



Endbericht

**Energie- und umweltstrategisches
Entwicklungs- und Handlungskonzept
für die Region Vogtland im Vierländereck
Sachsen-Tschechien-Bayern-Thüringen**

**Modul 2 | Energetische Potenziale von
Biomasse**

Auftraggeber**Geschäftsstelle Wirtschaftsregion Vogtland**

Sitz: Stadtverwaltung Plauen
Geschäftsbereich Oberbürgermeister
Unterer Graben 1
08523 Plauen

Auftragnehmer**Leipziger Institut für Energie GmbH**

Torgauer Straße 116
04347 Leipzig

Telefon 03 41 / 24 34 - 8 12

Telefax 03 41 / 24 34 - 8 33

E-Mail mail@ie-leipzig.de

Internet www.ie-leipzig.de

Bearbeitung**Andreas Weber**

(Projektleitung)

Telefon 03 41 / 24 34 - 8 19

E-Mail andreas.weber@ie-leipzig.de

Anne Scheuermann**Projektlaufzeit**

Dezember 2008 bis August 2009

Datum

31. August 2009

Die Erstellung des "Energie- und umweltstrategischen Entwicklungs- und Handlungskonzeptes für die Region Vogtland im Vierländereck Sachsen-Tschechien-Bayern-Thüringen (Module 1 – 3)" – eine Maßnahme des Regionalen Entwicklungs- und Handlungskonzeptes (REK) Vogtland – wurde durch den Vogtlandkreis und die Stadt Plauen gemeinsam in Auftrag gegeben und wird nach der "Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums des Innern zur Förderung der Regionalentwicklung (FR – Regio) vom 21. Dezember 2006" mit 80% Anteil an den Gesamtkosten gefördert.

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	1
1 BEGRIFFSDEFINITIONEN UND METHODIK.....	2
2 ENERGIEPFLANZEN	5
2.1 Grundlagen	5
2.2 Potenziale	6
3 FORSTWIRTSCHAFT	8
3.1 Grundlagen	8
3.2 Potenziale	9
4 LANDWIRTSCHAFT	10
4.1 Grundlagen	10
4.2 Potenziale	11
5 ORGANISCHE ABFÄLLE	13
5.1 Grundlagen	13
5.2 Potenziale	14
6 ZUSAMMENFASSUNG UND NUTZUNGSOPTIONEN	17
6.1 Energieträgerpotenziale insgesamt	17
6.2 Endenergiepotenziale	19
6.3 Einordnung der Biomassepotenziale in die derzeitige Nutzung	29
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	31
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	32
TABELLENVERZEICHNIS	32
LITERATURVERZEICHNIS	33

EINLEITUNG

Ziel der Arbeiten in diesem Modul 2 war es, die energetischen Potenziale der Biomasse für das Gebiet des Vogtlandkreises abzuschätzen. Die Potenziale der erneuerbaren Energieträger Wind, solare Strahlung, Geothermie und Wasser werden gesondert in Modul 3 untersucht.

Durch Kenntnis der energetischen Potenziale ist es möglich, die Handlungsschwerpunkte im Hinblick auf die energiepolitische Ausrichtung des Vogtlandkreises zu setzen. Der öffentlichen Hand werden also die entsprechenden Zahlen an die Hand gegeben auf Basis derer zu entscheiden sein wird, welchen Technologien besonderes Augenmerk beim künftigen Ausbau der Energieversorgung auf Basis erneuerbarer Energieträger, insbesondere der Biomasse, zukommt.

Um der Frage nachzugehen, welchen möglichen Beitrag die Biomasse zur Energiebereitstellung im Vogtlandkreis leisten kann, werden die theoretischen, technischen und endenergetischen Biomassepotenziale auf Basis aktueller Daten ermittelt. Anschließend werden diese Potenziale in die derzeitige Nutzung eingeordnet.

Das Potenzial aus Biomasse ergibt sich aus

- Energiepflanzen (z. B. Miscanthus, Triticale, Holz aus Kurzumtriebsplantagen),
- land- und forstwirtschaftlichen Rückständen (z. B. Gülle, Rinde, Waldrestholz),
- organischen Nebenprodukten (z. B. Stroh) sowie aus
- organischen Abfällen (z. B. Bioabfall, Altholz).

Zur energetischen Nutzung der Biomassepotenziale stehen unterschiedliche Konversionstechnologien zur Verfügung. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass konkurrierende Nutzungen sowohl innerhalb der energetischen Nutzungspfade (z. B. Stroh, das thermo-chemisch oder bio-chemisch genutzt werden kann), als auch zwischen Strom-, Wärme- und Kraftstoffsektor (z. B. Holz, das zur reinen Wärmeerzeugung oder in der Stromproduktion zum Einsatz kommen kann) möglich sind. Darüber hinaus können auch Konkurrenzen mit der stofflichen Verwertung von Biomasse (z. B. Industrierestholz in der Holzwerkstoffindustrie) und dem Nahrungsmittelbereich (hier insbesondere bei den Energiepflanzen) auftreten. Für die ermittelten Potenziale werden im vorliegenden Gutachten verschiedene Nutzungsoptionen aufgezeigt und bewertet.

Die nachfolgend dargestellten Potenziale liefern damit eine solide Basis für die energiepolitische Arbeit im Vogtlandkreis. Im Ergebnis konnte aufgezeigt werden, dass die energetischen Potenziale für den verstärkten Ausbau der Nutzung der Biomasse im Vogtlandkreis ausreichend vorhanden sind. Um diese Potenziale zu heben, werden jedoch Anstrengungen bei allen Akteuren (Politik, Investoren, Bevölkerung usw.) notwendig sein.

1 BEGRIFFSDEFINITIONEN UND METHODIK

Bei den Energiepotenzialen der einzelnen Bioenergieträger kann zwischen theoretischen, technischen und endenergetischen Potenzialen unterschieden werden.

- Das **theoretische Potenzial** regenerativer Energien ergibt sich aus dem physikalischen Angebot der erneuerbaren Energiequellen (sämtliche Phyto- und Zoomasse) und stellt damit eine theoretische Obergrenze des verfügbaren Energieangebots dar. Wegen grundsätzlich unüberwindbarer technischer, ökologischer, struktureller und administrativer Schranken kann es zumeist nur zu sehr geringen Anteilen erschlossen werden und ist deshalb zur Beurteilung der tatsächlichen Nutzbarkeit des erneuerbaren Energieangebots im Allgemeinen nicht relevant.
- Das **technische Potenzial** beschreibt demgegenüber den Anteil des theoretischen Potenzials, der unter Berücksichtigung der derzeitigen technischen Möglichkeiten nutzbar ist. Im Einzelnen werden bei der Berechnung die verfügbaren Nutzungstechniken, ihre Wirkungsgrade, die Verfügbarkeit von Standorten auch im Hinblick auf konkurrierende Nutzungen sowie "unüberwindbare" strukturelle, ökologische (z. B. Naturschutzgebiete) und weitere nicht-technische Beschränkungen berücksichtigt.

Die Möglichkeiten der Bereitstellung von Energie aus Biomasse werden – neben der verfügbaren Umwandlungstechnik – ganz wesentlich vom Potenzial der nutzbaren Biomassen bestimmt. Dieses sog. **technische Energieträgerpotenzial** beschreibt den Anteil der insgesamt verfügbaren Biomasse, der unter Berücksichtigung der gegebenen technischen Restriktionen nutzbar ist. /Kaltschmitt_2000/

Zur Potenzialbestimmung werden für die hier untersuchten Sortimente – die forstwirtschaftlichen Potenziale (Kapitel 3), die landwirtschaftlichen Flächenpotenziale (Kapitel 4) bzw. daraus abgeleitet die Energiepflanzenpotenziale (Kapitel 2) sowie die Potenziale aus Reststoffen (Kapitel 5) – zunächst die **energetisch nutzbaren Mengen** ermittelt. Daran anschließend erfolgt die Umrechnung dieser massenbezogenen Daten in Energieeinheiten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass zur Biomassenutzung grundsätzlich thermo-chemische, bio-chemische und physikalisch-chemische Umwandlungsprozesse zum Einsatz kommen können, für die zur Ermittlung der Energiepotenziale jeweils unterschiedliche Wirkungs- bzw. Nutzungsgrade heranzuziehen sind (Abbildung 1). Entsprechend wird hier beispielsweise das technische Energieträgerpotenzial für thermo-chemische Umwandlungsprozesse über die substratspezifischen Heizwerte berechnet, während das technische Energieträgerpotenzial für bio-chemische Umwandlungsprozesse (z. B. Biogasgewinnung) über substratspezifische Gaserträge und einem mittleren Biogas-Heizwert von 21,4 MJ/m³ ermittelt wird. Für die physikalisch-chemische Umwandlung, die nur für ölhaltige Energiepflanzen (z. B. Raps) relevant ist, erfolgt eine entsprechende Einzelfallbetrachtung.

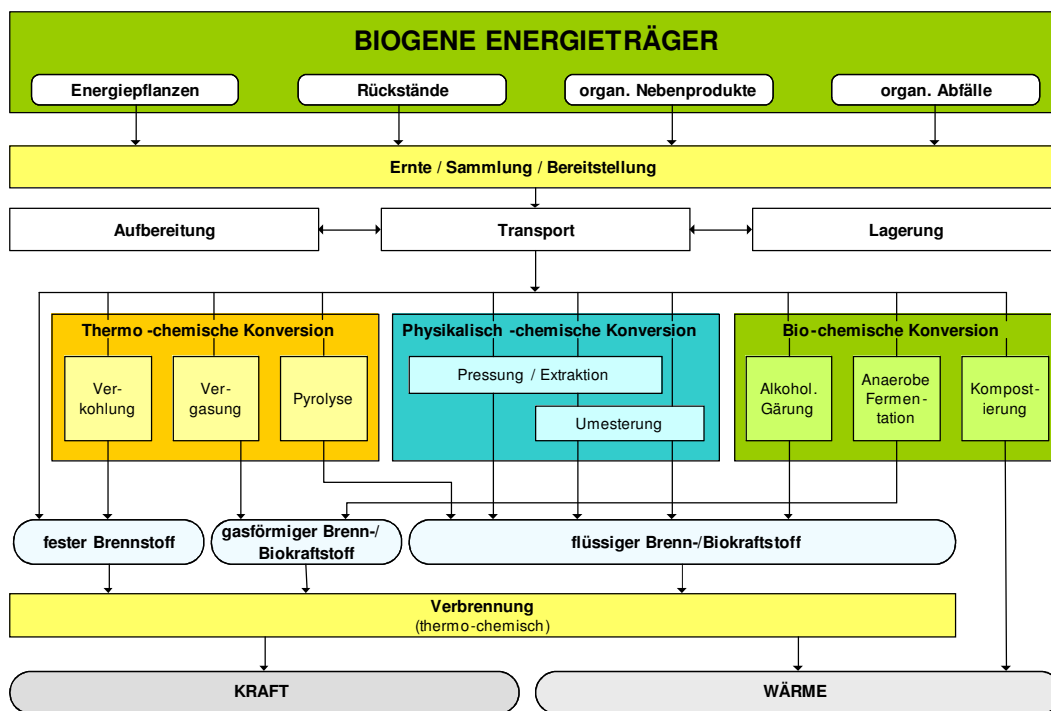


Abbildung 1 *End- bzw. Nutzenergiebereitstellung aus Biomasse*
 Quelle: /Kaltschmitt_2000/

Zur Ermittlung der technischen Energieträgerpotenziale werden für die ausgewählten Bioenergieträger die zurzeit möglichen Umwandlungspfade abgeschätzt. Bereits bestehende Nutzungspfade fließen in diesen Entscheidungsprozess mit ein. Da derzeit bei den thermochemischen Verfahren die Verbrennung die größte technische Bedeutung einnimmt, findet hier im Rahmen der Potenzialermittlung die Vergasung, Pyrolyse und Verkohlung fester Bioenergieträger keine Berücksichtigung.

Im Ergebnis werden bei der Potenzialbestimmung die Energieträgerpotenziale für die erste Konversionsstufe der untersuchten Sortimente ausgewiesen. Das bedeutet, dass die Energiegehalte des zur Verfügung stehenden Biogases bzw. die Energiegehalte der zur Verbrennung nutzbaren Biomassen zahlenmäßig ausgedrückt werden.

Im abschließenden Kapitel 6 werden für die so ermittelten Energieträgerpotenziale die verschiedenen Nutzungsoptionen aufgezeigt. An dieser Stelle wird dann für jedes Energieträgerpotenzial (unter Berücksichtigung von Nutzungskonkurrenzen insbesondere bei Energiepflanzen) das angebotsseitige **technische Endenergiepotenzial** differenziert nach Wärme, Strom und Kraftstoffen sowie Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität (Bioerdgas) ermittelt. Jedoch kann vom technischen Energieträgerpotenzial nur ein Teil in Endenergie überführt werden, da bei den Verbrennungstechnologien und den eingesetzten Blockheizkraftwerken (BHKW) Verluste bei der Wärme- und/oder Strombereitstellung zu beachten sind. Zudem unterscheiden sich die Wirkungsgrade innerhalb der Bioenergieträger aufgrund substratspezifischer Eigenschaften. Im Hinblick der Aufsummierung des angebotsseitigen technischen Endenergiepotenzials werden hier vereinfachte Umwandlungswirkungsgrade von durchschnittlich 0,85 bei der

Wärmegewinnung und 0,9 bei Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) (0,3 bei KWK-Strom und 0,6 bei KWK-Wärme) zu Grunde gelegt.

Im Gegensatz zu den festen und flüssigen Bioenergieträgern muss bei den gasförmigen Bioenergieträgern für die Ermittlung der Endenergie eine weitere Einschränkung beachtet werden: da zur Aufrechterhaltung des biochemischen Umsetzprozesses Energie zugeführt wird, muss diese bei der Berechnung des Endenergiepotenzials berücksichtigt (also abgezogen) werden. Bei einem vereinfachten Umwandlungswirkungsgrad im Biogas-BHKW von 0,9 (0,3 Stromgewinnung und 0,6 Wärmegewinnung) können durch die Berücksichtigung eines thermischen und elektrischen Eigenbedarfs der Biogasanlagen dadurch nur ca. 28 bzw. 32 % des Energieinhaltes des erzeugten Biogases als elektrische Energie bzw. Wärme auch tatsächlich genutzt werden.

Im Hinblick auf eine realistische Ausweisung der Biomassepotenziale und einem praktikablen Umgang mit dem berechneten Datenmaterial wird darauf hingewiesen, dass in Bezug auf **Nutzungskonkurrenzen** im Gutachten eine methodische Vorgehensweise verfolgt wird, die Nutzungskonkurrenzen weitestgehend vermeidet. Insbesondere bei der Ermittlung des Energiepflanzenpotenzials werden nur die Flächen einbezogen, die nicht zur Nahrungsmittelproduktion verwendet werden. Ebenso wird bei den forstwirtschaftlichen Potenzialen beim Holzeinschlag die stoffliche Nutzung bevorzugt betrachtet.

Da bei der Potenzialermittlung für den Vogtlandkreis mögliche Nutzungskonkurrenzen weitestgehend ausgeschlossen werden und für die restlichen Potenziale eine eindeutige Zuordnung der Herkunft gegeben ist (z. B. Gülle des Viehbestandes, Siedlungsabfallaufkommen, Holzeinschlag) können die resultierenden Endenergiepotenziale weitestgehend aufsummiert werden. Jedoch existieren teilweise verschiedene Umwandlungspfade in Endenergie (Biogas zur Umwandlung in Strom und Wärme in BHKW oder zur Aufbereitung in Erdgasqualität), so dass eine Zuordnung zu verschiedenen Endenergiepotenzialen erforderlich ist. Dies wird ebenfalls im Kapitel 6 diskutiert. Als Ergebnis liegen die maximal realisierbaren Einzeloptionen zum technischen Endenergiepotenzial Wärme, KWK (Strom, Wärme), Kraftstoffe und Bioerdgas je Bioenergieträger vor.

Zum Abschluss des Gutachtens werden die vorhandenen Endenergiepotenziale der derzeitigen Nutzung gegenübergestellt. Hierfür wird auf die vom Landratsamt des Vogtlandkreises erstellte Datenbank zurückgegriffen (Datenstand 2008).

Zu Beginn dieses Abschnittes wurde das "theoretische Biomassepotenzial" erwähnt. Das theoretische Potenzial ergibt sich aus dem physikalischen Angebot der Biomasse und stellt damit eine theoretische Obergrenze des verfügbaren Energieangebots dar. Es kann anhand des maximalen photosynthetischen Wirkungsgrads (d. h. maximaler Ertrag an Pflanzenmasse) bestimmt werden. In /Hall_1993/ wird dieser mit 30 t Trockensubstanz (TS) pro Hektar und Jahr für Lignozellulose angegeben. Wird unterstellt, dass auf einer Fläche von rund 116.481 ha (Gesamtfläche des Vogtlandkreises abzüglich der Siedlungs-, Verkehrs-, Erholungs-, Wasser- und sonstigen Flächen) eine derartig hohe Biomasseproduktion – zumindest theoretisch – möglich wäre, errechnet sich ein Ertrag von etwa 3,5 Mio. t/a. Bei einem unteren Heizwert von 18,5 MJ/kg resultiert daraus eine theoretisch bereitstellbare Energiemenge von rund 65.000.000 GJ/a.

2 ENERGIEPFLANZEN

2.1 Grundlagen

Die Bestimmung des Energiepflanzenpotenzials baut auf den Flächenpotenzialen auf. Erfasst werden alle landwirtschaftlichen Flächen (jedoch keine Flächen für die Lebensmittelproduktion) einschließlich derzeitiger Stilllegungsflächen sowie Grünlandflächen.

Die maximal zur Verfügung stehende Energiepflanzenanbaufläche für den Vogtlandkreis kann unter Berücksichtigung der Eigenversorgung mit Nahrungsmitteln und Viehfutter ermittelt werden. Zusätzlich wird angenommen, dass vorhandene Nutzungen nicht substituiert werden. Die potenziellen Ackerflächen für den Energiepflanzenabbau werden daher wie folgt hergeleitet:

Die Kreisstatistik weist für den Vogtlandkreis für das Jahr 2007 eine Landwirtschaftsfläche von 66.355 ha aus. /StaLa_2009/ Zieht man von dieser Fläche die tatsächlich landwirtschaftlich genutzte Fläche ab (Ackerland: 36.434 ha; Dauerkulturen: 44 ha; Dauergrünland: 19.223 ha) erhält man eine Fläche von 10.654 ha, die potenziell für den Energiepflanzenanbau (Brachfläche) zur Verfügung steht. Diese Herleitung ist notwendig, da in der Kreisstatistik keine Brachflächen für den Vogtlandkreis erfasst sind.

Neben diesen Flächen kommen prinzipiell auch Agrarflächen, auf denen sogenannte Marktordnungsprodukte (u. a. Getreide, Zucker, Milch, Rindfleisch) als Überschüsse produziert werden und die überwiegend mit Subventionen auf den Weltmarkt exportiert werden, als potenzielle Flächen für den Energiepflanzenanbau in Betracht. Die Größenordnung dieser Flächen ist jedoch auf Kreisebene schwer abzuschätzen und wird deshalb nicht betrachtet. Die bereits existierende Produktion von Bioenergieträgern zählt ebenfalls nicht zum Potenzial.

$$\begin{aligned} &\text{Brachfläche für den Energiepflanzenanbau} \\ &= \text{Landwirtschaftsfläche minus landwirtschaftlich genutzte} \\ &\text{Fläche} \end{aligned}$$

Für die potenziellen Ackerflächen für den Energiepflanzenanbau (10.654 ha) wird vereinfachend folgende Anbaustruktur untergestellt:

- 40 % Silomais (zur Biogasnutzung) – entspricht 4.262 ha,
- 40 % Kurzumtrieb (als Festbrennstoff) stellvertretend auch für Getreideganzpflanzen und Energiegräser – entspricht 4.262 ha – sowie
- 20 % Raps (zur Nutzung im Pflanzenöl-BHKW oder zur Biodieselerzeugung) – entspricht 2.131 ha.

Darüber hinaus wird das Potenzial von Grünlandflächen (Grünschnitt zur bio-chemischen Nutzung) ermittelt. Hierbei wird die Hälfte des ausgewiesenen Dauergrünlandfläche (extensives Grünland und Wirtschaftsgrünland: 19.223 ha) angesetzt: 9.612 ha.

$$\begin{aligned} &\text{Fläche für Grünschnitt zur bio-chemischen Nutzung} = \\ &0,5 * \text{Dauergrünlandfläche} \end{aligned}$$

2.2 Potenziale

Wie in Abschnitt 1 beschrieben werden über die Größen

- Anbaufläche
- spezifischer Erntemengenertrag
- darauf basierend Erntemenge
- spezifischer Energieertrag
- evtl. weitere Abschlüsse (z. B. Stroh-Korn-Verhältnis)
- spezifische Heizwerte

die spezifischen Energieträgerpotenziale durch Energiepflanzenanbau unter Zugrundelegung des zuvor angenommenen Anbauregimes ermittelt. Hierbei werden ausschließlich die technisch vorrangig genutzten (bzw. technisch ausschließlich nutzbaren) Konversionspfade verfolgt. Das heißt, es werden Nutzungskonkurrenzen bei den Konversionstechnologien vermieden. So werden Silomais und Grünschnitt einer bio-chemischen, die Produkte aus Kurzumtriebsplantagen und Rapsstroh einer thermo-chemischen Verwertung zugeführt. Die Rapsfrüchte werden zudem zu Biodiesel verarbeitet. Die jeweils angenommenen spezifischen Werte sind in der nachfolgenden Tabelle 1 vermerkt.

Die Energieträgerpotenziale aus dem Energiepflanzenanbau können für den Vogtlandkreis wie folgt zusammengefasst werden:

- Für die **bio-chemische Konversion** (Biogasanlagen) stehen im Vogtlandkreis ca. 268.000 t/a Biomasse aus dem Energiepflanzenanbau zur Verfügung (Silomais und Grünschnitt). Über die spezifischen Gaserträge ergibt sich so ein Energieträgerpotenzial von ca. 852.000 GJ/a (Biogas).
- Aus ca. 50.000 t Biomasse aus Kurzumtriebsplantagen sowie Rapsstroh konnte für die **thermo-chemische Verwertung** ein Energieträgerpotenzial von ca. 950.000 GJ/a ermittelt werden (Brennstoff).
- Die Rapsfrüchte können für die Erzeugung von Biodiesel (**physikalisch-chemische Verwertung**) mit einem Energieträgerpotenzial von ca. 105.000 GJ im Vogtlandkreis beitragen.

Tabelle 1 **Technisches Energieträgerpotenzial durch Energiepflanzenanbau im Vogtlandkreis**
Quelle: IE Leipzig

Silomais					
	Anbaufläche	Ertrag	Erntemenge	Energieträgerpotenzial (bio-chem.)	
Einheit	ha	dt/ha	t/a	GJ/t	GJ/a
Quelle	Kreisstatistik	Kreisstatistik	berechnet	spez. Energieertrag IE Leipzig	berechnet
Werte	4.262	460	196.161	3,40	666.198
Kurzumtrieb					
	Anbaufläche	Ertrag	Erntemenge	Energieträgerpotenzial (thermo-chem.)	
Einheit	ha	t _{atro} /ha	t _{atro} /a	GJ/a	
Quelle	Kreisstatistik	IE Leipzig	berechnet	Wassergehalt	0%
				Heizw ert MJ/kg	18,5
Werte	4.262	10	42.616	790.452	
Raps					
	Anbaufläche	Ertrag	Erntemenge	Energieträgerpotenzial (thermo-chem.)	
Einheit	ha	dt/ha	t/a	Stroh	
				GJ/a	
				Stroh/Kornverhältnis	1,7
Quelle	Kreisstatistik	Kreisstatistik		energetisch nutzbar	70%
				Heizw ert [MJ/kg]	17,1
Werte	2.131	36	7.756	157.829	
				Energieträgerpotenzial Biodiesel	
				GJ/a	
				l/t	416
				Heizw ert [MJ/l]	32,65
				105.347	
Grünland					
	Anbaufläche	Ertrag	Erntemenge	Energieträgerpotenzial (bio-chem.)	
Einheit	ha	dt/ha	t/a	GJ/t	GJ/a
Quelle	Kreisstatistik	Stat. Landesamt	berechnet	spez. Energieertrag IE Leipzig	
Werte	9.612	75	72.182	2,57	185.577

3 FORSTWIRTSCHAFT

3.1 Grundlagen

Wie viel Rohholz unter Berücksichtigung heutiger technischer Möglichkeiten energetisch genutzt werden könnte, soll das technische Rohholzpotenzial vermitteln. Es setzt sich aus zwei unterschiedlichen Fraktionen zusammen:

- Das sind zum einen die nicht stofflich genutzten Anteile des Einschlags (Brennholz und Waldrestholz), im Folgenden „technisches Rohholzpotenzial aus Einschlag“ genannt,
- und zum anderen ist es der Anteil des jährlichen Zuwachses, der nicht eingeschlagen worden ist, im Folgenden „technisches Rohholzpotenzial aus ungenutztem Zuwachs“ genannt.

Diese Differenzierung macht deutlich, wie viel Holz der energetischen Nutzung zur Verfügung stehen würde, wenn das Waldrestholz genutzt würde, und wie viel Holz durch Ausschöpfung des jährlichen Zuwachses zusätzlich mobilisiert werden könnte.

Das technische Rohholzpotenzial aus Einschlag wird aus der Differenz von Einschlagsmenge und stofflich genutztem Rundholz gebildet. Das technische Rohholzpotenzial aus ungenutztem Zuwachs resultiert aus der Differenz des jährlichen Holzzuwachs und der Einschlagsmenge.

*Technisches Rohholzpotenzial aus Einschlag (Waldrestholz) =
Einschlagsmenge minus stofflich genutztem Holz*

*Technisches Rohholzpotenzial aus ungenutztem Zuwachs =
jährlicher Zuwachs minus Einschlag*

Daten zu den jährlichen Einschlagsmengen für den Vogtlandkreis werden statistisch nicht erfasst. Daher wird über die Waldflächenverteilung der Einschlag des Freistaates Sachsen auf den Vogtlandkreis übertragen. Nutzungskonkurrenzen werden insofern beachtet, indem erst nach einer vorrangigen stofflichen Nutzung der Holzmengen (z. B. als Bau- und Möbelholz oder in der Papier- und Zellstoffindustrie sowie der Span- und Faserplattenindustrie) eine energetische Verwertung stattfindet. Hier werden entsprechende Abschläge ausgewiesen. Im Technischen Rohholzpotenzial aus Einschlag ist zudem unterstellt, dass ein größerer Teil von dem im Wald verbliebenen Schlagabraum durch ein verändertes Waldmanagement (Holzeinschlag und Durchforstung) an Holz für eine energetische Nutzung gewonnen werden kann.

3.2 Potenziale

Für den Vogtlandkreis konnte unter der zuvor erwähnten Annahme eine Holzeinschlagsmenge von knapp 182.000 m³/a errechnet werden. Unter der Annahme, dass 12,5 % des Holzeinschlags bei der Holzernte als Waldrestholz und Brennholz anfallen, steht somit eine Menge von 11.373 t_{atro}/a für eine energetische Verwertung (thermo-chemisch) zur Verfügung. Unter Ansatz des Heizwertes ergibt sich so ein **Energieträgerpotenzial des Waldrestholzes** in Höhe von 211.538 GJ/a.

Die Bundeswaldinventur /BWI_2005/ weist für Sachsen einen durchschnittlichen jährlichen Holzzuwachs (alle Baumarten und Eigentumsarten) in Höhe von 12,96 m³/ha aus. Daraus resultiert bei einer Waldfläche im Vogtland von 53.127 ha eine absolute jährliche Holzzuwachsmenge von 688.530 m³ Frischholz, was eine Menge von 344.265 t_{atro}/a entspricht. Zieht man davon den zuvor ermittelten Einschlag in Höhe von 90.984 t_{atro}/a ab, erhält man einen ungenutzten Zuwachs in einer Größenordnung von 253.280 t_{atro}/a. Auch bei diesem Holzaufkommen wird unterstellt, dass nach einer theoretisch unterstellten Gewinnung zunächst die geeigneten Fraktionen einer stofflichen Nutzung zugeführt werden. Die Gutachter gehen davon aus, dass von den so ermittelten Mengen 20 % für eine energetische Nutzung (thermo-chemisch) zur Verfügung stehen. Als **technisches Rohholzpotenzial aus ungenutztem Zuwachs** können für den Vogtlandkreis rund 942.000 GJ ausgewiesen werden (Tabelle 2).

Tabelle 2 **Technisches Energieträgerpotenzial der Forstwirtschaft im Vogtlandkreis**
Quelle: IE Leipzig

Waldrestholz					
	Einschlag		Waldrestholz		Energieträgerpotenzial (thermo-chem.)
Einheit	Sachsen m ³ /a	Vogtlandkreis m ³ /a	t _{atro} /a	t _{atro} /a	GJ/a
Quelle	2007 Stat. Landesamt	berechnet	1 Efm o. R. = 0,5 t _{atro}	12,5% des Einschlags	Wassergehalt 0% Heizwert MJ/kg 18,6
Werte	1.716.331	181.969	90.984	11.373	211.538
Ungenutzter Zuwachs = jährl. Holzzuwachs - Einschlag					
	Holzzuwachs		ungenutzt		Energieträgerpotenzial (thermo-chem.)
Einheit	Vogtlandkreis m ³ /ha*a	m ³ /a	t _{atro} /a	t _{atro} /a	t _{atro} /a dv. energetisch nutzbar ¹
Quelle	Bundeswald- inventur Stand 2005		1 Efm o. R. = 0,5 t _{atro}	Holzzuwachs - Einschlag	20%
Werte	12,96	688.530	344.265	253.280	50.656
					942.203

¹ Stoffliche Nutzung hat Vorrang

4 LANDWIRTSCHAFT

4.1 Grundlagen

Eine wichtige Biomassefraktion, die (unter nachfolgend angegebenen Einschränkungen) für eine energetische Verwendung in Frage kommt, sind sämtliche Ernterückstände aus der landwirtschaftlichen Nahrungs- und Futtermittelproduktion.

Das **Strohaufkommen** setzt sich aus den Getreidearten Weizen, Gerste, Roggen, Hafer und Körnermais sowie Raps zusammen. Für alle Stroharten wird ein energetisch nutzbarer Anteil von 20 % unterstellt, um unterschiedliche Bergungsquoten, Witterungsverhältnisse und eine stoffliche Nutzung (Gärtnereien, Einstreu in der Nutztierhaltung etc.) zu berücksichtigen. Es wird angenommen, dass das Strohpotenzial thermo-chemisch genutzt wird. Weitere Einschränkungen hinsichtlich einer technischen Umsetzung des theoretischen Strohpotenzials entstehen vor allem dadurch, dass nicht die gesamte Ackerfläche zum Anbau von Getreide genutzt und nur ein Teil des auf der verbleibenden Fläche geernteten Strohs zur energetischen Nutzung verwendet werden kann.

Ernterückstände aus dem Nutzpflanzenbau stellen ebenfalls potenzielle (Co-) Substrate für eine Vergärung in Biogasanlagen dar. Aufgrund der mengenmäßigen Relevanz werden für eine Potenzialabschätzung nur die Ernterückstände aus dem Zuckerrübenanbau (Rübenblatt) und dem Kartoffelanbau (Kartoffelkraut) betrachtet. Weitere Substrate (z. B. Rückstände aus dem Gemüseanbau) besitzen verglichen mit den beiden genannten Kulturen nur eine sehr geringe Bedeutung. Zudem lassen sich diese Ernterückstände nur zu einem gewissen Teil für eine Vergärung in Biogasanlagen nutzen; der Großteil bleibt am Feld und wird dort direkt in den Boden eingearbeitet oder dient als Futtermittel. Auch fallen die Ernterückstände größtenteils saisonal im Herbst an. Für eine Verwertung in Biogasanlagen müsste daher eine erhebliche Lagerkapazität geschaffen werden, damit diese kontinuierlich über das ganze Jahr vergoren werden können. Neben Stroh sind **Rübenblatt und Kartoffelkraut** also die wesentlichen Ernterückstände aus der Landwirtschaft, die zur Biogasgewinnung eingesetzt werden können. Es wird angenommen, dass 25 bis 50 % des anfallenden Rübenblatts und 17 bis 33 % des anfallenden Kartoffelkrauts für eine energetische Verwertung zur Verfügung stehen.

Nicht die gesamte Getreideernte kann als Nahrungs- bzw. Futtermittel genutzt werden. Je nach Witterung (Minderwuchs, Mykotoxine) sind 2 bis 5 % der **Getreide- und Rapsernte weder nahrungs- noch futtermitteltauglich**. Bei der nachfolgenden Potenzialermittlung wird davon ausgegangen, dass jeweils 3 % der Ernte davon betroffen ist eine thermo-chemische Verwertung stattfindet. Ein Einsatz dieser Biomassefraktion in Biogasanlagen wird ausgeschlossen, da z. B. bestimmte Pilze den Betrieb der Anlage negativ beeinflussen würden.

4.2 Potenziale

Die bedeutendste **Stroh** liefernde Kulturart im Vogtlandkreis ist Getreide und Raps mit einer Anbaufläche von ca. 26.850 ha im Jahr 2007. Da genaue Angaben für das Gebiet des Vogtlandkreises nicht erfasst werden, diente für die folgenden Berechnungen hilfsweise das Verhältnis des Freistaates Sachsen. Die Erntemengen von Weizen, Gerste, Roggen, Hafer, Körnermais und Raps betrugen demnach im Vogtlandkreis ca. 142.000 t im Jahr 2007. Die Gesamtmenge des anfallenden Getreidestrohs, welches sich auf der Basis der Getreideerträge (Korn-Stroh-Verhältnis) ermittelt, beträgt ca. 151.100 t.

Nach Abzug des Strohbedarfs für die stoffliche Nutzung stehen etwa davon 20 % ($30.220 \text{ t}_{\text{FM}}/\text{a}$) des Gesamtstrohaufkommens für energetische Zwecke zur Verfügung. Unter Beachtung der verschiedenen Heizwerte und 15 % Wassergehalt errechnet sich das technische Energiepotenzial, welches für die thermo-chemische Konversion zur Verfügung steht, mit 415.400 GJ/a .

Nach Berechnungen der Gutachter auf Basis der Verteilung des Landkreises Sachsen ergibt sich eine durchschnittliche Erntemenge von rund 39.800 t **Zuckerrüben** sowie rund 13.200 t **Kartoffeln**. Bei einem Frucht/Blatt-Verhältnis von 1:0,8 bei Rüben und 1:0,4 bei Kartoffeln /Kaltschnitt_2000/ sowie bei einer technischen Verfügbarkeit von 25 bis 50 % bzw. 17 bis 33 % steht ein Gesamtaufkommen von 8.900 bis $17.700 \text{ t}_{\text{FM}}/\text{a}$ (8.000 bis $16.000 \text{ t}_{\text{FM}}/\text{a}$ Zuckerrübenblätter, 900 bis $1.700 \text{ t}_{\text{FM}}/\text{a}$ Kartoffelkraut) für energetische Zwecke zur Verfügung. Bei einer unterstellten bio-chemischen Verwertung unter Beachtung spezifischer Biogaserträge entspricht dies einem Energieträgerpotenzial von 10.900 bis 21.500 GJ/a (8.100 bis 16.200 GJ/a bei Zuckerrübenblatt, 2.800 bis 5.300 GJ/a bei Kartoffelkraut).

Nach Auskunft des Deutschen Bauernverbandes sind im Schnitt 3 % der Getreide- und Rapsernte weder nahrungs- noch futtermitteltauglich. Auf Basis der zuvor ermittelten Erntemengen für Getreide und Raps ergibt sich ein Aufkommen dieser Biomassefraktion von ca. 4.000 t/a . Damit steht ein Energieträgerpotenzial von ca. 64.000 GJ/a für eine thermo-chemische Verwertung zur Verfügung.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3 Technische Energieträgerpotenziale aus landwirtschaftlichen Nebenprodukten und Rückständen im Vogtlandkreis
Quelle: IE Leipzig

Stroh									
	Stroh-Korn-Verhältnis	Menge	davon energetisch nutzbar		Wassergehalt	Heizwert	Energieträgerpotenzial (thermo-chem.)		
Einheit		t/a	%	t/a	%	MJ/kg	GJ/a		
Weizen	0,80	48.674	20	9.735	15	14,4	140.182		
Gerste	0,90	33.787	20	6.757	15	14,4	97.308		
Roggen	1,40	14.535	20	2.907	15	14,4	41.861		
Hafer	1,20	2.498	20	500	15	14,4	7.193		
Körnermais	1,50	11.178	20	2.236	50	7,0	15.649		
Raps	1,70	40.430	20	8.086	k.A.	14,0	113.203		
Summe							415.397		
Rübenblatt									
	Anbaufläche		Ertrag	Erntemenge	Rübenblatt			Energieträgerpotenzial (bio-chem.)	
Einheit	Sachsen ha	Vogtlandkreis ha	dt/ha	t/a	t/a	t/a	t/a	MIN GJ/a	MAX GJ/a
					Frucht-Blatt-Verhältnis	dv. energetisch nutzbar			
Quelle	2008		2007		0,80	25%	50%	oTS-Gehalt	10%
	Stat. Landesamt	berechnet	Kreisstatistik			Mn	Max	Biogasertr. [m³/kg oTS]	0,48
								Heizwert [MJ/m²]	21,4
Werte	12.965	655	608,0	39.813	31.850	7.963	15.925	8.094	16.188
Kartoffelkraut									
	Anbaufläche		Ertrag	Erntemenge	Kartoffelkraut			Energieträgerpotenzial (bio-chem.)	
Einheit	Sachsen ha	Vogtlandkreis ha	dt/ha	t/a	t/a	t/a	t/a	MIN GJ/a	MAX GJ/a
					Frucht-Blatt-Verhältnis	dv. energetisch nutzbar			
Quelle	2008		2007		0,40	17%	33%	oTS-Gehalt	20%
	Stat. Landesamt	berechnet	Kreisstatistik			Mn	Max	Biogasertr. [m³/kg oTS]	0,72
								Heizwert [MJ/m²]	21,4
Werte	7.226	365	360,9	13.171	5.269	896	1.739	2.760	5.358
Nahrungs- u. futtermitteluntaugliches Getreide									
	Erntemenge Getreide			Energieträgerpotenzial (thermo-chem.)					
Einheit	t/a	t/a	GJ/a						
		dv. energetisch							
		3%							
Quelle	Schätzung Dt. Bauernverband		Wassergehalt						
			Heizwert [MJ/kg]						
Werte	110.848	3.325	46.889						
Nahrungs- u. futtermitteluntauglicher Raps									
	Erntemenge Raps			Energieträgerpotenzial (thermo-chem.)					
Einheit	t/a	t/a	GJ/a						
		dv. energetisch							
		3%							
Quelle	Schätzung Dt. Bauernverband		Wassergehalt						
			Heizwert [MJ/kg]						
Werte	23.782	713	17.052						

5 ORGANISCHE ABFÄLLE

5.1 Grundlagen

Neben unbehandelten Holzfraktionen (Abschnitt 3) kann zusätzlich noch ein gewisser Teil **Altholzaufkommen** (u. a. gebrauchte Erzeugnisse aus Holz, Holzwerkstoffe, Bau- und Abbruchholz, Holzanteile im Rest- und Sperrmüll oder Verbundstoffe mit überwiegendem Holzanteil) und Industrierestholz energetisch genutzt werden. Einschränkende Faktoren für diese Nutzung sind allerdings die Konkurrenz durch eine stoffliche Verwertung sowie die nicht vollständige Erfassung u. a. bei Bau- und Abbruchholz. Für das Jahr 2000 wurde für Deutschland ein spezifisches Aufkommen von 97 kg je Einwohner und Jahr ermittelt. Um die stoffliche Altholznutzung in der Spanplattenindustrie zu berücksichtigen, wird davon ausgegangen, dass 75 % des Altholzaufkommens im Vogtlandkreis für eine thermo-chemische Verwertung zur Verfügung stehen.

Das technische Potenzial aus **tierischen Exkrementen und Einstreu** beschränkt sich vorwiegend auf die Haltung von Rindern, Schweinen und Hühnern. Diese Exkremente stellen die in der Praxis am häufigsten genutzten und mengenmäßig relevantesten Einsatzstoffe dar. In Abhängigkeit von der Biogasanlagengröße wird ein bestimmter Mindestvolumenstrom an organischem Material benötigt. Für die Ermittlung des Tierbestandes erfolgt zunächst eine Umrechnung der Tierstückzahl für die einzelnen Tierkategorien in Großvieheinheiten (GV). Weiterhin sind vor allem in der Rinderhaltung ein Teil der anfallenden Exkremente technisch nicht verfügbar. Dies erklärt sich darin, dass ein großer Teil der Rinder, gerade in den Sommermonaten, in Weidewirtschaft gehalten wird und somit der in dieser Zeit anfallende Exkrementenanteil für eine Biogasproduktion verloren geht. Daher wird für Rinder eine Stallhaltung von insgesamt 68 % (85 % Stallhaltung während der 4 Wintermonate und 60 % Stallhaltung im übrigen Jahr) und für Schweine eine Stallhaltung von 100 % angenommen. Weiterhin wird unterstellt, dass bei 15 % der Tiere eingestreut wird. Tierische Exkremente und Einstreu werden bio-chemisch verwertet.

Unter den Begriff **Abfälle aus Gewerbe und Industrie** fallen Rückstände aus der Bierherstellung sowie Abwasser der milchverarbeitenden Industrie. Die Ermittlung der Potenziale, deren Nutzung bio-chemisch erfolgt, basiert auf Produktionsstatistiken. Der Verwertung biogener Rückstände aus Industrie und Gewerbe steht vor allem die stoffliche Verwertung (z. B. Futtermittel, Dünger, Kompostierung) entgegen. Daher dürften nur zwischen 25 und 40 % der nutzbaren biogenen Rückstände aus Industrie und Gewerbe bio-chemisch genutzt werden. Hierbei wird auch berücksichtigt, dass nur ein Teil des Abfalls aufgrund der hohen Wassergehalte für die energetische Verwertung zur Verfügung steht. Im Gegensatz zu den sich überwiegend aus kommunalen Rückständen zusammensetzenden festen Bioabfällen (siehe nächster Absatz) lassen sich vergärbare Rückstände aus Industrie und Gewerbe aufgrund ihres konzentrierten Anfalls prinzipiell besser nutzen.

Die Nutzung des Anteils **kommunaler Siedlungsabfälle** kann in unterschiedlicher Weise erfolgen; in Form einer thermo-chemischen Umwandlung (Verbrennung), durch die bio-chemische Umwandlung der separat erfassten biogenen Fraktionen in speziellen

Vergärungsanlagen sowie ebenfalls bio-chemisch durch die Nutzung des bei Abfalllagerung anfallenden Deponiegases. Nachfolgend wird eine thermo-chemische Nutzung des organischen Anteils (40 % der Gesamtabfallmenge) unterstellt. Des Weiteren werden die Nutzung von **Bio- und Grünabfällen aus Haushalten** sowie von **Garten- und Parkabfällen von öffentlichen Flächen** (z. B. Parkanlagen, Gärten, Grünflächen, Friedhöfen, Straßenbegleitgrün) berücksichtigt. Da hierbei auf statistische Daten der Abfallbilanz zurückgegriffen wird, also nur der eingesammelte Müll erfasst wird, kann die stoffliche Verwertung (insb. Kompostierung direkt am Abfallort) vernachlässigt werden.

5.2 Potenziale

Für das **Altholzaufkommen** wird hilfsweise unterstellt, dass 97 kg pro Einwohner und Jahr anfallen, was einem gesamten Aufkommen von 24.600 t pro Jahr im Vogtlandkreis entspricht. Nach Abzug der stofflich genutzten Fraktionen stehen 18.500 t pro Jahr für die thermo-chemische Verwertung zur Verfügung. Unter Einbeziehung des Wassergehaltes und des spezifischen Heizwertes ergibt sich somit ein Energieträgerpotenzial von 240.000 GJ/a.

Basierend auf den zuvor dargestellten Grundüberlegungen kann bei statistisch erfassten 39.600 Rindern (entspricht 33.400 GV) von einem Aufkommen an 508.500 t an **Exkrementen** und 43.400 t an **Einstreu** ausgegangen werden. Bei den im Stall anfallenden Exkrementen wird unterstellt, dass nur 68 % der Gülle und 15 % des Einstreus zur Biogaserzeugung verwendet werden können. Bei der Schweinehaltung, bei der 35.300 Schweine (entspricht 7.100 GV) einbezogen werden können, steht aufgrund der fast hundertprozentigen Stallhaltung das komplette Gülleaufkommen zur Verfügung. Wie bei der Rinderhaltung wird davon ausgegangen, dass bei 15 % der Schweine eingestreut wird. Für den Hühnerbestand gibt es in der Kreisstatistik keine Angaben. In Sachsen werden ca. 9,2 Mio. Hühner in Ställen gehalten. Für den Vogtlandkreis wird (auf Basis der Fläche) vereinfachend ein Hühnerbestand von 700.000 Hühnern angenommen. In Summe steht für den Vogtlandkreis ein Energieträgerpotenzial aus Exkrementen und Einstreu von Rindern, Schweinen und Hühnern in Höhe von 280.000 GJ für eine bio-chemische Verwertung zur Verfügung.

Die energetischen Potenziale aus **Brauereien** und **Molkereien** können auf Basis des Bierausstoßes bzw. der eingesetzten Milchmengen berechnet werden. Aus der Biererzeugung (1,5 Mio hl/a) entstehen verschiedene Abfallfraktionen (Treber, Hefe, Heiß- und Kühltrub) in Höhe von 35.400 t/a. Es wird davon ausgegangen, dass von diesem Abfallaufkommen nach Abzug der stofflichen Nutzung (Dünger, Futtermittel) zwischen 25 und 40 % einer energetischen Verwertung (bio-chemisch) zugeführt werden können. Unter Beachtung des (teilweise hohen) Wassergehaltes und des spezifischen Biogasertrages stehen zwischen 23.900 und 38.200 GJ an Energieträgerpotenzial aus Brauereiabfällen zur Verfügung. Addiert man das Energieträgerpotenzial des Abwassers aus Molkereien – bei ebenfalls bio-chemischer Verwertung – in Höhe von 4.800 GJ hinzu, ergibt sich ein gesamtes Energieträgerpotenzial aus Brauereien und Molkereien von bis zu 43.000 GJ. Potenziale aus der Zuckerherstellung konnten für den Vogtlandkreis nicht ermittelt werden.

Die Abfallbilanz weist eine **Restabfallmenge** von 36.700 t pro Jahr für den Vogtlandkreis aus. Für eine thermo-chemische Verwertung kann jedoch nur der organische Anteil (40 %) in Höhe von 14.700 t genutzt werden. Addiert man zu diesem organischen Abfall noch die **Grünabfälle aus Haushalten** (abbaubare Pflanzenabfälle) und das Aufkommen an **Garten- und Parkabfällen** von öffentlichen Flächen hinzu, so erhöht sich das für eine thermo-chemische Verwertung zur Verfügung stehende Abfallaufkommen auf 19.600 t (alle Daten für 2007 aus Abfallbilanz). Diese Abfallmenge entspricht einem Energieträgerpotenzial von 154.700 GJ/a. Die aufgeführten Potenziale sind in Tabelle 4 bis Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 4 Technische Energieträgerpotenziale aus Exkrementen und Einstreu im Vogtlandkreis
Quelle: IE Leipzig

Exkreme und Einstreu									
Rinder			Aufkommen Exkreme und Einstreu				Energieträgerpotenzial (bio-chem.)		
Bestand			Exkreme		Einstreu				
Einheit	Stk	GV	t/a	t/a	t/a	t/a	Exkreme	Einstreu	gesamt
			Aufkommen	dv. energetisch nutzbar	Aufkommen	dv. energetisch nutzbar	GJ/a	GJ/a	GJ/a
Quelle	2007	0,84	15,22	68%	1,30	15%	Biogasertr. [m³/t]	25	100
	Kreisstatistik	GV/Stk	t/(GV*a)	Stallhaltung	t/(GV*a)		Heizwert [MJ/m³]	21,4	21,4
Werte	39.552	33.399	508.492	345.775	43.419	6.513	184.989	13.938	198.927
Schweine									
Bestand			Aufkommen Exkreme und Einstreu				Energieträgerpotenzial (bio-chem.)		
			Exkreme		Einstreu				
Einheit	Stk	GV	t/a	t/a	t/a	t/a	Exkreme	Einstreu	gesamt
			Aufkommen	dv. energetisch nutzbar	Aufkommen	dv. energetisch nutzbar	GJ/a	GJ/a	GJ/a
Quelle	2007	0,20	10,69	100%	2,00	15%	Biogasertr. [m³/t]	36	100
	Kreisstatistik	GV/Stk	t/(GV*a)	Stallhaltung	t/(GV*a)		Heizwert [MJ/m³]	21,4	21,4
Werte	35.308	7.062	75.477	75.477	14.123	2.118	58.148	4.534	62.681
Hühner									
Bestand			Aufkommen Exkreme und Einstreu				Energieträgerpotenzial (bio-chem.)		
			Exkreme		Einstreu				
Einheit	Stk	GV	t/a	t/a	t/a	t/a	Exkreme	Einstreu	gesamt
			Aufkommen	dv. energetisch nutzbar	Aufkommen	dv. energetisch nutzbar	GJ/a	GJ/a	GJ/a
Quelle	2007	0,002	7,57	68%	2,50	15%	Biogasertr. [m³/t]	100	100
	Schätzung IE	GV/Stk	t/(GV*a)	Stallhaltung	t/(GV*a)		Heizwert [MJ/m³]	21,4	21,4
Werte	700.000	1.587	12.007	8.123	3.967	595	17.383	1.273	18.656

Tabelle 5 Technische Energieträgerpotenziale aus Abfällen aus Gewerbe und Industrie im Vogtlandkreis
Quelle: IE Leipzig

Abfälle aus Gewerbe und Industrie											
Brauereien											
Bierherzeugung			Abfallmengen						Energieträgerpotenzial (bio-chem.)		
Einheit	hl/a		Treber t/a	Hefe t/a	Heißtrub t/a	Kühltrub t/a	Gesamt t/a	t/a	t/a	MIN GJ/a	MAX GJ/a
Quelle	Hr. Hergert		19,2	2,4	1,8	0,5		dv. energetisch		oTS-Gehalt	18%
	LRA Vogtlandkr.		kg/hl	kg/hl	kg/hl	kg/hl		25% 40%		Biogasertr. [m³/kg oTS]	0,70
								Min Max		Heizwert [MJ/m³]	21,4
Werte	1.480.000		28.416	3.552	2.664	740	35.372	8.843	14.149	23.844	38.151
Abwasser Molkereien											
Kuhmilchaufnahme			Abwassermenge						Energieträgerpotenzial (bio-chem.)		
Einheit	t/d	t/a	m³/a	t/a					GJ/a		
Quelle	Hr. Hergert		0,10	dv. energetisch nutzbar					oTS-Gehalt		6%
	LRA Vogtlandkr.		m³	0,56					Biogasertr. [m³/kg oTS]		0,31
			Abwasser	t/m³ Abwasser					Heizwert [MJ/m³]		21,4
Werte	590	215.350	21.548	12.067					4.803		
Zuckerherstellung											
Hierfür liegen keine Informationen vor.											

Tabelle 6 Technische Energieträgerpotenziale aus Reststoffen im Vogtlandkreis
Quelle: IE Leipzig

Reststoffe				
Altholz				
Einwohner	Aufkommen		Energieträgerpotenzial (thermo-chem.)	
Einheit	t _{FM} /a	t _{FM} /a dv. energetisch nutzbar	GJ/a	
Quelle	2007 Kreisstatistik	97 kg / (E'a)	75%	Wassergehalt 27% Heizwert [MJ/kg _{FM}] 13
Werte	253.672	24.606	18.455	239.910
Restabfälle aus Haushalten und Kleingewerbe (organ. Anteil)				
Aufkommen Restabfall	Organ. Anteil		Energieträgerpotenzial (thermo-chem.)	Energieträgerpotenzial (bio-chem.) Deponiegas
Einheit	t/a	t/a	GJ/a	GJ/a
Quelle	2007 Abfallbilanz	40%	Wassergehalt ? Heizwert [MJ/kg] 7,9	Deponiegasertr. [m³/t Abfall] 180 Heizwert [MJ/m³] 15
Werte	36.717	14.687	116.026	39.654
Grünabfälle aus Haushalten (abbaubare Pflanzenabfälle)				
Aufkommen Restabfall			Energieträgerpotenzial (thermo-chem.)	Energieträgerpotenzial (bio-chem.) Deponiegas
Einheit	t/a		GJ/a	GJ/a
Quelle	2007 Abfallbilanz		Wassergehalt ? Heizwert [MJ/kg] 7,9	Deponiegasertr. [m³/t Abfall] 180 Heizwert [MJ/m³] 15
Werte	3.502		27.666	9.455
Garten- und Parkabfälle von öffentl. Flächen (von Parkanlagen, Grünflächen, Straßenbegleitgrün etc.)				
Aufkommen Restabfall			Energieträgerpotenzial (thermo-chem.)	Energieträgerpotenzial (bio-chem.) Deponiegas
Einheit	t/a		GJ/a	GJ/a
Quelle	2007 Abfallbilanz		Wassergehalt ? Heizwert [MJ/kg] 7,9	Deponiegasertr. [m³/t Abfall] 180 Heizwert [MJ/m³] 15
Werte	1.396		11.028	3.769

6 ZUSAMMENFASSUNG UND NUTZUNGSOPTIONEN

6.1 Energieträgerpotenziale insgesamt

In Summe stehen im Vogtlandkreis **Energieträgerpotenziale für Biomasse** aus den Technologiepfaden thermo-chemisch (Verbrennung), bio-chemisch (Biogaserzeugung) und physikalisch-chemisch (Biodieselerzeugung) ca. **4.265 TJ pro Jahr** zur Verfügung (Tabelle 7). An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass aufgrund der angewandten Methodik mögliche Nutzungskonkurrenzen weitestgehend ausgeschlossen und realistische Annahmen zur technischen Umsetzung berücksichtigt worden sind. Die Potenziale sind also aufsummierbar.

Tabelle 7 Zusammenfassung der Energieträgerpotenziale für Biomasse im Vogtlandkreis
Quelle: IE Leipzig

Bezugsjahr: 2007	Energieträger- potenzial fest (thermo-chem.)	Energieträger- potenzial gasförmig (bio-chem.)	Energieträger- potenzial flüssig (phys-chem.)	Energieträger- potenzial insgesamt
Einheit	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a
Energiepflanzen	948.281	851.775	105.347	1.905.402
davon Kurzumtrieb	790.452			790.452
davon Silomais		666.198		666.198
davon Raps	157.829		105.347	263.176
davon Grünland		185.577		185.577
Fortwirtschaftliche Potenziale	1.153.742			1.153.742
davon aus Einschlag	211.538			211.538
davon aus ungenutztem Zuwachs	942.203			942.203
Ernterückstände aus der Landwirtschaft	479.337	16.200		495.537
davon Stroh				
Weizen	140.182			140.182
Gerste	97.308			97.308
Roggen	41.861			41.861
Hafer	7.193			7.193
Körnermais	15.649			15.649
Raps	113.203			113.203
davon Sonstige Ernterückstände				
Rübenblatt		12.141		12.141
Kartoffelkraut		4.059		4.059
davon Andere Rückstände				
Getreide- und Rapsausschuss	63.941			63.941
Reststoffe und Abfälle	394.630	316.065		710.696
davon Industriestholz	k.A.			
davon Altholz	239.910			239.910
davon Exkremente und Einstreu		280.265		280.265
davon Abfälle aus Gewerbe und Industrie				
Brauereien		30.998		30.998
Abwasser Molkereien		4.803		4.803
davon kommunaler Siedlungsabfall	154.720			154.720
Summe	2.975.990	1.184.040	105.347	4.265.377

Das größte Energieträgerpotenzial im Vogtlandkreis liegt in der Nutzung der **Brachflächen** zum Energiepflanzenanbau: unter Berücksichtigung der unterstellten Anbaustruktur (40 % Kurzumtrieb, 40 % Silomais, 20 % Raps) wird hier ein Energieträgerpotenzial in Höhe von gut **1.900 TJ pro Jahr** erwartet, wobei auf den Anbau und die Verbrennung von Kurzumtriebspflanzen der größte Anteil (790 TJ) entfallen. Die bio-chemische Nutzung von auf Brachflächen angebautem Silomais birgt

ein Energieträgerpotenzial von knapp 670 TJ. Wird der Grünschnitt von einem Teil der Grünlandflächen (50 %) zur bio-chemischen Nutzung bereitgestellt, kann von einem Energieträgerpotenzial in Höhe von knapp 190 TJ ausgegangen werden. Bei der Bewertung des Energieträgerpotenzials ist allerdings zu beachten, dass die tatsächlich verfügbare "Brachfläche" sich je nach subventionsrechtlichen und marktwirtschaftlichen Bedingungen ändern kann. Zudem müsste die Eignung der Flächen mit Blick auf die Anbaumöglichkeiten zunächst untersucht werden.

Bei den anderen Potenzialen kann man im Gegensatz davon ausgehen, dass die entsprechenden Input-Stoffe im Prinzip vorhanden sind, diese also einer Nutzung zugeführt werden müssen. Dies schließt jedoch zwingend mit ein, dass auch hier schlüssige Nutzungskonzepte (Sammlung, Beschaffung und Transport der Input-Stoffe, Anlagentechnologie sowie Wärmenutzung) über die letztliche Höhe der Erschließung des Potenzials entscheiden. Die **forstwirtschaftlichen Potenziale** liegen aufgrund des hohen Waldanteils im Vogtlandkreis (erwartungsgemäß) hoch: gut **1.150 TJ pro Jahr** an Energieträgerpotenzialen stehen aus Einschlag und ungenutztem Zuwachs zur Verfügung. Methodisch wurde bei der Potenzialermittlung unterstellt, dass 20 % des theoretischen ungenutzten Zuwachses der Wälder im Vogtlandkreis energetisch genutzt werden können. Allein auf dieses Teilpotenzial der entfallen knapp 950 TJ.

Das drittgrößte Potenzial liegt in der Nutzung von **Reststoffen und Abfällen**, hier besonders bei Altholz und Exkrementen und Einstreu in der Landwirtschaft. Das Gesamtpotenzial aus den untersuchten Reststoffen und Abfällen liegt bei gut **710 TJ pro Jahr**. Die Gutachter gehen davon aus, dass insbesondere der kommunale Siedlungsabfall und die Abfallfraktionen Industrierestholz und Altholz zu großen Teilen bereits energetisch genutzt werden. Für die energetische Nutzung aus Gewerbe und Industrie (Molkereien, Brauereien) wären die entsprechenden Unternehmen auf diese Potenziale hinzuweisen um gegebenenfalls konkrete Vorhaben anzustoßen. Das Teilpotenzial "Exkreme und Einstreu" wird mit gut 280 TJ angegeben, welches sich aus dem Technologiepfad "bio-chemische Nutzung in Biogasanlagen" ableitet.

Die Nutzung von **Ernterückständen der Landwirtschaft** (thermo-chemische oder bio-chemische Nutzung) kann auf knapp **500 TJ pro Jahr** beziffert werden. Hierbei spielt insbesondere die thermische Verwertung von Stroh (480 TJ) eine große Rolle. Durch den Einsatz von Rübenblatt und Kartoffelkraut in Biogasanlagen besteht ein Energieträgerpotenzial von 20 TJ.

Auf Basis der aufgeführten Energieträgerpotenziale lässt sich eine erste wichtige Einordnung der im Vogtland vorhandenen bzw. möglichen Optionen zur Biomassenutzung vornehmen. Das heißt, anhand der ermittelten Daten wird sichtbar, in welcher Höhe die einzelnen Biomassefraktionen Energie für die Umwandlung in Strom- und Wärme zur Verfügung stellen können. Daran schließt sich im Fortgang der Untersuchungen die Ausweisung der Energiepotenziale mit Blick auf die Bereitstellung von Endenergie (Strom, Wärme, Kraftstoffe) an.

6.2 Endenergiepotenziale

Wie bereits in den methodischen Grundlagen in Kapitel 1 erläutert, kann vom zuvor ermittelten technischen Energieträgerpotenzial nur ein Teil in Endenergie überführt werden, da bei den Verbrennungstechnologien und den eingesetzten Blockheizkraftwerken (BHKW) Verluste bei der Wärme- und/oder Strombereitstellung zu beachten sind. Zudem unterscheiden sich die Wirkungsgrade innerhalb der Bioenergieträger aufgrund substratspezifischer Eigenschaften. Im Hinblick der Aufsummierung des angebotsseitigen technischen Endenergiepotenzials werden vereinfachte Umwandlungswirkungsgrade von durchschnittlich 0,85 bei der Wärmegewinnung und 0,9 bei KWK (0,3 bei KWK-Strom und 0,6 bei KWK-Wärme) zu Grunde gelegt.

Im Gegensatz zu den festen Bioenergieträgern muss bei den gasförmigen Bioenergieträgern für die Ermittlung der Endenergie eine weitere Einschränkung beachtet werden: da zur Aufrechterhaltung des biochemischen Umsetzprozesses Energie zugeführt wird, muss diese bei der Berechnung des Endenergiepotenzials berücksichtigt (also abgezogen) werden. Bei einem vereinfachten Umwandlungswirkungsgrad im Biogas-BHKW von 0,9 (0,3 Stromgewinnung und 0,6 Wärmegewinnung) können durch die Berücksichtigung eines thermischen und elektrischen Eigenbedarfs der Biogasanlagen dadurch nur ca. 28 bzw. 32 % des Energieinhaltes des erzeugten Biogases als elektrische Energie bzw. Wärme auch tatsächlich genutzt werden. Bei der Berechnung des Endenergiepotenzials für Biomethan (auf Erdgasqualität aufbereitetes Biogas) wird folgender Ansatz gewählt: Der zur Herstellung von Biogas erforderliche Eigenverbrauch der Biogasanlage in Höhe von 40 % wird auch hier vom Energieträgerpotenzial abgezogen. Desweiteren muss noch der Wirkungsgrad für die Aufbereitungsprozesse beachtet werden. Dieser wird mit 80 % angenommen, so dass vom ursprünglichen Energieträgerpotenzial 48 % in Biomethan erhalten bleiben.

Der Umwandlungswirkungsgrad bei Biodiesel wird vereinfachend mit 100 % angenommen, da hier einerseits im Herstellungsprozess Zusatzstoffe mit eigenem Energiegehalt zugesetzt werden und andererseits Prozessenergie benötigt wird. Für die Betrachtungsweise im vorliegenden Gutachten ist es jedoch von Belang, welchen Energiegehalt der Ausgangsstoff "Biodiesel" zur Verfügung stellen kann.

Da bei den nachfolgend aufgeführten Daten die Bereitstellung von Energie aus Sicht des Endverbrauchers im Vordergrund steht, werden diese auch in Gigawattstunden angegeben. Dies erlaubt auch die Vergleichbarkeit mit den anderen erneuerbaren Energien (Modul 3).

Für die Darstellung der Endenergiepotenziale aus Biomasse werden 3 Szenarien entwickelt, um die Spannweite der Nutzungsoptionen (ohne Nutzungskonkurrenzen!) aufzuzeigen.

In **Szenario 1** wird unterstellt, dass eine **maximale Wärmebereitstellung** aus Bioenergieträgern angestrebt wird. Hierbei werden folgende Annahmen getroffen:

- Sämtliche feste Biomassefraktionen und Rapsöl werden thermo-chemisch verwertet.

- Biomassefraktionen, die nur bio-chemisch verwertet werden können (Silomais, Grünschnitt, Rübenblatt, Kartoffelkraut, Exkreme und Einstreu, Abfälle aus Brauereien und Molkereien) werden Biogasanlagen zugeführt und das entstehende Biogas wird auf Erdgasqualität aufbereitet und anschließend in Geräten mit Brennwertechnik (Wirkungsgrad 0,97) in Wärme umgewandelt.
- Es findet keine Kraftstofferzeugung statt.

In diesem Szenario konnte ein Endenergiepotenzial von **3.170 TJ (881 GWh) Wärme** ermittelt werden (Tabelle 9 und Tabelle 10). Da es sich ausschließlich um eine thermo-chemische Verwertung (keine KWK) handelt, wird die Produktion von Strom und Kraftstoffen in diesem Szenario ausgeschlossen. Da der Wärmewirkungsgrad bei reinen Verbrennungsprozessen mit 0,85 angenommen wird und in KWK ein Wärmewirkungsgrad von 0,6 vorliegt, kann bei dem ausgewiesenen Potenzial vom **maximalen Endenergiepotenzial für Wärme** ausgegangen werden.

In einem zweiten Szenario liegt der Fokus auf **maximaler Strombereitstellung**. Folgende Überlegungen liegen dieser Szenariobetrachtung zugrunde:

- Sämtliche feste und flüssige Biomassefraktionen werden einem KWK-Prozess zugeführt.
- Biomassefraktionen, die nur bio-chemisch verwertet werden können, werden vollständig zur Biogaserzeugung genutzt. Das erzeugte Biogas wird in BHKW im KWK-Prozess zu Strom und Wärme umgewandelt.
- Rapsöl wird in Pflanzenöl-BHKW im KWK-Prozess zu Strom und Wärme umgewandelt.
- Es findet keine Erzeugung von Kraftstoffen und keine Aufbereitung auf Biomethan statt.

In diesem Szenario zeichnet sich folgendes Bild ab: Durch den insgesamt "günstigeren" Gesamtwirkungsgrad des KWK-Prozesses ergibt sich ein **maximales Endenergiepotenzial von 3.484 TJ (968 GWh)**. Hierbei entfallen auf **Strom 1.256 TJ (349 GWh)** und auf **Wärme 2.228 TJ (619 GWh)**. Die in diesem Szenario ermittelte potenzielle Strommenge markiert somit auch das Maximum (Tabelle 11 und Tabelle 12).

In einem dritten Szenario wird eine von den Gutachtern als Möglichkeit einer nahe an der Realität ausgerichteten Entwicklung aufgezeigt. Hierbei wird ein Mix verschiedener Nutzungspfade unterstellt, wobei folgende Annahmen getroffen wurden:

- Energiepflanzen werden vornehmlich in KWK-Prozessen eingesetzt. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass größere Mengen an einem Ort anfallen und somit aus wirtschaftlicher Sicht der Betrieb eines größeren zentralen Biomassekraftwerkes sinnvoller erscheint.
- Ernterückstände aus der Landwirtschaft fallen eher dezentral in geringeren Chargen und jahreszeitlich schwankend an und sind zur Wärmebereitstellung in dezentralen Einheiten (Biomassekessel) zu bevorzugen.

- Die Produktion von Biomethan stellt derzeit noch eine kostenintensive Option dar. Die Potenziale aus dem Energiepflanzenanbau (Silomais und Grünschnitt) werden zu 80 % einem KWK-Prozess zugeführt. Da eventuell Konzepte für den Vogtlandkreis entwickelt werden können, die eine Produktion von Biomethan wirtschaftlich darstellbar machen, wird ein verbleibender Anteil von 20 % dieser Energiepflanzenfraktion für diese Technologie vorgesehen.
- Rapsöl wird vorzugsweise (90 %) zur Biodieselproduktion eingesetzt.

In diesem dritten Szenario konnten für den unterstellten Technologiemarkt folgende Daten ermittelt werden. Das gesamte **Endenergiepotenzial beträgt 3.392 TJ (942 GWh)**. Die **Wärmeproduktion (aus KWK und Verbrennung) kann auf 2.504 TJ (696 GWh)** beziffert werden, während die **Stromproduktion (aus KWK) 705 TJ (196 GWh)** beträgt (Tabelle 13 und Tabelle 14). In diesem Szenario umfasst die Bereitstellung von Biomethan 89 TJ (25 GWh) und die Bereitstellung von Biodiesel 95 TJ (26 GWh).

Für die Ausweisung der maximalen Potenziale für Biomethan und Biodiesel wurden keine eigenen Szenarien entwickelt. Würde die gesamte Rapsölmenge zu **Biodiesel** verarbeitet, könnten **105 TJ (29 GWh)** bereitgestellt werden. Würden sämtliche zur Biogaserzeugung zur Verfügung stehende (und technisch mögliche) Einsatzstoffe biochemisch verwertet und das Biogas anschließend auf Erdgasqualität aufbereitet, könnten **568 TJ (158 GWh) an Biomethan** in das Erdgasnetz eingespeist und mit hohen Wirkungsgraden in Brennwertgeräten zu Wärme umgewandelt werden.

Abschließend können die Endenergiepotenziale wie folgt zusammengefasst werden (Tabelle 8):

- Im Wärmeszenario wurde eine maximale Wärmebereitstellung in Höhe von **3.170 TJ (881 GWh)** ermittelt werden.
- Durch den insgesamt "günstigeren" Gesamtwirkungsgrad des KWK-Prozesses ergibt sich im Stromszenario ein **maximales Endenergiepotenzial von 3.484 TJ (968 GWh)**. Hierbei entfallen auf **Strom 1.256 TJ (349 GWh)** und auf **Wärme 2.228 TJ (619 GWh)**.
- Im dritten Szenario wurde eine ausgewogene Nutzung der zur Verfügung stehenden Technologieoptionen aufgezeigt. Hierbei beträgt das gesamte **Endenergiepotenzial 3.392 TJ (942 GWh)**. Die **Wärmeproduktion kann auf 2.504 TJ (696 GWh)** beziffert werden, während die **Stromproduktion 705 TJ (196 GWh)** beträgt.
- Die maximale Biodieselproduktion wird auf 105 TJ (29 GWh) abgeschätzt.
- Die maximale Menge an Biomethan wird mit 568 TJ (158 GWh) angegeben.

Somit kann ein Endenergiepotenzial aus Biomasse zwischen 3.170 und 3.484 TJ (881 bis 968 GWh) ausgewiesen werden. Je nach Schwerpunktsetzung beträgt die maximale Wärmeproduktion aus Bioenergieträgern 3.170 TJ (881 GWh) und die maximale Stromproduktion 1.256 TJ (349 GWh).

Zum Vergleich: Der Wärmebedarf aller Verbraucher im Vogtlandkreis konnte auf 2.077 GWh abgeschätzt werden, der Strombedarf auf 1.310 GWh (Modul 1). Bei

Ausnutzung der in diesem Gutachten aufgezeigten Biomassepotenziale können demnach bis zu 42 % des Wärmebedarfs und bis zu 27 % des Strombedarfs aus Biomasse abgedeckt werden. Bei Betrachtung des Szenarios 3 (ausgewogene Nutzungsoptionen) können immerhin noch **34 % des Wärmebedarfs** und **15 % des Strombedarfs** durch Bioenergieträger bereitgestellt werden.

Tabelle 8 *Zusammenfassung der Endenergiepotenziale aus Biomasse auf Basis der entwickelten Szenarien*
Quelle: IE Leipzig

Szenario	Wärme	Strom	Biomethan	Biodiesel	Endenergiepotenzial
Einheit TJ					
1 - maximale Wärmebereitstellung	3.170	-	-	-	3.170
2 - maximale Strombereitstellung	2.228	1.256	-	-	3.484
3 - ausgewogene Nutzungsoptionen	2.504	705	89	95	3.392
maximale Biodiesel- und Biomethanproduktion			568	105	
Spannweiten	2.228 bis 3.170	0 bis 1.256	0 bis 568	0 bis 105	3.170 bis 3.484
Einheit GWh					
1 - maximale Wärmebereitstellung	881	-	-	-	881
2 - maximale Strombereitstellung	619	349	-	-	968
3 - ausgewogene Nutzungsoptionen	696	196	25	26	942
maximale Biodiesel- und Biomethanproduktion			158	29	
Spannweiten	619 bis 881	0 bis 349	0 bis 158	0 bis 29	881 bis 968

Nachfolgend sind die Ergebnistabellen der Szenarien 1 bis 3 (jeweils in GWh und GJ) aufgeführt.

Tabelle 9**Biomassepotenziale (GWh pro Jahr) im Vogtlandkreis – Szenario 1: maximale Wärmebereitstellung**

Quelle: IE Leipzig

Bezugsjahr: 2007	Endenergiepotenzial fest (thermo-chem.)				Endenergiepotenzial gasförmig (bio-chem.)				Endenergiepotenzial flüssig	Endenergiepotenzial insgesamt		
	KWK			Verbrennung	KWK			Biomethan	Verbrennung	aus Verbrennung	aus Biomethan	
	Anteil	Strom	Wärme	Wärme	Anteil	Strom	Wärme		Wärme			
Wirkungsgrad		0,30	0,60	0,85		0,28	0,32	0,48	0,85		0,97	
Einheit	%	GWh/a	GWh/a	GWh/a	%	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a
Energiepflanzen				224				114	25	249	110	359
davon Kurzumtrieb				187						187		187
davon Silomais								89			86	86
davon Raps				37					25	62		62
davon Grünland								25			24	24
Fortwirtschaftliche Potenziale				272						272		272
davon aus Einschlag				50						50		50
davon aus ungenutztem Zuwachs				222						222		222
Ernterückstände aus der Landwirtschaft				113				2		113	2	115
davon Stroh												
Weizen				33						33		33
Gerste				23						23		23
Roggen				10						10		10
Hafer				2						2		2
Körnermais				4						4		4
Raps				27						27		27
davon Sonstige Ernterückstände												
Rübenblatt								2			2	2
Kartoffelkraut								1			1	1
davon Andere Rückstände												
Getreide- und Rapsausschuss				15						15		15
Reststoffe und Abfälle				93				42		93	41	134
davon Industriestholz												
davon Altholz				57						57		57
davon Exkrement und Einstreu								37			36	36
davon Abfälle aus Gewerbe und Industrie												
Brauereien								4			4	4
Abwasser Molkereien								1			1	1
davon kommunaler Siedlungsabfall				37						37		37
Summe				703				158	25	728	153	881



Tabelle 10**Biomassepotenziale (GJ pro Jahr) im Vogtlandkreis – Szenario 1: maximale Wärmebereitstellung**

Quelle: IE Leipzig

Bezugsjahr: 2007	Endenergiepotenzial fest (thermo-chem.)				Endenergiepotenzial gasförmig (bio-chem.)				Endenergiepotenzial flüssig	Endenergiepotenzial insgesamt		
	KWK			Verbrennung	KWK			Biomethan	Verbrennung	aus Verbrennung	aus Biomethan	
	Anteil	Strom	Wärme	Wärme	Anteil	Strom	Wärme		Wärme		0,97	
Wirkungsgrad		0,30	0,60	0,85		0,28	0,32	0,48	0,85			
Einheit	%	GJ/a	GJ/a	GJ/a	%	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a
Energiepflanzen				806.039				408.852	89.545	895.583	396.586	1.292.170
davon Kurzumtrieb				671.884						671.884		671.884
davon Silomais								319.775			310.182	310.182
davon Raps				134.155					89545	223.699		223.699
davon Grünland								89.077			86.405	86.405
Fortwirtschaftliche Potenziale				980.681						980.681		980.681
davon aus Einschlag				179.808						179.808		179.808
davon aus ungenutztem Zuwachs				800.873						800.873		800.873
Ernterückstände aus der Landwirtschaft				407.437				7.776		407.437	7.543	414.979
davon Stroh												
Weizen				119.155						119.155		119.155
Gerste				82.711						82.711		82.711
Roggen				35.582						35.582		35.582
Hafer				6.114						6.114		6.114
Körnermais				13.302						13.302		13.302
Raps				96.223						96.223		96.223
davon Sonstige Ernterückstände												
Rübenblatt								5.828			5.653	5.653
Kartoffelkraut								1.948			1.890	1.890
davon Andere Rückstände												
Getreide- und Rapsausschuss				54.349						54.349		54.349
Reststoffe und Abfälle				335.436				151.711		335.436	147.160	482.596
davon Industrierestholz												
davon Altholz				203.924						203.924		203.924
davon Exkrement und Einstreu								134.527			130.491	130.491
davon Abfälle aus Gewerbe und Industrie												
Brauereien								14.879			14.432	14.432
Abwasser Molkereien								2.305			2.236	2.236
davon kommunaler Siedlungsabfall				131.512						131.512		131.512
Summe				2.529.592				568.339	89.545	2.619.136	551.289	3.170.425



Tabelle 11**Biomassepotenziale (GWh pro Jahr) im Vogtlandkreis – Szenario 2: maximale Strombereitstellung**

Quelle: IE Leipzig

Bezugsjahr: 2007	Endenergiepotenzial fest (thermo-chem.)				Endenergiepotenzial gasförmig (bio-chem.)				Endenergiepotenzial flüssig (phys.-chem.)				Endenergiepotenzial insgesamt		
	KWK			Verbrennung	KWK			Biomethan	KWK			Biodiesel	Wärme aus KWK	Strom aus KWK	
	Anteil	Strom	Wärme		Anteil	Strom	Wärme		Anteil	Strom	Wärme				
Wirkungsgrad		0,30	0,60	0,85		0,28	0,32	0,48		0,30	0,60	1,00			
Einheit	%	GWh/a	GWh/a	GWh/a	%	GWh/a	GWh/a	GWh/a	%	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a
Energiepflanzen		79	158	0		66	76	0		9	18	0	251	154	405
davon Kurzumtrieb	100%	66	132	0		0	0	0		0	0	0	132	66	198
davon Silomais	0%	0	0	0	100%	52	59	0		0	0	0	59	52	111
davon Raps	100%	13	26	0		0	0	0	100%	9	18	0	44	22	66
davon Grünland	0%	0	0	0	100%	14	16	0		0	0	0	16	14	31
															0
Fortwirtschaftliche Potenziale		96	192	0		0	0	0		0	0	0	192	96	288
davon aus Einschlag	100%	18	35	0		0	0	0		0	0	0	35	18	53
davon aus ungenutztem Zuwachs	100%	79	157	0		0	0	0		0	0	0	157	79	236
															0
Ernterückstände aus der Landwirtschaft		40	80	0		1	1	0		0	0	0	81	41	123
davon Stroh															0
Weizen	100%	12	23	0		0	0	0		0	0	0	23	12	35
Gerste	100%	8	16	0		0	0	0		0	0	0	16	8	24
Roggen	100%	3	7	0		0	0	0		0	0	0	7	3	10
Hafer	100%	1	1	0		0	0	0		0	0	0	1	1	2
Körnermais	100%	1	3	0		0	0	0		0	0	0	3	1	4
Raps	100%	9	19	0		0	0	0		0	0	0	19	9	28
davon Sonstige Ernterückstände															0
Rübenblatt	0%	0	0	0	100%	1	1	0		0	0	0	1	1	2
Kartoffelkraut	0%	0	0	0	100%	0	0	0		0	0	0	0	0	1
davon Andere Rückstände															0
Getreide- und Rapsausschuss	100%	5	11	0		0	0	0		0	0	0	11	5	16
															0
Reststoffe und Abfälle		33	66	0		25	28	0		0	0	0	94	57	151
davon Industriestholz	0%														0
davon Altholz	100%	20	40	0		0	0	0		0	0	0	40	20	60
davon Exkrement und Einstreu	0%	0	0	0	100%	22	25	0		0	0	0	25	22	47
davon Abfälle aus Gewerbe und Industrie															0
Brauereien	0%	0	0	0	100%	2	3	0		0	0	0	3	2	5
Abwasser Molkereien	0%	0	0	0	100%	0	0	0		0	0	0	0	0	1
davon kommunaler Siedlungsabfall	100%	13	26	0		0	0	0		0	0	0	26	13	39
Summe		248	496	0		92	105	0		9	18	0	619	349	968



Tabelle 12

Biomassepotenziale (GJ pro Jahr) im Vogtlandkreis – Szenario 2: maximale Strombereitstellung

Quelle: IE Leipzig

Bezugsjahr: 2007	Endenergiepotenzial fest (thermo-chem.)				Endenergiepotenzial gasförmig (bio-chem.)				Endenergiepotenzial flüssig (phys.-chem.)				Endenergiepotenzial insgesamt		
	KWK			Verbrennung	KWK			Biomethan	KWK			Biodiesel	Wärme aus KWK	Strom aus KWK	
	Anteil	Strom	Wärme		Anteil	Strom	Wärme		Anteil	Strom	Wärme				
Wirkungsgrad		0,30	0,60	0,85		0,28	0,32	0,48		0,30	0,60	1,00			
Einheit	%	GJ/a	GJ/a	GJ/a	%	GJ/a	GJ/a	GJ/a	%	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a
Energiepflanzen		284.484	568.968	0		238.497	272.568	0		31.604	63.208	0	904.744	554.585	1.459.330
davon Kurzumtrieb	100%	237.135	474.271	0		0	0	0		0	0	0	474.271	237.135	711.406
davon Silomais	0%	0	0	0	100%	186.535	213.183	0		0	0	0	213.183	186.535	399.719
davon Raps	100%	47.349	94.697	0		0	0	0	100%	31604	63208	0	157.905	78.953	236.858
davon Grünland	0%	0	0	0	100%	51.962	59.385	0		0	0	0	59.385	51.962	111.346
															0
Fortwirtschaftliche Potenziale		346.123	692.245	0		0	0	0		0	0	0	692.245	346.123	1.038.368
davon aus Einschlag	100%	63.462	126.923	0		0	0	0		0	0	0	126.923	63.462	190.385
davon aus ungenutztem Zuwachs	100%	282.661	565.322	0		0	0	0		0	0	0	565.322	282.661	847.983
															0
Ernterückstände aus der Landwirtschaft		143.801	287.602	0		4.536	5.184	0		0	0	0	292.786	148.337	441.123
davon Stroh															0
Weizen	100%	42.055	84.109	0		0	0	0		0	0	0	84.109	42.055	126.164
Gerste	100%	29.192	58.385	0		0	0	0		0	0	0	58.385	29.192	87.577
Roggen	100%	12.558	25.117	0		0	0	0		0	0	0	25.117	12.558	37.675
Hafer	100%	2.158	4.316	0		0	0	0		0	0	0	4.316	2.158	6.474
Körnermais	100%	4.695	9.390	0		0	0	0		0	0	0	9.390	4.695	14.084
Raps	100%	33.961	67.922	0		0	0	0		0	0	0	67.922	33.961	101.883
davon Sonstige Ernterückstände															0
Rübenblatt	0%	0	0	0	100%	3.399	3.885	0		0	0	0	3.885	3.399	7.285
Kartoffelkraut	0%	0	0	0	100%	1.136	1.299	0		0	0	0	1.299	1.136	2.435
davon Andere Rückstände															0
Getreide- und Rapsausschuss	100%	19.182	38.364	0		0	0	0		0	0	0	38.364	19.182	57.547
															0
Reststoffe und Abfälle		118.389	236.778	0		88.498	101.141	0		0	0	0	337.919	206.887	544.806
davon Industriestholz	0%														0
davon Altholz	100%	71.973	143.946	0		0	0	0		0	0	0	143.946	71.973	215.919
davon Exkremente und Einstreu	0%	0	0	0	100%	78.474	89.685	0		0	0	0	89.685	78.474	168.159
davon Abfälle aus Gewerbe und Industrie															0
Brauereien	0%	0	0	0	100%	8.679	9.919	0		0	0	0	9.919	8.679	18.599
Abwasser Molkereien	0%	0	0	0	100%	1.345	1.537	0		0	0	0	1.537	1.345	2.882
davon kommunaler Siedlungsabfall	100%	46.416	92.832	0		0	0	0		0	0	0	92.832	46.416	139.248
Summe		892.797	1.785.594	0		331.531	378.893	0		31.604	63.208	0	2.227.695	1.255.932	3.483.627



Tabelle 13**Biomassepotenziale (GWh pro Jahr) im Vogtlandkreis – Szenario 3: ausgewogene Nutzungsoptionen**

Quelle: IE Leipzig

Bezugsjahr: 2007	Endenergiepotenzial fest (thermo-chem.)				Endenergiepotenzial gasförmig (bio-chem.)				Endenergiepotenzial flüssig (phys.-chem.)				Endenergiepotenzial insgesamt							
	KWK			Verbrennung	KWK			Biomethan	KWK			Biodiesel	Wärme aus Verbrennung gesamt			Strom aus KWK	Biomethan	Biodiesel		
	Anteil	Strom	Wärme		Anteil	Strom	Wärme		Anteil	Strom	Wärme		aus KWK	aus Verbrennung	gesamt					
Wirkungsgrad		0,30	0,60	0,85		0,28	0,32	0,48		0,30	0,60	1,00								
Einheit	%	GWh/a	GWh/a	GWh/a	%	GWh/a	GWh/a	GWh/a	%	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a		
Energiepflanzen		72	145	19		53	61	23		1	2	26	207	19	226	126	23	26	401	
davon Kurzumtrieb	90%	59	119	19									119	19	137	59			197	
davon Silomais					80%	41	47	18					47		47	41	18		107	
davon Raps	100%	13	26						10%	1	2	26	28		28	14		26	68	
davon Grünland					80%	12	13	5					13		13	12	5		30	
Fortwirtschaftliche Potenziale		8	16	250									16	250	266	8			274	
davon aus Einschlag				50											50				50	
davon aus ungenutztem Zuwachs	10%	8	16	200									16	200	216	8			224	
Ernterückstände aus der Landwirtschaft		4	8	102		0	0	2					8	102	110	4	2		116	
davon Stroh																				
Weizen	10%	1	2	30									2	30	32	1			33	
Gerste	10%	1	2	21									2	21	22	1			23	
Roggen	10%	0	1	9									1	9	10	0			10	
Hafer	10%	0	0	2									0	2	2	0			2	
Körnermais	10%	0	0	3									0	3	4	0			4	
Raps	10%	1	2	24									2	24	26	1			27	
davon Sonstige Ernterückstände																				
Rübenblatt					10%	0	0	1					0		0	0	1		2	
Kartoffelkraut					10%	0	0	0					0		0	0	0			



Tabelle 14**Biomassepotenziale (GJ pro Jahr) im Vogtlandkreis – Szenario 3: ausgewogene Nutzungsoptionen**

Quelle: IE Leipzig

Bezugsjahr: 2007	Endenergiepotenzial fest (thermo-chem.)				Endenergiepotenzial gasförmig (bio-chem.)				Endenergiepotenzial flüssig (phys.-chem.)				Endenergiepotenzial insgesamt						
	KWK			Verbrennung	KWK			Biomethan	KWK			Biodiesel	Wärme aus Verbrennung gesamt			Strom aus KWK	Biomethan	Biodiesel	
	Anteil	Strom	Wärme		Anteil	Strom	Wärme		Anteil	Strom	Wärme		aus KWK						
Wirkungsgrad		0,30	0,60	0,85		0,28	0,32	0,48		0,30	0,60	1,00							
Einheit	%	GJ/a	GJ/a	GJ/a	%	GJ/a	GJ/a	GJ/a	%	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a	GJ/a
Energiepflanzen		260.771	521.541	67.188		190.798	218.054	81.770		3.160	6.321	94.812	745.917	67.188	813.105	454.729	81.770	94.812	1.444.416
davon Kurzumtrieb	90%	213.422	426.844	67.188									426.844	67.188	494.032	213.422			707.454
davon Silomais					80%	149.228	170.547	63.955					170.547		149.228		63.955		383.730
davon Raps	100%	47.349	94.697						10%	3.160	6.321	94.812	101.018		101.018	50.509		94.812	246.339
davon Grünland					80%	41.569	47.508	17.815					47.508		47.508	41.569	17.815		106.892
Fortwirtschaftliche Potenziale		28.266	56.532	900.593									56.532	900.593	957.125	28.266			985.392
davon aus Einschlag				179.808											179.808				179.808
davon aus ungenutztem Zuwachs	10%	28.266	56.532	720.786									56.532	720.786	777.318	28.266			805.584
Ernterückstände aus der Landwirtschaft		14.380	28.760	366.693		454	518	6.998					29.279	366.693	395.972	14.834	6.998		417.804
davon Stroh																			
Weizen	10%	4.205	8.411	107.239									8.411	107.239	115.650	4.205			119.856
Gerste	10%	2.919	5.838	74.440									5.838	74.440	80.279	2.919			



6.3 Einordnung der Biomassepotenziale in die derzeitige Nutzung

Um die ermittelten Potenziale besser einordnen zu können, ist eine Abschätzung der derzeitigen Nutzung der Biomasse im Vogtlandkreis vorzunehmen. Anschließend können auf dieser Basis die Anteile der Potenziale an der derzeitigen Nutzung berechnet werden bzw. ist im Umkehrschluss eine Aussage zur Höhe der verbleibenden, also noch zu erschließenden Biomassepotenziale möglich.

In den **Biogasanlagen** im Vogtlandkreis (ca. 15 Anlagen) wird Endenergie in Höhe von ca. 50 GWh Strom und 75 GWh Wärme produziert. Es werden vornehmlich Gülle, Grünschnitt, Bioabfälle und Maissilage eingesetzt. Bei Annahme eines durchschnittlichen Gesamtwirkungsgrades von 0,9 kommen überschlägig Substrate mit einem Energiegehalt von 140 GWh (500 TJ) zum Einsatz.

Der Einsatz von **fester Biomasse** ist vornehmlich durch das Biomasseheizkraftwerk Schöneck und die zahlreichen Festbrennstoffheizungen (als Primär- und Sekundärsysteme ausgelegt) gekennzeichnet. Im Biomasseheizkraftwerk werden ca. 12 GWh, in Holzkesseln über 100 kW FWL ca. 25 GWh und in den Holzkesseln der Haushalte ca. 165 MWh Wärme (Endenergie) erzeugt. Im Biomasseheizkraftwerk werden über das OCR-Modul noch knapp 5 GWh an Strom bereitgestellt. Unter Annahme der durchschnittlichen Wirkungsgrade (Verbrennung: 0,85; Stromerzeugung: 0,3) wird feste Biomasse mit einem Energiegehalt von 283 GWh (1.022 TJ) derzeit im Vogtland eingesetzt.

Stellt man die bereits benötigten Energiemengen der eingesetzten Substrate den zuvor ermittelten Energieträgerpotenzialen aus Biomasse gegenüber (Szenario 3), ergibt sich folgendes Bild (Tabelle 15):

- Das Energieträgerpotenzial für die bio-chemische Verwertung in **Biogasanlagen** wird derzeit zu 43 % ausgenutzt. Bei endenergetischer Betrachtung werden bei Wärme ca. 66 % und bei Strom ca. 64 % des Potenzials bereits verwendet. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass insbesondere bei einem überwiegenden Teil der erzeugten Wärme aus Biogasanlagen nicht von einer vollständigen Nutzung auszugehen ist, da ein unzureichender Wärmebedarf im Umfeld der Biogasanlagen besteht.
- Das Energieträgerpotenzial für **feste Biomasse** für die thermo-chemische Verwertung wird derzeit zu 34 % ausgenutzt. Bei endenergetischer Betrachtung wird deutlich, dass dieser Ausnutzungsgrad überwiegend in der Wärmenutzung liegt: hier werden ca. 33 % des Energieträgerpotenzials bereits verwendet. Die Stromproduktion beschränkt sich im Vogtlandkreis zunächst auf das Biomasseheizwerk in Schöneck und kann auf einen Ausnutzungsgrad des endenergetischen Potenzials von 4 % beziffert werden. Es ist allerdings zu beachten, dass nicht von einem vollständigen Bezug der festen Biomasse aus dem Vogtlandkreis auszugehen ist. Dies gilt zum einen für das Biomasseheizkraftwerk als auch für die Biomassekessel.
- **Insgesamt** ist damit das Energieträgerpotenzial der Biomasse im Vogtlandkreis (Biokraftstoffe und Biomethan bleiben hierbei unbeachtet) zu 37 % ausgenutzt,

wobei bei endenergetischer Betrachtung von einem Ausnutzungsgrad von 38 % (Wärme) bzw. 28 % (Strom) ausgegangen werden kann. Die zuvor genannten Einschränkungen sind bei der Verwendung dieser Zahlen jedoch zu beachten.

Es zeigt sich also, dass die Biomasse (neben Wasser- und Windkraft) einen der derzeit am besten entwickelten Teilbereich der erneuerbaren Energien darstellt (vergleiche Modul 3). Das Endenergiepotenzial, welches sich aus dem potenziellen Biomasseangebot ableiten lässt, ist bereits zu 37 % ausgeschöpft, wobei ein Großteil der derzeitigen Nutzung auf den Wärmebereich entfällt. Jedoch verbleiben über 60 % des Energieträgerpotenzials aus Biomasse derzeit ungenutzt und können über verschiedene Technologieoptionen erschlossen werden.

Tabelle 15

Vergleich der verfügbaren Potenziale aus Biomasse mit derzeitiger Nutzung im Vogtlandkreis

Quelle: derzeitige Nutzung: /Hergert_2008/, Berechnungen und Potenziale: IE Leipzig
Anmerkungen: Daten zu Biokraftstoffen und Biomethan werden nicht mit dargestellt.
Die Energieträger- und Endenergiepotenziale basieren auf den Ergebnissen des Szenario 3 (ausgewogene Nutzungsoptionen)

Datenstand: 2007/2008	verfügbar	genutzt	verfügbar	genutzt	Anteil
Einheit	TJ/a	TJ/a	GWh/a	GWh/a	%
Biogasanlagen					
Energieträgerpotenzial bio-chemisch	1.184	500	329	140	43%
Endenergiepotenzial					
Wärme	408	270	113	75	66%
Strom	280	180	78	50	64%
Biomasseanlagen (Biomassekraftwerke, Biomassekessel)					
Energieträgerpotenzial thermo-chemisch	2.976	1.022	827	283	34%
Endenergiepotenzial					
Wärme	2.178	720	605	200	33%
Strom	422	16	117	5	4%
Zusammenfassung					
Energieträgerpotenzial	4.160	1.522	1.156	423	37%
Endenergiepotenzial					
Wärme	2.586	990	718	275	38%
Strom	702	196	195	55	28%

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a	Jahr
atro	absolut trocken
BHKW	Blockheizkraftwerk
FM	Frischmasse
FWL	Feuerungswärmeleistung
GV	Großvieheinheit
GWh	Gigawattstunden
ha	Hektar
hl	Hektoliter
IE	Leipziger Institut für Energie GmbH
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
GJ	Gigajoule
PJ	Petajoule
TJ	Terajoule
TS	Trockensubstanz

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	End- bzw. Nutzenergiebereitstellung aus Biomasse.....	3
-------------	---	---

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Technisches Energieträgerpotenzial durch Energiepflanzenanbau im Vogtlandkreis.....	7
Tabelle 2	Technisches Energieträgerpotenzial der Forstwirtschaft im Vogtlandkreis.....	9
Tabelle 3	Technische Energieträgerpotenziale aus landwirtschaftlichen Nebenprodukten und Rückständen im Vogtlandkreis.....	12
Tabelle 4	Technische Energieträgerpotenziale aus Exkrementen und Einstreu im Vogtlandkreis.....	15
Tabelle 5	Technische Energieträgerpotenziale aus Abfällen aus Gewerbe und Industrie im Vogtlandkreis.....	16
Tabelle 6	Technische Energieträgerpotenziale aus Reststoffen im Vogtlandkreis.....	16
Tabelle 7	Zusammenfassung der Energieträgerpotenziale für Biomasse im Vogtlandkreis.....	17
Tabelle 8	Zusammenfassung der Endenergiepotenziale aus Biomasse auf Basis der entwickelten Szenarien.....	22
Tabelle 9	Biomassepotenziale (GWh pro Jahr) im Vogtlandkreis – Szenario 1: maximale Wärmebereitstellung.....	23
Tabelle 10	Biomassepotenziale (GJ pro Jahr) im Vogtlandkreis – Szenario 1: maximale Wärmebereitstellung.....	24
Tabelle 11	Biomassepotenziale (GWh pro Jahr) im Vogtlandkreis – Szenario 2: maximale Strombereitstellung.....	25
Tabelle 12	Biomassepotenziale (GJ pro Jahr) im Vogtlandkreis – Szenario 2: maximale Strombereitstellung.....	26
Tabelle 13	Biomassepotenziale (GWh pro Jahr) im Vogtlandkreis – Szenario 3: ausgewogene Nutzungsoptionen.....	27
Tabelle 14	Biomassepotenziale (GJ pro Jahr) im Vogtlandkreis – Szenario 3: ausgewogene Nutzungsoptionen.....	28
Tabelle 15	Vergleich der verfügbaren Potenziale aus Biomasse mit derzeitiger Nutzung im Vogtlandkreis.....	30

LITERATURVERZEICHNIS

- /BWI_2005/ Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Bundeswaldinventur 1, Stand: 2005. Berlin, 2005.
www.bundeswaldinventur.de
- /IE_2004/ Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Expertise zur Nutzung erneuerbarer Energien in Sachsen. Leipzig, 2004.
- /Hall_1993/ Hall, D. O. et al.: Biomass for Energy; in: Johansson, T. B. et al.: Renewable Energy – Sources for Fuels and Electricity. Island Press, Washington, 1993.
- /Hergert_2008/ Hergert, U.: Energieverbrauchsdaten Energiekonzept Vogtland. Plauen, 2008.
- /Kaltschmitt_2000/ Kaltschmitt, M., Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse. Springer, Berlin, 2000.
- /Kaltschmitt_2003/ Kaltschmitt, M.; Wiese, A.; Streicher, W. (Hrsg.): Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 3. Auflage, 2003, Springer, Heidelberg.
- /RegPlan_2008/ Satzung über die Erste Gesamtfortschreibung des Regionalplanes Südwestsachsen. Regionaler Planungsverband Südwestsachsen, Aue und Plauen, Juli 2008.
- /Sachsen_2007/ Energieprogramm Sachsen: Leitlinien und Schwerpunkte der sächsischen Energiepolitik. Entwurf vom Januar 2007.
- /StaLa_2009/ Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen: Online-Abfrage. Kamenz, 2009.