 ha) resultiert hieraus eine Beeinträchtigung der Grundwasserqualität (Nitrat, Pflanzenschutzmittel). Die Stadtwerke sind bereit, den Landwirten 800 DM/ha für den Wasserschutz zu bezahlen. Diskutiert wird die „immergrüne Fruchtfolge" nach Scheffer, mit der Erstfrucht W-Roggen und den Zweitfrüchten Mais und Gras (jeweils mit Beregnung). Das Erntegut wird gehäckselt und siliert, die Zweitfrüchte Mais und Gras werden zuvor technisch auf 50 % TS getrocknet, Stroh soll zur Erhöhung des TM-Gehaltes beigemischt werden.

Biomassebedarf (Variante II): 33 600 MWh bzw. rund 7 000 t TM pro Jahr.

Es wurde kein Pachtansatz unterstellt, vielmehr wurde davon ausgegangen, daß die Flächenstillegungsprämie von 649 DM/ha zur Deckung der Pacht und sonstigen Gemeinkosten ausreicht. Die Kosten des Brennstoffmix (jeweils 1/3 Roggen, Mais und Stroh) wurden mit 48 DM/MWh bzw. 119,4 DM/t FM (rund 200 DM/t TM) abgeleitet.

5. Ökonomische Merkmale

Die nachstehenden Angaben beziehen sich auf die Auslegungsvariante II der Studie (HKW mit 5,6 MW_{in} Biobrennstoffleistung, 3 MW Fernwärmeeinspeisung und 0,66 MW_{el}). Diese Variante weist den geringsten Stützungsbedarf je MWh Biobrennstoff auf.

Investition: 10,6 Mio DM, spezifisch: 1.893 DM/kW. Mit der angesetzten Leistungsgutschrift von umgerechnet 39 DM/ MWh_{el} ergibt sich ein Substitutionswert von 16,6 DM/MWh_{in} (ohne Leistungsgutschrift: 12 DM/MWh).

Nr. 3	0319585 A	Hannover	Niedersachsen

Anbau und energetische Nutzung von Biomasse als integraler Bestandteil eines ökologisch orientierten Energieversorgungs- und Wassergewinnungskonzeptes in Hannover

Antragsteller: Stadtwerke Hannover AG

5. Ökonomische Merkmale – Fortsetzung –

Bei Brennstoffkosten von 48 DM/MWh$_{in}$ für die diskutierte Silage-Mischung ergeben sich 36 DM/MWh$_{in}$ als Kostenunterdeckung.

Für Massengetreide als Biobrennstoff ergibt sich eine Kostenunterdeckung von 27 DM/MWh$_{in}$.

Wenn sich die Grundwasserschutz-Förderung des Projektes durch die Stadtwerke in Höhe von 800 DM/ha erhärtet, sind im Falle der kostenmäßig günstigsten Biomassenkombination etwa 12 DM/MWh$_{in}$ als Gutschrift verrechenbar.

6. Umweltmerkmale

Die beschriebenen Varianten des immergrünen Anbausystems (zwei Nutzungen pro Vegetationsjahr) führen im Vergleich zum Anbau von Sommerungen oder Wintergetreide zu einer Reduktion der Nitratauswaschung. Auch die Erzeugung von trockenem Massengetreide verringert die Gefahr der Stickstoffverlagerung. Auf den Einsatz von PSM wird verzichtet. Eine Bewässerung ist vorgesehen. Mit Geruchsbelästigungen ist zu rechnen.

Nr. 4	0310460 A	Hilpoltstein	Bayern

Machbarkeitsstudie Bioenergie Hilpoltstein (im Rahmen des Förderkonzeptes „Nachwachsende Rohstoffe" der Bundesregierung)

Antragsteller: Stadt Hilpoltstein

1. Übersicht

Blockheizkraftwerk (BHKW) mit drei Elsbett-Verbrennungsmotoren von je 200 kW_{th} + 168 kW_{el}, sowie 2 h-Kurzzeitspeicher für ein neu zu installierendes, 800 m langes Nahwärmenetz.

Biobrennstoff:

- Kaltgepreßtes und gefiltertes Pflanzenöl, bevorzugt Rapsöl. Auch extrahiertes und raffiniertes Pflanzenöl oder andere Öle sind prinzipiell, Gasöl-Kraftstoff uneingeschränkt verwendbar.

Feuerungstechnik:

- Verbrennungsmotor mit Direkt-Einspritzung.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Es sind ausschließlich Heiz- und Brauchwasser-Abnehmer zu beliefern. Versorgt werden kommunale Einrichtungen, wie Schulen, Stadthalle, Krankenhaus, Freibad, usw. Die Vorlauftemperatur beträgt 95 °C. Unter Berücksichtigung der mit 5 % unterstellten Verteilungsverluste sind 3,5 GWh/a bereitzustellen. Mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,95 ergibt sich eine Anschlußleistung von 2,4 MW.

3. Feuerungstechnik

Die Grundlast von maximal 600 kW_{th} wird je nach Lasthöhe gestaffelt von drei Motor-Generator-Modulen bei einer Vollbenutzungsdauer von im Mittel 4 600 h/a je Modul übernommen. Neben der Wärmeenergie werden rund 2,3 GWh/a elektrische Energie erzeugt. Die Wärmespitzenlast und -teillasten zwischen den gestaffelten Modulen werden von Erdgaskesseln übernommen.

Nr. 4	0310460 A	Hilpoltstein	Bayern

Machbarkeitsstudie Bioenergie Hilpoltstein (im Rahmen des Förderkonzeptes „Nachwachsende Rohstoffe" der Bundesregierung)

Antragsteller: Stadt Hilpoltstein

3. Feuerungstechnik – Fortsetzung –

Die Systemauslegung erfolgt so, daß der Ausfall eines Moduls die Wärme-Versorgungssicherheit nicht beeinträchtigt. Hierzu werden auch einige der vorhandenen Gaskessel weiterbenutzt. Es ist ein für 72 h unbeaufsichtigter Betrieb vorgesehen.

Eine Motor-Generalüberholung (Tauschmotor) ist nach jeweils 20 000 Betriebsstunden (Bh) vorgesehen, die der Generatoren nach jeweils 40 000 Bh.

4. Rohstoffbereitstellung

Standort: Bodenzahl: 40 bis 50; ø Jahresniederschlag: 652 mm; ø Jahrestemperatur: 7,8 °C.

Potentielle Rapsanbaufläche im Landkreis (bis 25 % Fruchtfolgeanteil): 550 ha; ø Rapsertrag: 30 dt/ha (91 % TS).

Als Nutzungskosten wurden 900 DM/ha unterstellt (ø Deckungsbeitrag von Getreide). Als Flächenstillegungsprämie wurde von 1139 DM/ha ausgegangen. Die Kosten der Bereitstellung von Rapsöl sind mit 84,4 DM/MWh veranschlagt.

5. Ökonomische Merkmale

Die Summe der Bruttoinvestitionen beträgt 2,824 Mio DM, davon entfallen 677 000 DM auf die Wärmeverteilung mit Hausübergabestationen. Bezogen auf die Brennstoffleistung (Rapsöl) von 1,21 MW_{in} ergeben sich spezifische Investitionskosten von 1 775 DM/kW_{in} (ohne Wärmeverteilung).

Bei den angesetzten Daten für die Lebensdauer der Anlage (20 a) und für einen Realzinssatz von 6 %/a ergeben sich spezifische Kapitalkosten von 32 DM/MWh_{in} (ohne Netz).

Für den Substitutionswert ergeben sich 52 DM/MWh_{in} und für die Kostenunterdeckung ca. 32 DM/ MWh_{in}.

Nr. 4	0310460 A	Hilpoltstein	Bayern

Machbarkeitsstudie Bioenergie Hilpoltstein (im Rahmen des Förderkonzeptes „Nachwachsende Rohstoffe" der Bundesregierung)

Antragsteller: Stadt Hilpoltstein

6. Umweltmerkmale

Im Vergleich zu den verdrängten extensiven Getreidearten (Roggen, Gerste) ist eine höhere N-Düngung erforderlich.

Im Vergleich mit Festbrennstoffprojekten ähnlicher Größe ist der Transportaufwand wesentlich geringer.

Um die Grenzwerte der (verschärften) TA-Luft einhalten zu können, ist bei den Motoren der Einsatz einer wäßrigen Harnstofflösung zur NO_x-Emissionsverringerung vorgesehen.

Den energetisch günstigen Verhältnissen bei der Verwendung des Rapsöls mit Kraft-Wärme-Kopplung (elektrischer Wirkungsgrad 40 %) steht der hohe Prozeßenergieaufwand bei der Gewinnung des Rapsöls gegenüber.

Nr. 5	0319588 A	Werder	Brandenburg

Machbarkeitsstudie Heizkraftwerk Werder / Havel

Antragsteller: Herbstreith und Fox GmbH

1. Übersicht

Zur Dampf- und Stromversorgung der Pektinfabrik in Werder soll ein Heizkraftwerk errichtet werden, wobei die Brennstoffoptionen Biobrennstoffe, Kohle, Heizöl und Erdgas mit jeweiligem Zuschnitt der HKW-Technik auf den Brennstoff bei gleich hoher Stromauskopplung verglichen werden.

Im Falle der Biobrennstoffe hat das HKW eine Feuerungsleistung von 30 MW.

Biobrennstoff:

Prinzipiell werden sehr unterschiedliche Energieträger diskutiert, die im Einzugsgebiet der Anlage verfügbar sind:

- Wald-Holzhackschnitzel (HHS),
- HHS aus Obstbaumschnitt,
- naturbelassene Abfälle (Kaffeespelzen, Nußschalen u. a.),
- Apfel- und Citrus-Trester,
- Energiegetreide, Gras.
- *Reservebrennstoff:* Braun- und Steinkohle, auch bei Mischungen mit Biobrennstoffen

Feuerungstechnik:

- Zirkulierende Wirbelschichtfeuerung (ZWSF) mit Sand als Bettmaterial.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Die Größenauslegung des HKW kann auf den Strom- und Dampfbedarf der Pektinfabrik ausgelegt werden. Dem entspricht eine Dampferzeugerleistung von 30 t Dampf pro Stunde bei 80 bar und 530 °C. Diese Leistung wird bei einer attraktiven jährlichen Auslastung von 7 000 Vollaststunden angefordert.

3. Feuerungstechnik

Eine zirkulierende Wirbelschichtfeuerung ist zur Dampferzeugung konzipiert. Detaillierte Angaben zur technischen Auslegung liegen noch nicht vor.

Vorgesehen ist eine Entschwefelung durch Kalkzugabe, die mit wenig Kalk betrieben werden kann.

Nr. 5	0319588 A	Werder	Brandenburg

Machbarkeitsstudie Heizkraftwerk Werder / Havel

Antragsteller: Herbstreith und Fox GmbH

4. Rohstoffbereitstellung

Standort: ø Ackerzahl: 24. Flächenausstattung im Kreis Potsdam: Ca. 2 000 ha stillgelegte Ackerfläche, ca. 2000 ha Obstfläche, ca. 633 ha Ackerfläche, ca. 850 ha Grünland, ca. 20 000 ha Wald.

Erträge: W-Roggen: 6 t FM/ha (88 % TS); Grünland (Heu): 6,5 t FM/ha (85 % TS); Obstbaumschnitt: 5,1 t FM/ha (70 % TS).

Biomassebedarf: rund 44 500 t TM/a bzw. 210 000 MWh/a.

Als Brennstoff wird ein Vielstoffgemisch aus Apfel-/Citrustrester, Kaffeespelzen, Nußschalen, Sisal-Jutesäcke und Hackschnitzel aus dem Obstbaumschnitt, aus der Forstpflege und aus Schnellwuchsplantagen (Kurzumtrieb) kalkuliert. Zusätzlich wird auch der Anbau von Energiegetreide, Gras, Miscanthus oder die Verwendung von Stroh diskutiert.

Potentielles Biomasseangebot: Heu: ca. 5 500 t TM; Obstbaumschnitt: ca. 9 700 t TM; Waldrestholz: ca. 50 000 t TM (dies scheint nach Expertenmeinung zu hoch angesetzt; es sollte nicht von 2,5 t TM/ha, sondern nur von ca. 1,3 t TM/ha ausgegangen werden!); Apfel-/Citrustrester: rund 13 500 t TM; Kaffeespelzen: rund 1800 t TM.

Die Wirtschaftlichkeitsrechnungen wurden auf der Basis von Hackschnitzeln aus Obstbaumschnitt und Waldrestholz durchgeführt, für die Bereitstellungskosten von 12 DM/MWh (57 DM/t TM) bzw. von 16,50 DM/ MWh (81 DM/t TM) abgeleitet wurden. Weiterhin wurden für Stroh 111 DM/t TM bzw. 24 DM/MWh, Heu 344 DM/t TM bzw. 89 DM/MWh, Miscanthus 410 DM/t TM bzw. 96 DM/MWh und SWP 523 DM/t TM bzw. 117 DM/MWh abgeschätzt. Als Zieldeckungsbeitrag zur Abdeckung der Arbeitsentlohnung (600 DM/ha), Investitionsrücklage (400 DM/ha) und Fixkosten (500 DM/ha) sind 1 500 DM/ha unterstellt.

Den ökonomischen Analysen liegen durchschnittliche Brennstoffkosten von 15,8 DM/MWh zugrunde.

Nr. 5	0319588 A	Werder	Brandenburg

Machbarkeitsstudie Heizkraftwerk Werder / Havel

Antragsteller: Herbstreith und Fox GmbH

5. Ökonomische Merkmale

Die Investition für das Biomasse-HKW wird mit 31,9 Mio DM angegeben (ohne Elektroteil). Bei 30 MW Feuerungsleistung ergibt sich ein spezifischer Wert von 1 063 DM/ kW_{in}, offenbar ohne Zuschläge für Unvorhergesehenes, für Ingenieursleistungen und Genehmigungskosten.

Die Wirtschaftlichkeit wurde im Vergleich zu einem kohlebefeuerten HKW, zu einem ölbefeuerten HKW und zu einem gasbefeuerten HKW abgeschätzt, wobei jeweils die gleiche Stromauskopplung unterstellt wurde.

Aus den in der Studie angegebenen Kosten- und Erlöspositionen lassen sich *Substitutionswerte* berechnen, die vom Vergleichs-HKW abhängen und wie folgt ausfallen:

- 13,0 DM/MWh_{in} – beim Vergleich mit Kohle-HKW,
- 17,7 DM/MWh_{in} – beim Vergleich mit Öl-HKW,
- 4,9 DM/MWh_{in} – beim Vergleich mit Gas-HKW.

Das Erdgas-HKW ist die kostengünstigste Alternative bei dem angegebenen Erdgaspreis von 30 DM/MWh.

Bei den angeführten Brennstoffkosten von 15,8 DM/MWh_{in} ergibt sich eine Kostenunterdeckung von 10,9 DM/MWh_{in}.

Diesem Zahlenraster liegt der in der Studie verwendete Zinssatz von 15 % zugrunde, ferner die kurze Verrechnungszeit für den Maschinenteil des HKW von 10 Jahren. Rechnet man mit einem Zinssatz von 8 %/a und 15 Jahren Verrechnungszeit für den Maschinenteil, so ergeben sich beim Vergleich mit einem Gas-HKW ein Substitutionswert von 12 DM/MWh_{in} und eine Kostenunterdekkung von etwa 4 DM/MWh_{in}.

Nr. 5	0319588 A	Werder	Brandenburg

Machbarkeitsstudie Heizkraftwerk Werder / Havel

Antragsteller: Herbstreith und Fox GmbH

6. Umweltmerkmale

Die energetische Nutzung von Durchforstungsholz, Obstbaumschnittgut und anderen pflanzlichen Pflege- bzw. Reststoffen (z. B. auch Kaffeespelzen) kann von Vorteil sein, weil damit eine ungeregelte und teilweise auch umweltbelastendere Entsorgung (z. B. Deponie) verhindert wird.

Die Studie weist daraufhin, daß der zu erwartende Schwermetallgehalt der Asche noch nicht hinreichend geklärt ist, und daß die Forstwirtschaft der Region kein Interesse an einer Rückführung der Holzasche als Dünger in die Wälder hat.

Nr. 6	0319595 A	Rothenburg	Sachsen

Modellvorhaben „BEGIN" Rothenburg / Oberlausitz

Antragsteller: Stadtverwaltung Rothenburg

1. Übersicht

Das ehemals vorhandene Blockheizwerk 4 x 6,5 MW ist z. Zt. durch einen ölbefeuerten Heizkessel (7 MW) ersetzt, der den gegenwärtigen Wärmebedarf abdeckt.

Erwartet wird ein zusätzlicher Leistungsbedarf von 7 MW für das Fernwärmenetz.

Das Modellvorhaben sieht vor, daß die Wärmeversorgung des Netzes überwiegend durch ein Bio-HKW mit einer Wärmeleistung von 15,8 MW erfolgt.

Biobrennstoff

- Hauptsächlich Waldrestholz (Hackschnitzel), auch feucht oder Getreideganzpflanzen (GGP) (Häcksel) oder Mix aus Waldrestholz, GGP, Miscanthus (Häcksel) und Stroh (Ballen).

Feuerungstechnik

- Stationäre Wirbelschichtfeuerung (Firma Ahlstrøm) mit nachgeschalteter Gegendruckturbine.
  - Brennstoffleistung 24,3 MW_{in}
  - Fernwärme 15,8 MW
  - Strom 5 MW (netto).

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Vom alten HW sind das Kesselhaus, der Kamin usw. vorhanden, ebenso das FW-Netz mit 6,6 MW Anschlußleistung.

Die aus der Gegendruckanlage maximal auskoppelbare Wärme (15,8 MW) übersteigt die künftig erwartete Wärmehöchstlast von ca. 14 MW.

Zur Auslastung werden als "Szenarien" 4400 und 5000 Vollbenutzungsstunden angegeben.

Nr. 6	0319595 A	Rothenburg	Sachsen

Modellvorhaben „BEGIN" Rothenburg / Oberlausitz

Antragsteller: Stadtverwaltung Rothenburg

3. Feuerungstechnik

Die vorgesehene Wirbelschichtfeuerung ist im Prinzip geeignet, Brennstoffe mit niedrigem Heizwert und hoher Feuchtigkeit zu verbrennen. Als Inertmaterial sind Sand oder Kalk vorgesehen. Durch Regelung einer Rauchgasrückführung soll die Wirbelbettemperatur unter dem Ascheerweichungspunkt gehalten werden.

Die Stromerzeugung und Wärmeauskopplung erfolgen über eine Gegendruckturbine.

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: Überwiegend Sandböden (AZ: 20 - 35), durchschnittlicher Jahresniederschlag: 450 bis 500 mm.

Lage: An der Grenze zu Polen, folglich kann aus deutscher Sicht die Rohstoffbereitstellung nur aus einem „Halbkreis" erfolgen. Bei Erfolg der mit Polen geplanten Zusammenarbeit kann die Rohstofffläche deutlich ausgeweitet werden.

Die derzeitigen Erträge im Getreideanbau (Korn + Stroh) liegen zwischen 7,5 und 9 t FM/ha (bei angesetzten 82 % TS).

Die Ertragsannahmen für Getreideganzpflanzen liegen bei 11 t FM/ha (82 % TS).

Für Miscanthus sind 20 – 25 t FM/ha, (bei 80 % TS) und für Schnellwuchsplantagen mit Pappeln 14 t TM/ ha unterstellt.

Als Pachtansatz wurde von 450 DM/ha ausgegangen.

Das angeführte Aufkommen (bis 30 000 t/a) an Waldrestholz (Borkenkäferplage) kann zu 60 bis 70 DM/t angesetzt werden.

Eine Flächenstillegungsprämie wurde nicht berücksichtigt (gutgeschrieben).

Die angesetzten Brennstoffkosten (ohne Berücksichtigung einer Flächenstillegungsprämie) sind unter Punkt 5 genannt.

Nr. 6	0319595 A	Rothenburg	Sachsen

Modellvorhaben „BEGIN" Rothenburg Oberlausitz

Antragsteller: Stadtverwaltung Rothenburg

5. Ökonomische Merkmale

Die Investitionssumme beträgt 24 Mio DM, dies entspricht spezifischen Investitionen von 1 000 DM/kW_{in}. Für 4 400 Vollbenutzungsstunden pro Jahr (Szenario 1) läßt sich ein Substitutionswert von 19 DM/MWh_{in} errechnen.

Die angesetzten Brennstoffkosten und die Kostenunterdeckungen sind auszugsweise nachstehend aufgeführt:

	Kosten	Kostenunterdeckung
HS Kiefer 2,3 MWh/t	26 DM/MWh_{in} (50 % Wasser)	7 DM/MWh_{in}
Getreide - Ganzpflanze 3,9 MWh/t	55 DM/MWh_{in}	36 DM/MWh_{in}
Miscanthus	36 DM/MWh_{in}	17 DM/MWh_{in}
Stroh	29 DM/MWh_{in}	10 DM/MWh_{in}
HS aus SWP	49 DM/MWh_{in} (45 % Wasser)	30 DM/MWh_{in}
Brennstoffmix * - ohne Flächenstill.prämie	37 DM/MWh_{in}	18 DM/MWh_{in}
Brennstoffmix * - mit Flächenstill.prämie	31,5 DM/MWh_{in}	12,5 DM/MWh_{in}

* bestehend aus: 47 % HS, 34 % GGP, 11 % Misc., 9% Stroh

6. Umweltmerkmale

Die Verwendung bereits vorhandenen Kiefernholzes ist ökologisch vorteilhaft, weil dies aus phytosanitären Gründen (Borkenkäferschutz) ohnehin eingeschlagen, abtransportiert und beseitigt werden sollte.

Nr. 7	0319596 A	Reinsberg	Sachsen

Modellversuch Nachwachsende Rohstoffe Reinsberg

Antragsteller: Heliotec Energiesystem

1. Übersicht

Neubau eines Biomasse-Heizwerks ca. 500 kW, als Ersatz für veraltete Kohle-Einzelheizungen (Varianten mit Heizkraftwerk wurden verworfen). Die Leistung des Ölspitzen- und -reservekessels ist mit 752 kW angegeben.

Biobrennstoff:

- Silage aus Winterroggen und Mais mit 50 – 55 % Wassergehalt, ergänzt durch Holzhackschnitzel aus Waldrestholz und /oder Stroh (20%).

Feuerungstechnik:

- Anlage der Firma A. P. Bioenergietechnik (Neumarkt/Bayern), eine Vorofenfeuerungsvariante mit nachgeschaltetem Heizkessel.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Das Fernwärmenetz (Vorlauf 90 °C/Rücklauf 55 °C) muß noch erstellt werden. In den Berechnungen wird von einer Wärmeabgabemenge des Biokessels von 1 939 MWh (ab Grenze Heizhaus) ausgegangen. Mehrere Einzelfeuerungsanlagen im Zentrum der Stadt (Burganlage (Hotel), kommunale Gebäude und kleiner Gewerbepark) sind technisch überholt. Es sollen auch private Gebäude mit angeschlossen werden. Die Vollaststundenzahl für die Gesamtanlage (Biomasse und Heizöl) beträgt etwa 1 900 h/a. Für den Biokessel werden knapp 4 000 h/a angegeben.

3. Feuerungstechnik

Vorgesehen ist eine Anlage der Firma A. P. Bioenergietechnik (Neumarkt/Bayern), eine Vorofenfeuerungsvariante mit nachgeschaltetem Heizkessel (dort ist auch der Zusatzölbrenner montiert).

Die Silage wird in Großballen angeliefert, kurzzeitig zwischengelagert und vor der Verbrennung durch langsamlaufende Ballenaufreißer zerkleinert. Mittels eines hydraulischen Schubbodens gelangt der Brennstoff in den Vorofen. Die Wärmeübertragung findet im eigentlichen Heizkessel statt, dort ist auch ein zweistufiger Ölbrenner für die Reserveleistung angeflanscht. Der Ölspitzenkessel steht neben dem Biomassekessel. Der hohe Anteil von Wasserdampf im Abgas bei der Verbrennung von Silage soll durch Kondensation der Rauchgase reduziert werden.

Nr. 7	0319596 A	Reinsberg	Sachsen

Modellversuch Nachwachsende Rohstoffe Reinsberg

Antragsteller: Heliotec Energiesystem

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: ø Jahresniederschlag: 710 mm; ø Jahrestemperatur: 7,9 °C; ø Ackerzahl: 49; Höhenlage: 280 - 370 m (NN).

Biomassebedarf: rd. 1 350 t/a bzw. rd. 5 300 MWh/a.

Diskutiert wird die „immergrüne Fruchtfolge" nach Scheffer mit W-Roggen und Silomais (jeweils Silagelinie) zur Deckung von 80 % des Biomassebedarfs. Durch Waldrestholz und/oder Stroh sollen die restlichen 20 % der Biomassebereitstellung abgedeckt werden. Für W-Roggen (Ganzpflanze) wird von einem Ertrag von 7,5 t TM/ha und bei Silomais von 11,5 t TM/ha ausgegangen.

Biomassepotential: Potentiell verfügbares Strohaufkommen: 3 000 t/a; Waldrestholz: rund 12 000 m^3 Hackschnitzel (Schüttgut), dies entspricht rund 2 400 t TM/a. Außerdem könnte auf der bereits stillgelegten Ackerfläche von 340 ha und auf 465 ha belasteter (Schwermetalle, Hüttenwerk) landwirtschaftlicher Nutzfläche, die aus der Nahrungs- und Futtermittelproduktion genommen werden muß, gezielt Biomasse zur energetischen Nutzung produziert werden (z. B. Bereitstellung von Getreideganzpflanzen).

Die Kosten der Silagebereitstellung (frei Verwendungsanlage), nach Abzug der Flächenstillegungsprämie (660 DM/ha), liegen bei 297 DM/t TM (Silomais) bzw. 278 DM/t TM (W-Roggen). Hierbei werden Lagerungskosten für die Silage von 70 DM/t TM und ein Masseverlust von 15 % der TM unterstellt. Bei den Kalkulationen wird ein Pachtansatz von 350 DM/ha berücksichtigt.

Als Bereitstellungskosten für die Silage werden 72,8 DM/MWh genannt.

5. Ökonomische Merkmale

Die für das Heizwerk erforderliche Investition beträgt 0,96 Mio DM (spezifisch 1 692 DM/kW_{in}). Hinzu kommen Verteilungskosten von ca. 40 DM/MWh für die Nahwärme.

Der Substitutionswert dürfte bei minus 10 DM/MWh_{in} liegen.

Bei den in der Studie genannten Kosten von 72,8 DM/MWh_{in} für die Anlieferung der Ganzpflanzensilage ergibt sich eine Kostenunterdeckung von circa 83 DM/MWh_{in}.

Nr. 7	0319596 A	Reinsberg	Sachsen

Modellversuch Nachwachsende Rohstoffe Reinsberg

Antragsteller: Heliotec Energiesystem

6. Umweltmerkmale

In Reinsberg werden Mais und Winterroggen (WR) möglichweise auch auf mit Schwermetallen kontaminierten Flächen (in der Umgebung der Freiberger Hüttenwerke) angebaut.

Mit Geruchsbelästigungen ist zu rechnen.

Nr. 8	0319593 A	Schongau-Altenstadt	Bayern

Biomasseheizkraftwerk Schongau-Altenstadt

Antragsteller: Kranbau Schuster

1. Übersicht

Heizwerk mit 19,8 MW Fernwärme oder Heizkraftwerk (Präferenz) mit 12 MW Fernwärme und 5 – 7,7 MW_{el} Strom.

Biobrennstoff:

- Ab 2000: Heu (80 %), Landschaftspflegeabfälle (20 %). Vor 2000, solange angestrebter Anteilswert von extensiv erzeugtem Heu noch nicht erreicht ist, bis zu 55 % an Getreideganzpflanzen (Triticale).

Feuerungstechnik:

- Stufenrost mit Wirbelkomponenten (Dr. Pauli).

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Wärmeabnahme längerfristig vermutlich günstig:

Wärmeversorgung eines Industriegebietes und einer Kaserne:

• Käserei	5 MW	21 000 MWh/a
• Strumpffabrik	2,3 MW	10 000 MWh/a
• Kaserne Altenstadt	8,3 MW	16 000 MWh/a
• Entsorgungszentrum	4,2 MW	7 000 MWh/a
• Insgesamt	19,8 MW	54 000 MWh/a

Die Kaserne Altenstadt ist jedoch erst ab 2000 vorgesehen.

Das Wärmeverteilungssystem besteht noch nicht.

3. Feuerungstechnik

Die Wirbelkomponenten in der Stufenrostfeuerung zielen auf hohe Turbulenz und hohen Ausbrand bei der Verbrennung ab.

Die Strom- und Wärmeauskopplung ist im Fall des HKW über eine Entnahme-Kondensationsturbine vorgesehen.

Für die Stromerzeugung werden 7 000 Vollbetriebsstunden des HKW veranschlagt.

Nr. 8	0319593 A	Schongau-Altenstadt	Bayern

Biomasseheizkraftwerk Schongau-Altenstadt

Antragsteller: Kranbau Schuster

4. Rohstoffbereitstellung

Nicht mehr benötigtes Dauergrünland: 19 000 bis 24 000 ha; unterstelltes Ertragsniveau des Dauergrünlandes (extensive Bewirtschaftung): rd. 6 t TM/ ha. TS-Gehalt: 85 %, H_u: 13,2 MJ/kg. Nutzungskostenansatz für Dauergrünland: 100 DM/ha.

Unterstelltes Ertragsniveau bei Triticale: rund 10 t TM/ha; potentiell stünden rund 60 000 t TM an Heu (50 %-Ansatz) und 75 000 t TM an Triticale zur energetischen Nutzung zur Verfügung; abgeleiteter Bedarf für die Verbrennung: ca. 60 000 t TM/a.

Angesetzte Preise frei Anlage: Heu: 120 DM/t (Marktpreis), Landschaftspflegeheu: 0 DM/t; daraus resultiert der unterstellte Mischpreis (80 % zu 20 %) von ca. 96 DM/t (= 26 DM/MWh). Nach Abzug der Prämie für extensive Grünlandbewirtschaftung (bis zu 650 DM/ha) resultieren sogar Rohstoffkosten frei Anlage von 56 DM/t.

Den ökonomischen Kalkulationen liegen Rohstoffkosten von 26 DM/MWh zugrunde.

5. Ökonomische Merkmale

Investition:

47 Mio DM für das HKW
28,9 Mio DM für das HW
(jeweils einschließlich 8 Mio DM für Fernwärmeleitungen).

Die spezifische Investition für das HKW beträgt 1 300 DM/kW_{in}. Hinzu kommen ca. 270 DM/kW_{in} für die Fernleitungen.

Substitutionswerte:

6 DM/MWh_{in} für das HKW
– 5 DM/MWh_{in} für das HW.

Die Kostenunterdeckung je Energieeinheit Input beträgt (bei Brennstoffkosten von 26 DM/MWh_{in}) 20 DM/MWh_{in} für das HKW und 31 DM/MWh_{in} für das HW.

Nr. 8	0319593 A	Schongau-Altenstadt	Bayern

Biomasseheizkraftwerk Schongau-Altenstadt

Antragsteller: Kranbau Schuster

6. Umweltmerkmale

Im Rahmen von Naturschutz- bzw. Kulturlandschaftsschutzprogrammen fällt Pflegegut an, das in bestimmten Fällen landwirtschaftlich nicht mehr verwertet werden kann. Die angesprochene Biomasse von Pflegeflächen, die nicht gedüngt und sehr spät geschnitten werden (Maximalsatz der Pflegeprämie: 650 DM/ha), könnte aufgrund der geringeren Rohproteingehalte und der höheren Rohfaseranteile einen höher zu bewertenden Brennstoff darstellen als das Energiegras von stickstoffgedüngten mehrschnittigen Grünlandstandorten.

Die Rauchgasreinigung erfolgt mit Mehrfachzyklon, Eindüsung von Kalkhydrat und Schlauchfilter.

Nr. 9	0319592 A	Hettstedt	Sachsen-Anhalt

Modellversuch Mansfelder Land

Antragsteller: Landratsamt Hettstedt

1. Übersicht

Umrüstung eines *Braunkohle-Heizwerks* mit Rostfeuerung auf Biomasse mit 5,7 MW Feuerungsleistung, 4,7 MW Fernwärme.

Biobrennstoff:

- Mix (Pellets/Holzhackschnitzel) aus Getreideganzpflanzen, Miscanthus, Schnellwuchsplantagen; ggf. Restholz bis zu 30 %, vor allem in der Anlaufphase.

Feuerungstechnik:

- Brennkammer mit Zonen-Vorschubrost.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Zu den wichtigen Standortmerkmalen gehören das vorhandene Braunkoheheizwerk und das vorhandene Wärmeverteilungssystem.

Die gesicherte Wärmeabnahme beträgt 4 MW bzw. 5,8 GWh (Raumheizung). *Zusätzlich geplant* ist die Lieferung von 5,8 MW Prozeßdampf für eine Mosterei. Zusammen ergäbe sich eine Wärmehöchstlast von 10,4 MW und eine Auslastung der Biomasseanlage von 3680 h/a, wenn die Spitzenlast durch Ölkessel (6 MW) abgedeckt wird.

3. Feuerungstechnik

Zur Anpassung der halmgutartigen Brennstoffe an die Brennkammer mit Zonen-Vorschubrost wird eine Pelletierung vorgesehen.

Die Rauchgasreinigung erfolgt nach Vorabscheidung durch einen Einfachzyklon mit einem nachgeschalteten Gewebefilter.

4. Rohstoffbereitstellung

Standort: ca. 500 mm Jahresniederschlag; teilweise mit Schwermetallen kontaminierte Flächen; Brennstoffmix (Pellets/Hackschnitzel): Ganzgetreide (45 %), Miscanthus (15 %), Schnellwuchsplantagen mit Pappeln (15 %) und Stroh (25 %).

Nr. 9	0319592 A	Hettstedt	Sachsen-Anhalt

Modellversuch Mansfelder Land

Antragsteller: Landratsamt Hettstedt

4. Rohstoffbereitstellung – Fortsetzung –

Bereitstellungskosten für den Brennstoff-Mix frei Anlage ohne Abzug der Flächenstillegungsprämie (650 DM/ha): 158 DM/t TM; nach Abzug der Prämie: 105 DM/t TM (= 24 DM/MWh). Heizwerte: Miscanthus: 4,53 MWh/t TM, Ganzgetreide: 4,44 MWh/t TM, SWP-Hackschnitzel: 4,72 MWh/t TM, Stroh: 3,96 MWh/t TM. Biomassebedarf: rund 4 850 t/a; potentiell verfügbares Biomasseaufkommen: rund 37 000 t/a. Als Ertragsniveau wurde bei Ganzgetreide von 9 t TM/ha und bei Miscanthus von 15 t TM/ha auf kontaminierten Flächen, ansonsten von 22,5 t TM/ha ausgegangen. Die Bereitstellung (20 km Transport) von Miscanthus kostet (ohne Flächenstillegungsprämie) als Ballen 140 DM/t TM, als Häcksel 145 DM/t TM und als Pellets 149 DM/t TM. Als Lohnansatz sind 8,40 DM/h unterstellt.

Als durchschnittliche Kosten werden 24 DM/MWh für den Brennstoffmix angesetzt.

5. Ökonomische Merkmale

Variante 4:

Erforderliche Investition:		3,81	Mio DM	
zuzüglich:		0,74	Mio DM	für Netzausweitung
Spezifische Investition:		794	DM/kW$_{in}$	mit Netzausweitung
		665	DM/kW$_{in}$	ohne Netzausweitung
Auslastung des Biomassekessels:		3680	h/a	
Substitutionswert ohne Förderung:		16,4	DM/MWh$_{in}$	
Kostenunterdeckung:	ca.	8	DM/MWh$_{in}$	

6. Umweltmerkmale

Der Anbau auf schwermetallbelasteten Flächen könnte langfristig sanierend wirken, vorausgesetzt, die Biomasse wird getrennt verbrannt und die anfallende Asche deponiert.

Nr. 10	0319594 A	Lübbenau	Brandenburg

Einsatz von Bio-Brennstoffen in Energieerzeugungsanlagen im HKW Lübbenau

Antragsteller: VEAG AG Berlin

1. Übersicht

Ersatz eines stillzulegenden Braunkohlen-HKW durch ein Heizkraftwerk, das überwiegend Biobrennstoffe verfeuern kann.

Feuerungsleistung: 40 MW

Biobrennstoff:

- Miscanthus 40 %, Waldrestholz-Hackschnitzel 40 %, Stroh und (Pflege-) Heu 20 %. Ein Zusatz von Braunkohle (bis 30 %) ist als Option vorgesehen.

Feuerungstechnik:

- Zirkulierende Wirbelschichtfeuerung *Stromauskopplung* über Gegendruck-Entnahmeturbine 7,5 MW_{el}.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Die Standortgegebenheiten sind charakterisiert durch das vorhandene Fernwärmenetz, durch nutzbare Teile der Altanlage sowie durch die weitgehend gesicherte Wärmeabnahme mit einer Spitzenlast von 72 MW. Das HKW übernimmt eine Wärme-Einspeisungsleistung von 28 MW. Dabei ergibt sich eine Vollbenutzungsdauer von 5586 h/a.

3. Feuerungstechnik

Die als Option vorgesehene Zumischung von Braunkohle kann die Ascheeigenschaften einiger Biobrennstoffe (insbes. geringe Ascheerweichungstemperaturen) günstig beeinflussen.

Die Fernwärmeauskopplung kann um ca. 30 % durch den Abwurf einer Turbine erhöht werden (Flexibilitätsvorteil), dabei wird jedoch die Stromerzeugung relativ stark verringert.

Nr. 10	0319594 A	Lübbenau	Brandenburg

Einsatz von Bio-Brennstoffen in Energieerzeugungsanlagen im HKW Lübbenau

Antragsteller: VEAG AG Berlin

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: ø Jahresniederschlag: 550 bis 600 mm; Niederschlag während der Vegetationsperiode (April bis September): 330 bis 360 mm. Für einen Ertrag von 20 t TM/ha wird von einem Niederschlagsbedarf während der Vegetationsperiode von etwa 500 mm ausgegangen. Flächenanteile: 18 % LN, 61 % Wald, 21 % sonstige Flächen.

Biomassebedarf: rund 43 700 t TM/a, gedeckt durch Miscanthus (16 200 t TM), Holzhackschnitzel (19 000 t TM) aus Waldrestholz sowie Überschußstroh und Heu aus dem Biosphärenreservat (zusammen 8 500 t TM). Hierbei wurde ein Einzugsradius für die Rohstofflieferung von 20 bis 30 km zugrundegelegt.

Potentiell verfügbares Biomasseaufkommen: Holzhackschnitzel (Umkreis 30 km): 30 000 t TM/a, bei 50 km Umkreis: 87 500 t TM/a; Überschußstroh und Heu: jeweils 13 500 t TM/a. Als potentielle Anbaufläche für Miscanthus wurde von 960 ha Rekultivierungsfläche des Bergbaus ausgegangen, davon 650 ha Aschekippflächen (25 t TM/ha), 280 ha Mischbodenflächen (15 t TM/ha) und 30 ha bergbaulich beeinflußte Ackerfläche (Ackerzahl: 28, Ertrag: 20 t TM/ha). Das ergibt einen Miscanthus-Durchschnittsertrag von 21,9 t TM/ha.

Bei Heu (Pflege-) und Überschußstroh wurde von einem Ertrag von 4,16 t TM/ha bzw. 2,08 t TM/ha ausgegangen. Zum Erntezeitpunkt wurden TS-Gehalte von 50 % (Holzhackschnitzel), 77 % (Miscanthus) und 83,3 % (Stroh und Heu) unterstellt. Als Heizwerte (H_u) wurden 18,18 GJ/t TM (Waldrestholz), 17,27 GJ/t TM (Stroh), 16,75 GJ/t TM (Miscanthus) und 17,62 GJ/t TM (Heu) angesetzt.

Zu Miscanthus wurden ausführliche Modellkalkulationen (Häcksel, Ballen, Compactrollen) durchgeführt, wobei die Ballenlinie in den Vordergrund gestellt wurde. Für die Quaderballen- und die Compactrollenpresse (mit mehr als doppelter Verdichtung) wurde die gleiche Schlagkraft (16 t TM/h) unterstellt.

Für Miscanthus (Ballenkette) wurden Bereitstellungskosten von 176 DM/t TM bzw. 140 DM/t TM (inkl. Flächenstillegungsprämie: 479 DM/ha) abgeschätzt. Hierbei liegen Pacht- und Gemeinkosten von 350 DM/ha zugrunde. Für Holzhackschnitzel und Stroh/Heu sind Bereitstellungskosten (frei Verwendungsanlage) von 140 DM/t TM bzw. von 112 DM/t TM veranschlagt.

Bei einem Mix aus Miscanthus, Waldrestholz-Hackschnitzeln und Stroh/Heu von 40 : 40 : 20 ergeben sich Bereitstellungskosten von 28 DM/MWh$_{in}$.

Nr. 10	0319594 A	Lübbenau	Brandenburg

Einsatz von Bio-Brennstoffen in Energieerzeugungsanlagen im HKW Lübbenau

Antragsteller: VEAG AG Berlin

5. Ökonomische Merkmale

Erforderliche Investition:	41,3	Mio DM
Spezifische Investition:	1033	DM/kW_{in}
Auslastung des WSF-Kessels:	5586	h/a
Substitutionswert ohne Förderung:	20,5	DM/MWh_{in}
Kosten für Bio-Brennstoff-Mix:	28	DM/MWh_{in}
Spezifische Kostenunterdeckung gemäß Studie:	7,5	DM/MWh_{in}

Im Falle von 30 % (energetisch) Braunkohle würde die Kostenunterdeckung geringer sein.

6. Umweltmerkmale

Der Anbau von Miscanthus ist (hauptsächlich) auf Aschekippenflächen und Mischbodenkippen vorgesehen.

Zur Erzielung der angegebenen Erträge (auch auf den Aschekippenflächen) ist eine Beregnung erforderlich.

Nr. 11	0310360 A	Ludwigsfelde	Brandenburg

Nachweis der wirtschaftlichen Nutzung von nachwachsenden Energierohstoffen, insbesondere C_4-Pflanzen „Miscanthus", im Heizwerk Ludwigsfelde

Antragsteller: ENRO Ludwigsfelde Energie-GmbH

1. Übersicht

Im Rahmen eines bestehenden größeren HKW-Systems, das von Rohbraunkohle (RBK) auf TA-Luft-verträgliche Energieumwandlungsanlagen umgestellt wird, ist ein Biobrennstoff-HKW für den oberen Teil der Wärmegrundlast geplant. Der untere Teil der Wärmegrundlast wird von der Abwärme gegenwärtig in einem BHKW installierter Gasmotoren mit 7,6 MW_{th} und 1,5 MW_{el} abgedeckt. Von vier untersuchten Verfahren wurde eines mit Vergasung und anschließender Verbrennung in einem Zyklonbrenner (Wamsler-Thermoprozessor) mit nachgeschaltetem Wasser-/Dampfkreislauf (Abhitzekessel mit einstufiger Gegendruckturbine) ausgewählt.

Biobrennstoff:

- Miscanthus, Holzhackschnitzel (vor allem in der Anlaufphase).

Feuerungstechnik:

- Gleichstromvergaser und Zyklonbrenner (Wamsler-Thermoprozessor).

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Die installierte Wärmeleistung des gesamten Netzes beträgt 105 MW_{th}.

Mit dem vorhandenen Netz werden über 4 000 Wohnungen und ein Gewerbegebiet („Industriepark") mit 215 GWh/a Nahwärme versorgt.

Die Biobrennstoffanlage, mit zwei parallel betriebenen Vergasermodulen und einem dritten als Redundanz für plan- oder unplanmäßige Abschaltungen eines der beiden in Betrieb befindlichen Module, kann in dem freiwerdenden Gebäude auf dem Gelände des alten RBK-Heizwerks in Stadtrandlage mit günstiger Transportanbindung untergebracht werden.

Nr. 11	0310360 A	Ludwigsfelde	Brandenburg

Nachweis der wirtschaftlichen Nutzung von nachwachsenden Energierohstoffen, insbesondere C_4-Pflanzen „Miscanthus", im Heizwerk Ludwigsfelde

Antragsteller: ENRO Ludwigsfelde Energie-GmbH

3. Feuerungstechnik

Die geplante Anlage soll wärmegeführt bei gleitender Vorlauftemperatur (bis 120 °C) und einer Anschlußleistung von 7,6 MW_{th} eine Jahresarbeit von rund 51 GWh_{th} sowie mit einer elektrischen Nettoleistung von 1,5 MW_{el} eine Jahresarbeit von 10 GWh_{el} bereitstellen. Für die Wärmebereitstellung errechnet sich daraus eine Vollbenutzungsdauer von 6 750 h/a, aus der geordneten Jahresdauerlinie ergibt sich eine Vollaststundenzahl von 6 500 h/a.

Bezogen auf die Gesamtleistung des Fernwärmenetzes ist der Biobrennstoff-Leistungsanteil relativ gering, so daß auch ein Totalausfall der Vergaser keinen wesentlichen Einfluß auf die Fernwärme-Versorgungssicherheit hat, zumal die Zyklonbrenner je mit bis zu 4 MW_{th}-Stützfeuerung betrieben werden können.

In den 6 MW-Gasgeneratoren der Firma Wamsler wird gehäckselter Brennstoff im Gleichstromverfahren verschwelt und in einem jeweils nachgeschalteten Zyklonbrenner verbrannt. Um Brennkammerbelastung und (thermische) NO_x-Bildung gering zu halten, wird die Brennkammertemperatur durch Rauchgasrückführung auf 1050 °C begrenzt. Der im Rauchgas mitgeführte Wasserdampf dient mit als Vergasungsmittel für den während der Verschwelung im Vergaser entstehenden Koks.

Für das An- und Abfahren der Vergaser wird Rapsöl als Zündbrennstoff eingesetzt. Die Anlage ist für einen beaufsichtigungsfreien Betrieb von 24 h ausgelegt.

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: Leichte bis mittlere anlehmige Sandböden mit Ackerzahl 21 bis 35; ø Jahresniederschlag: ca. 550 mm; von Mai bis August fallen rund 240 mm.

Brennstoffbedarf: 18 240 t TM/a bzw. 81 000 MWh/a.

Nr. 11	0310360 A	Ludwigsfelde	Brandenburg

Nachweis der wirtschaftlichen Nutzung von nachwachsenden Energierohstoffen, insbesondere C_4-Pflanzen „Miscanthus", im Heizwerk Ludwigsfelde

Antragsteller: ENRO Ludwigsfelde Energie-GmbH

4. Rohstoffbereitstellung – Fortsetzung –

Miscanthus wird in 15- bzw. 20-jähriger Dauerkultur als Energieträger angebaut; ø Ertragsniveau 17 t FM/ha. Zum Erntezeitpunkt (Produktion von Compactrollen) wurde ein TS-Gehalt von 80 % unterstellt. Bei 17 Nutzungsjahren (20-jährige Dauerkultur) wurde von Biomassebereitstellungskosten frei Anlage von 153 DM/t FM bzw. von 113 DM/t FM (nach Abzug der Flächenstillegungsprämie: 479 DM/ha) ausgegangen. Als Kosten für Pacht und Gemeinkosten wurden 400 bis 500 DM/ha, für Pflanzgut 0,60 DM/Pflanze, für Ernte, Lagerung und Transport 20 bis 25 DM/t FM und für die Rekultivierung dieser Miscanthusflächen 499 DM/ha unterstellt.

Den ökonomischen Berechnungen der Studie liegen Bereitstellungskosten von 113 DM/t FM bzw. 31 DM/MWh zugrunde.

5. Ökonomische Merkmale

Die Investition für das HKW wird auf 20 Mio DM geschätzt, woraus sich bei einer Brennstoff-Wärmeleistung von 12 MW_{in} spezifische Investitionskosten von 1 667 DM/kW_{in} ergeben.

Bei jährlich 6750 Vollbenutzungsstunden ergibt sich ein Substitutionswert von ca. 12 DM/MWh_{in}. Diesem Wert stehen laut Einschätzungen der Studie Kosten von 31 DM/ MWh_{in} für Miscanthus gegenüber, woraus eine Kostenunterdeckung von 19 DM/MWh_{in} resultiert.

6. Umweltmerkmale

Vorgesehen ist der konzentrierte Anbau von Miscanthus (1 300 ha) in der Nähe des Kraftwerkstandortes.

Die angestrebten Erträge (15 bis 25 t TM/ha) werden eine Bewässerung (auch nach der Anwuchsphase) erfordern.

Nr. 12	0319597 A	Sommerfeld	Brandenburg

Bioenergie Sommerfeld – Machbarkeitsstudie

Antragsteller: FDE Stuttgart / IAG Berlin

1. Übersicht

3 MW (Fernwärme) Biomasse-Heizwerk, ergänzt durch 4 MW-Erdgas-Spitzenlastheizwerk für eine Klinik, ein Hotel und eventuell einen Freizeitpark.

Biobrennstoff:

- Rhinluchgras (bis zu 100 % des Biomassebedarfs), ergänzend Getreideganzpflanzen (Winterroggen) und Reststroh.

Feuerungstechnik:

- Noch nicht entschieden. Nach einer Vorauswahl bleiben 4 Alternativen: Wamsler-Brenner sowie drei Rostfeuerungs-Varianten.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Hauptabnehmer der Fernwärme ist die Klinik, auf deren Gelände das HW gebaut werden soll. Eine vertraglich abgesicherte Entscheidung der Klinik für das HW hängt u. a. auch von der Klärung der Eigentumsverhältnisse für Grund und Boden ab.

Die Wärmehöchstlast des Versorgungsgebietes (die folgenden Angaben werden auf die „Ausbauvariante" mit Freizeitpark bezogen) beträgt mit 85 % Gleichzeitigkeitsfaktor ca. 7 MW.

3. Feuerungstechnik

Die Studie beschreibt eine Vorauswahl, nach der immer noch 4 Optionen offen gehalten werden:

- Zigarrenbrenner
- Strohfeuerungsanlage von NordFab/Weiss
- BL-Modul von Firma Kessel-Loos
- Wamsler-Thermoprozessor.

Nr. 12	0319597 A	Sommerfeld	Brandenburg

Bioenergie Sommerfeld – Machbarkeitsstudie

Antragsteller: FDE Stuttgart / IAG Berlin

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: Niedermoorgebiet

Als Energieträger werden Gras (Pflegegut) aus dem Niedermoorgebiet, Ganzgetreidepflanzen und Stroh diskutiert. Potentiell stehen 11 900 t Biomasse (80 % TS) zur Verfügung, davon 6 100 t Heu aus dem Niedermoorgebiet, 4 700 t Getreideganzpflanzen und 1 100 t Stroh. Der Brennstoff wird als Quaderballen bereitgestellt.

Biomassebedarf (Ausbauvariante): 4 800 t FM/a (80 % TS).

Für Pacht (Dauergrünland) werden 78 DM/ha, für Ackerland 115 DM/ha erwartet. Gemeinkosten werden mit 100 DM/ha veranschlagt.

Stroh könnte zu 101 bzw. 121 DM/t TM bereitgestellt werden. Ganzgetreide wäre (nach Abzug der Flächenstillegungsprämie von 479 DM/ha) für rund 127 DM/t TM verfügbar.

Die abgeleiteten Kosten (Ausbauvariante) der Biomassebereitstellung (frei Verwendung) liegen nach Abzug der Extensivierungsprämie für das Dauergrünland (300 DM/ha) bei rund 90 DM/t TM bzw. 18 DM/MWh.

5. Ökonomische Merkmale

Nachfolgend werden ökonomische Merkmale der Ausbauvariante dargestellt. Für diese Variante sind die Zahlenangaben etwas günstiger und vollständiger als für die Referenzvariante ohne Freizeitpark.

- Investition: 7,2 Mio DM
- Zuzüglich für Wärmeverteilung: 1,8 Mio DM

Die spezifische Investition beträgt 2 440 DM/kW$_{in}$ (ohne Wärmeverteilung).

Der angemessene Leistungsanteil des Bio-HW an der Höchstlast (ca. 3/7) läßt 6 400 Vollbenutzungsstunden erwarten.

Aus den Daten der Studie ergibt sich ein Substitutionswert von minus 6 DM/MWh$_{in}$. Dabei wurde mit einem Zinssatz von 6 %/a und einer Lebensdauer der Anlage von 20 a gerechnet.

Bei den mit 18 DM/MWh$_{in}$ angesetzten Kosten für die Bereitstellung des Brennstoffes ergibt sich eine Kostenunterdeckung von 24 DM/MWh$_{in}$.

Nr. 12	0319597 A	Sommerfeld	Brandenburg

Bioenergie Sommerfeld – Machbarkeitsstudie

Antragsteller: FDE Stuttgart / IAG Berlin

6. Umweltmerkmale

Die 7 000 ha umfassenden Rhinluchflächen sind in Teilen bereits als Naturschutz- bzw. Trappenschonzone ausgewiesen. Eine Bewirtschaftung ist nur unter Einhaltung von Auflagen zur extensiven Bewirtschaftung möglich.

Mit der extensiven Nutzung des zusammenhängenden Grünlandgürtels als Biobrennstofflieferant könnte ein Ersatz für den stark zurückgegangenen Grünfutterbedarf durch die Tierhaltung geschaffen und die Erhaltung und Pflege des Grünlands gesichert werden.

Der trotz extensiver Produktionsweise (keine PSM, keine mineralische N-Düngung, 1- bis 2malige Nutzung) im Vergleich zu Stroh oder Holz hohe Stickstoff- und Kaligehalt des Energiegrases stellt hohe Anforderungen an eine emissionsarme Verbrennungsanlage. Das Heizwerk soll auf dem Gelände einer Klinik errichtet werden.

Nr. 14	0319583 A	Salzgitter	Niedersachsen

Prozeßwärme-, Energieerzeugung in Salzgitter

Antragsteller: Preussag AG Hannover

1. Übersicht

In einer stationären atmosphärischen Wirbelschichtfeuerung (WSF) soll siliertes Pflanzenmaterial mit 50 % TS bis mindestens zu 37 % TS von „immergrünen" Ackerflächen verbrannt werden. Die erzeugte Wärmemenge wird mit Thermoöl (Vorlauftemperatur 250 °C) an einen Plattentrockner (Anschlußleistung 3,8 MW_{th}) der Gipskartonfabrik Fels-Werke GmbH geliefert.

Biobrennstoff:

- Silage aus Mais und Getreide-Ganzpflanzen aus einem „Zweikultur-Nutzungssystem", ggf. Zumischung von Stroh.

Feuerungstechnik:

- Stationäre Wirbelschichtfeuerung.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Da nur ein einziger Abnehmer, mit Betriebszeiten von 5 000 bis 6 600 h/a als Verbraucher vorhanden ist (für die Berechnungen wurden 6 000 h/a unterstellt), ist der Betrieb der Anlage stark vom Produktionsablauf im einzelnen abhängig. Bei einer Verfügbarkeit des Trockners von 85 % können Produktionsunterbrechungen bis zu mehreren Stunden auftreten. Dies erfordert eine sofortige Unterbrechung der Heizwärmezufuhr, die dann mit Hilfe zusätzlicher technischer Maßnahmen (Notkühler) kurzfristig umgeleitet werden muß. Andererseits darf aber eine Störung der Biobrennstoffanlage nicht den Produktionsprozeß behindern. Deswegen wird als Backup die Ölkesselanlage der Gipskartonfabrik betriebsbereit gehalten.

3. Feuerungstechnik

Als Verbrennungssystem wird eine WSF ohne Ascheumlauf der Firma Raschka gewählt, weil von dieser Anlage aufgrund ihrer verbrennungstechnischen Eigenschaften eine umweltverträgliche Verbrennung des feuchten Silage-Brennstoffs erwartet wird. Beim Verbrennungsvorgang eventuell zuviel ausgetragene Bettasche kann gleitend durch Sand ersetzt werden.

Vorgesehen ist eine Bett-Temperatur von 810 bis 850 °C.

Nr. 14	0319583 A	Salzgitter	Niedersachsen

Prozeßwärme-, Energieerzeugung in Salzgitter

Antragsteller: Preussag AG Hannover

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: Es werden zwei verschiedene Standorte (landwirtschaftliche Betriebe) vorgestellt: Bodenart: sandiger Lehm (60 % bzw. 80 %) bis lehmiger Ton; Ackerzahlen: 63 bzw. 81; beide landwirtschaftliche Betriebe haben zusammen rund 1000 ha zuckerrübenfähige AF; ø Jahresniederschlag (1982-92): 647 mm; ø Jahrestemperatur: 8,7 °C. Der Anteil der Zuckerrüben in der Fruchtfolge beträgt 26 % bzw. 18 %.

Diskutiert wird die „immergrüne Fruchtfolge" nach Scheffer, mit W-Getreide (Erstfrucht) und Mais (gepflanzt oder gesät), Silagelinie.

Die Erträge für die Zweitkultur (Mais) wurden mit 11 bzw. 17 t TM/ha angenommen, so daß am günstigen Standort von einem Gesamtertrag (inkl. Erstkultur) von 30 t TM/ha ausgegangen wurde.

Biomassebedarf: rund 7 200 t TM/a.

Die Bereitstellungskosten für Biomasse frei Anlage wurden mit 64,1 DM/MWh (rund 300 DM/t TM) abgeschätzt, abzüglich der Flächenstillegungsprämie (582 DM/ha) resultieren hieraus rund 60 DM/MWh (280 DM/t TM).

Als Pacht wurden 400 DM/ha, als Gemeinkosten 320 DM/ha, als allgemeiner Arbeitsaufwand 285 DM/ha und als Lohn 35,25 DM/AKh bzw. 28 DM/AKh angesetzt.

5. Ökonomische Merkmale

Es werden *Investitionen* von 10,9 Mio DM angegeben. Im Verhältnis zur Brennstoffleistung von 5,6 MW_{in} ergibt sich ein Wert von 1 940 DM/kW_{in} (ohne Wärmeverteilung, ohne Stromauskopplung).

Wenn man die üblichen Daten: Zins 8 %/a sowie 15 Jahre ökonomische Lebensdauer ansetzt, ergibt sich insgesamt ein *Substitutionswert* für die Biomasse von etwa minus 41 DM/MWh_{in}.

Bei *Bereitstellungskosten* für die pflanzlichen Rohstoffe von etwa 60 DM/MWh ergibt sich eine *Kostenunterdeckung* von ca. 100 DM/MWh_{in}.

Nr. 14	0319583 A	Salzgitter	Niedersachsen

Prozeßwärme-, Energieerzeugung in Salzgitter

Antragsteller: Preussag AG Hannover

6. Umweltmerkmale

Die mit dem „Zweikultur-Anbausystem" erzielbaren hohen Biomasseerträge (30 t TM/ha) führen trotz des hohen Wassergehalts und der damit verbundenen Absenkung des Heizwertes sowie der Silierverluste zu relativ großen Netto-CO_2-Einsparungen pro Hektar und Jahr.

Das „Immergrün-Anbausystem" ist allerdings mit einer intensiveren Nutzung der Ressourcen Boden und Wasser sowie einem auf Hektar und Jahr bezogenen insgesamt höheren Düngemitteleinsatz verknüpft als die konventionelle landwirtschaftliche Nutzung. Ganzflächig wird auf PSM verzichtet.

Für die Wirbelschicht-Verbrennungsanlage wird ein Teil der Verbrennungsluft des Biomassekessels über den Bunkerbereich angesaugt, um Geruchsbelästigungen aus der Silierung entgegenzuwirken.

Nr. 15a	0310374 A	Eltmann	Bayern

Dampfkessel für eine Papierfabrik in Eltmann

Antragsteller: Unterfränkische Überlandzentrale e.G. (UÜZ)

1. Übersicht

Für die im Aufbau befindliche Papierfabrik der Firma Palm soll eine Energieversorgungsanlage geplant werden. Innerhalb eines Gas- und Dampfturbinenprozesses mit einer Frischdampfleistung von 30 MW_{th} soll ein Teil der erforderlichen Frischdampfmenge von einem Biobrennstoffkessel mit einer Rostfeuerung bei einer Leistung von 5 MW_{th} bereitgestellt werden. Beide Teil-Dampfströme werden gemeinsam in einer Gegendruck-Dampfturbine entspannt. Die elektrische Gesamtleistung von 16,25 MW_{el} steht für Eigenbedarf (1,8 GWh_{el}/a) und Einspeisung in das EVU-Netz (114 GWh_{el}/a) zur Verfügung, der Abdampf der 3,8 MW-Turbine wird nach Zugabe von Einspritzwasser mit 150 °C bei 4 bar in leicht überhitztem Zustand an die Papiermaschine geliefert.

Biobrennstoff:

- Industrierestholz-Hackschnitzel (50 %), Energiegetreide (Ballen, 17 %), Energieackergräser (Ballen, 33 %), außerdem diskutiert: Miscanthus und Stroh.

Feuerungstechnik:

- Rostfeuerung (Petry-Anlage)

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Die Papierfabrik benötigt rund 37 t/h Prozeßdampf während 7 200 Betriebsstunden pro Jahr. Er wird der Gegendruck-Dampfturbine entnommen. Der vorgesehene Biobrennstoffkessel erbringt mit 36 GWh/a etwa 17 % der benötigten Frischdampfmenge für die Turbine (Dampfparameter: 45 bar, 400 °C).

3. Feuerungstechnik

Wegen höherer Brennstoffflexibilität und auch aus Kostengründen wurde von den zwei diskutierten Verfahrenskonzepten ein sogenannter Tunneldurchbrandbrenner der Fa. Petry ausgewählt, der eine Kombination von Pyrolyse und Verbrennung erlaubt. Diese Möglichkeit könnte für mäßig feuchte Biobrennstoffe von Nutzen sein.

Nr. 15a	0310374 A	Eltmann	Bayern

Dampfkessel für eine Papierfabrik in Eltmann

Antragsteller: Unterfränkische Überlandzentrale e.G. (UÜZ)

3. Feuerungstechnik – Fortsetzung –

Zur Reservehaltung ist ein Gaskessel gleicher Leistung wie der Biobrennstoffkessel vorgesehen, jedoch nur mit den Zustandsparametern des Prozeßdampfs. Der Gaskessel speist seinen Dampf hinter der Dampfturbine ein, im Gegensatz zum Biobrennstoffkessel, der Frischdampf an den Eintritt der Turbine liefert. Durch diese Maßnahme kann der Reservekessel, der auch den „Dampfausfall" einer Gasturbine abdecken kann, billiger ausgeführt werden.

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: ø Jahrestemperatur: 8 °C; nähere Standortspezifikationen sind nicht beschrieben.

Biomassebedarf: 11 847 t/a bzw. 42 650 MW/a, davon ca. 5 460 t/a (87 % bzw. 85,5 % TS) Energiegetreide (17 %) und Ackergräser (33 %), dies entspricht rund 500 ha Ackerfläche. Die Ballenkette wird favorisiert. Der verbleibende Bedarf (50 %) soll über Industrierestholz (Hackschnitzel, 74 % TS) abgedeckt werden.

Die Kosten der Biomassebereitstellung sind nicht selbst abgeleitet, sondern wurden von CARMEN übernommen; standörtliche Besonderheiten finden somit keine Berücksichtigung. Es werden folgende Bereitstellungskosten für die Biomasse unterstellt: Industrierestholz (Hackschnitzel): 30 DM/t (9 DM/MWh), Energiegetreide und Ackergräser (jeweils Ballen): 170 DM/t (44 DM/MWh), Miscanthus (85,5 % TS, Ballen): 221 DM/t (53 DM/MWh), Stroh (85,5 % TS, Ballen): 86 DM/t (22 DM/MWh). Den Kalkulationen liegt ein Pachtansatz von 300 DM/ha zugrunde. Für den unterstellten Brennstoffmix (Industrierestholz, Getreide, Ackergräser) wird in der Studie von durchschnittlichen Bereitstellungskosten von 94 DM/t bzw. 24 DM/MWh ausgegangen. Dieser Wert wird auch der weiteren Auswertung zugrundegelegt.

Die hier angeführten Daten zur Rohstoffbereitstellung werden auch beim Projekt Nr. 15 b (Knetzgau) verwendet.

Nr. 15a	0310374 A	Eltmann	Bayern

Dampfkessel für eine Papierfabrik in Eltmann

Antragsteller: Unterfränkische Überlandzentrale e.G. (UÜZ)

5. Ökonomische Merkmale

Die Studie vergleicht die Gesamtanlage mit Biomassekessel (V 1-a) mit zwei Varianten (V 1-b und V 2) einer reinen Gasanlage. Nur V 1-b ist direkt vergleichbar. Die Investitionskosten für die Biomasse, Variante V 1-a, liegen um per Saldo 2,78 Mio DM höher als bei V 1-b, umgerechnet 472 DM/kW_{in}.

Die Auslastung beträgt etwa 7 200 Vollbenutzungsstunden. Es ergibt sich ein *Substitutionswert* von 9,9 DM/MWh_{in}.

Die *Kostenunterdeckung* beträgt ca. 14 DM/MWh_{in} und hängt deutlich vom Erdgaspreis (Bezugspreis: 25 DM/MWh) ab.

6. Umweltmerkmale

Die energetische Verwertung vorhandener Reststoffe steht im Vordergrund, wie auch eine extensive Produktion des Energiegetreides (100 kg N/ha und nur eine PSM-Behandlung).

Im Gegensatz dazu sind der hohe Stickstoffeinsatz bei der Grasproduktion (230 kg N/ha bei Ackergräsern, bzw. 180 kg N/ha bei Dauergrünland) Merkmale intensiver Produktion.

Beim Umbrechen der mit Gras eingesäten Ackerflächen ist mit einem erhöhten Stickstoffaustrag zu rechnen.

Nr. 15b	0310374 A	Knetzgau	Bayern

Wärmeversorgung für das Industriegebiet von Knetzgau

Antragsteller: Unterfränkische Überlandzentrale e. G. (UÜZ)

1. Übersicht

Für ein Nahwärmenetz mit Heizungs- und Prozeßwärmeverbrauchern wurden eine HW- und eine HKW-Variante mit Rostfeuerung untersucht, ohne eine Entscheidung für eine der beiden zu treffen. Bei beiden Varianten soll der Biobrennstoffkessel 2 MW_{th} mit 135 °C Vorlauftemperatur für das Nahwärmenetz bereitstellen. Zwei Erdgaskessel übernehmen die Spitzenlast. Damit ergibt sich eine Anschlußleistung von 7,5 MW_{th}.

Biobrennstoff:

- Industrierestholz-Hackschnitzel (50 %), Energiegetreide (Ballen, 17 %), Energieackergräser (Ballen, 33 %), außerdem diskutiert: Miscanthus und Stroh.

Feuerungstechnik:

- Rostfeuerung

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Von der Anschlußleistung von 7,5 MW_{th} werden allein 5,35 MW_{th} für Prozeßwärme benötigt. Da diese aber im wesentlichen für Unternehmen mit 2-Schicht-Betrieb bereitgestellt wird, sinkt die geordnete Jahresdauerlinie bei den hohen Betriebsstundenwerten deutlich ab. Die Prozeßwärme ist vermutlich auch die Ursache für die hohe Vorlauftemperatur für dieses räumlich kleine Netz (Länge 1,1 km). Von den in das Netz einzuspeisenden 15,7 GWh/a (incl. Verluste) deckt der Biobrennstoffkessel mit 8,8 GWh/a etwa 56 % des gesamten Wärmeenergiebedarfs ab. Als Vollbenutzungsdauer werden 4 400 h/a angegeben.

3. Feuerungstechnik

Wegen höherer Brennstoffflexibilität und auch aus Kostengründen wurde von den zwei diskutierten Verfahrenskonzepten nach Vølund und Petry, beide aus Dänemark, von letzterer Firma ein sogenannter Tunneldurchbrandbrenner ausgewählt, der eine Kombination von Pyrolyse und Verbrennung erlaubt. Die Biomasse darf eine Feuchte bis zu 35 %, d. h., einen Wassergehalt bis zu 26 % besitzen. Dieses System soll in der Lage sein, die genannten Biobrennstoffe gemischt, also nicht wie bei anderen Projekten chargenweise voneinander getrennt, zu verbrennen.

Nr. 15b	0310374 A Knetzgau	Bayern

Wärmeversorgung für das Industriegebiet von Knetzgau

Antragsteller: Unterfränkische Überlandzentrale e. G. (UÜZ)

3. Feuerungstechnik – Fortsetzung –

Dafür muß aber bei der Vermischung der Brennstoffe eine für einen gleichbleibenden Heizwert ausreichende Homogenität sichergestellt werden. Die Brennstoffe müssen in gehackter (maximale Kantenlänge 30 mm) oder gehäckselter Form zugeführt werden. Die Verbrennungstemperatur der Feststoffanteile bleibt offenbar genügend weit unterhalb der Temperatur des Beginns der Ascheerweichung. Der Anlagenwirkungsgrad wird mit 85 % angegeben.

Während als Spitzenlastkessel die beiden Gaskessel der zwei größten Wärmekunden weiterverwendet werden, wird bei dem Biobrennstoffkessel ein Gasreservekessel installiert. Dadurch besteht für den Ausfall des Biobrennstoffkessels eine 100 %-Reservehaltung.

Für die HKW-Variante ist ein gebrauchter, werksüberholter Spilling-Dampfmotor mit 220 kW_{el} vorgesehen. Er würde pro Jahr 968 MWh_{el} erzeugen. Der elektrische Wirkungsgrad des HKW beträgt 8 %.

Ein Holzhackschnitzelbunker ist für den Brennstoffbedarf eines Tages geplant, die gesamte Lagerkapazität reicht für 5 Tage.

4. Rohstoffbereitstellung

Angaben zu den Standortverhältnissen der Biomassebereitstellung wurden nicht gemacht.

Biomassebedarf: 3 330 t/a (HKW) oder 2 876 t/a (Heizwerk); die Biomassebereitstellung soll in absolut gleicher Spezifikation wie bei Projekt Nr. 15 a (Eltmann) erfolgen (50 % Industrierestholz, 17 % Energiegetreide, 33 % Ackergras). Absolut identisch sind ebenfalls die Angaben zu den Kosten der Bereitstellung.

Es wurde von einem Biomasse-Mischpreis von 24 DM/MWh ausgegangen.

Nr. 15b	0310374 A	Knetzgau	Bayern

Wärmeversorgung für das Industriegebiet von Knetzgau

Antragsteller: Unterfränkische Überlandzentrale e. G. (UÜZ)

5. Ökonomische Merkmale

Nachfolgend werden Zahlenangaben nur zur Heizwerkvariante gemacht, die wirtschaftlich günstiger ist.

- *Investition:* 4,52 Mio DM, zuzüglich für Nahwärmenetz: 0,825 Mio DM.

Bezogen auf die Biomasse-Inputleistung von 2,35 MW_{in} resultiert ein spezifischer Gesamtwert von 2 275 DM/kW_{in}. Die eigentliche Biomassefeuerung mit Beschickung und Rauchgasreinigung macht hiervon nur ca. 20 % aus.

Es ergibt sich ein *Substitutionswert* von minus 48 DM/MWh_{in}, für den auch der mit nur 40 DM/ MWh angegebene Wärmeerlös (beim Verbraucher!) mitverantwortlich ist. Dabei wird ein Erdgaspreis von 35 DM/MWh verrechnet (im Parallelprojekt Nr. 15a sind es 25 DM/MWh).

Bei einem Biomasse-Mischpreis von 24 DM/MWh ergibt sich eine *Kostenunterdeckung* von 72 DM/MWh_{in}.

6. Umweltmerkmale

Die energetische Verwertung vorhandener Reststoffe steht im Vordergrund, wie auch eine extensive Produktion des Energiegetreides (100 kg N/ha und nur eine PSM-Behandlung).

Im Gegensatz dazu ist der hohe Stickstoffeinsatz bei der Grasproduktion (230 kg N/ha bei Ackergräsern, bzw. 180 kg N/ha bei Dauergrünland) Merkmal intensiver Produktion.

Beim Umbrechen der mit Gras eingesäten Ackerflächen ist mit einem erhöhten Stickstoffaustrag zu rechnen.

Nr. 16	0319591 A	Apolda	Thüringen

Recycling-Futtermitteltrockenwerk Apolda

Antragsteller: Agrargenossenschaft Ilmtal

1. Übersicht

6,5 MW Verdampfungswärme für die direkte Trocknung von Futter (meist Grünfutter). Ersatz einer mit Braunkohle befeuerten Anlage.

Biobrennstoff:

- Getreideganzpflanzen (Triticale) 44 %, SWP-Holzhackschnitzel 22 %, Stroh 16 %, Topinamburkraut 13 %, (Pflege-) Resthoiz 5 %.

Feuerungstechnik:

- Rostfeuerung (Vorschubrost) mit Rauchgasrückführung.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Das bestehende Futtermitteltrockenwerk ist der einzige Wärmeabnehmer. Ein aufwendiges Verteilungssystem für die Wärme ist nicht erforderlich.

Die vorhandenen und weitgehend weiter nutzbaren Teile der Braunkohle-Altanlage sind wichtige Standortfaktoren. Die Auslastung beträgt ca. 3 000 Vollaststunden jährlich.

3. Feuerungstechnik

Der zur Verbrennung der Pellets oder Hackschnitzel vorgesehene Vorschubrost ist mit einer gestaffelten Luftzuführung ausgerüstet, durch die ein Schmelzen der Asche auf dem Rost vermieden wird. Durch geeignete Sekundärluftzufuhr entstehen Temperaturen oberhalb ca. 800 °C erst bei der Nachverbrennung des Gases in rostfernen Zonen über dem Brennstoffbett. Durch Tertiärluft wird die Temperatur der Verbrennungsgase auf 420 - 820 °C abgesenkt, bevor sie in den nachgeschalteten Drehrohr-Trockenraum gelangen.

4. Rohstoffbereitstellung

Standort: Durchschnittliche Ackerzahl: 58 (3 100 ha), langjähriger Jahresniederschlag: 567 mm. Unterstellte Erträge (in t TM/ha): Ganzgetreide (10,4), Topinamburkraut (10), SWP (8) und Stroh (4,3).

Nr. 16	0319591 A	Apolda	Thüringen

Recycling-Futtermitteltrockenwerk Apolda

Antragsteller: Agrargenossenschaft Ilmtal

4. Rohstoffbereitstellung – Fortsetzung –

Brennstoffbedarf: rund 4 000 t TM a bzw. 19 600 MWh/a; Brennstoffmix (in % TM): Ganzgetreide (44 %), Holz (Pappeln) aus Schnellwuchsplantagen (22 %), Topinamburkraut (13 %), Stroh (16 %) und Restholz aus der Stadt- und Landschaftspflege(5 %).

Verbrennung von Pellets und Hackschnitzeln. Für den selbstfahrenden Pelletierer (Haimer) und SWP-Häcksler sind Durchsatzleistungen von 7 bzw. 6,3 t TM/h unterstellt. Die Bereitstellungskosten (nach Abzug der Flächenstillegungsprämie: 649 DM/ha) liegen für Strohpellets bei 97 DM/t, für Ganzgetreidepellets bei 114 DM/t und für SWP-Häcksel bei 190 DM/t TM. Beim fahrbaren Pelletierer wurden Pelletierungskosten von 24 DM/t unterstellt.

In der Studie wurde für den Brennstoff-Mix von Bereitstellungskosten von 150 DM/t TM (= 30,6 DM/MWh) ausgegangen, nach Berücksichtigung der Flächenstillegungsprämie.

5. Ökonomische Merkmale

Erforderliche Investition: 1,4 Mio DM.

Durch vorhandene Anlageteile von der bisherigen Braunkohlefeuerung liegen die spezifischen Investitionskosten bei 217 DM/kW_{in}. Hauptsächlich dadurch bedingt ergibt sich ein *Substitutionswert* von ca. 28 DM/MWh_{in}.

Bei den mit 31 DM/MWh_{in} angesetzten Durchschnittskosten für Biobrennstoffe beträgt die *Kostenunterdeckung* 3 DM/MWh_{in}.

6. Umweltmerkmale

Eine Entstaubung erfolgt erst nach Durchtritt der Heizgase durch die Trocknungsanlage. Dafür wird eine Zyklonanlage (einstufig oder als Multizyklon) eingesetzt.

Die Studie enthält detaillierte Angaben zur ökologischen Bewertung der Brennstoffe.

Nr. 17	0310357 A	Ulm-Eselsberg	Baden-Württemberg

Machbarkeitsstudie Bioenergie Ulm-Eselsberg

Antragsteller: Energieversorgung Schwaben

1. Übersicht

Erweiterung eines vorhandenen Heizwerkes durch eine Biobrennstoffanlage, die bei 13 MW Feuerungsleistung 12 MW Dampf und Heißwasser liefert.

Die ebenfalls untersuchte HKW-Version wurde von den Studienerstellern aus technischen und ökonomischen Gründen verworfen.

Biobrennstoff:

- Getreideganzpflanzen (GGP, extensiv produzierter Winterroggen, 80 %), Stroh (20 %), versuchsweise Miscanthus.

Feuerungstechnik:

- Modifizierte Rostfeuerung, entweder Zigarrenbrenner der Firma Vølund oder Rostfeuerung der Firma NordFab.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Das bestehende Wärmenetz weist eine Spitzenleistung von 79 MW auf. Bis 1995 wird mit einer Steigerung um 12 bis 16 MW gerechnet. Das Biobrennstoffheizwerk kann mit 5 000 Vollaststunden in der Grundlast eingesetzt werden.

Für die eingespeiste Wärme werden voraussichtlich 45 - 50 DM/MWh vergütet.

3. Feuerungstechnik

Bisher erfolgte keine Entscheidung, ob die Vølund- oder die NordFab-Feuerungstechnik eingesetzt werden soll.

4. Rohstoffbereitstellung

Brennstoffbedarf: ca. 20 000 t/a (für HKW) oder 17 000 t/a für das Heizwerk, entsprechend rd. 77 800 oder 66 100 MWh/a; das potentielle Brennstoffangebot ist ein Mehrfaches hiervon.

Nr. 17	0310357 A	Ulm-Eselsberg	Baden-Württemberg

Machbarkeitsstudie Bioenergie Ulm-Eselsberg

Antragsteller: Energieversorgung Schwaben

4. Rohstoffbereitstellung – Fortsetzung –

Brennstoffmix (Ballen): 80 % Ganzgetreide (W-Roggen) und 20 % Stroh + versuchsweise Miscanthus (ca. 20 t/a); mittlere Transportentfernung: 12 km. Erträge (bei extensiver Bewirtschaftung): W-Roggen (12 t/ha, 87 % TS), Strohertrag (5 t/ha, 87 % TS); bei Miscanthus wurde ebenfalls von 87 % TS bei Ernte im März ausgegangen; H_u: 3,89 MWh/t (87 % TS). Als Kosten für Lagerung, Transport und Verwaltung sind 25 DM/t FM (87 % TS) angesetzt, für das Pressen der Ballen 20 DM/t FM (87 % TS).

Ganzgetreide (nach Abzug der Flächenstillegungsprämie: 560 DM/ha) wird unter den getroffenen Annahmen zu 109 DM/t FM und Stroh zu 90 DM/t FM frei Anlage angeboten entsprechend 28 und 23 DM/MWh. Bei Ganzgetreide sind Düngerkosten von nur 50 DM/ha veranschlagt.

Als Kosten für den Biomasse-Mix ergeben sich hieraus 27 DM/MWh.

5. Ökonomische Merkmale

Erforderliche Investition:	17	Mio DM
Spezifische Investition	ca. 1300	DM/kWh_{in}
Auslastung	5000	Vollaststunden pro Jahr
Substitutionswert ohne Förderung:	3 – 7,5	DM/MWh_{in}

Bei dem unterstellten Biomasse-Mix resultiert eine *Kostenunterdeckung* von 19 – 24 DM/MWh_{in}.

6. Umweltmerkmale

Der Winterroggen soll extensiv angebaut werden (Düngerkosten: 50 DM/ha). Der Anbau führt zu Fruchtfolgeerweiterungen.

Nr. 18	0310358 A	Hohen-Luckow	Mecklenburg-Vorpommern

Wärme / Strom für den Standort Hohen-Luckow bei Rostock

Antragsteller: Gemeinde Hohen-Luckow

1. Übersicht

Ein bestehendes, mit Gaskoks betriebenes Heizwerk soll unter Verwendung der alten Gebäudehülle umgerüstet werden. Die Gesamtleistung beträgt 2,6 MW. Ein Biomassekessel mit 1,6 MW wird ergänzt durch einen Spitzenlastkessel (Erdgas) mit 1 MW.

Außerdem werden 2 Varianten für den Neubau eines Heizwerks diskutiert.

Biobrennstoff:

- Getreideganzpflanzen (GGP, Winterweizen); alternativ: Miscanthus als Häcksel, Pellets oder Ballen. Auch Strohballen werden diskutiert (bis zu 100 % des Biomassebrennstoffbedarfs).

  Ein bestimmter Brennstoffmix wird nicht angegeben.

Feuerungstechnik:

- Stufenrostfeuerung, System NordFab

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Ein Nahwärmenetz ist vorhanden.

Die bisherigen Abnehmer in privaten und öffentlichen Gebäuden haben einen Wärmebedarf von 3 543 MWh/a (3 243 MWh/a Raumheizung + 300 MWh/a Warmwasser).

Weitere 1175 MWh/a (1 010 MWh/a Raumwärme, 165 MWh/a Warmwasser) sind als Erweiterungspotential eingeplant. Somit ergibt sich ein Nutzwärmebedarf von insgesamt 4 718 MWh/a.

3. Feuerungstechnik

Vorgesehen ist eine Stufenrostfeuerung mit Einschubkolben direkt auf dem Verbrennungsrost mit anschließendem Zyklon und Elektrofilter zur Rauchgasreinigung, wodurch die Einhaltung der TA-Luft garantiert werden soll.

Gegenwärtig werden von der TU Magdeburg Untersuchungen zur Klärung offener Fragen durchgeführt, die auch die zweckmäßigste Aufbereitung des Brennstoffs betreffen.

Nr. 18	0310358 A	Hohen-Luckow	Mecklenburg-Vorpommern

Wärme / Strom für den Standort Hohen-Luckow bei Rostock

Antragsteller: Gemeinde Hohen-Luckow

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: ø Ackerzahl: 48; Bodenart: lehmiger Sand bis sandiger Lehm; ø Jahresniederschlag (15-Jahresmittel): 650 mm; am Standort werden 720 ha Ackerfläche bewirtschaftet.

Biomassebedarf: rund 1 200 t Miscanthus („lufttrocken") bzw. rund 1 460 t („lufttrocken") Getreideganzpflanzen (W-Weizen) pro Jahr. Es wurde unterstellt, daß zum Erntezeitpunkt Miscanthus und Ganzgetreide mit einem TS-Gehalt von 70 % bzw. 75 % geerntet werden und zur Erreichung der Lagerfähigkeit von einer zusätzlichen Trocknung auszugehen ist. Für Ganzgetreide wurde von zwei Ertragsvarianten (12 t/ha und 16 t/ha, lufttrocken?) ausgegangen, während für Miscanthus für die gegebenen Standortverhältnisse ein Ertragsniveau von 20 t/ha (lufttrocken?) unterstellt ist.

Als Kosten der Biomassebereitstellung (frei Werk) wurden für GGP (lufttrokken?) für das untere Ertragsniveau 226 DM/t (Häcksel) bzw. 219 DM/t (Pellets) und für das obere Ertragsniveau 218 DM/t bzw. 211 DM/t abgeleitet. Für Miscanthus sind Bereitstellungskosten von 359 DM/t (Häcksel), 302 DM/t (Pellets) und 281 DM/t (Ballen) angesetzt, für Stroh (Ballen) 80 DM/t. Bei diesen Kostenschätzungen sind eine Flächenstillegungsprämie von 577 DM/ha und ein Pachtansatz von 192 DM/ha berücksichtigt.

Als Heizwerte sind 3,89 MWh/t (GGP) bzw. 4,77 MWh/t (Miscanthus) angesetzt.

Für die Auswertung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird von einer Spanne von 54 bis 75 DM/MWh beim Einsatz von GGP oder Miscanthus (Häcksel oder Pellets) und von 21 bis 59 DM/MWh beim Einsatz von Miscanthus- oder Strohballen ausgegangen.

5. Ökonomische Merkmale

Von den in der Studie diskutierten Heizwerkvarianten wird nachfolgend nur auf die beiden kostengünstigeren eingegangen, bei denen die vorhandenen Bauhüllen genutzt werden.

Nr. 18	0310358 A	Hohen-Luckow	Mecklenburg-Vorpommern

Wärme / Strom für den Standort Hohen-Luckow bei Rostock

Antragsteller: Gemeinde Hohen-Luckow

5. Ökonomische Merkmale – Fortsetzung –

Dafür folgende Kenndaten:

Heizwerk für	Häcksel / Pellets (GGP oder Misc.)	Ballen (Misc. und/oder Stroh)
Investition (Mio DM)	1,44	1,63
Spezifische Investition (DM/kW_{in})	681	774
Substitutionswert (DM/kW_{in})	2	-3
Brennstoffkosten (DM/kW_{in})	54 - 75	21 - 59
Kostenunterdeckung (DM/kW_{in})	52 - 73	24 - 62

Der Substitutionswert wird aus Vergleichskosten für ein erdgasbefeuertes Heizwerk (Erdgaspreis 41 DM/MWh) abgeleitet, für welches sich Kosten für die Fernwärmeeinspeisung von 74 DM/MWh ergeben (ohne Berücksichtigung von Preissteigerungen).

Der Substitutionswert wurde mit dem auch in der Studie benutzten Zinssatz von 8 %/a berechnet.

Die großen Spannen für die Kostenunterdeckung beruhen auf den Spannen für die Brennstoffkosten.

6. Umweltmerkmale

Für eine Charakterisierung von Umweltmerkmalen sind weitere Festlegungen erforderlich.

Nr. 19	0319598 A	Dechtow-Karwesee	Brandenburg

Heizhaus der Gemeinden Dechtow und Karwesee

Antragsteller: Gemeindeverwaltung Dechtow-Karwesee

1. Übersicht

Für die beiden Landgemeinden Dechtow und Karwesee soll zur Versorgung mit Fernwärme und Warmwasser ein Heizwerk von 1,5 bis 2,5 MW thermischer Leistung errichtet werden. Ein Fernwärmenetz besteht nicht.

Biobrennstoff:

- Entsprechend den Standortbedingungen werden näher betrachtet: Miscanthus, Getreideganzpflanzen (GGP, Winterroggen), Landschaftspflegegut inkl. Mähgut, Stroh und Holzhackschnitzel (HHS) aus der Forstwirtschaft, alles vorzugsweise als Häcksel, GGP eventuell auch in Ballenform, die jedoch dann vor der Verbrennung aufgelöst und gehäckselt werden müssen.

Feuerungstechnik:

- Unterschubfeuerung mit anschließendem Multizyklon zur Rauchgasreinigung. Es sind zwei separate Kessel (je 1,25 MW) geplant. Die Anlage gestattet einen automatischen Betrieb. Zwei Silos können einen 3-Tages-Vorrat aufnehmen.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Für die beiden Dorfgemeinden Dechtow und Karwesee mit insgesamt 600 Einwohnern wird für den Ist-Zustand ein Bruttowärmeverbrauch von 9 337 MWh/a errechnet (schlechte Wärmedämmung der Häuser). Durch Umrüstung auf ein modernes Heizsystem mit Fernwärme und gleichzeitiger Wärmedämmung der Gebäude wird mittelfristig von einem Bruttowärmeverbrauch von 4 975 MWh/a (Raumheizung + Warmwasser) ausgegangen, so daß Kapazität für zusätzliche Anschlüsse frei wäre. Es wird eine Vollbenutzungsstundenzahl von 1 560 h/a unterstellt.

Für das neu zu errichtende Fernwärmenetz sind Leitungen von einer Gesamtlänge von 5 000 m erforderlich, die sich mit in den Investitionskosten für das Projekt niederschlagen.

Nr. 19	0319598 A	Dechtow-Karwesee	Brandenburg

Heizhaus der Gemeinden Dechtow und Karwesee

Antragsteller: Gemeindeverwaltung Dechtow-Karwesee

3. Feuerungstechnik

Es werden zwei parallel betriebene Kessel mit je 1,25 MW_{th} zur Heißwassererzeugung (120 °C, 4 bar) für einen Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung nach TRD 604 eingesetzt. Eine Reservehaltung ist nicht vorgesehen. Verwendet wird eine kommerziell angebotene Unterschubfeuerung der Firma Lentjes. Für grobstückige Kohle mit einem Wassergehalt bis zu 25 % ist sie Stand der Technik. Sie soll geeignet sein für Brennstoffe mit einem hohen Anteil an flüchtigen Bestandteilen.

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: ø Jahresniederschlag: 540 mm, in den letzten Jahren dagegen nur 280 bis 350 mm/a; Höhenlage: 30 bis 40 m (NN); Böden: Mineralböden der Grundmoräne und Niedermoorböden („Luchgebiet"), ø Ackerzahl: rund 30.

Biomassebedarf: Rund 1 300 t/a bzw. rund 5 500 MWh/a. Die Biomasse soll in erster Linie durch die vor Ort ansässige Agrargenossenschaft (4 096 ha LN) bereitgestellt werden, wobei die vorhandenen Waldflächen des Kreises Alt-Ruppin (rund 34 000 ha) über die Nutzung von Waldrestholz zur Bedarfsdekkung herangezogen werden könnten, insbesondere in der Anlaufphase. Aufgrund der geringen Transportentfernungen (2 bis 3 km) wird die Häckselline präferiert. Hinsichtlich der Art der Brennstoffversorgung werden 6 Betriebsvarianten diskutiert. Die Standardbetriebsvariante enthält einen Mix aus Holzhackschnitzeln (61 %), Miscanthus (25 %), Stroh (9 %), Heu aus der Landschaftspflege (3 %) und Energiegetreide (2 %). Die unterstellten Erträge sind: Miscanthus 16 t FM/ha (inkl. Bewässerung); Ganzgetreide 6 t FM/ha; Marktgetreide 3,8 t/ha Korn und 2,5 t FM/ha Stroh; Heu aus der Landschaftspflege 2 t FM/ha.

Als Heizwerte (H_u) wurden unterstellt: Miscanthus 13,7 GJ/t FM (80 % TS); Ganzgetreide (Weizen) 13,9 GJ/t FM (84 % TS); Stroh 14,4 GJ/t FM (84 % TS); Pflegeheu 14,5 GJ/t FM (84 % TS); Holzhackschnitzel 13,5 GJ/t FM (75 % TS).

Nr. 19	0319598 A	Dechtow-Karwesee	Brandenburg

Heizhaus der Gemeinden Dechtow und Karwesee

Antragsteller: Gemeindeverwaltung Dechtow-Karwesee

4. Rohstoffbereitstellung – Fortsetzung –

Als Bereitstellungskosten bei einer Flächenstillegungsprämie von 479 DM/ha und einem Pachtansatz von 150 DM/ha wurden unterstellt: Ganzpflanzengetreide 194 DM/t; Miscanthus 179 DM/t; Stroh 130 DM/t; Pflegeheu 90 DM/t TM; Holzhackschnitzel 60 DM/t TM.

Für den Brennstoff-Mix liegen die durchschnittlichen Kosten der Bereitstellung bei rd. 24 DM/MWh.

5. Ökonomische Merkmale

Verschiedene Unklarheiten sind zu beseitigen, bevor nähere Angaben zu ökonomischen Merkmalen dargestellt werden können.

6. Umweltmerkmale

Die Produktion des Energiegetreides unterscheidet sich kaum vom extensiven Getreideanbau für Nahrungs- und Futtermittel (ohne Spätstickstoffgabe und Fungizide). Miscanthus wird kaum gedüngt (50 kg N/ha), muß aber bewässert werden.

Pflegegras könnte angesichts der geplanten Ausweisung des Havelländischen Luchs als Landschaftsschutzgebiet oder Naturpark ähnlich wie beim Rhinluch zukünftig größere Bedeutung als kostengünstiges Pflegegut erlangen.

Nr. 20	0310370 A	Mühlhausen	Thüringen

Umrüstung eines bestehenden Heizhauses in Mühlhausen

Antragsteller: Mühlhauser Fernwärme GmbH

1. Übersicht

Bau eines mit Biobrennstoffen betriebenen und in der Grundlast arbeitenden HW oder HKW, das auf ca. 2,8 bis 3,6 MW Biomasse-Feuerungsleistung ausgelegt ist. Erwogen werden 2 HW-Varianten und eine HKW-Variante, jeweils ergänzt durch einen ca. 8 MW-Spitzenlastkessel mit Ölfeuerung.

Biobrennstoff:

- Alleineinsatz von Triticale.

Feuerungstechnik:

- Rostfeuerung, entweder Vølund-Zigarrenbrenner oder Rostfeuerung von NordFab.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Gegenwärtig bestehen Fernwärmeleitungen mit 4,9 MW Anschlußleistung (bald werden 6,7 MW erwartet). Bei einer Auslegung des Biobrennstoff-Heizwerkes auf 2,5 MW Wärmeeinspeisung (2,8 MW_{in}) ist mit einer Auslastung von 5 500 h/a zu rechnen. Ein 7 MW-Öl-Spitzenkessel sichert die Leistung ab.

3. Feuerungstechnik

Die Feuerungstechnik (Anlage entweder von Firma Vølund oder NordFab) hat sich bei Begrenzung der Dampftemperaturen für Stroh bewährt.

Die über eine Gegendruckturbine mögliche Stromauskopplung beträgt etwa 10 % der Brennstoffenergie.

Bei einer elektrischen Leistung von 0,34 MW_{el} ist mit einer Jahresarbeit von 1 875 MWh_{el} zu rechnen.

Nr. 20	0310370 A	Mühlhausen	Thüringen

Umrüstung eines bestehenden Heizhauses in Mühlhausen

Antragsteller: Mühlhauser Fernwärme GmbH

4. Rohstoffbereitstellung

Standort: Durchschnittliche Ackerzahl (AZ): 52, durchschnittliche Grünlandzahl: 33; durchschnittliche Getreideerträge: ca. 6 t/ha; Wassermangel wirkt ertragsbegrenzend.

Brennstoff: Triticale (Großballen), durchschnittlicher Ertrag: 14.5 t FM/ha (82 % TS); bei mittlerer Intensität: 12,7 t FM/ha; H_u: 4 MWh t FM (82 % TS); durchschnittliche Preßkosten: rund 18 DM/t FM; Pachtansatz: 200 DM/ha; Gewinnansatz: 200 DM/ha.

Die Kosten der Bereitstellung frei Anlage: 93 DM/t FM (nach Berücksichtigung von 649 DM/ha Flächenstillegungsprämie), dies entspricht rd. 23 DM/MWh$_{in}$.

5. Ökonomische Merkmale

Erforderliche Investition (Variante 1, HW):	4,32	Mio DM	(ohne Zuschuß)
Spezifische Investition:	1540	DM/kW$_{in}$	
Auslastung	5500	h/a	
Substitutionswert ohne Förderung: ca.	9	DM/MWh$_{in}$	(bei 72 DM/MWh als Fernwärmeerlös)
Kosten für Biobrennstoff	23	DM/MWh$_{in}$	
Resultierende Kostenunterdeckung:	14	DM/MWh$_{in}$	

(Ohne Berücksichtigung der nach Abschluß der Studie angegebenen Kostenverringerungen).

6. Umweltmerkmale

Triticale scheint an die Boden- und Klimaverhältnisse um Mühlhausen angepaßt und könnte zu einer Erweiterung des Getreideanbauspektrums führen. Für das hier betrachtete Heizwerk wäre Triticale von ca. 350 ha erforderlich. Zum Vergleich: Die erforderliche Flächenstillegung im Landkreis Muhlhausen beträgt 2 500 ha (1992).

Nr. 21	0310292 A	Friedland	Mecklenburg-Vorpommern

Machbarkeitsstudie zur Vorbereitung eines Großversuchs zum Nachweis der sinnvollen Nutzung von C_4-Pflanzen als Brennstoff im vorhandenen Heizwerk Friedland

Antragsteller: Betreibergesellschaft Friedland mbH

1. Übersicht

Ein vorhandenes, seit 1990 stillgelegtes Heizwerk einer ehemaligen Zuckerfabrik, das auch Fernwärme geliefert hat, soll reaktiviert und mit Biobrennstoffen zur Fernwärmeerzeugung betrieben werden. Bis zum Erreichen der erforderlichen Erträge aus den neu anzulegenden Miscanthus-Anbauflächen sollen Waldrestholz-Hackschnitzel verfeuert werden. Alternativ zum Heizwerk wurde diskutiert, den in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Strom zur Deckung des Eigenbedarfs, insbesondere für den Betrieb der stationären, heizwerkeigenen Pelletiermaschine zu verwenden.

Eine ebenfalls untersuchte Neuanlage (auf der grünen Wiese) ist aus ökonomischen Gründen wesentlich unattraktiver.

Das Heizwerk, das für die Umrüstung vorgesehen war, wird gegenwärtig mit einem gebrauchten Öl-/Gasbrenner betrieben.

Biobrennstoff:

- Zunächst Waldrestholz-Hackschnitzel, später Miscanthuspellets, wenn Erträge herangewachsen sind.

Feuerungstechnik:

- Umzubauende Rostfeuerung mit Schwingschubrost

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Die Stadt Friedland benötigt rund 30 GWh/a bei einer Anschlußleistung von 17,4 MW_{th}, das entspricht einer Vollbenutzungsdauer von rund 1 700 h/a, wenn man unterstellt, daß sich Gleichzeitigkeitsfaktor und Netzverluste kompensieren.

Das Fernwärmenetz der Stadt Friedland ist vorhanden und muß nicht kostenintensiv neu errichtet werden.

Nr. 21	0310292 A	Friedland	Mecklenburg-Vorpommern

Machbarkeitsstudie zur Vorbereitung eines Großversuchs zum Nachweis der sinnvollen Nutzung von C_4-Pflanzen als Brennstoff im vorhandenen Heizwerk Friedland

Antragsteller: Betreibergesellschaft Friedland mbH

3. Feuerungstechnik

Von den sechs eingemotteten Kesseln mit Schwingschubrostfeuerung für Rohbraunkohle für eine Frischdampfleistung von je 10 t/h sind nur noch fünf brauchbar. Zwei von ihnen müssen gemäß dem Wärmebedarf für den Betrieb mit Biobrennstoffen umgerüstet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß sowohl Holzhackschnitzel als auch Miscanthuspellets verbrannt werden können müssen.

Die Dampfparameter der weiterzuverwendenden Dampfkessel (220 °C, 12,5 bar) eignen sich eher für den Betrieb eines Dampfmotors als für den einer Dampfturbine.

Das Vorratslager mit einem Fassungsvermögen von 500 t ermöglicht einen Betrieb von 7 Tagen.

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: Bodenart: Lehmiger Sand bis sandiger Lehm, mittlere Ackerzahl zwischen 28 und 42, teilweise Staunässe; ø Jahresniederschlag: 569 mm. Verfügbar sind nach Umfrage rund 520 ha Anbaufläche für Miscanthus.

Biomassebedarf: rund 11 000 t FM/a bzw. 44 900 MWh/a Miscanthus (TS-Gehalt: 87 %; H_u: 4,08 MWh/t FM).

Die Bedarfsdeckung soll nahezu ausschließlich über Miscanthus (20 t TM/ha) erfolgen, wobei von einer zusätzlichen Beregnung von 100 mm ausgegangen wird. Der Ballenkette bzw. der Häckselkette (nahe Felder), mit anschließender Pelletierung (zusätzliche Kosten von rund 45 DM/t TM) beim Heizwerk, wird der Vorzug gegeben, um die vorhandene Verbrennungstechnologie für Braunkohle weiter nutzen zu können.

Die abgeleiteten Bereitstellungskosten, die sich auf Ballen und nicht auf Pellets beziehen, liegen bei 150 DM/t TM (incl. Flächenstillegungsprämie von 750 DM/ha), dies entspricht rd. 32 DM/MWh.

Nr. 21	0310292 A	Friedland	Mecklenburg-Vorpommern

Machbarkeitsstudie zur Vorbereitung eines Großversuchs zum Nachweis der sinnvollen Nutzung von C_4-Pflanzen als Brennstoff im vorhandenen Heizwerk Friedland

Antragsteller: Betreibergesellschaft Friedland mbH

5. Ökonomische Merkmale

Die Studienaussagen zur Wirtschaftlichkeit gründen sich auf einen Vergleich mit kohlebefeuerten HW oder HKW bei gleicher Feuerungsleistung.

Als Zusatz-Investition für die Umrüstung werden angegeben:

- Für das HW: 8,24 Mio DM (474 DM/kW_{in})
- Für das HKW: 9,17 Mio DM (527 DM/kW_{in})

Eine weitere Auswertung der Studienangaben zur Wirtschaftlichkeit bedarf einer vorherigen Klärung von Fragen zu wichtigen Einzelannahmen.

6. Umweltmerkmale

Zur Brennstoffversorgung sollen rund 520 ha Miscanthus angepflanzt werden, die zur Erzielung der unterstellten TM-Erträge (20 t TM/ha und Jahr) mit rund 100 mm beregnet werden müssen.

Der Anbau von Miscanthus würde regional in nicht unerheblichem Umfange die Wasservorräte in einem relativ niederschlagsarmen Gebiet (rund 570 mm) beanspruchen.

Nr. 22	22V2401	Gatersleben	Sachsen-Anhalt

Erzeugung von Biomassefestbrennstoff aus extensivem Biomasseangebot mit integrierter wärmetechnischer Anwendungsnutzung in einem 8 MW-Technologieprozeß

Antragsteller: Betreibergesellschaft der Herslebener Agrargenossenschaft

1. Übersicht

In einer modernisierten, zweistufigen Grünfuttertrocknungsanlage soll eine vorhandene 8 MW-Schwingschub-Rostfeuerung, die gegenwärtig mit importierter Steinkohle betrieben wird, auf den Einsatz von im Werk getrocknetem und anschließend kompaktiertem Biobrennstoff umgerüstet werden.

Biobrennstoff:

- Landschaftspflegegut

Feuerungstechnik:

- Zu modifizierende Rostfeuerung (Schwingschubrost)

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Das Trockenwerk ist gegenwärtig nur 2 000 h/a in Betrieb. Durch die Trocknung der feuchten Biobrennstoffe erhöht sich die Betriebszeit um 1 500 auf 3 500 h/a. Die meisten Anlageteile sind bereits vorhanden und können weiter genutzt werden.

3. Feuerungstechnik

Die bestehende Schwingschub-Rostfeuerung und die Feuerraumgeometrie sollen so modifiziert werden, daß getrocknete Biobrennstoffpellets verbrannt werden können.

In der 2-stufigen Trocknungsanlage soll die Brennstofftrocknung dann erfolgen, wenn die Trocknungsanlage nicht durch die Futtermitteltrocknung ausgelastet ist. Sie soll vorwiegend in der zweiten Trocknungsstufe stattfinden, in der die Trocknung bei einem geringeren Temperaturniveau verläuft.

Nr. 22	22V2401	Gatersleben	Sachsen-Anhalt

Erzeugung von Biomassefestbrennstoff aus extensivem Biomasseangebot mit integrierter wärmetechnischer Anwendungsnutzung in einem 8 MW-Technologieprozeß

Antragsteller: Betreibergesellschaft der Herslebener Agrargenossenschaft

4. Rohstoffbereitstellung

Biomassebedarf: 4 600 bis 5 000 t/a (ca. 90 % TS).

Die vorhandene Grünfuttertrocknungsanlage soll mit Biomasse beschickt werden, die relativ feucht (35 % TS) mit rund 5,1 t FM/ha im Zusammenhang mit Pflegemaßnahmen von Streuwiesen (3 000 bis 6 000 ha) anfällt (ca. 5 400 bis 10 800 t TM/a bzw. 1,8 t TM/ha). Für die Trocknung des sehr feuchten Biobrennstoffs sind 40 % des angegebenen Biomassebedarfs nötig. An Grünfutter werden rund 17 000 t FM/a getrocknet, dies entspricht rund 4 500 t/a Trockengrün (ca. 90 % TS).

Das Landschaftspflegegut soll zum Null-Tarif von Sammelplätzen übernommen werden, zuvor vorverdichtet mit einer Ballenpresse (ohne zu binden), am Ort der Trocknungsanlage gehäckselt, getrocknet und anschließend pelletiert werden. Es wird unterstellt, daß hierdurch mindestens 200 DM/ha Pflegefläche bzw. 110 DM/t TM Pflegegut an Deponiegebühren eingespart werden können. Die Kosten für die Biomassebrennstoffbereitstellung frei Trocknungsanlage, ohne Trocknung und Pelletierung, wurden mit 35 DM/t TM für den Transport abgeschätzt (ohne Deponiegutschrift). Dies entspricht 9,4 DM/MWh.

5. Ökonomische Merkmale

Für die Umrüstung der bestehenden Anlage von Kohle auf verdichtetes und trockenes Material aus Grüngut sind Investitionen in Höhe von 0,65 Mio DM erforderlich. Bezogen auf die Brennstoff-Nennleistung von 5,6 MW sind das 116 DM/kW$_{in}$.

Der Substitutionswert von minus 3,2 DM/MWh$_{in}$ ergibt sich aus den eingesparten Kosten für Kohle (je MWh Biobrennstoff werden netto 0,59 MWh Kohle eingespart), nach Abzug der zusätzlichen Kapital- und Betriebskosten.

Es resultiert eine Kostenunterdeckung von 12,6 DM/MWh$_{in}$. Umgerechnet auf die Pflegegutfläche, von der jährlich 8,0 MWh/ha geliefert werden können, beträgt die Kostenunterdeckung 100 DM/ha.

Nr. 22	22V2401	Gatersleben	Sachsen-Anhalt

Erzeugung von Biomassefestbrennstoff aus extensivem Biomasseangebot mit integrierter wärmetechnischer Anwendungsnutzung in einem 8 MW-Technologieprozeß

Antragsteller: Betreibergesellschaft der Herslebener Agrargenossenschaft

6. Umweltmerkmale

Die Futtermitteltrocknungsanlage ist der einzige Abnehmer für das anderenfalls zu deponierende (Gefahr der Methanbildung) oder sonstwie zu entsorgende Landschaftspflegegut.

Der Entsorgungsdruck ist allerdings nach der Klärung offener Eigentumsverhältnisse und der Wiederinnutzungnahme brachliegender Flächen stark zurückgegangen.

Der Verzicht auf eine zumindest partielle natürliche Trocknung des Pflegegutes auf der Fläche verringert das CO_2-Einsparungspotential.

Nr. 23	N. N.		

Kombinierte Energiegewinnung aus mit kommunalem Abwasser und Klärschlamm versorgten Pflanzen und aus Geothermie

1. Übersicht

Für einen zu erstellenden und an Einzelpersonen, bzw. Kleinst-Unternehmen zu verpachtenden Gewächshauskomplex soll eine Wärmeversorgungsanlage mit Heißwasser von 120 °C errichtet werden, die aus mehreren, unterschiedlichen Quellen gespeist wird. Die Grundlast mit 6 MW_{th} soll aus zwei vorbereiteten, aber noch nicht betriebstechnisch verrohrten Erdwärmequellen mit einer Brunnenkopftemperatur von 78 °C über einen Wärmetauscher in der Rücklaufleitung des Heizwerks bereitgestellt werden. Dem Thermalwasser-Rücklauf soll später eventuell mit Hilfe einer Verbrennungsmotor-Wärmepumpe zusätzlich Energie entzogen werden, bevor es wieder im Erdboden verpreßt wird. Der dazu dienende Verbrennungsmotor soll mit aus Miscanthus selbsterzeugtem Gas betrieben werden. Auch in dem für die Eigenstromerzeugung ergänzend diskutierten Verbrennungsmotor-BHKW soll dieses Gas verwendet werden.

Biobrennstoff:

- Miscanthus von Rieselfeldern

Feuerungstechnik:

- Vølund-Zigarrenbrenner

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Einziger Wärmeverbraucher wird vorläufig der geplante Gewächshauskomplex sein. Der Anschluß zusätzlicher Verbraucher wird angestrebt.

Über 6 000 h/a wird die erforderliche Jahresarbeit (in GWh/a) erbracht von:

- BHKW 5
- Geothermie 30
- Biobrennstoff 40
- Öl 2.5

Für die Biobrennstoffkessel ergibt sich eine Vollbenutzungsdauer von rund 2 100 h/a bei einer Vollastdauer von rund 700 h/a gemäß geordneter Jahresdauerlinie.

Nr. 23	N. N.		

Kombinierte Energiegewinnung aus mit kommunalem Abwasser und Klärschlamm versorgten Pflanzen und aus Geothermie

3. Feuerungstechnik

Für die Wärmeerzeugung aus Biomasse mit einer Wärmeleistung von 18,9 MW (mit drei Kesseln à 6,3 MW) werden Brenner der dänischen Fa. Volund vorgesehen, die entweder nur mit Ballen in der Zigarrenbrennertechnologie oder als Möglichkeit zusammen mit Hackschnitzeln in darauf ausgelegten Anlagen verbrannt werden.

Für die ergänzend diskutierte Stromerzeugung für den Eigenbedarf wird ein BHKW mit Gasturbine oder Gasmotor diskutiert, bei dem das niederkalorige Generatorgas durch eine Vergasung von Biomasse mit Luft erzeugt wird. Zur Vergasertechnologie werden Trommel-, Fließbett- und Wirbelschichtvergaser ohne Präferenz genannt.

Bei der angegebenen Stromkennzahl von 0,6 und der angestrebten elektrischen Leistung von 0,5 MW_{el} wäre eine Brennstoffleistung von rd. 2 MW erforderlich.

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: Grundwasserferne Sandböden mit Bodenpunkten (Bodenzahl) von 20 bis 22 (eher als Grenzertragsstandort einzustufen); ø Niederschlag (Mai bis Oktober): 357 mm.

Flächenpotential: 820 ha, die nicht mehr zur Futterproduktion benötigt werden und bisher mit ungeklärtem städtischen Abwasser beregnet (Rollregner) wurden.

Biomassebedarf: rd. 53 000 MWh/a bzw. rd. 13 000 t TM/a (H_u: 4,16 MWh/t TM).

Zur Bedarfsdeckung wird nahezu ausschließlich Miscanthus diskutiert (Anbau auf 424 ha), unter Zugrundelegung eines Ertrags von 30 t TM/ha bzw. in den ökonomischen Vergleichen von 35 t TM/ha. Zur Realisierung dieser Erträge wird von einem zusätzlichen Beregnungsbedarf von rd. 500 mm (Abwasser) ausgegangen. Hierbei soll das Unterflur-Bewässerungssystem nach Ständer zum Einsatz kommen. Rollregner können nur bis zu einer Bestandeshöhe von max. 1,50 m eingesetzt werden.

Nr. 23	N. N.		

Kombinierte Energiegewinnung aus mit kommunalem Abwasser und Klärschlamm versorgten Pflanzen und aus Geothermie

4. Rohstoffbereitstellung – Fortsetzung –

Die Ballenlinie wird als Ernteverfahren in den Vordergrund gestellt, evtl. kombiniert mit einer zusätzlichen Pelletierung (zusätzliche Kosten: rund 52 DM/t TM). Bei den Bereitstellungskosten für Miscanthus wird von 206 DM/t TM (bei Unterflur-Bewässerung) bzw. von 142 DM/t TM ausgegangen, bei zugrundegelegten Nutzungskosten von 952 DM/ha. Dies entspricht Bereitstellungskosten von 49 bzw. 34 DM/MWh.

5. Ökonomische Merkmale

Für das Biomasseheizwerk mit 18,9 MW Fernwärmeleistung und Spitzenkessel wird die *Investitionssumme* von 11,03 Mio DM angegeben.

Der spezifische Wert für die Investition beträgt 496 DM/kW_{in}.

Bei 2 100 Vollbenutzungsstunden für das Bio-Heizwerk ergibt sich ein *Substitutionswert* von 2 bis 6 DM/MWh_{in}. Dabei ist für den anlegbaren Wärmepreis eine Spanne von 63 bis 68 DM/MWh unterstellt.

Bei der angegebenen Spanne von 34 bis 49 DM/MWh für die Miscanthus-Bereitstellungskosten, ergibt sich für die *Kostenunterdeckung* eine Spanne von 28 bis 47 DM/ MWh_{in} .

6. Umweltmerkmale

Vorgesehen ist die Düngung der Miscanthusflächen mit Klärschlamm (1,7 t TS/ha) und die Beregnung mit ungeklärten städtischen Abwässern (512 mm/ha).

Nr. 25	22V2403	Fallingbostel	Niedersachsen

Energetische Verwendung nachwachsender Rohstoffe in den Landkreisen Soltau-Fallingbostel und Verden

Antragsteller: Forstverwaltung Niedersachsen

1. Übersicht

Errichtung eines HKW mit Zonenvorschub-Rostfeuerung und Öl-Spitzenlastkessel in einem Gewerbegebiet. Das HKW ist mit einer Entnahme-Kondensationsturbine ausgestattet, die maximal eine elektrische Leistung von 9,9 MW_{el} brutto erlaubt und maximal eine Fernwärmeabgabe von 32 MW ermöglicht.

Biobrennstoff:

- Holzhackschnitzel (Schwachholz, Sägewerks-Restholz), Stroh, Getreideganzpflanzen und Miscanthus als Alternative zu Getreideganzpflanzen.

Feuerungstechnik:

- Zonenvorschubrost

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Gegenwärtig sind die Daten von drei Wärmeabnehmern Bestandteil der Planungsunterlagen. Es handelt sich um zwei Unternehmen aus dem Nahrungsmittelbereich und ein Hallenbad. Dessen Anschluß ist nach Aussage der Studie aber nur sinnvoll, wenn es gelingt, entlang der Trasse der Transportleitung zum Hallenbad, die mit Heißwasser aus dem Abdampf des einen Industrieunternehmens gespeist wird, weitere Abnehmer zu gewinnen.

Der den Planungen zugrunde liegende Dampfverbrauch der drei angesprochenen Abnehmer gemeinsam beträgt rund 97 GWh/a, ihre Anschlußleistung rund 33 MW_{th}. Dabei verbraucht der eine Industriebetrieb 80 GWh/a bei 6 000 h/a, der andere 15 GWh/a bei 4 000 h/a. Das Hallenbad ist zwar auch ein ganzjähriger Verbraucher, seine Abnahmemenge ist mit rund 1,6 GWh/a jedoch relativ gering.

Das Prozeßwärmenetz besteht aus unterschiedlich langen Transportleitungen, deren längste, je nach Standort des HKW, 1 km lang sein kann. Ein Standort für das HKW liegt jedoch noch nicht fest. Der Wunsch-Standort, in der Nähe des größten Verbrauchers, befindet sich in Privatbesitz.

Nr. 25	22V2403	Fallingbostel	Niedersachsen

Energetische Verwendung nachwachsender Rohstoffe in den Landkreisen Soltau-Fallingbostel und Verden

Antragsteller: Forstverwaltung Niedersachsen

3. Feuerungstechnik

Zur Dampferzeugung sind zwei Strohkessel à 3,75 MW und ein Holzkessel à 23,7 MW vorgesehen, die jeweils mit einer Zonenvorschubrostfeuerung ausgerüstet sind. Der Frischdampf wird in den Kesseln ohne ständige Beaufsichtigung nach TRD 604 erzeugt.

Die Frischdampfparameter sind 48 bar und 400 °C (obwohl die Kessel für 450 °C ausgelegt sind). Die Dampfentnahme für die Warmwasserversorgung erfolgt bei 13 bar und 250 °C.

4. Rohstoffbereitstellung

Biomassebedarf: Je nach betrachteter Variante rund 260 000 MWh/a bzw. 225 000 MWh/a.

95 000 MWh/a sollen durch Stroh und Getreideganzpflanzen bereitgestellt werden (Verhältnis 1 : 1), der Rest jeweils über Holzhackschnitzel (Schwachholz, Sägerestholz).

Zur Bedarfsdeckung stehen jährlich potentiell Schwachholz (137 000 MWh bzw. 25 000 t TM), Sägerestholz (150 000 MWh bzw. 30 000 t TM), Ganzgetreide (230 000 MWh bzw. 48 000 t), Stroh (160 000 MWh bzw. 34 000 t) zur Verfügung oder Miscanthus (600 000 MWh bzw. 127 000 t) als Alternative zu Getreideganzpflanzen.

Als Kosten der Bereitstellung sind für Schwachholz 170 DM/t TM (35 DM/MWh), für Sägerestholz 26 bis 46 DM/t TM (5 bis 9 DM/MWh), für Miscanthus und Getreideganzpflanzen jeweils 15 bis 25 DM/MWh und für Stroh 81 DM/t TM bzw. 14,6 DM/MWh fixiert worden.

Für den Brennstoff-Mix wird eine Spanne von 16 bis 24 DM/MWh angegeben.

Nr. 25	22V2403	Fallingbostel	Niedersachsen

Energetische Verwendung nachwachsender Rohstoffe in den Landkreisen Soltau-Fallingbostel und Verden

Antragsteller: Forstverwaltung Niedersachsen

5. Ökonomische Merkmale

Die Investition für die Anlage wird mit 40,8 Mio DM angegeben, zuzüglich 2,4 Mio DM für die Wärmeverteilung (Variante mit Firma Kraft und Firma Ekkes, ohne Hallenbad). Bei der hohen Feuerungsleistung machen sich Kostendegressionseffekte bei der spezifischen Investition (1 020 DM/kW_{in} ohne Wärmeverteilung) günstig bemerkbar.

Der anlegbare Dampfpreis für die Wärmeeinspeisung ist mit 47 DM/MWh angesetzt. Die Entnahme-Kondensationsschaltung ermöglicht eine Jahres-Stromerzeugung von 35 200 MW_{el}/a, durch deren Vergütung mit 138 DM MWh_{el} sich ein Substitutionswert von 10 DM/MWh_{in} ergibt. Dieser Substitutionswert gilt für einen Zinssatz von 8 %/a, für eine Lebensdauer von 15 Jahren für den Maschinenteil der Anlage und von 30 Jahren für Bauten. In der Studie wurde mit anderen Daten gerechnet.

Mit Brennstoffkosten von 16 bis 24 DM/MWh ergibt sich für die Kostenunterdeckung eine Spanne von 6 bis 14 DM/MWh_{in}.

6. Umweltmerkmale

Die energetische Nutzung von nicht vermarktbarem Fichten- und Kiefernschwachholz sowie von Sägerestholz hat aus ökologischer Sicht Vorteile.

Nr. 26	22V2402	Kaisersesch	Rheinland-Pfalz

Demonstrationsanlage zur Nutzung nachwachsender Energierohstoffe

Antragsteller: RWE Energie AG

1. Übersicht

Heizwerk 20 MW_{th} oder Heizkraftwerk 14 MW_{th} / 1,6 MW_{el} (netto) für einen holzverarbeitenden Betrieb.

Biobrennstoff:

- Speziell angebaute Biomasse, jeweils zur 100%igen Bedarfsdeckung. Diskutiert werden verschiedene Getreideganzpflanzen (GGP), Gras, Mais (Silomais) und Miscanthus. Bisher keine Festlegung zugunsten eines bestimmten Brennstoffs.

Feuerungstechnik:

- Vølund-Zigarrenbrenner

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Das Projekt ist auf den Prozeßwärmebedarf des Holzspanplatten-Herstellers (Firma Glunz) ausgerichtet. Lange Wärmeleitungen sind nicht erforderlich. Zwei unterschiedliche Wärmeleistungen werden benötigt:

a) 14MW bei 200 °C,

b) 6MW bei 280 °C.

Die Heizwerk-Variante ist wärmemäßig auf a) und b) zugeschnitten, die HKW-Variante auf a) mit Stromauskopplung. Die Gleichzeitigkeit der Strom- und Wärmelieferung entspricht dem Bedarf der Wärmeabnehmers.

Die Auslastung beträgt 7 000 Vollbenutzungsstunden jährlich.

3. Feuerungstechnik

Ohne Festlegung wird vorerst vom Zigarrenbrenner von Vølund ausgegangen. Vor einer detaillierten Projektierung werden auch andere Verbrennungsanlagen-Konzepte in die Überlegungen einbezogen.

Bei der HKW-Option beträgt die Stromauskopplung ca. 9 % der Brennstoffleistung. Im Fall des HKW-Betriebs müßten die 6 MW (280 °C) separat erzeugt werden.

Nr. 26	22V2402	Kaisersesch	Rheinland-Pfalz

Demonstrationsanlage zur Nutzung nachwachsender Energierohstoffe

Antragsteller: RWE Energie AG

4. Rohstoffbereitstellung

Brennstoffbedarf: Rd. 41 500 t/a bzw. 164 700 MWh/a für das Heizwerk und rd. 34 700 t/a bzw. 138 000 MWh/a für das Heizkraftwerk, bei einem TS-Gehalt der Biomasse von 86 % und einem Heizwert von 3,97 MWh/ t FM. Als Brennstoff (Großballen) werden Mais, Miscanthus, Gras und Stroh diskutiert.

Es wird ein Mindesterlös von 140 DM t Biomasse frei Anlage unterstellt, zusätzlich zur Flächenstillegungsprämie von 477 bzw. 545 DM/ha. Dies entspricht 35 DM/MWh. Für Lagerung und Logistik insgesamt werden Kosten von 15 DM/t angesetzt. Bei Miscanthus wird keine Trocknung unterstellt.

5. Ökonomische Merkmale

Nachfolgend werden Merkmale für das HW und für das HKW aufgeführt:

	HW	HKW
Investition (Mio DM) • darunter Wärmeleitung	22,6 0,7	27,5 0,7
Spezifische Investition DM/kW$_{in}$	1020	1490
Substitutionswert DM/MWh$_{in}$	18	18
Brennstoffkosten (DM/MWh$_{in}$)	35	35
Kostenunterdeckung (DM/MWh$_{in}$)	17	17

6. Umweltmerkmale

Wegen der noch fehlenden Festlegung auf spezifische Energiepflanzen und der noch etwas offen gehaltenen Feuerungstechnik werden keine bezeichnenden Umweltmerkmale aufgeführt.

Nr. 27	22V2406	Eberswalde	Brandenburg

Bioheizkraftwerk Eberswalde / Energieplantagen Hohenfinow

Antragsteller: Stadtwerke Eberswalde GmbH

1. Übersicht

Neubau eines Heizkraftwerks (17,5 MW Wärme bei 2,5 MW_{el}) für biogene Energieträger als Ersatz eines Rohbraunkohle-Heizwerks.

Alternativ: Heizwerk mit 14 MW Fernwärmeeinspeisung.

Biobrennstoff:

- Holzhackschnitzel aus der konventionellen Forstbewirtschaftung, Sägewerkshackschnitzel und SWP-Holzhackschnitzel.

Feuerungstechnik:

- Wirbelschichtfeuerung (ZWSF) oder Rostfeuerung.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Das von den Stadtwerken Eberswalde betriebene Wärmenetz mit gesicherter Wärmeabnahme hat einen Wärmebedarf von ca. 50 GWh/a bei einer Wärmeanschlußleistung von 26,6 MW.

Das Niveau der Wärmeeinspeisungspreise liegt am Standort bei 50 DM/MWh.

Zur künftigen Abdeckung der Spitzenlast stehen zwei Ölbrenner mit 5 und 7 MW zur Verfügung, die 1991 gebaut wurden und gegenwärtig in der Grundlast betrieben werden.

3. Feuerungstechnik

Präferenz der Antragsteller ist die zirkulierende Wirbelschichtfeuerung. Alternativ wird eine Rostfeuerung für Holzhackschnitzel diskutiert.

Sowohl für die HW-Option als auch für die HKW-Option werden jeweils zwei Heißwasserkessel bzw. Dampfkessel geplant. Im Falle des HKW erfolgt die Stromauskopplung über eine Entnahme-Kondensationsturbine.

Nr. 27	22V2406	Eberswalde	Brandenburg

Bioheizkraftwerk Eberswalde / Energieplantagen Hohenfinow

Antragsteller: Stadtwerke Eberswalde GmbH

4. Rohstoffbereitstellung

Standort: Eher ertragsärmere Böden, geringe Besiedlungsdichte.

Brennstoff: Angebotspotential: rund 200 000 fm Energieholz (Waldrestholz, Schwachholz); Nachfragepotential (HKW): rd. 50 000 fm bzw. rd. 20 000 t TM/a bzw. rd. 40 700 t FM (50 % TS) waldfrisch; es sind rd. 10 ha SWP geplant (Pappeln, Robinien, Lärchen). Für SWP werden Kosten der Bereitstellung von rund 150 DM/t TM (bei 10 t TM/ha) frei Anlage abgeleitet, bei einem Heizwert von 5 MWh/t TM. Bei Waldrestholz werden Bereitstellungskosten von 100 bis 115 DM/t TM bzw. 21,2 bis 24,4 DM/MWh (Hu: 4,71 MWh/t TM) angesetzt, wobei die Kosten für das Fällen, Rücken und Abtrennen des Nutzholzes nicht in Rechnung gestellt werden.

5. Ökonomische Merkmale

Aufgrund vorliegender Richtpreise und Vergleichswerte wird eine Investitionssumme von 17 Mio DM für die präferierte HKW-Variante angesetzt. Diese Summe enthält allerdings keine Positionen für Grundstückskosten, Planungs- und Genehmigungskosten und für Unvorhergesehenes. Umgerechnet bedeutet die angegebene Investitionssumme 725 DM/kW_{in}.

Wenn man aus Gründen der Vergleichbarkeit einen Zinssatz von 8 %/a und eine wirtschaftlich-technische Lebensdauer von 15 Jahren unterstellt, ergibt sich ein Substitutionswert von 18,9 DM/MWh_{in}.

Mit der angegebenen Preisspanne von 21,2 bis 24,4 DM/MWh_{in} für die Bereitstellung der Holzhackschnitzel aus konventioneller Forstbewirtschaftung ergibt sich eine Kostenunterdeckung von 2,3 bis 5,5 DM/MWh_{in}.

6. Umweltmerkmale

Das Projekt könnte einen Beitrag zur Waldpflege leisten.

Nr. 28	22V2407	Niederzier	Nordrhein-Westfalen

Modellprojekt Kraft-Wärme-Kopplung

Antragsteller: Anton Lorenz Sägewerk und Parkettfabrik

1. Übersicht

Gegenwärtig verwenden die Parkettwerke Lorenz einen Teil ihres Restholzes als Brennstoff für die eigene Holztrocknung, der Rest wird deponiert.

Die Studie diskutiert 3 Optionen im Vergleich zur Fortführung der gegenwärtigen Situation bei Ersatz einiger Anlagenteile:

Biobrennstoff:

- Geplant ist vornehmlich die Verwendung des firmeneigenen Industrierestholzes. Ergänzend, je nach Brennstoffbedarf, sollen eingesetzt werden: Industrierestholz aus anderen Betrieben, Holzhackschnitzel aus Schnellwuchsplantagen und Waldrestholz.

Feuerungstechnik:

- **Variante A 3:** Biomasse-Dampferzeuger mit 12,1 MW Feuerungsleistung, Stromauskopplung 1,1 MW_{el} über eine Dampfturbine, 7,09 MW Wärme.

Variante B: 9.3 MW Feuerungsleistung, Stromauskopplung 1,1 MW_{el} über zwei Spilling-Dampfmotoren, 5,2 MW Wärme.

Variante Holzvergasung: 15 MW Feuerungsleistung, Stromauskopplung 3,74 MW_{el} über 5 Motoren (Firma Dresser-Wankesha), 6,8 MW Wärme.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Der Wärmebedarf der Firma Lorenz beträgt 11 GWh/a, bei einem Dampf-Spitzenbedarf von 5,8 MW.

Für den Überschuß an Wärmeleistung und Wärmearbeit müssen neue kommunale und gewerbliche Abnehmer gefunden werden.

Nr. 28	22V2407	Niederzier	Nordrhein-Westfalen

Modellprojekt Kraft-Wärme-Kopplung

Antragsteller: Anton Lorenz Sägewerk und Parkettfabrik

3. Feuerungstechnik

Für die Varianten A 3 und B ist eine Unterschubfeuerung geplant.

Für die Vergasungsvariante ist die Vergasung mit Luft in einer zirkulierenden Wirbelschicht (Firma Lurgi) vorgesehen. Der Heizwert des entstehenden Gases wird mit 5,93 $kJ/m^3_{i.N.}$ angegeben. Das Gas wird als Kraftstoff für Gasmotoren verwendet, mit Hilfe derer Strom bei einem elektrischen Wirkungsgrad von etwa 25 % brutto ausgekoppelt wird.

4. Rohstoffbereitstellung

Bei diesem Projekt steht die Verwendung (Entsorgung) der eigenen Industrierestholzabfälle des Sägewerks bzw. der Parkettfabrik von 13 700 t/a (67 % TS, H_u: 2,91 MWh/t FM) im Vordergrund, dies entspricht 9 240 t TM/a (Variante B). Diese Reststoffe teilen sich wie folgt auf: Resttrockenholz: 3 904 t FM (92 % TS); Restfrischholz: 8 573 t FM (60 % TS); Rinde: 1 250 t FM (42 % TS). Die Bereitstellungskosten werden mit 0 DM/MWh angesetzt.

Im Fall der Variante A 3 sind Ergänzungsbrennstoffe in Höhe von 3 560 t/a erforderlich. Die Bereitstellungskosten umfassen nur den Abtransport aus regionalen Holzverarbeitungsbetrieben und belaufen sich auf 14,2 DM/t. Unter Berücksichtigung des Heizwerts von 2,91 MWh/t ergeben sich durchschnittliche Bereitstellungskosten von 1 DM/MWh_{in}.

Es wurde geschätzt, daß zur Rohstoffbedarfsdeckung für die Vergaservariante zusätzlich rund 9 700 t FM/a an Waldrestholz oder Energieholz (aus Schnellwuchsplantagen) nötig sind. Aussagen zum TS-Gehalt dieses Holzes wurden nicht gemacht. Als Kosten der Bereitstellung wurden für Wald-Restholz ca. 50 DM/t und für Hackschnitzel aus Schnellwuchsplantagen (Erlen, Aspen) ca. 60 bis 70 DM/t angesetzt.

Nr. 28	22V2407	Niederzier	Nordrhein-Westfalen

Modellprojekt Kraft-Wärme-Kopplung

Antragsteller: Anton Lorenz Sägewerk und Parkettfabrik

5. Ökonomische Merkmale

Die Zusatzinvestitionen gegenüber dem notwendigen Umbau der Altanlage (1,75 Mio DM) betragen:

Variante A 3: 3,61 Mio DM (5,36 abzüglich 1,75) bzw. 298 DM/kW_{in}.

Variante B: 4,30 Mio DM (6,05 abzüglich 1,75) bzw. 462 DM/kW_{in}.

Vergasungsvariante: 38,25 Mio DM (40 abzüglich 1,75) bzw. 2 550 DM/kW_{in}.

Weitere Merkmale sind:

	Variante A 3	Variante B	Vergasungsvariante
• Substitutionswert (DM/MWh_{in})	10,1	9,5	– 7,6
• Brennstoffkosten (DM/MWh_{in})	1,0	0	?
• Kostenunterdeckung (DM/MWh_{e})	– 9,1	– 9,5	?

6. Umweltmerkmale

Bei allen Varianten wird der Deponiebedarf für das Industrie-Restholz stark reduziert bzw. beseitigt.

Nr. 29	92EA009	Pfaffenhofen	Bayern

Fernwärme aus Energiepflanzen in Pfaffenhofen

Antragsteller: Firma Niedermayer, Pfaffenhofen

1. Übersicht

Es wird ein neu zu errichtendes Nahwärmenetz für Heizungszwecke zum Ausbau in 5 Stufen geplant. Dabei werden eine HW- und eine HKW-Variante mit Dampfmotor mit 550 kW_{el} oder 800 kW_{el}, je nach Ausbaustufe, untersucht.

Biobrennstoff:

- Stroh, Säge-Restholz, Miscanthus

Feuerungstechnik:

- Vermutlich Rostfeuerungen

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Die Berechnungen gehen für die erste Ausbaustufe von einer in das Netz einzuspeisenden Heizleistung von 10 MW_{th} aus. Wärmeabnehmer mit einer Gesamtanschlußleistung von 14,2 MWth könnten sofort angeschlossen werden, allerdings wären dazu weitere baldige Investitionen in das Wärmeverteilungsnetz erforderlich.

In der HW-Variante soll ein strohbefeuerter Biomassekessel 50 % der maximalen Heizleistung von 10 MW_{th} übernehmen. Die Spitzenlast wird mit zwei Ölkesseln von je 3 MW_{th} abgedeckt. In der HKW-Variante sind ein Stroh- und ein Holzkessel für Parallelbetrieb mit je 3,4 MW_{th} sowie ein Ölkessel mit 4,2 MW_{th} für die Spitzenlast vorgesehen. Die Biobrennstoffkessel übernehmen dann 40 % der abzugebenden Heizleistung.

Die anzuschließenden Wärmeabnehmer sind, auf den Verbrauch bezogen, überwiegend öffentliche Einrichtungen. Die Vollbenutzungsdauer des Netzes liegt, je nach Ausbaustufe, bei rund 1400 h/a. Die Wärmeabnahme beträgt in der niedrigsten Ausbaustufe (für die die Dimensionierung der Kesselanlagen vorgenommen wurde) rund 15 GWh/a, in der letzten Ausbaustufe 28 GWh/a. Hierfür reicht dann aber die Erhöhung der Vorlauftemperatur auf 130 °C nicht mehr aus.

Nr. 29	92EA009	Pfaffenhofen	Bayern

Fernwärme aus Energiepflanzen in Pfaffenhofen

Antragsteller: Firma Niedermayer, Pfaffenhofen

3. Feuerungstechnik

Die Anlagen werden in der Studie nicht im einzelnen beschrieben, auch die Anbieter dieser Anlagen werden nicht genannt. Aus der Aufstellung der Investitionskosten kann im Fall des HW geschlossen werden, daß es keine Vølund-Anlage ist, da ein Ballenauflöser angegeben wird. Auch bei den Anlagen für das HKW werden keine Aussagen zur Feuerungstechnik gemacht.

Mit Rücksicht auf die Ascheerweichung von Stroh wird die Frischdampftemperatur beim HKW auf konservative 275 °C festgelegt. Der Heizungsvorlauf wird zunächst auf 105 °C festgelegt. Im Rahmen einer späteren Leistungserhöhung kann dieser Wert auf 130 °C angehoben werden.

4. Rohstoffbereitstellung

Hinsichtlich der Rohstoffbereitstellung wurden keinerlei Standortspezifika angeführt.

Biomassebedarf: Heizwerk: 16 000 MWh/a (Stroh); HKW: 21 000 MWh/a (Stroh und Holz im Verhältnis 1 : 1). Als Kosten der Biomassebereitstellung wurde bei Stroh von 60 bis 120 DM/t (14 bis 28 DM/MWh), bei Sägerestholz von 20 bis 45 DM/t (5 bis 12 DM/MWh) und bei Miscanthus von 60 bis 120 DM/t (13 bis 26 DM/MWh) ausgegangen.

5. Ökonomische Merkmale

Unter den in der Studie diskutierten Varianten für die Ausbaustufe I werden nachstehend Daten für das Heizwerk mit 5 MW Fernwärmeleistung aufgeführt: Es wird eine Investition von 6,86 Mio DM (das sind ca. 1 220 DM/kW_{in}) angegeben. Von dieser Investition entfällt ein Beitrag von 2,5 Mio DM auf das Grundstück mit Erschließung.

Für das Fernwärmenetz der Ausbaustufe I mit 10 MW Spitzenlast wird außerdem eine Investition von 3,13 Mio DM erforderlich. Sie dürfte zu Wärmeverteilungskosten von grob 25 DM/MWh führen.

Nr. 29	92EA009	Pfaffenhofen	Bayern

Fernwärme aus Energiepflanzen in Pfaffenhofen

Antragsteller: Firma Niedermayer, Pfaffenhofen

5. Ökonomische Merkmale – Fortsetzung –

Wenn man die Annahmen der Studie unterstellt, ergibt sich für das Heizwerk ein Substitutionswert von 4 DM/MWh$_{in}$. Diesem Wert liegt ein Zinssatz von 6 % zugrunde.

Der Substitutionswert für die HKW-Variante ist geringer als für das HW.

6. Umweltmerkmale

Nähere Angaben zur Art des Sägerestholzes und des zusätzlichen Holzes, zum Miscanthusanteil und zur Feuerungstechnik liegen noch nicht vor.

Nr. 30	92EA003	Sulzbach-Rosenberg	Bayern

Biomassekraftwerk Sulzbach-Rosenberg

Antragsteller: Interessengemeinschaft Sulzbach-Rosenberg

1. Übersicht

Das Kraftwerk der Stahlwerke Neue Maxhütte (NMH) versorgt auch die Stadt Sulzbach-Rosenberg mit Fernwärme. Es soll auf den Einsatz von Biobrennstoffen unter weiterer Nutzung des bei NMH anfallenden Gichtgases umgerüstet werden. Funktionsfähige Gebäude und Anlagenteile sollen übernommen werden. Ausgetauscht werden Komponenten älterer Bauart, wie die Turbinen und der Gichtgaskessel. Statt der VS- und der NS-Turbine soll eine Entnahme-Kondensationsturbine und statt des einen sollen zwei Gichtgaskessel mit unterschiedlicher Vollbenutzungsstundenzahl installiert werden. Bei der Neuauslegung der Anlage wird auch ein in der Planung befindliches 10 MW-Biomasse-HW der ESP-Heizwerke GmbH berücksichtigt, das 10 t/h Dampf während einer Vollbenutzungsdauer von 6 500 h/a in das Mitteldrucknetz (12 bar, 300 °C) der NMH einspeist.

Der neu zu schaffende Biobrennstoffkessel soll 36 t/h (= 32,3 MW) Frischdampf während einer Vollbenutzungsdauer von 6000 h/a erzeugen und in das NMH-Hochdruck-Dampfnetz (60 bar, 500 °C), parallel zu dem vorhandenen, bzw. den neu zu installierenden Gichtgaskesseln, einspeisen. Der Hochdruckdampf wird zur Elektrizitätserzeugung und -einspeisung in das EVU-Netz verwendet.

Das ebenfalls aus der Turbinenanzapfung gespeiste, schon erwähnte Mitteldrucknetz liefert die Prozeßwärme für NMH und 14 t/h Dampf in das Fernwärmenetz.

Biobrennstoff:

- Getreideganzpflanzen (GGP), wie Triticale, Gerste, usw., zunächst in Ballen, zukünftig ggf. pelletiert. Mischung mit Holzhackschnitzeln im Verhältnis 1 : 1 erforderlich. Holzanteil kann bis auf 100 % erhöht werden.

Feuerungstechnik:

- Zirkulierende Wirbelschichtfeuerung mit zwei Fließbetten.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Sollte die Stahlherstellung eingestellt werden, müßte entweder das Gichtgas durch Erdgas ersetzt oder von vornherein ein anderes Konzept gewählt werden. Untersucht wurden die beiden Varianten *mit* (A), bzw. *ohne* den bisherigen Weiterbetrieb (B) der NMH, d. h. also ohne Unterstellung von Ersatzabnehmern für industrielle Prozeßwärme.

Nr. 30	92EA003	Sulzbach-Rosenberg	Bayern

Biomassekraftwerk Sulzbach-Rosenberg

Antragsteller: Interessengemeinschaft Sulzbach-Rosenberg

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten – Fortsetzung –

In der Variante B ist nur eine normale Kondensationsturbine zur ausschließlichen Elektrizitätserzeugung vorgesehen, die Fernwärme wird dabei von dem in dieser Variante arbeitslosen ESP-Heizwerk geliefert. Zur Spitzenlastabdekkung und Reservehaltung werden zwei Erdgaskessel vorgesehen. Am Kraftwerk ist ein Lagervolumen für 4 Tage Vollastbetrieb geplant.

Neben dem weit überwiegenden Wärmebedarf des Industrieunternehmens NMH besteht ein Fernwärmebedarf von 16.5 MW mit einer Vollbenutzungsdauer von 1800 h/a, einschließlich eines Potentials an Privat- und Industriekunden, deren Anschluß jedoch ungewiß ist.

Unter Berücksichtigung eines Gleichzeitigkeitsfaktors ergibt sich eine Wärmehöchstlast von 15 MW und zusammen mit den Netzverlusten eine einzuspeisende Wärmemenge von rund 29 GWh/a.

3. Feuerungstechnik

Eine zirkulierende Wirbelschichtfeuerung mit zwei Fließbetten (Multi Circulating Fluidized Bed) der dänischen Firma AALBORG CISERV wurde nach Diskussion vieler Konzepte ausgewählt. Das zweite Fließbett enthält den im ersten Fließbett aufgeheizten Sand (als Ascheersatz) und die darin vollständig eingetauchten Überhitzerheizflächen. Durch dieses Verfahren soll es nach Herstellerangaben möglich sein, Frischdampftemperaturen von 500 °C zu erzielen, ohne die durch das Chlor aus den Getreide-Ganzpflanzen hervorgerufene Heißgaskorrosion zu riskieren. Getreide-Ganzpflanzen oder Stroh dürfen nur mit mindestens 40 % Holzhackschnitzeln vermischt eingesetzt werden, wegen anderenfalls unzureichender Aschestabilität. Den Berechnungen in der Studie wurde ein Verhältnis von 1 : 1 zugrunde gelegt.

Der vorgeschlagene Kessel ist in dieser Form noch nicht erprobt. Jedoch wird in Dänemark eine Anlage nach diesem Konzept entweder mit Holz oder mit einem Gemisch aus Stroh und Kohle bei 80 MW_{th} betrieben. Über die durch den Sand verursachten Erosionen an den Kesselbauteilen wird nicht berichtet. Der Kesselwirkungsgrad wird unter Zugrundelegung einer erreichbaren Abgastemperatur von 120 °C mit 93 % angegeben.

Nr. 30	92EA003	Sulzbach-Rosenberg	Bayern

Biomassekraftwerk Sulzbach-Rosenberg

Antragsteller: Interessengemeinschaft Sulzbach-Rosenberg

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: Im Kreis Sulzbach-Rosenberg sind in den nächsten Jahren bis zu 6 000 ha Ackerfläche stillzulegen; weitere Standortspezifika werden nicht genannt.

Biomassebedarf: 195 000 MWh bzw. 54 000 t (FM) Biomasse pro Jahr.

Die Biomassebereitstellung soll über Holzhackschnitzel (27 000 t/a), davon 4400 t/a Waldrestholz und 22 600 t/a Sägewerksabfälle (Holzhändler), und Getreideganzpflanzen (GGP) mit ebenfalls 27 000 t/a abgedeckt werden. Die unterstellten Heizwerte (H_u) und TS-Gehalte liegen für die Holzhackschnitzel bei 12 GJ/t FM (77 % TS) und für GGP (Triticale, Weizen, Gerste) bei 14 GJ/t FM (89 % TS). Bei GGP wurde ein mittlerer Ertrag von 11 t/ha („lufttrocken") unterstellt.

Die Kosten der Biomassebereitstellung durch Holzhackschnitzel sind für Industrierestholz mit 40 DM/t FM und für Waldrestholz mit 120 DM/t FM angesetzt, für GGP mit ca. 150 DM/t FM (für die Pelletlinie bei Pelletierkosten von 50 DM/t FM im Falle der „Haimer"-Anlage). Hieraus resultieren durchschnittliche Kosten von rund 100 DM/t FM bzw. rund 28 DM/MWh$_{in}$.

5. Ökonomische Merkmale

Die Angaben sind nach Varianten zu unterscheiden:

Variante A: Die Neue Maxhütte wird wie bisher weiterbetrieben und hat einen Dampfbedarf von 90 t/h und einen Gichtgasanfall von 40 000 m^3/h. 13 000 MWh Fernwärme werden eingespeist.

Variante B: Die Neue Maxhütte hat weder Dampfbedarf, noch fällt Gichtgas an. Der Fernwärmebedarf bleibt unverändert, d. h. der Biomassekessel macht keine Fernwärme, die Anlage wird als Kraftwerk betrieben.

Wichtige ökonomische Daten sind:

	Variante A	Variante B
• Investitionen in Mio DM	57,5	45,4
• Spezifisch in DM/kW$_{in}$	1780	1406
• Substitutionswert in DM/MWh$_{in}$	7,0	4,5

Nr. 30	92EA003	Sulzbach-Rosenberg	Bayern

Biomassekraftwerk Sulzbach-Rosenberg

Antragsteller: Interessengemeinschaft Sulzbach-Rosenberg

5. Ökonomische Merkmale – Fortsetzung –

Diese Werte resultieren bei einem Zinssatz von 5 %/a, mit dem in der Studie gerechnet wurde. Mit 8 %/a, wie in den meisten anderen Studien, ergeben sich für den

- Substitutionswert in DM/MWh$_{in}$ – 0,6 – 0,5

Bei Biomassekosten von 28 DM/MWh$_{in}$ erhält man:

- Kostenunterdeckung in DM/MWh$_{in}$ 21,0 23,5
- (bei 8 %/a Zins) 27,4 28,5

6. Umweltmerkmale

Es wird darauf hingewiesen, daß der Einsatz von Düngemitteln und PSM bei der Energiegetreideerzeugung deutlich geringer ist als bei der konventionellen landwirtschaftlichen Produktion.

Nr. 31		Laage	Mecklenburg-Vorpommern

Machbarkeitsstudie Agrarenergiezentrum Mecklenburg-Vorpommern

Antragsteller: Agrarenergiezentrum Laage

1. Übersicht

Es soll ein „Agrarenergiezentrum" errichtet werden, in dem aus Holz mit einem Holzvergaser und einem BHKW elektrische Energie, Heizwärme und Holzkohle erzeugt werden. Gleichzeitig sollen in dem Gebäude nach Möglichkeit Arbeitsplätze für Forschungsarbeiten und Schulungszwecke geschaffen werden. Die elektrische Leistung des nachgeschalteten BHKW liegt bei 2,25 MW_{el} bei Verwendung von Gasmotoren, bzw. bei 3,3 MW_{el} bei Einsatz eines Gasturbinenprozesses mit Dampfeinspritzung. Es ist noch nicht entschieden, welches der beiden Verfahren gewählt werden soll. Die Abwärme der Umwandlungsanlage wird zur Grundlastbereitstellung von etwa 4,8 MW_{th} für ein Nahwärmenetz genutzt, in das, im Verbund mit Erdgas- und Ölkesseln (auch zur Reservehaltung), 12,5 MW_{th} als Spitzenlast eingespeist werden.

Biobrennstoff:

- Waldrestholz und Holz aus Schnellwuchsplantagen (SWP). Anlaufphase: nur Waldrestholz.

Feuerungstechnik:

- Vergasung nach dem Michel-Kim-Verfahren mit anschließender Verbrennung in einem BHKW.

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten

Für die vorgeschlagene Umwandlungsanlage sind die erforderlichen Wärmekunden laut Studie noch nicht sicher. Wunschstandort für das Agrarenergiezentrum ist das Gewerbegebiet der Ortschaft Laage-Kronskamp mit rund 2 500 Einwohnern und einem erneuerungsbedürftigen Nahwärmenetz. Dieser Standort ist für das BHKW aber nur dann sinnvoll, wenn es gelingt, den vorhandenen Bundeswehr-Flugplatz mit seinen Einrichtungen, trotz eigener Wärmeversorgung, als Kunden zu gewinnen. Ist dies nicht möglich, ist als Ausweichstandort für das Agrarenergiezentrum die benachbarte Ortschaft Breesen mit rund 250 Einwohnern vorgesehen, in der eine Treib- bzw. Gewächshausanlage mit 5 ha Fläche geplant ist. Für den Wärmebedarf werden etwa 20 GWh/a bei einer (einzuspeisenden) Spitzenlast von 12,5 MW erwartet. Davon würde das BHKW mit Holzbetrieb 4,2 MW an Leistung und ca. 13 GWh an Arbeit übernehmen.

Nr. 31		Laage	Mecklenburg-Vorpommern

Machbarkeitsstudie Agrarenergiezentrum Mecklenburg-Vorpommern

Antragsteller: Agrarenergiezentrum Laage

2. Nachfrageseitige Standortgegebenheiten – Fortsetzung –

Darüber hinaus stehen bei der vorgesehenen Betriebsweise noch 0,6 MW_{th} aus dem Gasgenerator mit $t > 130\,°C$ über 5 200 h/a und die Abwärme des Eigenstrom-BHKW, das alternativ auch mit Erdgas betrieben wird, mit 0,3 MW_{th} ganzjährig für die Brauchwasser-Erwärmung zur Verfügung.

3. Feuerungstechnik

Für die Energieumwandlungsanlage wird ein 3-stufiges Vergasungssystem nach Michel-Kim mit einer Gasgeneratorleistung von 7,5 MW (5 000 $m^3/h_{i.N.}$, $H_u = 5{,}5\ MJ/m^3_{i.N.}$) vorgeschlagen.

Bei dem Michel-Kim-Verfahren handelt es sich um eine Weiterentwicklung der bekannten Weltkrieg-II-Holzvergaser, mit der besonderen Zielrichtung, Kondensate wie Teer, Phenole usw. zu vermeiden, um ein möglichst sauberes Gas zu erhalten, das sich ohne weitere Aufbereitung vorzugsweise in stationären Verbrennungs-Kraftmaschinen einsetzen läßt.

Die Generatorleistung von 7,5 MW erfordert bei dem konzipierten Vergaser eine Brennstoffleistung von 12 MW_{in}. Je Tonne Holz (atro), die eingesetzt wird, werden etwa 110 kg Holzkohle erzeugt.

4. Rohstoffbereitstellung

Standortverhältnisse: Jahresdurchschnittstemperatur: 8,2 °C; ø Jahresniederschlag: 605 mm; ø Niederschläge während der Vegetationsperiode (April bis September): 345 mm; die Ackerzahlen liegen zwischen 20 bis 44 (Durchschnitt: rd. 28).

Nr. 31		Laage	Mecklenburg-Vorpommern

Machbarkeitsstudie Agrarenergiezentrum Mecklenburg-Vorpommern

Antragsteller: Agrarenergiezentrum Laage

4. Rohstoffbereitstellung – Fortsetzung –

Biomassebedarf: 18 000 t TM/a (Holz aus Schnellwuchsplantagen (67 %) und Waldrestholz (33 %)). Dies entspricht bei Heizwerten (H_u) von 4,8 und 4,93 MWh/t TM rd. 87 000 MWh_{in}/a. Als potentielle Anbaufläche für Schnellwuchsplantagen (SWP) stehen im Umkreis von 15 km nach einer Umfrage rund 1000 ha LF (75 % Ackerfläche) zur Verfügung. Es wird unterstellt, daß hierdurch, nach der ersten Ernte in 5 bis 6 Jahren, durchschnittlich 12 000 t TM/a (12 t TM/ha) bereitgestellt werden können, der Rest zur Bedarfsdeckung könnte über Waldrestholz erfolgen (6 000 t TM/a).

Bei SWP wird von einem Ertrag von 12 t TM/ha ausgegangen. Für die ersten Jahre (bevor SWP zur Verfügung stehen) könnte der Holzbedarf vollständig durch Waldrestholz abgedeckt werden, wenn ein Einzugsbereich von 50 km zugrundegelegt wird. Der Waldanteil ist mit 10 % an der Gesamtfläche deutlich unterdurchschnittlich.

Als Bereitstellungskosten für Hackschnitzel aus SWP (Mindestpreisgarantie) werden 125 DM/t TM (= 26 DM/MWh) unterstellt, wobei für die Ernte (Selbstfahrer) und den Transport 50 DM/t TM angesetzt sind. Als Pachtansatz liegen 100 DM/ha zugrunde, als einmaliger Rodungsaufwand sind 2 500 DM/ha unterstellt. Zum Vergleich wurden verschiedene Varianten zu Ernte, Transport und Zwischenlagerung bzw. Endlagerung beim Verwender betrachtet, was insgesamt zu Kosten für die Summe dieser Verfahrensteilschritte von 65 DM bis 88 DM/t TM führt.

Für Waldrestholz (1/3 Nadel- und 2/3 Laubholz) wurden 90 DM/t TM (= 18 DM/MWh) frei Verwendung kalkuliert. Zur Ernte wurde von einem TS-Gehalt von 50 % und Heizwerten (H_u) von 4,8 MWh/t TM (Pappeln) bzw. 5,2 MWh/t TM (Kiefern) ausgegangen.

Für einen Mix aus 2/3 SWP und 1/3 Waldrestholz ergeben sich somit durchschnittliche Bereitstellungskosten von rd. 23 DM/MWh.

Nr. 31		Laage	Mecklenburg-Vorpommern

Machbarkeitsstudie Agrarenergiezentrum Mecklenburg-Vorpommern

Antragsteller: Agrarenergiezentrum Laage

5. Ökonomische Merkmale

Für die Variante mit Motor-BHKW enthält die Studie ökonomische Daten.

Als Gesamtinvestition werden 24,2 Mio DM (mit Anlaufkosten) angegeben, von denen 5,9 Mio DM auf das Wärmenetz entfallen. Bezogen auf 12 MW_{in} Holz-Inputleistung sind das 1 530 DM/kW_{in} (ohne Netz). Auf Unsicherheiten bei den Investitionskosten wird hingewiesen.

Für den Holzvergaser und die Stromerzeugung werden 7 500 Vollbenutzungsstunden, für die Wärmeeinspeisung in das Nahwärmenetz 55 DM/MWh unterstellt.

Wenn man mit einem Zinssatz von 8 %/a rechnet, ergibt sich ein Substitutionswert von ca. 12 DM/MWh_{in}. Dabei sind in der Studie durchschnittliche Erlöse von 645 DM/t für die Holzkohle unterstellt, für die allerdings erst eine Vermarktung aufgebaut werden müßte.

Bei durchschnittlichen Holzkosten (Waldrestholz) von 18 DM/MWh_{in} ergibt sich eine Kostenunterdeckung von 6 DM/MWh_{in}. Für den Brennstoff-Mix (23 DM/MWh) aus Waldrestholz und SWP resultiert eine Kostenunterdeckung von 11 DM/MWh.

6. Umweltmerkmale

Die Studie enthält eine detaillierte Untersuchung zur bodenkundlichen, hydrogeologischen und ökologischen Eignung der für die Anlage von SWP angebotenen ca. 1 000 ha. Das Ergebnis ist, daß von den angebotenen Flächen 28 % geeignet, 43 % bedingt und 29% nicht geeignet sind. Die Aufforstung soll mit standortangepaßten Baumarten (20 %) bei völligem Verzicht auf Düngemittel und PSM bei der Produktion der schnellwachsenden Hölzer durchgeführt werden.

In Erwägung gezogen wird die Verwendung von Klärschlamm als Düngemittel in den Schnellwuchsplantagen.