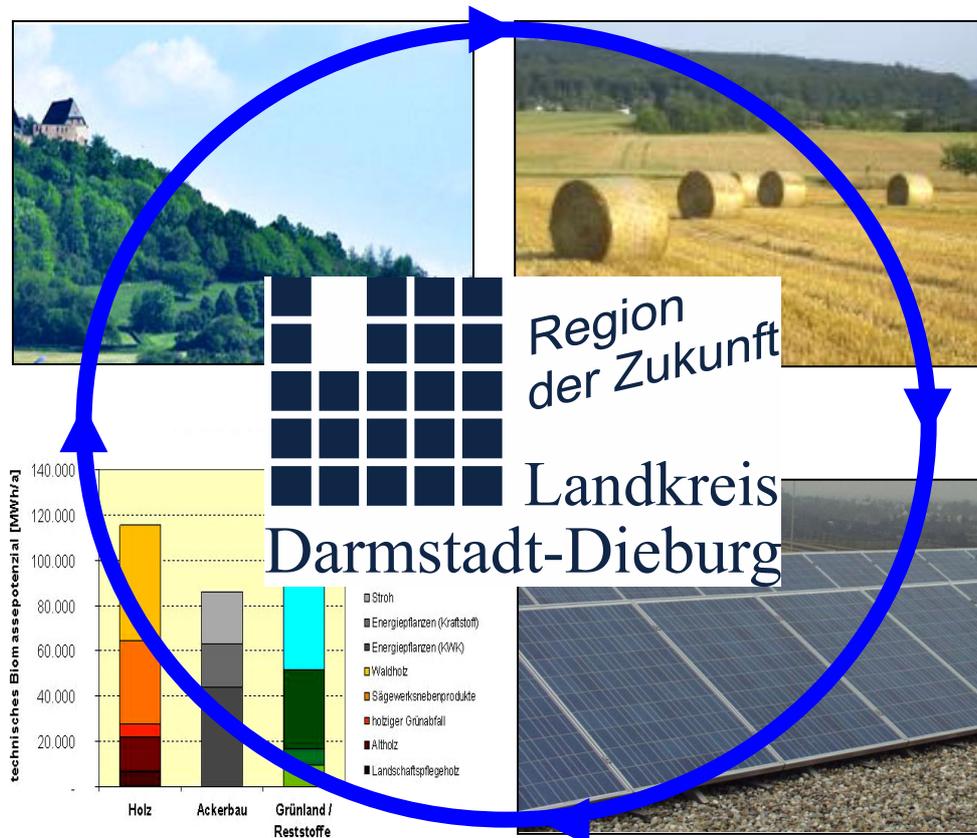


Potenzialstudie für den Landkreis Darmstadt-Dieburg

Grunddaten und Optionen
für den Ausbau erneuerbarer Energien
im Landkreis Darmstadt-Dieburg



Juli 2010

Potenzialstudie für den Landkreis Darmstadt-Dieburg

Ermittlung von Grunddaten und Optionen
für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien
im Landkreis Darmstadt-Dieburg

Auftraggeber:

Landkreis Darmstadt-Dieburg
vertreten durch

Herrn Kreisbeigeordneten Christel Fleischmann
Jägertorstraße 207
64289 Darmstadt

Auftragnehmer: Arbeitsgemeinschaft

Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt
und Energie GmbH
Werner-Eisenberg-Weg1
37213 Witzenhausen
Tel.: 05542 / 9380-0
Fax: 05542 / 9380-77
E-Mail: info@witzenhausen-institut.de
Domain: www.witzenhausen-institut.de

Pöyry Environment GmbH
Abt. IGW
Bischhäuser Aue 12
37213 Witzenhausen
Tel.: 05542 9308-0
Fax: 05542 9308-20
E-Mail: environment.witzenhausen.de@poyry.com
Domain: www.poyry.de; www.igw-witzenhausen.de

INHALT

1	HINTERGRUND	1
2	AKTUELLER (2008) ENERGIEVERBRAUCH DES LANDKREISES DARMSTADT-DIEBURG	2
2.1	Stromverbrauch	2
2.2	Wärmeverbrauch	3
2.2.1	Wohngebäude	3
2.2.2	Kreiseigene Gebäude	5
2.2.3	Kommunale Einrichtungen.....	5
2.2.4	Kirchen	6
2.2.5	Gewerbe	7
2.3	Kraftstoffverbrauch	9
2.4	Gesamtverbrauch	10
3	AKTUELLE (2008) PRODUKTION ERNEUERBARER ENERGIEN IM LANDKREIS DARMSTADT-DIEBURG.....	12
3.1	Biogene Festbrennstoffe	12
3.1.1	Große Biomasseheizungen	12
3.1.2	Biomasseheizungen private Haushalte	13
3.1.3	Anlagen zur energetischen Nutzung biogener Anteile des Abfalls	14
3.2	Biogene Gase.....	15
3.2.1	Biogas.....	15
3.2.2	Deponiegas	15
3.2.3	Klärgas	15
3.3	Biokraftstoffe / flüssige Bioenergieträger	16
3.4	Weitere erneuerbare Energien.....	17
3.4.1	Solarenergie	17
3.4.1.1	Solarthermie.....	17
3.4.1.2	Photovoltaik.....	19
3.4.2	Geothermie / Erdwärme.....	20
3.4.3	Windkraft	20
3.4.4	Wasserkraft	20
3.5	Gesamterzeugung erneuerbarer Energien.....	21
4	TECHNISCHE POTENZIALE FÜR DIE PRODUKTION ERNEUERBARER ENERGIEN IM LANDKREIS DARMSTADT- DIEBURG.....	23
4.1	Bioenergie	23

4.1.1	Biogene Festbrennstoffe	24
4.1.1.1	Holzige Biomasse	24
4.1.1.2	Halmartige Biomasse	25
4.1.1.3	Feste Brennstoffe aus Abfall	27
4.1.2	Biogene Gase	28
4.1.2.1	Biogas aus landwirtschaftlichen Rohstoffen	28
4.1.2.2	Biogas aus organischen Reststoffen	34
4.1.2.3	Biokraftstoffe	37
4.2	sonstige regenerative Energie	38
4.2.1	Solarenergie	38
4.2.1.1	Solarthermie	39
4.2.1.2	Photovoltaik	40
4.2.2	Geothermie / Erdwärme	41
4.2.2.1	Erdwärme	41
4.2.2.2	Tiefengeothermie	42
4.2.3	Windkraft	43
4.2.4	Wasserkraft	47
4.3	Gesamtpotenzial erneuerbarer Energien	47
5	PROGNOSE ENERGIEVERBRAUCH UND ZIELE REGENERATIVE ENERGIEERZEUGUNG 2020 IM LANDKREIS DARMSTADT-DIEBURG	52
5.1	Prognose des Endenergiebedarfs im Landkreis Darmstadt- Dieburg	52
6	FAZIT	53
7	EMPFEHLUNGEN FÜR NÄCHSTE SCHRITTE	55
7.1	Kreiseigene Liegenschaften	55
7.2	Nutzung von Reststoffen	55
7.3	Bauplanerische Vorgaben (bedingt vom Kreis beeinflussbar)	56
7.4	Öffentlichkeitsarbeit	56
7.5	Zielgruppenspezifisches Beratungsangebot	57
7.6	Erarbeitung Klimaschutzkonzept	57
8	LITERATUR	58

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Stromverbrauch privater Haushalte im Landkreis Darmstadt-Dieburg /7/ /21/.....	2
Tabelle 2:	Stromverbrauchsdaten kreiseigener Verwaltungsgebäude und Schulen im Landkreis Darmstadt-Dieburg (2008)	3
Tabelle 3:	Bebauungsstruktur im Landkreis Darmstadt-Dieburg /20/	3
Tabelle 4:	Energetische Bewertung der Gebäudesubstanz der Wohnbebauung im Landkreis Darmstadt-Dieburg (nach /35/)	4
Tabelle 5:	Wärmeverbrauch der privaten Haushalte im Landkreis Darmstadt-Dieburg, gestaffelt nach Gebäudesubstanz und –größe (nach /35/)	5
Tabelle 6:	Wärmeverbrauchsdaten kreiseigener Verwaltungsgebäude und Schulen im Landkreis Darmstadt-Dieburg (2008)	5
Tabelle 7:	Energiebedarf zur Wärmebereitstellung und Strombedarf der kommunalen Einrichtungen im Landkreis Darmstadt-Dieburg	6
Tabelle 8:	Zusammenstellung von Praxiswerten zur Abschätzung der Wärmeverbrauchsdaten von Kirchengemeinden	7
Tabelle 9:	Anzahl und Größe der Gewerbebranchen im Landkreis Darmstadt-Dieburg und deren Energiebedarf (Ber. auf Basis von /19/)	8
Tabelle 10:	Kraftstoff-Verbrauchsdaten für den Kfz-Bestand im Landkreis Darmstadt-Dieburg (2009) (nach /29/ /28/)	9
Tabelle 11:	Gesamtenergieverbrauch im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Bezugsjahr 2008).....	11
Tabelle 12:	Größere Holzfeuerungsanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Dez. 2009)	13
Tabelle 13:	Energieerzeugung mit zentralen Holzfeuerungsanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg, Stand Dezember 2009 /5/	14
Tabelle 14:	Biogasanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg (auf Basis von /24/ /1/) Stand 2008.....	15
Tabelle 15:	Kläranlagen mit Faulturm und Klärgasnutzung im BHKW (Stand 2008)	16
Tabelle 16:	Biokraftstoffverbrauch im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Stand 2009)	17
Tabelle 17:	Pflanzenöl-BHKW im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Stand 2008).....	17
Tabelle 18:	Solarthermieanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg, Stand Dez. 2009 /6/	18

Tabelle 19: Installierte Leistung und Energieerzeugung durch Photovoltaikanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg 2008 / Entwicklung 2009	19
Tabelle 20: Wasserkraftanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg	21
Tabelle 21: Gesamterzeugung regenerativer Energie im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Stand 2008/09).....	22
Tabelle 22: Anteil der regenerativ erzeugten Energie am Endenergiebedarf des LK Darmstadt-Dieburg (Stand 2008).....	22
Tabelle 23: Landnutzung im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Stand 2008).....	23
Tabelle 24: Potenziale für Anbauflächen und Energieerzeugung mit Kurzumtriebsplantagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg /24/	25
Tabelle 25: Anbauflächen und Durchschnittserträge von Getreide und Raps sowie deren energetisch nutzbaren Anteile im Landkreis Darmstadt-Dieburg.....	26
Tabelle 26: Potenziale für Anbauflächen und Energieerzeugung mit Miscanthus im Landkreis Darmstadt-Dieburg	27
Tabelle 27: Anfall von Gülle, Jauche und Festmist und daraus erzeugbare Energie im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Stand 2008)	29
Tabelle 28: Grünlandflächen im Landkreis Darmstadt-Dieburg	30
Tabelle 29: Tierbestand und dessen benötigte Grünlandflächen im Landkreis Darmstadt-Dieburg.....	31
Tabelle 30: Verfügbare Grünlandbiomasse und daraus erzeugbare Energie im Landkreis Darmstadt-Dieburg	31
Tabelle 31: Bebauungsstruktur der landwirtschaftlichen Ackerflächen im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Stand 2008)	32
Tabelle 32: Modellhafte Bebauung der potenziellen Energiepflanzenanbaufläche.....	33
Tabelle 33: Anbaustrategien für nachwachsende Rohstoffe vom Acker zur Biogaserzeugung im Landkreis Darmstadt-Dieburg	34
Tabelle 34: Haupterzeuger von organischen Abfällen aus Industrie und Gewerbe /26/.....	36
Tabelle 35: Aufkommen organischer Gewerbeabfälle im Landkreis Darmstadt-Dieburg (berechnet nach /23/)	37
Tabelle 36: Potenzial Solarthermie Wohngebäude Landkreis Darmstadt-Dieburg (Berechnet nach /8/ /20/	40

Tabelle 37: technisches Potenzial für Photovoltaiknutzung im Landkreis Darmstadt-Dieburg sowie Umsetzungsabschätzung bis zum Jahr 2020 /24/	41
Tabelle 38: Übersicht über Bestand und Potenzial an Windkraftanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg /33/ /34/	47
Tabelle 39: Abschätzung des technischen Gesamtpotenzials regenerativer Energien im Landkreis Darmstadt-Dieburg	48
Tabelle 40: Gegenüberstellung des Potenzials und der bereits genutzten Anteile	49

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Tierbestand im Landkreis Darmstadt-Dieburg	28
Abb. 2: Bestandsgrößenstruktur im Landkreis Darmstadt-Dieburg und Abschätzung der Verfügbarkeit von Gülle, Jauche, Festmist für die energetische Nutzung	29
Abb. 3: Modellhafte Bebauung potenzielle Energiepflanzenfläche (rund 4.300 ha)	33
Abb. 4: Mittlere Globalstrahlung in Hessen und im Landkreis Darmstadt-Dieburg /18/	39
Abb. 5: Hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung für die Errichtung von Erdwärmesonden im Landkreis Darmstadt-Dieburg /15/	42
Abb. 6: Temperaturverteilung in 1.000 m und 2.000 m Tiefe in Hessen und dem Landkreis Darmstadt-Dieburg /16/	43
Abb. 7: Windkraftnutzungseignung im Landkreis Darmstadt-Dieburg, ermittelt in 80 m Höhe über Grund /12/	44
Abb. 8: Windenergienutzung: Bestandsflächen sowie Vorranggebiete laut Entwurf des Regionalplans 2007, verändert nach /33/	46
Abb. 9: Bereits genutztes und verbleibendes Energiepotenzial unterschiedlicher Stoffströme im Landkreis Darmstadt-Dieburg	51
Abb. 10: Künftige Bevölkerungsentwicklung im Landkreis Darmstadt-Dieburg im Vergleich zum Regierungsbezirk Darmstadt und dem Land Hessen (Hessen Agentur, 2007)	52
Abb. 11: erwartete Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Landkreis Darmstadt-Dieburg bis zum Jahr 2020 (verändert nach /3/ /4/ /19/)	53

GLOSSAR

BHKW	Blockheizkraftwerk
CO ₂	Kohlendioxid
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
el.	elektrisch
FM	Frischmasse
GV	Großvieheinheit
ha	Hektar (10.000 m ²)
HHS	Holzhackschnitzel
KUP	Kurzumtriebsplantage
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
NawaRo	nachwachsende Rohstoffe
MW	Megawatt (1.000 Kilowatt)
MWh	Megawattstunde (1.000 kWh)
oTM	organische Trockenmasse
TM	Trockenmasse
th.	Thermisch
WG	Wassergehalt

1 Hintergrund

Der Landkreis Darmstadt-Dieburg hat durch eine Vielzahl eigener Vorhaben und durch Aktivitäten von privater und gewerblicher Seite eine Vorreiterrolle bei der Erzeugung und Nutzung regenerativer Energien sowie bei der stofflichen Nutzung von Biomasse übernommen.

Ein weiterer zügiger Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien wird angestrebt. Dabei sind neben eigenen Aktivitäten die Koordination durch die Verwaltung des Landkreises und die Bereitstellung entsprechender öffentlicher Infrastruktur von besonderer Bedeutung. Darüber hinaus schaffen die Gremien des Kreises geeignete regionalpolitische Rahmenbedingungen für den zügigen Ausbau erneuerbarer Energien.

Grundlage dieser Aktivitäten muss eine verlässliche Datenbasis sein, bestehend aus:

- dem aktuellen Energiebedarf des Landkreis Darmstadt-Dieburg
- der aktuellen Erzeugung regenerativer Energie
- den Potenzialen für den Einsatz erneuerbarer Energien im Landkreis Darmstadt-Dieburg
- dem zukünftig zu erwartenden Energiebedarf im Landkreis Darmstadt-Dieburg
- ambitionierten, aber realistischen Ausbauszenarien für erneuerbare Energien im Landkreis Darmstadt-Dieburg.

Die ermittelten Daten beziehen sich soweit nicht anders ausgewiesen auf das Jahresende 2008. Für den Bereich der regenerativen Energieerzeugung konnten Aktualisierungen bis Mitte bzw. Ende 2009 eingearbeitet werden. Im Wesentlichen wurden die Daten aus unterschiedlichsten Quellen, die in den jeweiligen Kapiteln benannt werden, erhoben und standardisiert. Auf zwei Akteurskonferenzen im Landkreis mit einem breiten Spektrum an Fachleuten der betroffenen Disziplinen wurden der Ergebnisstand und die Erhebungsmethodik vorgestellt, intensiv diskutiert und wo erforderlich angepasst.

2 Aktueller (2008) Energieverbrauch des Landkreises Darmstadt-Dieburg

Im Folgenden werden Daten für die Bereiche Strom-, Wärme- und Kraftstoffverbrauch im Landkreis Darmstadt-Dieburg dargestellt. Neben dem gewerblichen und privaten Verbrauch wird der Bedarf, der dem Einflussbereich des Landkreises (Kraftstoffverbrauch der Fahrzeugflotte und des ÖPNV, Wärme- und Strombedarf kreiseigener Gebäude) unterliegt, gesondert ermittelt und dargestellt.

2.1 Stromverbrauch

Die HEAG Süd Hessische Energie AG (HSE) mit dem Stromnetzbetreiber Rhein-Main-Neckar GmbH & Co. KG ist das regionale Energieversorgungsunternehmen für den überwiegenden Teil des Landkreis Darmstadt-Dieburg. Lediglich die beiden Kommunen Bickenbach und Alsbach-Hähnlein sind dem Stromnetz der Gruppen-Gas- und Elektrizitätswerk Bergstraße AG (GGEW) zugeordnet.

Nach Angaben der HSE und der GGEW belief sich in 2008 die Gesamtstromabnahmemenge im Landkreisgebiet auf rund 1.250 GWh/a. Als statistischer Vergleichswert ergibt sich daraus ein Verbrauchswert von 4,32 MWh je Einwohner und Jahr. Hessenweit liegt dieser Wert bei 6,6 MWh pro Einwohner. Den Privathaushalten wurde dabei mit rund 425.400 MWh rund 35 % des Strombedarfs zugeordnet, wie Tabelle 1 zeigt. Zur Ermittlung dieses Anteils wurden für die einzelnen Haushaltsgrößen durchschnittliche statistische Verbrauchswerte zu Grunde gelegt und mit der Haushaltsstruktur im Landkreis Darmstadt-Dieburg verrechnet. Die verbleibenden 65 % des Strombedarfs werden dem Bedarf der Gewerbe- und Industriebetriebe sowie den öffentlichen Einrichtungen zugeordnet.

Der Strombedarf in privaten Haushalten umfasst den Verbrauch für Kühl- und Gefriergeräte, Kleingeräte für Haushalt und Pflege, Beleuchtung, Gargeräte, Unterhaltungselektronik und Computer, Wäschetrockner, Waschmaschinen und Geschirrspülautomaten. Der Stromverbrauch für Heizanlagen und Warmwasserbereitung ist pauschal berücksichtigt.

Tabelle 1: Stromverbrauch privater Haushalte im Landkreis Darmstadt-Dieburg /7/ /22/

Haushaltsgrößen	Anteile	Anzahl	Stromverbrauch [MWh/a]
Singlehaushalte	29%	40.060	84.700
2-Personen HH	39%	53.870	150.900
3-Personen HH	15%	20.720	83.300
4-Personen HH	13%	17.960	79.400
5-Personen HH u. mehr	4%	5.530	27.100
Summe	100%	138.130	425.400

Der Stromverbrauch der Gewerbebetriebe umfasste im Jahr 2009 rund 804.000 MWh, wobei gut 70 % davon auf das verarbeitende Gewerbe entfallen (Tabelle 9). Weitere Ausführungen sind in Kapitel 2.2.5 zu finden.

Der Stromverbrauch in den kreiseigenen Verwaltungsgebäuden incl. der Kompostanlagen des Da-Di-Werkes betrug im Jahr 2008 rund 5.800 MWh, entsprechend rund 0,5 % des Gesamtstromverbrauchs im Kreis. Für die Versorgung der Schulgebäude wurden rund 5.800 MWh an Strom benötigt.

Tabelle 2: Stromverbrauchsdaten kreiseigener Verwaltungsgebäude und Schulen im Landkreis Darmstadt-Dieburg (2008)

Stromverbrauch 2008	
	[MWh]
Kreishaus Darmstadt	4.970
Kreishaus Dieburg u. Aussenstellen	270
Da-Di-Werk Umweltmanagement	550
Schulgebäude	5.800
Summe	11.590

Auf kommunale Einrichtungen wie Bürgerhäuser, Rathäuser, Schwimmbäder und Kindergärten entfallen rund 6.100 MWh/a (Kapitel 2.2.3; Tabelle 7).

2.2 Wärmeverbrauch

Der Wärmeverbrauch des Landkreises Darmstadt-Dieburg ist, im Gegensatz zum Gesamtstromverbrauch, nicht durch einen Lieferanten im Kreis dokumentiert und muss für die unterschiedlichen Verbraucher (Privathaushalte, Gewerbe, kreiseigene und öffentliche Gebäude) jeweils gesondert ermittelt werden.

2.2.1 Wohngebäude

Den Berechnungen zur Ermittlung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte (HH) im Landkreis Darmstadt-Dieburg liegen statistische Daten des Hessischen Landesamtes für Statistik sowie Erfahrungswerte der Arbeitsgemeinschaft zugrunde. Die mittlere Haushaltsgröße in Hessen liegt bei 2,09 Personen, die rund 288.700 Einwohner des Landkreises Darmstadt-Dieburg verteilen sich somit auf rund 138.000 Haushalte, wie bereits in Tabelle 1 dargestellt wurde. Der Landkreis verfügt über knapp 70.000 Wohngebäude, davon sind 60 % als Einfamilienhäuser errichtet, 27 % sind Zweifamilienhäuser und die restlichen 13 % gehören zur Mehrfamilienhausbebauung (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Bebauungsstruktur im Landkreis Darmstadt-Dieburg /21/

Bebauungsstruktur	Anzahl (gerundet)	Fläche je Gebäude (gemittelt m²)	Personen je Gebäude (gemittelt)
Einfamilienhausbebauung	42.000	130	2,6
Zweifamilienhausbebauung	18.700	190	5
Mehrfamilienhausbebauung	8.900	390	10
Summe	69.600		

Da zum Alter und Zustand des Gebäudebestandes keine Daten vorliegen, wurden bei den Berechnungen Erfahrungs- und statistische Werte in Ansatz gebracht (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Energetische Bewertung der Gebäudesubstanz der Wohnbebauung im Landkreis Darmstadt-Dieburg (nach /37/)

Gebäudesubstanz	Einfam. Haus	Zweifam. Haus	Mehrfam. Haus
Altbau schlecht	5%	5%	0%
Altbau Standard	10%	10%	10%
Altbau teilw. verbessert	20%	20%	20%
Altbau weitgeh. verbessert	25%	25%	20%
Neubau 80/90 Jahre	25%	25%	40%
Neubau nach EnEV	10%	10%	10%
Niedrigenergiehaus	3%	3%	0%
3-Liter-Haus	2%	2%	0%
Passiv-Haus	0%	0%	0%
Summe	100%	100%	100%

Der Schwerpunkt der Gebäudesubstanz liegt demnach im Bereich Einzelhausbebauung (rd. 42.000 Gebäude), Altbau teilweise bzw. weitgehenden verbessert (45 %) und Neubau 80er/90er Jahre (25 %) gefolgt von Zweifamilienhausbebauung (rd. 18.700 Gebäude) mit den gleichen Annahmen zur Gebäudesubstanz. Mehrfamilienhausbebauung nimmt mit rd. 8.900 Gebäuden eine untergeordnete Rolle ein, wobei der Schwerpunkt auf den Bereich der Neubauten 80er/90er Jahre gelegt wurde (40 %), gefolgt von Altbau teilweise bzw. weitgehend verbessert mit jeweils 20 %.

Für die Warmwasserbereitung werden durchschnittlich 1.100 kWh je Person und Jahr kalkuliert, so dass sich hierfür ein jährlicher Gesamtbedarf von rund 318.000 MWh/a ergibt. Damit liegt der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung je nach Bausubstanz und Gebäudetyp zwischen 5 und 40 % des Gesamtbedarfs für die Wärmebereitstellung. Auch diese Zahl verdeutlicht die enormen Unterschiede für den Energiebedarf zur Wärmebereitstellung der verschiedenen Gebäudesubstanzen, die zwischen der Kategorie „Altbau schlecht“ und „Passivhaus“ um den Faktor 10 variieren.

Für die privaten Haushalte im Landkreis Darmstadt-Dieburg wurde ein jährlicher Energiebedarf für die Heizung der Wohngebäude und die Bereitstellung von Warmwasser von rd. 2.837.000 MWh errechnet (vgl. Tabelle 5). 43 % des Energiebedarfs für die Wärmebereitstellung entfallen mit rd. 1.200.000 MWh/a auf die Einfamilienhausbebauung, 33 % bzw. rd. 900.000 MWh/a werden in der Zweifamilienhausbebauung benötigt und 24 % bzw. rd. 675.000 MWh/a entfallen auf die Mehrfamilienhausbebauung.

Tabelle 5: Wärmeverbrauch der privaten Haushalte im Landkreis Darmstadt-Dieburg, gestaffelt nach Gebäudesubstanz und –größe (nach /37/)

Energiebedarf Gebäudekategorie	Einfam. Haus [MWh/a]	Zweifam. Haus [MWh/a]	Mehrfam. Haus [MWh/a]
Altbau schlecht	111.300	84.200	-
Altbau Standard	180.600	136.600	104.700
Altbau teilw. verbessert	277.100	209.500	161.400
Altbau weitgeh. verbessert	293.900	219.800	136.600
Neubau 80/90 Jahre	241.400	182.400	277.100
Neubau nach EnEV	75.600	56.100	45.200
Niedrigenergiehaus	16.400	12.300	-
3-Liter-Haus	8.000	6.000	-
Passiv-Haus	300	300	-
Summe	1.204.600	907.200	725.000
Gesamtsumme		2.837.000	

2.2.2 Kreiseigene Gebäude

Die Wärmeverbrauchsdaten der kreiseigenen Verwaltungsgebäude und Schulen sind den Dokumentationen des Landkreis Darmstadt-Dieburg zu entnehmen. Im Jahr 2008 wurden mit gut 58.000 MWh in diesen Gebäuden etwa 1,4 % des gesamten Wärmeverbrauchs im Landkreis benötigt (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Wärmeverbrauchsdaten kreiseigener Verwaltungsgebäude und Schulen im Landkreis Darmstadt-Dieburg (2008)

Wärmeverbrauch 2008	
	[MWh]
Kreishaus Darmstadt	2.770
Kreishaus Dieburg u. Aussenstellen	1.040
Da-Di-Werk Umweltmanagement	140
Schulgebäude	53.900
Summe	57.850

Die Wärmebereitstellung erfolgt aus einem Brennstoffmix aus fossilen Brennstoffen, Holzhackschnitzeln und Pellets. In den Schulgebäuden werden bereits 9 % des Wärmebedarfs mit den regenerativen Holzbrennstoffen gedeckt. Aktuell sind 11 größere Holzhackschnitzel- bzw. Holzpelletfeuerungen in Schulgebäuden realisiert.

2.2.3 Kommunale Einrichtungen

Nach Angaben des Landkreis Darmstadt-Dieburg gibt es im Landkreisgebiet rund 70 Bürgerhäuser, 165 Kitas, 12 Freibäder und 6 Hallenbäder sowie 23 Rathäuser. Da für die Einrichtungen keine Einzelangaben zu Größe und baulichen Einrichtungen vorliegen,

wurde die Größe der Einrichtungen abgeschätzt bzw. gemittelt. Für die Gebäude wurde die folgende Bruttogeschossfläche bzw. Schwimmbeckenfläche in Ansatz gebracht:

Bürgerhäuser:	500 m ²
Bürgerhäuser historisch:	300 m ²
Kitas:	300 m ²
Freibäder:	1.000 m ²
Hallenbäder:	600 m ²
Rathäuser	400 m ²

Für die kommunalen Einrichtungen wurde der in Tabelle 7 dargestellte Energiebedarf berechnet. Demnach beträgt der Wärmebedarf für die kommunalen Gebäude rund 32.600 MWh pro Jahr, der Strombedarf beläuft sich auf rd. 6.100 MWh/a.

Tabelle 7: Energiebedarf zur Wärmebereitstellung und Strombedarf der kommunalen Einrichtungen im Landkreis Darmstadt-Dieburg (nach /7/ /37/)

Gebäudekategorie	Wärme- bedarf [MWh/a]	Strom- bedarf [MWh/a]	Gesamtenergie- bedarf [MWh/a]
Bürgerhäuser	4.200	600	4.800
Bürgerhäuser historisch	1.100	200	1.300
Kitas	9.900	800	10.700
Freibäder	3.400	1.100	4.500
Hallenbäder	12.200	3.100	15.300
Rathäuser	1.800	300	2.100
Summe	32.600	6.100	38.700

2.2.4 Kirchen

Der Landkreis Darmstadt-Dieburg gehört zur Propstei Starkenburg und liegt im Zuständigkeitsbereich von drei Dekanaten, wobei die Dekanate „Vorderer Odenwald“ 34 Gemeinden, „Darmstadt-Land“ 19 Gemeinden und „Bergstraße“ 6 Gemeinden stellen, somit insgesamt 59 evangelische Gemeinden.

Die katholische Kirche ist im Landkreis Darmstadt-Dieburg durch die Dekanate Darmstadt (anteilig) und Dieburg vertreten, die wiederum zum Bistum Mainz gehören. Insgesamt sind im Landkreis 25 katholische Gemeinden vorhanden.

Werden die evangelischen und katholischen Gemeinden des Landkreises aufsummiert, ergeben sich insgesamt 84 kirchliche Gemeinden. Hinzu kommen die vier Dekanatsstandorte innerhalb der Kreisgrenzen (das katholische Dekanat Darmstadt befindet sich im Stadtgebiet). Inwieweit sonstige, nicht aufgeführte Infrastrukturen (z. B. Gemeinde-

häuser, Jugendräume) eine separate Beheizung erfahren, kann im Rahmen dieser Studie nicht erhoben werden.

Konkrete Angaben zum Wärmeverbrauch waren von den Dekanaten bzw. den Regionalverwaltungen nicht zu erhalten. Da eine Befragung der Gemeinden vermieden werden sollte, wurde eine Abschätzung anhand von allgemein zugänglichen Daten vorgenommen.

Dabei fallen sehr große Verbrauchsspannen auf, die u. a. vom Baujahr/Bausubstanz der Gebäude und den jeweils vorhandenen Einrichtungen abhängen. Beispielsweise sind die Hauptverbraucher Gemeindezentrum und Kindergarten/-hort nicht in jeder Kirchengemeinde vorhanden. Es wurden somit durchschnittliche Werte zu Baugrundflächen sowie Wärmeverbrauchskennzahlen soweit ermittelbar zusammengestellt. Die Angaben stammen aus spezifischen Untersuchungen u. a. in NRW /13/ und Bayern /29/ aber auch aus dem Gebiet der evangelischen Kirche in Hessen.

Sind sämtliche Einrichtungen in durchschnittlicher Größe und Bauart vorhandenen, führt die Untersuchung aus NRW zu einem Wärmeverbrauch einer Kirchengemeinde von 405 MWh/a. Verglichen mit Verbrauchsdaten aus anderen Gemeinden erscheinen die Werte insgesamt sehr hoch.

Tabelle 8: Zusammenstellung von Praxiswerten zur Abschätzung der Wärmeverbrauchsdaten von Kirchengemeinden

Wärmebedarf von Kirchengemeinden		
	Spannbreiten	
	Grundfläche m ²	kWh/m ² *a
Gesamt	1.464 - 1.980	160 - 220
- Kirche	390 - 523	30 - 260
- Gemeindezentrum	308 - 930	51 - 273
- Pfarrhaus	68 - 200	91 - 351
- Kindergarten	460 - 565	93 - 291

Ein konkretes Beispiel ist eine Auswertung für das Dekanat Hof /29/, die zu einem durchschnittlichen Gesamtverbrauch einer Kirchengemeinde von 218 MWh/a führt. Dort ist allerdings der spezifische Verbrauch für die Kirchengebäude niedrig.

Der Berechnung für den Landkreis Darmstadt-Dieburg wird als Basis ein Wärmebedarf von 200 MWh pro Jahr und Kirchengemeinde zugrunde gelegt. Damit beziffert sich bei 88 Kirchengemeinden und Dekanaten ein Gesamtwärmeverbrauch von ca. 17.600 MWh/a.

2.2.5 Gewerbe

Über den Wärmeenergiebedarf des Gewerbes liegen kaum statistisch auswertbare Datengrundlagen vor. Während für Verwaltungs- und Bürotätigkeiten von einem Energiebedarf ausgegangen werden kann, der in etwa dem Heizungsbedarf von Privathaushalten entspricht, hängt der Energiebedarf im produzierenden Gewerbe hauptsächlich von Art

und Umfang der Tätigkeit im jeweiligen Betrieb ab. Auch innerhalb einer Branche sind Einzeldaten nicht ohne weiteres auf vergleichbare Betriebe zu übertragen. Zur Abschätzung des Wärmeenergiebedarfs im Gewerbe wurden deshalb unterschiedliche Datengrundlagen miteinander abgeglichen.

Der Energiebedarf für die Bereitstellung von Wärme und Strom für das verarbeitende Gewerbe im Landkreis Darmstadt-Dieburg wurde auf Basis von Angaben des Hessischen Statistischen Landesamtes berechnet. Zur Ergänzung wurden Branchendaten aus anderen Erhebungen des Auftragnehmers herangezogen. Der Wärmebedarf beläuft sich auf rd. 730.000 MWh pro Jahr, der Strombedarf beträgt rd. 580.000 MWh/a.

Neben dem verarbeitenden Gewerbe befinden sich im Landkreis Darmstadt-Dieburg 13 sonstige Gewerbebranchen. Die Daten über Anzahl und Größe der Betriebe sind auf der Basis von Angaben des Hessischen Statistischen Landesamtes berechnet. Für Berechnungen des Wärmebedarfs dieser sonstigen Gewerbebranchen wurden neben Daten, die dem Auftragnehmer aus eigenen Erhebungen vorliegen, Ergebnisse aus Erhebungen des Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, der TU München, der GfK Marketing Services GmbH & Co. KG sowie Energiekennzahlen aus der Schweizer Hotellerie zugrunde gelegt. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 9 zusammenfassend dargestellt.

Den Schwerpunkt im sonstigen Gewerbe bildet die Branche Handel (Groß- und Einzelhandel) inklusive der Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen, gefolgt von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen.

Tabelle 9: Anzahl und Größe der Gewerbebranchen im Landkreis Darmstadt-Dieburg und deren Energiebedarf (Berechnungen auf Basis von /20/)

	Gewerbebetriebe		Energiebedarf			
	insgesamt		Strom	Wärme	Gesamt	
	Betriebe	Beschäftigte	MWh/a	MWh/a	MWh/a	
Verarbeitendes Gewerbe (gesamt)	13.412	14.800	579.000	730.000	1.309.600	
sonstige Gewerbebetriebe	<i>Baugewerbe</i>	1.330	4.400	4.800	19.200	24.000
	<i>Handel; Instandhaltung, Reparatur Kfz</i>	2.850	17.300	87.600	169.200	256.800
	<i>Verkehr und Lagerei</i>	470	3.200	6.500	11.200	17.700
	<i>Gastgewerbe</i>	860	1.300	6.400	27.500	33.900
	<i>Information und Kommunikation</i>	620	3.700	13.000	21.700	34.700
	<i>Finanz- und Versicherungsdienstleistungen</i>	340	4.200	12.800	29.500	42.300
	<i>Grundstücks- und Wohnungswesen</i>	1.072	4.340	15.600	45.800	61.300
	<i>Freiberufl., Wissenschaftl. Techn. Dienstleistungen</i>	1.890	6.200	22.400	65.600	88.000
	<i>Sonstigen Wirtschaftl. Dienstleistungen</i>	630	3.300	12.100	35.400	47.500
	<i>Erziehung und Unterricht</i>	290	1.500	3.700	20.400	24.100
	<i>Gesundheits- und Sozialwesen</i>	660	5.400	13.300	37.900	51.200
	<i>Kunst, Unterhaltung und Erholung</i>	90	300	1.900	3.200	5.100
	<i>Erbringung von sonstigen Dienstleistungen</i>	1.060	2.000	24.500	18.000	42.500
Summe Sonstige Gewerbebetriebe	12.162	57.140	224.500	504.500	728.900	
Summe	25.574	71.940	804.100	1.234.500	2.038.500	

Für die sonstigen Gewerbebetriebe konnte ein Wärmebedarf von insgesamt 504.500 MWh pro Jahr ermittelt werden, der Strombedarf beläuft sich auf rd. 224.500 MWh jährlich.

2.3 Kraftstoffverbrauch

Prinzipiell ist der Verbrauch an Kraftstoffen einem Landkreis nicht eindeutig zuzurechnen, da sowohl der private Kfz-Verkehr als auch die öffentlichen Verkehrsmittel „grenzüberschreitend“ eingesetzt werden. Auch die Versorgung der Fahrzeuge erfolgt häufig außerhalb des Landkreises. Um eine Zuordnung zu ermöglichen, wurden deshalb alle im Landkreis Darmstadt-Dieburg zugelassenen Fahrzeuge erfasst, die Ende 2009 privat oder gewerblich genutzt bzw. im öffentlichen Nahverkehr eingesetzt wurden. Der Treibstoffverbrauch für die einzelnen Fahrzeugklassen wurde jeweils abgeschätzt. Die von der Darmstadt-Dieburger Nahverkehrsorganisation (DADINA) betriebene Straßenbahn, die zwischen Alsbach-Hähnlein und Darmstadt verkehrt, wurde nicht gesondert erfasst, da sie elektrisch betrieben wird. Eine Zusammenstellung der ermittelten Daten ist Tabelle 10 zu entnehmen.

Tabelle 10: Kraftstoff-Verbrauchsdaten für den Kfz-Bestand im Landkreis Darmstadt-Dieburg (2009) (nach /31/ /30/)

Fahrzeugart	Bestand	Verbrauch [l]
PKW-ges.	162.892	190.580.000
davon PKW-Benzin	120.377	140.840.000
davon PKW-Diesel	41.700	48.790.000
davon PKW-Sonstige	815	950.000
Krafträder	16.244	2.290.000
Mofas, Mopeds, Trikes, Quads etc.	9.376	430.000
LKW	8.553	46.190.000
LKW-Zugmaschinen	407	11.720.000
KOM (Kraftomnibus)	130	2.260.000
landw. Schlepper, sonst. Zugm.	5.019	2.500.000
SFZ/Arbeitsmaschinen	2.169	5.350.000
davon Da-Di-Werk Umwelt	15 *	159.500
Summe	204.790	261.320.000

Insgesamt sind rund 162.900 Personenkraftwagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg gemeldet, davon sind knapp ein Viertel Dieselfahrzeuge und gut drei Viertel Benzinfahrzeuge. Ebenfalls dem Personentransport dienen die rund 16.200 Krafträder und rund 9.000 Mofas und Mopeds, wobei die letztgenannten keine Zulassung im Landkreis (nur Versicherungskennzeichen) besitzen. Dieser Sparte wurden auch die etwas über 350 Quads bzw. Trikes zugeordnet. Zudem sind über 8.500 Lkw und rund 400 Lkw-Zugmaschinen im Landkreis zugelassen.

Bei den im Landkreis gemeldeten Schleppern ist davon auszugehen, dass nicht alle im Besitz der landwirtschaftlichen Betriebe sind, sondern auch von Privatpersonen für Transportaufgaben z. B. bei der Brennholzwerbung eingesetzt werden. Unter der Rubrik Sonderfahrzeuge / Arbeitsmaschinen werden die im Hoch- und Tiefbau sowie Straßenbau benötigten Maschinen (z. B. Baukräne, Planiertrauen etc.) zusammengefasst sowie weitere Arbeitsfahrzeuge wie z. B. Deponiefahrzeuge (Kompaktoren), Gabelstapler, Radlader etc. geführt.

Die Zahl der gemeldeten Kraftomnibusse im Landkreis ist mit 130 vergleichsweise gering. Es kann davon ausgegangen werden, dass vor allem im Bereich des öffentlichen Nahverkehrs Busse aus der Stadt Darmstadt, die dort zugelassen sind, auch im Landkreis Darmstadt-Dieburg eingesetzt werden.

Die Fahrzeuge der Kreisverwaltung und des Da-Di-Werkes werden meist für den Personentransport benötigt, einige auch als Nutzfahrzeuge bzw. Arbeitsmaschinen. Bei einem Teil der PKW handelt es sich um Modelle, die mit besonders umweltschonenden Antriebsaggregaten ausgestattet sind (EcoFlex-Motoren, Elektroantrieb). Mit den im Bereich der Kreisverwaltung und des Da-Di-Werkes eingesetzten, zugelassenen Kraftfahrzeugen werden nach vorliegendem Datenbestand jährlich rd. 45.000 l Treibstoff verbraucht. Hinzu kommen noch die Treibstoffverbräuche von Fahrzeugen, die im Landkreis ohne eine reguläre Zulassung betrieben werden, da sie nicht am öffentlichen Verkehr teilnehmen (z. B. Arbeitsmaschinen im Bereich der Abfallwirtschaft).

Insgesamt beläuft sich der Kraftstoffverbrauch im Landkreis Darmstadt-Dieburg auf etwas über 261 Mio. l Treibstoff. Diese Kraftstoffmenge entspricht einem jährlichen Energiebedarf von rund 2,61 Mio. MWh.

2.4 Gesamtverbrauch

Die folgende Tabelle 11 gibt eine Übersicht über den Energieverbrauch im Landkreis Darmstadt-Dieburg im Jahr 2008 und den Anteil der unterschiedlichen Verbraucher daran. Insgesamt lag der Energieverbrauch im Landkreis Darmstadt-Dieburg im Jahr 2008 bei etwas über 8 Mio. MWh. Davon werden gut 15 % in Form von Strom benötigt, knapp 52 % in Form von Wärmeenergie und knapp 33 % als Kraftstoff. Der Wärme- und Stromverbrauch in den privaten Haushalten liegt bei rund 40 % des Gesamtenergiebedarfs, die Gewerbebetriebe benötigen etwa 25 % der Gesamtenergiemenge zur Deckung ihres Wärme- und Strombedarfs.

Die Verteilung des Energiebedarfs auf die Sektoren Strom, Wärme und Kraftstoff (ohne Flugverkehr) entspricht in der Größenordnung dem hessischen Trend. Allerdings ist hessenweit der Anteil des Stromverbrauchs mit 22 % im Vergleich zum Landkreis Darmstadt-Dieburg etwas höher, während der Kraftstoffverbrauch mit 30 % ebenso wie der Wärmeverbrauch mit 48 % etwas niedriger liegt. Diese Verschiebung kann u. a. darauf zurückgeführt werden, dass im Landkreis Darmstadt-Dieburg verhältnismäßig wenige Betriebe des produzierenden Gewerbes angesiedelt sind, die je nach Branche (Kunststoffverarbeitung, Galvanisierung, Metallbearbeitung und -formung) sehr hohe Stromverbräuche aufweisen. Zudem ist davon auszugehen, dass der Anteil der Arbeitnehmer, die als Auspendler im Ballungsgebiet Rhein-Main tätig sind und ihren Arbeitsweg mit dem Pkw zurücklegen, verhältnismäßig hoch ist.

Tabelle 11: Gesamtenergieverbrauch im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Bezugsjahr 2008)

Energiebedarf Landkreis Darmstadt-Dieburg		Verbrauch [MWh/a]	Verbrauch [%]
Strom	Gesamtstromverbrauch	1.246.600	15,5%
	- kreiseigene Gebäude	5.800	0,1%
	- Schulen	5.800	0,1%
	- kommunale Gebäude	6.100	0,1%
	- Wohngebäude (durchschnittlich)	425.400	5,3%
	- verarbeitendes Gewerbe	579.000	7,2%
	- sonstige Gewerbebetriebe	224.500	2,8%
Wärme	Wärmebedarf	4.179.500	52,0%
	- kreiseigene Gebäude	3.900	0,0%
	- Schulen	53.900	0,7%
	- kommunale Gebäude	32.600	0,4%
	- Kirchengemeinden, Pfarreien	17.600	0,2%
	- Privathaushalte / Wohngebäude - Heizung	2.519.400	31,3%
	- Privathaushalte / Wohngebäude - Warmwasserbereitung	317.600	4,0%
	- verarbeitendes Gewerbe	730.000	9,1%
- sonstige Gewerbebetriebe	504.500	6,3%	
Verkehr	Verkehr	2.613.200	32,5%
	- PKW (Benzin)	1.417.900	17,6%
	- PKW (Diesel)	487.900	6,1%
	- Kraftomnibusse (KOM)	22.600	0,3%
	- übrige (LKW, Krafträder etc.)	684.800	8,5%
Summe		8.039.300	100%

3 Aktuelle (2008) Produktion erneuerbarer Energien im Landkreis Darmstadt-Dieburg

Der Landkreis Darmstadt-Dieburg deckt bereits Teile seines Energiebedarfs aus regenerativen Quellen. Im Rahmen dieser Studie wird der Beitrag der unterschiedlichen regenerativen Energieerzeugungstechniken quantifiziert. Betrachtet werden die Bereiche Photovoltaik, Solarthermie, Geothermie, Windkraft, Wasserkraft, Holzheizungen, Biogas und Biokraftstoffe im Landkreis Darmstadt-Dieburg. Besondere Beachtung wird dabei den Daten zur Energieproduktion durch Einrichtungen des Landkreises geschenkt. Der Import und Export von Bioenergieträgern (z. B. Pellets oder Biokraftstoffe) über die Grenzen des Landkreises wird nicht bilanziert, es werden die im Landkreis erzeugten Bioenergiemengen betrachtet.

In den Bereich der Bioenergieerzeugung fallen sowohl Festbrennstoffe (Scheitholz und sonstige Holzbrennstoffe, Stroh etc.) als auch Substrate zur Biogasgewinnung wie Gülle, Bioabfälle oder Energiepflanzen.

3.1 Biogene Festbrennstoffe

3.1.1 Große Biomasseheizungen

Neben den 11 kreiseigenen Holzhackschnitzel- bzw. Holzpelletfeuerungen an Schulen sind noch 8 weitere größere Holzfeuerungsanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg bekannt, die auf der Basis von Waldholz betrieben werden. Zudem betreibt die Firma Resopal in Groß-Umstadt eine Biomassefeuerung auf Basis von Produktionsresten (vgl. Tabelle 12). Die Gesamtleistung der installierten Anlagen liegt bei rund 6.000 kW, die eine geschätzte Wärmemenge von etwa 23.000 MWh jährlich erzeugen.

Tabelle 12: Größere Holzfeuerungsanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Dez. 2009)

		Brennstoff	Leistung [kW]	Wärme- menge [MWh/a]
Schulen / Kreiseigene Liegensch.	Babenhause n Schule im Kirchgarten	HHS	300	660
	Babenhause n Bachwiesenschule	Pellet	100	180
	Babenhause n Markwaldschule	Pellet	56	100
	Dieburg Landrat-Gruber-Schule	Pellet	50	90
	Groß-Umstadt Alte Schule Dorndiel	Pellet	25	50
	Groß-Umstadt Wiebelsbacher Schule	Pellet	35	60
	Modautal Modautalschule	Pellet	300	540
	Mühltal Frankensteinschule	Pellet	85	150
	Münster Schule auf der Aue	HHS	500	1.100
	Pfungstadt AWS, Nahwärme, u.a. Hahner Schule	HHS	820	1.800
	Weiterstadt Schloßschule	Pellet	120	220
	sonstige Liegenschaften	Alsbach-Hähnlein , Sport- und Kulturhalle, 5 weiter Gebäude sind angeschlossen	HHS	220
Babenhause n Altersheim Bethesda		HHS	300	660
Bickenbach		Pellet/HHS	78	140
Groß-Umstadt Altes Rathaus Heubach (städtisch)		Pellet	32	60
Groß-Umstadt		HHS	105	230
Otzberg Heydenmühle		HHS	220	600
Seeheim-Jugenheim Krankenhaus Jugenheim		Pellet/HHS	50	90
Seeheim-Jugenheim Hotel Malchen		Pellet/HHS	60	110
	Groß-Umstadt Resopal	prod.Reste	2.600	15.600
Summe			6.060	22.920

3.1.2 Biomasseheizungen private Haushalte

In privaten Haushalten im Landkreis Darmstadt-Dieburg sind nach Angaben des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Bafa) /5/ bis zum Dezember 2009 insgesamt 616 zentrale Holzfeuerungsanlagen mit einer Leistung zwischen 8–100 kW gefördert worden, die eine Gesamtleistung von rund 13.100 kW vorweisen (vgl. Tabelle 13). Von diesen Anlagen werden 478 mit Pellets, 127 mit Scheitholz und 11 mit Holzhackschnitzeln befeuert. Insgesamt wird über den Betrieb der durch das Bafa geförderten Holzzentralheizungen eine abgeschätzte Wärmemenge von rund 21.500 MWh/a erzeugt.

Viele private Haushalte besitzen neben einer Zentralheizung Scheitholzöfen. Die hier erzeugte Menge an Bioenergie wurde 2009 mit Hilfe der Schornsteinfeger repräsentativ ermittelt und auf der Basis statistischer Berechnungen auf die hessischen Landkreise übertragen /27/. Die Berechnungen zeigen für den Landkreis Darmstadt-Dieburg, dass sich die hier erzeugte Wärmemenge im Winter 2008/09 auf rund 159.000 MWh/a belief. Gegenüber der Erhebung aus dem Jahr 2004, die rund 111.000 MWh/a auswies, bedeutet dies einen deutlichen Anstieg. Teilweise kann dieser Anstieg darauf zurückgeführt

werden, dass in den vergangenen Jahren insbesondere von Privathaushalten, die ihr Eigenheim bisher mit einer (modernen) Zentralheizung durch Erdgas oder Mineralöl beheizt haben, die Möglichkeit der Zusatzheizung mit Holz durch den Einbau eines Kaminofens genutzt wurde. In stark ländlich geprägten Landkreisen Hessens, die traditionell eine hohe Holznutzung aufweisen, konnte ein derartiger Anstieg nicht beobachtet werden. Durch Verbesserungen in der Heiztechnik und der Wärmedämmung wurde dort teilweise sogar ein leichter Rückgang des Holzverbrauchs festgestellt.

Tabelle 13: Energieerzeugung mit zentralen Holzfeuerungsanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg, Stand Dezember 2009 /5/

	Anzahl	Leistung [kW]	Energie [MWh/a]
Alsbach-Hähnlein	12	165	300
Babenhäusen	34	706	1.130
Bickenbach	9	160	250
Dieburg, Stadt	21	378	670
Eppertshausen	9	141	240
Erzhausen	5	96	150
Fischbachtal	24	566	860
Griesheim	15	260	430
Groß-Bieberau	17	464	720
Groß-Umstadt	93	2.122	3.480
Groß-Zimmern	15	331	540
Messel	5	132	190
Modautal	29	714	1.060
Mühltal	35	804	1.370
Münster	31	698	1.140
Ober-Ramstadt	38	787	1.240
Otzberg	48	1.096	1.810
Pfungstadt	23	494	860
Reinheim	50	919	1.610
Roßdorf	19	370	590
Schaafheim	37	738	1.200
Seeheim-Jugenheim	30	648	1.100
Weiterstadt	17	302	520
Summe	616	13.092	21.460

3.1.3 Anlagen zur energetischen Nutzung biogener Anteile des Abfalls

Die im Landkreis Darmstadt-Dieburg 2008 separat erfassten biogenen Abfälle wie Bioabfall (42.895 t) und Grünabfall (13.553 t) werden überwiegend in kreiseigenen Anlagen der Kompostierung zugeführt. 9.066 t der Grünabfälle werden an externe Verwerter abgegeben; der größte Teil davon (5.730 t) wird im Entsorgungsbetrieb Mutterstadt aufbereitet und davon ca. 30 - 40% (ca. 2.000 t) einer energetischen Nutzung im Biomasseheizkraftwerk zugeführt. Die Siebreste werden z. T. im MHKW Darmstadt (128 t) beseitigt und im Biomassekraftwerk Fechenheim (2.647 t) energetisch genutzt /33/.

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg werden jährlich rd. 23.000 t Hausmüll sowie 11.300 t Sperrmüll erfasst und, bis auf 2.260 t Sperrmüll, die stofflich verwertet werden, im MHKW Darmstadt (ZAS) behandelt. Deutschlandweit geht das BMU (2009) davon aus, dass der

regenerative Anteil (Holz, Papier, Leder etc.) am Rest- und Sperrmüll der privaten Haushalte als Quelle für 50 % der aus dem Abfall erzeugten Energie anzurechnen ist. Aus den über das MHKW Darmstadt verfügbaren Angaben zur verwerteten Restabfallmenge mit dem dort veranschlagten Heizwert sowie Angaben zur Dampferzeugung ist abzuleiten, dass unter optimierten Wärmenutzungsbedingungen jährlich rund 5.400 MWh Strom und 10.700 MWh Wärme aus dem regenerativen Anteil des Rest- und Sperrmülls erzeugt werden könnten, der aus dem Landkreis Darmstadt-Dieburg dort verwertet wird..

3.2 Biogene Gase

3.2.1 Biogas

Ende 2008 wurden im Landkreis Darmstadt-Dieburg 6 Biogasanlagen auf der Basis von Gülle und nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo) betrieben (vgl. Tabelle 14). Sie verfügen über eine elektrische Gesamtleistung von rund 1.600 kW und erzeugten im Jahr 2008 knapp 9.000 MWh Strom. Die Anlage in Babenhausen ging erst im August 2008 in Betrieb und ist deshalb nicht mit ihrer gesamten Jahreskapazität vertreten. Mit der extern nutzbaren Wärmemenge der Anlage in Griesheim werden Gebäude und Stallungen der beteiligten Landwirte beheizt.

Tabelle 14: Biogasanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg (auf Basis von /25/ /1/) Stand 2008

Biogasanlagen	Leistung [kW]	Strom- erzeugung [MWh/a]
Babenhausen	315	690
Griesheim	265	1.580
Groß-Umstadt	75	370
Groß-Zimmern (Grenze Reinheim)	500	3.990
Pfungstadt	370	1.850
Roßdorf	80	470
Summe	1.605	8.950

In Groß-Umstadt im Ortsteil Semd wird derzeit eine Biogasanlage mit einer Kapazität zur Erzeugung von 2,5 Mio. m³ Biogas jährlich errichtet, die ab Mai 2010 ihren Betrieb aufnehmen wird. Das erzeugte Biogas soll auf Erdgasqualität aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist werden.

3.2.2 Deponiegas

Die Altdeponie Pfungstadt im Landkreis Darmstadt-Dieburg wurde 1986 geschlossen und ist mittlerweile rekuliviert. Der Landkreis besitzt keine aktiven Deponiestandorte.

3.2.3 Klärgas

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg verfügen zurzeit 11 der vorhandenen 20 Kläranlagen über einen Faulurm zur Produktion von Klärgas. Davon sind 7 Anlagen mit einem BHKW

ausgestattet, welches das Klärgas zur Stromproduktion nutzt. Insgesamt ist eine Leistung von rund 425 kW installiert, mit der eine Strommenge von rund 1.160 MWh jährlich produziert wird. Nach Angaben der Klärwerksbetreiber wird nicht die gesamte Strommenge nach den Vorgaben des EEG eingespeist, so dass von den Netzbetreibern im Landkreis Darmstadt-Dieburg eine Strommenge von 325 MWh/a als Strom aus Kläranlagen ausgewiesen wird. Es ist anzunehmen, dass die Differenzmenge für die Eigenversorgung genutzt wird.

Tabelle 15: Kläranlagen mit Faulturm und Klärgasnutzung im BHKW (Stand 2008)

	EWG* [Anzahl]	BHKW Leistung [kW]	Strom- produktion [MWh/a]
Babenhäusen	36.000	90	100
Griesheim	50.000	54	197
Gross-Umstadt / Richen	35.000	50	64
Gross-Zimmern	16.500	40	80
Mühlthal / Nieder-Ramstadt	55.000	100	234
Rossdorf / Gundernhausen	20.900	42	130
Weiterstadt	30.000	50	359
Summe	243.400	426	1.160

*Einwohnergleichwert

3.3 Biokraftstoffe / flüssige Bioenergieträger

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg befindet sich keine Konversionsanlage zur Erzeugung von Biotreibstoffen. Auch dezentrale Ölmühlen zur Herstellung von Pflanzenölen sind nicht bekannt.

Im Landkreis wurden im Jahr 2007 1.608 ha Winterraps angebaut. Es ist anzunehmen, dass, wie im hessenweiten Durchschnitt, rund 5 % der Rapsernte zur Produktion von Pflanzenöl sowie weitere 65 % zur Produktion von Biodiesel verwendet werden. Bei einem landkreisspezifischen Durchschnittsertrag von 3,5 t Rapssaar je Hektar werden rund 1.500 t Biodiesel und 110 t Pflanzenöl erzeugt. Der Anbau von Pflanzen, die zur Bioethanolherzeugung genutzt werden, ist nicht bekannt.

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg wurde von der Raiffeisen-Warenzentrale Otzberg-Lengfeld eine Biodieseltankstelle betrieben. Diese Tankstelle ist jedoch aufgrund der veränderten steuerlichen Rahmenbedingungen und dem damit einhergehenden verminderten Interesse der Nutzer stillgelegt worden. Auf der Kompostierungsanlage in Semd wird ein 1.000 l-Tank für die Betankung der Betriebsfahrzeuge vorgehalten, der jedoch nicht öffentlich zugänglich ist. Somit gibt es im Kreisgebiet keine öffentlich zugänglichen Tankstellen für reine Biokraftstoffe.

Die Kraftstoffe Diesel und Benzin, die an den anderen Tankstellen im Kreisgebiet erhältlich sind, unterliegen nach dem deutschen Biokraftstoffquotengesetz der Beimischungs-

pflicht. Dieselkraftstoffen mussten 2008 demnach 4,4 % Biodiesel beigemischt werden, Ottokraftstoffen 2 % Bioethanol /14/. Diese Quoten müssen auch im Landkreis Darmstadt-Dieburg erfüllt werden. Aus Tabelle 10 lässt sich der Fahrzeugbestand sowie dessen Kraftstoffverbrauch erkennen. Im Jahr 2008 wurden deutschlandweit über 10 Gewichts-% der Dieselkraftstoffe als Biodiesel oder Pflanzenöl abgesetzt /38/. Bei den Ottokraftstoffen betrug der Anteil des Bioethanols 3 Gewichts-% /38/. Unter der Voraussetzung, dass die Verbrauchsanteile im Landkreis Darmstadt-Dieburg den deutschlandweiten Anteilen entsprechen, wurden 2008 im Gebiet 3.200 t Bioethanol sowie 9.900 t Pflanzenöl bzw. Biodiesel verbraucht.

Tabelle 16: Biokraftstoffverbrauch im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Stand 2009)

	Benzin	Diesel
Verbrauch (Liter)	143.560.000 l	116.810.000 l
Verbrauch (Tonnen)	107.300 t	97.200 t
Anteil Biokraftstoffe *	3,0%	10,2%
Verbrauch Biokraftstoffe	3.200 t	9.900 t

* Quelle: UFOP e. V. 2009

Aus den Angaben des Stromnetzbetreibers ist zu entnehmen, dass zwei Bioenergieanlagen mit einer Leistung von zusammen 12 kW im Landkreis installiert sind. Aufgrund der Leistungsangabe ist anzunehmen, dass es sich dabei um Pflanzenöl-BHKW handelt. Sie erzeugen insgesamt eine Strommenge von rund 21 MWh jährlich.

Tabelle 17: Pflanzenöl-BHKW im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Stand 2008)

Pflanzenöl-BHKW	Leistung [kW]	Strom- erzeugung [MWh/a]
Otzberg	7	11
Seeheim-Jugenheim	5	10
Summe	12	21

3.4 Weitere erneuerbare Energien

3.4.1 Solarenergie

Die Sonneneinstrahlung kann entweder über solarthermische Anlagen zur Erzeugung von Wärme (Warmwasser und Heizenergie) oder über den Einsatz von Photovoltaikanlagen zur Stromproduktion genutzt werden.

3.4.1.1 Solarthermie

Zur Ermittlung des Energieertrages aus solarthermischen Anlagen wurde die bisher insgesamt installierte Kollektorfläche im Landkreis Darmstadt-Dieburg herangezogen. Die Zusammenstellung erfolgt anhand der Förderanträge, die beim Bundesamt für Ausfuhr-

kontrolle (BafA) eingehen. Nach Angaben des Bundesverbandes Solarwirtschaft wurden lediglich für 20 % der installierten Anlagen keine Förderanträge gestellt. Hierbei handelt es sich überwiegend um Anlagen, die vor Beginn des Förderzeitraumes 2001 installiert wurden oder sehr kleine Anlagen, bei denen die Besitzer den Aufwand zur Stellung des Förderantrages höher als den Nutzen einschätzten. Bei der Berechnung einer realistischen Energiemenge wurde ein Nutzungsgrad berücksichtigt. In den ertragreichen Hochsommermonaten wird die technisch erzeugbare Wärmeenergie i. d. R. nicht vollständig benötigt. Allerdings sind thermische Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung so ausgelegt, dass sie lediglich in den Sommermonaten als alleinige Wärmequelle für die Brauchwassererwärmung ausreichend sind. In der Übergangszeit (Frühjahr und Herbst) ist eine Zuheizung nötig, die eingefangene Energie kann somit vollständig genutzt werden. In unseren Breitengraden können rund 370 kWh pro m² und Jahr für die Brauchwassererwärmung genutzt werden.

Insgesamt sind rund 3.100 Anlagen mit einer Fläche von gut 22.600 m² im Kreisgebiet installiert. Mit dieser Kollektorfläche lassen sich knapp 8.400 MWh jährlich erzeugen (vgl. Tabelle 18).

Tabelle 18: Solarthermieanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg, Stand Dez. 2009 /6/

	Kollektor- fläche [m ²]	Anlagen- anzahl	Energie- erzeugung [MWh/a]
Alsbach-Hähnlein	452	62	170
Babenhausen	1.457	177	540
Bickenbach	256	40	90
Dieburg	681	89	250
Eppertshausen	322	47	120
Erzhausen	466	65	170
Fischbachtal	217	32	80
Griesheim	807	114	300
Groß-Bieberau	381	50	140
Groß-Umstadt	1.970	269	730
Groß-Zimmern	769	108	280
Messel	217	27	80
Modautal	399	59	150
Mühltal	679	108	250
Münster	1.084	152	400
Ober-Ramstadt	756	104	280
Otzberg	820	104	300
Pfungstadt	1.116	157	410
Reinheim	1.080	150	400
Roßdorf	547	82	200
Schaafheim	1.798	237	670
Seeheim-Jugenheim	900	119	330
Weiterstadt	938	127	350
Summe gefördert	18.112	2.480	6.690
nicht gefördert	4.530	620	1.670
Summe gesamt	22.642	3.100	8.360

3.4.1.2 Photovoltaik

Nach Angaben der Stromnetzbetreiber war Ende 2008 im Landkreis Darmstadt-Dieburg eine Photovoltaikanlagenleistung von rund 20 MWp installiert, über die im Jahr 2008 rund 14.200 MWh Strom eingespeist wurde. Bis zum Ende des Jahres 2009 wurde diese Anlagenleistung um rund 45 % erweitert, die Einspeisemenge lag bei 21.000 MWh/a (vgl. Tabelle 19).

Bei einem Großteil der Anlagen handelt es sich um kleinere Einheiten, die von Privatleuten und auch Landwirten als Aufdachanlage installiert wurden. Die hohe Gesamtleistung in Griesheim ist zu knapp 70 % einem Solarpark, der als Freiflächenanlage installiert wurde, zuzurechnen. In Groß-Umstadt betreibt die Firma Resopal eine Anlage mit 850 kWp. In Weiterstadt gehören 475 kWp zu einer Freiflächenanlage im Regenwasser-rückhaltebecken, die 2009 errichtet wurde.

Tabelle 19: Installierte Leistung und Energieerzeugung durch Photovoltaikanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg 2008 /1/; zur Information dargestellt: Entwicklung 2009, hochgerechnet aus Leistungsdaten nach /15//39/

	2008		2009	
	Leistung [kWp]	Energieerzeugung [MWh/a]	Leistung [kWp]	Energieerzeugung [MWh/a]
Alsbach-Hähnlein	361	245	634	438
Babenhäuser	1.116	757	2.034	1.405
Bickenbach	391	265	676	467
Dieburg	870	590	1.244	860
Eppertshausen	169	115	332	229
Erzhausen	148	100	183	126
Fischbachtal	280	190	363	251
Griesheim	4.398	2.982	5.007	3.460
Groß-Bieberau	503	341	748	517
Groß-Umstadt	2.800	1.899	4.407	3.045
Groß-Zimmern	1.041	706	1.880	1.299
Messel	709	481	757	523
Modautal	306	207	475	328
Mühltal	434	294	617	426
Münster	744	504	1.075	743
Ober-Ramstadt	529	359	925	639
Otzberg	726	492	999	690
Pfungstadt	1.831	1.241	2.405	1.662
Reinheim	1.222	829	1.586	1.096
Roßdorf	410	278	686	474
Schaafheim	707	480	1.062	734
Seeheim-Jugenheim	406	275	685	473
Weiterstadt	777	527	1.758	1.215
Summe	20.878	14.157	30.538	21.100

3.4.2 Geothermie / Erdwärme

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg wurden bis Ende 2009 ungefähr 400 wasserrechtliche Erlaubnisverfahren für Erdsondenbohrungen für den Betrieb von Wärmepumpen durchgeführt. Die Wärmepumpenanlagen haben eine mittlere Wärmeentzugsleistung von rund 11 kW /18/.

Bei dieser installierten Gesamtentzugswärmeleistung von ca. 4.400 kW und einer durchschnittlichen Nutzungszeit von 2.000 Jahresstunden beläuft sich der Energieertrag aus oberflächennahen Geothermieranlagen auf etwa 8.800 MWh jährlich.

Im Bereich der Tiefengeothermie gibt es bislang keine Anlagen im Kreisgebiet. Teile des Kreisgebietes südlich und westlich von Darmstadt liegen jedoch in dem Bereich des Oberrheinischen Grabens, der in einer Tiefe von über 3.000 m Temperaturen zwischen 120 und 140 °C aufweist. Westlich von Darmstadt werden auch in einer Tiefe von 2.000 m noch Temperaturen von 100–110 °C gemessen /17/. Die Voraussetzungen für eine Nutzung von Energie aus Tiefengeothermie wären in diesem kleinen Teilbereich des Landkreises deshalb grundsätzlich gegeben. In welchem Umfang eine Nutzung möglich ist, kann auf Basis der bisherigen Untersuchungen in diesem Bereich nicht abschließend bewertet werden.

3.4.3 Windkraft

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg stehen zurzeit 5 Windkraftanlagen mit einer installierten Gesamtleistung von 3,8 MW. Zwei Anlagen davon stehen in Groß-Umstadt (2 MW), drei Anlagen befinden sich im Windpark „Neutscher Höhe“ wovon zwei Anlagen auf dem Gemeindegebiet Modautal stehen (1,2 MW) und eine Anlage im Gemeindegebiet Seeheim-Jugenheim (600 kW). Jeweils zwei weitere Anlagen sind für Groß-Umstadt genehmigt (je 2 MW) sowie in der Gemeinde Seeheim-Jugenheim bzw. dem Windpark „Neutscher Höhe“ (je 2 MW) beantragt. Insgesamt ist somit gegenwärtig (Stand Ende 2009) eine Leistung von 11,8 MW im Landkreis Darmstadt-Dieburg errichtet, genehmigt und beantragt.

Die im Jahr 2008 eingespeiste Strommenge aus Windenergie (5 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 3,8 MW) betrug rund 4.520 MWh.

3.4.4 Wasserkraft

In Deutschland werden Kraftwerke von weniger als 1 MW als Kleinwasserkraftanlagen bezeichnet. In der Regel handelt es sich dabei um turbinenbetriebene Kraftwerke deutlich geringerer Ausbauleistung. Die Ausbauleistungen bei Anlagen mit Wasserrädern bleiben i.d.R. unter 10 kW_{el}.

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg befinden sich ausschließlich Kleinwasserkraftanlagen. Nach Angaben des Stromnetzbetreibers gibt es insgesamt 10 Aggregate mit einer Leistung von 165 kW (vgl. Tabelle 20). In einer Datenbank des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie sind 8 Standorte verzeichnet, in denen sich diese Aggregate befinden. Die im Jahr 2008 eingespeiste Strommenge aus Wasserkraft betrug rund 290 MWh.

Tabelle 20: Wasserkraftanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg

Wasserkraft	Aggregate [Stück]	Installierte Leistung [kW]	Eingespeiste Strommenge [MWh/a]
Babenhäusen	4	95	
Groß-Bieberau	1	15	
Mühltal	2	16	
Ober-Ramstadt	3	39	
Summe	10	165	289,13

3.5 Gesamterzeugung erneuerbarer Energien

Tabelle 21 zeigt die im LK Darmstadt-Dieburg insgesamt erzeugte Menge an regenerativer Energie im Überblick.

Im Jahr 2008 wurden gut 29.000 MWh regenerativer Strom erzeugt sowie knapp 223.000 MWh Wärme. Die im Landkreis Darmstadt-Dieburg erzeugten Rohstoffe zur Biotreibstoffproduktion entsprechen einer Energiemenge von rund 14.600 MWh. Insgesamt betrug die Menge an regenerativ erzeugter Energie gut 266.000 MWh.

Mit dieser Energiemenge sind 3,3 % des Endenergiebedarfs des Landkreis Darmstadt-Dieburg abzudecken. Ohne die Berücksichtigung des Energiebedarfs durch den Verkehr und auch des Beitrags der biogenen Rohstoffe für die Kraftstoffherstellung werden 4,6 % des Energiebedarfs regenerativ erzeugt. In den kreiseigenen Gebäuden und Schulen werden bereits knapp 9 % des Heizungsbedarfs durch den Einsatz von Holz abgedeckt. In den privaten Haushalten liegt dieser Anteil bei 7 %.

Tabelle 21: Gesamterzeugung regenerativer Energie im Landkreis Darmstadt-Dieburg
 (Stand 2008/09)

Erzeugung regenerativer Energie	Erzeugung [MWh/a]	Erzeugung [%]
Strom	29.070	10,9%
> Windenergie	4.520	1,7%
> Wasserkraft	290	0,1%
> Photovoltaik	14.160	5,3%
> Biogasanlagen / Pflanzenöl-BHKW	8.940	3,4%
> Klärgas	1.160	0,4%
Wärme	222.770	83,6%
- kreiseigene Liegenschaften (regenerativ)	5.000	1,9%
> Holzhackschnitzelfeuerungen	3.600	1,4%
> Pelletheizungen	1.400	0,5%
- sonstige Liegenschaften (regenerativ)	17.970	6,7%
- reg. Gasnutzung Wärme	3.500	1,3%
- Privathaushalte / Wohngebäude	196.300	73,7%
> Holzeinsatz / Zentralheizung - automatisch beschickt	17.000	6,4%
> Holzeinsatz / Holzvergaseröfen - händisch beschickt	4.400	1,7%
> Holzeinsatz / Öfen (Scheitholz)	158.500	59,5%
> Solarthermie	8.400	3,2%
> Erdwärme	8.000	3,0%
Biokraftstoffe	14.600	5,5%
- Biodiesel / Pflanzenöl (Bereitstellung Rohstoffe)	14.600	5,5%
- Bioethanol (Bereitstellung Rohstoffe)	0	0,0%
Summe	266.440	100%

 Tabelle 22: Anteil der regenerativ erzeugten Energie am Endenergiebedarf des
 LK Darmstadt-Dieburg (Stand 2008)

Anteil regenerativer Energie am Endenergieverbrauch Landkreis Darmstadt-Dieburg	Verbrauch [MWh/a]	Erzeugung regenerativ [MWh]	Anteil reg. Energie an Verbrauch [%]
Strom	1.246.600	29.070	2,3%
Wärmebedarf	4.179.500	222.770	5,3%
davon			
- kreiseigene Gebäude / Schulen	57.800	5.000	8,7%
- Privathaushalte/Wohngebäude	2.837.000	196.300	6,9%
Verkehr	2.613.200	14.600	0,6%
Summe	8.039.300	266.440	3,3%
Summe (ohne Verkehr und Biokraftstoff)	5.426.100	251.840	4,6%

4 Technische Potenziale für die Produktion erneuerbarer Energien im Landkreis Darmstadt-Dieburg

Die realistische Ermittlung von Potenzialen zur regenerativen Energieproduktion erfordert gewisse Einschränkungen. Bei der Bestimmung des technischen Potenzials spielen neben der technischen Realisierbarkeit auch, insbesondere im Bioenergiebereich, die Nachhaltigkeit der Ressourcennutzung sowie ökologische Faktoren eine Rolle. Daneben werden wesentliche ökonomische Faktoren beachtet, eine detaillierte ökonomische Bewertung der Potenziale wird jedoch nicht vorgenommen. Da sowohl die Erlöse für land- und forstwirtschaftliche Produkte als auch die Produktionskosten starken Schwankungen unterworfen sind, erlaubt die Berücksichtigung dieser Faktoren keine Aussage über mittelfristig verfügbare regenerative Energieressourcen. Die in der vorliegenden Studie dargestellten technischen Potenziale bieten somit eine fundierte Grundlage für weitere Diskussionen und Entscheidungen im Landkreis, in wie weit die Mobilisierung dieser Potenziale unterstützt werden könnte.

Für den Landkreis Darmstadt-Dieburg werden die technischen Potenziale in den Bereichen Bioenergie (Nutzung biogener Festbrennstoffe und Biogas), Sonnenenergie (Photovoltaik und Solarthermie), Geothermie und Windkraft ermittelt. Dabei werden ausschließlich die Potenziale innerhalb der Kreisgrenzen berücksichtigt, der Im- bzw. Export von Bioenergeträgern wird nicht bilanziert. Die ermittelten Daten wurden mit den regionalen Experten in zwei Diskussionsrunden abgestimmt.

4.1 Bioenergie

Die Flächennutzungsstruktur im Landkreis Darmstadt-Dieburg ist in der folgenden Tabelle 23 dargestellt. Der Waldflächenanteil liegt leicht unter dem hessischen Durchschnitt von 40 %, der Flächenanteil der Landwirtschaft leicht darüber (Durchschnitt Hessen 42 %). Mit einem Ackerflächenanteil von über zwei Drittel der Landwirtschaftsfläche liegt der Landkreis weit über dem hessischen Durchschnitt von 55 %. Der Grünlandflächenanteil ist mit knapp 20 % dagegen eher geringer als im gesamten Bundesland mit über 30 %.

Tabelle 23: Landnutzung im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Stand 2008)

Fläche		
Wald	23.103 ha	35,1 %
Landwirtschaft	29.145 ha	44,2 %
- davon Ackerland	20.557 ha	31,2 %
- davon Dauergrünland	5.602 ha	8,5 %
Siedlungs- und Verkehrsflächen	12.156 ha	18,5 %
sonstige Flächen	1.461 ha	2,2 %
Gesamtfläche	65.865 ha	100,0 %

4.1.1 Biogene Festbrennstoffe

4.1.1.1 Holzige Biomasse

Waldholz

Knapp 90 % der Waldflächen im Landkreis werden durch die Forstämter Darmstadt und Dieburg (Hessen-Forst) betreut. Die verbleibenden Flächen befinden sich überwiegend in Privatbesitz und werden von den Eigentümern selber verwaltet. Neben höherwertigen Holzsortimenten, die weitestgehend in Form von Stamm- oder Industrieholz abgesetzt werden, wird zu einem nicht geringen Anteil auch Energieholz in Form von Brennholz bereitgestellt. Je nach Preisgefüge können allerdings auch Industriebölzer für energetische Zwecke verwendet werden. Auf Landkreisebene werden von den Forstämtern pro Jahr rd. 25.000 Kubikmeter Holz für die energetische Verwertung zur Verfügung gestellt, was einer durchschnittlichen Nutzung von 1,1 Kubikmeter pro Hektar und Jahr entspricht /25/.

Vergleichend zur derzeitig abgesetzten Menge an Energieholz dürften sich künftig noch ca. 14.000 Kubikmeter zusätzlich nutzen lassen, was einem Nutzungsgrad von 1,5 Kubikmeter Holz je Jahr und Hektar entspricht /25/. Für den Privatwald, der nicht durch Hessen-Forst betreut wird, wird von ähnlichen Größenordnungen ausgegangen. Die Mobilisierbarkeit dieses Potenzials hängt hier jedoch in besonderem Maße vom Engagement der Eigentümer ab.

Insgesamt könnte aus diesem Potenzial (insges. 39.000 m³) eine Energiemenge von knapp 85.000 MWh (bei 20 % Wassergehalt, 80 % Buche, 20 % Fichte) pro Jahr in Form von Holz bereit gestellt werden.

Sägewerksrestholz

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg befinden sich ca. 5 Sägewerke, wobei die meisten als Kleinunternehmen einzustufen sind. Da zwar genaue Zahlen über die jährlichen Durchsatzmengen der Unternehmen nicht vorliegen, ist dennoch davon auszugehen, dass gewisse Mengen an Resthölzern anfallen, die energetisch genutzt werden, z. B. für die Pellet- und Scheitholzproduktion sowie die interne Wärmebereitstellung zur Holz Trocknung. Ein großer Teil der Sägewerksresthölzer wird in der Regel stofflich genutzt, da in diesem Segment eine gewisse Absatzkontinuität gegeben ist. Auf Basis der Hochrechnungen für Hessen wird abgeschätzt, dass rund 15.000 m³ Sägewerksrestholz anfallen, wovon 30 % energetisch verwertet werden. Die hierbei bereitgestellte Energiemenge wird auf 9.000 MWh/a geschätzt, ein weiteres Potenzial ist nicht erkennbar /25/.

Landschaftspflegeholz

Im Bereich der Verkehrs- und Versorgungstrassen fallen jährlich insgesamt bis zu 900 t Frischmasse verholzte Materialien an, die energetisch genutzt werden könnten /25/. Kalkulationsgrundlage ist eine Straßenlänge von ca. 190 km mit Gehölzbestand (Wald, Feldgehölz) am Straßenrand und eine durchschnittliche jährliche Pflegelänge zwischen 30 und 40 km. Des Weiteren gibt es im Landkreis zwischen 300 und 400 km Fließgewässer, die z. T. von einem uferbegleitenden Gehölzbestand umsäumt sind. Um den Uferschutz

zu gewährleisten, werden in gewissen Zeitabständen Schnittmaßnahmen an den Beständen durchgeführt und Einzelbäume entfernt. Weiterhin werden Pflegemaßnahmen an Feldgehölzen der Offenlandschaft durchgeführt, um beispielsweise Strukturen zu erhalten, Verbuschungen zurückzudrängen oder die Befahrbarkeit von Feldwegen zu gewährleisten. Neben den anfallenden Mengen entlang der Verkehrs- und Versorgungstrassen dürften bei den genannten Pflegemaßnahmen zusätzlich ca. 1.350 t im Landkreis Darmstadt-Dieburg anfallen /40/. Aus den insgesamt 2.250 t anfallenden Schnittguts im Bereich der Offenlandschaft könnte jährlich eine Energiemenge von rd. 4.650 MWh erzeugt werden.

Kurzumtriebsplantagen

Derzeit werden im Landkreis Darmstadt-Dieburg auf 1,5 ha Ackerland schnellwachsende Hölzer angebaut. Mittelfristig und bei weiterhin steigenden Holzpreisen ist eine verstärkte Nutzung zu erwarten. Im Rahmen dieser Studie wird, analog zur Potenzialstudie Hessen, angenommen, dass mittelfristig 10 % des für den Energiepflanzenanbau verfügbaren Ackerlandes für Kurzumtriebsplantagen genutzt werden. Die Herleitung der für den Energiepflanzenanbau verfügbaren Fläche wird in Kapitel 4.1.2.1 beschrieben. Dieser Anteil von 10 % bedeutet, dass im Landkreisgebiet etwa 430 ha Fläche für den Anbau von Kurzumtriebsbäumen, in der Regel Pappeln, genutzt werden können. Von diesen Flächen können nach der Etablierung jährlich etwa 5.400 t Trockenmasse geerntet werden. Mit diesem Material kann bei einer thermischen Nutzung eine Wärmemenge von knapp 23.000 MWh erzeugt werden.

Tabelle 24: Potenziale für Anbauflächen und Energieerzeugung mit Kurzumtriebsplantagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg /25/

Kurzumtriebsplantage	
potenzielle Anbaufläche	430 ha
Ø-Zuwachs (TM)	12,5 t/ha*a
Ertrag (TM)	5.400 t/a
erzeugbare Energie	22.800 MWh

4.1.1.2 Halmartige Biomasse

Unter dem Begriff halmartige Biomasse wird das aus ein- oder mehrjährigen Nicht-Holz-Pflanzen resultierende organische Aufkommen verstanden. Halmgutbrennstoffe werden demzufolge aus saisonalem Aufwuchs oder aus Rückständen und Nebenprodukten von Feld- und Wiesenkulturen gewonnen.

Stroh

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg wird auf rund 10.900 ha Ackerfläche Getreide sowie auf 1.600 ha Raps angebaut. Neben den Getreidekörnern und Rapssaat fällt dabei auch Stroh an. Die anfallende Strohmenge wird anhand der Anbauflächen der fünf flächenmäßig bedeutendsten Getreidesorten Weizen, Gerste, Triticale, Roggen und Hafer sowie deren landkreisspezifischen Durchschnittserträgen (2005–2008) ermittelt. Die gleiche Vorgehensweise wird zur Ermittlung des Potenzials für Rapsstroh angewandt. Einen Überblick über die Anbauflächen und Durchschnittserträge gibt die folgende Tabelle.

Tabelle 25: Anbauflächen und Durchschnittserträge von Getreide und Raps sowie deren energetisch nutzbaren Anteile im Landkreis Darmstadt-Dieburg

Getreide	Anbaufläche	Ø-Ertrag Stroh	bergbare Gesamtmenge	energetisch nutzbarer Anteil	erzeugbare Energie
Weizen	5.835 ha	6,2 t/ha	30.900 t	30% 9.300 t	29.800 MWh
Wintergerste	1.729 ha	4,6 t/ha	6.700 t	30% 2.000 t	6.400 MWh
Sommergerste	711 ha	3,6 t/ha	2.200 t	30% 700 t	2.200 MWh
Triticale	255 ha	5,4 t/ha	1.200 t	30% 400 t	1.300 MWh
Roggen	1.095 ha	4,3 t/ha	4.000 t	30% 1.200 t	3.800 MWh
Hafer	366 ha	5,3 t/ha	1.700 t	30% 500 t	1.600 MWh
Winterraps	1.608 ha	6,0 t/ha	6.300 t	10% 600 t	1.900 MWh
Gesamt	11.599 ha		53.000 t	14.700 t	47.000 MWh

Das Stroh wird zurzeit in der Regel stofflich genutzt bzw. verbleibt zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit auf dem Feld. Die stoffliche Nutzung erfolgt hauptsächlich in der Tierhaltung als Einstreu. Besonders in der Pferdehaltung wird Stroh eingesetzt. Im Landkreis werden mindestens 2.100 Pferde gehalten; vermutlich liegt die Anzahl der Tiere jedoch höher, da dies nur die Tiere aus Betrieben sind, die in der Agrarstatistikerhebung Hessen erfasst werden. Auch ist davon auszugehen, dass ein bestimmter Anteil Stroh über den Handel in andere Regionen, wie zum Beispiel den nahe gelegenen Ballungsraum Rhein-Main-Gebiet, gelangt. Des Weiteren sind die gesetzlichen Vorgaben in der Landwirtschaft zu beachten, die im Rahmen der Cross-Compliance-Verpflichtungen eine ausgeglichene Humusbilanz fordern. Aufgrund der beschriebenen Rahmenbedingungen wird davon ausgegangen, dass rund 30 % des anfallenden Getreidestrohs sowie 10 % des anfallenden Rapsstrohs nachhaltig energetisch genutzt werden können. Dies entspricht einer jährlichen Menge von 14.100 t Getreide- und 600 t Rapsstrohs. Mit dieser Strohmenge könnten bei einem Rest-Wassergehalt von 15 % in einer Verbrennungsanlage (Wirkungsgrad von 80 %) jährlich rund 47.000 MWh Wärmeenergie erzeugt werden.

Miscanthus

Miscanthus, auch als Chinaschilf oder Elefantengras bezeichnet, stammt ursprünglich aus dem asiatischen Raum. Seit einiger Zeit werden in Mitteleuropa Anbauversuche für eine thermische Nutzung der Biomasse unternommen, da Miscanthus aufgrund seiner Eigenschaft als C₄-Pflanze ein hohes Biomassewachstum aufweist, als mehrjährige Kultur jährlich geerntet werden kann und bei der Ernte am Ende des Winters hohe Trockenmassegehalte aufweist.

Für den Energiepflanzenanbau stehen im Landkreis Darmstadt-Dieburg rund 4.300 ha zur Verfügung. Die Herleitung der Anbauflächen ist in Kapitel 4.1.2.1 zu finden. Neben Miscanthus können auch noch andere Energiepflanzen angebaut werden, sodass mittelfristig davon ausgegangen wird, dass rund 7 % der Energiepflanzenanbaufläche für den Miscanthusanbau zur Verfügung stehen. Davon werden 2 % einer stofflichen und 5 % einer energetischen Verwertung zugeführt. Demzufolge besteht das Anbaupotenzial von rund 300 ha, wobei der Aufwuchs von 90 ha einer stofflichen Nutzung zugeführt werden

könnte. Von dem Miscanthus zur Energieerzeugung können ab dem 3. Erntejahr jährlich rund 4.500 t TM geerntet werden. Somit stehen circa 3.200 t TM Miscanthus für die energetische Nutzung bereit, mit denen rund 12.400 MWh_{th} erzeugt werden können.

Tabelle 26: Potenziale für Anbauflächen und Energieerzeugung mit Miscanthus im Landkreis Darmstadt-Dieburg

Miscanthus	
potenzielle Anbaufläche	310 ha
Ø-Ertrag (TM)	15 t/ha*a
Ertrag (TM)	4.650 t/a
davon zur Energieerzeugung	3.300 t/a
erzeugbare Energie	12.400 MWh

4.1.1.3 Feste Brennstoffe aus Abfall

Holzige Anteile des Grünabfalls

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg werden jährlich rund 13.500 t Grünabfälle erfasst. Dies entspricht einer Menge von rund 47 kg/EW*a. Hierbei handelt es sich um für den Kreis zugängliche Mengen. Erfahrungswerte aus anderen Landreisen zeigen, dass im Rahmen einer Grünabfallaufbereitung verholztes Material als Brennstofffraktion bis zu einem Anteil von 40 % abgetrennt werden könnte. Damit ließe sich bereits eine Menge von ca. 5.400 t holziger Grünabfälle in Feuerungsanlagen verwerten. Voraussetzung für diese Vorgehensweise ist eine vergleichbare Materialqualität.

Eine Erweiterung des Potenzials ergibt sich durch die Intensivierung der Grünabfallsammlung /23/. Unter der Voraussetzung, dass die bisher gesammelte Menge durch die Einrichtung entsprechender logistischer Rahmenbedingungen (dezentrale Grünabfallsammelstellen) verdoppelt werden kann (100 kg/EW*a), stünden insgesamt knapp 29.000 t zur Verfügung, aus denen durch Aufbereitung rund 11.600 t holziger Brennstoff gewonnen werden könnten. Mit einer energetischen Verwertung ließen sich hieraus rund 24.000 MWh/a an Wärme bereitstellen /25/.

Altholz

Ein Teil des Altholzes wird über die Bau- und Recyclinghöfe in Darmstadt-Dieburg erfasst, in 2008 waren das 2.136 t Altholz. Allerdings ist keine Statistik der Gesamtmengen verfügbar, weder auf Landkreisebene noch für das Bundesland Hessen. Zur Berechnung des technischen Potenzials wurde daher der bundesweite Durchschnittswert von 97 kg Altholzanfall (pro Jahr und Einwohner) herangezogen. Damit ist zwar nicht die jährlich von einem Einwohner tatsächlich produzierte Menge an Altholz repräsentiert, sondern das gesamte, auch in Gewerbebetrieben anfallende Altholzaufkommen mit einbezogen. Für den Landkreis Darmstadt-Dieburg errechnet sich somit ein theoretisches Altholzaufkommen von rd. 28.000 t pro Jahr, von dem, wiederum bezogen auf den Bundesschnitt, zwei Drittel thermisch und ein Drittel stofflich genutzt werden. Da die anfallenden Altholzmengen bereits vollends genutzt werden, ergibt sich für das Altholzsegment kein zusätzlich verfügbares Potenzial.

Biogene Anteile im Hausmüll

Die im Hausmüll verbleibenden biogenen Anteile werden bereits genutzt, wie in Kap. 3.1.3 dargestellt wird.

4.1.2 Biogene Gase

Unter dem Begriff der biogenen Gase werden alle Gase verstanden, die nach einem anaeroben Abbau von organischer Substanz anfallen. Das anfallende Gasmisch wird als Biogas bezeichnet und besteht in der Hauptsache aus Methan (CH₄) und Kohlendioxid (CO₂). Dieser Prozess findet natürlicherweise zum Beispiel in Mooren oder am Grund von Seen statt. Um ein energetisch nutzbares Biogas zu gewinnen, finden die Gärungs- und Fäulnisprozesse in der Regel in Biogasanlagen statt. Eine Ausnahme hiervon bildet das in Kapitel 4.1.2.2 behandelte Deponiegas, das aus den organischen Bestandteilen der abgelagerten Abfälle in Deponien entsteht.

4.1.2.1 Biogas aus landwirtschaftlichen Rohstoffen

Als Substrate für Biogasanlagen kommen neben Gülle und Festmist Überschüsse aus der Grünlandbewirtschaftung sowie Energiepflanzen in Frage. Daneben können auch Reststoffe wie getrennt gesammelte Bioabfälle, Speisereste oder Reststoffe aus der Lebensmittelindustrie verwertet werden.

Gülle, Jauche, Festmist

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg werden ca. 9.500 Rinder, 34.000 Schweine sowie 200.000 Legehennen gehalten. Der Gesamtbestand dieser landwirtschaftlichen Nutztiere beläuft sich auf rund 11.400 Großvieheinheiten (GV). Dabei sticht besonders der große Geflügelbestand mit rund 200.000 Legehennen hervor, der gut ein Drittel des Gesamtbestandes im Regierungsbezirk Darmstadt ausmacht.

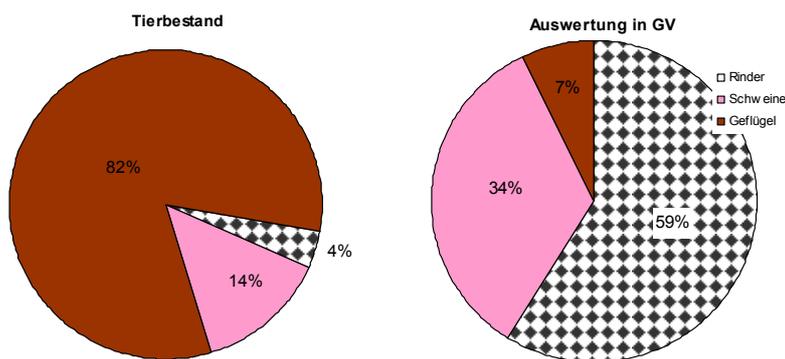


Abb. 1: Tierbestand im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Stand 2008)

Aus dem Tierbestand lässt sich die anfallende Gülle- und Festmistmenge abschätzen. Deren energetische Verwendung wird allerdings durch Faktoren, wie Weide- bzw. Freilandhaltung bestimmter Tiergruppen sowie Bestandsgrößenrestriktionen eingeschränkt. Das Wirtschaftsdüngeraufkommen von kleinen Tierbeständen ist in der Regel nicht ausreichend, um damit den Betrieb einer Biogasanlage zu ermöglichen. So ist zum Beispiel

der Betrieb einer Biogasanlage bei Beschickung mit 30 Gew.-% Gülle mit einer installierten Leistung von 200 kW_{el} erst ab einer Bestandsgröße von 100 GV möglich. Bei kleineren Bestandsgrößen bietet sich zum Beispiel eine Kooperation mit anderen tierhaltenden Betrieben an oder eine Lieferung dieser Reststoffe an schon bestehende Biogasanlagen. Die durchschnittliche Verfügbarkeit des Gülle-, Jauche und Festmistaufkommens in Abhängigkeit von der Bestandsgröße sowie die Bestandsgrößenstruktur ist in Abb. 2 dargestellt.

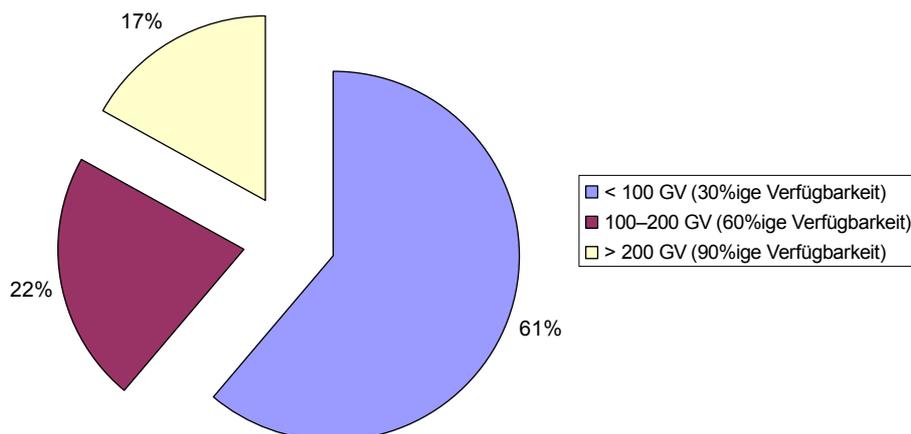


Abb. 2: Bestandsgrößenstruktur im Landkreis Darmstadt-Dieburg und Abschätzung der Verfügbarkeit von Gülle, Jauche, Festmist für die energetische Nutzung

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg stehen rund 61 % der landwirtschaftlichen Nutztiere in Beständen mit weniger als 100 GV, weitere 22 % in Beständen mit 100 bis 200 GV und 17 % in Beständen mit mehr als 200 GV. Damit befinden sich relativ viele Nutztiere im Landkreis in großen Beständen. Zum Vergleich: hessenweit befinden sich lediglich 7 % der Nutztiere in Beständen über 200 GV.

Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Restriktionen fallen im Landkreisgebiet ungefähr 52.000 m³ Gülle sowie 11.500 t Festmist an, die einer energetischen Nutzung zugeführt werden könnten.

Tabelle 27: Anfall von Gülle, Jauche und Festmist und daraus erzeugbare Energie im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Stand 2008)

nutzbare Menge Gülle, Jauche, Festmist			
Rinder	42.900 t/a	67,6 %	
Schweine	18.600 t/a	29,3 %	
Geflügel	2.000 t/a	3,1 %	
erzeugbare Energie nach einer Vergärung			
Strom	4.900 MWh _{el}		
Wärme (abzgl. Eigenbedarf)	3.900 MWh _{th}		
Wärme externe Nutzung 70 %	2.700 MWh_{th}		

Bei der Vergärung der anfallenden Mengen in einer Biogasanlage und der anschließenden Verstromung des Biogases in einem BHKW (Wirkungsgrade: elektrisch 40 % und thermisch 45 %) können mit diesen Mengen rund 4.900 MWh_{el} erzeugt werden. Des Weiteren fallen ca. 3.900 MWh_{th} an, die theoretisch extern genutzt werden könnten. Da landwirtschaftliche Biogasanlagen in der Regel eher im Außenbereich liegen, ist die Nutzung der gesamten anfallenden Wärme eher unwahrscheinlich. Es wird davon ausgegangen, dass rund 70 % der anfallenden Wärme auch energetisch genutzt werden kann, sodass zusätzlich zu der erzeugten elektrischen Energie ca. 2.700 MWh_{th} an Wärmeenergie verwendet werden können.

Dauergrünland

Die Dauergrünlandfläche im Landkreis beträgt 5.602 ha und macht somit knapp 20 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche aus. Die Dauergrünlandflächen setzen sich aus 2.890 ha Wiesen, 1.910 ha Mähweiden sowie 800 ha sonstige Grünlandflächen, wie Weiden, Streuwiesen oder Hutungen zusammen. Die Grünlandflächen im Landkreis sind relativ kleinteilig strukturiert.

Tabelle 28: Grünlandflächen im Landkreis Darmstadt-Dieburg

	Flächen	
Wiesen	2.887 ha	51,5 %
Mähweiden	1.914 ha	34,2 %
Weiden, Streuwiesen	801 ha	14,3 %
Gesamt	5.602 ha	

Im Verhältnis zu den vorhandenen Grünlandflächen ist der Tierbestand im Landkreis relativ hoch, vor allem da man davon ausgehen muss, dass der gesamte Pferdebestand größer ist als in Tabelle 29 angegeben. Es ist davon auszugehen, dass ein großer Teil der im Landkreis vorhandenen Grünlandfläche für die Ernährung und den Auslauf der Tiere benötigt wird. Allerdings werden im Landkreis auf rund 1.800 ha Ackerfläche Futterpflanzen, wie Mais und Klee gras, angebaut, sodass ein Teil des Tierfutters auch von diesen Flächen gewonnen werden kann. Auch hängt der Ertrag einer Grünlandfläche in hohem Maße von deren Bewirtschaftungsintensität ab. So können auf intensiv genutzten Grünlandflächen drei oder mehr Schnitte im Jahr durchgeführt werden und somit durchschnittlich 35 t Frischmasse geerntet werden. Vermutlich werden im Landkreis Darmstadt-Dieburg, trotz der eher ungünstigen Grünlandflächenstruktur, die Grünlandflächen im höheren Maße intensiv genutzt als im hessischen Durchschnitt, bei dem schätzungsweise bei 60 % der Wiesen und 50 % der Mähweiden eine intensive Nutzung erfolgt. Zudem ist zu erwarten, dass sich die negative Entwicklung der landwirtschaftlichen Tierbestände, besonders im Bereich der Rindviehhaltung, fortsetzen wird.

Tabelle 29: Tierbestand und dessen benötigte Grünlandflächen im Landkreis Darmstadt-Dieburg

	Tierbestand	benötigte Grünlandfläche	
		ha/Tier	ha gesamt
Milchkühe	2.650	0,3	795
Mutterkühe	830	1	830
Aufzuchtrinder	2.230	0,5	1.115
Mastrinder	2.550	0,2	510
Schafe	3.760	0,2	752
Pferde	2.110	0,8	1.688
sonstige Tiere	100	0,5	50
benötigte Gesamtfläche			5.740

Aufgrund der dargestellten Rahmenbedingungen ist davon auszugehen, dass die kurzfristige Verfügbarkeit von Grünlandbiomassen unter dem hessischen Durchschnitt von 20 % nutzbarer Grünlandbiomasse von Wiesen sowie 10 % nutzbarer Grünlandbiomasse von Mähweiden liegen wird. Mittelfristig kann jedoch auch im Landkreis Darmstadt-Dieburg diese Menge an Grünlandbiomasse für eine energetische Nutzung bereitgestellt werden. Bei Berücksichtigung der Ernte- und Konservierungsverluste in Höhe von 10 % fallen im Landkreis rund 18.600 t Grünlandbiomasse an, die in Biogasanlagen eingesetzt werden können.

Tabelle 30: Verfügbare Grünlandbiomasse und daraus erzeugbare Energie im Landkreis Darmstadt-Dieburg

verfügbare Grünlandbiomasse	
frisches Gras	4.000 t/a
Grassilage *	14.200 t/a
erzeugbare Energie nach einer Vergärung	
Strom	4.600 MWh_{el}
Wärme (abzgl. Eigenbedarf)	3.600 MWh _{th}
Wärme externe Nutzung 70 %	2.500 MWh_{th}

* abzgl. der Konservierungsverluste

Bei einer Vergärung dieser Menge (20 % als frisches Gras sowie 80 % als Grassilage) in einer Biogasanlage können 4.600 MWh_{el} erzeugt werden. Eine Wärmenutzung findet unter den gleichen Bedingungen statt, wie bei den Wirtschaftsdüngern beschrieben. Somit können rund 2.700 MWh_{th} energetisch verwendet werden.

Energiepflanzen

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg liegen rund 20.557 ha, die als Ackerflächen bewirtschaftet werden. Allerdings steht nicht die gesamte Ackerfläche zum Energiepflanzenanbau

zur Verfügung. Auf der einen Seite gibt es Anbaukulturen, die für die Landwirte ökonomisch interessanter sind als der Anbau von Energiepflanzen. Dazu zählen der Anbau von Kartoffeln, Zuckerrüben sowie Gartengewächsen, wie Blumen, Erdbeeren oder Gemüse. Auf der anderen Seite wird ein gewisser Anteil der Ackerfläche benötigt, um Futterpflanzen anzubauen. Dazu zählt zum Beispiel der Anbau von Silomais oder Klee gras, die nach einer Silierung in der Tierfütterung genutzt werden sollen. Übersichtsartig sind die Flächenanteile der erwähnten Kulturen sowie die weiterhin verfügbare Fläche veranschaulicht.

Tabelle 31: Bebauungsstruktur der landwirtschaftlichen Ackerflächen im Landkreis Darmstadt-Dieburg (Stand 2008)

Iw. Ackerfläche	20.557 ha
davon Kartoffeln	623 ha
davon Zuckerrüben	1.743 ha
davon Sonderkulturen (Gemüse, Erdbeeren, Blumen)	2.014 ha
davon Futterpflanzen	1.765 ha
sonstige verfügbare Fläche	14.412 ha

Die sonstige verfügbare Fläche ist nicht dem Energiepflanzenanbau vorbehalten, sondern dient in erster Linie zum Anbau von Getreide oder sonstigen Pflanzen für die menschliche Ernährung. Die verfügbare Fläche für den Energiepflanzenanbau ist ebenso abhängig von der Tierbesatzdichte des Landkreises. Je höher der Tierbesatz, umso mehr Ackerfläche wird benötigt, um Kraffutter (meist Getreide) für die Tierernährung zu erzeugen. Bis zu einer Tierbesatzdichte von einer Großvieheinheit je Hektar Ackerfläche wird von einem Anteil von 30 % des zur Verfügung stehenden Ackerlandes für den Energiepflanzenanbau ausgegangen. Liegt die Tierbesatzdichte über einer Großvieheinheit je Hektar Ackerfläche, wird lediglich von einer 20-%igen Nutzung der verfügbaren Fläche ausgegangen. Die Tierbesatzdichte im Landkreis Darmstadt-Dieburg liegt bei 0,6 Großvieheinheiten je Hektar Ackerfläche, sodass im Landkreis ein Potenzial von 30 % der Ackerflächen, entsprechend 4.300 ha, für den Anbau von Energiepflanzen angenommen wird.

Die nutzbare Fläche wiederum ist nicht ausschließlich dem Anbau von Pflanzen zur Biogasgewinnung vorbehalten. Auch andere Energiepflanzen, wie Raps zur Treibstoffherstellung oder Kurzumtriebsplantagen, können angebaut werden. Nach Abwägung unterschiedlicher Aspekte wurde die in Abb. 3 dargestellte Verteilung der Energiepflanzen modelliert.

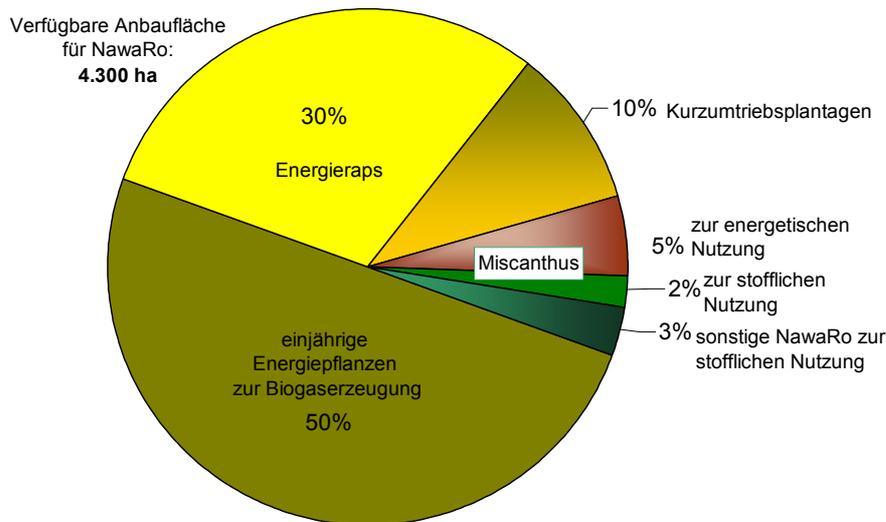


Abb. 3: Modellhafte Bebauung potenzielle Energiepflanzenfläche (rund 4.300 ha)

Tabelle 32: Modellhafte Bebauung der potenziellen Energiepflanzenanbaufläche

	verfügbare Flächenanteile	
einjährige Bioenergiepflanzen	50%	2.150 ha
Energieraps	30%	1.290 ha
KUP	10%	430 ha
Miscanthus energetisch	5%	220 ha
Miscanthus stofflich	2%	90 ha
stoffl. NawaRo	3%	130 ha
Energiepflanzenanbaufläche		4.300 ha

Demzufolge könnten im Landkreis Darmstadt-Dieburg 2.150 ha Ackerflächen für den Anbau von einjährigen Energiepflanzen zur Biogaserzeugung genutzt werden. Auf dieser Fläche können verschiedene Kulturen angebaut werden, die für die Biogasgewinnung eingesetzt werden können. Geeignete Kulturen sind beispielsweise Mais, Getreide, das in Form einer Ganzpflanzensilage konserviert wird, oder Zuckerrüben. Die Anbaustrategie hängt von den regionalen Gegebenheiten sowie den Erfahrungen der Landwirte ab. Beispielhaft wird als erste Anbaustrategie, anlog zu /25/, angenommen und mit den Akteuren diskutiert, dass auf 60 % der verfügbaren Ackerflächen für Biogaspflanzen Silomais und auf den restlichen 40 % Getreideganzpflanzensilage angebaut wird. Denkbar wäre im Landkreis Darmstadt-Dieburg auch ein gewisser Anteil Zuckerrüben, der zur Biogaserzeugung eingesetzt wird, da der Zuckerrübenanbau im Landkreisgebiet über eine lange Tradition verfügt und somit sowohl die maschinelle Ausstattung als auch ein gutes Know-How der Landwirte vorhanden ist. Als zweite Anbaustrategie wird daher angenommen, dass auf 60 % der Fläche Silomais sowie auf jeweils 20 % Zuckerrüben und Getreideganzpflanzensilage angebaut wird. Flächen, Gesamterträge und mögliche Biogasausbeuten der beiden Anbaustrategien sind in Tabelle 33 zu finden.

Tabelle 33: Anbaustrategien für nachwachsende Rohstoffe vom Acker zur Biogasferzeugung im Landkreis Darmstadt-Dieburg

	Variante									
	1					2				
	Fläche		Ertrag	erzeugbare Energie		Fläche		Ertrag	erzeugbare Energie	
	[%]	[ha]	[t FM/a]	[MWh _{el} /a]	[MWh _{th} /a]	[%]	[ha]	[t FM/a]	[MWh _{el} /a]	[MWh _{th} /a]
Mais	60%	1.290	64.500	26.800	21.100	60%	1.290	64.500	26.800	21.100
Getreide-GPS	40%	860	21.500	8.800	6.900	20%	430	10.750	4.400	3.500
Zuckerrüben	0%					20%	430	24.910	5.600	4.400
Gesamt		2.150	86.000	35.600	28.000		2.150	100.160	36.800	29.000

Neben der elektrischen Energie entsteht bei beiden Varianten auch thermische Energie. Hier wird von den gleichen Rahmenbedingungen ausgegangen wie in den Kapiteln zu potenziellen Wirtschaftsdüngern und Grünland. Demzufolge könnten bei Variante 1 mittelfristig 19.600 MWh_{th}, bei Variante 2 mittelfristig 20.300 MWh_{th} energetisch genutzt werden.

Landschaftspflegegrün

Im Rahmen der Landschaftspflege fällt, neben den holzigen Materialien (vgl. Kapitel 4.1.1.1), ebenfalls halmgutartige Biomasse an. Landschaftspflegemaßnahmen werden in der Regel entweder in angelegten und gepflegten Anlagen, wie zum Beispiel Parks, Grünanlagen oder Friedhöfen, oder auf Flächen, die unterschiedlichen Naturschutzbestimmungen unterliegen, durchgeführt. Dabei fällt, je nach Pflegezustand, Jahresverlauf und Bewirtschaftungsform, eine relativ inhomogen zusammengesetzte Biomasse an.

Der Grünschnitt aus Parks bzw. vergleichbaren Anlagen wird in der Regel über die krautigen Anteile des Grünabfalls (siehe Kapitel 4.1.2.2) miterfasst. Die Bewirtschaftung von Grünflächen, die bestimmten Natur- oder Landschaftsschutzbedingungen unterliegen, wird üblicherweise mit Pflegeverträgen an Landwirte übertragen. Demzufolge sind diese Flächen zum größten Teil bei dem landwirtschaftlich bewirtschafteten Grünland enthalten (siehe Kapitel 4.1.2.1). Der Anfall weiterer krautiger Biomassen im Rahmen der Landschaftspflege ist von untergeordneter Bedeutung, sodass für diesen Bereich keine weiteren Abschätzungen vorgenommen werden.

4.1.2.2 Biogas aus organischen Reststoffen

Bioabfall

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg werden 42.895 t Bioabfälle, mit 148 kg je Einwohner und Jahr nach dem LK Kassel der höchste Wert in Hessen, erfasst und in fünf Biokompostanlagen im Kreisgebiet behandelt. Mit der Zielsetzung, kurze Wege zwischen Abfallentstehung und -behandlung zu realisieren, wurden diese dezentralen Verwertungsstrukturen geschaffen.

In den vergangenen Jahren (seit 2003) wurden die Biokompostanlagen z. T. erneuert, so dass das Ende des Abschreibungszeitraums noch nicht erreicht ist und zeitnah keine alternativen Behandlungswege beschritten werden können.

Nahezu das gesamte Aufkommen an Bioabfällen könnte jedoch alternativ in Vergärungsanlagen verwertet werden, um den Energiegehalt dieser Biomassen von rund 10.400 MWh/a an Strom und 5.700 MWh/a an Wärme nutzen zu können. Zur Kompostierung der Gärreste könnte ein größerer Anteil der krautigen Materialien aus der Grünabfallsammlung als Strukturmaterial zugesetzt werden. Die Nährstoff- und Humusbilanzen der Bioabfallvergärung entsprechen weitgehend denen der reinen Kompostierung.

Biogas aus krautigen Anteilen des Grünabfalls

Analog zu den Bioabfällen könnte ein gewisser Anteil des krautigen Grünabfalls (hier können rd. 30 % in Ansatz gebracht werden) ebenfalls der Vergärung zugeführt werden. Als Gesamtpotenzial wird hier, wie bereits in Kapitel 4.1.1.3 beschrieben, eine erhöhte Sammelmenge eingesetzt. Wird vom Gesamtaufkommen von dann geschätzten 29.000 t Grünabfällen der holzige Anteil mit 40 % abgetrennt und vom verbleibenden Material 30 % vergoren, könnte daraus eine Strommenge von knapp 1.000 MWh/a sowie eine Wärmemenge von rund 500 MWh/a genutzt werden.

Biogas aus gewerblichen Abfällen

Zur Herstellung von Biogas aus gewerblichen Abfällen eignen sich die nativ-organischen Bestandteile der gewerblichen Abfälle. Darunter fallen zum einen Küchen- und Speiseabfälle. Dies sind Lebensmittelreste, die in Gaststätten oder Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung, wie zum Beispiel Kantinen und Mensen, anfallen. Zum anderen sind dies organische Gewerbeabfälle, die bei gewerblichen Produktionsprozessen auf tierischer oder pflanzlicher Basis anfallen. Des Weiteren zählen auch verpackte Lebensmittel (z. B. aus Fehlchargen, nach Überschreitung des Mindesthaltbarkeitsdatums (MHD) oder nach Kühlschäden) zu diesem Bereich. Für diese Stoffströme besteht in Deutschland keine Andienungspflicht an die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger, sodass die Erzeuger sich selbst um die schadlose Entsorgung bzw. Verwertung bemühen müssen. In der Regel wird die Entsorgung an private Unternehmen übertragen. Deshalb findet für diesen Bereich keine zusammenfassende Mengenerfassung statt, sodass keine abgesicherten Daten über die angefallenen Mengen verfügbar sind.

In Hessen werden alle erfassten organischen Küchen- und Speisereste einer energetischen Verwertung zugeführt, davon knapp ein Drittel innerhalb des Bundeslandes /41/. Im Landkreis Darmstadt-Dieburg ist die Biogasanlage in Pfungstadt für die Verwertung von Speiseabfällen zugelassen. In dem benachbarten Landkreis Bergstraße gibt es eine Biogasanlage, die organische Gewerbeabfälle als Kofermente einsetzt. Des Weiteren werden im Landkreis Groß-Gerau (Büttelborn) und im Landkreis Bergstraße (Lampertheim) Umschlagplätze für organische Gewerbeabfälle von dafür spezialisierten Unternehmen betrieben. Es ist anzunehmen, dass ein Teil der anfallenden organischen Gewerbeabfälle aus dem Landkreis Darmstadt-Dieburg an diese Standorte verbracht wird.

Im Bereich der Küchen- und Speiseabfälle kann die anfallende Menge näherungsweise aus der Anzahl der Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung, deren ausgegebenen Mahlzeiten und einem spezifischen Reststoffanfall (rund 175 g je Essen) abgeleitet werden. Durchschnittlich fallen je Einwohner 23 kg im Jahr an /24/. Somit stehen im Landkreis Darmstadt-Dieburg rund 6.500 t/a Küchen- und Speiseabfälle für eine energetische

Verwertung zur Verfügung. Wie hoch der davon bereits genutzte Anteil ist, ist schwer abschätzbar. Es wird allerdings davon ausgegangen, dass die Küchen- und Speiseabfälle bereits von gewerblichen Entsorgern gesammelt und in der Regel energetisch verwertet werden /41/.

Andere organische Gewerbeabfälle entstehen zum größten Teil in der Ernährungs- und Genussmittelindustrie. Eine Zusammenfassung von wichtigen Erzeugern gibt Tabelle 34.

Tabelle 34: Haupterzeuger von organischen Abfällen aus Industrie und Gewerbe /28/

Branche	Gewerbe
Ernährungs- und Genussmittelindustrie	<ul style="list-style-type: none"> • Mälzereien, Brauereien, Brennereien, Weinkellereien • Stärkeindustrie, Speiseöl- und Fettindustrie, Zuckerfabriken • Schlacht- und Fleischverarbeitungsbetriebe, Fischverarbeitung • Obst- und Gemüseverarbeitung, Kartoffelverarbeitung • Molkereien, Käsereien • Schokoladenindustrie, Kaffeeindustrie • Hautleim- und Gelatineindustrie • Hefefabriken, Backwarenindustrie • Mahl- und Schälmmühlen
Chemische Industrie	<ul style="list-style-type: none"> • Zitronensäureproduktion, Penicillinproduktion
Dienstleistungsgewerbe	<ul style="list-style-type: none"> • Gastronomie, Großküche, Catering und Flughäfen
Handel	<ul style="list-style-type: none"> • Lebensmittelhandel, Wochen- und Privatmärkte, Markthallen, Blumen- Obst- und Gemüsegroßmärkte, Großmärkte
Sonstiges Gewerbe	<ul style="list-style-type: none"> • Ledererzeugung- und Verarbeitung

Diese Gewerbebezüge produzieren alle in unterschiedlicher Menge, je nach Produktionsschwerpunkt und -größe, organische Gewerbeabfälle. Eine grobe Abschätzung der anfallenden Menge und der daraus erzeugbaren Energie in Hessen ist in Tabelle 35 zusammengestellt. Insgesamt ist mit einer Menge von 136 kg pro Einwohner in Hessen zu rechnen /28/. Es wurde jedoch davon ausgegangen, dass bestimmte Stoffgruppen teilweise anderen Verwertungswegen zugeführt werden. Hier spielt insbesondere die Nutzung von pflanzlichen Monochargen (Treber, Trester, Backwarenabfälle etc.) als Tierfutter eine Rolle. Von diesen Mengenströmen wurden nur Teilchargen bzw. gar keine Mengen in der Potenzialannahme berücksichtigt. Einer langfristigen energetischen Verwertung der verbleibenden Mengen stehen keine Gründe entgegen, deshalb wurden im Gegensatz zu vorhergehenden Studien /41/ keine weiteren Einschränkungen vorgenommen.

Tabelle 35: Aufkommen organischer Gewerbeabfälle im Landkreis Darmstadt-Dieburg (berechnet nach /24/)

	Anfall Frischmasse ¹⁾		nutzbarer Anteil energ. Verwertung [%]	Potenzial energetische Verwertung	
	[kg/Ew.*a]	[t/a]		Strom [MWh/a]	Wärme [MWh/a]
Marktabfälle	2,2	600	100%	100	0
überlagerte Nahrungsmittel	11	3.200	100%	1.000	400
Backwarenabfälle	3	900	60%	400	200
Treber (Malzrückstand Brauerei)	15	4.300	10%	100	0
Obst-, Getreide- oder Kartoffelschlempe	10	2.900	30%	100	100
Trester (Pressrückstand Früchte)	3	900	0%	0	0
Hefe und hefeähnliche Rückstände	2,5	700	50%	100	100
Fettabscheiderinhalte	2,5	700	100%	1.000	400
Knochen und Hautreste	10	2.900	0%	0	0
Innereien und Konfiskate	1,5	400	50%	0	0
Magen- und Darminhalte	3	900	50%	100	0
Schäl-, Putz- und Passierrückstände	20	5.800	40%	400	100
Abfälle aus Molkereien und Käsereien	30	8.700	30%	300	100
Küchen- und Speiseabfälle	23	6.500	100%	1.700	700
Gesamtmenge	136	39.400		5.300	2.100

¹⁾ in Anlehnung an Institut für ZukunftsEnergieSysteme 2002

Insgesamt können mit den im Landkreis anfallenden organischen Gewerbeabfällen 5.300 MWh_{el} und 2.200 MWh_{th} erzeugt werden. Bei der Potenzialbewertung ist allerdings zu beachten, dass diese Stoffgruppe einem überregionalen Handelsinteresse unterliegt und es zu Nutzungskonkurrenzen zwischen einer energetischen und stofflichen Nutzung bestimmter Stoffströme, zum Beispiel Backwarenabfälle und Treber, kommen kann.

Klärgas

Ein weiteres Potenzial wird hauptsächlich in technischen Verbesserungen bestehender Anlagen gesehen.

Deponiegas

Aufgrund fehlender Deponiestandorte im Landkreis Darmstadt-Dieburg entfällt eine Betrachtung der künftig technisch-nutzbaren Deponiegaspotenziale.

4.1.2.3 Biokraftstoffe

Wie in Tabelle 32 angenommen, stehen 30 % der 4.300 ha verfügbaren Ackerfläche für den Energiepflanzenanbau für den Anbau von Energieraps zur Verfügung. Dies entspricht einer Fläche von 1.290 ha. Diese Fläche ist geringfügig größer als die derzeit abgeschätzte Anbaufläche für Energieraps (70 % der Rapsanbaufläche) von 1.130 ha. Große Flächensteigerungen beim Rapsanbau, um damit Biodiesel oder Pflanzenöl zu erzeugen, sind sowohl aus Gründen der Fruchtfolgegestaltung (Raps ist nicht selbstverträglich und sollte nur im vierjährigen Rhythmus angebaut werden) als auch aufgrund der

aktuellen Entwicklungen am Biokraftstoffmarkt nicht wahrscheinlich. Auch ein Einstieg in die Nutzung von Getreide zur Ethanolherzeugung ist eher unwahrscheinlich. Eventuell wird ein Teil der angebauten Zuckerrüben zur Bioethanolherzeugung in der Zuckerfabrik Zeitz (Sachsen-Anhalt) verwendet. Es würde allerdings kein Transport der im Landkreis angebauten Zuckerrüben nach Sachsen-Anhalt, sondern eine Verrechnung mittels buchhalterischer Grundsätze erfolgen.

Die kurz- bis mittelfristige Entwicklung der Erzeugung von synthetischen Kraftstoffen ist derzeit noch nicht abschätzbar. Die Rohstoffpotenziale der synthetischen Kraftstoffe basieren auf land- oder forstwirtschaftlichen Produkten, wie z. B. Stroh oder Resthölzer. Die weitere Marktentwicklung ist auf der einen Seite von den weiteren technischen Entwicklungen zur Erzeugung dieser Kraftstoffe abhängig und wird auf der anderen Seite von der Preisentwicklung der Rohstoffe beeinflusst. Grundsätzlich könnte beispielsweise ein Anteil des verfügbaren Strohs (vgl. Kapitel 4.1.1.2) sowie ein Teil der anfallenden Grünlandbiomasse (vgl. 4.1.2.1) in solchen Anlagen eingesetzt werden.

4.2 sonstige regenerative Energie

4.2.1 Solarenergie

Der Landkreis Darmstadt-Dieburg ist von der Sonne begünstigt. Die Mittlere Jahressumme der Sonneneinstrahlung liegt zwischen 1.050 und 1.075 kWh/m² und steht damit hessenweit in der Spitzengruppe (vgl. Abb. 4). Nachstehend werden die Potenziale im Landkreis für Solarthermie und Photovoltaik abgeschätzt. Die Ergebnisse spiegeln jeweils die Annahme wieder, dass eine Nutzungsart (thermisch / Verstromung) überwiegt. Konzepte und Ergebnisse sind somit alternativ zu sehen, lediglich die parallele Installation von Solarthermieanlagen zur Warmwasserbereitung mit Photovoltaikanlagen wird als möglich betrachtet.

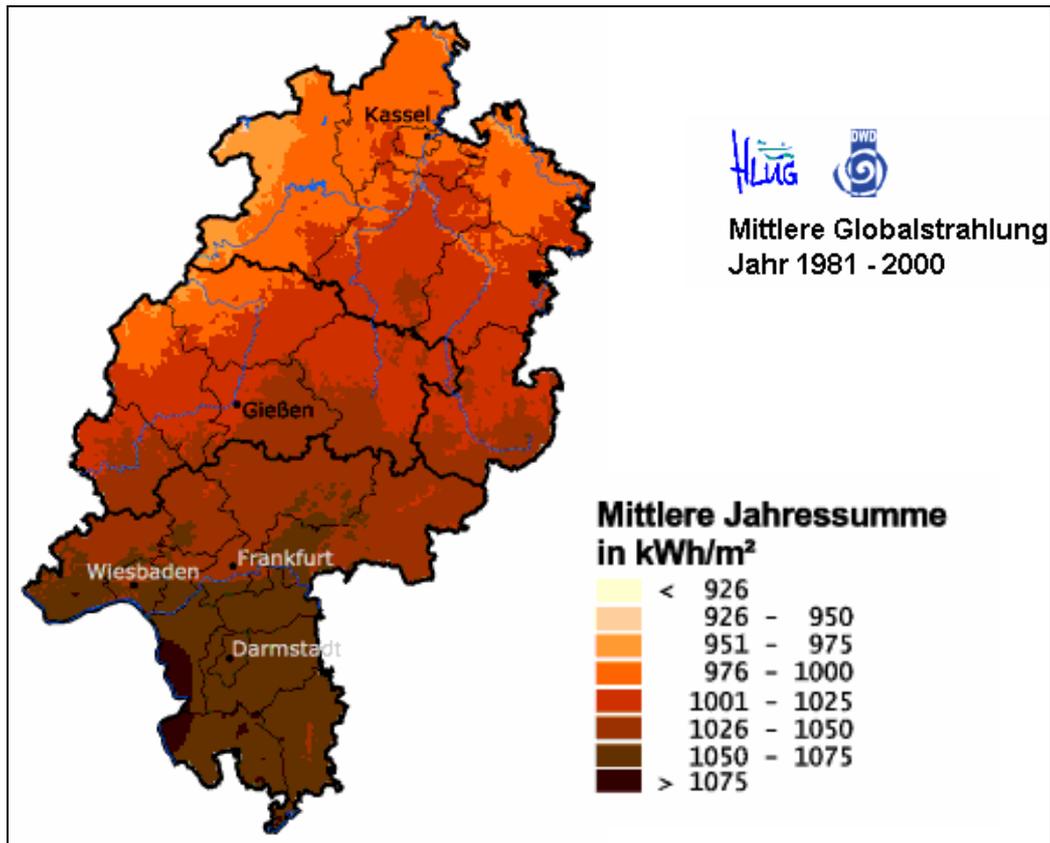


Abb. 4: Mittlere Globalstrahlung in Hessen und im Landkreis Darmstadt-Dieburg /19/

4.2.1.1 Solarthermie

Grundsätzliche geeignete Standorte bestehen sowohl bei geneigten Dachflächen (optimale Neigung 40°) und einer Süd-West bis Süd-Ost Exposition als auch bei Flachdächern. Solarthermische Anlagen dienen entweder der Warmwasserbereitstellung oder sind heizungsunterstützend ausgelegt. Hierfür ist eine größere Kollektorenfläche erforderlich. Tabelle 36 gibt einen Überblick über die Annahmen und die Potenziale.

Für die Nutzung der Solarthermie ergibt sich bei der nachfolgend erläuterten Aufteilung ein Gesamtpotenzial von knapp 180.000 MWh/a.

- Installation einer heizungsunterstützenden Anlage, wo dies möglich ist. Die Annahme geht davon aus, dass 40 % des Gebäudebestands für eine heizungsunterstützende Anlage geeignet sind und die gesammelte Wärmemenge zu 65 % nutzbar ist. Der durch diese Anlagenart mobilisierbare Energieertrag liegt somit bei rund 133.000 MWh/a)
- Beim Einsatz für die Warmwasserbereitung könnten weitere 35 % der Dachflächen genutzt werden. Hier können auch noch mit West- oder Ostausrichtungen zufriedensstellende Erträge erzielt werden, die gesammelte Wärmemenge ist zu rund 85 % nutzbar. Damit kann ein Potenzial von weiteren knapp 46.000 MWh/a erschlossen werden. Wird nur das Potenzial zur Warmwasserbereitung genutzt, um eine mög-

lichst große Dachfläche auf Wohnhäusern für die Photovoltaik verfügbar zu halten, könnten knapp 98.000 MWh/a verwertet werden.

Tabelle 36: Potenzial Solarthermie Wohngebäude Landkreis Darmstadt-Dieburg
 (Berechnet nach /8/ /21/), gerundet

Nutzungsalternativen:		Warmwasser- bereitung	Heizungs- unterstützung
Wohngebäude, Bestand	Anzahl	69.201	69.201
Mittlerer Energieertrag Solaranlage	kWh/m ² *a	370	370
Geeigneter Gebäudebestand	%	75%	40%
Geeigneter Gebäudebestand	Anzahl	51.901	27.680
Mittlere Größe Solarkollektor [m ²]	m ²	6	20
Flächenpotenzial [m ²]	m ²	311.400	553.608
Nutzungsgrad	%	85%	65%
Pot. Energieertrag Solaranlage	MWh/a	97.900	133.100
Pot Energieertrag Solarnutzung gesamt*	MWh/a	179.000	

*Nutzung Heizungsunterstützend auf 40% der Gebäude, ergänzend Warmwasserbereitung auf weiteren 35% der Gebäude, damit Nutzung von 75% der Gebäude

4.2.1.2 Photovoltaik

Photovoltaikanlagen benötigen aus wirtschaftlichen bzw. technischen Gründen größere Flächenauslegungen im Vergleich zu Solarthermieanlagen. Sie können sowohl auf Steil- wie Flachdächern installiert werden, aber auch aufgeständert als Freiflächenanlage. Einschränkungen bestehen dabei durch die nicht immer ausreichende Traglastauslegung gerade bei Flachdächern. Darüber hinaus entstehen Einschränkungen bei der Installation der Kollektoren bei älteren, asbesthaltigen Dachaufbauten, die umfangreiche Sicherungsmaßnahmen (Arbeitsschutz) erfordern. Zudem ist zu beachten, dass die meisten Wohnhäuser nicht genügend Dachfläche bieten, um sowohl eine thermische Solaranlage zur Heizungsunterstützung als auch eine Photovoltaikanlage unterzubringen. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Installation einer thermischen Anlage ausschließlich zur Warmwasserbereitung auch neben einer Photovoltaikanlage möglich ist.

Neben den Dachflächen bieten zudem auch Fassadenflächen die Möglichkeit, Photovoltaikanlagen zu installieren. Der Bereich entlang von Verkehrswegen und auf Freiflächen unterliegt Beschränkungen hinsichtlich konkurrierender landwirtschaftlicher Nutzungen, des Weiteren ist hier die Verschattungsgefahr zu berücksichtigen. Für die verschiedenen Standorte wurden jeweils angepasste Werte für die nutzbare Globalstrahlung angenommen sowie ein spezifischer Verlustfaktor aufgrund von technischen Einflüssen wie z. B. Verschmutzung. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 37 in der Zusammenfassung.

Von Expertenseite wird davon ausgegangen, dass aufgrund technischer Einschränkungen (Stromnetzkapazität etc.) bis zum Jahr 2020 von dem dargelegten Flächenpotenzial rund 20 % nutzbar sind. Die aktuelle Diskussion um eine Einschränkung der EEG-Vergütung für Freiflächenanlagen wird bei der Abschätzung der Potenziale hier nicht berücksichtigt, da sie auf das ermittelte technische Potenzial keinen Einfluss hat.

Tabelle 37: technisches Potenzial für Photovoltaiknutzung im Landkreis Darmstadt-Dieburg sowie Umsetzungsabschätzung bis zum Jahr 2020 /26/

Standorte	MWh/a
Schrägdach (Wohnhäuser 1 u. 2-Fam.)	184.500
Flachdach Wohngeb.	14.900
Flachdach Nichtwohngeb.	97.200
Fassadenfläche	60.600
Verkehrswege / Freiflächen	36.800
Summe technisches Gesamtpotenzial	394.000
davon 20 % mobilisierbar bis 2020	79.000

4.2.2 Geothermie / Erdwärme

4.2.2.1 Erdwärme

Das Temperaturprofil in den oberflächennahen Erdschichten eignet sich vor allem zum Heizen von Gebäuden im privaten Bereich. Weit verbreitet ist dabei der Einsatz wartungsarmer Erdwärmesonden. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für Erdwärmesonden und -kollektoren im privaten Bereich mit einer Heizleistung bis 30 kW unterscheidet das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) zwischen Standorten, die im Hinblick auf den Schutz des Grundwassers durch das HLUG als günstig, ungünstig oder unzulässig beurteilt werden. Diese Standorte bzw. Gebiete sind in der Karte in Abb. 5 dargestellt.

Am effektivsten arbeiten Wärmepumpen im niedrigen Temperaturbereich bis 40 °C, d. h. sie eignen sich besonders für die Heizung in Niedrigenergie- oder Passivhäusern. Je höher die Vorlauftemperatur der Heizung sein soll, desto höher wird der Stromanteil an der Erwärmung des Heizungswassers. Die Potenziale zum Einbau von Wärmepumpenanlagen werden deshalb in erster Linie bei Neubaumaßnahmen insbesondere von Wohngebäuden gesehen. Die durchschnittliche Wärmeentzugsleistung wird mit 11 kW bei etwa 2.000 Jahresvolllaststunden angesetzt. Des Weiteren bestehen Potenziale zur Umstellung auf Wärmepumpen im Zuge von Teil- und Vollsanierungen von Altbauten.

Nichtwohngebäude sind infolge ihrer diversifizierten Wärmenutzungsarten (Bürogebäude, Werkstätten, Lagerhallen) ohne Kenntnis der genauen Nutzungsart nur schwer zu kalkulieren. Teilweise, z. B. bei Bürogebäuden, kann von einer ähnlichen Energiebedarfsstruktur wie bei einem Mehrfamilienhaus ausgegangen werden, allerdings mit geringeren Jahresvolllaststunden. Die i. d. R. größere Baugrundfläche gestattet eine größere Anzahl an Erdsonden, so dass von einer erhöhten Wärmeentzugsleistung ausgegangen werden könnte. Da hierzu jedoch keine weiteren Daten vorliegen, wird auf diesen Bereich nicht näher eingegangen.

Für Hessen wird, basierend auf den bisherigen Entwicklungen, zukünftig von einer Baufertigstellung von rund 7.000 Ein- bis Zweifamilienhäusern jährlich ausgegangen, der An-

teil für den Landkreis Darmstadt-Dieburg liegt dann bei rund 370 Gebäuden dieser Größenklasse jährlich /21/. Unter der Annahme, dass 15 % dieser Gebäude mit oberflächennaher Geothermie ausgestattet werden, die über eine Entzugsleistung von 11 kW und eine Vollbenutzungszeit von 1.800 h/a verfügen, ergibt sich für das Jahr 2020 ein Energiepotenzial von 11.000 MWh/a.

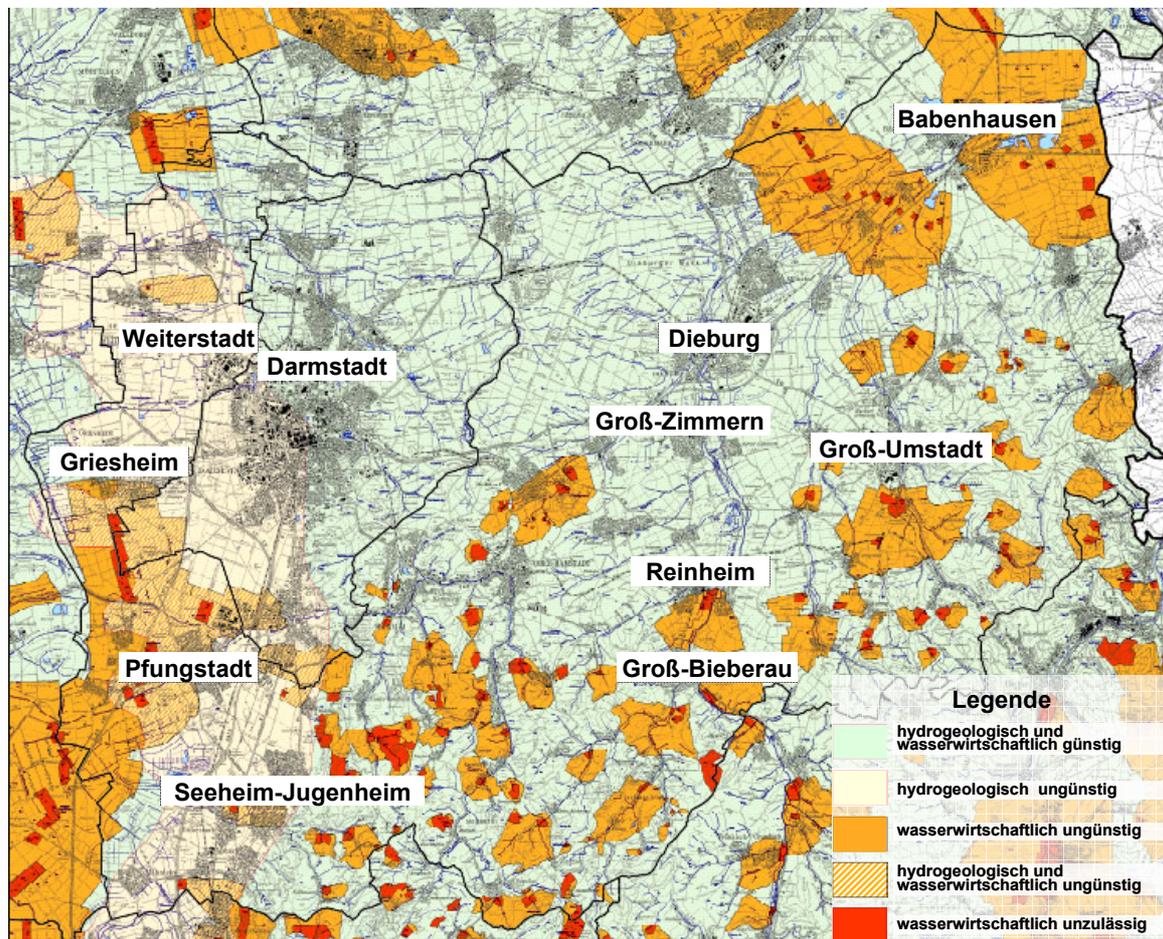


Abb. 5: Hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung für die Errichtung von Erdwärmesonden im Landkreis Darmstadt-Dieburg /16/

4.2.2.2 Tiefengeothermie

Die Nutzung von Erdwärme zur Stromerzeugung ist an höhere Temperaturgradienten gebunden und beginnt damit erst ab einer Tiefe von 2.000 bis 3.000 m. Nach dem heutigen Stand der Technik lässt sich die Erdwärme in großen Tiefenbereichen von bis zu 5.000 Metern und mehr nutzen. Die in größeren Tiefen vorhandenen Energiepotenziale können über geothermische Tiefensonden erfasst und in geothermischen Kraftwerken genutzt werden.

Nach Angaben des HLOG ist der Oberrheingraben die einzige geologische Struktur in Hessen, in der wegen eines erhöhten geothermischen Gradienten eine Nutzung der Geothermie für die Stromerzeugung wirtschaftlich aussichtsreich ist /17/. Abb. 6 verdeutlicht die Lage grafisch. Im Landkreis Darmstadt-Dieburg könnte ein Potenzial zur Nutzung der

Tiefengeothermie im westlichen Teil (Kommunen Griesheim / Weiterstadt) lokalisiert werden. Der zeitliche Rahmen bei der technischen Entwicklung der Tiefengeothermie ist zurzeit jedoch nicht abzusehen, so dass keine Potenzialeinschätzung erfolgen kann.

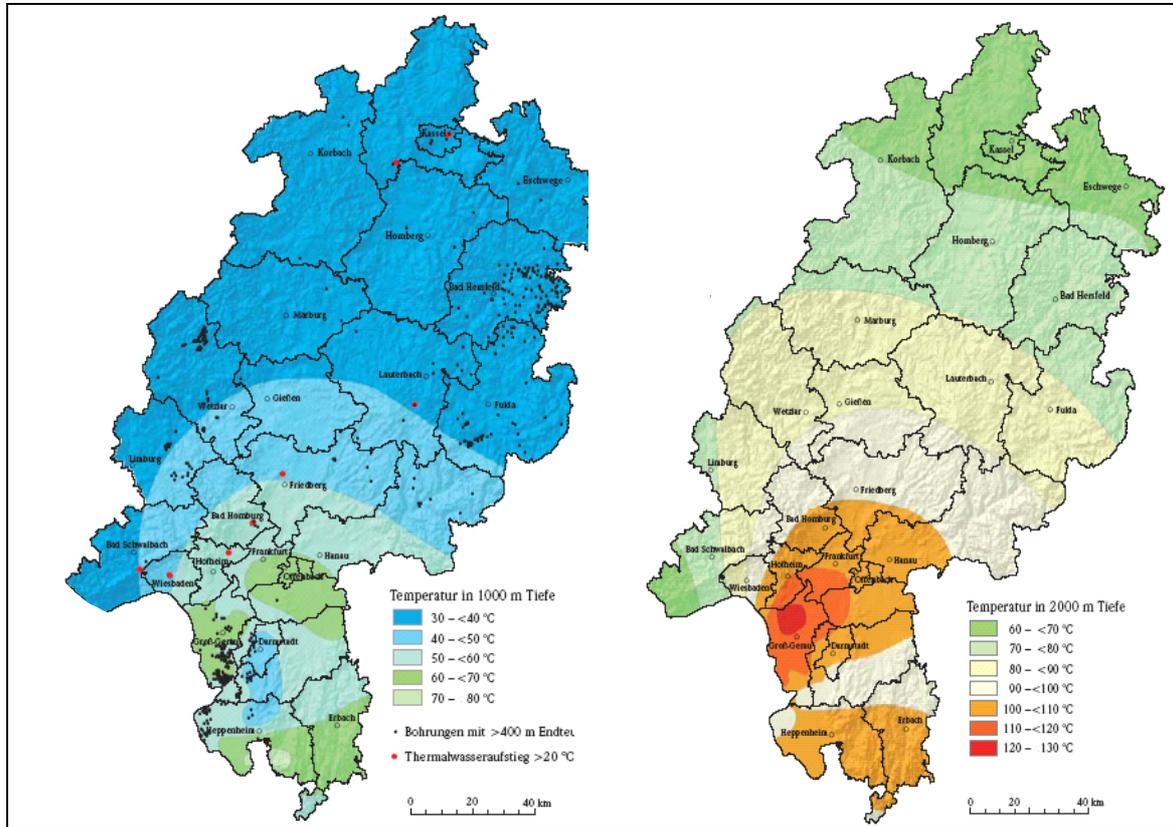
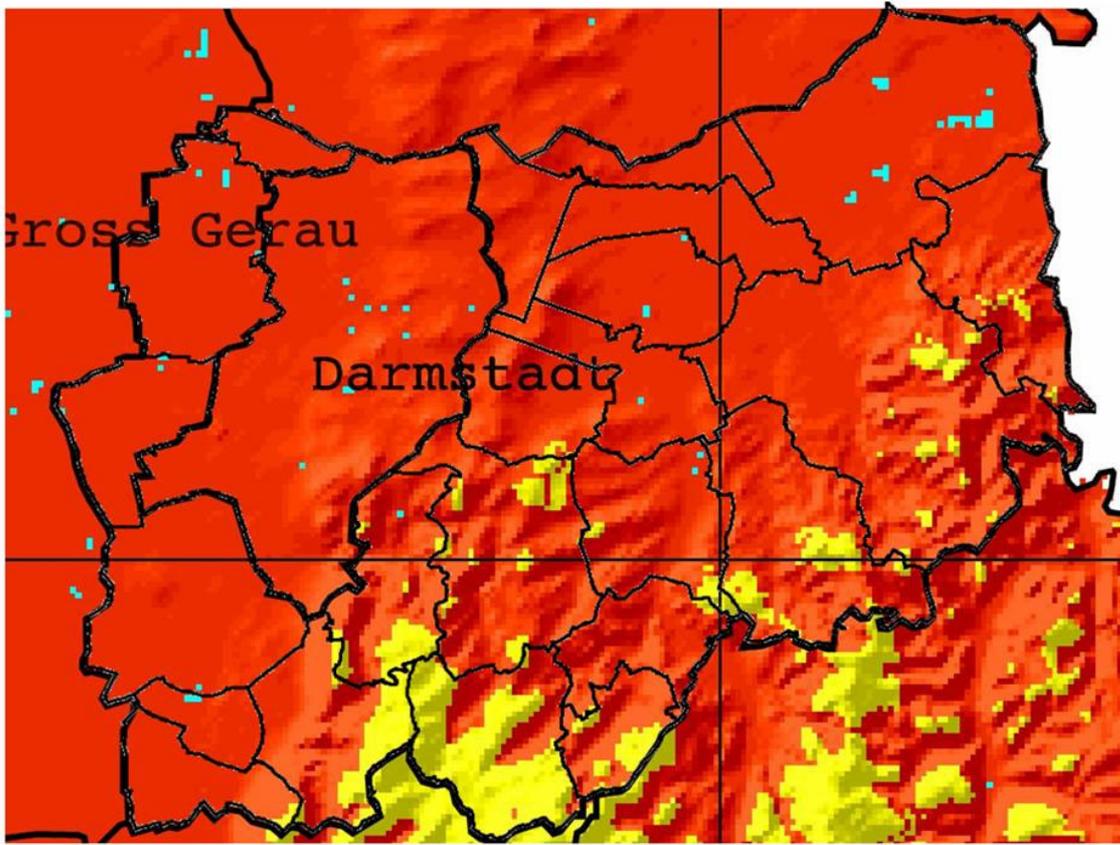


Abb. 6: Temperaturverteilung in 1.000 m und 2.000 m Tiefe in Hessen und dem Landkreis Darmstadt-Dieburg /17/

4.2.3 Windkraft

Im Landkreis Darmstadt-Dieburg ist das Windfeld - bedingt durch ein vielfältiges Zusammenwirken der Einflussfaktoren Landnutzung, Höhe und topographische Formen - sehr kleinräumig strukturiert. Vom deutschen Wetterdienst wurde die Eignung zur Windkraftnutzung in Hessen in einer Höhe von 80 m kartografiert. Abb. 7 zeigt das Ergebnis für den Landkreis Darmstadt-Dieburg. Eine mittlere Eignung für die Errichtung von Windkraftanlagen ist insbesondere in den südlich gelegenen Kommunen Modautal und Seeheim-Jugenheim festzustellen. Weitere geeignete Standorte befinden sich in Otzberg, Groß-Umstadt und Schaafheim sowie im Süden von Reinheim und im Norden von Ober-Ramstadt.



Windkraftnutzungseignung		
Fünfjahresertrag schlecht	2591 kWh/m ² Rotorfl. mäßig	4320 kWh/m ² Rotorfl. gut
Ertrag kleiner als 60% des Referenzertrages	Referenzwind=6.4 m/s	Ertrag größer als 100% des Referenzertrages

Abb. 7: Windkraftnutzungseignung im Landkreis Darmstadt-Dieburg, ermittelt in 80 m Höhe über Grund /12/

Für Jahresertragsprognosen liefert die durchschnittliche Windgeschwindigkeit lediglich näherungsweise Informationen. Relevant ist die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe, die bei modernen Anlagen bei etwa 100 m bis 120 m liegt. Im Regelfall sollte die durchschnittliche Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe nicht unter 5 m/s betragen. In Ausnahmefällen können auch niedrigere Werte bei der Windgeschwindigkeit bereits wirtschaftlich tragbare Ergebnisse bringen.

Moderne wirtschaftliche Anlagen weisen derzeit eine Nennleistung zwischen 1,5 MW und 2 MW bei Nabenhöhen zwischen 80 m und 120 m auf, die Entwicklung tendiert zu weiter steigenden Anlagenleistungen und Nabenhöhen. In Abhängigkeit vom Windangebot können dann auch Jahresvollbenutzungszahlen von 2.000 h/a und mehr erreicht werden. Die bestehenden 5 Anlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg mit einer Durchschnittlichen Leistung pro Anlage von 760 kW wiesen im Jahr 2008 durchschnittlich knapp 1.200 Volllaststunden auf. Für die in Planung befindlichen Anlagen wird dagegen mit rund 1.750 Volllaststunden gerechnet, da ein Zusammenhang zwischen der Nabenhöhe

höhe und dem Energieertrag bzw. der Jahresvollbenutzungsstundenzahl erkennbar ist. Grob überschlägig geht man in der Branche von bis zu 1 % Ertragssteigerung je Meter Nabenhöhe aus.

Aufgrund des kleinräumig strukturierten Windfeldes im Landkreis Darmstadt-Dieburg können an dieser Stelle jedoch keine für den Landkreis Darmstadt-Dieburg spezifischen Effizienz- bzw. Ertragsprognosen abgeleitet werden. Von daher orientiert sich die nachstehende Betrachtung an dem Entwurf zum Regionalplan 2007 für Südhessen sowie den fortlaufenden Entwicklungen, die im Rahmen der Offenlegung erarbeitet wurden.

Im Gegensatz zum bisher gültigen Regionalplan von 2001 ist in der Weiterentwicklung vorgesehen, die Ausweisung der möglichen Vorranggebiete für Windkraftanlagen mit einem Ausschluss aller anderen Standorte zu koppeln, d. h. außerhalb der Vorranggebiete dürfen keine raumbedeutsamen Anlagen errichtet werden. Bestehende Anlagen, deren Standorte nicht in die Vorranggebiete aufgenommen wurden, haben Bestandsschutz. Allerdings ist ein Repowering ausgeschlossen. Von den Fachstellen der Regierungspräsidien wurden daher die Gebiete, die für die Windenergienutzung geeignet wären, anhand zahlreicher Kriterienkataloge hinsichtlich ihrer ökologischen und landschaftsprägenden Auswirkungen geprüft. Weitere Einschränkungen wurden zum Schutz der Anwohner einbezogen. Die in der ersten Offenlegung der Regionalplanentwürfe vorgeschlagenen Gebiete sind somit auf der Basis umfangreicher fachlicher Vorgaben erarbeitet worden, die lediglich regional durch zusätzliche ökologische Expertisen bei konkreten Bauvorhaben zu ergänzen sind. Daher werden sie als Basis für eine Option zum potenziellen Ausbau der Windenergienutzung im Landkreis Darmstadt-Dieburg zu Grunde gelegt. Abb. 8 zeigt die im ersten Regionalplanentwurf (Stand 5/2008) ausgewiesenen Gebiete und die theoretisch auf den jeweiligen Flächen mögliche Leistung der zu errichtenden Windkraftanlagen.

Insgesamt wurde eine Fläche von 156 ha dargestellt. Legt man pro MW Leistung einer Windkraftanlage einen Flächenbedarf von 3,5 ha zu Grunde, wäre die Installation einer Gesamtleistung von 45 MW, z. B. aufgeteilt auf 18 Anlagen mit jeweils 2,5 MW, möglich, die bei einer angenommenen Vollbenutzungszeit von 2.000 h/a eine Strommenge von 90.000 MWh jährlich erzeugen könnten (vgl. Tabelle 38).

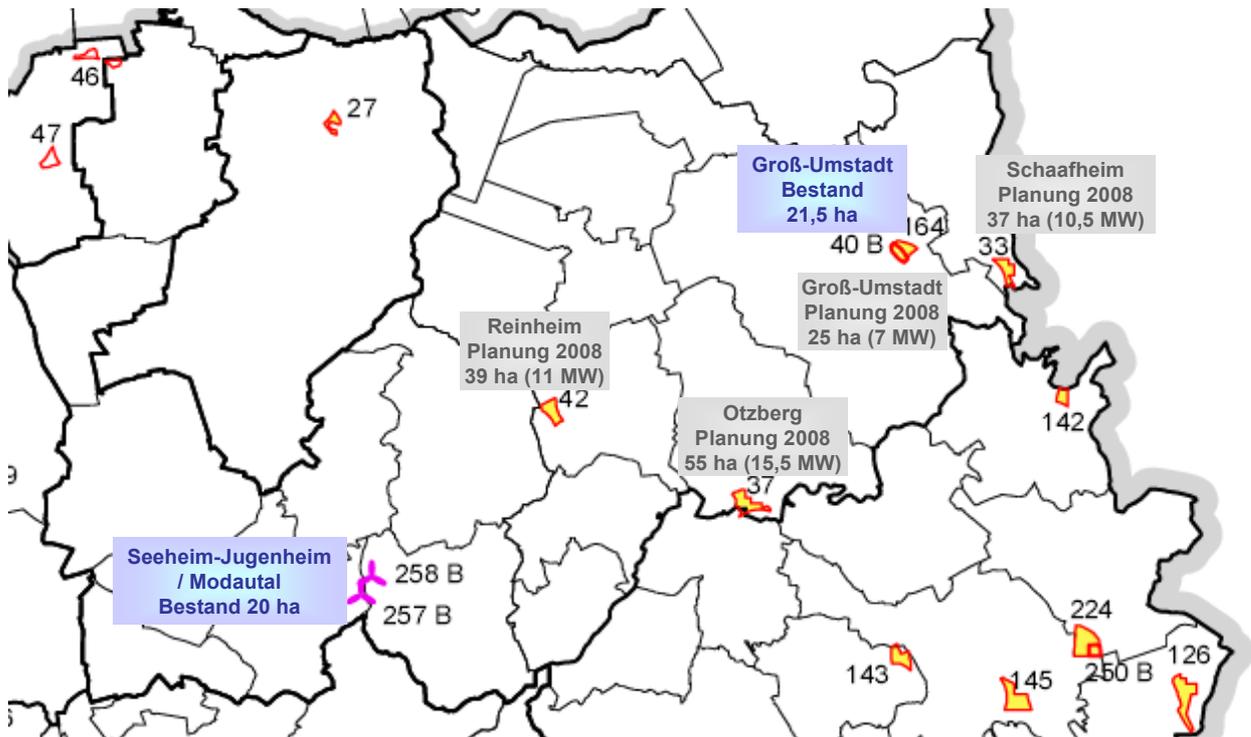


Abb. 8: Windenergienutzung: Bestandsflächen sowie Vorranggebiete laut Entwurf des Regionalplans 2007, verändert nach /35/

Im Verlauf der Diskussionen nach der ersten Offenlegung der Regionalpläne sind die möglichen Standorte für die Windkraftnutzung hessenweit kontrovers diskutiert worden. Für Südhessen wurden Standorte, die im Naturpark bzw. Geopark liegen, im Verlauf der Diskussion aus den Planungen herausgenommen. Da ein großer Teil des Landkreisgebietes entsprechend ausgewiesen ist, weist der aktuelle Regionalplan für Südhessen im Landkreis Darmstadt-Dieburg keine zusätzlichen Flächen für die Windenergienutzung aus. Auch die Bestandsflächen sind nicht als Vorranggebiete aufgenommen, so dass ein Repowering im jetzigen Stadium nicht vorgesehen ist. Somit können auf dieser Basis keine Prognosen für die Weiterentwicklung der Windenergie getroffen werden. Eine Inanspruchnahme der ursprünglich ausgewiesenen Flächen kann jedoch durch Abweichungsverfahren gegenüber dem Regionalplan angestrebt werden.

Auf Basis der Annahmen des Fraunhofer-Instituts IWES sollte hessenweit rund ein Prozent der Landesfläche für die Windenergienutzung ausgewiesen werden /25/. Vergleichbare Flächenanteile werden bundesweit als umsetzbar betrachtet und sind in einigen Bundesländern bereits für die Windkraftnutzung bereitgestellt worden. Für den Landkreis Darmstadt-Dieburg wäre in Anlehnung an diese Voraussetzung eine Fläche von 660 ha für die Windkraft auszuweisen, die die Errichtung von Anlagen mit einer Gesamtleistung von 190 MW erlaubt, wenn pro MW ein Flächenbedarf von rund 3,5 ha angenommen wird. Die beanspruchte Fläche ist dabei zu einem Großteil noch anderweitig, z. B. landwirtschaftlich, nutzbar, lediglich Fundament- und Wegeflächen sowie Versorgungstrassen werden bebaut. Ähnliches gilt für die Nutzung von bewaldeten Standorten, eine Rodung ist nur in direktem Umfeld der Anlagen notwendig, insbesondere da die Narbenhöhen moderner Anlagen bereits bei über 100 m liegen.

Der Energieertrag einer Installierten Leistung von 190 MW läge bei angenommenen 2.000 Volllaststunden bei 380.000 MWh/a, eine höhere Auslastung von 2.500 Stunden pro Jahr, die aber für Hessen schon sehr hoch gegriffen ist, würde mit einem Energieertrag von 475.000 MWh/a zu Buche schlagen. Tabelle 38 gibt einen zusammenfassenden Überblick über diese Annahmen.

Tabelle 38: Übersicht über Bestand und Potenzial an Windkraftanlagen im Landkreis Darmstadt-Dieburg /35/ /36/

	(genutzte) Fläche [ha]	Anzahl Anlagen	Installierte Leistung [kW]	Energieertrag [MWh/a]
Anlagen Bestand	19	5	3.800	4.518
Anlagen Planung (Reg.Plan 2001)	32	2	4.000	6.800
Potenzial (Entwurf Reg.Plan 2007, Stand 05/2008)	156	18	45.000	90.000
Potenzial (Entwurf Reg.Plan 2007, Stand 12/2009)	-	-	-	-
Potenzial 1 % Landkreisfläche	660	76	189.000	378.000

4.2.4 Wasserkraft

Wasserkraftanlagen sind im Landkreis Darmstadt-Dieburg an nahezu allen möglichen Standorten installiert. Informationen über möglicherweise noch bestehende Wasserechte und daraus folgende ungehobene Erschließungspotenziale lagen nicht vor. Grundsätzlich wird jedoch von einer nur sehr geringen Steigerungsmöglichkeit der Wasserkraftverstromung ausgegangen, da die Wasserrahmenrichtlinie eine Durchlässigkeit der Gewässer für Fische fordert, die durch die Errichtung von Wasserkraftanlagen behindert werden könnte. Die aktuell erzeugte Jahresenergiemenge von 290 MWh wird als Gesamtpotenzial fortgeschrieben.

4.3 Gesamtpotenzial erneuerbarer Energien

Die folgende Tabelle 39 zeigt die technischen Gesamtpotenziale zur Erzeugung regenerativer Energie im Landkreis Darmstadt-Dieburg im Überblick.

Das technische Gesamtpotenzial regenerativer Energien inklusive der Planungen zur Windenergienutzung laut Regionalplanentwurf 2007 beläuft sich auf rund 668.000 MWh pro Jahr. Aktuell im Landkreis mobilisierbar sind rund 608.000 MWh/a, da die Nutzung der Abfallströme Altholz und regenerativer Anteil des Abfalls im Landkreis eher unwahrscheinlich ist. Der Schwerpunkt liegt mit rund 57 % auf der Erzeugung von Wärme, das Potenzial im Bereich Biokraftstoffe ist mit knapp 2,5 % als marginal zu bezeichnen. Bei den Möglichkeiten zur regenerativen Stromproduktion fällt der Windkraft mit gut 40 % des Strompotenzials der Hauptanteil zu. Die Nutzung des Photovoltaikpotenzials würde gut 30 % des Strompotenzials abdecken. Bei der Nutzung von 1 % der Landkreisfläche für die Errichtung von Windkraftanlagen könnten mit dieser Energieerzeugung über 40 %

des dann anzusetzenden Gesamtpotenzials von knapp 900.000 MWh/a abgedeckt werden.

Tabelle 39: Abschätzung des technischen Gesamtpotenzials regenerativer Energien im Landkreis Darmstadt-Dieburg

Potenziale Erzeugung regenerativer Energien	Erzeugung [MWh/a]	Erzeugung [%]
Strom aus regenerativen Quellen (incl. Wind laut RP 2007)	244.500	40,2%
➤ Windenergie (Bestand / Planung)	11.300	1,9%
➤ Windenergie (Entwurf Regionalplan 2007, Stand Mai 2008)	90.000	14,8%
➤ <i>Windenergie (1 % LK-Fläche)</i>	378.000	42,2%
➤ Wasserkraft	300	0,0%
➤ Photovoltaik Privathaushalte	45.900	7,5%
➤ Photovoltaik Parks - aktuelle Planungen	900	0,1%
➤ Photovoltaik Gewerbe	24.600	4,0%
➤ Photovoltaik Freifläche	7.400	1,2%
➤ Biogasanlagen Viehhaltung	4.900	0,8%
➤ Biogasanlagen Energiepflanzen /Grünland	40.200	6,6%
➤ Biogasanlagen Bio-/Grünabfall / Reststoffe	16.700	2,7%
➤ Klärgas	2.300	0,4%
➤ Tiefengeothermie	0	0,0%
Wärme	348.900	57,4%
➤ Holz (Wald-, Straßenbegleit-, Landschaftspflegeholz, KUP)	112.300	18,5%
➤ Holz (Grünabfall, sonst. Restholz)	32.800	5,4%
➤ Stroh / Miscanthus	59.500	9,8%
➤ Biogasanlagen Viehhaltung	2.700	0,4%
➤ Biogasanlagen Energiepflanzen /Grünland	22.100	3,6%
➤ Biogasanlagen Bio-/Grünabfall / Reststoffe	8.400	1,4%
➤ Klärgas	1.000	0,2%
➤ Solarthermie (Warmwasser)	97.900	16,1%
➤ Erdwärme (im Jahr 2020)	12.200	2,0%
Biokraftstoffe	14.600	2,4%
➤ Biodiesel	14.600	2,4%
➤ Bioethanol	0	0,0%
Summe (regional mobilisierbar incl. Wind laut RP 2007)	608.000	100%
Altholz	43.900	7,2%
regenerative Anteil Restmüll	16.100	2,6%
Summe Potenzial	668.000	

Teilströme des ermittelten Potenzials werden bereits in unterschiedlichem Umfang genutzt, wie Tabelle 40 im Überblick zeigt. Da bei der Ermittlung der Anlagen zur regenerativen Energiebereitstellung im Landkreis, die auf der Basis von Festbrennstoffen arbeiten, nicht genau zu bestimmen ist, welche Stoffströme im Detail genutzt werden, kann hier die Gegenüberstellung nur näherungsweise erfolgen. Gleiches gilt für die Bereitstellung von Biogassubstraten aus der Landwirtschaft. Hier ist mit einem „Export“ der Substrate aus dem Kreisgebiet zu rechnen, um direkt hinter den Kreisgrenzen errichtete Anlagen wie z. B. die Biogasanlage in Darmstadt Wixhausen zu beliefern.

Tabelle 40: Gegenüberstellung des Potenzials und der bereits genutzten Anteile

Potenziale Erzeugung regenerativer Energien	Potenzial [MWh/a]	Nutzung [MWh/a]	Verbleibend [MWh/a]
Strom aus regenerativen Quellen	244.490	29.050	211.000
➤ Windenergie (Bestand / Planung)	11.300	4.500	6.800
➤ Windenergie (Entwurf Regionalplan 2007, Stand Mai 2008)	90.000	4.500	85.500
➤ Windenergie (1 % LK-Fläche)	378.000	4.500	373.500
➤ Wasserkraft	290	290	0
➤ Photovoltaik (Summe)	78.800	14.160	64.600
➤ Biogasanlagen NawaRo	45.100	8.900	36.200
➤ Biogasanlagen Bio-/Grünabfall / Reststoffe	16.700	0	16.700
➤ Klärgas	2.300	1.200	1.100
➤ Tiefengeothermie	0	0	0
Wärme	348.900	222.770	260.900
➤ Holz (Wald-, Straßenbegleit-, Landschaftspflegeholz, KUP)	112.300	55.400	56.900
➤ Holz (Grünabfall, sonst. Restholz)	32.800	8.900	23.900
➤ Stroh / Miscanthus	59.500	4.200	55.300
➤ Biogasanlagen NawaRo	24.800	2.700	22.100
➤ Biogasanlagen Bio-/Grünabfall / Reststoffe	8.400	0	8.400
➤ Klärgas	1.000	400	600
➤ Solarthermie (Warmwasser)	97.900	8.400	89.500
➤ Erdwärme (im Jahr 2020)	12.200	8.000	4.200
➤ Energieimport (Pellets, Produktionsreste, Brennholz sonst. Quellen)		134.770	
Biokraftstoffe	14.600	14.600	0
➤ Biodiesel	14.600	14.600	0
➤ Bioethanol	0	0	0
Summe (regional mobilisierbar)	608.000	266.400	471.900

Vom Potenzial der regenerativen Stromerzeugung (ohne Planung Windenergie) wird zurzeit knapp ein Fünftel genutzt. Unter Einbeziehung der Windkraftpotenziale im Rahmen des Regionalplans 2007 (Stand 2008) können noch 88 % des Strompotenzials mobilisiert werden. Neben der Windenergie bietet insbesondere die Photovoltaik noch ein umfangreiches Ausbaupotenzial, dessen Mobilisierung u. a. die Kooperation der Privathaushalte voraussetzt. Fast vergleichbar hoch ist das verbleibende Potenzial der Biogaserzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen und Reststoffen. Auch hier liegt die Umsetzung über-

wiegend in privatwirtschaftlicher Hand, allerdings ist der Personenkreis hier wesentlich kleiner.

Im Bereich der regenerativen Wärmebereitstellung wird bereits ein Viertel des im Landkreis ermittelten Potenzials genutzt. Allerdings wird in diesem Sektor ein relativ großer Anteil der Wärme durch Energieholzimporte wie Pellets, Produktions- und Verarbeitungsreste¹ sowie Waldholz, das von benachbarten Forstämtern und Privatwaldbesitzern stammt, erzeugt. Rund 60 % der derzeit im Landkreis Darmstadt-Dieburg regenerativ erzeugten Wärme stammt aus diesen externen Quellen und nicht aus dem landkreiseigen Potenzial.

Die holzigen Festbrennstoffe sind zu rund 45 % genutzt, während von den halmartigen Brennstoffen mit etwa 7 % nur ein sehr kleiner Anteil verwendet wird. Die umfangreiche Mobilisierung dieses Potenzials setzt weitere technische Entwicklungen voraus, die im Landkreis Darmstadt-Dieburg zur Zeit auch von einigen engagierten Landwirten und Unternehmen vorangetrieben werden. Von dem mit fast 98.000 MWh/a sehr umfangreichen Potenzial der Solarthermie zur Warmwasserbereitung werden zurzeit noch keine 10 % genutzt. Die Mobilisierung dieses Potenzials erfordert, wie bei der Photovoltaik, das Engagement von einem großen Anteil der Privathaushalte.

Die Nutzung der in Biogasanlagen bei der Verstromung anfallenden Wärme erfordert neben dem Zubau von Anlagen auch die Entwicklung entsprechender Konzepte, die eine Kooperation von Wärmeabnehmern mit einem möglichst ganzjährig konstanten Wärmebedarf mit den entsprechenden Anlagen ermöglichen.

Die folgende Abb. 9 zeigt nochmals die regenerativen Energieerzeugungspotenziale sowie die bereits genutzten Anteile der unterschiedlichen Stoffströme bzw. sonstigen Quellen im Überblick.

¹ Gewerbebetriebe wie die Firma Resopal, die aus ihren Produktionsresten regenerative Wärme erzeugt, beziehen ihre Rohstoffe üblicherweise bundesweit und „importieren“ damit auch ihren Brennstoff

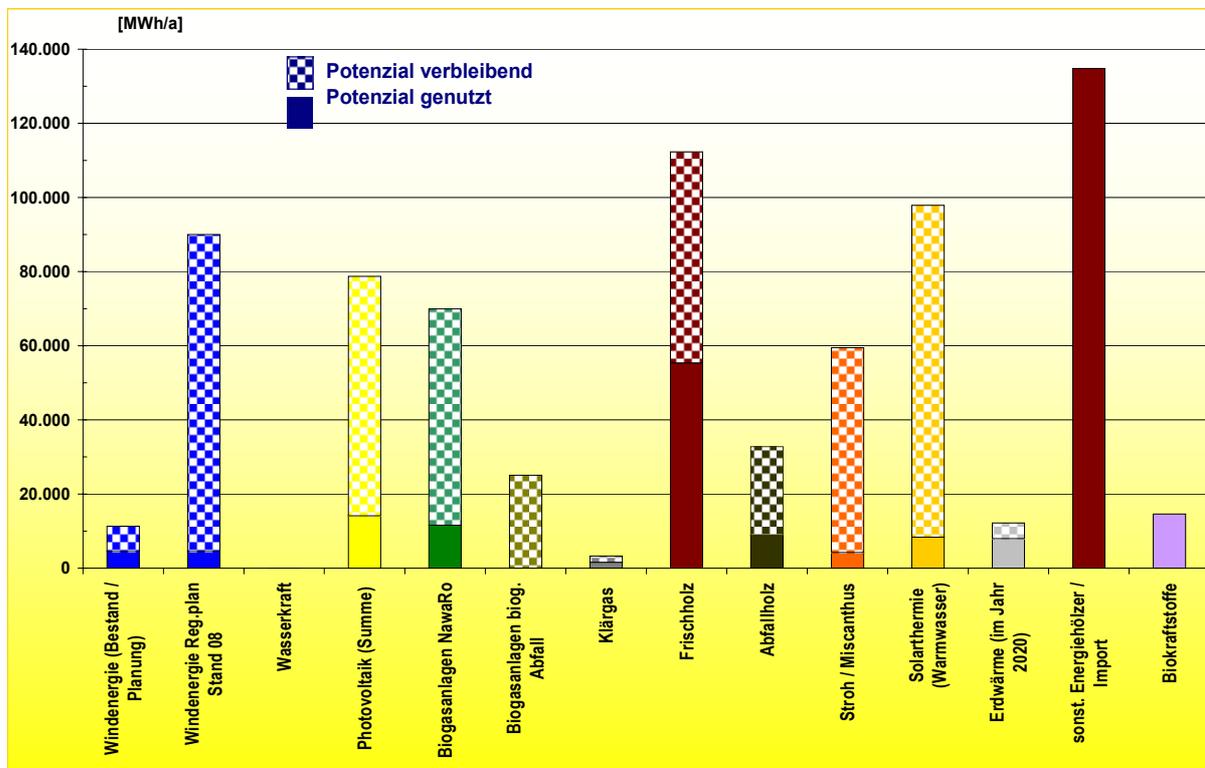


Abb. 9: Bereits genutztes und verbleibendes Energiepotenzial unterschiedlicher Stoffströme im Landkreis Darmstadt-Dieburg

Die Mobilisierung der hier dargestellten technischen regenerativen Energiepotenziale hängt entscheidend von den ökonomischen Rahmenbedingungen ab. Sowohl im landwirtschaftlichen als auch im forstwirtschaftlichen Bereich ist zu erwarten, dass die Entscheidung über die Nutzung der Rohstoffe bzw. der verfügbaren Flächen vor allem vor dem Hintergrund einer angemessenen und langfristig abgesicherten Rendite getroffen wird. Des Weiteren sind politische Rahmenbedingungen und Planvorgaben maßgeblich, die u. a. durch Landschaftspläne auch die Wind- und Solarnutzung beeinflussen sowie über Förderschwerpunkte letztendlich wieder die Wirtschaftlichkeit beeinflussen. Die Auswirkung der gesetzlichen Vorgaben zeigen sich beispielsweise in der aktuellen Diskussion über die Vergütung von Solarstrom aus Freiflächenanlagen, die in 2010 stark gekürzt bzw. gänzlich abgeschafft werden soll. Die Zusammenstellung der technischen Energiepotenziale kann somit keine Aussage über die tatsächliche zukünftige Nutzung treffen.

5 Prognose Energieverbrauch und Ziele Regenerative Energieerzeugung 2020 im Landkreis Darmstadt-Dieburg

5.1 Prognose des Endenergiebedarfs im Landkreis Darmstadt-Dieburg

Um Rückschlüsse auf künftige Entwicklungen hinsichtlich des Energieverbrauchs ziehen zu können, muss die demographische Entwicklung berücksichtigt werden. Bundesweit wird lt. Leitszenario der Leitstudie 2007 von einem Bevölkerungsrückgang bis zum Jahr 2015 von ca. 0,6 % gegenüber dem Stand von 2005 ausgegangen. Auch für Hessen wird ein Bevölkerungsrückgang prognostiziert, wobei bis zum Jahr 2025 eine Abnahme von 3,1 % erfolgen soll (Schmidt-Wahl, 2008). Für den Regierungsbezirk Darmstadt wird bis zu diesem Stichjahr ein deutlich geringerer Bevölkerungsrückgang (~ 0,6 %) erwartet. Wie Abb. 10 zeigt, wird sowohl im Regierungsbezirk Darmstadt als auch im Landkreis Darmstadt-Dieburg bis zum Jahr 2020 zunächst mit einem leichten Bevölkerungswachstum (um ca. 3.000 BürgerInnen) gerechnet, welches in den Folgejahren wieder abnimmt.

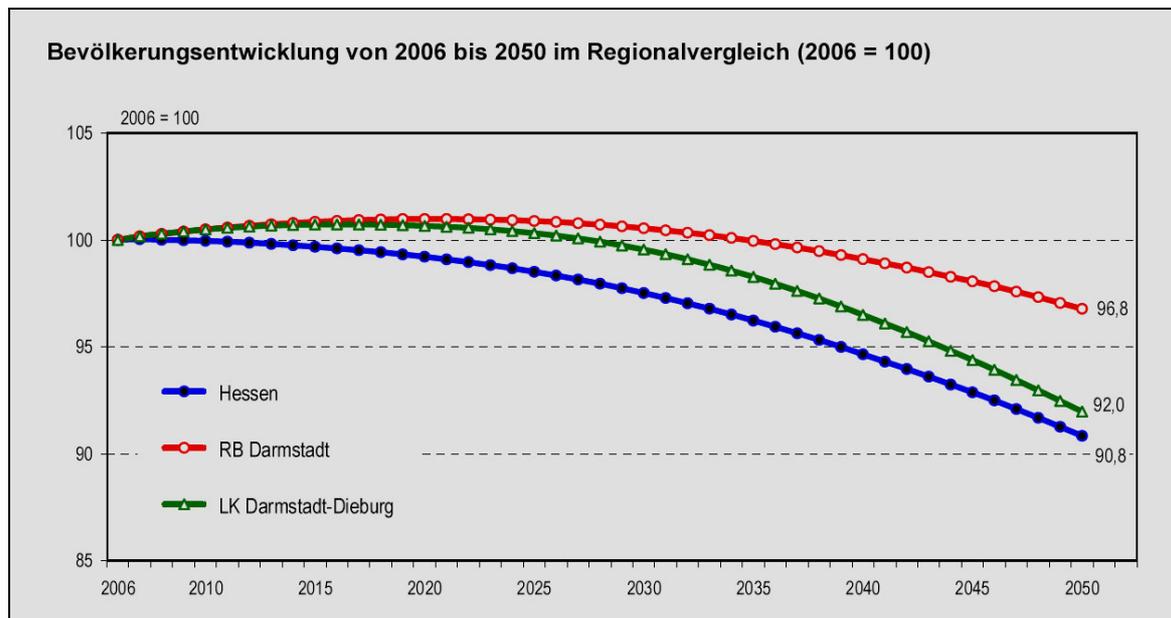


Abb. 10: Künftige Bevölkerungsentwicklung im Landkreis Darmstadt-Dieburg im Vergleich zum Regierungsbezirk Darmstadt und dem Land Hessen (Hessen Agentur, 2007)

Die aktuellen Beobachtungen des Landkreises Darmstadt-Dieburg haben jedoch bereits von 2003 bis 2007 einen leichten Bevölkerungsrückgang um 0,3 % festgestellt, so dass mittlerweile davon ausgegangen werden kann, dass die demografische Entwicklung dem hessischen Trend folgen wird /32/.

Als zweiter wichtiger Einflussfaktor auf den zukünftigen Energiebedarf spielen die Wirkungen von Effizienzstrategien zur besseren Nutzung vorhandener Energieträger eine große Rolle. Neben technischen Verbesserungen sind hier insbesondere Maßnahmen zur Energieeinsparung wie Wärmedämmung und Rationalisierung des Stromeinsatzes bedeutsam. Im Rahmen der bundesweiten Leitstudie 2008 /3/ und auch in der Aktualisie-

zung durch das Leitszenario 2009 /4/ sowie in den aktuellen Daten des INKLIM Updates 2008 für Hessen /20/ werden entsprechende Abschätzungen getroffen, die im Ergebnis zu einem Rückgang des Endenergiebedarfs von knapp 11 % bis zum Jahr 2020 führen, ohne dass die Produktivität beeinträchtigt wird. Der Energiebedarf des Landkreises Darmstadt-Dieburg dürfte analog dieser Annahmen ebenfalls um diese Größenordnung zurückgehen. Der Schwerpunkt des Energierückgangs wird dabei mit 13 % für den Wärmebereich erwartet, während für den Strom- und Kraftstoffverbrauch mit Verminderungen von 8 % gerechnet wird. Der Gesamtenergiebedarf des Landkreises würde im Jahr 2020 demnach von rund 8.000 GWh/a auf etwa 7.200 GWh/a zurückgehen, wobei auf den Bereich Wärme rund 3.600 GWh/a, auf den Strombereich rund 1.150 GWh/a sowie auf den Kraftstoffbereich etwa 2.400 GWh/a entfallen (vgl. Abb. 11).

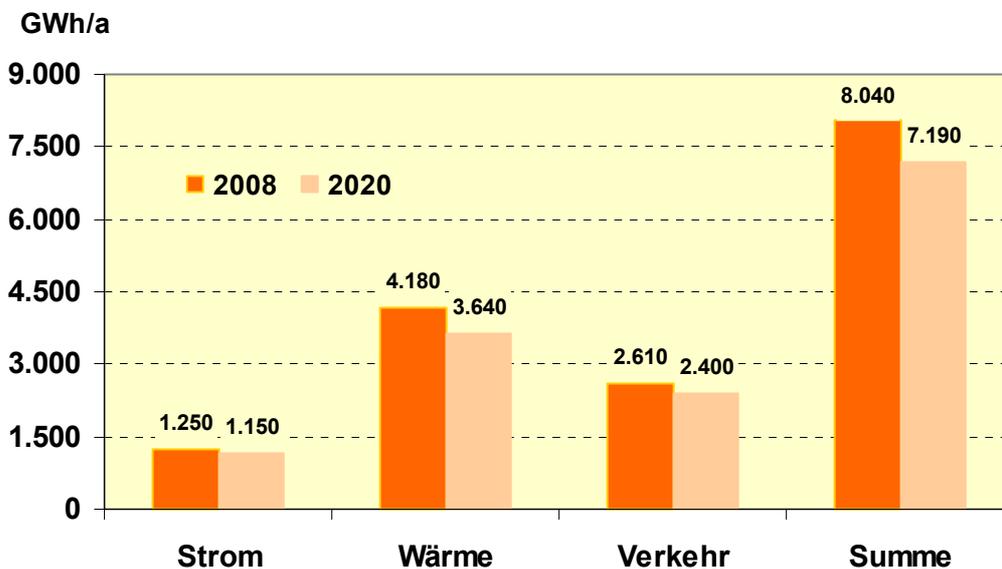


Abb. 11: erwartete Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Landkreis Darmstadt-Dieburg bis zum Jahr 2020 (verändert nach /3/ /4/ /20/)

6 Fazit

Im Vergleich zum Land Hessen mit 287 Einwohnern pro km² weist der Landkreis Darmstadt-Dieburg mit 438 Einwohnern pro km² eine gut 50 % höhere Bevölkerungsdichte auf. Dementsprechend ist auch der Energiebedarf im Landkreis, bezogen auf die verfügbare Fläche, höher als im hessischen Durchschnitt. Aufgrund der Lage nahe dem Rhein-Main-Gebiet steht zudem nur ein geringerer Anteil der Ackerfläche für den Energiepflanzenanbau zur Verfügung als hessenweit, da größere Flächen für den Anbau von Sonderkulturen (Gemüse, Kartoffeln, Erdbeeren etc.) genutzt werden. Diese Konstellation erschwert für den Landkreis Darmstadt-Dieburg das Erreichen des pauschal als prozentuale Angabe gemachten hessischen Klimaziels, im Jahr 2020 20 % des Endenergiebedarfs (ohne Verkehr) regenerativ zu erzeugen. Vielmehr erscheint es sinnvoll, die aufgezeigten Potenziale möglichst umfassend zu nutzen und als Zielvorgabe absolute Größen und vor allem konkrete Vorhaben ins Auge zu fassen, die im Rahmen von Umsetzungskonzepten zeitlich fixiert werden können, um eine Evaluierung der Fortschritte möglich zu machen.

Wesentliche Komponente eines entsprechenden Klimakonzeptes ist die Verbesserung der Energieeffizienz. Dabei spielt auf der einen Seite die technische Optimierung von Energieerzeugungsanlagen sowohl für konventionelle als auch für regenerative Energien eine Rolle. Die verstärkte Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung und der bei der Stromerzeugung in bereits bestehenden Anlagen entstehenden Wärmeenergie ist ein Aspekt dieser Strategie. Auf der anderen Seite zeigt die Analyse der Wärmebedarfsstruktur im Landkreis, dass der Heizenergiebedarf der Privathaushalte rund 70 % vom Wärmeverbrauch und damit über 35 % des gesamten Energiebedarfs des Landkreises ausmacht. Hier bietet sich ein Ansatzpunkt, um die Bürgerinnen und Bürger des Landkreises aktiv in der Bemühung um verstärkte Wärmedämmung ihrer Gebäude sowie bei anderen effizienzsteigernden Maßnahmen zu unterstützen. Sowohl Beratungsangebote hinsichtlich der anzustrebenden Maßnahmen und der Vorgehensweise als auch finanzielle Anreize versprechen hierbei Erfolg.

Allerdings ist aufgrund der zahlreichen Ansprechpartner und kleinteiligen Maßnahmenstruktur auf diesem Gebiet mit einer relativ langen Umsetzungsphase zu rechnen. Andererseits beschleunigt eine Verteuerung der (fossilen) Energieträger diese Entwicklung erfahrungsgemäß erheblich.

Eine weitere relevante Zielgruppe für Maßnahmen zur Energieeinsparung sind Gewerbe- und Industriebetriebe. Im Gegensatz zu den privaten Haushalten ist die Ausgangssituation hier allerdings von Betrieb zu Betrieb sehr unterschiedlich, so dass eine individuelle Beratung des jeweiligen Betriebes hinsichtlich der besonders effizienten und auch ökonomisch tragbaren Maßnahmen erforderlich ist. Auch für diesen Bereich gilt, dass mit dem Ansteigen der Energiepreise eine Beschleunigung der Umsetzung zu erwarten ist.

Der zügige Ausbau der Bioenergienutzung, der in der Vergangenheit zu beobachten war, erfolgte überwiegend auf Basis leicht verfügbarer Rohstoffe, die mit den bekannten Konversionstechniken problemlos nutzbar sind. Ein Beispiel stellt das Waldholz dar, das verstärkt von Privathaushalten nachgefragt wurde und auch bevorzugt in Form genormter Holzhackschnitzel in Feuerungsanlagen mittlerer Größe eingesetzt wird. Dieses Potenzial ist mittlerweile in der Region zu einem großen Anteil genutzt. Die verbleibenden Bioenergiepotenziale umfassen im Schwerpunkt Stoffströme, deren Nutzung technische Anpassungen oder die Entwicklung logistischer Konzepte erfordert. Zu diesen Stoffströmen gehören beispielsweise Stroh, das in bestehenden Feuerungsanlagen nur schwer einsetzbar ist, oder Kurzumtriebshölzer, deren Anbau vorab organisiert werden muss und die eine längere Vorlaufzeit benötigen. Mittelfristig bietet sich auch die Ergänzung der stofflichen Nutzung von Bio- und Grünabfällen um eine energetische Komponente an.

Neben der Bioenergienutzung bietet sich die verstärkte Mobilisierung der sonstigen regenerativen Energien an. Photovoltaik, die bereits eine hohe Akzeptanz im Kreisgebiet hat, sowie insbesondere Windenergie versprechen hohe Energieerträge auf begrenzter Fläche. Ein Schwerpunkt kann zudem auf der Installation von Solarthermieanlagen zur Warmwasserbereitung und auch zur Heizungsunterstützung im Bereich der Privathaushalte liegen. Die hierüber erzeugbare Niedertemperaturwärme entspricht der Bedarfsstruktur der Haushalte in besonderem Maß.

7 Empfehlungen für nächste Schritte

7.1 Kreiseigene Liegenschaften

Obwohl der Wärme- bzw. Strombedarf kreiseigener Liegenschaften lediglich jeweils unter 1 % des Gesamtbedarfs im Kreis Darmstadt-Dieburg liegt, bietet sich der verstärkte Einsatz regenerativer Energie sowie Energieeffizienzmaßnahmen in diesem Segment aufgrund der Vorbildfunktion besonders an. Ein weiterer Vorteil liegt in der Weisungsberechtigung, die der Kreis hier hat. Mit der energetischen Sanierung des Kreishauses in Darmstadt, dessen Wärmeversorgung und Klimatisierung bisher auf Basis von Strom erfolgte, wird derzeit bereits ein öffentlichkeitswirksames Projekt durchgeführt. Zudem werden auch schon 9 % des Wärmebedarfs der kreiseigenen Liegenschaften durch Holzheizungen bereitgestellt.

Als Grundlage für die zügige Umstellung der Energieversorgung kreiseigener Liegenschaften ist ein Kreistagsbeschluss, der der regenerativen Energie Priorität einräumt, hilfreich. Auch eventuelle Rahmenbedingungen, wie z. B. die Festlegung, inwieweit höhere Investitionskosten gegenüber „konventionellen“ Heizanlagen angesichts der Einsparungen bei den Betriebskosten akzeptabel sind, können hier vorab geregelt werden, um die Umsetzung zu beschleunigen. Der Landkreis Darmstadt-Dieburg hat bereits Leitlinien für den Eigenbetrieb Da-Di-Werk, Betriebszweig Gebäudemanagement, erarbeitet, die entsprechende Vorgaben zur Einhaltung ökologischer Umweltstandards enthalten. So müssen beispielsweise bei Dachsanierungen Möglichkeiten für die Installation von Photovoltaikanlagen geschaffen werden, bei der Erneuerung von Heizungsanlagen ist jeweils zu prüfen, ob Holzkessel eingesetzt werden können. Zudem sind sämtliche Sanierungsarbeiten nach den Standards der Passivhausvorgaben durchzuführen /10/.

Der Austausch der Heizsysteme und Wärmeerzeuger kann üblicherweise erst nach Ablauf der Abschreibungsfristen erfolgen, wenn eine Erneuerung der Heizung erforderlich ist. Um nach Möglichkeit alle geeigneten Gebäude mit regenerativer Energie zu versorgen, bietet sich die systematische Erfassung der technischen Rahmenbedingungen in allen kreiseigenen Liegenschaften an. Neben Alter und Zustand der Heizung und der Warmwasserversorgung, dem Platzangebot sowie planerischen Vorgaben sollte auch der bauliche Zustand hinsichtlich Wärmedämmung und Qualität der Fenster erfasst werden. Die Auswertung der Daten ermöglicht die Erstellung eines Umsetzungsplans, der zeitliche Vorgaben enthält und auch notwendige Sanierungs- und Wärmedämmungsmaßnahmen erfasst, die vor dem Umbau der Heizung zur Verminderung des Energiebedarfs durchgeführt werden sollten.

7.2 Nutzung von Reststoffen

Ein weiteres Handlungsfeld, das im Einflussgebiet des Kreises liegt, beruht auf der Mobilisierung von Reststoffen zur energetischen Nutzung. Der Einsatz von Holzigen Anteilen aus der Grünabfallsammlung wurde vom Da-Di-Werk bereits in Erwägung gezogen, aufgrund von ungünstigen Rahmenkonstellationen jedoch nicht weiterverfolgt. Hier bestünde die Möglichkeit, mit einem veränderten Konzept und unter Einbeziehung der Erfahrungen anderer Körperschaften /23/ erneut einen Ansatz zu erarbeiten, der speziell auf diesen Stoffstrom abgestimmt ist. Für den Kreis besteht zudem der Vorteil, dass für diesen Stoffstrom auch zukünftig keine konkurrierende Nutzung zu erwarten ist.

Die Bioabfälle werden im Landkreis Darmstadt-Dieburg dezentral an fünf Standorten zu hochwertigem Kompost verarbeitet und auch erfolgreich vermarktet. Als Ergänzung zu dieser stofflichen Verwertung, die auch klimarelevant als Torfersatz dient, könnte die Vergärung eines Teilstroms der Bioabfälle geprüft werden. Das verbleibende Gärsubstrat

enthält weiterhin den überwiegenden Teil der Nährstoffe und kann nach der Kompostierung wie der direkt erzeugte Kompost genutzt werden.

7.3 Bauplanerische Vorgaben (bedingt vom Kreis beeinflussbar)

Über die Benennung bzw. Schaffung geeigneter Wärmesenken steht dem Kreis ein indirektes Instrument zur Förderung der regenerativen Energie zur Verfügung. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Koordination unterschiedlicher Projektpartner wie Energieabnehmer, Anlagenbetreiber und ggf. Rohstofflieferanten. Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit, im Rahmen von bauplanerischen Vorgaben die regenerative Energienutzung einzubeziehen, indem z. B. Gewerbegebiete mit Bevorzugung der Bioenergienutzung ausgewiesen werden bzw. in Neubaugebieten ein Anschlusszwang an regenerative Fernwärmeversorgung vorgeschrieben wird. In geeigneten Siedlungsbereich bietet sich zudem bei Straßen- bzw. Kanalsanierungsmaßnahmen die Verlegung von Nahwärmenetzen an, um ggf. eine zentrale Energieversorgung zu ermöglichen. Auch Mikrogasleitungen für nicht aufbereitetes Biogas können an entsprechenden Standorten mit eingeplant werden. Diese Infrastrukturen sind unabhängig vom Wärmeerzeuger und in der Regel bis zu einem Zeitraum von 50 Jahren nutzbar.

7.4 Öffentlichkeitsarbeit

Obwohl regenerative Energien von vielen Bürgern bereits als wichtiger Bestandteil des Klimaschutzes eingeschätzt werden, fehlt für einige Sparten weiterhin die Akzeptanz, insbesondere wenn es um größere Anlagen im engeren Umfeld der Bürger geht. Hier wird insbesondere die Windenergie in ganz Hessen sehr kontrovers diskutiert. Im Landkreis Darmstadt-Dieburg wurden von den Fachbehörden des Regierungspräsidiums Darmstadt im Rahmen des Regionalplanentwurfs 2007 mehrere Standorte als geeignet für die Windenergienutzung ausgewiesen, die allerdings im Laufe der Offenlegungen abgelehnt wurden. Diese fachliche Basis könnte allerdings als Grundlage für Bestrebungen im Landkreis dienen, über Abweichungsverfahren vom Regionalplan eine Nutzung für diese Standorte zu realisieren.

Ein Schwerpunkt der Aufgaben für den Kreis liegt dabei in der Durchführung von Öffentlichkeitsarbeit, um sowohl die Bürger als auch die kommunalen Entscheidungsträger von den Vorteilen einer Windkraftanlage auf dem eigenen Gemeindegebiet zu überzeugen. In erster Linie bietet sich analog zu den Bürgersolaranlagen die Einbindung der Bewohner über das Angebot von Beteiligungen an, die möglichst unkompliziert auch für kleinere Beträge ab z. B. 1.000 € als Geldanlage genutzt werden können. Dieses Betreibermodell erfordert die Gründung entsprechender Gesellschaften, die von Seiten des Kreises möglicherweise in Form einer Rechtsberatung unterstützt werden könnte.

Darüber hinaus ist seit der Verabschiedung des Jahressteuergesetzes 2009 die Verteilung der Gewerbesteuer zwischen der Kommune, die Sitz der Betreibergesellschaft ist, und der Standortkommune zu Gunsten des Standortes neu geregelt worden /11/. Die Standortkommune erhält seit 2008 rund 70 % der Gewerbesteuereinnahmen, die der Betreiber zu entrichten hat. Handelt es sich um einen Bürgerwindpark mit Sitz der Betreibergesellschaft am Standort der Anlage, fallen sogar die gesamten Gewerbesteuereinnahmen der Standortkommune zu. Nach /9/ sind über die gesamte Laufzeit einer Windkraftanlage von rund 20 Jahren durchschnittlich 100.000 € an Steuereinnahmen pro MW installierter Leistung zu erzielen. Die Zahlungen setzen teilweise erst ab dem achten Betriebsjahr ein, weil bis dahin vom Betreiber ein Großteil der Abschreibungen geltend gemacht wird, so dass hier langfristige Kalkulationen berücksichtigt werden müssen. Als weiterer Vorteil können sich für eine Kommune Pachtzahlungen für den Standort erwei-

sen, sofern sich das Gelände nicht in Privatbesitz befindet. Die Pachtzahlungen können sich auf bis zu 20.000 € jährlich für eine Anlage mit 2 MW Leistung belaufen.

7.5 Zielgruppenspezifisches Beratungsangebot

Zur Verbesserung der allgemeinen Rahmenbedingungen für die Nutzung regenerativer Energien und die Verbesserung der Energieeffizienz im Landkreis kann zudem ein umfangreiches Beratungsangebot beitragen, das von Seiten des Landkreises zur Verfügung gestellt werden könnte. Neben den Bürgern, deren Privathaushalte nahezu die Hälfte der Energie im Landkreis benötigen, stellen auch kommunale Entscheidungsträger aus Politik und Verwaltung eine bedeutende Zielgruppe dar, da viele Weichenstellungen für regionale Projekte auf dieser Ebene vorgenommen werden.

7.6 Erarbeitung Klimaschutzkonzept

In diesem Rahmen besteht auch die Möglichkeit, ein Gesamtkonzept zum Klimaschutz für den gesamten Landkreis auszuarbeiten, um die vorhandenen Ressourcen und Potenziale optimal und in zeitlich abgestimmter Reihenfolge zu aktivieren. Hierbei erscheint es besonders wichtig, alle bereits in diesem Segment tätigen Akteure zu vernetzen und die unterschiedlichen Bemühungen und Ziele zu koordinieren, um Reibungsverluste zu vermeiden. Vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) werden Klimaschutzprojekte, die eine umfassende CO₂-Bilanz sowie Maßnahmenpakete zur Verbesserung des Klimaschutzes unter Einbeziehung der regionalen Akteure erarbeiten, mit einem Anteil von bis zu 70 % gefördert². Die sich aus dem Konzept ergebenden Umsetzungsplanungen können mit gleichem Anteil bezuschusst werden. Klimaschutztechnologien zur Stromnutzung, die bei der Konzeptumsetzung errichtet werden, können mit einem Anteil von 25 % der Investitionskosten bezuschusst werden.

² Diese Förderung wurde im Rahmen der derzeit diskutierten Sparvorhaben der Bundesregierung zurzeit ausgesetzt. Die weitere Entwicklung ist noch unklar.

8 Literatur

- /1/ Amprion GmbH, Übertragungsnetzbetreiber (2010): Veröffentlichungen nach § 52 EEG; einsehbar unter: <http://www.amprion.net/eeg-jahresabrechnung-2008>
- /2/ Hochbauabteilung Landkreis Darmstadt-Dieburg (2007) statt 1
- /3/ BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [Hrsg.] (2008): Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien - Leitstudie 2008
- /4/ BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [Hrsg.] (2008): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland - Leitszenario 2009
- /5/ Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Bafa) (2010): Informationsportal: www.biomasseatlas.de
- /6/ Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Bafa) (2010): Informationsportal: www.solaratlas.de
- /7/ Bundesverband der Energiewirtschaft (BDEW); 2009: Presseinformation, Internetveröffentlichung
- /8/ Bundesverband Solarenergie (2009): Internetveröffentlichung
- /9/ Bundesverband Windenergie e. V., Pressemitteilung 18.08.2006: Prognos-Studie: Windenergie steigert Gewerbesteuer-Einnahmen in Norddeutschland, Internetveröffentlichung.
- /10/ Da-Di-Werk Gebäudemanagement (2008): Leitlinien zum Wirtschaftlichen Bauen
- /11/ Deutscher Städte- und Gemeindebund (2009): Informationen zum Jahressteuergesetz 2009, Internetveröffentlichung unter: http://www.dstgb.de/homepage/artikel/schwerpunkte/gemeindefinanzen/steuern/jahressteuergesetz_2009_im_bundesgesetzblatt_veroeffentlicht/index.html
- /12/ Deutscher Wetterdienst (2010), Kartengrundlage 2010
- /13/ Energieagentur NRW (2006), Auswertung für 3.700 Gebäude im Bistum Münster
- /14/ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2009): Biokraftstoffe – Basisdaten Deutschland.
- /15/ GGEW Gruppen-Gas- und Elektrizitätswerk Bergstraße Aktiengesellschaft , Angaben zur installierten Leistung der Photovoltaikanlagen im LK Darmstadt-Dieburg 2009

- /16/ Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) (2009)
Internetinformation zu oberflächennaher Geothermie unter:
<http://www.hlug.de/medien/geologie/erdwaerme/karten.html>
- /17/ Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) (2009): Broschüre „Nutzung tiefer Geothermie in Hessen“
- /18/ Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) (2009): mündliche Mitteilung
- /19/ Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) (2009): Umweltatlas Hessen, Internetveröffentlichung unter <http://atlas.umwelt.hessen.de>
- /20/ Hessisches Statistisches Landesamt (2009) – persönliche Mitteilung
- /21/ Hessisches Statistisches Landesamt (2009): Hessische Gemeindestatistik 2008, Internetveröffentlichung
- /22/ Hessisches Statistisches Landesamt: Hessische Gemeindestatistik 2007
- /23/ Hildenbrand, K.P. (2009): Grünabfallnutzungskonzept im Rhein-Hunsrück-Kreis. In: Kern, M., T. Raussen und E. Apel (Hrsg.) Energetische und stoffliche Verwertung von Abfallbiomasse, HeRo, Witzenhausen, S. 191-202
- /24/ Hilger, J. (2000): Struktur- und Absatzplanung für die Verwertung von Speiseresten als Futtermittel. Dissertation. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn. 311 Seiten.
- /25/ HMUELV (Hrsg., 2010): Biomassepotenzialstudie Hessen – Stand und Potenziale der energetischen Biomassennutzung in Hessen
- /26/ HMUELV (Hrsg., 2010): Grunddaten und Modelle zur Nutzung erneuerbarer Energien in Hessen – Ergänzungsband: Stand und Potenziale sonstiger erneuerbarer Energien
- /27/ HMUELV (Hrsg., 2010): Erhebungen zum Scheitholzverbrauch privater Haushalte in Hessen (im Druck)
- /28/ Kautz, O. (1995): Charakterisierung und Aufkommen der Abfälle. In: Thomé-Kozmiensky, K. (Hrsg.): Biologische Abfallbehandlung. S. 67–130.
- /29/ Kirchliche Umweltberatung (2007): Kirchlicher Beitrag zur Agenda 21 des Dekanats Hof
- /30/ Kraftfahrt-Bundesamt (2007): Bestand an Kraftfahrzeugen am 01.01.2007 nach Ländern und Kraftstoffarten sowie Zentrales Fahrzeugregister (ZFZR)
- /31/ Kraftfahrt-Zulassungsstelle Landkreis Darmstadt-Dieburg, mündliche Mitteilung 2010 zum Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhänger mit amtlichem Kennzeichen im Landkreis Darmstadt-Dieburg am 01.01.2009

- /32/ Landkreis Darmstadt-Dieburg, 2008: Junge Bevölkerung 2007, demografische Struktur und Entwicklung der jungen Bevölkerung und Ausblick bis 2050. Internetveröffentlichung
- /33/ Landkreis Darmstadt-Dieburg, 2010: Mitteilung Da-Di-Werk, Umweltmanagement Fr. Flemming
- /34/ Zweckverband Abfallverwertung Südhessen (ZAS) (2009)
- /35/ Regierungspräsidium Darmstadt, 2008: Entwurf Regionalplan Südhessen, Stand Mai 2008 inklusive kartografischer Darstellung
- /36/ Regierungspräsidium Darmstadt, 2008: Entwurf Regionalplan Südhessen, Stand 2009
- /37/ Saatweber, J. 2008: Die Bewertung des Heizenergieverbrauchs mit den Gradtagszahlen, Internetveröffentlichung
- /38/ UFOP e. V. (2009): Biokraftstoffverbrauchsstatistik 2008. In: UFOP Marktinformationen – Ölsaaten und Biokraftstoffe.
- /39/ VNB Rhein-Main-Neckar GmbH & Co. KG, Darmstadt, Angaben zur installierten Leistung der Photovoltaikanlagen im LK Darmstadt-Dieburg 2009
- /40/ Wasserverband Mümming und Gersprenzgebiet, Wasserverband Schwarzbach-Gebiet-Ried und Modaugebiet (2010) mündliche Mitteilung
- /41/ Witzenhausen-Institut (2008): Optimierung der biologischen Abfallbehandlung in Hessen. Studie im Auftrag des Hess. Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz.