

Dresdner ÖKOTHERM GmbH

Ingenieurbüro für Versorgungs- und Gebäudetechnik

Großenhainer Straße 144 · 01129 Dresden · Tel. (03 51) 85 31 60 · Fax (03 51) 8 58 00 30

Niederlassung Leipzig · Bornaische Straße 6 · 04277 Leipzig · Tel. (03 41) 255 38 11 · Fax (03 41) 225 38 79

Email: mail@dresdner-oekootherm.de



Europa fördert Sachsen.



B 09/027

Energiekonzept für die Region Westlausitz

Die Erstellung der Energiekonzeption wurde im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und mit Mitteln des Freistaates Sachsen gefördert.

Auftraggeber: Westlausitz-Regionale.Wirtschaft.Leben e. V.
Wesenitzweg 6

01909 Großharthau

Auftragnehmer: Dresdner ÖKOTHERM GmbH
Ingenieurbüro für Versorgungs- und Gebäudetechnik
Großenhainer Straße 144

01129 Dresden

.....
Dr.-Ing. W. Heße
Geschäftsführer

.....
Dipl.-Wirt.-Ing. J. Szelig
Bearbeiterin

Dresden, am 30.11.2009

Handelsregister: Dresden HR B 29
Steuer-Nr.: 202/107/00030
USt-Id. Nr.: DE 140204925



Geschäftsführung
Dr. Wolfgang Heße
Tilo Bauer
Bernd Klimes

Bankverbindung
HypoVereinsbank
Kto.-Nr.: 592 2518
BLZ: 850 200 86
Deutsche Bank
Kto.-Nr: 770 9579
BLZ: 870 700 00

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	4
2	Strukturdaten	8
2.1	Wichtige Ansprechpartner in den Kommunen	8
2.2	Bevölkerung und Flächen	9
2.3	Gebäude- und Wohnungsbestand	10
2.4	Öffentliche Finanzen	11
2.5	Erwerbstätigkeit und Gewerbe	11
2.6	Landwirtschaft	14
2.7	Forstwirtschaft	16
2.8	Verkehr und Kfz-Bestand	18
2.9	Versorgungsstruktur ENSO	20
2.10	Einsatz erneuerbarer Energie	20
2.10.1	Elektroenergie	20
2.10.2	Wärmeenergie	24
3	Verbrauchsdaten	25
3.1	Informationen zu den Quellen für die Verbrauchsdaten	25
3.2	Elektroenergie	25
3.3	Wärmeenergie	27
3.3.1	Erdgas	27
3.3.2	Abgasanlagen und Schornsteine	28
3.3.3	Befragungen von Privathaushalten	29
3.3.4	Verhältnis von Elektroenergie- zu Wärmeverbrauch	32
3.3.5	Schätzung des Wärmebedarfs der Region Westlausitz	32
3.4	Energieverbrauch für Kraftstoff	34
3.5	Zusammenfassung Verbrauchsdaten	35
3.5.1	Verbrauchsdaten	35
3.5.2	CO ₂ -Emission	35
4	Potenzialermittlung	37
4.1	Windenergie	37
4.2	Solarenergie	45
4.2.1	Photovoltaik	45
4.2.2	Solarthermie	49
4.3	Biogene Energie	50
4.3.1	Forstwirtschaft	50
4.3.2	Landwirtschaft	51
4.4	Geothermie und Wasserkraft	54
4.4.1	Geothermie	54
4.4.2	Wasserkraft	56

4.4.3	Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	56
4.5	Zusammenfassung Potenzialermittlung	57
5	Prognose der Bedarfsentwicklung	61
5.1.1	Elektroenergie	62
5.1.2	Wärmeenergie	62
6	Vorstellung und Bewertung der Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energie	63
6.1	Vorstellung der Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energie	63
6.1.1	Photovoltaikanlagen	63
6.1.2	Windkraftanlagen	63
6.1.3	Solarthermische Anlagen	63
6.1.4	Blockheizkraftwerk	63
6.1.5	Biomasseanlagen	64
6.2	Bewertung der Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energie	67
6.3	Kriterien für die Bewertung der Energieeffizienz	69
6.3.1	BHKW und Spitzenkessel	70
6.3.2	Wärmepumpe und Spitzenlastkessel	72
6.3.3	Solarthermische Anlage	75
6.3.4	Zusammenfassung der energetischen Bewertung von Wärmeversorgungsanlagen	79
7	Beurteilung von Techniken zur alleinigen oder gekoppelten Bereitstellung von Wärmeenergie (Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen)	82
7.1	Ersatz eines Niedertemperatur(NT)-Kessels durch einen Brennwert(BW)-Kessel	83
7.2	Ersatz eines NT-Kessels durch einen Holzpellet-Kessel	84
7.3	Ersatz eines NT-Kessels durch eine Wärmepumpe	85
7.4	Ergänzung eines NT-Kessels durch eine thermische Solaranlage	87
7.5	Kraft-Wärme-Kopplung	88
7.6	Zusammenfassung Wirtschaftlichkeitsberechnungen Wärmeversorgung	90
8	Energieeinsparung	91
9	Empfehlungen zur Umsetzung	96
9.1	Grundprinzipien	96
9.2	Maßnahmenkatalog	97
9.2.1	Kurzfristige Strukturen	97
9.2.2	mittelfristige Strukturen	100
9.2.3	Langfristige Strukturen	102
9.2.4	Maßnahmen – Adressat Kommune – kurzfristig	103
9.2.5	Maßnahmen – Adressat private Haushalte - kurzfristig	121
9.2.6	Maßnahmen - Adressat Gewerbe / Industrie - kurzfristig:	123
9.2.7	Maßnahmen – Adressat Kommune - mittelfristig	124
9.2.8	Maßnahmen – Adressat private Haushalte – mittelfristig	127
9.2.9	Maßnahmen - Adressat Gewerbe / Industrie – mittelfristig	128
9.2.10	Maßnahmen - Adressat Kommune – langfristig	128

9.2.11	Maßnahmen – Adressat Gewerbe/Industrie – langfristig	132
9.3	Fördermöglichkeiten	133
10	Zusammenfassung	134
10.1	Bestands-/Strukturdaten	134
10.2	Verbrauchsdaten	135
10.3	Potentiale	135
10.3.1	Potentiale Elektroenergie	136
10.3.2	Potentiale Wärmeenergie	137
10.4	Prognose zur Bedarfsermittlung	137
10.5	Vorstellung und Bewertung der Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energie	138
10.6	Beurteilung von Techniken zur alleinigen oder gekoppelten Bereitstellung von Wärmeenergie (Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen)	139
10.7	Energieeinsparung	140
10.8	Empfehlungen zur Umsetzung	141
11	Danksagung	144
12	Quellenverzeichnis	145
13	Abkürzungsverzeichnis	150
14	Glossar	152
15	Bildverzeichnis	153
16	Tabellenverzeichnis	155
Anlagen	158

1 Aufgabenstellung

Der Westlausitz – Regionale.Wirtschaft.Leben e.V. hat die Dresdner Ökotherm GmbH beauftragt, eine Energiekonzeption zu erarbeiten. Die Erstellung der Konzeption wird im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und mit Mitteln des Freistaates Sachsen gefördert.

Hintergrund der Beauftragung ist das Ziel der Region Westlausitz (die durch den vorstehend genannten Verein vertreten wird), sich perspektivisch zur energieautarken Region zu entwickeln. Das große Ziel der Energieautarkie ist in dem Integrierten Ländlichen Entwicklungskonzept (ILEK) der Westlausitz als Leitprojekt festgeschrieben.

Im Jahr 2006 haben sich vier Städte (Bischofswerda, Elstra, Großröhrsdorf und Pulsnitz) sowie neun Gemeinden (Arnsdorf, Bretnig-Hauswalde, Frankenthal, Großharthau, Lichtenberg, Ohorn, Rammenau, Steina und Wachau) zur Region „Westlausitz“ zusammen geschlossen und ein Integriertes Ländliches Entwicklungskonzept erarbeitet, auf dessen Basis die Region im Oktober 2007 vom Sächsischen Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) zu einer von 12 LEADER-Regionen des Freistaates Sachsen ernannt und damit als besonders förderwürdig eingestuft wurde. Bild 1 zeigt die Karte der LEADER-Region Westlausitz.



Bild 1: LEADER-Region Westlausitz

Als Träger der Integrierten Ländlichen Entwicklung (ILE) hat sich im September 2007 der „Westlausitz-Regionale.Wirtschaft.Leben“ e.V. gegründet. Die Bürgermeister der 13 beteiligten Kommunen sind Mitglieder in dem Verein und haben zum Ziel, den ländlichen Raum nachhaltig und zukunftsorientiert zu entwickeln. In diesem Zusammenhang ist die Profilierung der Region Westlausitz zur „Energieautarken Region“ einer der durch das ILEK gesetzten Schwerpunkte bzw. Handlungsfelder.

Innerhalb des Handlungsfeldes nachhaltige Energienutzung ergeben sich die folgenden Handlungsansätze:

- Erstellung eines Energiekonzeptes
- Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Energieerzeugung
- Einrichtung eines Energiekompetenzzentrums

Entscheidend für den Erfolg und die Akzeptanz des Energiekonzeptes werden die durch die Umsetzung auftretenden direkten Erfolge sowie die sich ergebenden Synergieeffekte sein. In ökologischer Hinsicht ist dies z. B. die Reduzierung der CO₂-Emission, die Erhaltung und Pflege der Landschaft sowie die Bewirtschaftung der Wälder. In ökonomischer Hinsicht ist dies die regionale Wertschöpfung bzw. Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen. In sozialer Hinsicht sind dies die Verhinderung der qualifizierten Abwanderung und die Stärkung des regionalen Bewusstseins. Damit soll auch eine Bewusstseinsänderung in Bezug auf nachhaltiges Wirtschaften der Region hervorgerufen und durch das Aufzeigen von Chancen die regionale Identität der Bevölkerung gestärkt werden.

Zunächst ist zu definieren, was unter „energieautarke Region“ zu verstehen ist: Vereinfacht dargestellt, spiegelt der Begriff Energieautarkie wieder, dass der Energieverbrauch in einer Region der Energieerzeugung in dieser Region entspricht. Der Begriff ist in diesem Zusammenhang im bilanziellen Sinne zu interpretieren. In der vorliegenden Konzeption wird der zu betrachtende Energieverbrauch auf die Bilanzbereiche „Strom“ und „Wärme“ begrenzt. Der Bereich „Verkehr“ wird in dem Vorhaben im Rahmen der Erhebung zwar erfasst, aber bilanziell nicht integriert.

Die in der Konzeption untersuchten Schwerpunkte sind:

- Istanalyse in Bezug auf Struktur- und Verbrauchsdaten
- Ermittlung und Bewertung der Potenziale der Region
- Prognose der Bedarfsentwicklung
- Vorstellung und Bewertung der Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energien
- Empfehlung zu Maßnahmen und deren Umsetzung

Das vorliegende Energiekonzept soll als Grundlage für Entscheidungen über die zukünftige Energieversorgung in der Region dienen und damit Handlungsempfehlungen für die Bürgermeister der am Prozess beteiligten Kommunen geben. Da das Ziel Energieautarkie nur im Zusammenwirken von kommunalen Einrichtungen und privaten Haushalten erreicht werden kann, liefert das Konzept zudem Ansätze für diesen Personenkreis. Im Aktionsplan Klima und Energie des Freistaates Sachsen [1] werden vielfältige Aktivitäten, u. a. auch regionale Energiekonzepte genannt, um auf bevorstehende Klimaveränderungen und steigende Kosten für fossile Energieträger reagieren zu können. Vergleichbare Konzepte liegen u. a. für das Annaberger Land [2] und den Bezirk Güssing [3] in Österreich vor.

Die Herangehensweise an die Datenerhebung bzw. die durchgeführten Untersuchungen werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Struktur- und Verbrauchsdaten:

Die Strukturdaten wurden im Wesentlichen den vom Statistischen Landesamt Kamenz veröffentlichten Gemeindestatistiken entnommen. Bei den Strukturdaten sind auch die Versorgungsnetze der ENSO für Erdgas und Elektronenergie enthalten.

Des Weiteren sind die Anlagen mit erneuerbarer Energie (EEG-Anlagen) genannt, welche im Jahre 2008 in das ENSO-Netz eingespeist haben. Hierbei handelt es sich um Elektroenergie. Vergleichbare Angaben zum Einsatz erneuerbarer Energie für die Wärmeversorgung liegen nicht in derselben Vollständigkeit vor.

Verbrauchsdaten für die Region Westlausitz wurden für Elektro- und Wärmeenergie sowie für Kraftstoff ermittelt. Die Angaben für Elektroenergie sind den Konzessionsangaben der Kommunen entnommen und können als sichere Informationsquellen eingeschätzt werden.

Bei Wärmeenergie liegen sichere Informationen nur für den Erdgasverbrauch vor (ebenfalls Konzessionsangaben der Kommunen). Der Gesamtwärmeverbrauch für die Region wurde mit Hilfe von Annahmen über das Verbrauchsverhältnis von Wärme- zu Elektroenergie ermittelt.

Der Kraftstoffverbrauch wurde mit Hilfe des in den Gemeindestatistiken angegebenen Kfz-Bestandes sowie geschätzten Fahrleistungen pro Jahr ermittelt. Weitere Betrachtungen zum Verkehr, insbesondere hinsichtlich einer möglichen Energieautarkie, sind nicht Gegenstand dieses Energiekonzeptes.

Potenzialermittlung:

Die Potenzialermittlung erfolgt für Windenergie, Solarenergie, biogene Energie sowie für Geothermie und Wasserkraft. Das größte Potenzial ist das an biogener Energie.

Des Weiteren wird auch das Potenzial der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), als einer besonders effizienten Form der Bereitstellung von Wärme- und Elektroenergie, betrachtet. Hier ist allerdings zu beachten, dass erneuerbare Energie für KWK-Anlagen im Wesentlichen nur aus biogener Energie bereitgestellt werden kann.

Zurzeit wird KWK mit fossilen Brennstoffen, wegen der schon genannten hohen Energieeffizienz, im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) den erneuerbaren Energien gleichgestellt.

Prognose der Bedarfsermittlung:

Der Prognose der Bedarfentwicklung wurde eine Prognose der Bevölkerungsentwicklung vorge stellt. Die zukünftige Bedarfsentwicklung wird sehr stark von den politischen Rahmenbedingungen und der Entwicklung der Preise für fossile Brennstoffe abhängen. Ebenso wird die Entwicklung und Markteinführung neuer Techniken Einfluss haben. Dies betrifft vor allem Techniken zur effizienten Nutzung von biogener Energie.

Vorstellung und Bewertung von Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energie:

Vorge stellt werden Photovoltaik-, Solarthermie-, Windkraft- und Biomasseanlagen. Wegen der ge nannten Effizienz von KWK wird auch die Technik von Blockheizkraftwerken (BHKW) genannt.

Für diese Techniken werden energetische und wirtschaftliche Betrachtungen durchgeführt. Die Er gebnisse dieser Betrachtungen bilden die Grundlage für die im letzten Abschnitt dargestellten Empfehlungen über sinnvolle Maßnahmen auf dem Wege der Umstellung der Energieversorgung der Westlausitz in Richtung Energieautarkie.

Empfehlungen zur Umsetzung - Maßnahmenkatalog:

Im Maßnahmenkatalog werden die drei wesentlichen Aspekte – Verbesserung der Energieeffizienz, Verbesserung der Wärmedämmung und Einsatz erneuerbarer Energie - in kurz-, mittel- und lang- fristige Maßnahmen gegliedert. Es erfolgt zunächst eine Beschreibung und in einer Zusammenfas sung die tabellarische Auflistung der empfohlenen Maßnahmen.

3.5 Zusammenfassung Verbrauchsdaten

3.5.1 Verbrauchsdaten

In Tabelle 28 ist eine Zusammenfassung der Verbrauchsdaten sowie der spezifischen, auf die Einwohner bezogenen Werte für die Region Westlausitz dargestellt. Elektroenergie ist wieder ohne Müller Milch angegeben.

Tabelle 28: Zusammenfassung der Verbrauchsdaten

Bezeichnung	Verbrauch [MWh/a]	spez. Verbrauch [kWh/EW*a]	Anteil Verbrauch
Elektroenergie	224.132	4.095	18,0%
Wärmeenergie	628.080	11.474	50,5%
Kraftstoff	391.913	7.160	31,5%
gesamt	1.244.125	22.729	100,0%

Der Wärmeenergieverbrauch ist mit 50 % der größte Anteil. Der Verbrauch für Kraftstoff ist mit 32 % der zweitgrößte Anteil und der Verbrauch für Elektroenergie ist mit 18 % der geringste Anteil.

Tabelle 29 zeigt einen Vergleich der spezifischen Verbrauchswerte für Elektro- und Wärmeenergie sowie für Kraftstoff mit den in [2] und [3] genannten Energiekonzepten Annaberger Land und Bezirk Güssing.

Tabelle 29: Vergleich der spezifischen Verbräuche der Region Westlausitz mit dem Annaberger Land und dem Bezirk Güssing (Quelle: [2], Abschnitt 2.2.4, 2.3.1, 2.4.4; [3], Tabelle 17)

Bezeichnung	Region Westlausitz		Annaberger Land		Bezirk Güssing	
	spez. Verbrauch [kWh/EW*a]	Anteil Verbrauch	spez. Verbrauch [kWh/EW*a]	Anteil Verbrauch	spez. Verbrauch [kWh/EW*a]	Anteil Verbrauch
Elektroenergie	4.095	18,0%	4.177	13,4%	3.909	18,8%
Wärmeenergie	11.474	50,5%	10.237	32,8%	10.553	50,8%
Kraftstoff	7.160	31,5%	16.758	53,8%	6.303	30,4%
gesamt	22.729	100,0%	31.171	100,0%	20.765	100,0%

Die spezifischen Werte für den Elektroenergieverbrauch stimmen in allen drei Regionen gut überein. Die Ursache dafür ist sicherlich in der recht genauen Kenntnis dieser Verbräuche zu sehen. Die bei Wärmeenergie und Kraftstoff getroffenen Annahmen weichen offenbar voneinander ab. Es gibt aber gute Übereinstimmungen mit dem Bezirk Güssing bei allen drei Verbräuchen.

3.5.2 CO₂-Emission

Tabelle 30 gibt einen Überblick über die CO₂-Emissionen nach Energieträger und Tabelle 31 nach Verbrauchskategorie.

Tabelle 30: CO₂-Emissionen in der Westlausitz nach Energieträgern

CO ₂ -Bilanz	CO ₂ -Emission [t/a]	Anteil
Elektroenergie	158.985	36,7%
Erdgas	61.049	14,1%
Flüssiggas	7.537	1,7%
Heizöl	65.069	15,0%
Kohle	10.301	2,4%
Erneuerbare Energien	1.365	0,3%
Kraftstoff	129.331	29,8%
gesamt	433.637	100,0%

Tabelle 31: CO₂-Emissionen in der Westlausitz nach Verbrauchskategorien

Bezeichnung	Verbrauch [MWh]	Anteil Verbrauch	CO ₂ -Emission [t/a]	Anteil CO ₂ -Emission
Elektroenergie	224.132	18,0%	154.651	35,7%
Wärmeenergie	628.080	50,5%	149.655	34,5%
Kraftstoff	391.913	31,5%	129.331	29,8%
gesamt	1.244.125	100,0%	433.637	100,0%

Man sieht in Tabelle 30 deutlich die geringe CO₂-Emission für die erneuerbaren Energien. Dabei wurde geschätzt, dass 50 % der erneuerbaren Energien durch Holzpellets und 50 % durch Solarthermie bereitgestellt werden.

Die in Tabelle 32 genannten, spezifischen Werte sind die Grundlage für die Berechnung der CO₂-Emissionen.

Tabelle 32: spezifische Werte für Berechnung der CO₂-Emission (Quelle:[19]; [20])

Energieträger	Einheit	Energieinhalt [kWh/Einheit]	CO ₂ -Emission [kg/kWh]
Elektroenergie	kWh	1	0,690
Heizöl	l	10	0,296
Erdgas	m ³	10	0,216
Flüssiggas	kg	12,8	0,240
Diesel	l	10,34	0,310
Benzin	l	9,25	0,330
Holzpellets	kg	4,9	0,013
Solarthermie	kWh	1	0,030
Braunkohle	kg	6	0,410

4 Potenzialermittlung

Zur Ermittlung der Potenziale an erneuerbarer Energie in der Region Westlausitz werden Wind-, Solar- und Biogene Energie betrachtet. Des Weiteren werden Untersuchungen zu Wasserkraft und Geothermie vorgestellt.

4.1 Windenergie

Die Windenergie spielt in der Westlausitz eine bedeutende Rolle. Der Elektroenergieverbrauch von 228.644 MWh/a (inklusive Müller Milch mit 4.512 MWh) wird derzeit zu 23 % durch Windkraftanlagen gedeckt (siehe Abschnitt 2.10). In Sachsen liegt der Anteil Windenergie am Stromverbrauch bei 6,1 % (Quelle: [20]). Die Westlausitz ist damit eine Region, die überdurchschnittlich gut mit Windkraftanlagen ausgestattet ist. Allerdings sind die Windparks alle, bis auf einen, älter als fünf Jahre. Tabelle 33 gibt einen Überblick über das Alter der einzelnen Windparks.

Tabelle 33: Alter der Windparks in der Westlausitz (Quelle:[22])

Standort des Windparks	Leistung [kW]	Inbetriebnahme
Bischofswerda	6.000	2006
Bischofswerda	14.000	2003
Großharthau	3.400	2002
Elstra	2.400	2000
Großröhrsdorf	3.900	2000
Wachau	1.730	2000

Aus Tabelle 33 ergibt sich als erstes Windkraftpotenzial das so genannte Repowering. Dabei werden alte Windkraftanlagen abgebaut und durch neue Windkraftanlagen ersetzt. Die neuen Anlagen sind leistungsstärker, haben aber damit verbunden auch eine größere Höhe und einen größeren Rotordurchmesser. Die derzeit in Wachau und Elstra installierten Windkraftanlagen sind regionalplanerisch gesichert (Quelle: [24]).

Bild 15 zeigt die Auswirkungen des Repowering bei einer Optimierung nach dem Immissionschutz. Es ist zu erkennen, dass die Anlagenhöhe steigt und damit der Energieertrag sowie die installierte Leistung und die Auslastung der Anlage. Die Höhe des Turmes ist ein entscheidender Faktor für den Energieertrag einer Windkraftanlage, da in höheren Luftschichten die durch Bodennahe Turbulenzen hervorgerufenen Turbulenzen wesentlich verringert sind und somit der Wind gleichmäßiger und stärker weht (Quelle: [25]).

Der Deutsche Städte- und Gemeindebund hat 2009 einen Leitfaden „Repowering von Windenergieanlagen – Kommunale Handlungsmöglichkeiten“ herausgegeben [107]. Dieser kann als Hilfestellung beim Repowering genutzt werden.

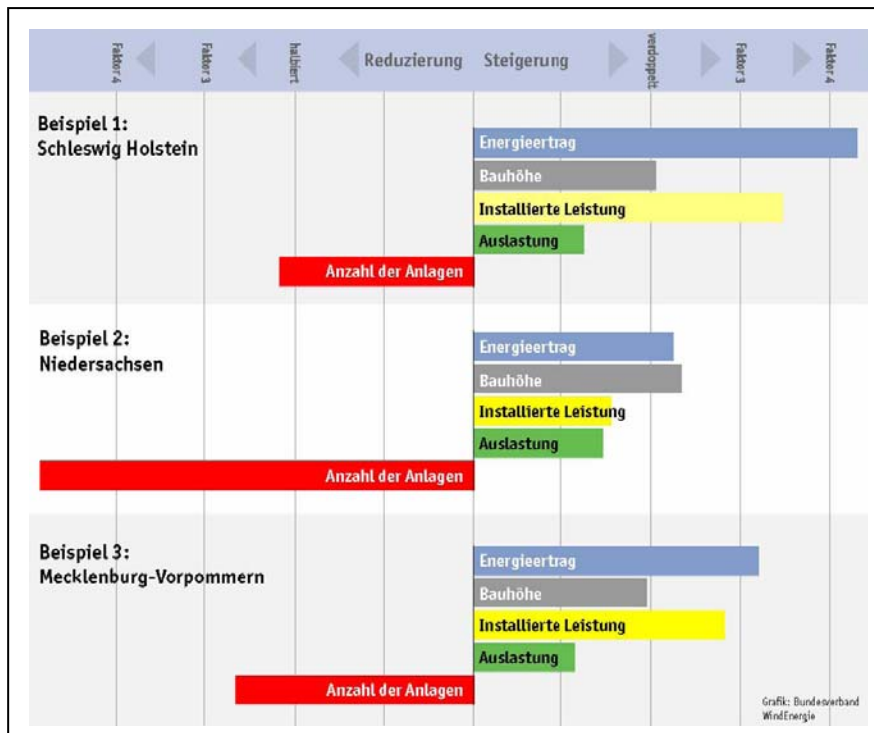


Bild 15: Effekte des Repowerings (Quelle: [25])

Die Leistung des Windes wiederum steigt mit der dreifachen Potenz der Windgeschwindigkeit. Dadurch können diese Windkraftanlagen mit einer höheren Leistung ausgelegt werden. Dies führt zusammen mit der höheren Auslastung durch die Möglichkeit der Drehung des Windrades in den Wind zu einem größeren Energieertrag. Da bei größeren Windkraftanlagen auch die Rotordurchmesser steigen, vergrößert sich in vielen Fällen auch der Abstand der Windkraftanlagen untereinander. Dadurch wird die Anzahl der Windkraftanlagen an einem Standort letztlich reduziert. Das Positionspapier des Bundesverband WindEnergie e.V. ([25]) hat das Repowering in Deutschland verfolgt. In Tabelle 34 sind die Ergebnisse von 2005 und 2007 dargestellt.

Das Repowering führt zu einem höheren Ertrag, da die neuen Windkraftanlagen geringere Betriebskosten haben und mehr Energieertrag erbringen. Dies führt letztlich zu geringeren Erzeugungskosten für Strom aus Windenergie. Zudem sind neuere Anlagen leiser und haben eine geringere Drehzahl, was mit einer geringeren Anzahl der Windkraftanlagen an einem Standort zu einer Entlastung des Landschaftsbildes und einem ruhigerem Erscheinungsbild beiträgt.

Mit dem am 01.01.2009 in Kraft getretenen, novellierten EEG sind die Anreize zum Repowering deutlich verstärkt worden. Für Windenergieanlagen an Land erhöht sich die Anfangsvergütung von 7,87 auf 9,2 Cent/kWh, hinzu kommt für Repoweringanlagen ein Bonus von 0,5 Cent/kWh. Die ersetzten Anlagen müssen aus dem gleichen oder benachbarten Landkreis stammen und mindestens zehn Jahre alt sein. Dies gilt im nächsten Jahr für die Windparks in Elstra, Großröhrsdorf und Wachau, welche zusammen eine Nennleistung von 8.030 kW haben.

Tabelle 34: Repowering in Deutschland (Quelle:[25]; [27])

	Einheit	2005	2007
Abgebaute Windkraftanlagen		143	108
Abgebaute Leistung	MW	59,3	41
Neugebaute Windkraftanlagen		108	45
neu gebaute Leistung	MW	168,5	103
Kennzahlen Repowering			
Mittlere Leistung abgebauter Anlagen	kW	415	380
Mittlere Leistung neu errichteter Anlagen	kW	1560	2290
Reduktionsfaktor Windkraftanlagen		0,76	0,42
Repoweringfaktor	kW/kW	2,84	2,5



Bild 16: Windpark Bassens in Niedersachsen vor und nach Repowering (Quelle: [27])

Eine neue Anlage muss mindestens die doppelte Leistung der ersetzten Anlage erreichen. Ferner darf sie die fünffache Leistung nicht überschreiten, um die Förderung durch das EEG zu erhalten. (Quelle: [27])

Als Beispiel für das Repowering in Deutschland und die damit verbundene Entlastung des Landschaftsbildes ist in Bild 16 der Windpark Bassens in Niedersachsen gezeigt. Da sich das Repowering im Windpark Bassens derzeit noch in der Planung befindet, ist die untere Abbildung eine Fotomontage des Bundesverbandes WindEnergie e.V. Trotzdem ist zu erkennen, welchen Nutzen das Repowering auch für das Landschaftsbild erbringt.

Das Potenzial durch Repowering in der Westlausitz ist auf Bild 17 dargestellt.

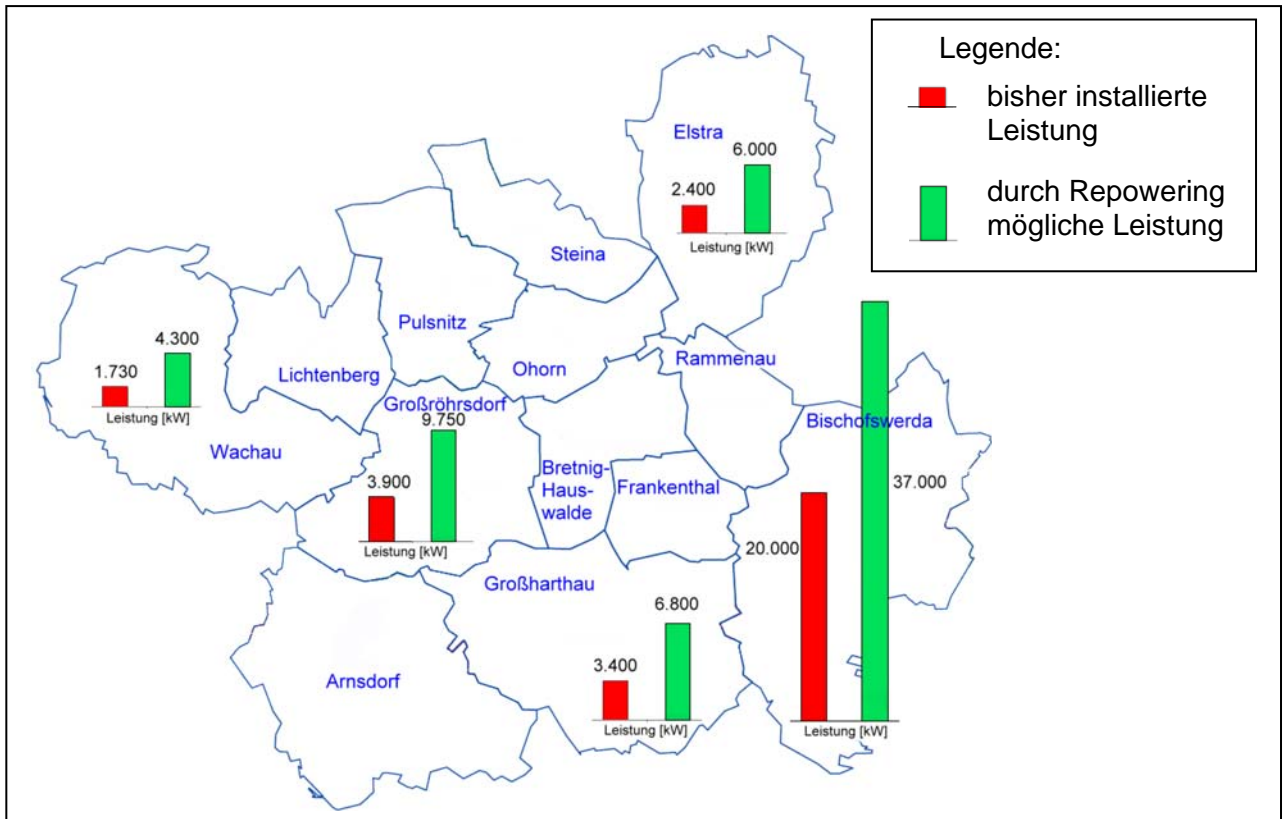


Bild 17: Repowering-Potenzial in der Westlausitz

Es errechnet sich aus dem bisher vorhandenen Leistungspotenzial und dem Repoweringfaktor 2,5 für Windparks in Elstra, Großröhrsdorf und Wachau. Für den Windpark in Großharthau (Einspeisung Großharthau, Standort Stolpen) und den 14 MW leistungsstarken Windpark in Bischofswerda ist aufgrund des Alters der Windparks der Repoweringfaktor mit 2,0 etwas geringer eingeschätzt worden. Der 2006 errichtete 6 MW leistungsstarke Windpark in Bischofswerda wurde mit dem Repoweringfaktor 1,5 belegt. Insgesamt ergibt sich dann eine Leistung durch Repowering von 63,85 MW. Die Region Westlausitz hätte damit aus dem Repowering doppelt soviel Leistung für die Nutzung der Windenergie zur Verfügung.

Bild 15 zeigt, dass der Energieertrag bei neueren Anlagen etwa das zwei- bis dreifache des ursprünglichen Wertes erreicht. Da in der Region Westlausitz vom derzeitigen Elektroenergieverbrauch ca. 23 % aus Windkraftanlagen bereitgestellt werden, könnten in Zukunft nur durch Repowering ca. 50 % des derzeitigen Verbrauchs zur Verfügung gestellt werden.

Am Beispiel des Windparks in Wachau soll das Repowering genauer betrachtet werden. Auf Bild 18 sind drei Fotos des Windparks zusehen.



Bild 18: Windpark in Wachau (Quelle: eigene Fotos)

Auf dem linken Foto ist der Windpark mit drei Windkraftanlagen zu je 600 kW Leistung zu sehen. Eine dieser Anlagen ist im mittleren Teil von Bild 18 dargestellt. Im rechten Teil ist eine von zwei Anlagen dargestellt, die ebenfalls im Windpark stehen. Es handelt sich vermutlich um 150 kW Anlagen, die seit 1985 von Nordex gebaut wurden. Da diese aber nicht in der ENSO-Statistik verzeichnet sind, speisen sie offenbar nicht in das öffentliche Netz ein bzw. sind gar nicht mehr in Betrieb. Aus diesem Grund werden sie hier nicht weiter betrachtet.

Tabelle 35 stellt die alten und möglichen neuen Windkraftanlagen im Detail vor.

Tabelle 35: Repoweringmöglichkeiten für den Windpark in Wachau (Quelle: [28])

	Bisherige WKA	Repoweringmöglichkeit 1	Repoweringmöglichkeit 2
Hersteller	ENERCON E-40	ENERCON E-82	ENERCON E-82
Leistung	3 x 600 kW	3 x 2 MW	2 x 3 MW
Nabenhöhe	44 m	85 m	108 m

Das zweite Potenzial bei der Nutzung der Windenergie liegt in der Möglichkeit, weitere Windkraftanlagen zu installieren. Um dieses Potenzial zu beurteilen ist in Bild 19 eine Karte des Deutschen Wetterdienstes dargestellt.

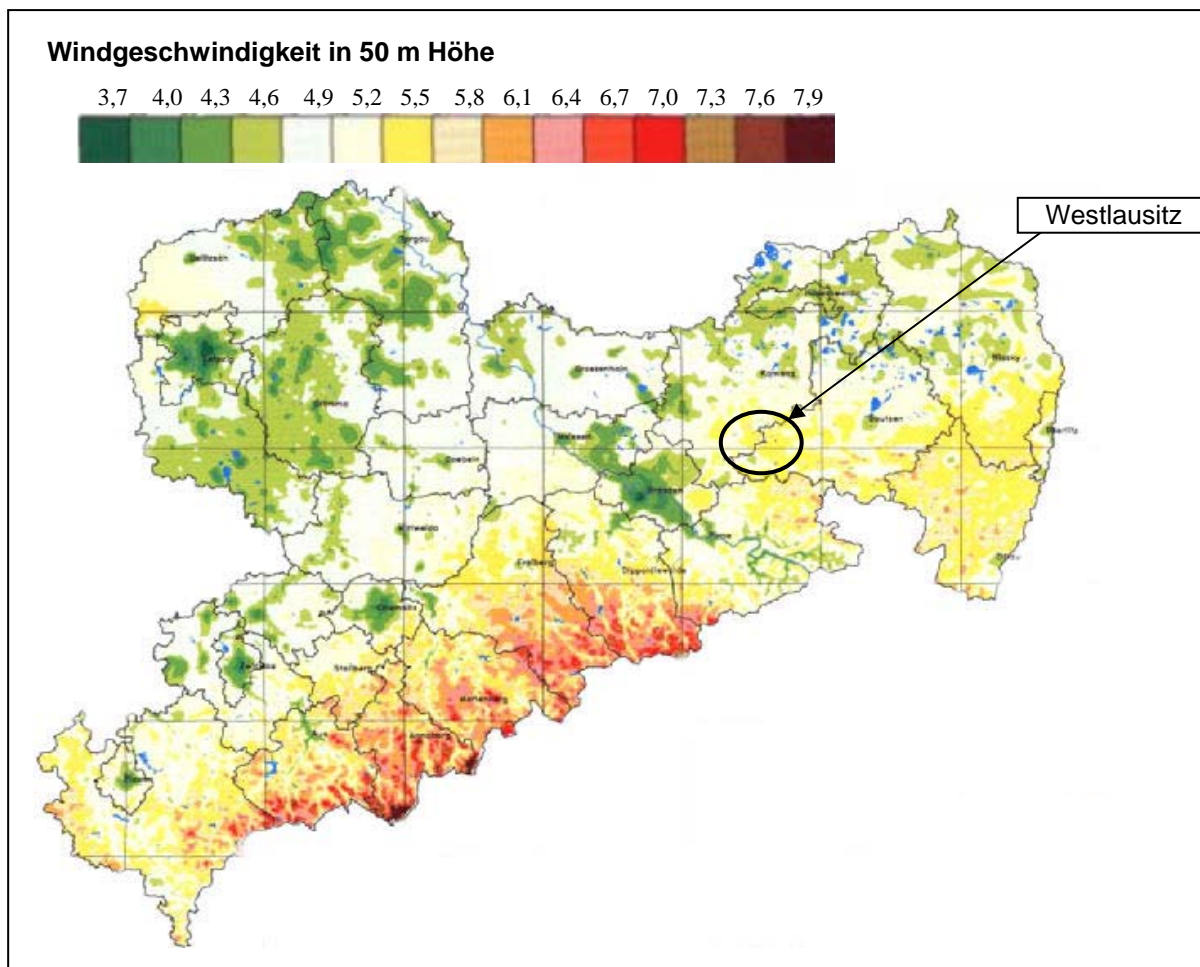


Bild 19: durchschnittliche Windgeschwindigkeit von 1981 bis 1990 (Quelle: [31])

Es ist zu erkennen, dass die Westlausitz (schwarz eingekreist) auf diesem Bild eine durchschnittliche Eignung zur Nutzung von Windenergie hat. Zudem sind schon einige Flächen mit Windkraftanlagen bebaut. In der Umfrage an die Gemeinden gaben nur die Gemeinden, die bereits Windkraftanlagen besitzen, Vorzugsflächen für die Windkraftnutzung an. Die Daten für Bild 19 wurden bei ca. 15 m Höhe gemessen und auf 50 m Höhe extrapoliert. Diese Karte betrachtet keine lokalen Besonderheiten.

Im linken Teil von Bild 20 sind die windhöffigen Gebiete in Sachsen dargestellt. In dem grau melierten Bereich des Bildes liegen die ertragreichsten Windkraftanlagen in Sachsen. Dieses Bild deckt sich nicht vollständig mit der in Bild 19 dargestellten Karte der Windkraftnutzungseignung. Dies ist auf unterschiedliche Quellen zurückzuführen. Diese Karte entstand bei Untersuchungen über das Windenergiepotenzial Sachsens durch das sächsische Windmessprogramm (WMP). Mit dem WMP wurde die Windgeschwindigkeit im Durchschnitt in einer Höhe von 30 m bis 35 m gemessen und auf 40 m bis 60 m extrapoliert. Die Messstationen des WMP sind im rechten Teil von Bild 20 dargestellt. Der Messzeitraum lag in Brößnitz (36 m Messgeräteeöhe) zwischen dem 7.12.1992 und dem 6.12.1994. In Uhyst A.T. (30 m Messgeräteeöhe) wurde vom 1.12.1992 bis

zum 30.11.1993 gemessen. In Pommritz (36 m Messgerätehöhe) lag der Messzeitraum zwischen dem 1.2.1993 und dem 31.1.1995.

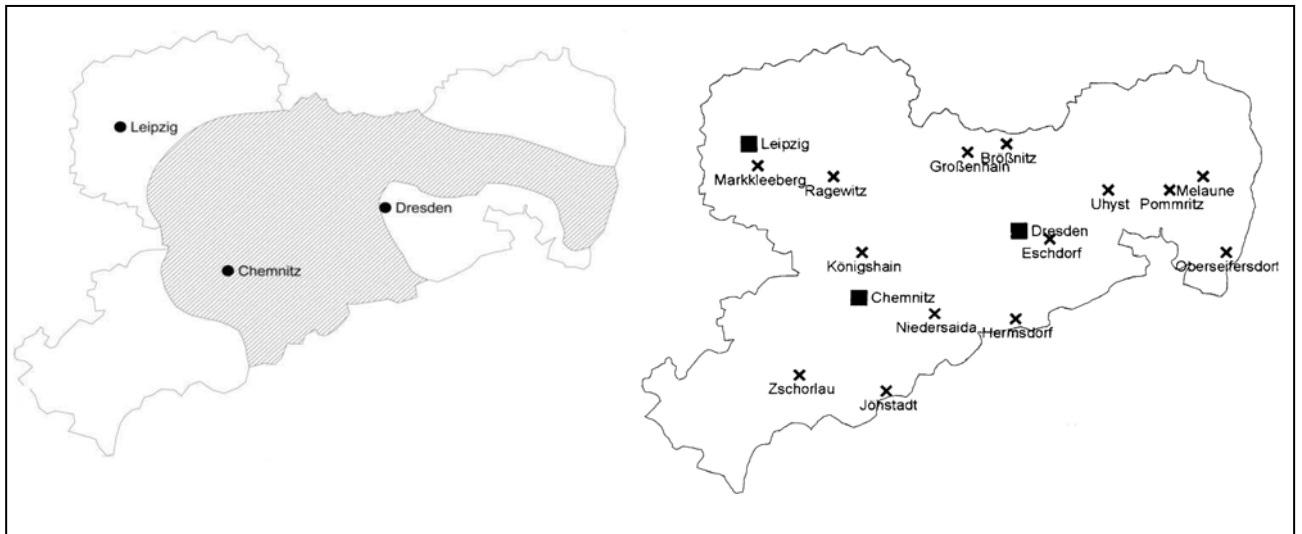


Bild 20: Windhöfliche Gebiete in Sachsen und Messstationen des WMP (Quelle: [31])

In Bild 21 sind zudem Ergebnisse der Messungen mit dem WMP für die Region Pulsnitz dargestellt.

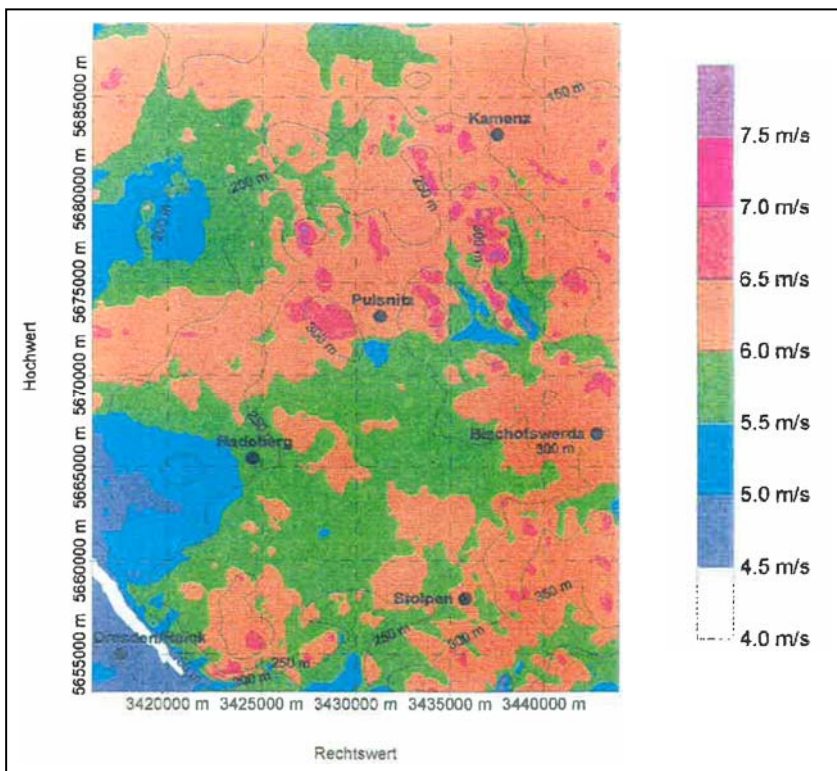


Bild 21: Windgeschwindigkeit Region Pulsnitz in 60 m Höhe (Quelle: [32])

Bild 20 und Bild 21 zeigen somit, dass in der Westlausitz anscheinend ein größeres Windkraftpotenzial gegeben ist als es Bild 19 vermuten lässt. Das in der Westlausitz höhere Energieerträge durch Windkraft zu erwarten sind, ist auch aus den vielen bereits vorhanden Windkraftanlage zu

schließen. In der Westlausitz herrschen somit gute durchschnittliche Windverhältnisse. Es sollte trotzdem eine genaue Standortanalyse in jedem Einzelfall vor dem Bau einer Windkraftanlage erfolgen.

Falls in der Zukunft neue Fläche für Windkraft beschlossen werden, sollten diese eventuell an der Autobahn liegen. Dies bietet verschiedene Vorteile. Einerseits ist die Bebauung durch Wohnhäuser an der Autobahn dünn und andererseits ist die Landschaft durch die Autobahn bereits verbaut. Als Beispiel für diese Vorgehensweise ist die A 14 Richtung Leipzig zu nennen, an der gleich mehrere Windparks angesiedelt sind. Bild 22 zeigt eine Karte, die Autobahnen und Windparks in Sachsen darstellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass entlang der Autobahnen A 4, A 14 und A 72 viele Windparks stehen. In der Westlausitz sind die Windparks allerdings auch jenseits der Autobahn gebaut.

Letztlich sind entsprechende Flächen für die Aufstellung einer Windkraftanlage aber im Regionalplan festgelegt und es obliegt den Kommunen Entscheidungen über eine Aufstellung zu treffen.

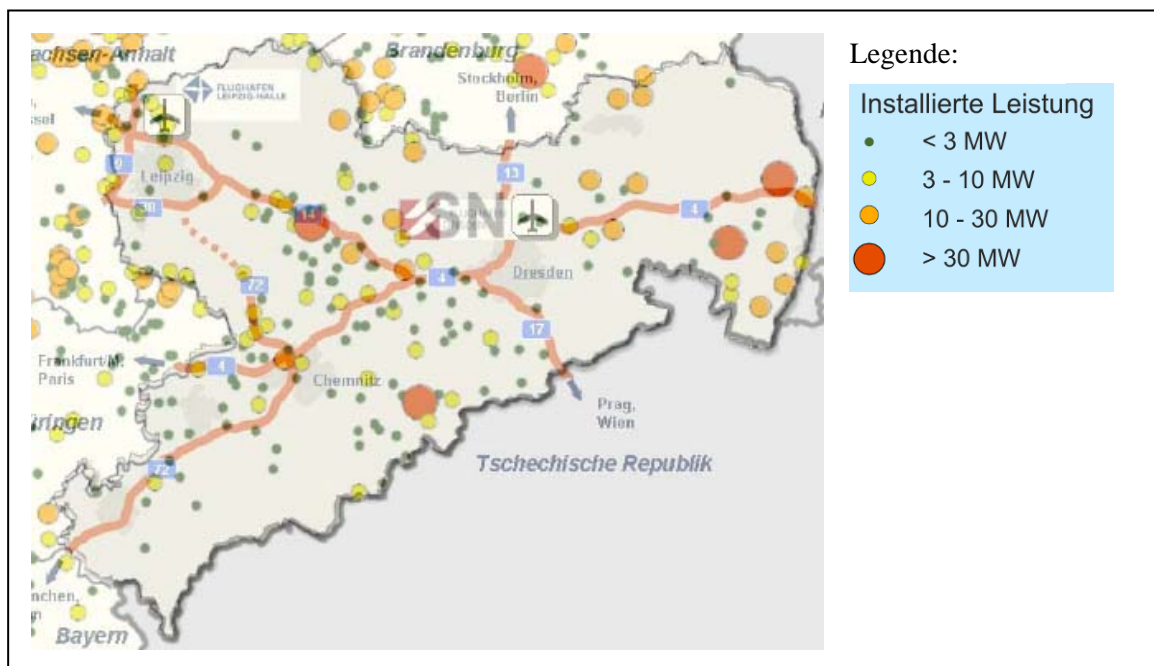


Bild 22: Windkraftanlagen in Sachsen (Quelle: [29]; [33])

Wenn mit einem pauschalen Flächenbetrag von 10 ha/2-MW-Windkraftanlage gerechnet wird, können mit dem Neubau von 41 2-MW-Windkraftanlagen und einer Volllaststundenzahl von 2.100 Stunden pro Windkraftanlage und Jahr (Vollbenutzungsstunden von 6-MW-Windpark in Bischofswerda) die restlichen 77 % des Stromverbrauchs der Westlausitz gedeckt werden (Quelle: [5]; [34]). Das bedeutet, dass eine Fläche von 410 ha (1,3 % der Fläche der Westlausitz) für die Aufstellung von Windkraftanlagen verfügbar sein muss. Allerdings ist dabei das Repowering der vorhandenen Anlagen nicht betrachtet. Würden die vorhandenen Windkraftanlagen erst durch moderne ersetzt werden, müssten nur 22 zusätzliche 2 MW Windkraftanlagen gebaut werden. Es wären dann also nur 214 ha Fläche (0,7 % der Fläche der Westlausitz) notwendig.

Das derzeitige Potenzial durch den Ausbau der Windkraftanlagen ist durch den Regionalplan Oberlausitz- Niederschlesien vorgegeben. Dieser sieht keine zusätzlichen Kapazitäten für die bereits bebauten Flächen vor und weist auch keine zusätzlichen Flächen aus. Das zukünftige Potenzial kann hier ohne entsprechende Flächen nicht abgeschätzt werden und ist daher nur durch das Re-powering gegeben.

4.2 Solarenergie

Das Potenzial an Solarenergie wird in PV und Solarthermie unterteilt.

4.2.1 Photovoltaik

Im Jahr 2008 wurden ca. 0,3 % des Elektroenergieverbrauchs der Westlausitz durch PV-Anlagen bereitgestellt. Die 159 Anlagen haben eine installierte Leistung von 1,652 MW_p. Leistungsbereiche sowie Anzahl und Anteile der Anlagen zeigt Tabelle 36. Knapp die Hälfte der PV-Anlagen hat eine installierte Leistung bis 5 kW_p.

Tabelle 36: Leistungsbereiche sowie Anzahl und Anteil der Anlagen (Quelle: [22])

Leistungsbereich	< 5 kW	5-10 kW	10-20 kW	20-30 kW	> 30 kW
Anzahl	70	52	21	11	5
Anteil	44,0%	32,7%	13,2%	6,9%	3,1%

Um das weitere Potenzial für PV-Anlagen einzuschätzen, sind auf Bild 23 zwei Karten zur Sonneneinstrahlung zu sehen. Die Abbildung zeigt, dass die jährliche solare Globalstrahlung in der Region Westlausitz etwa 1.020 kWh/m² bis 1.040 kWh/m² beträgt.

Für eine Hochrechnung aus der Globalstrahlung kann der Ertrag einer nach Süden ausgerichteten PV-Anlage mit etwa 1.000 kWh/kW_p künftig angenommen werden. Bei einem gesamten Stromverbrauch der Westlausitz von 228.644 MWh müssen etwa 230.000 kW_p installiert werden, um den gesamten Stromverbrauch zu decken. Aus der Globalstrahlung und einem Wirkungsgrad von 10 % für die Umwandlung der Globalstrahlung in elektrische Energie erhält man einen Flächenertrag von ca. 100 kWh/m² (Quelle: [23]). Bei einem Flächenertrag von 100 kWh/m² im Jahr müssten 2.286.440 m² Modulfläche installiert werden, um den gesamten Stromverbrauch zu decken.

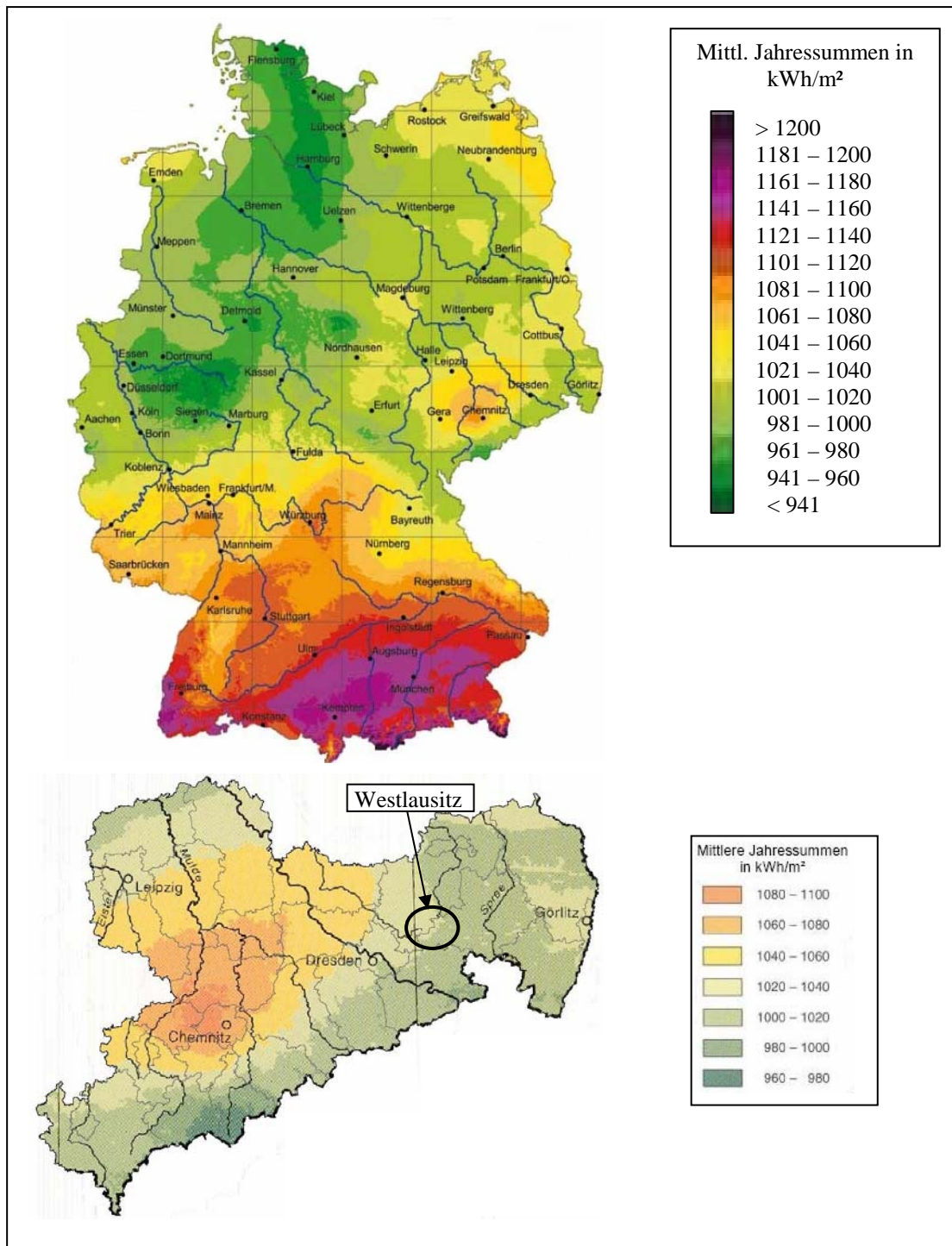


Bild 23: mittlere Globalstrahlung in Deutschland und Sachsen 1981-2000 (Quelle: [35]; [36])

Tabelle 37 zeigt eine Übersicht über den Energieertrag der Solaranlagen in der Westlausitz.

Tabelle 37: Solaranlagen in der Westlausitz (Quelle: [5]; [22])

Kommune	Leistung [kW]	Energieertrag 2008 [kWh]
Bischofswerda	248,3	121.683
Elstra	71,3	14.311
Großröhrsdorf	197,6	51.544
Pulsnitz	102,3	42.628

Kommune	Leistung [kW]	Energieertrag 2008 [kWh]
Arnsdorf	133,6	85.066
Brettnig-Hauswalde	406,1	9.473
Frankenthal	18,7	2.925
Großharthau	190,9	82.810
Lichtenberg	67,0	57.005
Ohorn	55,8	40.144
Rammenau	48,4	14.170
Steina	25,4	18.930
Wachau	107,8	54.179
gesamt	1.673,2	594.868
Städte	620	230.166
Gemeinden	1.054	364.702

Teilweise ist die erreichte Jahresarbeit 2008 für die Gemeinden sehr gering trotz hoher Leistungen. Dies kann daran liegen, dass viele PV-Anlagen, die 2008 installiert wurden, erst gegen Ende des Jahres in Betrieb gingen. Nimmt man die Einspeisung 2008 nur von Anlagen die bereits 2007 errichtet worden sind, erhält man einen Ertrag pro kW_p und Jahr von 951 kWh/kW_p für die Westlausitz. Mit dieser Vollbenutzungsstundenzahl ist eine zusätzliche Leistung von 239.915 kW_p nötig, um die Westlausitz vollständig mit Solarstrom zu versorgen. Dies würde einer Fläche von $239,9 \text{ ha}$ entsprechen bei der Annahme $0,1 \text{ kW}_p/\text{m}^2$ (Quelle:[34]). Es müssten somit $0,8 \%$ der Fläche der Westlausitz mit PV-Anlagen bebaut werden, um den gesamten Stromverbrauch der Region zu erzeugen.

Es ist zu erkennen, dass PV eine höhere Energiedichte von 1 MW/ha hat während die Windkraftanlagen bei $0,2 \text{ MW/ha}$ liegen. Es ist aber zu bedenken, dass die Fläche unterhalb der Windkraftanlagen weiterhin z. B. als Ackerfläche genutzt werden kann, während PV-Anlagen auf Freiflächen keine weitere Flächennutzung ermöglichen. Die geringe Energiedichte für eine Windkraftanlage ergibt sich aus den nötigen Mindestabständen, um Abschattungseffekte zu vermeiden.

Im Folgenden wird untersucht, in welchem Ausmaß die Dachflächen der Kommunen zur Aufstellung von PV-Anlagen genutzt werden können und welchen Beitrag sie dann zur Energiebereitstellung leisten. Die Gemeinde Rammenau hat als einzige Gemeinde die kommunalen Dachflächen und die gesamten Dachflächen in der Gemeinde angegeben. Mit diesen Angaben konnte ein PV-Potenzial für die kommunalen Einrichtungen in Rammenau mit 238 MWh errechnet werden, unter der Annahme von 951 Vollbenutzungsstunden und $0,1 \text{ kW/m}^2$. Für die gesamte Dachfläche der Gemeinde ergab sich ein PV-Potenzial von 8.036 MWh . Unter der Annahme, dass nur ca. 40% der Dachflächen wegen eventuellen Verschattungen für die Aufstellung einer PV-Anlage in Frage kommen, sinkt dieses theoretische Potenzial auf 95 MWh für die kommunalen Dachflächen und auf 3.214 MWh für die gesamten Dachflächen der Gemeinde Rammenau (Quelle: [34]).

In Tabelle 38 und Tabelle 39 sind aus den Werten von Rammenau spezifische Werte gebildet worden, um das Solarpotenzial für die restlichen Gemeinden abzuschätzen. Für Rammenau ergaben sich die spezifischen Werte 1,69 m² kommunale Dachfläche pro Einwohner und 57,09 m² Dachfläche der gesamten Gemeinde pro Einwohner. Mit diesen Werten wurden die Dachflächen für die restlichen Gemeinden errechnet, die in Tabelle 38 dargestellt sind. Grün markierte Zellen sind dabei sichere Werte aus dem statistischen Landesamt bzw. der Umfrage der Gemeinde.

Tabelle 38: Dachflächen Westlausitz (Quelle:[40])

	Einwohner	komm Dachflächen [m ²]	gesamte Dachflächen [m ²]	Wohn- gebäude	komm. Dachfl/WG [m ² /WG]	ges. Dachfl/WG [m ² /WG]
Bischofswerda	12.545	21.191	716.252	2.257	9,39	317,35
Elstra	3.027	5.113	172.825	825	6,20	209,49
Großröhrsdorf	7.050	11.909	402.517	1.560	7,63	258,02
Pulsnitz	7.933	13.400	452.931	1.833	7,31	247,10
Arnsdorf	4.844	8.182	276.566	1.136	7,20	243,46
Bretinig-Hauswalde	3.134	5.294	178.934	855	6,19	209,28
Frankenthal	1.051	1.775	60.006	304	5,84	197,39
Großharthau	3.179	5.370	181.504	848	6,33	214,04
Lichtenberg	1.722	2.909	98.317	450	6,46	218,48
Ohorn	2.473	4.177	141.195	665	6,28	212,32
Rammenau	1.480	2.500	84.500	445	5,62	189,89
Steina	1.785	3.015	101.914	547	5,51	186,31
Wachau	4.515	7.627	257.782	1.189	6,41	216,81
gesamt	54.738	92.463	3.125.244	12.914		
Städte	30.555	51.613	1.744.525	6.475		
Gemeinden	24.183	40.850	1.380.719	6.439		

Zur Kontrolle der Werte sind in den letzten beiden Spalten die spezifischen Werte kommunale Dachfläche (DF) pro Wohngebäude (WG) und gesamte Dachfläche pro Wohngebäude gebildet worden. Sie zeigen, dass sich alle Kommunen in einem etwa gleichen Rahmen bewegen und somit die Werte der Dachflächen für die weitere Berechnung herangezogen werden können. In Tabelle 39 ist nun das PV-Potenzial für alle Gemeinden dargestellt.

Tabelle 39: PV-Potenzial für die Westlausitz (Quelle:[40])

Kommune	PV-Potenzial komm. DF [kW]	PV-Potenzial ges. DF [kW]	PV-Potenzial komm. DF [MWh]	PV-Potenzial ges. DF [MWh]
Bischofswerda	848	28.650	806	27.246
Elstra	205	6.913	195	6.574
Großröhrsdorf	476	16.101	453	15.312
Pulsnitz	536	18.117	510	17.230
Arnsdorf	327	11.063	311	10.521
Bretinig-Hauswalde	212	7.157	201	6.807
Frankenthal	71	2.400	68	2.283
Großharthau	215	7.260	204	6.904
Lichtenberg	116	3.933	111	3.740
Ohorn	167	5.648	159	5.371
Rammenau	100	3.380	95	3.214

Kommune	PV-Potenzial komm. DF [kW]	PV-Potenzial ges. DF [kW]	PV-Potenzial komm. DF [MWh]	PV-Potenzial ges. DF [MWh]
Steina	121	4.077	115	3.877
Wachau	305	10.311	290	9.806
gesamt	3.699	125.010	3.517	118.884
Städte	2.065	69.781	1.963	66.362
Gemeinden	1.634	55.229	1.554	52.523

Das Potenzial wurde mit dem spezifischen Wert 0,1 kW_p/m² und 951 kWh/kW_p Ertrag je kW_p und Jahr berechnet. Weiterhin wurde erneut angenommen, dass nur 40 % der Dachflächen für eine Aufstellung von PV-Anlagen geeignet sind.

Von dem Wert 118.884 MWh muss aber nun die Stromproduktion abgezogen werden, die durch die bereits bestehenden Anlagen erbracht wird, da diese nicht in der Dachfläche berücksichtigt wurden. Die Leistung 1.673,2 kW_p und 951 kWh/kW_p Ertrag je kW_p und Jahr ergeben eine Arbeit von 1.591 MWh. Somit liegt das Potenzial für die Erzeugung von PV-Strom auf Dachflächen in der Westlausitz bei 117.293 MWh. Dies entspricht 51 % des gesamten Stromverbrauchs der Westlausitz. Zusammen mit den bereits vorhandenen Windkraftanlagen sind damit 74 % des Stromverbrauchs der Westlausitz gedeckt. Es müssen für eine Vollversorgung somit noch 604.918 m² PV-Module auf Freiflächen oder an Fassaden installiert werden, um den gesamten Stromverbrauch zu decken.

4.2.2 Solarthermie

Die vorhandenen Dachflächen sowie Fassaden- und Freiflächen können auch für solarthermische Anlagen genutzt werden. In Tabelle 40 ist das Potenzial für die Dachflächen abgeschätzt. Dabei wurde ein spezifischer Ertrag von 300 kWh/m² pro Jahr zugrunde gelegt und wieder die Annahme, dass nur 40 % der Dachflächen für die Aufstellung einer Solarthermischen Anlage geeignet sind. (Quelle: [42]; [41])

Tabelle 40: Solarthermisches Potenzial für die Westlausitz

Kommune	Solarpotential komm. DF [MWh]	Solarpotential ges. DF [MWh]
Bischofswerda	2.543	85.950
Elstra	614	20.739
Großröhrsdorf	1.429	48.302
Pulsnitz	1.608	54.352
Arnsdorf	982	33.188
Brettnig-Hauswalde	635	21.472
Frankenthal	213	7.201
Großharthau	644	21.780
Lichtenberg	349	11.798
Ohorn	501	16.943
Rammenau	300	10.140

Kommune	Solarpotential komm. DF [MWh]	Solarpotential ges. DF [MWh]
Steina	362	12.230
Wachau	915	30.934
gesamt	11.096	375.029
Städte	6.194	209.343
Gemeinden	4.902	165.686

Das solarthermische Potenzial liegt für Dachflächen liegt somit bei 375.029 MWh. Dies entspricht 60 % des Wärmeverbrauchs der Westlausitz. Welche Strategien zur Nutzung von Solarenergie als sinnvoll angesehen werden, soll im Abschnitt 6 behandelt werden. Es sei hier nur angemerkt, dass die thermische Nutzung von Solarenergie nicht nur zur Trinkwassererwärmung, sondern auch zur Heizungsunterstützung erfolgen muss.

4.3 Biogene Energie

4.3.1 Forstwirtschaft

Im Kapitel Strukturdaten sind bereits die Waldbestände nach Eigentumsart aufgezeichnet worden. Damit werden Potenziale aus dem jährlichen anfallenden Holz berechnet. Diese sind in Tabelle 41 angegeben.

Tabelle 41: Energieinhalt des Holzeinschlages in der Westlausitz (Quelle: [11])

Kommune	Landes- wald [MWh]	Kirchen- wald [MWh]	Körper- schaftswald [MWh]	Bundes- wald [MWh]	Privat- wald [MWh]	Treuhand- restwald [MWh]	Summe [MWh]
Bischofswer- da	59	56	3.426	0	3.412	0	6.952
Elstra	0	835	556	0	7.820	0	9.212
Großröhrs- dorf	7.116	113	165	0	1.660	0	9.055
Pulsnitz	34	79	234	7	5.393	17	5.764
Arnsdorf	6.491	24	151	0	3.853	0	10.519
Bretnig- Hauswalde	54	202	92	0	1.778	0	2.125
Frankenthal	1	41	6	0	831	0	879
Großharthau	10.323	182	73	0	2.881	0	13.459
Lichtenberg	1	161	93	177	1.644	0	2.075
Ohorn	804	1	52	0	5.122	0	5.980
Rammenau	0	28	127	0	2.168	0	2.322
Steina	0	0	206	0	2.173	4	2.384
Wachau	1.804	143	43	0	6.493	0	8.483
gesamt	26.687	1.865	5.225	184	45.226	22	79.209
Städte	7.209	1.083	4.381	7	18.285	17	30.983
Gemeinden	19.478	782	843	177	26.941	4	48.226

Das gesamte Potenzial der Biomasse aus der Forstwirtschaft beträgt damit 79.209 MWh. Es wurde aus den Waldflächen und dem spezifischen Wert von 10 MWh/ha*a errechnet. Damit können theoretisch 13 % des derzeitigen Wärmebedarfs der Westlausitz gedeckt werden. (Quelle: [48])

4.3.2 Landwirtschaft

Neben dem Biomassepotenzial aus dem Wald, liegt ein weiteres Biomassepotenzial in der Landwirtschaft in Form von Pflanzen und Gülle vor. Zunächst wird das Biomassepotenzial aus der landwirtschaftlich genutzten Fläche (siehe Tabelle 8) betrachtet. Dazu müssen zunächst die Flächen aufgeteilt in Dauergrünland und Ackerland bekannt sein. Diese Informationen liegen beim Statistischen Landesamt vor. Wie bereits im Kapitel Strukturdaten gezeigt, sind die Daten lückenhaft. Es wurde daher zum Teil mit geschätzten Werten gerechnet (rote/kursive Zahlen in Tabelle 42). Es ist auch das Forstpotenzial aus Tabelle 41 zum Vergleich mit angegeben.

Tabelle 42: Biomassepotenzial Westlausitz (Quelle: [4]; [34]; [41])

Kommune	Gesamtfläche [ha]	landwirtschaftlich genutzte Fläche [ha]	Ackerlandfläche [ha]	Dauergrünlandfläche [ha]	Energieertrag Ackerland [MWh]	Energieertrag Dauergrünland [MWh]	Energieertrag Forstflächen [MWh]
Bischofswerda	4.626	5.186	3.657	1.528	179.599	75.042	6.952
Elstra	3.264	1.851	1.491	360	73.225	17.680	9.212
Großröhrsdorf	2.645	1.501	1.031	470	50.634	23.082	9.055
Pulsnitz	2.671	1.009	674	335	33.101	16.452	5.764
Arnsdorf	3.580	1.392	976	417	47.932	20.479	10.519
Bretinig-Hauswalde	1.441	963	924	39	45.357	1.915	2.125
Frankenthal	943	1.100	770	330	37.816	16.207	879
Großharthau	3.727	693	446	248	21.904	12.180	13.459
Lichtenberg	1.475	2.981	2.273	708	111.630	34.771	2.075
Ohorn	1.207	391	248	143	12.180	7.023	5.980
Rammenau	1.076	694	486	208	23.868	10.215	2.322
Steina	1.249	843	529	314	25.980	15.421	2.384
Wachau	3.806	1.815	1.522	294	74.747	14.439	8.483
gesamt	31.710	20.419	15.027	5.394	737.971	264.905	79.209
Städte	13.206	9.547	6.853	2.693	336.558	132.256	30.983
Gemeinden	18.504	10.872	8.174	2.701	401.413	132.649	48.226

Hierbei wurde mit den spezifischen Werten 10 t Trockenmasse (TM) pro Hektar Ackerland bzw. 4,91 kWh/kg gerechnet (entspricht 49.100 kWh/ha). Für Dauergrünland wurden die spezifischen Werte 5,1 t Trockenmasse pro Hektar Dauergrünland und 4,86 kWh/kg zugrunde gelegt (entspricht 24.786 kWh/ha). (Quelle: [34])

Nach dieser Berechnung beträgt das theoretische Biomassepotenzial aus der Landwirtschaft in der Westlausitz 1.002.876 MWh. Dies entspricht 160 % des Wärmeverbrauchs der Westlausitz. Die Westlausitz könnte somit theoretisch die komplette Wärmeversorgung über die Biomasse aus den Acker- und Dauergrünlandflächen decken. Allerdings müssen auch Flächen für Nahrung zu-

rück behalten werden und ebenfalls Weideflächen für Vieh. Daher kann nicht das komplette Biomassepotenzial als verfügbar angesetzt werden.

Eine andere Möglichkeit der Bestimmung des Biomassepotenzials ist die Berechnung des entstehenden Biogases bei der entsprechenden Verwertung der Pflanzen. Hierbei können auch tierische Exkremente mit in die Bilanz eingehen.

In Tabelle 43 sind einige Ergebnisse der Biogasberechnung mit verschiedenen Einsatzstoffen verzeichnet. Als spezifischer Biogasertrag ist 6,2 kWh/m³ angenommen worden (Quelle: [37]; [38]).

Tabelle 43: Nutzenergie aus Biogas bei verschiedenen Einsatzstoffen (Quelle: [3]; [37]; [38]; [39])

Inhaltsstoffe	Energieertrag Inhaltsstoff	Brennstoffenergie [MWh]	Anteil an Wärmeverbrauch
Ackerland	34.637 [kWh/(ha*a)]	520.911	82,94%
Grassilage	39.060 [kWh/(ha*a)]	2.517	0,40%
Rindergülle	3.850 [kWh/(Rind*a)]	31.593	5,03%
Schweinegülle	3.850 [kWh/(Schwein*a)]	7.215	1,15%
Hühnergülle	820 [kWh/(Huhn*a)]	1.150	0,18%
gesamt		563.385	89,70%

Die Grassilage in Tabelle 43 ist der Grünschnitt aus Tabelle 44. Der spezifische Wert für Grassilage liegt bei 35 t/ha. Die Anzahl von Rindern, Schweinen und Hühnern ist in Tabelle 45 angegeben. Graue Felder bedeuten fehlende Informationen. Für den Biogasertrag des Ackerlandes ist aufgrund einer anzustrebenden Fruchtfolge ein Mittelwert aus den Biogaserträgen für Maissilage (7.280 m³/(ha*a)), Roggen (4.180 m³/(ha*a)) und Weizen (5.300 m³/(ha*a)) gebildet worden. (Quelle: [39])

Tabelle 44: Straßenbegleitgrün (Quelle: [41])

Kommune	Straßenbegleitgrün [t(TM)]
Bischofswerda	350
Elstra	300
Großröhrsdorf	100
Pulsnitz	50
Arnsdorf	300
Bretinig-Hauswalde	80
Frankenthal	50
Großharthau	380
Lichtenberg	30
Ohorn	75
Rammenau	200
Steina	40
Wachau	300
Gesamt	2.371
Städte	800
Gemeinden	1.571

Tabelle 45: Viehhaltung in der Westlausitz (Quelle: [4])

	Einwohner	Rinder	Schweine	Hühner	Vieh gesamt
Bischofswerda	12.545	4.207	22	177	4.406
Elstra	3.027			275	275
Großröhrsdorf	7.050	772	1.700	125	2.597
Pulsnitz	7.933				0
Arnsdorf	4.844	419			419
Bretinig-Hauswalde	3.134		0		0
Frankenthal	1.051				0
Großharthau	3.179	305		190	495
Lichtenberg	1.722	2.148	152	222	2.522
Ohorn	2.473		0		0
Rammenau	1.480	0	0	0	0
Steina	1.785	69		277	346
Wachau	4.515	286		136	422
gesamt	54.738	8.206	1.874	1.402	11.482
Städte	30.555	4.979	1.722	577	7.278
Gemeinden	24.183	3.227	152	825	4.204

Über das Biogas lässt sich somit ein Bioenergiepotenzial von 563.358 MWh abschätzen, wenn die gesamte Ackerfläche bewirtschaftet wird, alle anfallenden tierischen Exkremente und das anfallende Straßenbegleitgrün in der Westlausitz genutzt werden.

Eine andere Quelle für die Berechnung des Biomassepotenzials aus der Landwirtschaft in der Westlausitz ist eine Zuarbeit des Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), die auf sächsischen landwirtschaftlichen Daten beruht, aber nur die ehemaligen Landkreise Kamenz und Bautzen als kleinste Einheit betrachten. Der Anteil der Ackerfläche zur Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen (NAWARO) wurde vom LfULG mit 12 % festgesetzt, davon Gräser (60 %), Energiemais (27 %) und Getreideganzpflanzen (13 %). Der überwiegende Teil der Ackerfläche wird weiterhin wie bisher genutzt, wobei eine Obergrenze von maximal 25 % Rapsanbau und 33 % Silomaisanbau vom LfULG festgelegt wurde. Die Ertragsentwicklung von 2006 bis 2020 wurden für Gräser mit 14 tTM/ha bis 22 tTM/ha, für Energiemais von 12 tTM/ha bis 19 tTM/ha und für Getreideganzpflanzen von 10 tTM/ha bis 13 tTM/ha entsprechend der in den Landkreisen vorhandenen Böden angesetzt. Der Energieertrag der NAWARO-Fläche würde ca. 1.000 TJ/a in 2006 betragen. Der Energieertrag der Reststoffe der übrigen Ackerfläche (Getreidestroh, Heu vom Dauergrünland, Biogas aus Silomais, Rapsstroh) beträgt ebenfalls knapp 1.000 TJ/a. Insgesamt ergibt sich ein Energieertrag von über 1.900 TJ/a, der entsprechend der Ertragsentwicklung bis 2020 auf über 2.400 TJ/a ansteigt. Im Register 6 sind die Ergebnisse für den Landkreis Bautzen und den ehemaligen Landkreis Kamenz dargestellt. Es ergeben sich die in Tabelle 46 gezeigten Ergebnisse für das Biomassepotenzial aus der Landwirtschaft für die Westlausitz. Tabelle 47 zeigt das auf die Westlausitz umgerechnete Biomassepotenzial nach Einwohner und Fläche.

Tabelle 46: Ergebnisse Biomassepotenzial Landkreis Kamenz und Landkreis Bautzen (Quelle: [13])

	Landkreis Kamenz	Landkreis Bautzen
Einwohner	146.979	329.211
Fläche [ha]	133.446	239.065
nach Nutzfläche [ha]	47.788	100.258
Szenario 2007 [MWh]	558.888	754.722
spez. Potential [kWh/EW]	3.803	2.293
spez. Potential [kWh/ha]	4.188	3.157
spez. Potential [kWh/ha]	11.695	7.528

Tabelle 47: Biomassepotenzial aus Landwirtschaft für die Westlausitz

		Westlausitz nach Kamenz	Westlausitz nach Bautzen
Einwohner		54.738	
Fläche [ha]		31.710	
landwirtschaftlich genutzte Fläche [ha]		20.419	
Biomassepotential [MWh]	nach Einwohnern	208.141	125.488
	nach Fläche	132.805	100.108
	nach Nutzfläche	238.803	153.710
Anteil am Wärmeverbrauch	nach Einwohnern	33%	20%
	nach Fläche	21%	16%
	nach Nutzfläche	38%	24%

Es ist zu erkennen, dass das Biomassepotenzial mit den Werten der Grünen Ausbaustudie 2020 ([34]) mit 160 % des Wärmeverbrauchs zu hoch ist. Offenbar sind die spezifischen Werte dafür zu hoch angesetzt worden. Die Ertragsermittlung über die Biogasproduktion führt zu einem Anteil an der Wärmeversorgung von 90 %. Dabei wurde mit in der Praxis erprobten Werten gerechnet und die tierischen Exkremate mit genutzt. Die Zuarbeit des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie ergab ein Biomassepotenzial aus der Landwirtschaft, dass maximal 38 % des Wärmebedarfs der Westlausitz decken kann. Allerdings ist dies abhängig von den gewählten Randbedingungen (z. B. 12 % NAWARO-Fläche). Daher wird für die weiteren Betrachtungen der zweite Ansatz verwendet (Biogasproduktion).

4.4 Geothermie und Wasserkraft

4.4.1 Geothermie

Die auf Bild 24 dargestellten Karten zeigen Temperaturfelder in Tiefen von 500 bis 3.000 m.

Es ist zu erkennen, dass das Gebiet der Westlausitz sowie Sachsen im Allgemeinen in diesen Tiefen keine günstigen geothermischen Potenziale haben.

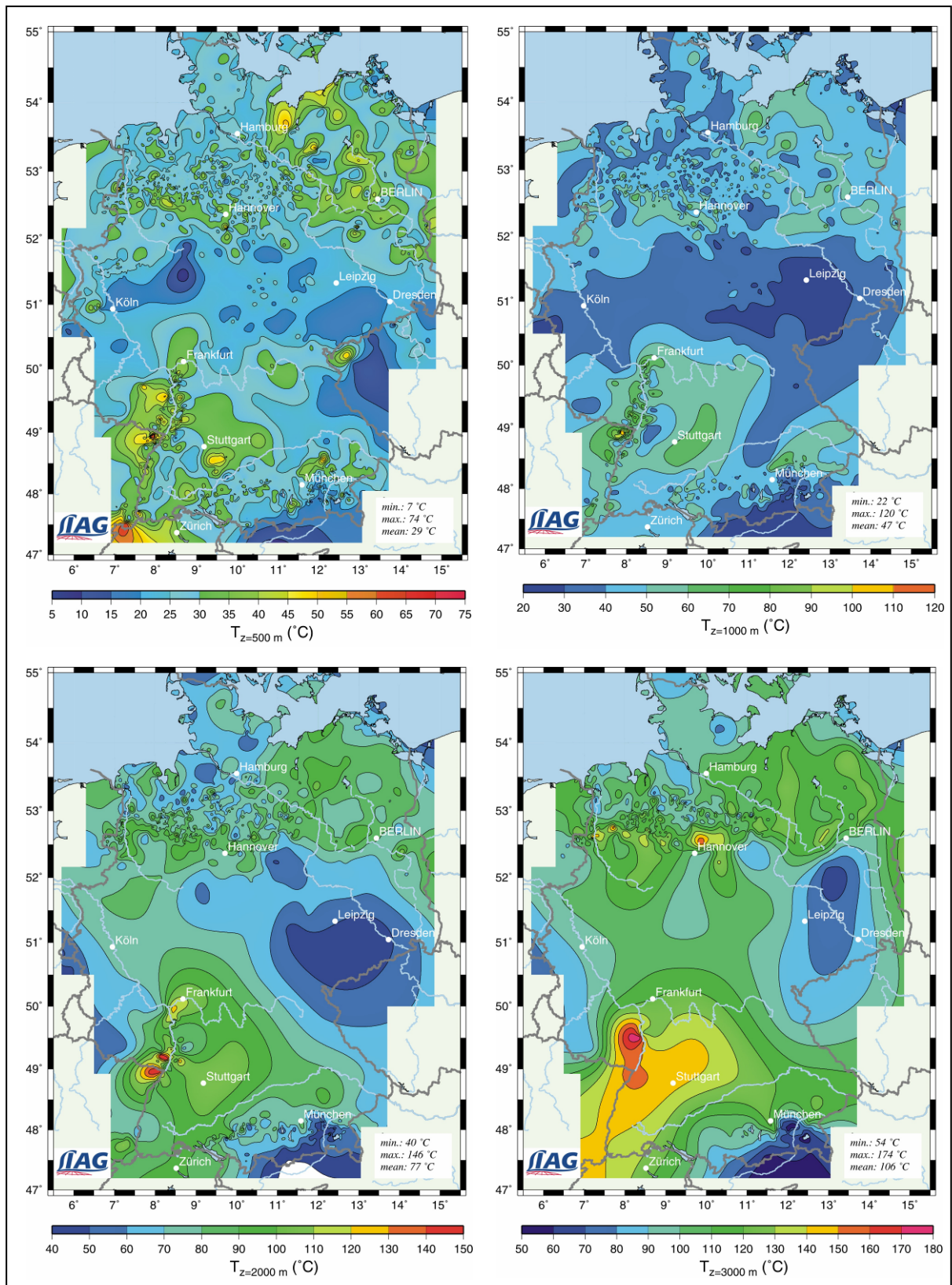


Bild 24: Temperaturfeld des Untergrunds in Deutschland in Tiefen von 500 m bis 3000 m (Quelle: [44])

In der Region Westlausitz gibt es ebenfalls keine nachgewiesenen hydrothermalen Energievorkommen. Das bedeutet eine Energiegewinnung aus heißem Gestein ist ebenfalls nicht sinnvoll

(Quelle: [53]). Ein nutzbares Tiefengeothermiepotenzial ist in der Region Westlausitz somit nicht wirtschaftlich erschließbar. Es bleibt als Potenzial allerdings die oberflächennahe Geothermie. Für die oberflächennahe Geothermie wird derzeit vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie eine Geothermiekarte angefertigt. Bisher ist nur ein Teil Mittel- und Westsachsens untersucht worden. Die Westlausitz ist noch nicht mit in dieser Karte vertreten. Die komplette Fertigstellung dieser Karte ist für 2015 geplant. Wann genau die Westlausitz als Teil dieser Karte hinzukommt ist nicht absehbar.

Der übliche Temperaturgradient beträgt 30 K/km. Bei einer Grundwassertemperatur von 10 °C ist in einer Tiefe von 50 m bis 100 m mit Temperaturen von ca. 11 °C bis 13 °C zu rechnen.

4.4.2 Wasserkraft

Das Potenzial an Wasserkraft ist ebenfalls als klein einzuschätzen, vor allem wegen der nur geringen Höhenunterschiede und dem Volumen des fließenden Wassers. Alle gängigen Bauarten von Wasserkraftwerken können aufgrund der geografischen Gegebenheiten in der Westlausitz nicht zum Einsatz kommen. Auch die Querverbauungen in der Westlausitz eignen sich nicht für die Nutzung von Wasserkraft. Daher ist auch das Wasserkraftpotenzial als unbedeutend und wirtschaftlich kaum nutzbar einzuschätzen. Zudem sind die Wasserkraftstandorte in Deutschland ausgeschöpft. Das einzige Potenzial besteht derzeit in der Modernisierung und Optimierung bestehender Anlagen. (Quelle: [45];[46]; [47])

Die fließenden Wässer sind allerdings als Wärmequellen für den Einsatz von Wärmepumpen geeignet. Im Abschnitt 6 werden dafür geeignete Techniken vorgestellt.

4.4.3 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Kraft-Wärmekopplung wird zurzeit als Schlüsseltechnologie für eine nachhaltige Wärmeversorgung angesehen (siehe dazu u. a. [108], [109]). Im Folgenden wird das Potenzial für KWK für Wärme- und Elektroenergiebereitstellung geschätzt. Dazu zeigt Tabelle 48 für die Region Westlausitz die Gesamtanzahl der Wohngebäude und diejenigen mit 1 bis 2 Wohneinheiten nach [4] sowie den geschätzten Wärmebedarf für die Wohngebäude mit mehr als 2 Wohneinheiten.

Tabelle 48: Wohngebäude und Anteil KWK am Wärmebedarf der Wohngebäude

Wohnfläche gesamt [m ²]	Wohngebäude gesamt	davon Wohngebäude mit 1 bis 2 WE	Anteil Wohngebäude mit 1 bis 2 WE	Jahreswärmeh bedarf Wohngebäude [MWh/a]	Jahreswärmeh bedarf gesamt [MWh/a]	Anteil Wärmehbedarf Wohngebäude	Jahreswärmeh bedarf Wohngebäude größer 2 WE [MWh/a]
1.966.200	12.914	10.990	85,1%	318.524	628.080	50,7%	47.456

Tabelle 49: Schätzung des KWK-Potenzials bei der Wärmeversorgung

Schätzung KWK-Potenzial (Stand 2008)	
Anteil KWK an Wohngebäuden größer 2 WE	50%
Anteil KWK an Nichtwohngebäuden	50%
Wärmebedarf Wohngebäude für KWK [MWh/a]	23.728
Wärmebedarf Nichtwohngebäude für KWK [MWh/a]	134.223
Potenzial Wärmeenergie gesamt für KWK [MWh/a]	157.951
Stromkennzahl KWK	60,0%
Potenzial Elektroenergie aus KWK [MWh/a]	94.771
bereitgestellte Elektroenergie aus erneuerb. Energiequellen [MWh/a]	57.885
Eltverbrauch Westlausitz gesamt [MWh/a]	224.132
noch erforderlicher Beitrag für Elektroenergie [MWh/a]	71.476

Die Schätzung des KWK-Potenzials ist in Tabelle 49 dargestellt, wobei der KWK-Anteil an der Deckung des Wärmebedarfs mit 50 % angesetzt wurde. Dieser Anteil wird als realistischer Wert eingeschätzt, weil die Ausstattung vorhandener Wärmeversorgungsanlagen mit KWK-Modulen in der Regel erhebliche Investitionen erfordert und deshalb zurzeit angesichts des vorhandenen Potenzials zögerlich erfolgt. Dies trifft sowohl auf den Wohnungsbau wie auch auf Industrie und Gewerbe zu.

Das in Tabelle 49 genannte KWK-Potenzial zeigt nur, wie viel Wärme- und Elektroenergie im effizienten KWK-Prozess bereitgestellt werden können. Im Sinne der hier durchgeführten Potenzialabschätzung handelt es sich um kein Potenzial, sondern um eine erstrebenswerte Anwendung von Biomassepotenzial zur Bereitstellung von Wärme- und Elektroenergie. Bei der Zusammenfassung der Potenzialermittlung in Tabelle 50 wird davon ausgegangen, dass die Biomassepotenziale aus Wald und aus Landwirtschaft im KWK-Prozess genutzt werden, so dass Anteile am derzeitigen Wärme- und Stromverbrauch ausgewiesen werden können.

4.5 Zusammenfassung Potenzialermittlung

Es wurde gezeigt, dass in der Westlausitz vielfältige Potenziale an erneuerbarer Energie vorhanden sind, deren wirtschaftliche Nutzung im Abschnitt 6 Stand der Technik vorgestellt wird.

Biomassepotenzial:

Das berechnete Biomassepotenzial aus der *Forstwirtschaft* ist nur theoretisch, da nicht das gesamte Holz für eine energetische Verwertung zur Verfügung steht. Weiterhin sind die Potenziale im Privatwald sehr schwer zu erschließen. Es kann somit nur beim Landes- und Bundeswald gut erschließbares Potenzial angesetzt werden. Landes- und Bundeswald haben in der Westlausitz einen Anteil von 34 % am Gesamtwald. Ein weiteres Hindernis für die Erschließung des Forstpotenzials sind die vielen kleinen Waldstücke. Der wirtschaftliche Aufwand ist sehr groß, um das Holz für eine energetische Gewinnung zu sammeln. Für die Biomasse aus dem Wald muss beachtet werden, dass nicht der gesamte Waldbestand genutzt werden kann. Maximal 10 % des Holzes können für die energetische Nutzung herangezogen werden. Die restlichen 90 % werden als Sä-

geholz und zur stofflichen Nutzung verwendet. Sägeholz und Holz zur stofflichen Verwertung erzielen am Markt einen höheren Preis als Holz zur energetischen Nutzung. Weiterhin kann nur das Holz als Potenzial angesehen werden, was im Jahr als Holzeinschlag zur Verfügung steht. Dies sind ca. 4 m³/ha*a Holz mit einem spezifischen Energieertrag von 2.500 kWh/m³, also ca. 10 MWh/ha*a. (Quelle: [48])

Das Potenzial aus der *Landwirtschaft* ist ebenfalls ausschließlich theoretisch, da in Zukunft nicht die gesamte Ackerfläche für Energiepflanzen oder Kurzumtriebsplantagen (KUP) verwendet werden kann. Die Flächenkonkurrenz zwischen Nahrungsmittel und Energiepflanzen wird zunehmen und der Gesetzgeber muss Beschränkungen beschließen. In diesem Energiekonzept wird die Annahme getroffen, dass in der Zukunft ca. 30 % der Fläche für den Anbau von Pflanzen zur energetischen Nutzung zur Verfügung stehen (Quelle: [45]). Für die laufende Nummer 2 in Tabelle 50 ergibt sich als realistisches Potenzial der Wert von 158.998 MWh als Brennstoffenergie. Setzt man einen Umwandlungswirkungsgrad von üblicherweise 80 % für die Bereitstellung der Endenergie an, so ergibt sich als realistisches Potenzial für die Endenergie der Wert von ca. 160.000 MWh. Zur Ermittlung der anteiligen Potenziale für die nutzbare Wärme- (Q) und Elektroenergie (P_{elt}) wird die nachfolgend erklärte Stromkennzahl verwendet.

Aus 100 % des realistischen Potenzials = P_{elt} + Q und aus der Stromkennzahl $\sigma = \frac{P_{elt}}{Q} = 60\%$ ⁶ lässt sich $Q = \frac{1}{\sigma + 1} = 62,5\%$ ableiten. Damit stehen 62,5 % des realistischen Potenzials als Wärme und 37,5 % als Strom zur Verfügung.

Wenn 30 % der nutzbaren Fläche mit KUP bewirtschaftet werden, dann kann ein spezifischer Ertrag von 59,3 MWh/(ha*a) angesetzt werden und man erhält ein Biomassepotential von 267.543 MWh/a und einer Nutzungsdauer der KUP von 20 Jahren. Das Biomassepotential würde sich somit um ca. 18 % erhöhen. Derzeit gibt es in der Westlausitz allerdings noch keine KUP. Inwieweit es in Zukunft KUP in der Westlausitz gibt, hängt hauptsächlich davon ab, ob die Bauern bzw. die Landbesitzer sich über ca. 20 Jahre hinweg an eine feste Fruchtfolge binden wollen. Weiterhin kommt es auf die Wirtschaftlichkeit der KUP an. Die Wirtschaftlichkeit bzw. die Preisentwicklung lässt sich über 20 Jahre nur mit großen Unsicherheiten abschätzen. Daher wird hier nicht weiter auf die KUP eingegangen. (Quelle: [50])

Im Bereich Kraftstoff liegt der geschätzte Verbrauch bei ca. 42 Mio l/a. Dem entspricht laut Tabelle 31 einem Energiebedarf von ca. 400.000 MWh. Der Kraftstoff kann damit nicht durch das realistische Biomassepotential bereitgestellt werden. Die Umwandlungswirkungsgrad der Biomasse zu Bioethanol wird mit 15 % angegeben (Quelle: [51]). Zurzeit wird für die Bereitstellung von Kraftstoff aus biogener Energie deutlich mehr landwirtschaftliche Nutzfläche benötigt als für die Bereitstellung von Wärmeenergie.

⁶ 60 % ist die durchschnittliche Stromkennzahl bei BHKW im Bereich von ca. 50 kW elektrischer Nennleistung

Windkraftpotenzial:

Das zusätzliche Potenzial, welches aus dem Repowering von Windkraftanlagen entsteht, liegt bei ca. 81.849 MWh. Als realistisches Potenzial können aber nur die regionalplanerisch gesicherten Windparks in Elstra, Großröhrsdorf und Wachau in das Repowering einbezogen werden. Diese können nach dem Repowering 12 MW mehr als bisher zur Verfügung stellen. Bei der bisher angenommenen Volllaststundenzahl von 2.100 h ergibt sich zusammen mit einem Umwandlungswirkungsgrad der Windenergie in elektrischen Strom von 90 % das realistische Repoweringpotenzial. (Quelle: [49]).

Es wird eingeschätzt, dass in der Westlausitz entlang der Autobahn A 4 ein größeres Windkraftpotenzial vorhanden ist als derzeit genehmigt und erschlossen. Entlang eines vergleichbaren Autobahnabschnittes der A 14 zwischen Nossen und Leisnig befinden sich im Jahre 2008 Windkraftanlagen mit ca. der dreifachen Leistung im Vergleich zu denen der gesamten Westlausitz. Da ein besonderer Landschaftsschutz und eine eventuell damit begründete Ablehnung der Nutzung von Windenergie in Autobahnnähe wohl kaum begründet werden kann, sollte die Ausweisung weiterer Nutzungsflächen möglich sein.

Solarpotenzial:

Mit Bezug auf Abschnitt 6.1.3 wird folgende Abschätzung vorgenommen. In den Gemeinden werden als realistisches Potenzial 35 % und in den Städten von 25 % des Wärmeverbrauchs angesetzt. Damit erhält man den in Tabelle 50, lfd. Nr. 3 angegebenen Wert von 181.301 MWh/a als realistisches Potenzial. Das theoretische Potenzial nimmt Bezug auf die verfügbaren Dachflächen. Zu beachten ist hierbei allerdings, dass sich die Nutzung von thermischer Solarenergie und Biomasse im KWK-Prozess zum Teil ausschließen können. Für PV-Anlagen wird die Annahme getroffen, dass 50 % des theoretischen Potenzials genutzt werden können.

Tabelle 50 zeigt eine Zusammenfassung der Energiepotenziale. Dabei handelt es sich nur um Potenziale. Die derzeitig bereits vorhandene Nutzung von Wind- und PV-Energie ist hier nicht enthalten.

Tabelle 50: Energiepotenziale theoretisch und realistisch

lfd. Nr.	Energieträger	theroetisches Potenzial [MWh]	realistisches Potential [MWh]	Anteil realistisches Potential	davon Elektroenergie [MWh]	davon Wärmeenergie [MWh]	Anteil am Elektroenergieverbrauch	Anteil am Wärmeverbrauch
1	Biomasse aus Wald	79.209	2.150	0,5%	806	1.344	0,4%	0,2%
2	Biomasse aus Landwirtschaft (Quelle: [3]; [37]; [38]; [39])	563.385	158.998	35,8%	59.624	99.374	26,6%	15,8%
3	thermische Solarenergie	375.029	181.301	40,8%		181.301		28,9%
4	Windenergie aus Repowering	81.849	42.367	9,5%	42.367		18,9%	
5	Photovoltaik	118.884	59.442	13,4%	59.442		26,5%	
	Gesamt	1.218.356	444.258	100,0%	162.239	282.018	72,4%	44,9%

Zusammenfassend wird festgestellt:

1. Die durchgeführte Schätzung ergibt Potenziale an erneuerbarer Energie von ca. 72 % für die Elektroenergie und von ca. 45 % für die Wärmeenergie, wobei in beiden Fällen der derzeitige Verbrauch zugrunde gelegt wurde.
2. Eine Energieautarkie bei der Elektroenergiebereitstellung ist realistisch, insbesondere wenn es gelingt, weitere Flächen für die Nutzung von Windenergie auszuweisen
3. Bei der Wärmeversorgung wird eine Energieautarkie ohne eine deutliche Verringerung des Wärmeverbrauchs durch Verbesserung der Wärmedämmung kaum zu erreichen sein.
4. Schwer einzuschätzen ist der zukünftige Anteil von Wärmepumpen für die Wärmeversorgung. Zurzeit gibt es schon vielfältige Anwendungen, vor allem im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser. Aus den in den Abschnitten 6.3.2 und 7.3 durchgeführten Berechnungen geht hervor, dass es zur Wärmepumpenanwendung heute noch bessere Alternativen gibt.
5. Dem in Tabelle 49 geschätzten KWK-Potenzial von 157.951 MWh/a für Wärmeenergie steht nach Tabelle 50 nur ein Brennstoffpotenzial von ca. 100.000 MWh/a gegenüber, so dass dieses verfügbare Biomassepotenzial möglichst umfassend im KWK-Prozess genutzt werden sollte.

5 Prognose der Bedarfsentwicklung

Zur Schätzung der Bedarfsentwicklung kann nur über die Bevölkerungsentwicklung eine Aussage zu den Verbräuchen getroffen werden. Andere Schätzungen auf 20 bzw. 50 Jahre hochgerechnet werden schnell unrealistisch. Bei der Bevölkerung gibt es zudem eine gute Datenbasis, die für eine Abschätzung genutzt werden kann. Die Bevölkerung könnte aufgrund der Dokumente auch bis in die 50er Jahre zurück dargestellt werden. Da sich aber häufiger die Kreise und Kreiszusammengehörigkeit geändert hat, sind hier nur die Jahre von 2000 bis 2007 betrachtet worden.

In Bild 25 ist die Bevölkerungsentwicklung von 2000 bis 2007 dargestellt.



Bild 25: Bevölkerungsentwicklung Westlausitz (Quelle: [4])

Neben den Markierungspunkten, die die genaue Bevölkerungszahl angeben wurde eine Trendlinie berechnet. Diese ist ebenfalls mit in Bild 25 dargestellt. Sie zeigt deutlich den negativen linearen Zusammenhang zwischen den Bevölkerungszahlen und den Jahren. In Bild 25 ist ebenfalls zu erkennen, dass die Bevölkerung in den Städten schneller abnimmt als in den Gemeinden.

Es wird zukünftig von einem konstanten prozentualen Rückgang der Bevölkerung von 0,7 % bis 2050 ausgegangen. Damit können folgende Einwohnerzahlen und Prozente im Vergleich zu 2007 prognostiziert werden:

2015:	51.747	(94,5 %)
2030:	44.572	(85,1 %)
2050:	40.468	(73,9 %)

Das Statistische Landesamt ([4]) veröffentlichte zudem die „4. Regionalisierte Bevölkerungsprognose für den Freistaat Sachsen bis 2020“. Diese Studie betrachtet die Bevölkerungsentwicklung unter verschiedenen Einflussfaktoren wie der Geburtenrate und der Lebenserwartung. Dabei werden allerdings nur Gemeinden und Städte mit mehr als 5.000 Einwohnern betrachtet, dies trifft in der Westlausitz nur auf Bischofswerda, Großröhrsdorf und Pulsnitz zu. Für diese 3 Städte ist eine Bevölkerungsabnahme bis 2020 von 10,6 % in Bischofswerda, 3,4 % in Großröhrsdorf und 5,7 % in Pulsnitz errechnet worden.

Für die Bedarfsentwicklung wird somit folgende Schätzung angegeben:

5.1.1 Elektroenergie

Die zugrunde gelegte Abnahme der Bevölkerung wird sich auf den Elektroenergiebedarf kaum auswirken und es wird von einem nahezu gleich bleibenden Bedarf in den nächsten 20 Jahren ausgegangen, da ein Anstieg von Elektrogeräten im Haushalt (Computer, Spülmaschine, Klimaanlage, Gebäudeleittechnik,...) den Bevölkerungsschwund ausgleicht. Sollte sich das Elektroauto in den nächsten Jahrzehnten etablieren, ist eher mit einem Anstieg des Elektroenergieverbrauchs trotz sinkender Bevölkerungszahlen zu rechnen. Die Energie aus dem Kraftstoff, die derzeit ca. 30 % des Energieverbrauchs der Westlausitz ausmacht, würde dann zusätzlich zu den bisherigen 20 % Elektroenergieverbrauch anfallen. Es müsste also mehr als die doppelte Strommenge erzeugt werden.

5.1.2 Wärmeenergie

Der Wärmeenergiebedarf wird mit sinkender Bevölkerungszahl sinken. Er ist aber in deutlich stärkerem Maße von erforderlichen Wärmedämmmaßnahmen beeinflusst. Es wird eingeschätzt, dass sich für den Wohngebäudebestand der spezifische Wärmebedarf von heute ca. 162 kWh/m²*a in den nächsten 20 Jahren aufgrund von notwendigen Wärmedämmmaßnahmen und Neubauten halbieren wird, die die Auflagen der Energieeinsparverordnung (EnEV) erfüllen müssen. Die EnEV setzt Richtwerte u. a. im Wärmebedarf, die ein Neubau nicht überschreiten darf. Bei Nichtwohngebäuden wird von einer geringeren Reduktion auf ca. 70 % ausgegangen. Dies ist ebenfalls aufgrund von Wärmedämmmaßnahmen und der EnEV zu erwarten.

Damit ergibt sich in 20 Jahren ein Wärmebedarf von ca. 370.000 MWh/a. Im Gegensatz zu den bisher geschätzten 630.000 MWh würde dies ca. 40 % Einsparung bedeuten und angesichts des in Tabelle 50 genannten Potenzials an erneuerbarer Energie für die Wärmebereitstellung wäre dann eine Energieautarkie von ca. 76 % erreichbar.

6 Vorstellung und Bewertung der Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energie

6.1 Vorstellung der Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energie

In diesem Kapitel werden einige Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energien vorgestellt.

6.1.1 Photovoltaikanlagen

Das auf die Erde auftreffende Sonnenlicht kann teilweise durch PV-Anlagen in Strom umgewandelt werden. Dafür nehmen die Elektronen der PV-Anlagen die Energie der Photonen des Lichtes bei Auftreffen auf die Anlage auf. Dadurch werden die Elektronen aus ihrem Verbund gelöst und können sich frei bewegen. Die Dotierung der Stoffe einer PV-Anlage führt zu einem Spannungsgefälle innerhalb der Stoffe einer PV-Anlage. Dadurch entsteht eine gerichtete Bewegung der freibeweglichen Elektronen. Dies führt zu einem Gleichstrom. Der Gleichstrom muss durch einen Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt werden, damit der Strom in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist werden kann. (Quelle: [53])

6.1.2 Windkraftanlagen

Windkraftanlagen nutzen die im Wind vorhandene Bewegungsenergie. Für Windkraftanlagen haben sich heute die so genannten Auftriebsläufer mit drei Flügeln durchgesetzt. Auftriebsläufer haben ein aerodynamisches Flügelprofil ähnlich denen von Flugzeugen. Sie nutzen wie Flugzeuge die Auftriebskraft, die bei Wind durch den Druckunterschied auf der Ober- und der Unterseite des Flügels entsteht. Durch den Auftrieb der Windkraftflügel entsteht eine Drehbewegung die im Rotor auf eine Achse übertragen wird. Diese mechanische Drehbewegung wird durch einen Generator in elektrische Energie umgewandelt. (Quelle: [54])

6.1.3 Solarthermische Anlagen

Solarthermische Anlagen nutzen die Kraft der Sonne durch Kollektoren. Die Photonen werden hierbei in Wärme umgewandelt indem sie auf ein wärmeübertragendes Medium auftreffen. Über Wärmeübertrager kann die Wärme von den Sonnenkollektoren in einen Heizkreis übertragen und dort genutzt werden. (Quelle: [55])

6.1.4 Blockheizkraftwerk

Bei einem BHKW erfolgt eine KWK und es kann neben Wärme auch Strom bereitgestellt werden. Dadurch steigt der Gesamtwirkungsgrad des Systems. In Bild 26 ist ein Schema eines BHKW dargestellt. Es funktioniert ähnlich wie ein Verbrennungsmotor. Dabei wird ein Brennstoff-Luft-Gemisch in die Brennkammer eingebracht. In der Brennkammer wird das Gemisch verbrannt. Dabei dehnt es sich aus und es entsteht Wärme. Die Ausdehnung führt zur Bewegung des Kolbens.

Über einen Generator wird die mechanische Bewegung in elektrische umgewandelt. Das entstehende heiße Abgas wird aus der Brennkammer ausgebracht. Dabei erfolgt eine Wärmerückgewinnung über einen Wärmetauscher. Daher kann die Abgaswärme weiter genutzt werden. (Quelle: [56])

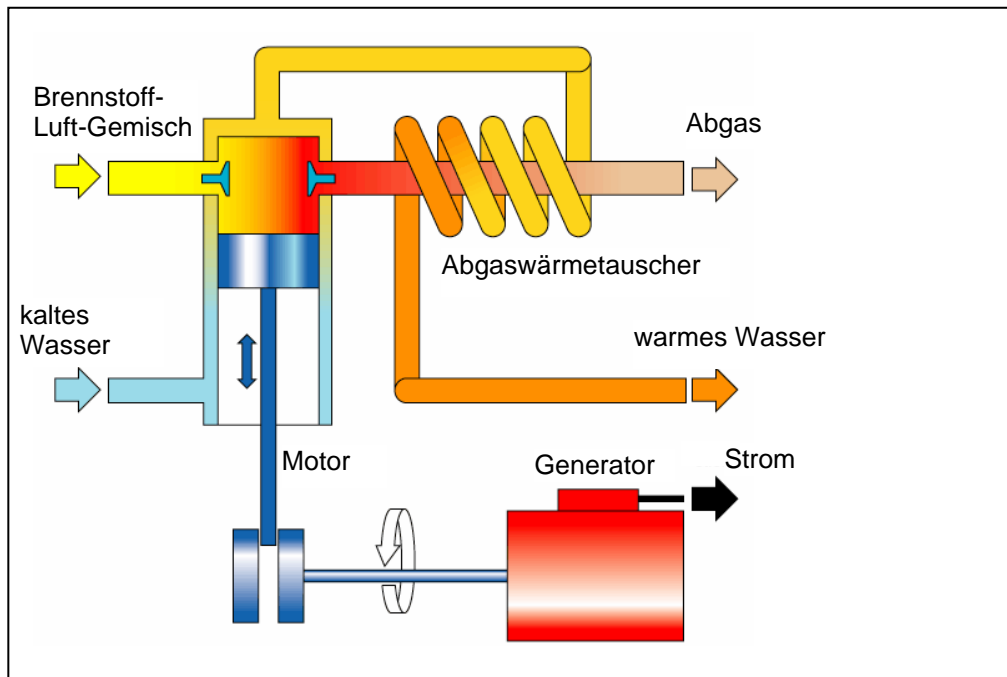


Bild 26: Funktionsweise BHKW (Quelle: [56])

6.1.5 Biomasseanlagen

Für die Nutzung von Biomasse gibt es unterschiedliche Umwandlungsverfahren. Sie können in

- Physikalisch-chemische
- Biologisch-chemische
- Thermo-chemische

Umwandlungsverfahren eingeteilt werden. (Quelle: [57])

Physikalisch-chemische Umwandlungsverfahren

In Bild 27 sind die Einsatzstoffe und Nutzung der Produkte aus dem physikalisch-chemischen Umwandlungsverfahren dargestellt. Es ist zu erkennen, dass in diesem Verfahren ölhaltige Biomassen (Raps, Leinen, Jatropha, Algen,...) zum Einsatz kommen können. Durch das Auspressen der Biomasse erhält man Pflanzenöl. Dieses kann direkt als Kraftstoff für Kraftfahrzeuge dienen oder nach einer Veredelung in einem Pflanzenöl-BHKW zur Strom- und Wärmeproduktion eingesetzt werden.

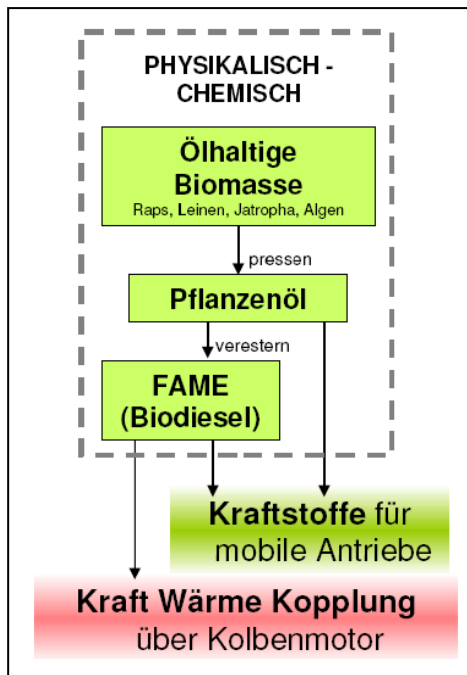


Bild 27: Physikalisch-chemische Umwandlungsverfahren (Quelle: [57])

Biologisch-chemische Umwandlungsverfahren

Im Biologisch-chemischen Prozess (siehe Bild 28) kann zuckerhaltige und stärkehaltige Biomasse (Energiepflanzen, Mais, Zuckerrohr,...) und die restliche Biomasse (Gülle, Abfälle, Fette,...) zum Einsatz kommen. Durch die Vergärung werden unter Sauerstoffabschluss von Hefen oder Bakterien Kohlenhydrate zur Energiegewinnung abgebaut. Aus zuckerhaltiger und stärkehaltiger Biomasse kann somit Bioethanol als Kraftstoff für Kraftfahrzeuge erzeugt werden.

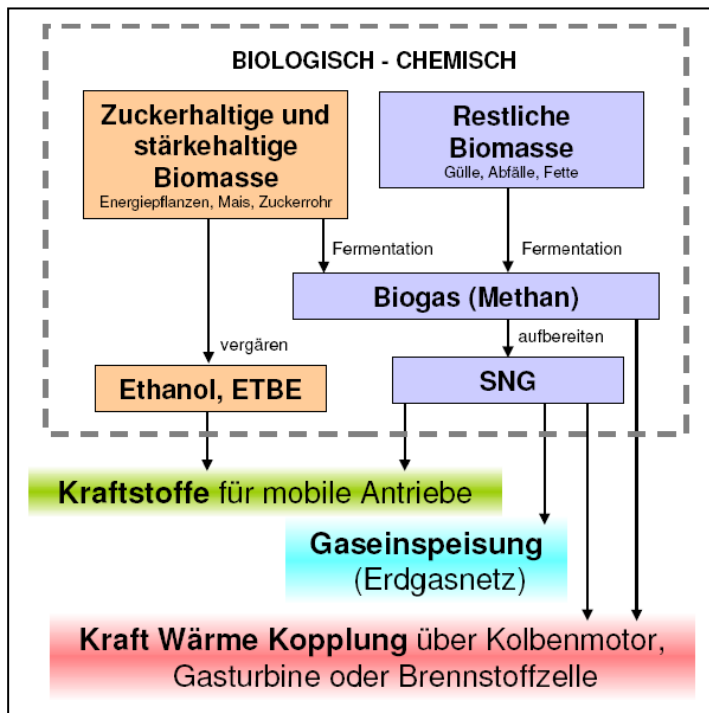


Bild 28: Biologisch-chemische Umwandlungsverfahren (Quelle: [57])

Bei der Fermentation laufen neben der Vergärung noch andere mikrobielle Prozesse ab. Die Vergärung ist aber auch hier ein wichtiger Bestandteil des Prozesses. Durch die Fermentation entsteht Biogas, welches als Brennstoff für ein Biogas-BHKW Verwendung finden kann. Nach einer Aufbereitung kann es aber ebenfalls in das Erdgasnetz eingespeist werden oder als Kraftstoff für Kraftfahrzeuge dienen.

Thermo-chemische Umwandlungsverfahren

Im Thermo-chemischen Verfahren (siehe Bild 29) kommen holzartige Biomassen (Holz, Stroh, Grünpflanzen,...) zum Einsatz. Dabei kann die Biomasse komplett unter Sauerstoffüberschuss verbrannt werden. Daraus wird Dampf erzeugt der auf eine Dampfturbine antreibt. Somit ist eine Produktion von Wärme und Strom möglich. Allerdings ist der Wirkungsgrad mit ca. 15 % hier sehr gering.

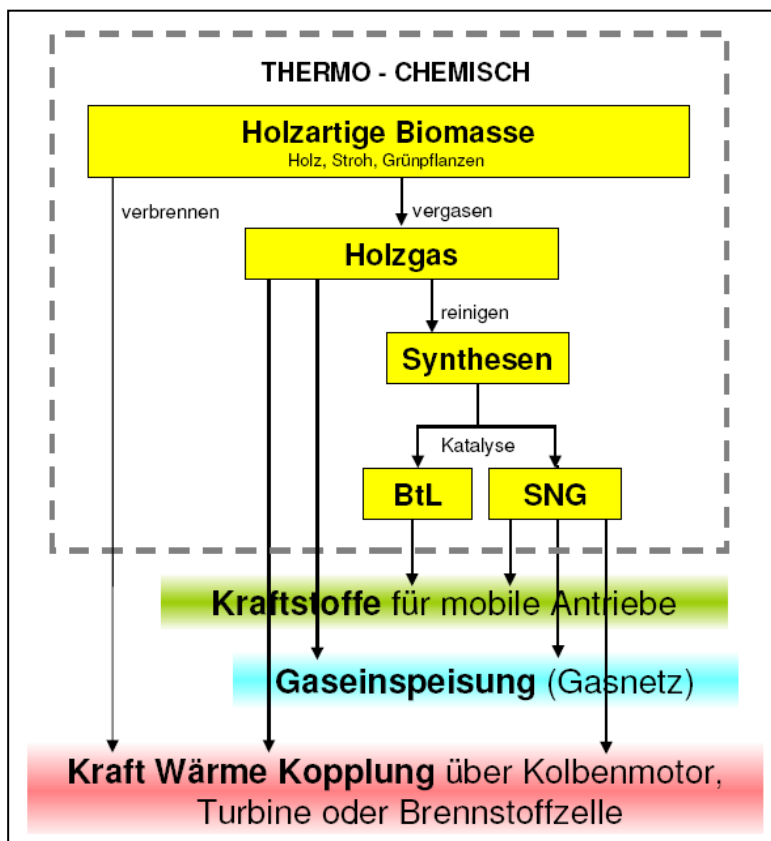


Bild 29: Thermo-chemische Umwandlungsverfahren (Quelle: [57])

Bei der Biomassevergasung erfolgt eine Verbrennung unter Luftmangel oder Luftabschluss. Durch die Aufwärmung im Vergaser verdampft zunächst das im Brennstoff vorhandene Wasser, es erfolgt also eine Trocknung des Brennstoffes. Bei der weiteren Aufheizung des Brennstoffes in der Pyrolysezone finden mehrere Zersetzungs Vorgänge statt. Durch eine folgende Oxidation im Vergaser entsteht letztlich das Produktgas (in Bild 29 als Holzgas bezeichnet). Die Zusammensetzung des Gases ist abhängig von der eingesetzten Biomasse und dem Vergasungsmittel sowie den Prozessparametern Temperatur, Reaktionszeit und Druck. Das aus der Vergasung gewonnene

Gas wird gereinigt und lässt sich anschließend in einem Gasmotor oder in einer Gasturbine nutzen. Der Wirkungsgrad liegt dabei mit bis zu 80 % um ein Vielfaches höher als beim Einsatz einer Dampfturbine. Das Produktgas kann auch direkt in ein Gasnetz eingespeist werden. (Quelle: [57])

Durch die Reinigung des Produktgases entsteht eine Synthese, die durch eine Katalyse in Kraftstoff (Biomass to Liquid – BtL) umgewandelt werden kann oder in Methan (SNG), welches dann als Kraftstoff dienen kann oder in das Gasnetz eingespeist wird oder wieder als Brennstoff für ein BHKW dient.

6.2 Bewertung der Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energie

Es werden im Folgenden nur Techniken zur Bereitstellung von Elektro- und Wärmeenergie betrachtet. Insbesondere soll der Verbrauchssektor Verkehr hier nicht weiter untersucht werden.

Bei der Bereitstellung von Elektroenergie werden der Stand der Technik und das heute eingeschätzte Entwicklungspotenzial für Windenergie und PV dargestellt.

Bei der Wärmeenergie wird vor allem auf die KWK-Technik eingegangen, welche bei Einsatz biogener Energieträger möglichst umfangreich zum Einsatz kommen soll. Des Weiteren werden die Wärmepumpe und die Solarthermie als wichtige technische Komponenten für die Ablösung fossiler Energieträger betrachtet.

Die Wärmeversorgung wird als Versorgungsaufgabe (Wärmeleistung in Abhängigkeit von der Außentemperatur) bezeichnet. Sie schließt eine optimale Bemessung der Anlagenkomponenten ein. Insbesondere wird das auf Verbrauchsmessungen basierende Verfahren zur Ermittlung der Wärmeleistung in Abhängigkeit von der Außentemperatur eingegangen.

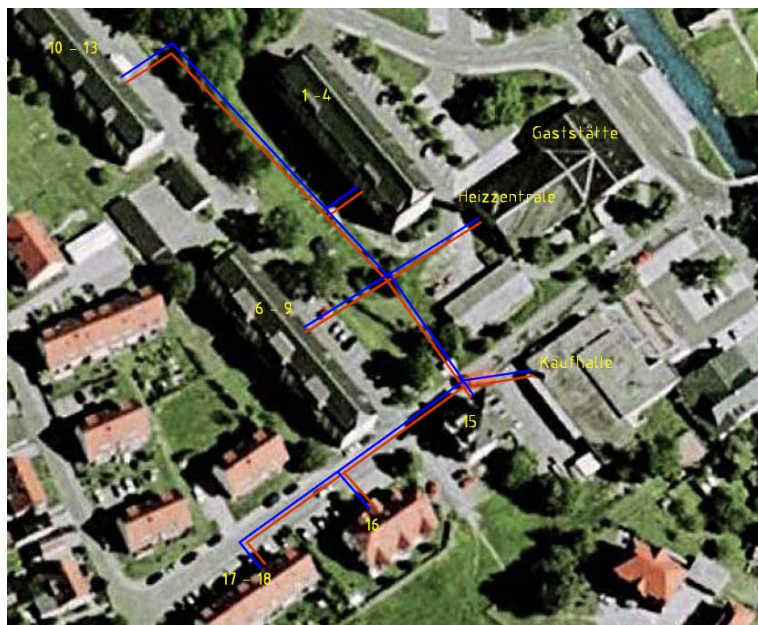


Bild 30: Typische Wärmeversorgungssituation im ländlichen Raum (Quelle: [28])

Bild 30 zeigt beispielhaft ein Nahwärmenetz im ländlichen Raum, für welches eine Versorgung über KWK angestrebt werden sollte. Die zur Nahwärmeversorgung gemäß Bild 30 gehörige Versorgungsaufgabe zeigt Bild 31.

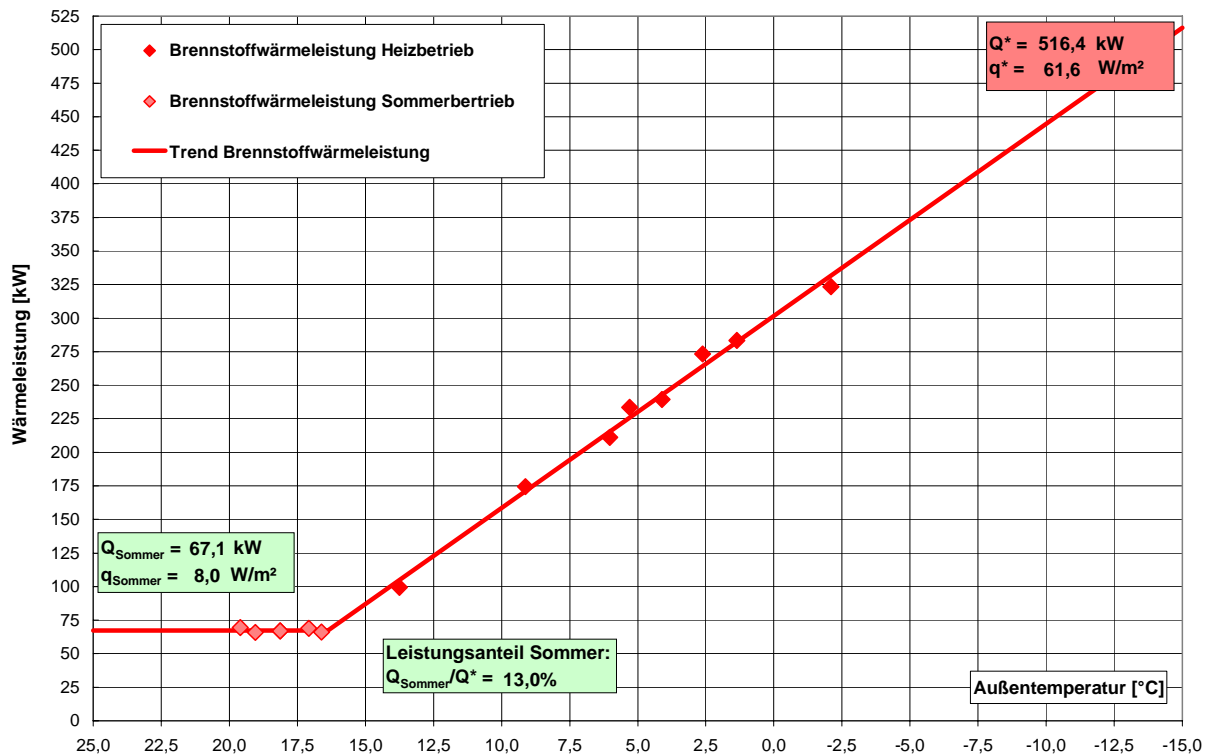


Bild 31: (Brennstoff)-Wärmeleistung in Abhängigkeit von der Außentemperatur für das Versorgungsgebiet gemäß Bild 30 (Quelle: [28])

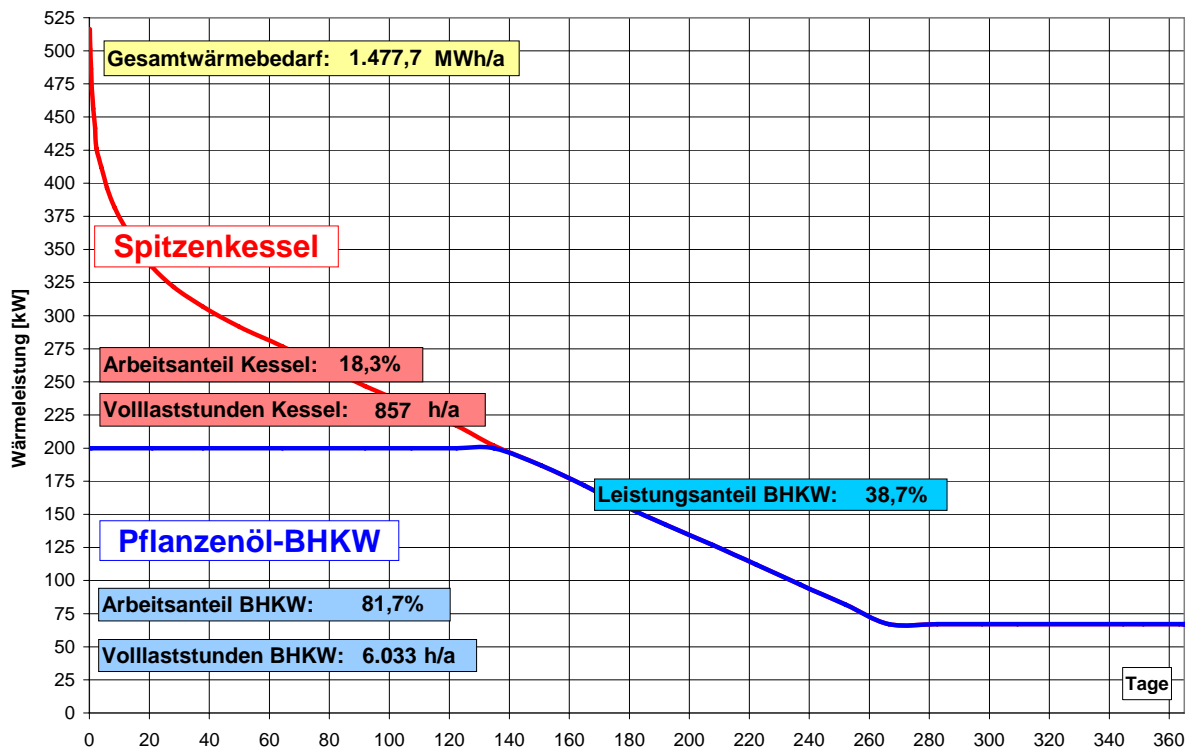


Bild 32: Jahresdauerlinie der Wärmeleistung für das Versorgungsgebiet gemäß Bild 30 (Quelle: [28])

Zur optimalen Bemessung der Anlagenkomponenten ist die Darstellung der Wärmeleistung als geordnete Jahresdauerlinie erforderlich wie auf Bild 32 gezeigt. Als Beispiel wurde die Kombination aus einem Spitzenkessel (eventuell vorerst noch mit fossilem Brennstoff) und einem Pflanzenöl-BHKW gewählt.

Beide Informationen – Wärmeleistung in Abhängigkeit von der Außentemperatur und Jahresdauerlinie für die Wärmeleistung – sind für eine optimale Anlagenbemessung erforderlich. Sie sind gewissermaßen das „Segelschulschiff“ der Energiewirtschaft.

6.3 Kriterien für die Bewertung der Energieeffizienz

Mit der EnEV [61] und DIN 4701-10 [62] hat der Gesetzgeber Vorschriften erlassen, welche sowohl den sparsamen Energieeinsatz wie auch eine effiziente Anlagentechnik befördern. Bild 33 zeigt das in DIN 4701-10 verwendete Schema zur Berechnung des Energiebedarfs von der Nutzenergie über die Endenergie bis zur Primärenergie.

Für alle Systeme zur Bereitstellung von Wärmeenergie soll die Kennzahl Primärenergiefaktor f_p als Verhältnis von Primär- zu Endenergie ermittelt werden. Bild 33 zeigt diese Schnittstelle für die Definition der Endenergie Q_E . Die Schnittstelle wurde gewählt, weil die Bestimmung der Versorgungsaufgabe messtechnisch auf der Grundlage von Wärmeverbräuchen erfolgen soll, welche in der Regel von Wärmehählern zur Verfügung gestellt werden. Diese Wärmehähler sind nach den Erzeugungseinheiten angeordnet

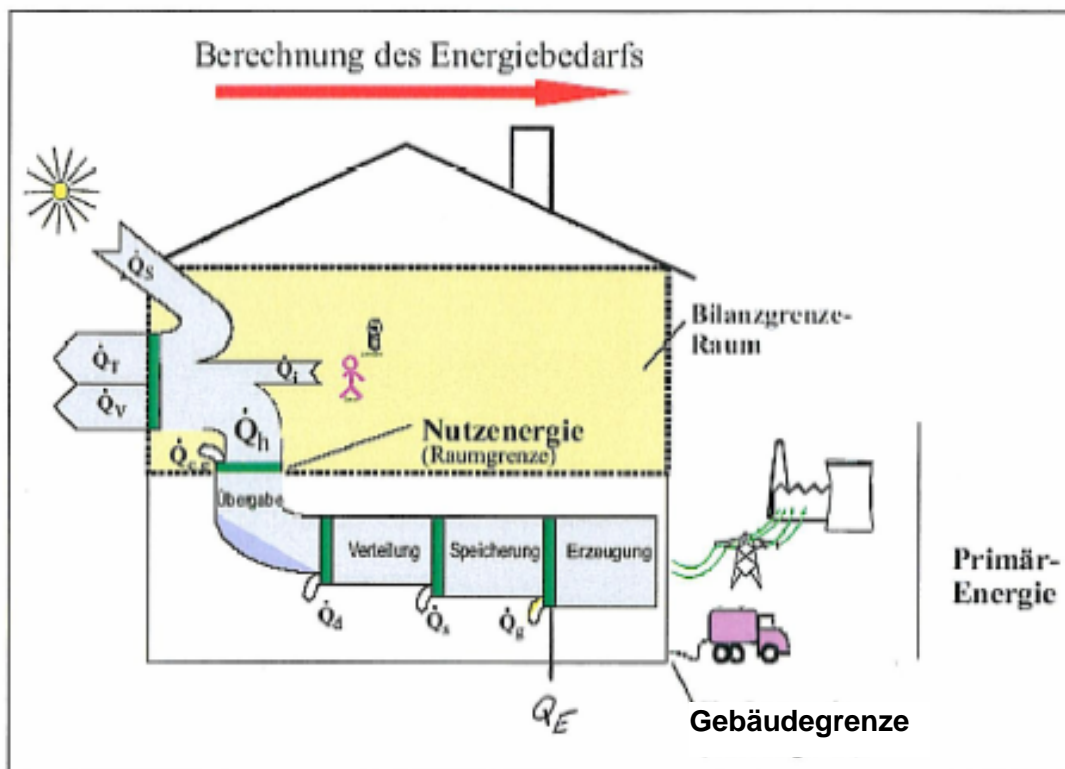


Bild 33: Berechnung des Energiebedarfs [Quelle: [62], Bild 1-1]

Die Beziehung für den Primärenergiefaktor f_p als Verhältnis von aufgewandter Primärenergie zu Endenergie beim Nutzer wird nachfolgend für einige Prozesse angegeben.

6.3.1 BHKW und Spitzenkessel

Bild 34 zeigt das Bilanzschema zur Ermittlung des Primärenergiefaktors für die Versorgung mit BHKW und Spitzenkessel. Der Primärenergiefaktor wird nach folgender Formel berechnet.

$$f_p = \frac{Q_{Br, BHKW} \times f_{p, BHKW} + Q_{Br, SpK} \times f_{p, SpK} - (W_{BHKW, netto} - W_{Hilf}) \times f_{p, el}}{Q_E}$$

$Q_{Br, BHKW}$	Brennstoffenergie für die Wärmebereitstellung des BHKW
$Q_{Br, SpK}$	Brennstoffenergie für die Wärmebereitstellung des Spitzenkessels
$f_{p, BHKW}$	Primärenergiefaktor des Brennstoffs für das BHKW
$f_{p, SpK}$	Primärenergiefaktor des Brennstoffs für den Spitzenkessel
$W_{BHKW, netto}$	Nettostromerzeugung des BHKW
W_{Hilf}	elektrische Hilfsenergie
$f_{p, el}$	Primärenergiefaktor für Elektroenergie
Q_E	Endenergie gemäß Bild 33

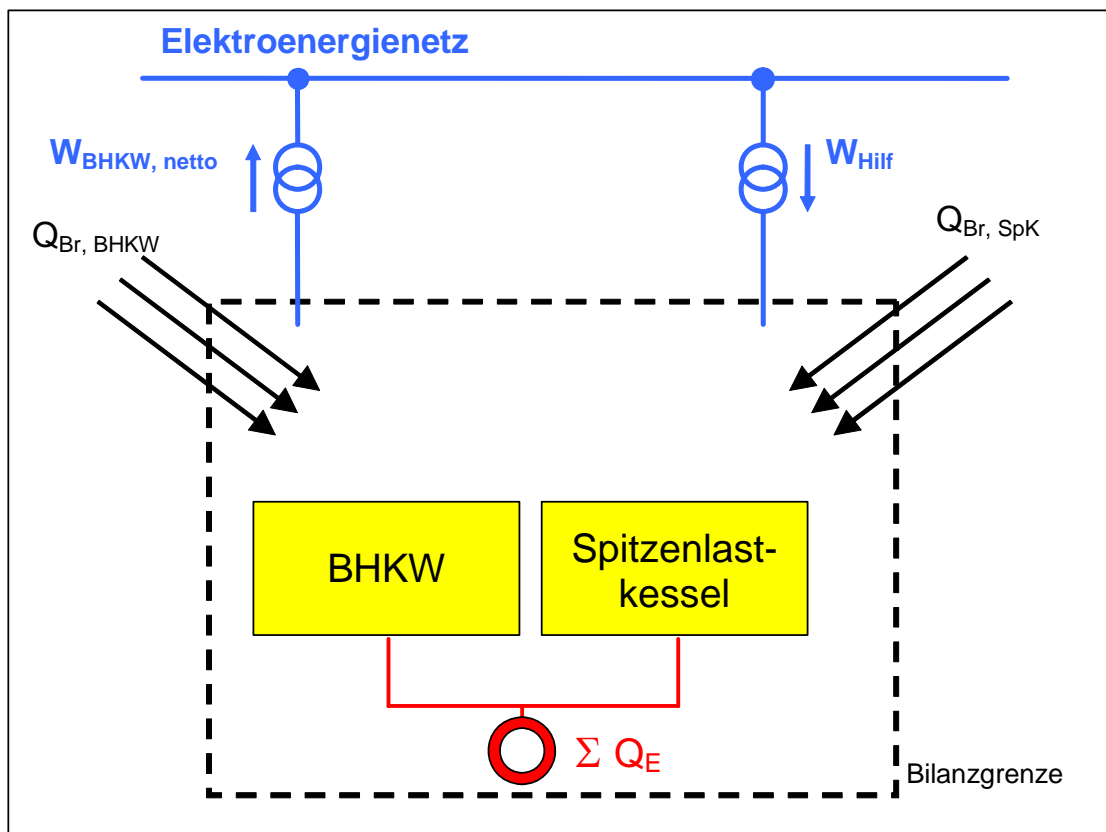


Bild 34: Bilanzschema BHKW und Spitzenkessel

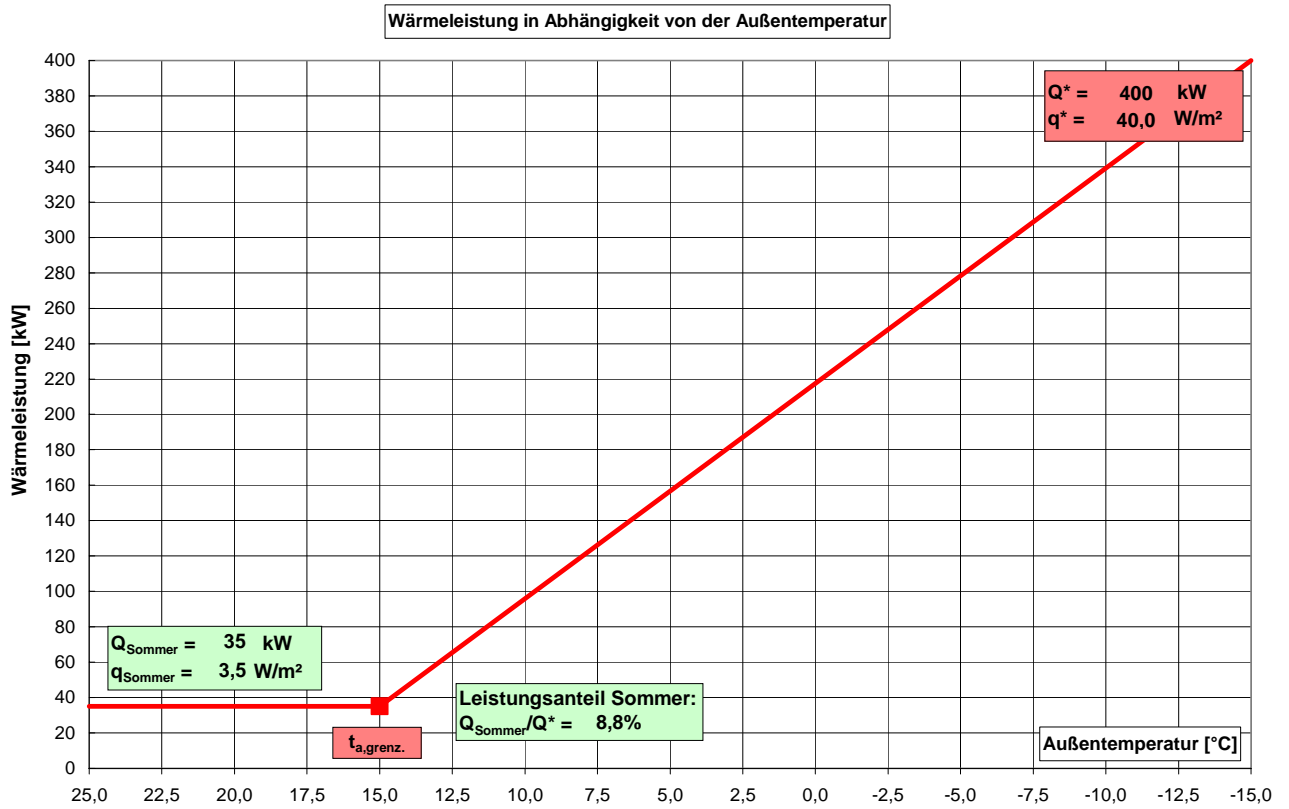


Bild 35: Versorgungsaufgabe als Wärmeleistung in Abhängigkeit von der Außentemperatur

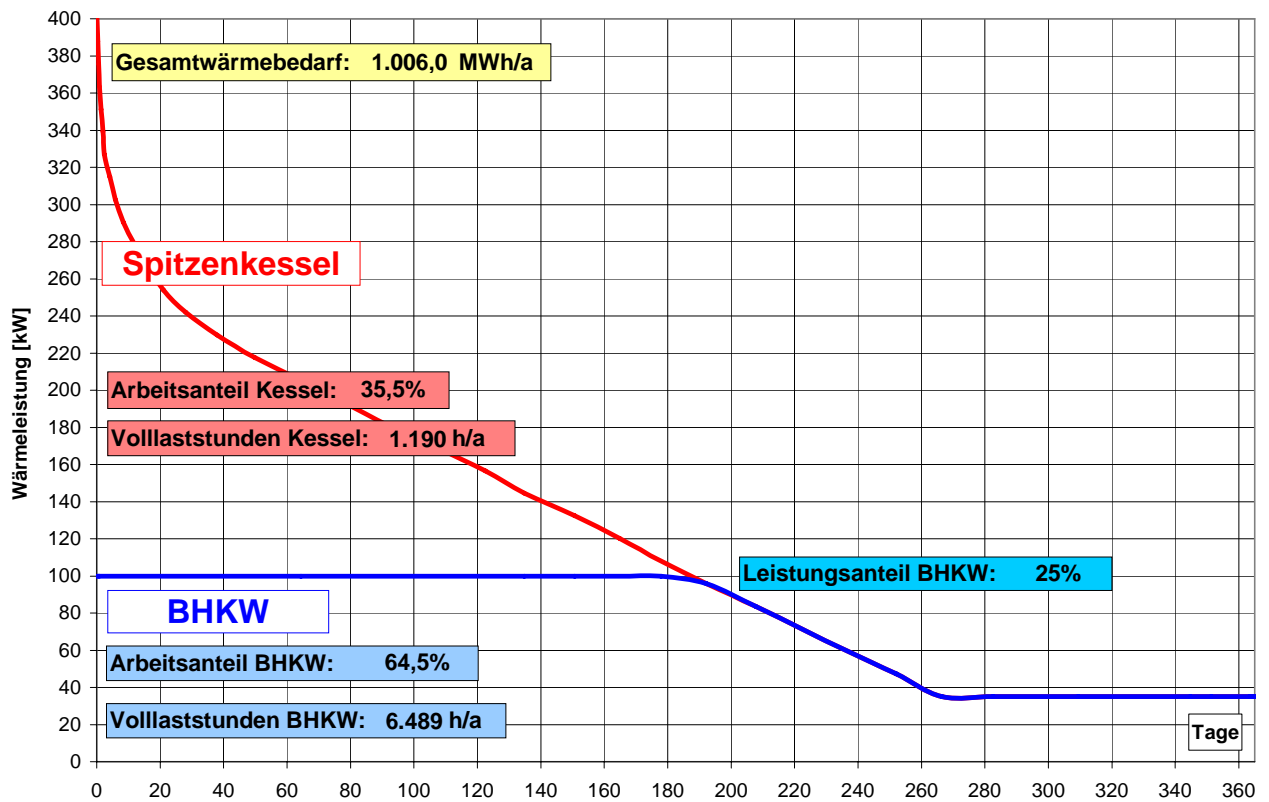


Bild 36: Jahresdauerlinie Wärmeleistung mit Leistungsaufteilung zwischen BHKW und Spitzenkessel

In Bild 35 und Bild 36 werden die Versorgungsaufgabe und die Jahresdauerlinie der Wärmeleistung mit einem Leistungsanteil des BHKW von 25 % gezeigt. Das BHKW wird zunächst für Erdgasbetrieb vorgesehen. Ein Einsatz als Biomasse-HKW mit Spitzenkessel sollte allerdings perspektivisch angestrebt werden.

Durch den Einsatz des BHKW wird selbst unter Beibehaltung des Brennstoffs Erdgas eine deutlich Verbesserung der Primärenergie- und der CO₂-Bilanz erreicht. Tabelle 51 zeigt die Ergebnisse.

Tabelle 51: Primärenergie- und CO₂-Bilanz bei Einsatz eines Erdgas BHKW mit einem Leistungsanteil von 25%

Jahresbedarf Endenergie [MWh]	1.006,00
bisherige Versorgung:	
Jahresnutzungsgrad Kessel	85%
Brennstoffbedarf bisher [MWh]	1.183,53
Anteil elektrische Hilfsenergie an Endenergie	1%
Jahresbedarf elektrische Hilfsenergie [MWh]	10,06
Primärenergiefaktor	132,1%
zuzurechnende Elektroenergie [MWh]	405,54
CO₂-Emission [tCO₂/a]	536,7
neue Versorgung mit BHKW:	
Jahresnutzungsgrad Kessel	85%
Brennstoffbedarf Kessel [MWh]	420,17
Brennstoffbedarf BHKW gesamt [MWh]	1.171,55
Elektroenergiebereitstellung BHKW netto [MWh]	405,54
Jahresbedarf elektrische Hilfsenergie [MWh]	10,06
Primärenergiefaktor	67,9%
CO₂-Emission [tCO₂/a]	372,46
CO₂-Vermeidung [tCO₂/a]	164,23
CO₂-Vermeidung [%]	30,6%

6.3.2 Wärmepumpe und Spitzenlastkessel

Neben dem Einsatz von BHKW zur Erhöhung des Primärenergiefaktors bei Wärmeversorgungsprozessen ist die Nutzung von Wärmepumpen heute ebenfalls Stand der Technik. Die Versorgungsaufgabe ist dieselbe wie auf Bild 35. Beim Wärmepumpeneinsatz ist das Temperaturniveau der Heizungsanlage entscheidend für die Effizienz. Dies gilt insbesondere auch für die Trinkwassererwärmung, weil hier vom Gesetzgeber Vorgaben getroffen wurden. Das Temperaturniveau der Heizungsanlage wird mit der so genannten Fahrkurve angegeben. Es handelt sich hierbei um die Vorlauftemperatur in Abhängigkeit von der Außentemperatur. Diese Fahrkurve ist auf Bild 37 dargestellt. Ebenfalls enthalten ist die Vorlauftemperatur der Wärmepumpe, welche wie im vorigen Beispiel mit einem Leistungsanteil von 25 % gewählt wurde. Die so genannte Nennspreizung der Heizungsanlage als Differenz zwischen Nennvorlauf- und rücklauftemperatur beträgt im gewählten Beispiel 25 K (75 °C – 50 °C). Die von der Wärmepumpe bewirkte Temperaturerhöhung ist 6,25 K.

Das ist ein Viertel der Nennspreizung von 25 K. Der Einsatzfall Trinkwassererwärmung ist im Bild 37 nicht dargestellt, wird aber bei der energetischen Bewertung berücksichtigt.

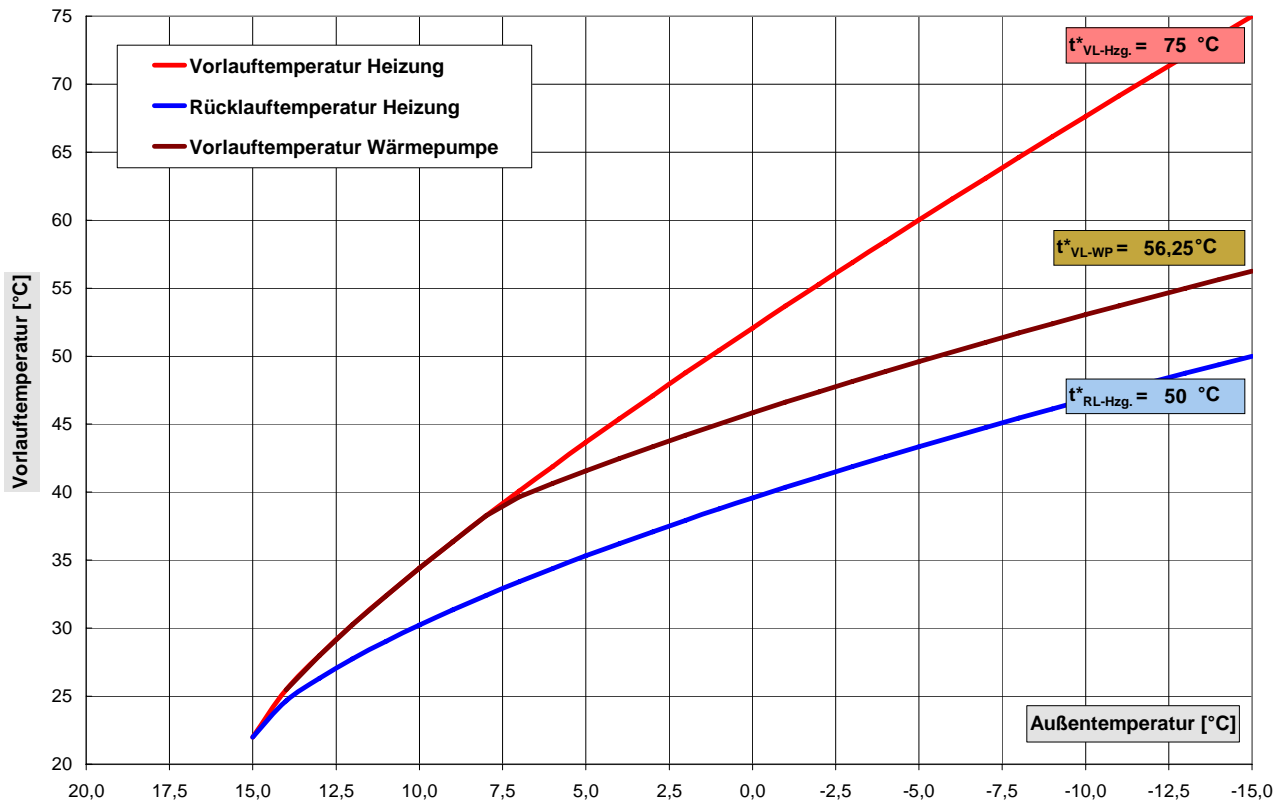


Bild 37: Vorlauftemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur für Wärmepumpe und Heizung

Im gewählten Beispiel handelt es sich also um den Einsatz einer Wärmepumpe in einer schon vorhandenen Heizungsanlage, welche üblicherweise für die angegebenen Nenntemperaturen bemessen wurde. Diese Verhältnisse werden mittelfristig die überwiegenden Einsatzfälle darstellen.

Die wichtigste Kennzahl zur Beurteilung der energetischen Qualität der Wärmepumpe ist der so genannte COP als das Verhältnis von nutzbarer Wärmeleistung zu zugeführter elektrischer Leistung. Die Größe wird auch als Leistungszahl bezeichnet. Der COP bei elektrisch angetriebenen Wärmepumpen sollte zumindest größer sein als der Primärenergiefaktor für Elektroenergie, welcher zurzeit 2,7 beträgt. Zu beachten ist, dass bei Herstellerangaben der COP in der Regel nur für die Wärmepumpe genannt wird. In die Bilanz ist aber auch die erforderliche Elektroenergie zur Bereitstellung der Energie der Wärmequelle einzubeziehen (Pumpen).

Bild 38 zeigt die Jahresdauerlinie für den Wärmepumpeneinsatz ebenfalls nur für den Heizbetrieb. Die Vorlauftemperatur der Wärmepumpe und der COP für den Heizfall sind ebenfalls dargestellt.

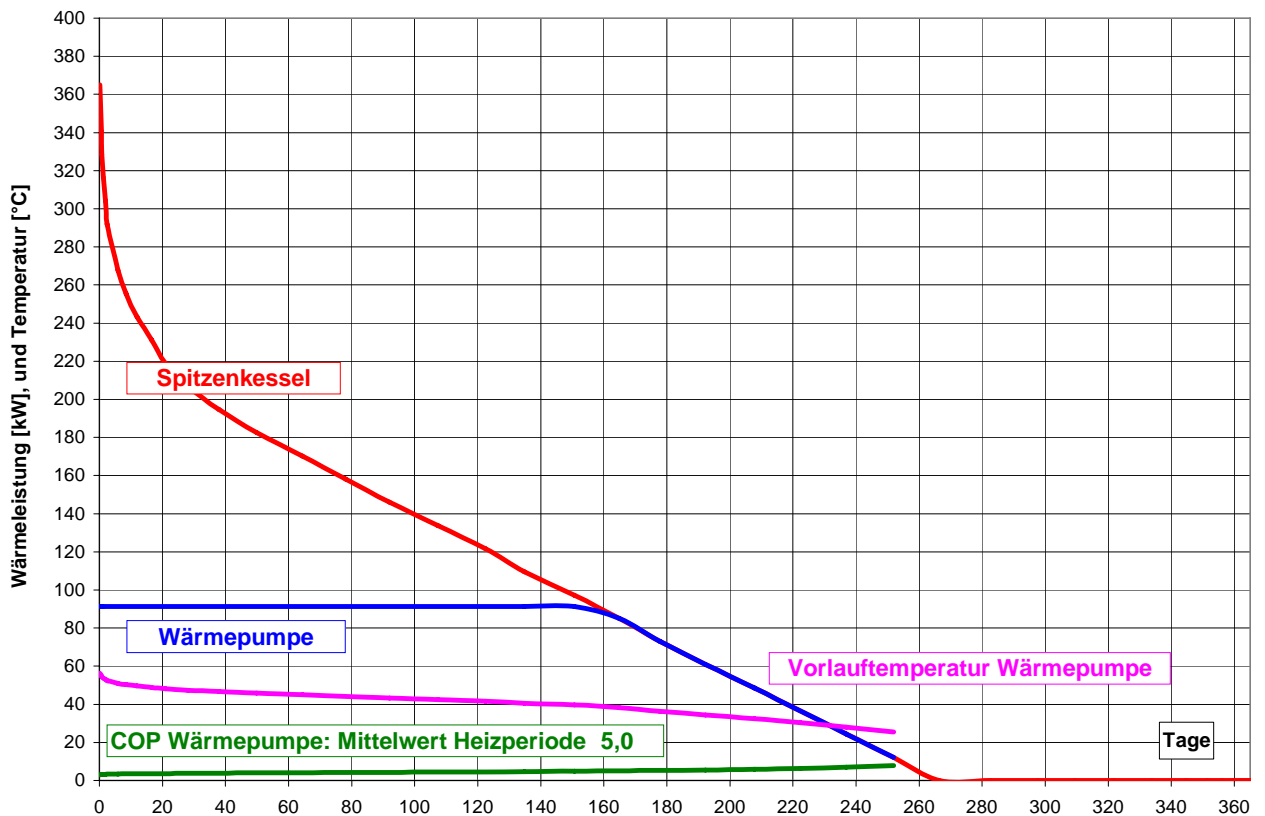


Bild 38: Jahresdauerlinie Wärmeleistung mit Leistungsaufteilung zwischen Wärmepumpe und Spitzenkessel sowie Vorlauftemperatur und COP Wärmepumpe für den Heizfall

Tabelle 52: Primärenergie- und CO₂-Bilanz bei Einsatz einer Wärmepumpe mit einem Leistungsanteil von 25%

Jahresbedarf Endenergie [MWh]	1.006,01
bisherige Versorgung:	
Jahresnutzungsgrad Kessel	85%
Brennstoffbedarf bisher [MWh]	1.183,54
Anteil elektrische Hilfsenergie an Endenergie	1%
Jahresbedarf elektrische Hilfsenergie [MWh]	10,06
Primärenergiefaktor	132,1%
CO₂-Emission [tCO₂/a]	255,6
neue Versorgung mit Wärmepumpe:	
Jahresnutzungsgrad Kessel	85%
Brennstoffbedarf Kessel [MWh]	509,31
Elektroenergiebedarf Wärmepumpe [MWh]	217,49
Jahresbedarf elektrische Hilfsenergie [MWh]	10,06
Primärenergiefaktor	114,1%
CO₂-Emission [tCO₂/a]	260,08
CO₂-Vermeidung [tCO₂/a]	-4,43
CO₂-Vermeidung [%]	-1,7%

Wegen der zurzeit recht hohen Bewertung der Elektroenergie mit einem Primärenergiefaktor von 2,7 schneiden KWK-Prozesse hinsichtlich der primärenergetischen Bewertung in der Regel besser ab, als andere Verfahren mit erneuerbaren Energiequellen. Tabelle 52 zeigt die Ergebnisse für den gewählten Wärmepumpeneinsatz. Der Primärenergiefaktor ist mit 93,6 % deutlich höher als beim BHKW-Einsatz mit 67,9 %. Im Ergebnis der Rechnung bei der Versorgung mit einer Wärmepumpe und einem Kessel ist zu erkennen, dass CO₂ nicht eingespart sondern zusätzlich freigesetzt wird (-4,43 t/a).

6.3.3 Solarthermische Anlage

Eine Solarthermie-Anlage sollte zukünftig mit Heizungsunterstützung betrieben werden. Unter heutigen Bedingungen (Brennstoffpreise und Investitionskosten) sind thermische Solaranlagen in der Regel für spezielle Einsatzfälle mit besonders großen Grundlasten zu empfehlen. Dennoch sind das Engagement der Bürgers oder der Beschluss eines Gemeinderates zum Einsatz von Solarthermie zu begrüßen.

Für solarthermische Anlagen wird im Folgenden eine allgemeine energetische Bewertung durchgeführt. Betrachtet werden Standard-Kollektoren (Flachkollektoren). Um einen Vergleich mit den energetischen Bewertungen für KWK und Wärmepumpen zu ermöglichen, wird von derselben Versorgungsaufgabe ausgegangen wie in Bild 35 dargestellt.

Zunächst wird das solare Energieangebot als Monatsmittelwert der Globalstrahlung in Abhängigkeit von der Außentemperatur für die meteorologische Station Dresden-Klotzsche im Zeitraum 2001 bis 2008 auf Bild 39 dargestellt. Das Maximum wird im Juni und das Minimum im Dezember erreicht. Die Regression der Monatsmittelwerte ist als rote Linie gezeigt. (Quelle: [59])

Die Beziehung lautet $I_{gl} = 44,2326 + 6,1544 \cdot t_a + 0,1376 \cdot t_a^2$ für $t_a > -9$ °C. Es bedeuten I_{gl} die Globalstrahlung in W/m² und t_a die Außentemperatur in °C. Im Jahresmittel erfolgt ein Ausgleich der Monate mit größerem und geringerem Strahlungsangebot infolge der unterschiedlichen Sonnenscheindauer.

Bild 40 zeigt die Jahresdauerlinie der Globalstrahlung für Dresden im selben Auswertungszeitraum. Der Jahresertrag beträgt ca. 1.100 kWh/m²*a.

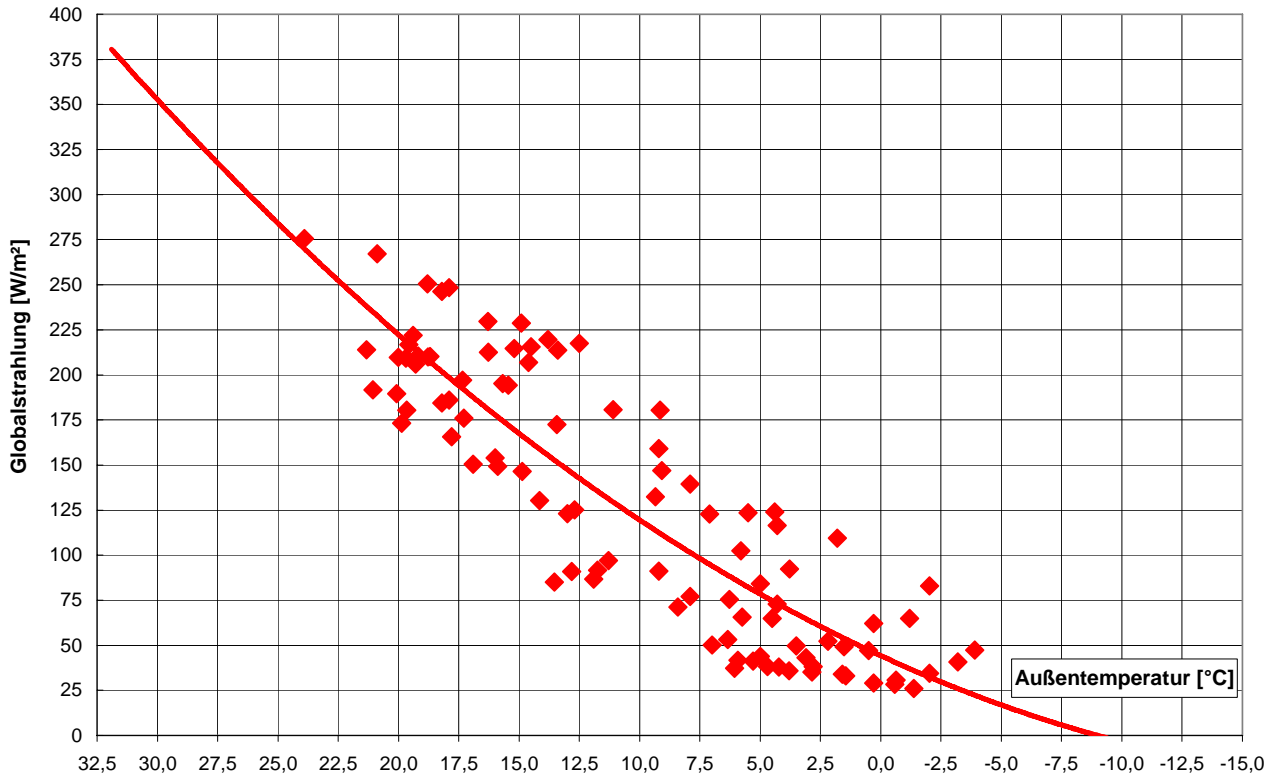


Bild 39: Monatsmittelwerte der Globalstrahlung in Abhängigkeit von der Außentemperatur für Dresden

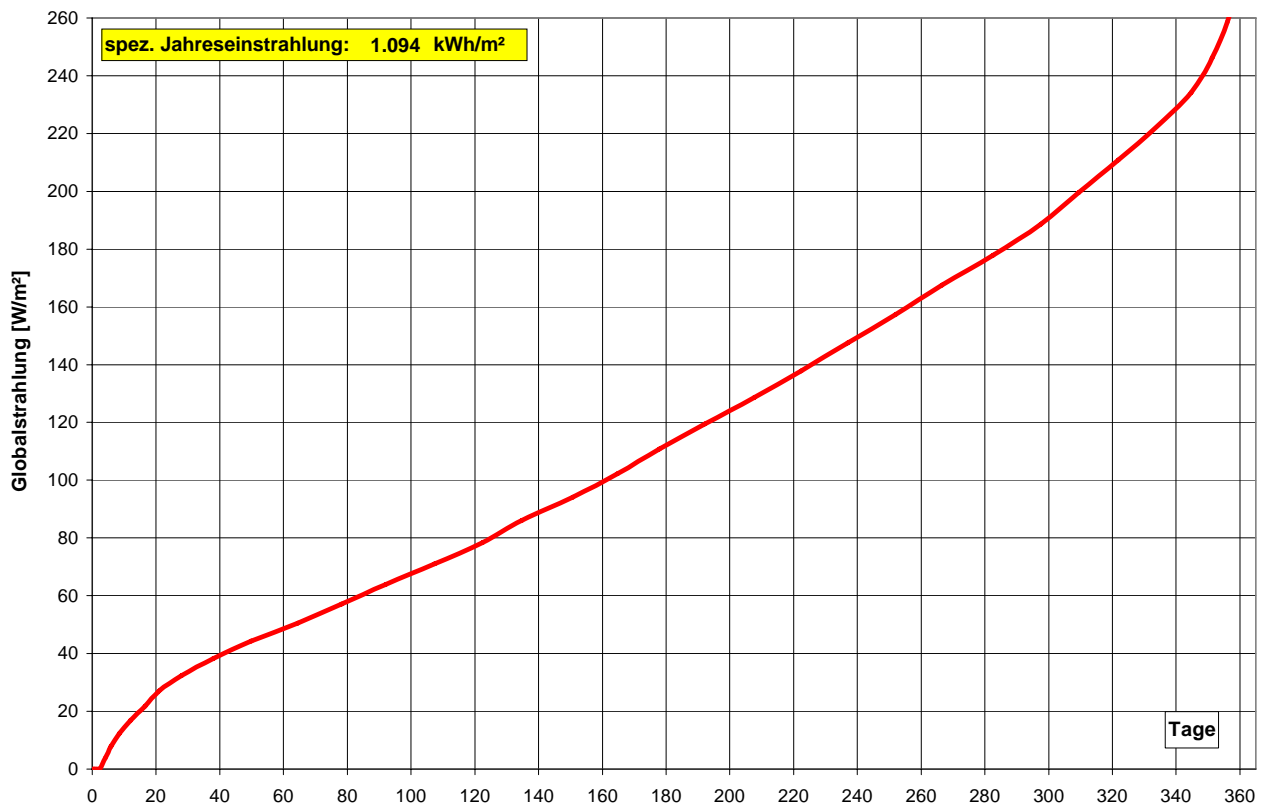


Bild 40: Jahresdauerlinie der Globalstrahlung für Dresden

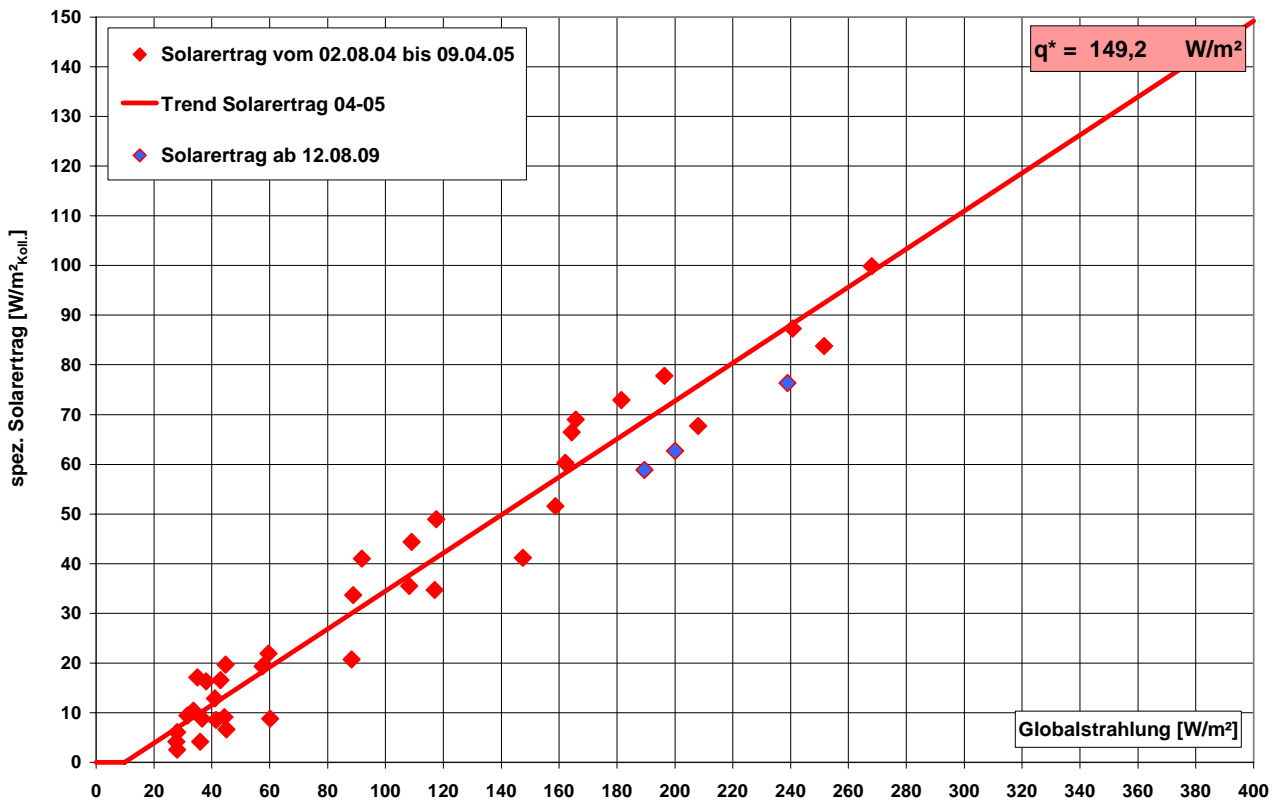


Bild 41: Solarertrag in Abhängigkeit von der Globalstrahlung für eine Anlage mit 30 m² Kollektorfläche

Die Betrachtungen über solarthermische Anlagen werden nur für den Einsatzfall Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung durchgeführt. Richtig bemessene und optimal installierte Flachkollektoren können von dem Energieangebot (Globalstrahlung) in Höhe von ca. 1.100 kWh/m²*a ca. 35 % in Wärmeenergie umwandeln. Das sind theoretisch ca. 385 kWh/m² Kollektorfläche.

Bild 41 zeigt die Auswertung beispielhaft für eine Anlage in Dresden mit einer Kollektorfläche von 30 m². Die spezifische Wärmeleistung bei einem Wert der Globalstrahlung von 400 W/m² beträgt für diese Solaranlage 149,2 W/m²; das sind 37,3 %. Die rot dargestellten Messwerte wurden kurz nach der Inbetriebnahme der Anlage im Zeitraum vom August 2004 bis Mitte April 2005 erfasst. Die blau markierten Werte stammen aus dem Jahr 2009, ab dem 12. August. Die bisherigen Werte liegen unterhalb des als rote Linie dargestellten Trends der Messwerte von 2004-05.

Für die primärenergetische Betrachtung werden zwei Solaranlagen mit Arbeitsanteilen von 25 % und 35 % untersucht. Der Begriff Arbeit wird hier für Wärmeverbrauch bzw. Wärmebedarf verwendet. Auf Bild 42 und Bild 43 ist dieselbe Jahresdauerlinie der Wärmeleistung wie bei den Beispielen für KWK und Wärmepumpe (Bild 36 und Bild 38) mit den beiden Arbeitsanteilen dargestellt.

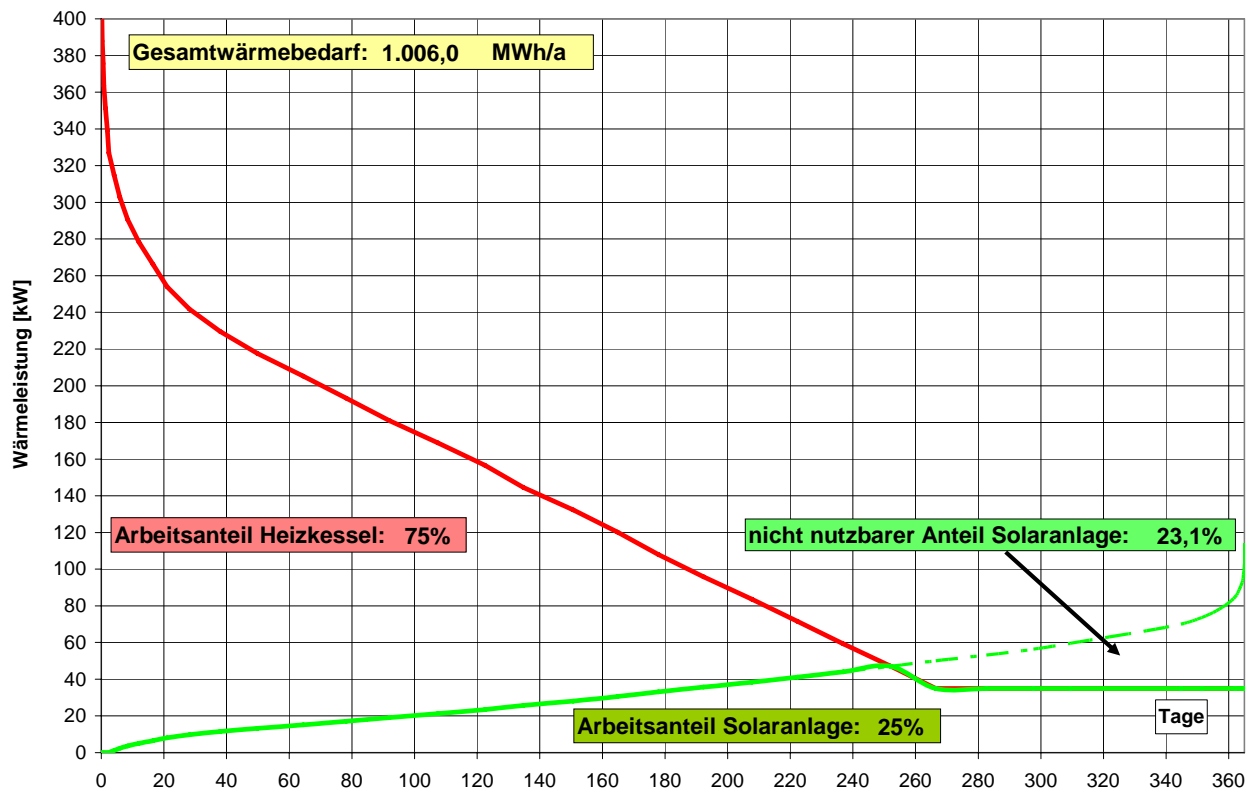


Bild 42: Jahresdauerlinie Wärmeleistung mit einem Arbeitsanteil der Solaranlage von 25 %

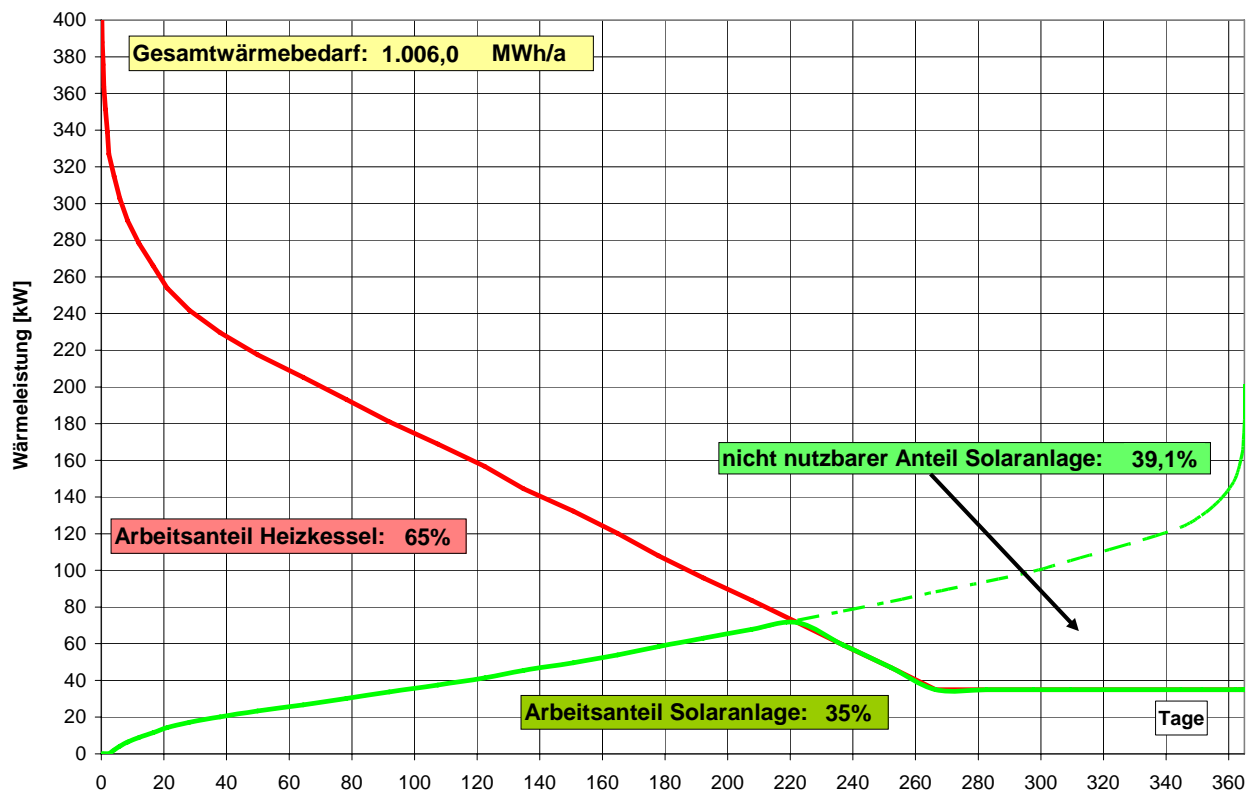


Bild 43: Jahresdauerlinie Wärmeleistung mit einem Arbeitsanteil der Solaranlage von 35 %

Da bei den thermischen Solaranlagen Energieangebot und Wärmebedarf gegenläufig sind, kann bei der Bemessung mit Heizungsunterstützung im Sommer ein Teil des solaren Energieangebotes nicht genutzt werden. Für die beiden gewählten Konfigurationen sind das ca. 23 % und ca. 39 % des gesamten solaren Energieangebotes. Die Kollektorflächen betragen für die beiden gewählten Szenarien ca. 8,5 % bzw. ca. 15 % der Wohnfläche. Die spezifischen Werte für den jährlichen Solarertrag bezogen auf die Kollektorfläche sind ca. 295 und ca. 233 kWh/m²*a, theoretisch möglich sind wie oben erwähnt ca. 385 kWh/m²*a.

Die primärenergetische Bewertung der beiden Versorgungsvarianten mit thermischen Solaranlagen zeigt Tabelle 53. Beim derzeitigen Primärenergiefaktor für Elektroenergie von 2,7 haben beide Anlagen höhere Primärenergiefaktoren als die in Tabelle 51 bewertete KWK-Anlage. Die Wärmepumpen-Anlage gemäß Tabelle 52 liegt zurzeit zwischen den beiden Solaranlagen, wird sich aber mit sinkendem Primärenergiefaktor für Elektroenergie verbessern.

Tabelle 53: Primärenergie- und CO₂-Bilanz beim Einsatz von solarthermischen Anlagen mit Arbeitsanteilen von 25 % und 35 %

Jahresbedarf Endenergie [MWh]	1.006,01	
bisherige Versorgung:		
Jahresnutzungsgrad Kessel	85%	
Brennstoffbedarf bisher [MWh]	1.183,54	
Anteil elektrische Hilfsenergie an Endenergie	1%	
Jahresbedarf elektrische Hilfsenergie [MWh]	10,06	
Primärenergiefaktor	132,3%	
CO₂-Emission [tCO₂/a]	276,9	
neue Versorgung mit thermischer Solaranlage:		
Arbeitsanteil solarthermische Anlage	25%	35%
Brennstoffbedarf Kessel [MWh]	887,58	769,87
Jahresbedarf elektrische Hilfsenergie [MWh]	10,06	10,06
Primärenergiefaktor	99,9%	86,8%
CO₂-Emission [tCO₂/a]	207,69	180,15
CO₂-Vermeidung [tCO₂/a]	69,26	96,80
CO₂-Vermeidung [%]	25,0%	35,0%

6.3.4 Zusammenfassung der energetischen Bewertung von Wärmeversorgungsanlagen

Die gewählten und primärenergetisch bewerteten Verfahren zur Wärmeversorgung zeigen zurzeit einen Vorteil für KWK. Dieser Vorteil wird dadurch verstärkt, dass beim Einsatz von Wärmepumpen möglichst niedrige Heizungstemperaturen erforderlich sind, was perspektivisch auf eine Erneuerung der Heizungsanlagen hinausläuft. Diese Erneuerungen sind aber in den nächsten 10 bis 20 Jahren ohnehin erforderlich.

Solarthermische Anlagen „spielen“ im Vergleich zu KWK- und Wärmepumpenanlagen in einer anderen Liga und sollten kleineren Versorgungseinheiten vorbehalten bleiben. Eventuell entsteht zu-

künftig eine Konkurrenz zwischen thermischen Solar- und PV-Anlagen um die günstigen Dachflächen.

Die durchgeführte primärenergetische Bewertung hat aber nur eine zeitlich begrenzte Gültigkeit, weil sich der Primärenergiefaktor für Elektroenergie von derzeit 2,7 mit steigendem Anteil der erneuerbaren Energien an der Bereitstellung von Elektroenergie verringern wird. Bild 44 zeigt die Abhängigkeit der Primärenergiefaktoren der gewählten Wärmeversorgungsvarianten vom Primärenergiefaktor für Elektroenergie.

Die primärenergetische Qualität der KWK hängt notwendigerweise am stärksten vom Primärenergiefaktor für Elektroenergie ab. Für die gewählten Szenarien von KWK- und Wärmepumpeneinsatz ergibt sich ein gleicher Primärenergiefaktor für die Wärmeversorgung bei einem Primärenergiefaktor für Elektroenergie von ca. 2.

Die primärenergetische Qualität von Solarthermie ist bei einem Arbeitsanteil von 25 % nicht besonders hoch einzuschätzen. Bei Gebäuden mit höherem Wärmedämmstandard erhöht sich der Anteil für Trinkwassererwärmung, so dass auch ein Anteil von 35 % betrachtet wurde.

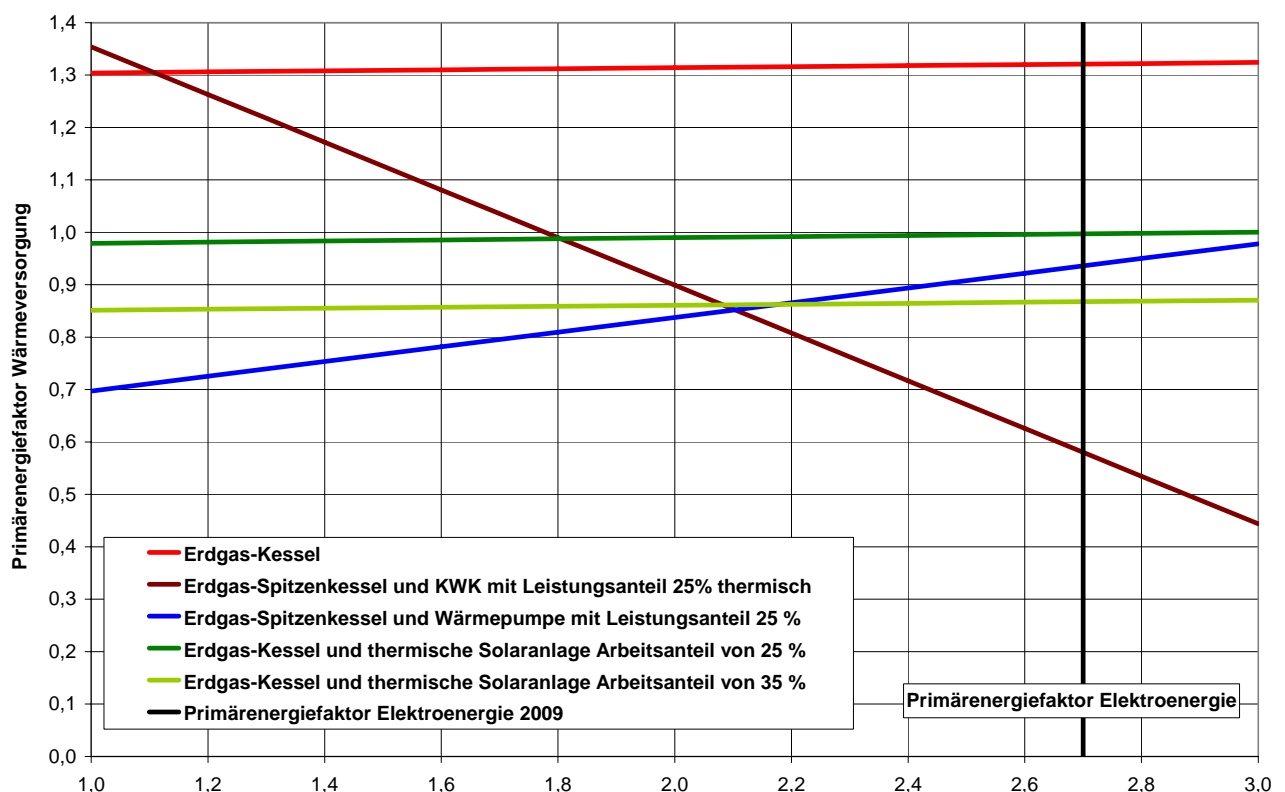


Bild 44: Primärenergiefaktor Wärmeversorgung in Abhängigkeit vom Primärenergiefaktor für Elektroenergie

Als Fazit aus der durchgeführten primärenergetischen Bewertung wird gezogen:

1. Unabhängig von allen primärenergetischen Überlegungen soll die Verbesserung der Wärmedämmung und damit die Verringerung des Verbrauches oberste Priorität haben. Der Gesetz-

geber trägt diesem Erfordernis mit ständig steigenden Anforderungen im Zuge der Fortschreibung der EnEV Rechnung.

2. Der Einsatz von Wärmepumpen mit der Wärmequelle Geothermie kann mittelfristig größere Anteile zum Ersatz fossiler Brennstoffe für die Wärmeversorgung liefern. Schon heute kann diese Versorgungsart für Neubauten mit dem Wärmedämmstandard der EnEV zum Einsatz empfohlen werden. Für kleinere Versorgungseinheiten mit Nennwärmeleistungen unter ca. 30 kW könnte eine monovalente Anlage sinnvoll sein. Der Wärmepumpenantrieb wird, wegen der mittelfristig verfügbaren Elektroenergie aus erneuerbaren Energiequellen, elektrisch sein.
3. KWK wird kurz- bis mittelfristig einen deutlichen Beitrag zur Verbesserung der primärenergetischen Verhältnisse leisten. Der weitere Ausbau der KWK ist zurzeit einer der zentralen Schwerpunkte der Förderpolitik der Bundesregierung.
4. Solarthermie ist wie PV stark durch bürgerliches Engagement leistbar, aber primärenergetisch (und das vor allem perspektivisch) ungünstiger als Geothermie. Hinzu kommt, dass das erforderliche Komplementärsystem ein Biomasse-Heizsystem sein müsste, für dessen Versorgung regional wie auch national keine ausreichenden Ressourcen verfügbar sein werden.
5. Es existieren in der Region Westlausitz eine Vielzahl innovativer Anlagen für die Wärmeversorgung, welche messtechnisch intensiver untersucht und hinsichtlich ihrer Energieeffizienz beurteilt werden sollten. Die daraus gewonnen Erkenntnisse könnten zum Beispiel über das vorgesehene Energiekompetenzzentrum einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt werden.
6. In Zukunft wird es auch wesentlich darauf ankommen, inwieweit die vielen, meist kleinen potenziellen Investoren über fundiertes Know-how verfügen, um die Erneuerung ihrer Wärmeversorgungsanlagen mit dem erforderlichen Sachverstand durchführen zu lassen.

7 Beurteilung von Techniken zur alleinigen oder gekoppelten Bereitstellung von Wärmeenergie (Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen)

Der Übergang von fossilen zu erneuerbaren Energiequellen wird bei der Wärmeversorgung schwieriger sein als bei der Elektroenergieversorgung. Das Elektroenergieverteilungsnetz versorgt jedes Gebäude und ist auch in der Fläche für Windparks gut zu erreichen. Damit kann die Bereitstellung von Elektroenergie aus erneuerbaren Quellen in der Regel problemlos und kostengünstig erfolgen. Der Gesetzgeber unterstützt dies über angemessene Einspeisevergütungen. Im Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) sind die wesentlichen Dinge geregelt, so dass potenzielle Investoren genügend Sicherheiten sowohl hinsichtlich der Höhe als auch der Dauer der so genannten Einspeisevergütungen haben.

Ab 2009 gibt es auch für den Wärmemarkt ein Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich, das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), welches vor allem für Neubauten Verordnungen zum Einsatz erneuerbarer Energie enthält.

Für den Großteil der vorhandenen Bausubstanz werden sich die Eigentümer selbst um die Verbesserungen der Versorgungssituation kümmern müssen. Anhand vorliegender Projekte werden im Folgenden einige Aussagen über die Wirtschaftlichkeit verschiedener Systeme zur Bereitstellung von Wärme vorgestellt.

Es wird in der Regel von einem bestehenden Niedertemperatur-Heizkessel mit einem Jahresnutzungsgrad von 80 % ausgegangen und es werden Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und der Substitution fossiler durch erneuerbare Energie gleichrangig behandelt, weil es sich in beiden Fällen um die von der Bundesregierung gewünschte Einsparung von Primärenergie handelt.

Für die betrachteten Maßnahmen wird die so genannte statische Amortisationsdauer als Quotient aus Investitionskosten und Einsparung an Verbrauchskosten angegeben. Gibt es für einzelne Maßnahmen Förderungen, so werden diese bei den Investitionskosten berücksichtigt. Des Weiteren werden die erforderlichen Energie- oder Wärmekosten genannt, bei denen über den Nutzungszeitraum (in der Regel 15 Jahre) ein Ausgleich zwischen Kapitalkosten und Einsparungen an Verbrauchskosten errichtet wird. Es wird mit unveränderlichen Preisen gerechnet, so dass die ableitbaren Aussagen nur eine kurz- bis mittelfristige Gültigkeit haben. Alle Preise und Kosten sind Nettoangaben.

Die CO₂-Emissionen werden mit den spezifischen Werten nach Tabelle 32 ermittelt. Die folgenden Formeln werden bei der nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsberechnung verwendet.

$$\text{Annuitätsfaktor} = \frac{i * (i + 1)^{AD}}{(i + 1)^{AD} - 1}$$

*Kapitaldienst pro Jahr [€/a] = Annuitätsfaktor * Investitionskosten*

$$Einsparkosten [Cent / kWh] = \frac{Kapitaldienst}{Wärmeeinsparung}$$

In diesem Kapitel wird allerdings nur die statische Amortisationsdauer (AD) ohne Kapitaldienst verwendet.

$$Amortisationsdauer [a] = \frac{Investitionskosten}{Einsparung}$$

Die statische Amortisationsdauer mit Kapitaldienst wird in Kapitel 9 verwendet.

$$Amortisationsdauer [a] = \frac{Investitionskosten}{(Betriebskosten_{alt} - Betriebskosten_{neu} - Kapitaldienst_{neu} + Ertrag_{neu})}$$

7.1 Ersatz eines Niedertemperatur(NT)-Kessels durch einen Brennwert(BW)-Kessel

Beim Ersatz eines NT-Kessels mit einem BW-Kessel handelt es sich um die Verbesserung der Energieeffizienz bei der Wärmebereitstellung. Anhand vieler von der Dresdner ÖKOTHERM geplanter und begleiteter Projekte wird eingeschätzt werden, dass damit eine ca. 15%ige Wirkungsgradverbesserung erreicht werden kann.

Tabelle 54 zeigt die Einzelheiten der Berechnung. In den gelb markierten Feldern stehen Eingabewerte. Insbesondere wurde der Preis für Erdgas (Pos. 20) mit 60 €/MWh höher als zurzeit üblich angesetzt, so dass die ermittelte statische Amortisationsdauer von ca. 8 Jahren heute kaum erreicht werden kann. Der Ersatz eines NT- durch einen BW-Kessel ist vor allem dann eine sinnvolle Option, wenn der Einsatz erneuerbarer Energie aus bestimmten Gründen noch nicht attraktiv erscheint.

Tabelle 54: Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Ersatz eines NT-Kessels durch einen BW-Kessel

Pos.	1. Versorgungsaufgabe:		
1	zu versorgende Grundfläche	1.000	m ²
2	spezifische Nennwärmeleistung	50	W/m ²
3	spezifische Wärmeleistung heizfreie Zeit	3,0	W/m ²
4	Heizgrenztemperatur	17	°C
5	spezifischer Jahreswärmebedarf	116,3	kWh/m ² *a
6	Nennleistung Heizkessel	50	kW
7	Jahreswärmebedarf	116,3	MWh/a
	2. Jahresnutzungsgrade für Niedertemperatur- und Brennwert-Kesselanlage		
8	Jahresnutzungsgrad des Niedertemperatur-Heizkessels	80%	
9	Jahresnutzungsgrad des Brennwert-Heizkessels	95%	
	3. Kosten und Kapitaldienst Brennwert-Kesselanlage		
10	spezifische Investitionskosten für die Brennwert-Kesselanlage	230	€/kW
11	Investitionskosten für die Brennwert-Kesselanlage ohne Förderung	11.500	€
12	spezifische Förderung	0	€/kW
13	Förderung	0	€
14	Investitionskosten für die Brennwert-Kesselanlage mit Förderung	11.500	€
15	spezifische Investitionskosten für die BW-Kesselanlage mit Förderung	230	€/kW
16	Nutzungsdauer der Brennwert-Kesselanlage	15	a
17	kalkulatorischer Zinssatz	3,5%	
18	Annuitätsfaktor	8,7%	%/a
19	Kapitaldienst für die Brennwert-Kesselanlage	998	€/a
	4. Einsparung an Wärmekosten und statische Amortisationsdauer		
20	spezifische Brennstoffkosten für Erdgas	60,00	€/MWh
21	spezifische Wärmekosten der Niedertemperatur-Heizkesselanlage	75,00	€/MWh
22	spezifische Wärmekosten der Brennwert-Heizkesselanlage	63,16	€/MWh
23	Wärmekosten der Niedertemperatur-Heizkesselanlage	8.725,56	€/a
24	Wärmekosten der Brennwert-Heizkesselanlage	7.347,84	€/a
25	Einsparung an Wärmekosten	1.378	€/a
26	statische Amortisationsdauer	8,3	a
27	Einsparkosten	4,35	Cent/kWh
	5. erforderliche Wärmekosten für Fremdfinanzierung		
28	Kapitalkosten gesamt während Nutzungsdauer	14.977	€
29	eingesparte Wärmekosten während der Nutzungsdauer	14.977	€
30	erforderliche spezifische Wärmekosten bei Fremdfinanzierung	66,42	€/MWh
31	erforderliche spezifische Brennstoffkosten bei Fremdfinanzierung	63,10	€/MWh
	6. CO₂-Vermeidung		
32	CO ₂ -Emission Niedertemperatur-Kessel	31,4	tCO ₂ /a
33	CO ₂ -Emission Brennwert-Kessel	26,5	tCO ₂ /a
34	prozentuale CO ₂ -Vermeidung	15,8%	

7.2 Ersatz eines NT-Kessels durch einen Holzpellet-Kessel

Hierbei handelt es sich um die Substitution fossiler durch erneuerbaren Energiequellen. Holzpellet-Kessel gehören heute schon zu den ausgereiften Techniken. Der Bezug von Pellets ist ebenfalls problemlos möglich, und in den letzten Jahren hat sich ein relativ stabiles Preisniveau eingepegelt. Tabelle 55 zeigt die Einzelheiten der Berechnung. Der Jahresnutzungsgrad des Pellet-Kessels wurde üblicherweise mit 80 % angesetzt.

Tabelle 55: Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Ersatz eines NT-Kessels durch einen Pellet-Kessel

Pos.	1. Versorgungsaufgabe:		
1	zu versorgende Grundfläche	4.000	m ²
2	spezifische Nennwärmeleistung	50	W/m ²
3	spezifische Wärmeleistung heizfreie Zeit	3,0	W/m ²
4	Heizgrenztemperatur	17	°C
5	spezifischer Jahreswärmebedarf	120	kWh/m ² *a
6	Nennwärmeleistung des Pellet-Kessels	200	kW
7	Jahreswärmebedarf	479,1	MWh/a
	2. Bemessung Pellet-Heizungsanlage		
5	Jahresnutzungsgrad des Pellet-Heizkessels	80%	
6	erforderlicher Jahresbrennstoffbedarf des Pellet-Heizkessels	598,8	MWh/a
7	Pelletpreis	157	€/t
8	Heizwert Pellets	4,9	MWh/t
9	spezifischer Pelletpreis	32	€/MWh
10	Brennstoffkosten Pellet-Heizungsanlage	19.159	€/a
11	Wärmekosten Pellet-Heizungsanlage	23.949	€/a
12	spezifische Wärmekosten Pellet-Heizungsanlage	49,992	€/MWh
	3. Kosten und Kapitaldienst Pellet-Heizungsanlage		
13	spezifische Investitionskosten für die Pellet-Heizungsanlage	500	€/kW
14	Investitionskosten für die Pellet-Heizungsanlage ohne Förderung	100.000	€
15	spezifische Förderung	0	€/kW
16	Förderung	0	€
17	Investitionskosten für die Pellet-Heizungsanlage mit Förderung	100.000	€
18	spezifische Investitionskosten für die Pellet-Heizungsanlage mit Förderung	500	€/kW
19	Nutzungsdauer der Pellet-Heizungsanlage	15	a
20	kalkulatorischer Zinssatz	3,5%	
21	Annuitätsfaktor	8,7%	
22	Kapitaldienst für die Pellet-Heizungsanlage	8.683	€/a
	4. Einsparung an Wärmekosten und statische Amortisationsdauer		
23	spezifische Brennstoffkosten für eine Niedertemperatur-Heizkesselanlage	60,00	€/MWh
24	Jahresnutzungsgrad der Niedertemperatur-Heizkesselanlage	80%	
25	spezifische Wärmekosten der Niedertemperatur-Heizkesselanlage	75,00	€/MWh
26	spezifische Wärmekosten der Pellet-Heizkesselanlage	49,992	€/MWh
27	Wärmekosten der Niedertemperatur-Heizkesselanlage	35.929	€/a
28	Wärmekosten Pellet-Heizungsanlage	23.949	€/a
29	Einsparung an Wärmekosten	11.980	€/a
30	statische Amortisationsdauer	8,3	a
31	Einsparkosten	0,00	Cent/kWh
	5. erforderliche Wärmekosten für Fremdfinanzierung		
30	Kapitalkosten gesamt während Nutzungsdauer	130.238	€
31	eingesparte Wärmekosten während der Nutzungsdauer	130.238	€
32	erforderliche spezifische Wärmekosten bei Fremdfinanzierung	56,88	€/MWh
33	erforderliche spezifische Brennstoffkosten bei Fremdfinanzierung	45,50	€/MWh
	6. CO₂-Vermeidung		
34	CO ₂ -Emission Niedertemperatur-Kessel	129,3	tCO ₂ /a
35	CO ₂ -Emission Pellet-Kessel	8,1	tCO ₂ /a
36	prozentuale CO ₂ -Vermeidung	93,8%	

7.3 Ersatz eines NT-Kessels durch eine Wärmepumpe

Hierbei handelt es sich dann um die Substitution fossiler durch erneuerbaren Energiequellen, wenn zumindest ein Großteil der Elektroenergie aus erneuerbaren Quellen gewonnen werden kann. Wärmepumpen gehören ebenfalls heute schon zu den ausgereiften Techniken. Leider wer-

den die Erwartungen hinsichtlich Energieeffizienz nicht immer erfüllt. Tabelle 55 zeigt die Einzelheiten der Berechnung.

Tabelle 56: Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Ersatz eines NT-Kessels durch eine Wärmepumpe

Pos.	1. Versorgungsaufgabe:		
1	zu versorgende Grundfläche	500	m ²
2	spezifische Nennwärmeleistung	35	W/m ²
3	spezifische Wärmeleistung heizfreie Zeit	3,0	W/m ²
4	Heizgrenztemperatur	10	°C
5	spezifischer Jahreswärmebedarf	65	kWh/m ² *a
6	Nennwärmeleistung der Wärmepumpe	17,5	kW
7	Jahreswärmebedarf	32,5	MWh/a
	2. Bemessung Wärmepumpen-Heizungsanlage		
8	COP der Wärmepumpe	3,0	
9	Jahresantriebsarbeit für die Wärmepumpe (Elektroenergie)	10,8	MWh/a
10	Jahresarbeit der Wärmequelle	21,7	MWh/a
11	Eltanteil an Jahreswärmearbeit zur Förderung des Brunnenwassers	10%	
12	Jahreseltarbeit zur Förderung des Brunnenwassers	3,25	MWh/a
13	COP der Wärmepumpen-Heizungsanlage einschließlich Brunnenpumpe	2,3	
14	Elektroenergiepreis (Wärmepumpentarif ENSO)	130,00	€/MWh
15	Wärmekosten Wärmepumpen-Heizungsanlage	1.831	€/a
16	spezifische Wärmekosten Wärmepumpen-Heizungsanlage	56,33	€/MWh
	3. Kosten und Kapitaldienst Wärmepumpen-Heizungsanlage		
15	spezifische Investitionskosten für die Wärmepumpen-Heizungsanlage	865	€/kW
16	Investitionskosten für die Wärmepumpen-Heizungsanlage ohne Förderung	15.138	€
17	spezifische Förderung	0	€/kW
18	Förderung	0	€
19	Investitionskosten für die Wärmepumpen-Heizungsanlage mit Förderung	15.138	€
20	spez. Investitionskosten für die Wärmepumpen-Heizungsanlage mit Förderung	865	€/kW
21	Nutzungsdauer der Wärmepumpen-Heizungsanlage	15	a
22	kalkulatorischer Zinssatz	3,5%	
23	Annuitätsfaktor	8,7%	
24	Kapitaldienst für die Wärmepumpen-Heizungsanlage	1.314	€/a
	4. Einsparung an Wärmekosten und statische Amortisationsdauer		
25	spezifische Brennstoffkosten für eine Niedertemperatur-Heizkesselanlage	60	€/MWh
26	Jahresnutzungsgrad der Niedertemperatur-Heizkesselanlage	80%	
27	spezifische Wärmekosten der Niedertemperatur-Heizkesselanlage	75	€/MWh
28	spezifische Wärmekosten Wärmepumpen-Heizungsanlage	56	€/MWh
28	Wärmekosten der Niedertemperatur-Heizkesselanlage	2.438	€/a
29	Wärmekosten Wärmepumpen-Heizungsanlage	1.831	€/a
29	Einsparung an Wärmekosten	607	€/a
30	statische Amortisationsdauer	25,0	a
31	Einsparkosten	4,95	Cent/kWh
	5. erforderliche Wärmekosten für Fremdfinanzierung		
32	Kapitalkosten gesamt während Nutzungsdauer	19.715	€
33	eingesparte Wärmekosten während der Nutzungsdauer	19.715	€
34	erforderliche spezifische Elektroenergiekosten bei Fremdfinanzierung	79,75	€/MWh
	6. CO₂-Vermeidung		
35	CO ₂ -Emission Niedertemperatur-Kessel	8,8	tCO ₂ /a
36	CO ₂ -Emission Wärmepumpe mit Strommix BRD	9,7	tCO ₂ /a
37	prozentuale CO ₂ -Vermeidung ¹⁾	-10,7%	

Der COP der Wärmepumpe wurde mit 3 im zu erwartenden Bereich angesetzt, was allerdings bei der spezifischen CO₂-Emission von 0,69 tCO₂/MWh (siehe Tabelle 32) zu einer negativen CO₂-Bilanz führt.

Nach der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gemäß Tabelle 56 ist beim Wärmepumpeneinsatz heute große Sorgfalt bei der Bemessung der Anlage erforderlich, um sowohl ein ökonomisch als auch ökologisch gutes Ergebnis zu erreichen. Der Einsatz von Wärmepumpen, in der Regel als monovalente Anlagen, kann aber vor allem bei Neubauten mit Fußboden-Heizungen empfohlen werden.

7.4 Ergänzung eines NT-Kessels durch eine thermische Solaranlage

Thermische Solaranlagen wurden im Abschnitt 6.3.3 näher betrachtet und sollen hier für den Fall eines Anteils am Jahreswärmebedarf von 25 % wirtschaftlich bewertet werden. Tabelle 57 zeigt die Einzelheiten der Berechnung.

Tabelle 57: Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Ergänzung eines NT-Kessels durch eine thermische Solaranlage

Pos.	1. Versorgungsaufgabe:		
1	zu versorgende Grundfläche	250	m ²
2	spezifische Nennwärmeleistung	40	W/m ²
3	spezifische Wärmeleistung heizfreie Zeit	3,5	W/m ²
4	Heizgrenztemperatur	15	°C
5	spezifischer Jahreswärmebedarf	100	kWh/m ² *a
6	Nennwärmeleistung der Heizungsanlage	10	kW
7	Jahreswärmebedarf	25,0	MWh/a
	2. Bemessung Solaranlage		
8	Anteil der Solaranlage am Jahreswärmebedarf	25%	
9	erforderlicher Jahreswärmeertrag der Solaranlage	6,25	MWh/a
10	theoretischer spezifischer Ertrag der Solaranlage	380	kWh/m ² *a
11	nutzbarer Anteil am theoretischen spezifischen Ertrag der Solaranlage	77%	
12	nutzbarer spezifischer Ertrag der Solaranlage	293	kWh/m ²
13	erforderliche Fläche der Solaranlage	21	m ²
	3. Kosten und Kapitaldienst Solaranlage		
14	spezifische Investitionskosten für die Solaranlage	700	€/m ²
15	Investitionskosten für die Solaranlage ohne Förderung	14.952	€
16	spezifische Förderung	205	€/m ²
17	Förderung	4.379	€
18	Investitionskosten für die Solaranlage mit Förderung	10.573	€
19	spezifische Investitionskosten für die Solaranlage mit Förderung	495	€/m ²
20	Nutzungsdauer der Solaranlage	15	a
21	kalkulatorischer Zinssatz	3,5%	
22	Annuitätsfaktor	8,7%	
23	Kapitaldienst für die Solaranlage	918	€/a
	4. Einsparung an Wärmekosten und statische Amortisationsdauer		
24	spezifische Brennstoffkosten	60	€/MWh
25	Jahresnutzungsgrad der erforderlichen Heizungsanlage	80%	
26	spezifische Wärmekosten	75	€/MWh
27	Einsparung Wärmekosten	469	€/a
28	statische Amortisationsdauer	22,6	a
29	Einsparkosten	14,69	Cent/kWh
	5. erforderliche Wärmekosten für Fremdfinanzierung		
30	Kapitalkosten gesamt während Nutzungsdauer	13.770	€
31	eingesparte Wärmekosten während der Nutzungsdauer	13.770	€
32	erforderliche spezifische Wärmekosten bei Fremdfinanzierung	146,88	€/MWh
33	erforderliche spezifische Brennstoffkosten bei Fremdfinanzierung	117,51	€/MWh
	6. CO₂-Vermeidung		
34	CO ₂ -Emission nur Niedertemperatur-Kessel	6,8	tCO ₂ /a
35	CO ₂ -Emission thermische Solaranlage und Niedertemperatur-Kessel	5,1	tCO ₂ /a
36	prozentuale CO ₂ -Vermeidung	25,0%	

7.5 Kraft-Wärme-Kopplung

KWK hat zurzeit einen hohen Stellenwert sowohl für die Verbesserung der Energieeffizienz als auch für die Erhöhung des Primärenergiefaktors. Die Bundesregierung plant bis 2020 einen Anteil von 25% der Elektroenergiebereitstellung aus KWK. Volkswirtschaftlich sinnvolle Lösungen werden zurzeit bei einer elektrischen Nennleistung von größer ca. 30 kW [108] genannt. Das ist bei einer Stromkennzahl von 60 % eine thermische Nennleistung von 50 kW. Berücksichtigt man weiterhin, dass ein thermischer KWK-Leistungsanteil von ca. 25 % das wirtschaftliche Optimum darstellt, so ist KWK für Wärmeversorgungen mit einer thermischen Nennleistung von ca. 200 kW sinnvoll.

Derartig große Wärmenennleistungen sind in der Westlausitz in der Regel nur über Nahwärmenetze erschließbar. In Tabelle 58 sind für eine Nahwärmeversorgung mit einer Nennleistung von 561 kW diejenigen Kosten berechnet, welche als Kapitaldienst auf den Wärmepreis aufgeschlagen werden müssen. Diese betragen ca. 2 €/MWh, was für den konkreten Anwendungsfall knapp 3 % des Wärmepreises bedeutet.

Tabelle 58: Kostenanteil eines Nahwärmenetzes

Pos.	1. Allgemeine Angaben		
1	Fläche des Versorgungsgebietes	24.650	m ²
2	Fläche der zu beheizenden Gebäude	11.223	m ²
3	Nennleistung	561	kW
4	spezifischer Jahreswärmebedarf bezogen auf die zu beheizende Fläche	119,8	kWh/m ² *a
5	Trassenlänge	494	m
6	Anteil für Netzumwälzung am Jahreswärmebedarf	0,5%	
7	zu beheizende Gebäudefläche bezogen auf die Versorgungsgebietsfläche	46%	
8	spez. Nennleistung pro m ² Versorgungsgebietsfläche	23	W/m ²
9	spez. Nennleistung pro m ² zu beheizender Fläche	50	W/m ²
10	Jahreswärmebedarf	1.344,2	MWh/a
11	Jahreselektroenergiebedarf für Netzumwälzung	6,7	MWh/a
12	Trassenlänge pro m ² Versorgungsgebietsfläche	0,02	m/m ²
13	Trassenlänge pro kW Nennleistung	0,88	m/kW
2. Kosten für Kapitaldienst und Heizwasserumwälzung			
14	Investitionskosten ohne Förderung	67.123	€
15	Fördersatz (Richtlinie EuK/2007)	45,0%	
16	Elektroenergiepreis für die Heizwasserumwälzung	170	€/MWh
17	Wärmepreis gesamt	75	€/MWh
18	Nutzungsdauer für das Nahwärmenetz	40	a
19	kalkulatorischer Zinssatz	3,5%	
20	Annuitätsfaktor	4,7%	%/a
21	Investitionskosten mit Förderung	36.917	€
22	Kapitaldienst für das Nahwärmenetz	1.729	€/a
23	Kosten für die Heizwasserumwälzung	1.143	€/a
24	anteiliger Wärmepreis für den Kapitaldienst	1,29	€/MWh
25	anteiliger Wärmepreis für die Heizwasserumwälzung	0,85	€/MWh
26	anteiliger Wärmepreis für Kapitaldienst und Heizwasserumwälzung	2,14	€/MWh
27	Anteil am Wärmepreis gesamt	2,8%	

Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Einsatz eines BHKW mit einem Arbeitsanteil von 25 % zeigt Tabelle 59.

Tabelle 59: Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Ersatz eines BHKW mit einem Arbeitsanteil von 25 %

Pos.	1. Versorgungsaufgabe:		
1	zu versorgende Grundfläche	4.000	m ²
2	spezifische Nennwärmeleistung	50	W/m ²
3	spezifische Wärmeleistung heizfreie Zeit	3,5	W/m ²
4	Heizgrenztemperatur	15	°C
5	spezifischer Jahreswärmebedarf	120	kWh/m ² *a
6	Nennwärmeleistung für Kessel und BHKW	200	kW
7	Jahreswärmebedarf	479,1	MWh/a
	2. Bemessung des BHKW und energetische Kennwerte		
8	thermische Nennleistung des BHKW	50	kW
9	elektrische Nennleistung des BHKW	30	kW
10	Wirkungsgrad des BHKW	85%	
11	Feuerungswärmeleistung des BHKW	94	kW
12	Strom-Kennzahl des BHKW	60%	
13	Anteil des BHKW am Jahreswärmebedarf	64,6%	
14	Jahreswärmebereitstellung des BHKW	309,5	MWh/a
15	Volllaststunden des BHKW	6.189	h/a
16	Jahreselektroenergiebereitstellung des BHKW	185,7	MWh/a
17	verbleibende Nennleistung für den Niedertemperatur-Heizkessel	150,0	kW
18	Jahresnutzungsgrad des Niedertemperatur-Heizkessels	80%	
19	Jahreswärmebereitstellung des Niedertemperatur-Kessels	169,6	MWh/a
20	erforderlicher Jahresbrennstoffbedarf des Niedertemperatur-Heizkessels	212,0	MWh/a
21	3. Brennstoffkosten und Erlös aus Verkauf von Elektroenergie		
22	Erdgaspreis	60	€/MWh
23	Wärmepreis	77,85	€/MWh
24	Vergütung für bereitgestellte Elektroenergie	120	€/MWh
25	Kosten Erdgas für BHKW	34.952	€/a
26	Kosten Erdgas für Niedertemperatur-Kessel	12.719	€/a
27	Kosten Erdgas gesamt	47.670	€/a
28	Einnahmen für bereitgestellte Wärmeenergie	37.294	€/a
29	Einnahmen für bereitgestellte Elektroenergie	22.282	€/a
26	Einnahmen - Kosten	11.905	€/a
	3. Investitions- und Wartungskosten sowie Kapitaldienst für das BHKW		
27	spezifische Investitionskosten für das BHKW	3.160	€/kW _{el}
28	Investitionskosten für das BHKW ohne Förderung	94.800	€
29	Förderung (Richtlinie EuK/2007)	12.300	€
30	spezifische Förderung	410	€/kW
31	Investitionskosten für das BHKW mit Förderung	82.500	€
32	spezifische Investitionskosten für das BHKW mit Förderung	2.750	€/kW _{el}
33	Nutzungsdauer das BHKW	15	a
34	kalkulatorischer Zinssatz	3,5%	
35	Annuitätsfaktor	8,7%	%/a
36	Kapitaldienst für das BHKW	7.163	€/a
37	prozentualer Anteil von Investitionskosten für Instandhaltungskosten	5%	
38	Instandhaltungskosten	4.740	€/a
39	Kapitaldienst + Instandhaltungskosten für das BHKW	11.903	
	4. statische Amortisationsdauer und erforderliche Wärmekosten für Fremdfinanzierung		
40	statische Amortisationsdauer	6,9	a
41	Kapital- und Instandhaltungskosten während Nutzungsdauer	178.546	€
42	eingesparte Kosten während der Nutzungsdauer	178.546	€
43	erforderliche spezifische Wärmekosten bei Fremdfinanzierung	77,85	€/MWh
	5. CO₂-Vermeidung		
44	CO ₂ -Emission getrennt (Strommix BRD und Niedertemperatur-Kessel)	257,5	tCO ₂ /a
45	CO ₂ -Emission gekoppelt (BHKW und Niedertemperatur-Kessel)	171,6	tCO ₂ /a
46	prozentuale CO ₂ -Vermeidung	33,3%	

7.6 Zusammenfassung Wirtschaftlichkeitsberechnungen Wärmeversorgung

Bei allen untersuchten Varianten wurde ein Niedertemperatur-Kessel mit einem Jahresnutzungsgrad von 80 % als Bezug herangezogen. Aus den durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden nachfolgende Schlussfolgerungen gezogen.

1. Falls der Einsatz erneuerbarer Energie aus bestimmten Gründen noch nicht in Betracht kommt, so ist ein BW-Kessel im kleineren Leistungsbereich die wirtschaftlichste Lösung.
2. Bei größeren Versorgungseinheiten ab ca. 200 kW Nennwärmeleistung sollten KWK zum Einsatz kommen. Der in der Regel vorhandene Heizkessel übernimmt die Spitzenlast mit einem Arbeitsanteil von ca. 35 %. In vielen Fällen ist dieser Kessel noch hinreichend funktionstüchtig, so dass auf einen Ersatz verzichtet werden kann.
3. Der Bau eines Nahwärmenetzes wird in vielen Fällen erforderlich sein, um eine wirtschaftliche KWK errichten zu können. Mit der derzeitigen Förderung gemäß der Richtlinie EuK/2007 von 35 % und zusätzlich 10 % als eea-Kommune oder für die Vorlage eines Klima- und Energiekonzeptes (insgesamt 45 %), sollten diese Investitionen getätigt werden. Die BAFA fördert Nahwärmenetze mit 60 €/m bis 80 €/m Trasse. Dies kann unter Umständen zu einem größeren Förderbetrag führen. An diese Förderung sind aber Bedingungen, wie z. B. ein Jahreswärmebedarf größer 500 kWh/a*m Trasse und Wärme zu 50 % aus erneuerbaren Energien, geknüpft. (Quelle: [58]; [104])

Als wirtschaftlich vertretbar gilt eine spezifische Nennwärmeleistung des Versorgungsgebietes von größer 15 W/m².

4. Wärmeversorgungen mit Holzpellet-Anlagen werden schon kurzfristig eine größere Rolle spielen und sind schon heute hinsichtlich der Wärmekosten vergleichbar mit Brennwertkessel- und KWK-Anlagen.
5. Die Wärmekosten bei thermischen Solaranlagen sind zurzeit deutlich höher als die der oben genannten Anlagen. In Sonderfällen, z. B. mit einem hohen Wärmebedarf in den Sommermonaten, können aber auch heute schon wirtschaftliche Anwendungen erreicht werden.
6. Die Wärmepumpentechnik wird in Zukunft eine größere Rolle spielen müssen, weil damit das große Reservoir der geothermischen Energie erschließbar sein wird. Heute sind Anwendungen auch schon bei sehr gut wärmegeprägten Gebäuden mit Fußbodenheizungen wirtschaftlich.

8 Energieeinsparung

In Tabelle 60 sind die Kosten angegeben, welche zurzeit durch den Strom- und Wärmeverbrauch entstehen. Dabei wurde ein Wärmepreis von 100 €/MWh und ein Strompreis von 200 €/MWh angenommen. (Quelle: [82])

Tabelle 60: Energiekosten für die Westlausitz

	Einwohner	Elektroenergieverbrauch [MWh/a]	Jahreswärmebedarf gesamt [MWh/a]	Kosten Elektroenergieverbrauch [€/a]	Kosten Wärmeverbrauch [€/a]
Bischofswerda	12.545	49.470	140.874	9.894.083	14.087.414
Elstra	3.027	15.807	43.097	3.161.407	4.309.719
Großröhrsdorf	7.050	57.271	139.290	11.454.261	13.928.978
Pulsnitz	7.933	19.905	62.007	3.980.948	6.200.706
Arnsdorf	4.844	16.903	49.350	3.380.657	4.934.964
Brettnig-Hauswalde	3.134	15.219	41.790	3.043.831	4.178.987
Frankenthal	1.051	2.574	8.543	514.737	854.347
Großharthau	3.179	8.588	27.653	1.717.691	2.765.281
Lichtenberg	1.722	4.670	14.694	933.928	1.469.373
Ohorn	2.473	10.607	29.495	2.121.469	2.949.536
Rammenau	1.480	4.237	13.320	847.371	1.332.047
Steina	1.785	4.943	15.764	988.589	1.576.431
Wachau	4.515	13.937	42.202	2.787.367	4.220.234
gesamt	54.738	224.132	628.080	44.826.338	62.808.018
Städte	30.555	142.453	385.268	28.490.700	38.526.817
Gemeinden	24.183	81.678	242.812	16.335.639	24.281.200

Einsparungen können durch verschiedene Maßnahmen entstehen. Diese Maßnahmen werden im Detail in Kapitel 9 erläutert. Es sollen aber einige Einsparungspotentiale aufgezeigt werden. Zunächst ist die maximale Einsparung an CO₂ bei Nutzung aller Potenziale in Tabelle 61 dargestellt.

Tabelle 61: CO₂-Einsparung bei Nutzung aller Potenziale

lfd. Nr.	Energieträger	theroetisches Potenzial [MWh]	realistisches Potential [MWh]	davon Elektroenergie [MWh]	davon Wärmeenergie [MWh]	CO ₂ -Emission Elektro [t/a]	CO ₂ -Emission Wärme [t/a]
1	Biomasse aus Wald	79.209	2.150	806	1.344	18	11
2	Biomasse aus Landwirtschaft (Quelle: [3]; [36]; [37]; [38])	563.385	158.998	59.624	99.374	1.339	803
3	thermische Solarenergie	375.029	181.301		181.301		5.439
4	Windenergie aus Repowering	81.849	42.367	42.367		0	
5	Photovoltaik	118.884	59.442	59.442		0	
	Gesamt	1.218.356	444.258	162.239	282.018	1.357	6.253

Dabei sind die ersten Spalten aus Tabelle 50 eingefügt. Aus diesen Spalten wurde die CO₂-Einsparung berechnet. Die zugrunde liegenden spezifischen Werte sind die bereits in Kapitel 3.5.2 in Tabelle 32 verwendeten. Zur Berechnung wurde der entsprechende spezifische Wert mit dem realistischen Wert für Elektro- oder Wärmeenergie multipliziert.

In Tabelle 62 ist die derzeitige Versorgungsstruktur aus Bild 14 und die zugehörigen CO₂-Emissionen für Wärme- und Elektroenergie dargestellt.

Tabelle 62: CO₂-Emission mit und ohne Nutzung der Potenziale

Wärmeenergie	derzeitige Versorgungsstruktur	Versorgung ohne Potenziale [MWh]	CO ₂ -Emission ohne Potenziale [t/a]	Versorgung mit Potenzialen [MWh]	CO ₂ -Emission mit Potenziale [t/a]
Erdgas	45%	282.636	61.049	282.636	61.049
Flüssiggas	5%	31.404	7.537	618	148
Heizöl	35%	219.828	65.069	0	0
Kohle	4%	25.123	10.301	0	0
EE	10%	62.808	1.365	62.808	1.365
Elektro	1%	6.281	4.334	0	0
Energie aus Potenzialen	0%	0	0	282.018	6.253
gesamt		628.080	149.655	628.080	68.816
Elektroenergie					
Elektro ohne Potenziale	100%	224.132	154.651	61.892	42.706
Energie aus Potenzialen	0%	0	0	162.239	1.357
gesamt		224.132	154.651	224.132	44.062

Tabelle 63 zeigt eine Zusammenfassung der CO₂-Emissionen und die Kosteneinsparung durch die Nutzung aller Potenziale.

Tabelle 63: Kosteneinsparung durch die Nutzung der gesamten Potenziale

Bezeichnung	Verbrauch [MWh]	Anteil Verbrauch	CO ₂ -Emission [t/a]	Anteil CO ₂ -Emission	CO ₂ -Einsparung [t/a]	Anteil an derzeitigen CO ₂ -Emissionen	Kosteneinsparung [€]	Anteil an derzeitigen Gesamtkosten
Elektroenergie	224.132	18,0%	154.651	35,7%	110.589	71,5%	32.447.894	72,4%
Wärmeenergie	628.080	50,5%	149.655	34,5%	80.839	54,0%	18.130.124	28,9%
Kraftstoff	391.913	31,5%	129.331	29,8%	-	-	-	-
gesamt	1.244.125	100,0%	433.637	100,0%	191.428	62,9%	50.578.019	47,0%

Es zeigt sich, dass mit der Nutzung der Potenziale ca. 63 % der CO₂-Emission für Wärme- und Elektroenergie eingespart werden kann. Bei der Kosteneinsparung für Wärmeenergie wurde nur das Potenzial thermische Solaranlagen berücksichtigt, da sich für eine Nutzung von Biomasse aufgrund der Brennstoff- und Anlagenpreise derzeit keine Einsparung insbesondere zu Erdgas ergeben würde. Dies wird sich im Laufe der Jahre mit steigenden Preisen für fossile Brennstoffe ändern.

Ohne die Nutzung der Potenziale ergeben sich allerdings auch schon Einsparpotenziale. Zunächst ist eine Einsparung bei der Elektroenergie in den Haushalten möglich. Tabelle 64 zeigt dafür die Standby Verbräuche ausgewählter Elektrogeräte.

Tabelle 64: Elektroverbraucher im Haushalt (Quelle: [4], [81])

Elektrogerät	Anteil Haushalte mit Gerät	Leistung [W]	Verbrauch [kWh/a]
TV-Gerät	95%	10	87,6
DVD-/Videorecorder	65%	6	52,6
Hifi-Anlage	77%	20	175,2
PC	70%	5	43,8
Monitor	70%	5	43,8
Drucker	70%	6	52,6
Summe		52	455,5

In Tabelle 65 sind die möglichen Kosten- und CO₂-Einsparungen angegeben, wenn der Standby-Modus der Elektrogeräte abgeschaltet wird.

Tabelle 65: Einsparung durch Abschaltung von Standby Verbräuchen im Haushalt

	Einwohner	Wohn-einheiten	Einspar-potenzial [MWh/a]	Anteil am Elektro-energie-verbrauch	CO2-Ein-sparung [t/a]	Kosten-einsparung [€]
Bischofswerda	12.545	6.528	2.287	1,02%	1.578	457.482
Elstra	3.027	1.326	465	0,21%	321	92.926
Großröhrsdorf	7.050	3.499	1.226	0,55%	846	245.210
Pulsnitz	7.933	3.756	1.316	0,59%	908	263.220
Arnsdorf	4.844	2.233	782	0,35%	540	156.489
Bretinig-Hauswalde	3.134	1.479	518	0,23%	358	103.648
Frankenthal	1.051	339	119	0,05%	82	23.757
Großharthau	3.179	1.316	461	0,21%	318	92.225
Lichtenberg	1.722	798	280	0,12%	193	55.924
Ohorn	2.473	1.097	384	0,17%	265	76.878
Rammenau	1.480	642	225	0,10%	155	44.991
Steina	1.785	827	290	0,13%	200	57.956
Wachau	4.515	1.996	699	0,31%	483	139.880
gesamt	54.738	25.836	9.053	4,04%	6.247	1.810.587
Städte	30.555	15.109	5.294	2,36%	3.653	1.058.839
Gemeinden	24.183	10.727	3.759	1,68%	2.594	751.748

Eine weitere Maßnahme ist die Verbesserung der Energieeffizienz bei der Wärmeversorgung. Damit können erfahrungsgemäß ca. 10 % der Kosten eingespart werden. Tabelle 66 zeigt die Ergebnisse für eine 10 %ige Einsparung durch Energieeffizienz.

Tabelle 66: Einsparung durch Energieeffizienz

Kommune	Wohnfläche [m ²]	Jahreswärmeverbrauch gesamt [MWh/a]	Einsparung durch Energieeffizienzmaßnahmen [MWh]	CO ₂ -Einsparung [t/a]	Kosteneinsparung [€]
Bischofswerda	455.100	140.874	14.087	3.353	1.408.741
Elstra	110.000	43.097	4.310	1.026	430.972
Großröhrsdorf	253.300	139.290	13.929	3.315	1.392.898
Pulsnitz	277.900	62.007	6.201	1.476	620.071
Arnsdorf	172.300	49.350	4.935	1.175	493.496
Bretinig-Hauswalde	116.600	41.790	4.179	995	417.899
Frankenthal	37.800	8.543	854	203	85.435
Großharthau	107.900	27.653	2.765	658	276.528
Lichtenberg	63.200	14.694	1.469	350	146.937
Ohorn	91.100	29.495	2.950	702	294.954
Rammenau	56.200	13.320	1.332	317	133.205
Steina	68.200	15.764	1.576	375	157.643
Wachau	156.600	42.202	4.220	1.004	422.023
gesamt	1.966.200	628.080	62.808	14.948	6.280.802
Städte	1.096.300	385.268	38.527	9.169	3.852.682
Gemeinden	869.900	242.812	24.281	5.779	2.428.120

Eine wichtige Maßnahme in Richtung Energieautarkie ist die Senkung des Wärmeverbrauchs für den Gebäudebestand durch Verbesserung des Wärmedämmstandards der Gebäudehülle.

Tabelle 67: Wärmedämmung von Wohngebäuden bis 70 kWh/m²*a (Niedrigenergiehaus), Baujahr vor 1995

	Wohnfläche (vor 1995) [m ²]	Jahreswärmeverbrauch (vor 1995) [MWh/a]	eingesparte Energie ⁷ [MWh/a]	Vollkosten Sanierung Heizung ⁸ [€]	davon Mehrkosten für Einsparung ⁹ [€]	Einsparkosten Betrachtungszeitraum 25 Jahre (statisch) [Ct/kWh]	CO ₂ -Einsparung ¹⁰ [t/a]
Bischofswerda	426.040	63.906	34.083	127.812.000	51.124.800	6,0	8.112
Elstra	102.976	15.446	8.238	30.892.800	12.357.120	6,0	1.961
Großröhrsdorf	237.126	35.569	18.970	71.137.800	28.455.120	6,0	4.515
Pulsnitz	260.155	39.023	20.812	78.046.500	31.218.600	6,0	4.953
Arnsdorf	161.298	24.195	12.904	48.389.400	19.355.760	6,0	3.071
Bretinig-Hauswalde	109.155	16.373	8.732	32.746.500	13.098.600	6,0	2.078
Frankenthal	35.386	5.308	2.831	10.615.800	4.246.320	6,0	674
Großharthau	101.010	15.152	8.081	30.303.000	12.121.200	6,0	1.923
Lichtenberg	59.164	8.875	4.733	17.749.200	7.099.680	6,0	1.126
Ohorn	85.283	12.792	6.823	25.584.900	10.233.960	6,0	1.624
Rammenau	52.611	7.892	4.209	15.783.300	6.313.320	6,0	1.002
Steina	63.845	9.577	5.108	19.153.500	7.661.400	6,0	1.216
Wachau	146.600	21.990	11.728	43.980.000	17.592.000	6,0	2.791
gesamt	1.840.649	276.097	147.252	552.194.700	220.877.880	6,0	35.046

⁷ Die Energieeinsparung ergibt sich aus dem Jahreswärmeverbrauch der Gebäude vor 1995, mit typisch 150 kWh/m²*a bezogen auf den Jahreswärmeverbrauch nach der Sanierung von 70 kWh/m²*a.

⁸ Die Vollkosten der Sanierung ergeben sich aus der Wohnfläche vor 1995 und den spezifischen Kosten von 300 €/m² (Mittelwert aus den Musterbeispielen EFH/MFH von IWU (Quelle: [85])).

⁹ Die Mehrkosten der Sanierung ergeben sich aus der Wohnfläche vor 1995 und den spezifischen Kosten von 120 €/m²*a (Mittelwert aus den Musterbeispielen EFH/MFH von IWU (Quelle: [85])).

¹⁰ Zur Berechnung der CO₂-Einsparung wurde von einem spezifischen Wert für Wärmeenergie von 0,238 t/MWh*a ausgegangen.

Dadurch können Wärmeverbrauch und Kosten für Wärme zum Teil erheblich gesenkt werden. Für Neubauten werden vom Gesetzgeber mit der EnEV hinreichende Forderungen über den Wärmedämmstandard und den Einsatz erneuerbarer Energie getroffen.

In Tabelle 67 sind der Nutzen und die Kosten für Wärmedämmmaßnahmen dargestellt. Dabei wurden nur Gebäude betrachtet, die vor 1995 gebaut wurden, da es ab 1995 eine Wärmeschutzverordnung gab und davon auszugehen ist, dass diese Gebäude bereits entsprechend gedämmt sind. Damit wird eine Einsparungen um 53 % zum bisherigen Wärmeverbrauch, welcher mit ca. 150 kWh/m²*a als Mittelwert geschätzt, erreicht. Es ist eine Wärmedämmung bis mindestens 70 kWh/m²*a notwendig, da bei einer Wärmedämmmaßnahme die Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (EnEV 2009) mit den vorgegeben Grenzwerten Anwendung finden muss. Die Vollkosten entstehen bei der kompletten Sanierung des Gebäudes mit Wärmedämmung für die Wände, das Dach und neuen Fenstern auf 70 kWh/m²*a Wärmeverbrauch. Zu den Vollkosten gehören ebenfalls die Kosten für eine Heizungsanlage. Die Mehrkosten sind die Kosten, die durch die zusätzlichen Anforderungen, die die EnEV vorgibt, gegenüber einer Grundsanierung ohne energetische Gesichtspunkte. Es ergeben sich Einsparkosten von 6 Ct/kWh. Die Einsparung um 53 % ist für die Westlausitz mit Investitionskosten von 550 Mio € verbunden.

Je nach erforderlichem Fremdkapital und der damit verbundenen Zinszahlung, erhöhen sich die Investitionskosten. Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung ist für jeden konkreten Fall durchzuführen.

9 Empfehlungen zur Umsetzung

9.1 Grundprinzipien

Öffentlichkeitsarbeit

Die Umstellung der Energieversorgung in Richtung Energieautarkie sollte von der Mehrheit regionaler Akteure getragen und die notwendigen Aufgaben auf mehrere Schultern verteilt werden. Neben Vertretern aus der Politik und Verwaltung sollten Akteure aus der Wirtschaft, Landwirtschaft und Wissenschaft sowie die Bevölkerung und andere Interessenvertreter eingebunden werden.

Bis jetzt wurde das Ziel der Energieautarkie und der dahin führende Prozess von einer kleineren Gruppe initiiert. Um das Ansinnen in die Breite zu tragen und die Akteursgruppe zu erweitern, bedarf es einer kontinuierlichen Information und Sensibilisierung aller Beteiligten. Die Wissensvermittlung über Hintergründe, Ansätze und Wege zur Erreichung des Ziels führt auch zur Bewusstseinsbildung und Mobilisierung weiterer Akteure und hilft auftretende Hemmnisse besser zu überwinden. Öffentlichkeitsarbeit ist daher ein kontinuierlicher Prozess. Dabei sollten auch Fachinstitutionen wie die SAENA eingebunden werden.

Strukturen schaffen

Eine mittel- bis langfristige Zielsetzung wie die Energieautarkie braucht Strukturen, die beschlossene Maßnahmen und mögliche Korrekturen über die Jahre begleiten bzw. initiieren. Dies können z. B. kommunales Energiemanagement / Energiebeauftragte, Energiekompetenzzentren / -agenturen, Energie-Arbeitsgruppen / lokale Agenda-Gruppen und Effizienzfonds sein. Wichtig ist die Vernetzung vorhandener Akteure und die Bündelung von Kompetenzen aus verschiedenen Fachrichtungen, um den Prozess der Energieautarkie aus eigener Kraft zu evaluieren und die Anpassung von Maßnahmen vornehmen zu können.

Verbindliche Festlegungen

Zielsetzungen benötigen eine Legitimation, sowohl in ihrer Wirkung nach außen und damit die Zielerreichung nicht bei auftretenden Hemmnissen kurzfristig gefährdet wird. Dazu geeignete Maßnahmen sind z. B. Gemeinderatsbeschlüsse, Verwaltungsanweisung und die Teilnahme am European Energy Award (EEA).

Kurzfristig umsetzbare Kosteneinsparungen

Motivation für mittel- und langfristig wirksame Energiesparmaßnahmen sind kurzfristig umsetzbare Kosteneinsparungen. Gleichzeitig entlasten sie den Verwaltungshaushalt und erhöhen die finanzielle Flexibilität. Beispiele dafür sind verhaltensabhängige Maßnahmen, gering-investive Maßnahmen (z. B. Beleuchtung) und Tarifierpassungen.

Maßnahmenbündel

Einzelmaßnahmen sind nicht so wirkungsvoll wie aufeinander abgestimmte Maßnahmenbündel. So wirkt die Förderung für eine hochwertigere Dämmung besser zusammen mit einer guten Öffentlichkeitsarbeit und / oder einer qualitativ guten Baubegleitung / -beratung.

Koppelung von Maßnahmen mit unterschiedlichen Renditen

Verschiedene Maßnahmen weisen oft eine Bandbreite unterschiedlicher Wirtschaftlichkeit auf. Längerfristig wirtschaftliche Maßnahmen werden meist nicht prioritär gesehen. Eine Koppelung mit kurzfristig rentablen Maßnahmen verbessert die - wirtschaftliche - Attraktivität. So können auch Vorhaben mit hohem Energieeinspar- / CO₂-Minderungspotenzial – aber mit nur mittel- bis langfristiger Rentabilität – umgesetzt werden. Beispielhaft sei hier die Dämmung eines Dachbodens und Installation einer solarthermischen Anlage oder PV-Anlage genannt.

9.2 Maßnahmenkatalog

Die im Folgenden genannten Maßnahmen werden nach ihrem zeitlichen Ablauf in kurzfristige (ab 2009 bis 2012), mittelfristige (bis ca. 2020) und langfristige (bis ca. 2030) gegliedert.

9.2.1 Kurzfristige Strukturen

9.2.1.1 Einführung eines kommunalen Energiemanagements

Kommunales Energiemanagement ist eine grundlegende Voraussetzung zur Erreichung der Energieautarkie in einer Kommune. Es sind Energieleitlinien zu erstellen und wie das Ziel der Energieautarkie nach innen und nach außen zu kommunizieren. Im Rahmen des kommunalen Energiemanagements wird ein Überblick über die energetischen Verbräuche und deren Kostenfaktoren erstellt und kontinuierlich fortgeschrieben. Dies dient zur Festlegung notwendiger Handlungsmaßnahmen mit einer Prioritätenliste und mit einer zeitlichen Zuordnung. Neben der Effizienzverbesserung sollte gleichzeitig der Einsatz erneuerbarer Energien geprüft werden. Der kontinuierliche Prozess unterstützt auch den langfristigen Erfolg verhaltensbasierter Maßnahmen, da Einsparungen aufgrund des Verhaltens sonst mit der Zeit wieder rückläufig sind (z. B. Schulen, Verwaltung).

Grundsätzlich ist der investive Kostenaufwand für das kommunale Energiemanagement allein gering (z. B. Tabellenprogramm zur Eingabe und Auswertung von Energieverbräuchen). Es müssen jedoch Verantwortlichkeiten festgelegt werden, wobei eine Person in der Regel die Koordination übernimmt und Zeit investieren muss.

Die Einführung des kommunalen Energiemanagements in der gesamten Region Westlausitz bietet die Möglichkeit, Synergieeffekte sowohl bei der Einführung als auch im laufenden Betrieb zu nutzen. Aufgrund der unterschiedlichen Größe der Kommunen können die Aufgaben auch konzentriert und z. B. durch regionale Energiebeauftragte wahrgenommen werden (s. Maßnahme 9.2.1.2).

Für die Einführung des kommunalen Energiemanagements und die verschiedenen Maßnahmen wie kontinuierliche Erfassung und Bewertung von Energie-/Wasserverbräuchen, Erstellung von Jahresberichten und Verwaltungsanweisungen und Organisation von Hausmeisterschulungen (s.a. weitere Maßnahmen unter 9.2.4) sind beim Kommunalen Energiedialog Sachsen der SAENA [60] Arbeitsschritte und Arbeitsanleitungen verfügbar.

9.2.1.2 Einstellung kommunaler Energiebeauftragter für die Region

Zur Einführung und Umsetzung des kommunalen Energiemanagements in der gesamten Region empfiehlt sich die Einstellung kommunaler Energiebeauftragter. Aufgrund der Größe der Region und der Zusammensetzung aus Gemeinden und Städten wird die Einstellung von zwei Energiebeauftragten vorgeschlagen. Die Finanzierung kann beispielsweise anteilig nach der Einwohnerzahl der Kommunen erfolgen. Die Refinanzierung erfolgt über die eingesparten Energie- und Wasserkosten sowie zu Beginn über mögliche Fördermittel des Bundes (BMU: Klimaschutzbeauftragter).

Hauptaufgabe der Energiebeauftragten ist die Unterstützung bei der Einführung des kommunalen Energiemanagements und Übernahme von Aufgaben der einzelnen Kommunen (s. Maßnahmen 9.2.1.1, 9.2.4, 9.2.7, 9.2.10). Neben öffentlichkeitswirksamen Maßnahmen (z. B. Organisation von Veranstaltungen und Ausstellungen) können die Energiebeauftragten in geringem Umfang auch für Aufgaben für die Bürger zur Verfügung stehen (z. B. Energieberatung an einem Nachmittag pro Woche).

9.2.1.3 Aufbau eines Energiekompetenzzentrums für die Region

Die Errichtung und aktive Betreuung eines Energiekompetenzzentrums wird als wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Weiterführung und Ausgestaltung des mit dem Energiekonzept eingeleiteten Prozesses zur Beschäftigung mit einer zukunftsfähigen Umgestaltung der Energieversorgung angesehen. Es wird eingeschätzt, dass sich ein mit zwei energiewirtschaftlich kompetenten Fachkräften sowie entsprechenden räumlichen und technischen Möglichkeiten ausgestattetes Büro nach anfänglicher finanzieller Unterstützung durch eigene Wertschöpfung selbst tragen kann.

Als Aufgabenbereiche sind zu nennen:

1. die aktive Kommunikation mit allen Entscheidungsträgern der Region
2. die Vermittlung von Kenntnissen über den effizienten Umgang mit und den Einsatz erneuerbarer Energie durch Veranstaltungen und Beratungsangebote
3. die Kenntnis und Vermittlung von Fördermöglichkeiten zur Verbesserung der Wärmedämmung und für die Umstellung der Energieversorgung
4. eine Dokumentation und Bewertung (eventuell sogar ein Monitoring) für alle energetisch hervorhebenswerten Anlagen in der Region

Das Energiekompetenzzentrum sollte auch eine Informationsplattform sein, bei der die zahlreichen Informationen gebündelt sowie fachlich exakt und einfach verständlich angeboten werden. Dort kann jeder Interessierte die für ihn erforderlichen Informationen und eine sachkundige Beratung erhalten.

Informationen bieten z. B.:

1. ENSO - Energie Sachsen Ost GmbH

Die ENSO bietet eine Gebäude-Thermografie an, bei der Schwachstellen in der Wärmedämmung zu erkennen sind. Die ENSO gibt weiterhin Informationen zu verschiedenen Förderprogrammen und Tipps zur Energieeinsparung im Haushalt.

2. SAENA - Sächsische Energieagentur

Die SAENA bietet für Verbraucher und Kommunen eine Vielzahl von Informationen sowie Fachveranstaltungen und Weiterbildungen im Bereich Energieeffizienz und Erneuerbare Energien an.

Das Portal „Kommunaler Energiedialog Sachsen“ ist eine „Plattform für Kommunikation, Erfahrungsaustausch, Weiterbildung und konkrete Praxishilfe für Kommunen“.

„Ziel ist die Entwicklung geeigneter sowie der Ausbau vorhandener Instrumente, die sächsische Kommunen bei der Erschließung von Energieeinsparpotentialen, der Verbesserung des Klimaschutzes sowie dem Auf- bzw. Ausbau einer zukunftsfähigen Energieversorgung unterstützen. Die Umsetzung des *Kommunalen Energie-Dialog Sachsen* erfolgt über einen praxistauglichen Instrumentenmix, bestehend aus Informationsangeboten, Veranstaltungen und Workshops, einer Kontaktbörse sowie weiteren Hilfestellungen. Dies sind speziell auf Kommunen zugeschnittene verschiedene Informationen.“ (Quelle: [60])

3. SAB – Sächsische Aufbaubank

Die SAB bietet viele Förderprogramme. In der Regel ist die SAENA Ansprechstelle und fachlicher Gutachter für diese Programme.

4. CO₂-online

Diese Plattform bietet viele sehr detaillierte Informationen zur Energieeffizienz, Wärmedämmung und konkrete Maßnahmen zu Heizungssystemen.

Das Energiekompetenzzentrum kann an schon etablierte und bewährte Gremien wie z. B. den Energietisch in Altenberg anknüpfen. Ein Erfahrungsaustausch zwischen den einzelnen Akteuren ist erstrebenswert. Die SAENA sollte mit ihren Kompetenzen in Aktivitäten des Energiekompetenzzentrums einbezogen werden. (Siehe Maßnahmen 9.2.5 bis 9.2.9)

Der Aufbau eines Energiekompetenzzentrums ist teilweise koppelbar mit den kommunalen Energiebeauftragten (s. Maßnahme 9.2.1.2). Es ist jedoch darauf zu achten, dass die überwiegende Arbeitszeit der Energiebeauftragten für die Kommunen zur Verfügung stehen muss.

9.2.2 mittelfristige Strukturen

9.2.2.1 Einrichtung von Effizienzfonds

Viele Effizienzmaßnahmen sind dadurch gekennzeichnet, dass anfangs eine – höhere – Investition notwendig ist, die sich erst durch die Betriebseinsparungen im Laufe der Zeit bezahlt macht. Dieses Hemmnis kann durch sogenannte „Effizienzfonds“ gemindert werden. Hierbei werden aus zur Verfügung gestellten Geldmitteln Maßnahmen angeschoben und aus den eingesparten Energiekosten neue Effizienzmaßnahmen finanziert. Dabei ist zwischen verwaltungsinternen und nach außen gerichteten Fonds zu unterscheiden.

Verwaltungsintern

Ein Amt / eine Person in der Kommune übernimmt die Initiative zur Organisation von Einsparmaßnahmen. Zur Unterstützung kann ein Gemeinde- bzw. Stadtratsbeschluss hilfreich sein. Innerhalb der Verwaltung sind dann die Zuständigkeiten zu klären. Die federführende Stelle untersucht grob die Wirtschaftlichkeit von Einsparmaßnahmen (Energie, Wasser) und bietet dem betroffenen Amt eine Vereinbarung zur Finanzierung an. Diese entspricht in etwa den externen Contracting-Verträgen. Die Durchführung der Maßnahme führt dazu, dass die bisherigen Energiekosten als Kostenfaktor weiter fortgeführt werden, der eingesparte Teil über den tatsächlich angefallenen Energiekosten aber in den „Effizienzfond“ fließt. Nach Ablauf der vereinbarten Zeit wird das Projekt beendet und der Verwaltungshaushalt kann jährlich um die eingesparten Energiekosten künftig gesenkt werden. Aus dem „Effizienzfond“ können dann weitere Projekte finanziert werden.

Für die finanzielle Ausstattung des „Effizienzfonds“ zu Beginn gibt es verschiedene Möglichkeiten: eine einmalige Anschubfinanzierung aus Haushaltsrücklagen; eine z. B. über 5 Jahre währende Speisung des Fonds aus Haushaltsmitteln (z. B. 2 % aller städtischen Energie- und Wasserkosten oder einen Teil der Konzessionsabgabe); oder aus kurzfristig umsetzbaren, nicht-investiven energiesparenden Maßnahmen in der Anfangsphase.

Eine andere Möglichkeit der Erstfinanzierung oder des Kapitalrückflusses in den Fond ist die Initiierung von – kleineren – externen Einsparcontractingmaßnahmen (z. B. Projekt Eco-Watt Quelle [69]), bei der ein Teil der eingesparten Energiekosten nicht an den Investor sondern in den Effizienzfond fließt. (Quelle: [67]; [68]; [69])

Bevölkerung

Fördermittel aus einem z. B. 5-jährigen kommunalen Förderprogramm werden als Zuschüsse und / oder zinsgünstiges Darlehen ausgezahlt. Der Empfänger kann je nach Fördertatbestand wählen, ob er über einen festgelegten Zeitraum 100 % des Zuschusses als zinsgünstigen Kredit in den Fond einzahlt oder 50 % des Zuschusses als Kredit in Kombination mit einer Zahlung von 50-45-40 % der eingesparten Energiekosten oder nur die eingesparten Energiekosten zu 100-95-90 % in den Fond einzahlt.

Durch den Kapitalrückfluss bereits im zweiten Jahr können weitere Fördermittel ausgegeben werden, die in den nächsten Jahren auch wieder zurückfließen (revolvierender Fond).

9.2.2.2 Aufbau Biomassehof

Hemmnisse für die breite Akzeptanz der energetischen Holznutzung sind u.a. die Unsicherheit bzgl. der Holzbeschaffung und der Lieferung von Holz. Um gleichzeitig auch die Wertschöpfung in der Region zu belassen, bietet sich die Unterstützung beim Aufbau von einem oder mehreren Biomassehöfen mit Qualitätssicherung in der Region an. Hierüber können insb. Scheitholz, Holzhackschnitzel oder Holz- / Strohpellets komfortabel bereitgestellt werden. Dazu sind langfristige Lieferverträge mit Land- / Forstwirten bzw. Gemeinschaften abzuschließen, die entsprechend des Bedarfes Holz anliefern. Für Holzhackschnitzel bzw. Straßenbegleitgrün kann das relativ einfache und preiswerte Dom-Trocknungsverfahren, das in der Gemeinde Zschadraß entwickelt wurde, eingesetzt werden.

Konzeption, Standortentscheidung und Umsetzung eines Biomassehofes sollte durch einen Unternehmer erfolgen. Die Region Westlausitz kann aber Unterstützung leisten – z. B. durch das Anbieten möglicher Standorte oder einer zielgerichteten Öffentlichkeitsarbeit.

Zur Abschätzung der Kosten für die dazugehörige Logistikkette sind nachfolgende Betrachtungen wichtig. In Bild 45 sind die Kosten für eine gesamte Logistikkette dargestellt.

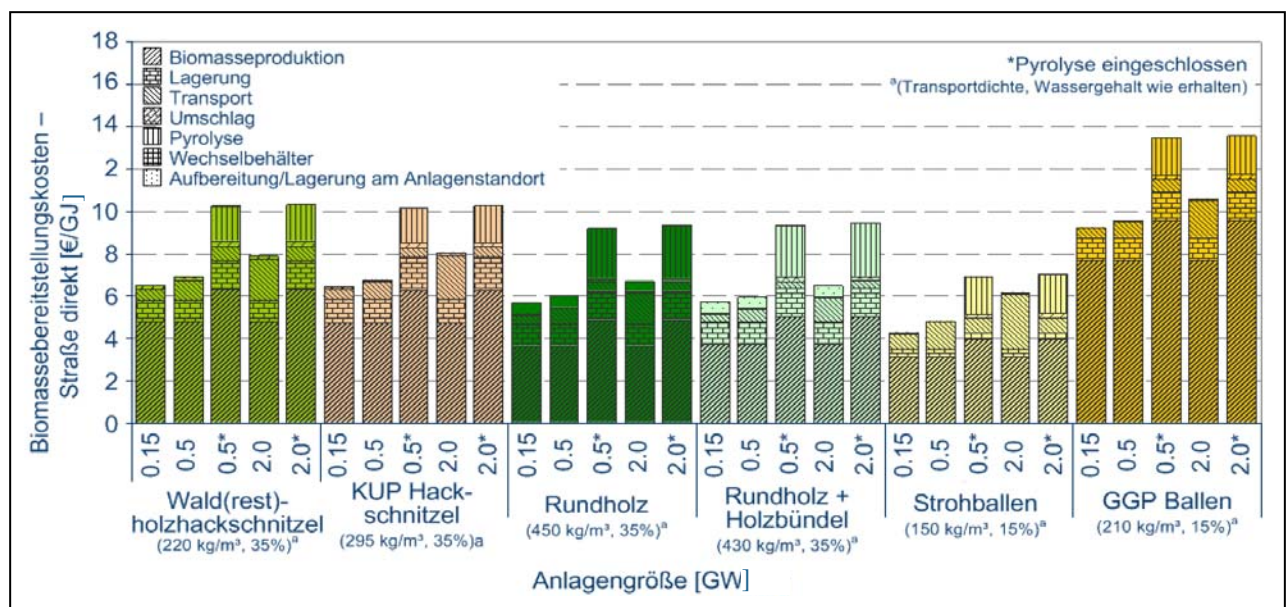


Bild 45: Kosten für die Logistikkette (Quelle: [99])

Es ist zu erkennen, dass die Bereitstellungskosten hauptsächlich durch die Kosten bei der Biomasseproduktion entstehen. Die Bereitstellungskosten steigen mit der Anlagengröße. Die Transportkosten haben aber ebenfalls deutlichen Einfluss auf die Bereitstellungskosten. Mit Pyrolyse ist hier die Holz- bzw. Strohvergasung gemeint. Hierbei ist zu erkennen, dass es bei der Vergasung

niedrigere Transportkosten gibt, da nach der Vergasung eine hohe Energiedichte vorliegt. Andererseits sind die Produktionskosten bei der Vergasung aber sehr hoch.

Im gesamten Prozess sollte ein an die Biomasse angepasstes Qualitätsmanagementsystem zum Einsatz kommen, um die Qualität der eingehenden Biomasse zu kontrollieren und eine entsprechende Brennstoffqualität aus der Biomasse zu gewinnen. (Quelle: [99])

Die einzelnen Komponenten für die Bereitstellungskette sind damit bekannt. Die Herausforderung ist hier, die optimale (kostengünstigste) Kombination der einzelnen Elemente zu finden, die natürlich für den Standort spezifisch ist. Die Konzepte bauen meist auf vorhandenen Konzepten auf, die dann für die lokalen Gegebenheiten angepasst werden. Die Teile des Logistikkonzeptes werden von unterschiedlichen Akteuren realisiert. Für die Koordination sind dabei vertragliche Regelungen zu treffen. Das Logistikkonzept muss zudem flexibel auf meteorologische Bedingungen reagieren können. (Quelle: [99]).

Für die Verwertung der Biomasse ist der Standort der Biogasanlage wichtig. Letzlich muss die Wärme erzeugt werden, wo sie genutzt werden kann, nicht dort wo die Biomasse anfällt.

9.2.2.3 Aufbau von Nahwärmenetzen

Der Aufbau und der Betrieb von Nahwärmenetzen unterstützt die Einführung erneuerbarer Energien und die Energieeffizienz. Die hierbei eingesetzten Anlagen sind kostenmäßig spezifisch günstiger als Einzelanlagen und künftig schneller auf technisch optimierte Anlagen umrüstbar. Anlagenstandorte sind vorrangig größere Wärmeverbraucher z. B. Schulen, Rathäuser, große Wohnblöcke, Krankenhäuser, Gewerbegebiete. Der gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme (KWK) sollte dabei Vorrang eingeräumt werden. Grundsätzlich können KWK-Anlagen auf Erdgas- oder Biogasbasis oder auch als Biomassefeuerungsanlagen – z. T. in Kombination mit großen solarthermischen Anlagen – eingesetzt werden. (s.a. Maßnahmen 9.2.3.1 und 9.2.4.7)

9.2.3 Langfristige Strukturen

9.2.3.1 Aufbau von Stadtwerkestrukturen

Energieleitungen sind natürliche Monopole. Bundesweit ist derzeit wieder ein Trend in Richtung Gründung lokaler Stadtwerke zu beobachten. Stadtwerke im Besitz der Energienetze können einen Teil der Gewinne an die Kommune abführen. Gleichzeitig sind energiepolitische Zielstellungen meist einfacher umsetzbar. Stadtwerke sind zudem personell vor Ort besser aufgestellt.

Die Errichtung von Nahwärmenetzen auf Biomasse- oder KWK-Basis kann als Einstieg in die Energieversorgung / Energiedienstleistung dienen (s.a. Maßnahmen 9.2.2.3 und 9.2.4.7).

9.2.4 Maßnahmen – Adressat Kommune – kurzfristig

9.2.4.1 Teilnahme am European Energy Award (EEA)

Die Teilnahme am EEA wird von allen bisher beteiligten sächsischen Kommunen nach der Durchführung positiv eingeschätzt. Von Vorteil ist die Unterstützung durch das Kommunalparlament (Stadtrats- / Gemeinderatsbeschluss) und die Erfolgskontrolle durch die jährliche Berichterstattung. Ein wesentlich größerer Aufwand für die Kommunen entsteht nicht, da viele Maßnahmen im Rahmen des kommunalen Energiemanagements sowieso durchgeführt werden.

Die Nutzung dieses Instrumentes in jeder Kommune ist ein wesentlicher Beitrag auf dem Weg zur Energieautarkie. Insbesondere kann festgestellt werden, dass in den von der Dresdner ÖKOTHERM GmbH betreuten eea®-Kommunen durch engagierte Energieteams wesentliche Fortschritte zunächst bei der Sensibilisierung für die energetischen Belange, aber auch bei der Verbesserung der Energieeffizienz und beim Einsatz erneuerbarer Energie erzielt werden.

Die Teilnahmekosten für das eea®-Verfahren gemäß Merkblatt Nr.2 der Richtlinie EuK/2007 zeigt Tabelle 68. Die Maßnahme geht über vier Jahre und der Fördersatz beträgt 75 %.

Tabelle 68: Kosten für die Teilnahme am eea®-Verfahren (Quelle: [70]; [104])

Kommune	Einwohner	Programm-beitrag gesamt [€/a]	Moderations- leistungen [€]	Audit und Zertifizierung [€]	Summe ohne Förderung [€]	Summe mit Förderung [€]
Bischofswerda	12.545	6.000	16.500	1.500	24.000	6.000
Elstra	3.027	2.000	12.500	1.000	15.500	3.875
Großröhrsdorf	7.050	4.000	14.500	1.500	20.000	5.000
Pulsnitz	7.933	4.000	14.500	1.500	20.000	5.000
Arnsdorf	4.844	2.000	12.500	1.000	15.500	3.875
Brettnig-Hauswalde	3.134	2.000	12.500	1.000	15.500	3.875
Frankenthal	1.051	2.000	12.500	1.000	15.500	3.875
Großharthau	3.179	2.000	12.500	1.000	15.500	3.875
Lichtenberg	1.722	2.000	12.500	1.000	15.500	3.875
Ohorn	2.473	2.000	12.500	1.000	15.500	3.875
Rammenau	1.480	2.000	12.500	1.000	15.500	3.875
Steina	1.785	2.000	12.500	1.000	15.500	3.875
Wachau	4.515	2.000	12.500	1.000	15.500	3.875
gesamt	54.738	34.000	170.500	14.500	219.000	54.750
Städte	30.555	16.000	58.000	5.500	79.500	19.875
Gemeinden	24.183	18.000	112.500	9.000	139.500	34.875

9.2.4.2 Kosten-/Verbrauchsdocumentation kommunaler Liegenschaften

Für alle kommunalen Liegenschaften können die Verbräuche und Kosten für Wärme- und Elektroenergie den Rechnungen der Versorger entnommen werden. Diese Rechnungen sind auszuwerten und möglichst in einer separaten Ablage aufzubewahren. Bild 46 zeigt beispielhaft die Auswertung von Wärmeverbrauch und Wärmekosten für fünf kommunale Liegenschaften als so genannte Portfoliodarstellung.

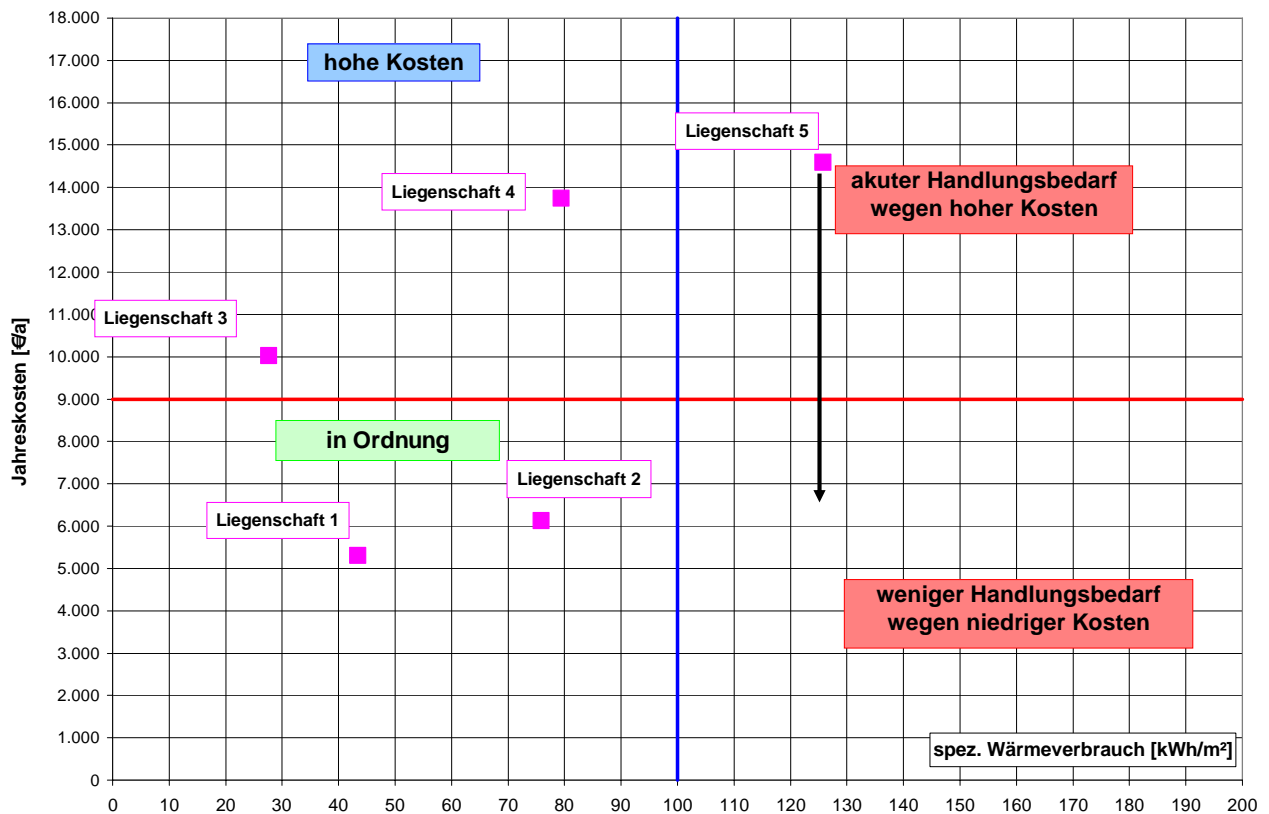


Bild 46: Portfoliodarstellung für die kommunale Wärmeversorgung

Es werden die Jahreskosten in Abhängigkeit vom spezifischen Wärmeverbrauch gezeigt. Das Diagramm ist in vier Bereiche gegliedert. Die Einteilung erfolgt nach selbst festzulegenden Grenzwerten für den spezifischen Wärmeverbrauch (blau) und für die Jahreskosten (rot). Mit dieser Darstellung lässt sich der Handlungsbedarf für die Senkung des Wärmeverbrauchs oder der Kosten objektiv ableiten. In der gezeigten Darstellung besteht für die Liegenschaft 5 akuter Handlungsbedarf. Es handelt sich hierbei um ein Gebäude mit schlechter Wärmedämmung und hohen Wärmekosten. Die hohen Kosten werden durch den eingesetzten Energieträger Flüssiggas verursacht. Es wurde beschlossen, dieses Gebäude zunächst unverändert mit weiteren Gebäuden über eine Wärmeleitung an eine nahe gelegene Holzhackschnitzel-Anlage anzuschließen, um die Kosten zu senken.

Die Erfassung der Verbräuche und Kosten sowie deren Darstellung gemäß Bild 46 ist der Einstieg in eine gezielte Verbesserung der Gebäudesubstanz und der Versorgungsstruktur. Diese Maßnahme kann innerhalb weniger Wochen realisiert werden.

Neben den Gebäuden ist die Straßenbeleuchtung ein weiterer Kostenfaktor für die kommunalen Haushalte. Auch hier ist eine systematische Dokumentation der Verbräuche und Kosten erforderlich. Dies wird beispielhaft in Tabelle 69 für eine Kommune, die nicht zur Westlausitz gehört, gezeigt.

Tabelle 69: Dokumentation der Verbräuche und Kosten für Straßenbeleuchtung einer Kommune (Quelle: [30])

Ortsteil	Standort Zählerinrichtung	Anzahl 150 W	Anzahl 70 W	Beginn	Ende	Tage	Verbrauch [kWh]	mittl. Brenndauer [h/d]	Kosten brutto [€]	spez. Kosten [€/kWh]
Ortsteil 1	Zählerplatz 1	24	35	18.08.2007	16.08.2008	365	22.621,7	10,24	3.251,42	14,37
	Zählerplatz 2		34	18.08.2007	16.08.2008	365	5.115,3	5,89	760,86	14,87
Ortsteil 2	Zählerplatz 3		13	01.09.2007	31.08.2008	366	2.493,2	7,49	461,99	18,53
Ortsteil 3	Zählerplatz 4		11	02.09.2007	01.09.2008	366	2.369,4	8,41	349,19	14,74
Ortsteil 4	Zählerplatz 5		30	31.05.2007	30.05.2008	366	7.212,9	9,38	1.058,26	14,67
Ortsteil 5	Zählerplatz 6		11	14.09.2007	23.08.2008	345	2.158,4	8,12	370,98	17,19
Ortsteil 6	Zählerplatz 7		37	04.06.2007	09.06.2008	372	8.145,4	8,45	1.191,41	14,63
Ortsteil 7	Zählerplatz 8		20	02.09.2007	01.09.2008	366	5.262,8	10,27	839,05	15,94
	Zählerplatz 9		26	02.09.2007	01.09.2008	366	4.510,0	6,77	726,17	16,10
Ortsteil 8	Zählerplatz 10		10	02.09.2007	01.09.2008	366	2.299,5	8,98	394,67	17,16
Ortsteil 9	Zählerplatz 11		81	31.05.2007	30.05.2008	366	21.798,1	10,50	3.131,03	14,36
		24	308				83.986,7	9,15	12.535,03	14,93

Es lassen sich für 2.200 Einwohner und die 332 Leuchten der Kommune folgende Kennwerte ermitteln:

mittlere Brenndauer	3.338	h/a
Leuchten pro Einwohner	0,15	
Jahresverbrauch pro Leuchte	253,0	kWh/Leuchte
Jahresverbrauch pro Einwohner	38,2	kWh/EW
Jahreskosten pro Einwohner	5,70	€/EW

Diese Dokumentation kann auch innerhalb weniger Wochen erstellt werden und ist ebenfalls der Einstieg in eine gezielte Verbesserung der Straßenbeleuchtung.

9.2.4.3 Verbrauchserfassung und -controlling

Für eine sinnvolle Bewertung des Verbrauchs und der Planung geeigneter Maßnahmen ist eine mindestens monatliche Erfassung der Zählerstände (Strom, Wärme, Wasser) erforderlich. Dafür empfiehlt sich der Einsatz dezentraler Messgeräte, um in den Liegenschaften auch einzelne Anlagen detailliert untersuchen zu können.

Vermittlung von energiewirtschaftlichem Grundlagenwissen

Gemeint ist eine möglichst genaue Kenntnis der erforderlichen Verbräuche und Nennleistungen (Versorgungsaufgabe) als Voraussetzung für die Verbesserung oder Erneuerung der bestehenden Anlagentechnik. Leider wird die Verbesserung der Energieeffizienz oder die Erneuerung der Anlagentechnik nicht immer mit dem erforderlichen Sachverstand durchgeführt. Da hierzu in der Regel Investitionen erforderlich sind, kann bei genauerer Kenntnis der Versorgungsaufgabe Geld gespart werden. Diese Wertschöpfungsquelle sollte von den Fachkräften des Energiekompetenz-zentrums aktiv genutzt und gestaltet werden.

Register 8 enthält einen Beitrag der Dresdner ÖKOTHERM GmbH aus dem Jahr 2008 zum DREWAG Klimapreis für innovative Klimaschutzprojekte mit dem Titel „Verbesserung der Energieeffizienz bei der Wärmeversorgung von Gebäuden“.

Die SAENA bietet auf ihrer Internetplattform unter den Rubriken

- Steigerung der Energieeffizienz
- Zukunftsfähige Energieversorgung
- Contracting

viele weitere Informationsangebote zu den wichtigsten Fragen.

Wärmeversorgung:

Für eine umweltfreundliche und effiziente Versorgung ist es zunächst wichtig, die Versorgungsaufgaben zu kennen. Das heißt, die Verbräuche für Wärme und Elektroenergie monatlich mindestens einmal zu dokumentieren und anschließend auszuwerten. Nur mit diesen Informationen ist bekannt, welche Energie verbraucht wird und vermeidet z. B. eine Überdimensionierung von neuen Kesseln bzw. der gesamten Heizungsanlagen.

In Quelle [105] ist ein Verfahren beschrieben, bei dem mit Hilfe von Verbrauchswerten für Brennstoffe oder Wärmeenergie eine Beurteilung der Wärmeversorgung erfolgen kann.

Tabelle 70: Beispiel für Datenerfassung (Quelle: [30])

Datum	V _{Gas} [m ³]	P _{El} [kWh]	V _{TW} [m ³]
Mo 01.01.07 00:00	54.645	43.907	301
Do 01.02.07 00:00	55.308	44.728	310
Do 01.03.07 00:00	56.068	45.895	327
So 01.04.07 00:00	56.560	46.846	342
Di 01.05.07 00:00	56.821	47.809	358
Fr 01.06.07 00:00	56.926	48.587	374
So 01.07.07 00:00	56.926	49.580	401
Mi 01.08.07 00:00	56.926	50.342	423
Sa 01.09.07 00:00	56.926	51.097	452
Mo 01.10.07 00:00	56.926	51.779	465
Do 01.11.07 00:00	57.202	52.718	478
Sa 01.12.07 00:00	57.962	53.943	495
Di 01.01.08 00:00	58.748	54.771	504

Tabelle 70 zeigt zunächst die Verbrauchserfassung für eine ausgewählte Liegenschaft; es handelt sich um eine Sporthalle für aktiven Freizeitsport. Neben dem Verbrauch für Erdgas V_{Gas} wurden auch die Verbräuche für Elektroenergie P_{El} und Trinkwasser V_{TW} erfasst. Diese monatliche Verbrauchserfassung sollte heute zu den Selbstverständlichkeiten einer jeden Kommune gehören.

Bild 47 zeigt die Auswertung des Wärmeverbrauchs als Brennstoffwärmeleistung in Abhängigkeit von der Außentemperatur. Aus dieser Darstellung kann für die Erneuerung der Wärmeversorgung als erforderliche Nennwärmeleistung der Wert von ca. 30 kW entnommen werden. Der mittlere Trinkwasserverbrauch von ca. 560 l/d ist für die vorgesehene thermische Solaranlage eine wichtige Bemessungsgrundlage. Erfahrungsgemäß kann bei Sporthallen ca. die Hälfte davon, also ca. 280 l/d als Trinkwarmwasserbedarf angesetzt werden. Der dafür nötige Wärmebedarf beträgt ca. 15,5 kWh/d.

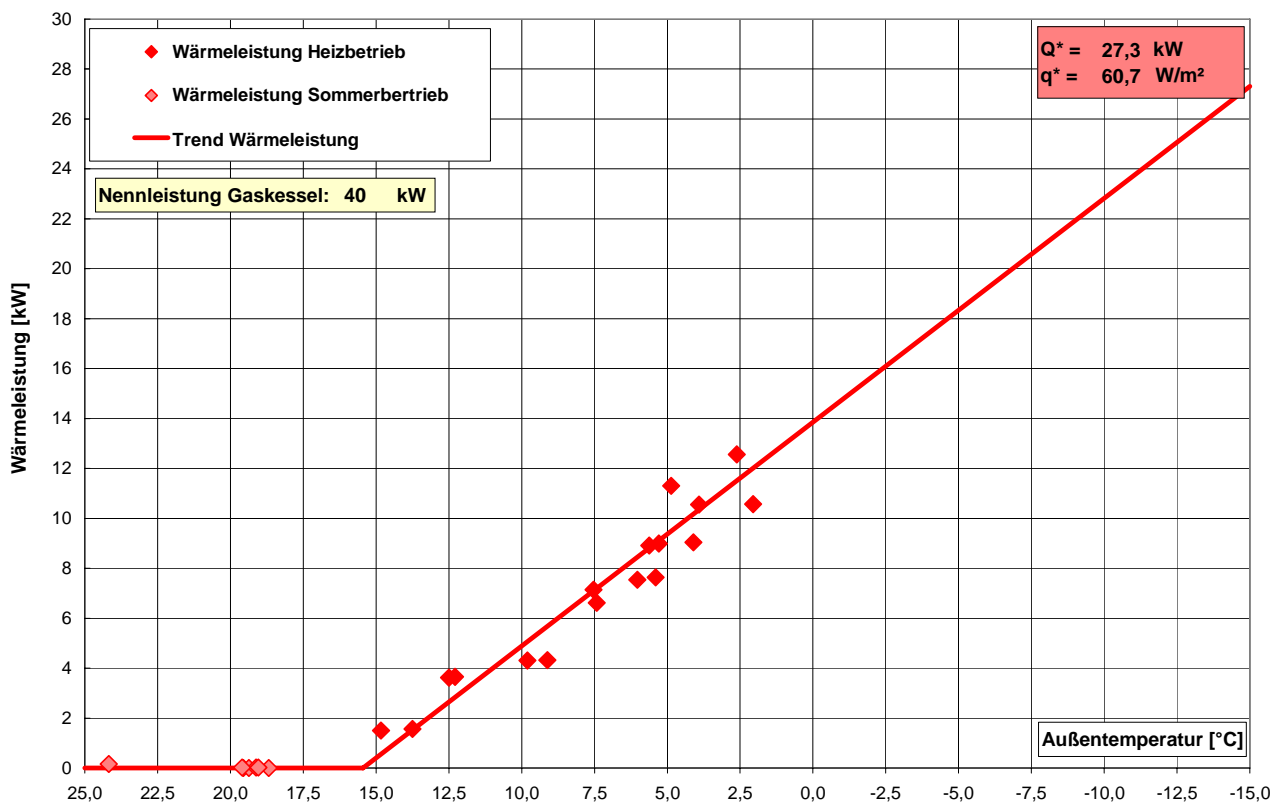


Bild 47: Brennstoffwärmeleistung in Abhängigkeit von der Außentemperatur

Mit dem in Bild 47 als rote Linie dargestellten Trend Wärmeleistung verfügt man über ein so genanntes Verbrauchs-Normativ. Alle Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz oder des Wärmeschutzes können hinsichtlich Wirksamkeit an diesem Normativ gemessen und damit objektiv beurteilt werden. Oft werden Einsparpotenziale nur rechnerisch ermittelt; es kommt aber darauf an, wie viel Energie nach der Realisierung der Maßnahmen wirklich eingespart wird.

Elektroenergieverbrauch:

Im Bereich Elektroenergie ist es zudem sinnvoll, alle Verbraucher die längere Zeit am Tag in Betrieb sind, mit einem einfachen und preiswerten Messgerät wie in Bild 48 dargestellt messtechnisch über einen gewissen Zeitraum zu erfassen sowie Verbrauch und Kosten zu dokumentieren. Damit sind schnell große „Stromfresser“ zu identifizieren. Eventuell können durch Verringerung der Nutzungsdauer Energie und Kosten gespart werden, oder der Ersatz durch ein effizienteres Gerät erweist sich als eine attraktive Investition.



Bild 48: Messgerät für Energieverbrauch und Energiekosten (Quelle: eigene Fotos)

9.2.4.4 Tarifierpassung

Kurzfristig und ohne großen Kostenaufwand umsetzbar sind die Überprüfung und die Anpassung von Energietarifen. Durch eine Verbrauchserfassung an einer Anlage können im Vorfeld geringinvestive Maßnahmen (z. B. Reduzierung der Brennerleistung, Einstellung Fahrkurve und Pumpenförderhöhe) benannt und umgesetzt werden.

9.2.4.5 Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen in Anlehnung an die Staatsregierung

In den Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden in Anlehnung zur Staatsregierung beim Vergleich von Investitionsvarianten zum einen ein CO₂-Bonus von 70 €/kg reduziertem CO₂ angesetzt und zum anderen ein prozentualer Abschlag von den Investitionskosten vorgenommen. (Quelle: [71]; [72]; [73])

9.2.4.6 Beschaffung energieeffizienter Geräte

Bei der Beschaffung von Geräten ist die Energieeffizienz besonders zu berücksichtigen. Entsprechende Mustertexte für Ausschreibungen werden im Internet im Rahmen von EU-Projekten und der Deutschen Energieagentur (DENA) zur Verfügung gestellt; entsprechende Verweise finden sich beim Kommunalen Energiedialog Sachsen (Quelle: [74]; [75]). Die SAENA bietet als Regionalpartner der Initiative EnergieEffizienz in Sachsen bei Bedarf eine Schulung "Energieeffiziente Bürogeräte professionell beschaffen" vor Ort an. Es können auch gemeinsame – kostengünstige – Sammelbestellungen durchgeführt werden.

9.2.4.7 Verbesserung der Energieeffizienz kommunaler Liegenschaften

Die Energieeffizienz in den Liegenschaften kann mit mehreren Maßnahmen bereits kostengünstig verbessert werden. Dazu zählen beim Wärmeverbrauch beispielsweise die optimale Brennereinstellung in Auswertung des Schornsteinfeger-Messprotokolls und die Einstellung angemessener Raumtemperaturen, der Heizzeiten und Nacht- / Wochenendabsenkungen.

Wichtige gering-investive Maßnahmen sind weiterhin z. B. die Anpassung der Fahrkurve der Heizungsanlage oder die Überprüfung und Korrektur der Heizpumpeneinstellung. Die Fahrkurve sowie die Heizkreispumpe sind meist zu hoch eingestellt. Die Veränderung der Einstellungen ist nur in kleinen Schritten durchzuführen und immer einzeln, damit Einsparungen auf bestimmte Aktionen zurückgeführt werden können. Einsparungen sind bei diesen Maßnahmen im Bereich 10 % bis 20 % möglich.

Beim Stromverbrauch sind auch kurzfristig erschließbare Einsparpotenziale vorhanden. Neben den Betriebszeiten von Bürogeräten wie Kopierer oder Anrufbeantworter bzw. ihrer Stand-by-Verluste liegen erhebliche Einsparpotenziale auch bei der Innenbeleuchtung. Hinweise dazu stellt die SAENA bereit (Quelle: [76]).

9.2.4.8 Verbesserung der Effizienz der Straßenbeleuchtung

Neben der Innenbeleuchtung lohnt sich auch die Überprüfung der Straßenbeleuchtung z. B. der Nachtschaltung oder der Leistung der Leuchte selbst.

Insbesondere in Gewerbegebieten kann nachts z. B. zwischen 24 Uhr und 5 Uhr jede zweite oder dritte Lampe abgeschaltet werden. Bei einer Leuchtenleistung von ca. 150 W ergibt sich bei 365 Tagen im Jahr eine Einsparung von 1.642 bzw. 2.190 kWh/a, wenn es etwa 60 Straßenlampen

gibt. Bei Stromkosten i.H.v. 18 Cent/kWh (brutto) beträgt die Energiekosteneinsparung etwa 296 € bis 394 €.

Ähnliche Einsparkosten ergeben sich bei Straßenlampen mit zwei Leuchtkörpern, von denen einer abgeschaltet wird. In modernen Anlagen kann auch die Spannung und Helligkeit der Leuchten reguliert werden. Eine weitere Möglichkeit der Kosteneinsparung ist der Einsatz von Zweitarifzählern.

Der Austausch von Leuchten bietet die Möglichkeit, moderne Leuchtmittel mit höherer Effizienz einzusetzen und gleichzeitig auch die Beleuchtung der Straße – evtl. sogar mit weniger Lampen – zu optimieren. Dazu sollte eine Erfassung des Ist-Zustandes und ein Sanierungsplan inkl. des Finanzierungsbedarfs aufgestellt werden. Eine gute Zusammenstellung effizienter Straßenlampen entstand 2008 aus dem Technikwettbewerb des Bundesumweltministeriums „Bundeswettbewerb energieeffiziente Stadtbeleuchtung“, dessen Ergebnisse für verschiedene Einsatzzwecke als Datei im Internet zu finden sind (Quelle: [78]; [79]). Grundsätzlich sollte darauf geachtet werden, dass nicht zu viele verschiedene technische Systeme genutzt werden, um den Wartungs- und Bevorratungsaufwand gering zu halten und bei der Beschaffung Preisvorteile zu erzielen.

Eine Förderung gibt es vom Freistaat Sachsen über die RL EuK bei der SAB oder im Rahmen von Klimaschutzkonzepten seitens des Bundesumweltministeriums.

In Tabelle 69 wurden beispielhaft der Verbrauch und Kosten sowie Kennwerte für die Straßenbeleuchtung genannt. Tabelle 71 zeigt eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Erneuerung einer Straßenbeleuchtung für eine andere Kommune. Mit der zurzeit gewährten Förderung von 70 % beträgt die statische Amortisationsdauer dieser Maßnahme knapp 9 Jahre. Es handelt sich hierbei allerdings um den Ersatz von Lampen mit einer Leistung von 150 W. Es soll mit Tabelle 71 gezeigt werden, dass es bei Kenntnis der wirklichen Werte für Verbrauch und Kosten relativ einfach ist, die Wirtschaftlichkeit der Sanierung zu ermitteln. Insbesondere sind keine Annahmen über die mittlere jährliche Brenndauer zu treffen, weil diese zumindest für den Bestand berechnet werden kann.

Tabelle 71: Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Erneuerung einer Straßenbeleuchtung

Pos.	1. Versorgungsaufgabe:	Wert	Einheit
1	bisherige Anzahl der Leuchtpunkte	31	LP
2	Anschlussleistung eines Leuchtpunktes (Natriumdampflampen)	150	W
3	Jahreselektroenergieverbrauch bisher	15.534	kWh/a
4	mittlere Leuchtdauer	3.341	h/a
2. Sanierung der Straßenbeleuchtung			
5	neue Anzahl der Leuchtpunkte	38	LP
6	neue Leistung der Leuchtpunkte (Leuchtstoff-Lampen)	52	W
7	Jahreselektroenergiebedarf nach Sanierung	6.601	kWh/a
3. Kosten und Kapitaldienst für die Sanierung der Straßenbeleuchtung			
8	Investitionskosten netto gesamt für die Sanierung ohne Förderung	46.150	€
8a	davon Baustelleneinrichtung	1,6%	
8b	davon Demontage/Entsorgung	2,8%	
8c	davon Starkstromanlagen einschließlich Leuchten	70,2%	
8d	davon Tiefbau	15,4%	
8e	davon sonstige Leistungen	0,8%	
8f	davon Planungsleistungen (10 % der Bauleistungen)	9,1%	
9	spez. Investitionskosten für die Straßenbeleuchtung ohne Förderung	1.214	€/LP
10	Förderung gemäß Richtlinie EuK/2007	70%	
10a	davon Regelförderung	60%	
10b	davon bei Vorlage eines Energie- und Klimaschutzkonzeptes	10%	
11	Investitionskosten netto gesamt für die Sanierung mit Förderung	13.845	€
12	spez. Investitionskosten für die Straßenbeleuchtung mit Förderung	364	€/LP
13	Nutzungsdauer der Straßenbeleuchtung	20	a
14	kalkulatorischer Zinssatz	3,5%	
15	Annuitätsfaktor	7,04%	
16	Kapitaldienst für die Straßenbeleuchtung	974	€/a
4. Einsparung an Elektroenergiekosten und statische Amortisationsdauer			
17	jährliche Einsparung an Elektroenergieverbrauch	8.933	kWh/a
18	spez. Elektroenergiekosten (gewichteter Mittelwert aus HT und NT)	18	Ct/kWh
19	jährliche Einsparung an Elektroenergiekosten	1.608	€/a
20	statische Amortisationsdauer	8,6	a
21	Einsparkosten	10,9	Ct/kWh
5. erforderliche Elektroenergiekosten für Fremdfinanzierung			
22	Kapitalkosten gesamt während Nutzungsdauer	19.483	€
23	eingesparte Eltkosten während der Nutzungsdauer	19.483	€
24	erforderliche spezifische Eltkosten bei Fremdfinanzierung	10,91	Ct/kWh

Aus den Kommunen der Westlausitz gibt es zurzeit nur lückenhafte Informationen zu Verbrauch und Kosten für die Straßenbeleuchtung. Diese sind in Tabelle 72 zusammengestellt. Die Daten stammen aus der Umfrage an die Gemeinden. Im Mittel sind ca. 0,11 Leuchtpunkte pro Einwohner vorhanden. Zur Berechnung der Kosten für die Straßenbeleuchtung wurden ein spezifischer Preis für Elektroenergie von brutto 18 Cent/kWh (Quelle: [83]) zugrunde gelegt. Die mittlere Leistung pro Leuchtpunkt beträgt für die auswertbaren Kommunen ca. 100 W. Dies lässt vermuten, dass in der Westlausitz zum Teil noch eine veraltete Straßenbeleuchtung vorhanden ist. Derzeit haben Straßenlampen eine Leistungsaufnahme von ca. 70 W und mit BLED-Technik werden noch geringere Werte erreicht. Die BLED-Technik befindet sich allerdings noch im Entwicklungsstadium und wird deshalb hier nicht weiter betrachtet. In Bild 49 sind beispielhaft mögliche Einsparpotenziale genannt.

Tabelle 72: Straßenbeleuchtung in der Westlausitz (Quelle: [40])

Kommune	Leuchtpunkte	Leuchtpunkte pro Einwohner	Jahresverbrauch Straßenbeleuchtung [kWh/a]	Anteil am Stromverbrauch Kommune	Kosten Straßenbeleuchtung [€]	Verbrauch eines Leuchtpunktes [kWh/a]	mittlere Leistung eines Leuchtpunktes [W]
Bischofswerda	1.200	0,10	440.000	0,9%	88.000	367	122
Elstra	247	0,08	120.152	0,8%	24.030	486	162
Großröhrsdorf	820	0,12	274.076	0,5%	54.815	334	111
Pulsnitz							
Arnsdorf	752	0,16	276.104	1,6%	55.221	367	122
Bretinig-Hauswalde							
Frankenthal	105	0,10	30.567	1,2%	6.113	291	97
Großharthau							
Lichtenberg	247	0,14	90.000	1,9%	18.000	364	121
Ohorn							
Rammenau	191	0,13	56.839	1,3%	11.368	298	99
Steina							
Wachau							

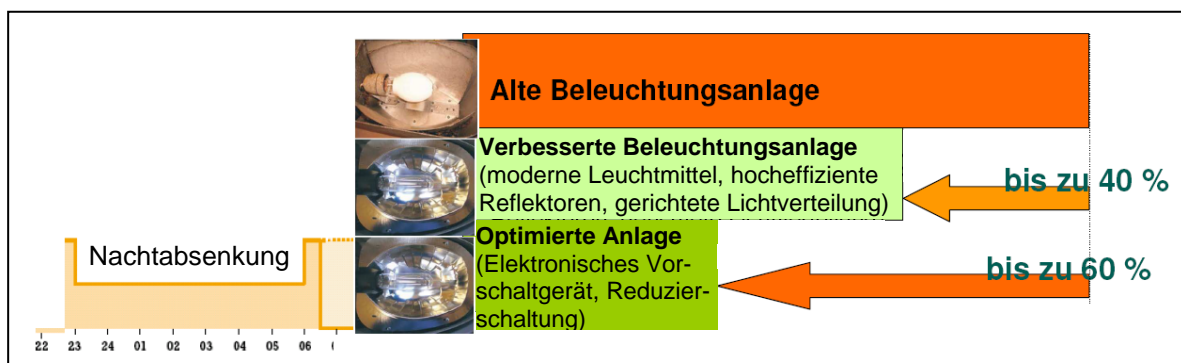


Bild 49: Einsparpotenziale durch Modernisierung der Straßenbeleuchtung (Quelle: [83])

9.2.4.9 Prüfung und Sicherung von Standorten für Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK)

Eine ausführliche Erläuterung der Vorteile der KWK inklusive wirtschaftlicher Betrachtungen erfolgte bereits in Kapitel 7.5.

Mögliche Standorte von KWK-Anlagen in kommunaleigenen Liegenschaften sind Schule, Rathaus, Krankenhaus oder große kommunale Wohnblöcke sowie Gewerbegebiete.

Zurzeit kann eine Nahwärmeversorgung mit KWK und fossilen Brennstoffen wirtschaftlich betrieben werden, wenn die spezifische Nennwärmeleistung größer ca. 15 W/m² (eigene Schätzung) ist. Es handelt sich hier um die Fläche des Versorgungsgebietes.

Die bereits vorhandenen Nahwärmeversorgungen (sämtliche bisher ohne KWK-Anteile) zeigt Tabelle 73, wobei es in Pulsnitz noch zwei weitere Versorgungsgebiete der EWAG Kamenz gibt, über die bisher noch keine Angaben vorliegen. Der geschätzte Jahreswärmebedarf für die vorhandenen Nahwärmeversorgungen von 12.461 MWh/a beträgt lediglich ca. 2 % des in Tabelle 26 und

Tabelle 28 genannten Gesamtwärmebedarfs der Region von 628.080 MWh/a. Es sind aber schon Versorgungsstrukturen für ca. 53 % des für Wohngebäude genannten KWK-Potenzials, gemäß Tabelle 49 von 23.728 MWh/a, vorhanden.

Tabelle 73: vorhandene Nahwärmeversorgungen (Quelle: Zuarbeit Kommunen)

Kommune	Versorgungsgebiet	Eigentümer der Nahwärmeversorgung	versorgte Wohnfläche [m ²]	geschätzte Nennwärmeleistung [kW]	geschätzter Jahreswärmebedarf [MWh/a]
Bischofswerda	Wohngebiet Südstadt	Techem Energy Contracting	80.000	4.000	8.000
Elstra	Talpenberger Str. 1-43	WBG Kamenz und Eigentümergemeinschaft	8.650	433	952
Pulsnitz	Wohngebiet Weststraße	EWAG Kamenz	27.300	1.365	3.003
Großharthau	Grundschule	Daniela Helbig Energie	4.100	205	507
Summen			120.050	6.003	12.461

Für die beiden Versorgungsgebiete Bischofswerda Südstadt und Pulsnitz Weststraße liegen Angaben zu den Anschlusswerten vor. Diese betragen ca. 6.725 kW und ca. 2.100 kW und sind bedeutend höher als die in Tabelle 73 genannten Schätzwerte von 4.000 kW und 1.365 kW (spezifische Nennwärmeleistung 50 W/m²). Die Anschlußwerte könnten auf die geschätzten Werte abgesenkt werden. Der Grundpreis für die bereitgestellte Nennwärmeleistung ist nicht bekannt. Setzt man als üblichen Wert 40 €/kW*a an, so ergeben sich Einsparpotenziale an Grundkosten durch die Absenkung des Anschlußwertes von ca. 72.000 €/a und ca. 30.000 €/a.

Sinnvolle Einsatzmöglichkeiten für Nahwärmeversorgungen mit KWK-Anteil zeigt Tabelle 74, wobei hier nur Fälle genannt werden, bei den sich zwei Eigentümer über die Errichtung der Versorgungsanlagen einigen müssen.

Tabelle 74: sinnvolle Nahwärmeversorgungen mit möglichem KWK-Anteil (Angaben geschätzt)

Kommune	Versorgungsgebiet	Eigentümer der anzuschließenden Gebäude	versorgte Wohnfläche [m ²]	geschätzte Nennwärmeleistung [kW]	geschätzter Jahreswärmebedarf [MWh/a]
Großröhrsdorf	An der Silberspitze 2-32	Private Wohnungsverwaltung und Wohnungsgenossenschaft Radeberg	15.500	775	1.705
Großröhrsdorf	Adalbertstraße	Wohnungsbaugenossenschaft Großröhrsdorf	5.860	293	645
Arnsdorf	Gerhardt-Hauptmann-Straße	Kommune und Wohnungsgenossenschaft	5.000	250	600
Summen			26.360	1.318	2.950

Tabelle 73 und Tabelle 74 zeigen „einfach“ erschließbare KWK-Potenziale für den Wohnungsbestand, für die zum Teil wegen fehlender Angaben geschätzte Werte herangezogen werden mussten. Mit dem Jahreswärmebedarf von in Summe 15.411 MWh/a (Summe Jahreswärmebedarf aus Tabelle 73 und Tabelle 74) werden ca. 65 % des in Tabelle 49 genannten Potenzials von 23.728 MWh/a für den Wohnungsbau erreicht. Der Großteil des restlichen Potenzials wird in Bischofswerda zu erschließen sein. Dort wird es darauf ankommen, die in der Regel privaten Eigentümer für gemeinsame Versorgungslösungen zu überzeugen.

Für Nichtwohngebäude, darunter Industrie und Gewerbe wurde in Tabelle 49 ein KWK-Potenzial für die Wärmeversorgung von 134.223 MWh/a genannt. Darunter befinden sich viele kommunale Einrichtungen, bei denen in den nächsten Jahren die Errichtung von KWK-Anlagen vergleichsweise einfach möglich sein sollte. Die große Herausforderung wird es mittelfristig sein, für Industrie und Gewerbe diese effiziente Technik zum Einsatz zu bringen.

9.2.4.10 Erstellung und Aushang von einfachen Energieausweisen für Kommunalgebäude

Energieausweise für kommunale Gebäude sind bisher nur für größere öffentliche Gebäude vorgeschrieben. Die EU-Gebäuderichtlinie befindet sich zurzeit in der Novellierung und soll dann alle Gebäude umfassen. Als Vorbildfunktion können die Gebäude mit einfachen Energieverbrauchsausweisen kurzfristig ausgestattet werden.

9.2.4.11 Visualisierung von Energieverbräuchen in Schulen und größeren Gebäuden

Das Verbrauchscontrolling wurde in Maßnahme 9.2.4.3 als Erfassung und Auswertung von Verbräuchen bereits erwähnt. Es soll hier nochmals als ein dauerhaft durchzuführender Prozess genannt werden, bei dem auch Defekte bei der Versorgung schnell entdeckt und behoben werden, ohne dass größere (auch finanzielle) Schäden entstehen. Ein regelmäßiges Verbrauchscontrolling ist somit ein Muss, wenn Energie effizient eingesetzt werden soll.

Eine für Bildungseinrichtungen zu empfehlende, weil insbesondere auch pädagogisch sinnvolle Maßnahme, ist die Nutzung des Sächsischen Bildungsservers für das Verbrauchs-Controlling. Alle Bildungseinrichtungen des Freistaates haben kostenlosen Zugang zum Sächsischen Bildungsserver. Dies ist eine Plattform für Information, Kommunikation und Kooperation rund um die Bildungseinrichtungen im Freistaat Sachsen. (Quelle: [80]).

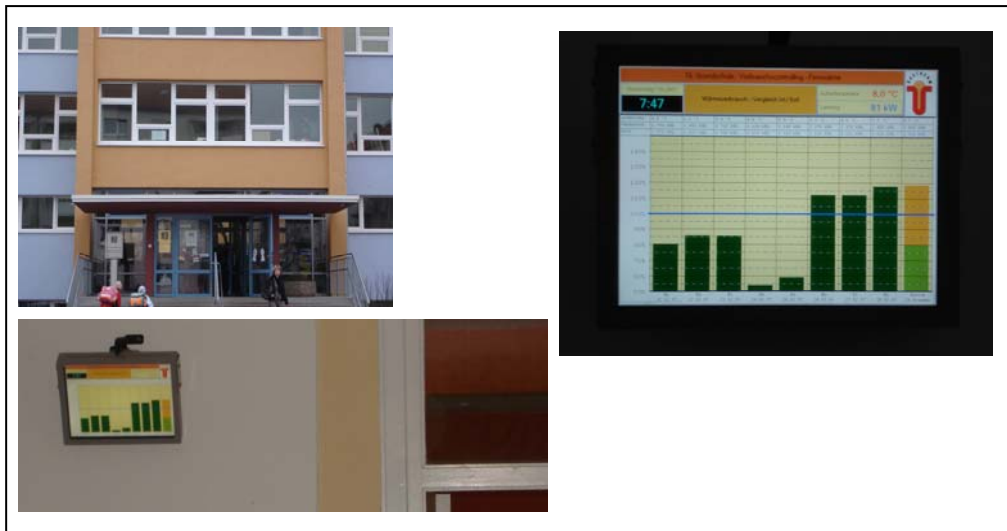


Bild 50: Verbrauchserfassung und -visualisierung in Dresdner Schulen (Quelle: eigene Fotos)

In ausgewählten Dresdner Schulen wurde eine Verbrauchsvisualisierung zum Verbrauchscontrolling für die Wärmeversorgung aufgebaut. Der Sächsische Bildungsserver speichert dabei die gesammelten Verbrauchsdaten. Diese Daten können dann von der Ferne abgerufen und ausgewertet werden. Bild 50 zeigt drei Fotos, auf denen der Schuleingang und der im Foyer angebrachte Monitor mit der Visualisierung des Wärmeverbrauchs als Balkendiagramme dargestellt sind. Die blaue Linie im rechten Foto stellt das Verbrauchs-Normativ dar.

Anlässlich der im Rahmen des Kommunalen Energie-Dialog Sachsen (keds) von der SAENA in Kooperation mit der DENA am 08.10.2009 durchgeführten Fachveranstaltung „Energieeffizienz in Kommunen – Chancen und Instrument“ wurde das Verbrauchs-Controlling in der 116. Mittelschule in Dresden vorgestellt.

Dieses Konzept kann auch in der Westlausitz Anwendung finden um die Schüler für Energieeinsparungen zu sensibilisieren. In der Westlausitz sollte die Nutzung des Bildungsservers für energetische Belange in den Gymnasien angestrebt werden. Vorteilhaft wäre ein Einsatz in der Grund- und Mittelschule an der Kirchstraße in Bischofswerda mit der anspruchsvollen Wärmeversorgungstechnik aus Wärmepumpe und Spitzenkessel. Ebenso ist die Holzpellet-Anlage in der Grundschule Großharthau ein lohnenswertes Objekt für ein Verbrauchscontrolling über den Bildungsserver.

9.2.4.12 Unterstützung von Bildungseinrichtungen und Kindertagesstätten

Finanzielle Unterstützung für Bewusstseinsbildende Maßnahmen an Bildungseinrichtungen und Kindertagesstätten in der Kommune. Hierfür bedarf es keiner besonderen Begründung, schließlich tragen die Kinder von heute schon morgen Verantwortung u. a. über den Einsatz und Umgang mit Energie. Des Weiteren sind sie auch schon heute Energieverbraucher.

Als Beispiel für das Interesse und das Engagement von Schülern wird im Register 9 die vom Evangelischen Kreuzgymnasium Dresden als besondere Lernleistung gewürdigte Arbeit des Gymnasiasten Marc Reinhard „Das 100%-Solarhaus – Utopie oder Wirklichkeit?“ beigefügt.

Ähnliches kann auch von Schülern aus der Westlausitz geleistet werden. Die Kommunen sollten dazu den Kontakt zu den Bildungseinrichtungen suchen.

Kommunale „Leuchtturmprojekte“

Guten Beispielen folgt man in der Regel eher als wohlgemeinten Ratschlägen. Es sollten in jeder Kommune vorbildliche Anlagen oder Versorgungslösungen gesucht und bekannt gemacht werden. Hierbei können die Stadt- bzw. Gemeindeverwaltungen zum Beispiel über die Schulen oder Vereine nach diesen „Leuchttürmen“ suchen lassen und diese dann einem möglichst breiten Publikum vorstellen.

Die Einbeziehung der Lehrer und damit der Schulen in einen auszugestaltenden Energiedialog sollte eine wichtige strategische Maßnahme für jede Kommunalverwaltung werden, wie das schon bei der Maßnahme 9.2.4.3 erwähnt wurde.

9.2.4.13 Selbstverpflichtung energieeffiziente Gebäudestandards

Prüfung, Selbstverpflichtung und Gemeinderatsbeschluss, dass neue und zu sanierende Kommunalgebäude die gesetzlich vorgegebenen energetischen Standards der EnEV übertreffen (z. B. Leipziger Stadtratsbeschluss, Aktionsplan Klima und Energie der Staatsregierung B.6). Die Investitionen in Gebäudesanierung kommen überwiegend den Betrieben aus der Region zugute.

Der hochwertigen Sanierung von Bestandsgebäuden mit dem Austausch von Heizkesseln kommt eine sehr große Bedeutung zu. Eine Studie des Bundesumweltministeriums (Quelle: [84]) kommt zu dem Ergebnis, dass allein im Bereich Private Haushalte ein zusätzliches Einsparpotenzial von 43 TWh im Gebäudebestand besteht.

Die gute Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen im Gebäudebestand belegen zwei Studien aus dem Jahr 2008 (Quelle: [85]; [86]), die im Vergleich zur EnEV 2007 zwei unterschiedlich hohe verbesserte Dämmstandards betrachten. In beiden Untersuchungen werden die Kosten für die eingesparten Kilowattstunden („Einsparkosten“) ausgerechnet, wodurch keine Annahmen zu Energiekosten und deren langfristige Entwicklung getroffen werden müssen. Die Berechnung erfolgt mit dynamischen Verfahren (Annuitäten- bzw. Kapitalwertmethode).

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass an den Gebäuden sowieso Instandhaltungsarbeiten oder ähnliche Maßnahmen wie Putzerneuerung oder neue Dachhaut durchgeführt werden. In diesen Fällen ist nur die Betrachtung der Mehrkosten aufgrund der energetischen Sanierung notwendig, da z. B. die Baustelleneinrichtung, Gerüstarbeiten, Fassadenreinigung, Anstriche, eventuelle Spenglerarbeiten oder Entsorgungskosten für den alten Putz sowieso anfallen. Eine Sanierung, die nur aus dem Grund der Verbesserung der Wärmedämmung durchgeführt wird, hat eine

schlechtere Rentabilität. Bei Instandsetzungsmaßnahmen sollte daher eine möglichst hohe Effizienz der neuen Komponente / Bauteile erreicht werden, da spätere Verbesserungen von z. B. mäßig gedämmten Bauteilen nicht mehr wirtschaftlich sind.

Das Institut Wohnen und Umwelt (IWU) aus Darmstadt hat zwei Gebäude – ein Einfamilienhaus und ein Mehrfamilienhaus – untersucht (Quelle: [85]). Der alte Gebäudezustand ohne eine energetische Sanierung sowie die Kosten der Effizienzmaßnahmen und die Energieeinsparungen sind in den weiter unten folgenden Abbildungen dargestellt. Die untersuchten Gebäudemaßnahmen sind:

- 16 cm Außenwanddämmung
- neue Fenster mit $U_w = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- 24 cm Dachdämmung
- 8 cm Kellerdeckendämmung
- neuer Brennwertkessel inkl. Speicher und Schornsteinsanierung
- optional eine solarthermische Anlage.

Die Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahmen bei dem Betrachtungszeitraum von 25 Jahren – was auch der Lebensdauer der Maßnahmen entsprechen soll – ist gut; die Einsparkosten liegen bei 6,4 Cent/kWh für das Einfamilienhaus und bei 5,6 Cent/kWh für das Mehrfamilienhaus. Es ist zu erwarten, dass der mittlere Energiepreis in den betrachteten nächsten 25 Jahren über diesen Einsparkosten liegen wird.

Die Autoren weisen aber selbst darauf hin, dass die langfristig gemäß der Klimaschutz-Enquetekommission erforderliche Absenkung der CO₂-Emissionen um 80 % gegenüber 1990 nicht erreicht wird (Quelle: [85], S. 4). Zur Erreichung dieses Ziels sind weitergehende Anstrengungen notwendig. (siehe Bilder IWU Studie im Register 9)

Das Passivhaus Institut (PHI) hat für das Bundesbauministerium verschiedene Einzelmaßnahmen untersucht. Bei der Dämmung wurden dabei zwei unterschiedliche Dämmstandards betrachtet: Den „wirtschaftlich gebotenen Wärmeschutz“ und den „zukunftsweisenden Wärmeschutz“. Die Ergebnisse der betriebswirtschaftlichen Rechnung liegen meist eng beieinander. Insbesondere bei der „optimalen“ Dämmstoffdicke ergeben sich oft nur flach ausgebildete Kostenoptima, so dass es einen ganzen Bereich „wirtschaftlich sinnvoller“ Maßnahmen gibt. „Wirtschaftlich geboten“ ist das flache Optimum, „zukunftsweisend“ ist das noch vertretbare Niveau bei fast gleichen Kosten. Die Berechnungen wurden mit einem Realzins von 3,27 % gerechnet, der sich aus einer Inflationsrate von 1,70 % und einem Effektivzins eines Hypothekendarlehens von 5,03 % ergibt.

In den Wirtschaftlichkeitsberechnungen des PHI wird mit einer Kalkulationsdauer von 20 Jahren gerechnet. Die – längere – Lebensdauer von Wärmeschutzmaßnahmen wird über den Restwert der Investition nach dem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren berücksichtigt. Die Lebensdauer für

die Fensterverglasung wurde mit 30 Jahren, für den Fensterrahmen mit 40 Jahren und für die Dämmung mit 50 Jahren angesetzt. Für gebräuchliche Dämmungen werden in der Normung und bei europäisch technischen Zulassungen Lebensdauern von 50 Jahren angesetzt. Die Lebensdauer ist unabhängig von den Erneuerungszyklen der die Dämmung umschließenden Flächen, z. B. die Dachabdichtung (ca. 30 Jahre) oder der Außenputz.

Eine Auswahl der Ergebnisse aus den umfangreichen Berechnungen ist in der folgenden Auflistung wiedergegeben:

Maßnahme z. T. mit Sowieso-Maßnahme	Einsparkosten [Cent/kWh] mit Dämmstärke	
	wirtschaftlich geboten	zukunftsweisend
Außenwanddämmung bei Putzerneuerung	2,5 (mit 22 cm)	2,7 (mit 32 cm)
Außenwanddämmung bei Neuanstrich	3,2 (mit 22 cm)	3,5 (mit 32 cm)
Aufsparrendämmung bei Neueindeckung	1,8 (mit 22 cm)	2,1 (mit 32 cm)
Flachdach-Dämmung bei Dachabdichtung	3,0 (mit 22 cm)	3,3 (mit 32 cm)
Dämmung oberste Geschossdecke (begehbar)	1,6 (mit 28 cm)	1,7 (mit 34 cm)
Dämmung oberste Geschossdecke (nicht-begehbar)	0,8 (mit 28 cm)	0,9 (mit 34 cm)
Kellerdeckendämmung mit Untersicht gespachtelt	5,7 (mit 8 cm ^{11*})	
3-WSV-Holzfenster statt 2-WSV bei Ersatz 1-fach	6,8 (unged.Rahmen)	13,6 (gedämmter Rahmen)

Gut erkennbar sind die zumeist relativ geringen Einsparkosten in den Fällen, in denen eine Sowieso-Maßnahme gleichzeitig durchgeführt wird. Es ist ersichtlich, dass dann selbst mit hohen Dämmstärken, die zu einer erheblichen Energieeinsparung führen, ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis erreicht wird.

Es ist auch darauf hinzuweisen, dass die KfW (Quelle: [87]) zinsgünstige Darlehen für die Sanierung von Bestandsgebäuden zur Verfügung stellt, verbunden mit einem Tilgungszuschuss bei einer anspruchsvollen energetischen Sanierung. Privatleute im Ein- oder Zweifamilienhaus können auch einen reinen Zuschuss wählen.

Die SAB (Quelle: [88]) fördert sowohl Einzelmaßnahmen über das „Energiespardarlehen“ als auch für alle Zielgruppen – außer größere Unternehmen – eine hochwertige Sanierung mit Passivhauskomponenten mit Zuschüssen und zinsgünstigen Darlehen über die Förderrichtlinie „Energie und Klimaschutz (EuK)“. Die Maßnahmen bei der letztgenannten Förderung reduzieren den Heizwärmebedarf um etwa 80 bis 90 %.

¹¹ max. möglich aber weniger als wirtschaftlich geboten

9.2.4.14 Errichtung von Photovoltaikanlagen auf eigenen Liegenschaften

Jede Kommune kann eine eigene PV-Anlage auf ihren Dächern errichten. Der Vorteil in diesem Fall ist, dass der Gewinn aus dem Betrieb zu hundert Prozent im Gemeindehaushalt verbleibt. Gleichzeitig können z. B. Module aus der Solarproduktion der Region Westlausitz (z. B. Arise, Sunfilm) eingesetzt werden. PV-Anlagen können auch als Lärmschutzwand genutzt werden.

9.2.4.15 Ausweisung potenzieller Standorte von Photovoltaikfreiflächenanlagen

Neben der vorrangigen Nutzung von PV auf Gebäuden können auch Freiflächenanlagen errichtet werden, für die es bis Ende 2013 noch eine EEG-Einspeisevergütung gibt. Zur umweltverträglichen Planung wurde ein Leitfaden vom Bundesumweltministerium herausgegeben. Entsprechende Flächen sollten von den Kommunen planerisch gesteuert werden. Im Gegensatz zu den Standorten von Windkraftanlagen gehen jedoch die Einnahmen aus der Gewerbesteuer an diejenige Kommune, in der die Betreibergesellschaft ihren Hauptsitz hat. Es ist daher anzuraten, dass sich die Kommune an der Anlage beteiligt und der Sitz der Gesellschaft vertraglich nur bei Einstimmigkeit verlagert werden kann.

9.2.4.16 Teilnahme an der Solarbundesliga

Die Anmeldung der Kommune bei der Solarbundesliga (www.solarbundesliga.de) ist ein einfach umzusetzendes Instrument, dass in der Kommune zur Bewusstseinsbildung eingesetzt werden kann und den Wettbewerbsgedanken zwischen den Kommunen in der Region Westlausitz stärkt. Grundsätzlich kann auch nur die installierte PV-Leistung aus den EEG-Daten mitgeteilt werden.

9.2.4.17 Bau einer Solartankstelle und Umrüstung von Fahrzeugen auf Elektroantrieb

Errichtung einer PV-Anlagen – evtl. in Kooperation mit den Verkehrsbetrieben – mit Netzeinspeisung und der Möglichkeit, Elektrofahrzeuge aufzuladen. Geeignete Fahrzeuge aus dem eigenen Fuhrpark können sukzessive umgerüstet werden. Auf geeigneten Strecken könnte ein Bürgerbus eingesetzt werden.

9.2.4.18 Einrichtung von Pendlerparkplätze

Der Bereich Mobilität wurde in diesem Energiekonzept zwar weitgehend ausgeklammert, es wird aber auf die für jeden Autofahrer auffällige Parkplatzsituation an allen vier Autobahnabfahrten in der Westlausitz (Ottendorf/Okrilla, Pulsnitz, Ohorn und Burkau) hingewiesen. In der Westlausitz sind keine Parkmöglichkeiten für Berufspendler eingerichtet. An vergleichbaren Autobahnabschnitten mit „ländlichem“ Hinterland wie zum Beispiel an der A 14 zwischen Dresden und Leipzig sind vorbildliche Pendlerparkplätze vorhanden.

Um für die Berufspendler Kosten sowie Kraftstoffverbrauch und damit verbundenen Schadstoffausstoß zu verringern, sollten Pendlerparkplätze errichtet werden. Bild 51 zeigt die Parksituation an der Ausfahrt Pulsnitz in Richtung Pulsnitz.



Bild 51: Parksituation an der Abfahrt Pulsnitz in Richtung Pulsnitz

Eine vorbildliche Lösung zeigt Bild 52 mit dem Pendlerparkplatz an der Autobahnabfahrt Leisnig der A 14.



Bild 52: Pendlerparkplatz an der A 14, Abfahrt Leisnig in Richtung Leisnig

9.2.5 Maßnahmen – Adressat private Haushalte - kurzfristig

9.2.5.1 Bereitstellung kommunaler Dächer für Photovoltaikanlagen

Für PV-Anlagen können Gemeinden, oder wie in Großharthau ein privater Unternehmer, ihre oder fremde Dächer oder Freiflächen an Investoren vermieten bzw. eine Vermietung vermitteln. Die Gemeinden bzw. Unternehmer erhalten eine Vermietungs- bzw. Vermittlungsgebühr und die Investoren die Vergütung für die eingespeiste Elektroenergie.

Die Gemeinde kann zudem Informationen und Begegnungsstätten schaffen, an denen sich Privatleute zusammenfinden, um eventuell ein Bürgerkraftwerk zu erreichen. Wichtig ist dabei die fachliche Unterstützung dieser Privatleute. Die Quelle www.buergerkraftwerk.de ([89]) bietet sehr viele hilfreiche Informationen. Ein derartiges Vorhaben sollte mit der Gründung eines Vereins oder einer Gemeinschaft bürgerlichen Rechts (GbR) einhergehen. Dieser bildet die Struktur für das weitere Vorgehen, bei dem unter anderem Investoren gefunden werden müssen. Es gibt eine Reihe von Förderprogrammen, über deren konkrete Ausstattung Informationen z. B. bei der SAENA eingeholt werden können. Zum Beispiel bietet die SAB einen Zuschuss für Bürgerkraftwerke mit 500 €/kW_p an.

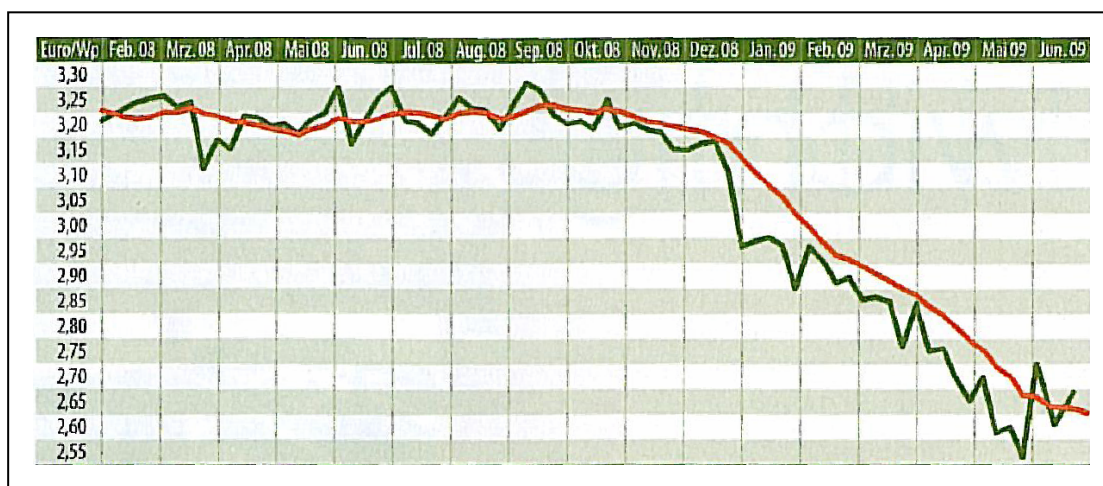


Bild 53: Preisentwicklung PV-Module [Quelle:[90)]

Zurzeit sind die Preise für PV-Anlagen wegen der globalen wirtschaftlichen Situation stark gesunken, wie in Bild 53 gezeigt wird. Dieser Zustand sollte für kurzfristige Investitionen in diese Technik genutzt werden.

Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für eine PV-Anlagen ist in Tabelle 75 dargestellt. Die Investitionskosten enthalten alle Kosten inklusive Module, Zubehör, Material, Montage und Netzanschluss.

Bei einer PV-Anlagen ist durchaus von einer Lebensdauer bis zu 30 Jahren auszugehen, da sie kaum Verschleißerscheinungen unterliegen. Wird diese PV-Anlagen mit Eigenkapital finanziert, ist eine statische Amortisationsdauer von 10 Jahren erreichbar.

Tabelle 75: Wirtschaftlichkeit PV (Quelle:[95]; [97]; [98])

Anlagenleistung	1	kW _p
spez. Investitionskosten	3250	€/kW _p
Ertrag je kW _p und Jahr	800	kWh/kW _p *a
Investitionskosten	3.250	€
Betriebskosten pro Jahr bzgl. Inv.	0,5%	
Betriebskosten pro Jahr	16,3	€/a
Lebensdauer/Abschreibung	20	Jahre
kalkulatorischer Zinssatz	3,5%	
Annuitätsfaktor	7,0%	
Kapitaldienst pro Jahr	229	€/a
Kapitaldienst nach Lebensdauer	4.573	€
Gesamtkosten pro Jahr	245	€/a
aktuelle Einspeisevergütung	0,4301	€/kWh
Ertrag	344,08	€/a
Amortisationsdauer ohne Fremdfinanzierung	10	Jahre
Amortisationsdauer mit 100% Fremdfinanzierung	33	Jahre

Für vergleichende überschlägige Betrachtungen sind nachfolgende Werte hilfreich:

- spezifische Anlagengröße 100 kWh/m²
- mittlere über ein Jahr gemessene Leistung 7 bis 12 W/m² abhängig vom Wirkungsgrad
- Anlagengröße 8 m²

In Tabelle 76 ist die Vermietung der Dachflächen am Beispiel Rammenau berechnet worden. Aus der Umfrage an die Gemeinden waren die Dachflächen bekannt. Mit der Annahme, dass 40 % für eine Aufstellung einer PV-Anlage vermietet werden, sind die aufgezeigten jährlichen Einnahmen erreichbar. Der Preis pro m² bei einer Vermietung wird dabei frei ausgehandelt. Es kann aber auch ein gewinnabhängiger Vermietungspreis ausgehandelt werden.

Tabelle 76: Einnahmen durch Vermietung Dachflächen zur PV-Anlagenaufstellung (Quelle: [40])

	Rammenau
komm. DF [m ²]	2.500
geeignete Dachfläche	40%
DF mit PV [m ²]	1.000
zu errichtende PV-Module [kW]	100
Vollbenutzungsstunden [h]	850
Ertrag PV-Anlage [MWh]	85
Einspeisevergütung [€/kWh]	0,4301
Gewinn PV-Anlage [€]	36.559
Vermietungspreis [€/m ²]	1
Einnahmen durch Vermietung [€/a]	1.000
Prozentsatz vom Gewinn	3%
Einnahmen bei gewinnbezogenen Einnahmen	914

In diesem Bereich ist auch eine Zusammenarbeit mit der SAENA möglich, da diese z.Z. die technischen Voraussetzungen für eine sächsische Dachflächenbörse schafft.

9.2.5.2 Initiierung von Informationsveranstaltungen zu erneuerbaren Energien

Durchführung von Info-Veranstaltungen neutraler Multiplikatoren (z. B. Energiekompetenzzentrum – Maßnahme 9.2.1.3). Hierbei empfiehlt sich die Beteiligung an sachsen- oder bundesweit bekannten Aktionstagen wie der „Tag der erneuerbaren Energien“.

Im Bereich Biomasse sollte mit der Bioenergieregion Sächsische Schweiz / Osterzgebirge zusammen gearbeitet werden. Im Rahmen eines bundesweiten Projektes bietet das LfULG neben Öffentlichkeitsarbeit zum Energiepflanzenanbau – u.a. auch an Schulen – besondere Beratungsangebote für Land- und Forstwirte an.

9.2.5.3 Initiierung von Informationsveranstaltungen zur Energieeffizienz

Durchführung von Info-Veranstaltung neutraler Multiplikatoren (z. B. Energiekompetenzzentrum – Maßnahme 9.2.1.3). Im Bereich hocheffizienten Bauens und Sanierens sollte die Wanderausstellung der Sächsischen Energieagentur (Quelle: [91]) zum Thema Passivhaus in der Region zu sehen sein. Die Deutsche Energieagentur bietet eine Ausstellung speziell zur Energieeffizienz in Haushalten an (Quelle: [92]).

9.2.5.4 Verkauf von Baugrundstücken mit Kopplung an Energiestandards

Beim Verkauf von Baugrundstücken können bei gemeindeeigenen Grundstücken im Kaufvertrag oder sonst über städtebauliche Verträge höhere Energiestandards als die EnEV vorgegeben werden.

9.2.5.5 Gemeinsame Aktion mit Wärmebildkamera

Im Rahmen einer Gemeinschaftsaktion kann ein Ingenieurbüro kostengünstig für Interessenten ein Wärmebild ihres Gebäudes aufnehmen und den Gebäudezustand bewerten. Zusätzlich zur Schwachstellenanalyse werden die Hauseigentümer durch die bildliche Darstellung des energetischen Zustands ihres Gebäudes motiviert, Energieeffizienzmaßnahmen in ihre Entscheidungen einzubeziehen.

9.2.5.6 Organisation von Sammeleinkäufen

Über einen Rahmenvertrag können private Haushalte für z. B. Hocheffizienzpumpen oder PV-Anlagen kostengünstige Preise für den Kauf und die Montage erzielt werden (s. DUH-Kommune Wildpoldsried).

9.2.6 Maßnahmen - Adressat Gewerbe / Industrie - kurzfristig:

9.2.6.1 Initiierung von Informationsveranstaltungen zu erneuerbaren Energien

Insbesondere im PV-Bereich ist es für produzierende Unternehmen möglich, eine Zulage nach dem Investitionszulagegesetz zu erhalten. Dies bedeutet eine Förderung in Höhe von 20 % in

2010 für kleine und mittlere sowie 10 % für größere Unternehmen. In den darauf folgenden Jahren nimmt dies um 5 % bzw. 2,5 % jährlich ab.

9.2.6.2 Organisation von Initialberatungen zur Energieeffizienz

Für viele Branchen existieren Leitfäden, die einen Überblick über die Energieverbräuche und Maßnahmen zur Verbrauchsenkung geben. In geeigneter Weise sollten die einzelnen Gewerbe auf ihre Einsparpotenziale aufmerksam gemacht (z. B. über das Energiekompetenzzentrum) und zu einer Initialberatung bewegt werden.

9.2.7 Maßnahmen – Adressat Kommune - mittelfristig

9.2.7.1 Ausbau der Nahwärmeversorgung mit KWK und erneuerbarer Energien

Die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen wurde bereits in Tabelle 59 betrachtet. Um perspektivisch Einflussmöglichkeit auf die Gestaltung der Wärmeversorgung zu haben, ist kommunales Eigentum an Nahwärmenetzen von Bedeutung. In Tabelle 58 wurde gezeigt, dass bei der derzeitigen Förderung von 45 % (inklusive Bonus-Förderung) die aus dem Kapitaldienst für das Nahwärmenetz resultierenden Wärmekosten geringfügig sind. Die kapitalintensive Errichtung der KWK-Anlagen und die Betreuung der Wärmeversorgung kann zunächst einem Contractor übertragen werden. Bis zum Ende des Contracting-Vertrages von in der Regel 10 Jahren sollten die Kommunen Entscheidungen über den Aufbau eigener Versorgungsstrukturen getroffen haben.

Als Haupthemmnis für den Einsatz von Nahwärmeversorgungen kann der in Quelle [109] genannte Anschluss an das Erdgasnetz genannt werden. Dazu heißt es:

„Der flächendeckende Anschluss von Endkunden in Deutschland an das Erdgasnetz erweist sich unter volkswirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten im Nachhinein immer stärker als kurzsichtige und verfehlte Strategie. Die Zurückdrängung des Erdgases durch die bei der Stromerzeugung anfallende Abwärme sowie durch Wärme aus erneuerbaren Energien steht daher weit oben auf der energie- und klimapolitischen Agenda.“

Nahwärmeversorgungen selbst mit Erdgas als Energieträger führen heute in der Regel auch bei optimalem KWK-Anteil zu keinen geringeren Wärmekosten als Einzellösungen mit Brennwertkesseln. Nahwärmeversorger ohne KWK-Anteile stehen wegen hoher Wärmekosten oft in der Kritik.

9.2.7.2 Planerische Unterstützung beim Repowering der Windparks

Bei Vorhandensein eines Windparks leistet die Kommune planerische Unterstützung entsprechend des Leitfadens des Bundesumweltministeriums zum Repowering von Windkraftanlagen (Quelle: [106]). Dazu gehört u.a. die Sicherung des Standortes in einer künftigen Fortschreibung des Regionalplanes.

Eine Überprüfung der lokalen Windverhältnisse ist beim Repowering im Allgemeinen nicht notwendig. Da beim Repowering allerdings höhere Anlagen gebaut werden, ist eine Messung sinnvoll, um abschätzen zu können, welche Erträge an diesem Standort in verschiedenen Höhen möglich sind. Weiterhin müssen bei größeren Windrädern die Abstände der Anlagen untereinander neu betrachtet werden, auch dafür sollten die Windverhältnisse möglichst genau bekannt sein.

In einem weiteren Schritt muss der Netzanschlusspunkt überprüft werden. Es muss mit dem zuständigen Energieversorgungsunternehmen geklärt werden, ob der Netzanschlusspunkt der bestehenden Windkraftanlage für die höhere Leistung einer neuen Windkraftanlage ausreichend ist. Ist er nicht ausreichend, dann ist der jeweils zuständige Energieversorger verpflichtet, auf Anfrage den für die Anbindung der Windenergieanlage bzw. eines Windparks jeweils wirtschaftlich günstigsten Anschlusspunkt zu benennen.

Es ist ebenfalls zu klären, ob vorhandene Wege ausgebaut oder neue Wege gebaut werden müssen, um den Abbau der alten Anlagen und den Abtransport sowie die Errichtung der neuen Windenergieanlage zu ermöglichen. Im Rahmen der Standortprüfung sind ebenfalls alle relevanten Immissionspunkte für die im Genehmigungsverfahren notwendigen Schall- und Schattenwurfgutachten zu ermitteln.

Mittlerweile gibt es durch das Repowering von Windkraftanlagen einen Gebrauchtmärkte für alte Windkraftanlagen. Dabei können die alten Anlagen verkauft werden. Es können allerdings auch nur einzelne Teile der Windkraftanlage als Ersatzteile für andere Windkraftanlagen verkauft werden.

Im Folgenden ist die Wirtschaftlichkeit für das Repowering des Windparks in Großröhrsdorf dargestellt. Zunächst sind in Tabelle 77 die getroffenen Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aufgeführt. Um das Repowering durchzuführen, muss die geplante Neuanlage mindestens die doppelte Leistung der Altanlage haben. Sie darf aber höchstens die fünffache Leistung der Altanlage besitzen

Tabelle 77: Festlegungen für Repowering (Quelle: [34]; [95]; [101]; [102])

derzeit installierte Leistung	3,9	MW
mindestens doppelte Leistung	7,8	MW
Leistung einer Windkraftanlage bei doppelter Leistung	2,6	MW
höchstens fünffache Leistung	19,5	MW
Leistung einer Windkraftanlage bei doppelter Leistung	6,5	MW
Investkosten für WKA von 80-99m Nabenhöhe und 3 MW Leistung	954	€/kW
Investkosten für WKA von 80-99m Nabenhöhe und >3 MW Leistung	1.155	€/kW
Fundament	50	€/kW
Planung	48	€/kW
sonst. Kosten	121	€/kW
Betriebskosten WKA im ersten Jahrzehnt pro Jahr	4,8%	der Investkosten
Betriebskosten WKA im zweiten Jahrzehnt pro Jahr	6,6%	der Investkosten
Vergütung in ersten 5 Jahren	9,2	ct/kWh
Endvergütung	5,02	ct/kWh
Repoweringbonus	0,5	ct/kWh
Vergütung nach 20 Jahren/Strompreis	4,0	ct/kWh
Vollbenutzungsstunden	2.500	h/a
Lebensdauer/Abschreibungszeitraum	20	Jahre
kalkulatorischer Zinssatz	3,5%	
Annuitätsfaktor	7,0%	

Mit diesen Werten kommt man zu den in Tabelle 78 dargestellten Ergebnissen.

Tabelle 78: Wirtschaftlichkeit Repowering Windpark Großröhrsdorf

Leistung einer Windkraftanlage in MW	2,6	6,5
Investkosten Windräder	7.441.200 €	22.522.500 €
Fundament	390.000 €	975.000 €
Planung	374.400 €	936.000 €
sonst. Kosten	943.800 €	2.359.500 €
gesamte Investitionskosten	9.149.400 €	26.793.000 €
Kapitaldienst pro Jahr	643.762 €/a	1.885.184 €/a
geleisteter Kapitaldienst nach Lebensdauer	12.875.233 €	37.703.687 €
Betriebskosten ersten 10 Jahre	3.571.776 €	10.810.800 €
Betriebskosten restliche Lebensdauer	4.911.192 €	14.864.850 €
Betriebskosten über Lebensdauer	8.482.968 €	25.675.650 €
Gesamtkosten nach Lebensdauer	21.358.201 €	63.379.337 €
Ertrag pro Jahr mit erhöhter Anfangsvergütung	1.891.500 €/a	4.728.750 €
Ertrag pro Jahr mit Endvergütung	1.076.400 €/a	2.691.000 €
Ertrag pro Jahr nach 20 Jahren Vergütung	780.000 €/a	1.950.000 €/a
Betriebskosten pro Jahr in ersten 10 Jahren	357.178 €/a	1.081.080 €/a
Betriebskosten pro Jahr nach 10 Jahren	491.119 €/a	1.486.485 €/a
Ertrag nach Lebensdauer		
mit erhöhter Anfangsvergütung 5 Jahre lang	25.603.500 €	64.008.750 €
mit erhöhte Anfangsvergütung 20 Jahre lang	37.830.000 €	94.575.000 €
Gewinn/Verlust nach Lebensdauer		
mit erhöhter Anfangsvergütung 5 Jahre lang	4.245.299 €	629.413 €
mit erhöhte Anfangsvergütung 20 Jahre lang	16.471.799 €	31.195.663 €
Amortisationsdauer, wenn Anfangsvergütung 5 Jahre	43	851
Amortisationsdauer, wenn Anfangsvergütung 20 Jahre	11	17

Der Vergütungszeitraum für die erhöhte Anfangsvergütung von 9,2 Ct/kWh ist grundsätzlich auf 5 Jahre angesetzt. Es ist im EEG allerdings ein Referenzertrag für eine Windkraftanlage vorgegeben. Der Anteil den die geplante Windkraftanlage vom Referenzertrag erreicht, ist ausschlaggebend für den Zeitraum, in dem die erhöhte Anfangsvergütung gewährt wird. Die maximale Förderungsdauer liegt allerdings bei 20 Jahren, unabhängig davon wie lange die Anfangsvergütung gezahlt wird. In Bild 54 ist dies dargestellt.

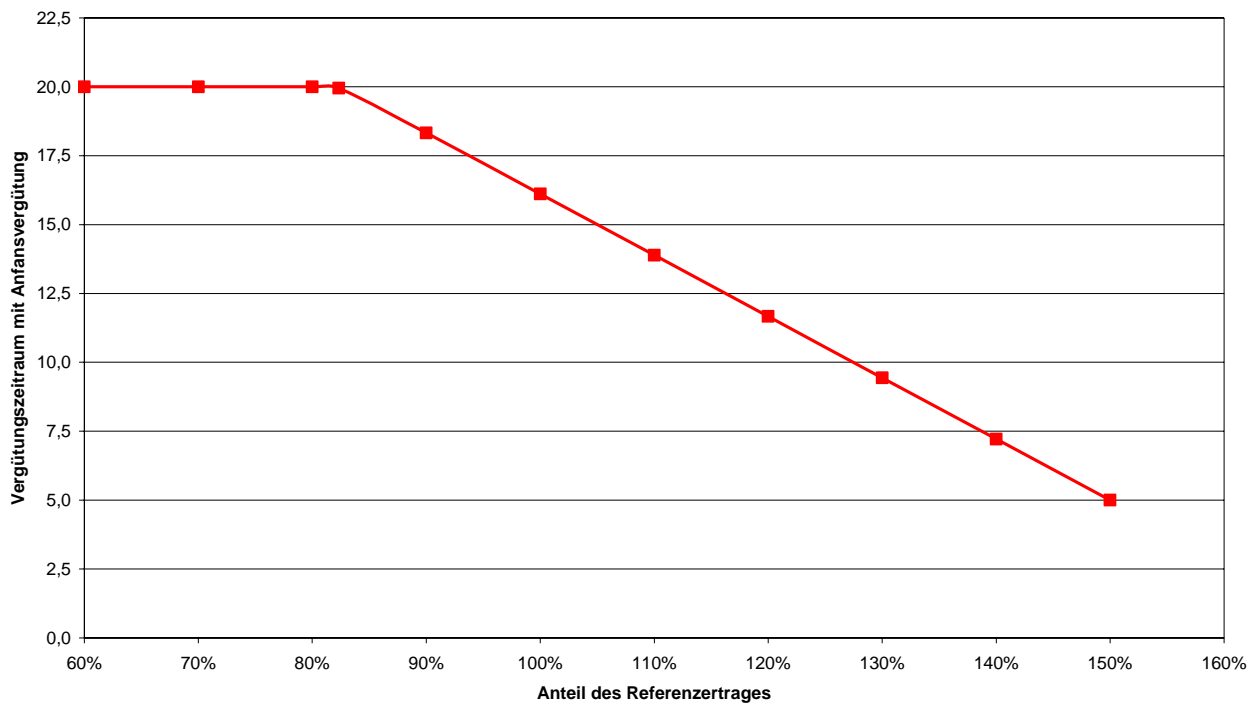


Bild 54: Vergütungszeitraum für erhöhte Anfangsvergütung abhängig vom Referenzertrag

Es zeigt sich, dass bei einem Anteil am Referenzertrag von 150 % die Anfangsvergütung nur 5 Jahre gewährt wird, danach gilt die Endvergütung von 5,02 ct/kWh. Die Referenzanlage im EEG gilt allerdings als sehr anspruchsvoll, sodass beinahe alle Windkraftanlagen die erhöhte Anfangsvergütung über 20 Jahren erhalten (Quelle: [103]). Mit einer Vergütung über die gesamte Lebensdauer der Windkraftanlage ergibt sich für Großröhrsdorf entsprechend Tabelle 78 eine positive Wirtschaftlichkeit. Allerdings ist zu beachten, dass hier keine Kosten für den Abriss der Altanlage einberechnet wurden. Allerdings ist der Schrottpreis für die Reststoffe der Anlage so hoch, dass sich die Kosten für den Abbau ausgleichen. Weiterhin sinkt die Vergütung für Neuanlagen jedes Jahr um 1 %, d. h. nächstes Jahr beträgt die erhöhte Anfangsinvestition nur noch 9,1 ct/kWh und die Endvergütung 4,96 Ct/kWh. Es ist aber vor dem Repowering auch zu untersuchen, ob in einer Höhe von 80 m bis 99 m eine genügende Windgeschwindigkeit vorherrscht um 2.500 Vollbenutzungsstunden zu erreichen.

9.2.8 Maßnahmen – Adressat private Haushalte – mittelfristig

9.2.8.1 Förderprogramm Gebäude / qualifizierte Baubegleitung

Um den Neubaustandard bzw. die energetische Sanierungsrate mit höheren qualitativen Standards zu erhöhen, eignet sich ein kommunales Förderprogramm in Ergänzung zu den KfW-Programmen sowie der sächsischen Förderrichtlinie Energie und Klimaschutz (EuK). Damit keine Fördermittel gekürzt werden, sollte eine qualifizierte Baubegleitung gefördert werden.

9.2.8.2 Unterstützung für Biogasstandorte und Beteiligungsmodelle

Die Kommune sollte die Umsetzung privater Initiativen zur Schaffung von Nahwärmenetzen auf Biogasbasis unterstützen (z. B. über das Energiekompetenzzentrum) bzw. initiieren. Entsprechende Verfahrensvorschläge hat die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) bereitgestellt.

9.2.9 Maßnahmen - Adressat Gewerbe / Industrie – mittelfristig

9.2.9.1 Durchführung von Ökoprofit

Das Konzept Ökoprofit ist ein bewährtes Instrument, mit dem Kommunen die Betriebe in ihren Gemeindegebieten zu einer Kooperation zur Energieeffizienz motivieren können. In Sachsen wurde es bereits im städtischen als auch ländlichen Bereich erprobt.

9.2.10 Maßnahmen - Adressat Kommune – langfristig

9.2.10.1 Planerische Festlegung weiterer Flächen zur Windenergienutzung

Um im Bereich der Elektroenergie die Autarkie zu erreichen, müssen neue Flächen für Windkraftanlagen ausgewiesen und im Regionalplan festgelegt werden. Es bedarf zudem einer Aufklärung über den Nutzen von Windenergie um auch Vorurteile zu entkräften. Die Vorurteile wie die Lautstärke einer Windkraftanlage oder die Gefahr für Vögel sind nach vielen Jahren der Entwicklung nicht mehr greifbar. Werden die Vorurteile gegen Windkraftanlagen abgebaut, können auch neue Windkraftflächen zur Verfügung gestellt werden. Dies ist unbedingt notwendig für eine Elektroenergieautarkie der Westlausitz. Die Windkraftanlagen müssen umso mehr gebaut werden, wenn der Kraftstoffbereich durch Elektroautos zusätzlich über Elektroenergie gedeckt werden muss.

In Tabelle 79 und in Tabelle 80 ist eine grobe Wirtschaftlichkeit mit Amortisationsdauer berechnet. Die Wirtschaftlichkeit ist für eine 2 MW-Anlage mit einer Nabenhöhe von 60 m – 79 m berechnet worden. Es sind Abschätzungen für einen Windpark mit 5 Anlagen und einen mit 10 Anlagen aufgezeigt.

Es ist zu erkennen, dass sich eine schlechte Wirtschaftlichkeit ergibt, wenn die Anfangsvergütung nur 5 Jahre gezahlt wird. Für konkrete Projekte sind vor dem Bau eine genaue Standortanalyse und eine angepasste Wirtschaftlichkeit zu durchzuführen. Es muss sichergestellt werden, dass in der angenommenen Höhe für die Anlage (siehe Tabelle 79) die Volllaststundenzahl von 2.500 h erreicht werden kann.

Tabelle 79: Festlegungen für Windkraftanlagen (Quelle: [95]; [101]; [102])

Leistung einer Windkraftanlage	2,0	MW
Leistung Windpark mit 5 Windrädern	10,0	MW
Leistung Windpark mit 10 Windrädern	20,0	MW
Investkosten für WKA von 60-79m Nabenhöhe und 2 MW Leistung	906	€/kW
Fundament	50	€/kW
Planung	48	€/kW
sonst. Kosten	121	€/kW
Betriebskosten WKA im ersten Jahrzehnt pro Jahr	4,8%	der Investkosten
Betriebskosten WKA im zweiten Jahrzehnt pro Jahr	6,6%	der Investkosten
Vergütung in ersten 5 Jahren	9,2	ct/kWh
Endvergütung	5,02	ct/kWh
Repoweringbonus	0,0	ct/kWh
Vergütung nach 20 Jahren/Strompreis	4,0	ct/kWh
Vollbenutzungsstunden	2.500	h/a
Lebensdauer/Abschreibungszeitraum	20	Jahre
kalkulatorischer Zinssatz	3,5%	
Annuitätsfaktor	7,0%	

Tabelle 80: Wirtschaftlichkeit Windkraftpark mit 5 und mit 10 Anlagen

Anlagenanzahl im Windpark	5	10
Investkosten Windräder	9.060.000 €	18.120.000 €
Fundament	500.000 €	1.000.000 €
Planung	480.000 €	960.000 €
sonst. Kosten	1.210.000 €	2.420.000 €
gesamte Investitionskosten	11.250.000 €	22.500.000 €
Kapitaldienst pro Jahr	791.562 €/a	1.583.124 €/a
geleisteter Kapitaldienst nach Lebensdauer	15.831.242 €	31.662.485 €
Betriebskosten ersten 10 Jahre	4.348.800 €	8.697.600 €
Betriebskosten restliche Lebensdauer	5.979.600 €	11.959.200 €
Betriebskosten über Lebensdauer	10.328.400 €	20.656.800 €
Gesamtkosten nach Lebensdauer	26.159.642 €	52.319.285 €
Ertrag pro Jahr mit erhöhter Anfangsvergütung	2.300.000 €/a	4.600.000 €
Ertrag pro Jahr mit Endvergütung	1.255.000 €/a	2.510.000 €
Ertrag pro Jahr nach 20 Jahren Vergütung	1.000.000 €/a	2.000.000 €/a
Betriebskosten pro Jahr in ersten 10 Jahren	434.880 €/a	869.760 €/a
Betriebskosten pro Jahr nach 10 Jahren	597.960 €/a	1.195.920 €/a
Ertrag nach Lebensdauer		
mit erhöhter Anfangsvergütung 5 Jahre lang	30.325.000 €	60.650.000 €
mit erhöhte Anfangsvergütung 20 Jahre lang	46.000.000 €	92.000.000 €
Gewinn/Verlust nach Lebensdauer		
mit erhöhter Anfangsvergütung 5 Jahre lang	4.165.358 €	8.330.715 €
mit erhöhte Anfangsvergütung 20 Jahre lang	19.840.358 €	39.680.715 €
Amortisationsdauer, wenn Anfangsvergütung 5 Jahre	54	54
Amortisationsdauer, wenn Anfangsvergütung 20 Jahre	11	11

9.2.10.2 Verpachtung kommunaler Flächen zur Errichtung und zum Betrieb von KUP

KUP sind vor allem für eine langfristige Wärmeversorgung aus Biomasse notwendig. Biomasse aus dem Wald ist jetzt schon fast erschöpft bzw. trifft an ihre Grenzen. Es müssen somit neue Holzvorkommen durch KUP geschaffen werden. KUP können aber nur aufgebaut werden, wenn es entsprechende Abnehmer gibt. Es muss in der Westlausitz also entsprechende Holzverarbeitungsanlagen geben, die Wärme und Strom aus Holzträgen der KUP erzeugen. Hier ist eine Holzvergassungsanlage als optimaler Abnehmer zu sehen.

In Tabelle 81 ist ein Kalkulationsbeispiel für eine KUP dargestellt. Dabei wurden der Kalkulation mit vielen verschiedenen Einflussfaktoren und 50 % Fremdkapital zur Finanzierung zugrunde gelegt.

Tabelle 81: Kalkulationsbeispiel für KUP (Quelle: [100])

Allgemeine Eingaben	Geplante Gesamtfläche	150 ha	Größe je Einzelfläche	50 ha jährlich
	Umtriebszeit	3 Jahre		
	Gesamtbetriebszeit	21 Jahre		
	Pflanzen / ha	10000 Stück / ha	Reine Pflanzkosten (excl. Kosten für FK)	3916 € / ha
	kalk. jährl. Zuwachs (TS)	12,00 t atro/ ha		
	Fremdkapitalbedarf (%)	50 %	durchschnittl. Pflanzkosten je Hektar (incl. Kosten der Fremdfinanzierung)	4225 € / ha
	Zaun gesamt (lfm)	0 lfm		
	Durchschnittl. Transportentfernung	10,0 km		
Kostensätze	Pflanzkosten	0,02 € / Steckholz	Betriebsergebnis incl. Prämienzahlungen	1250161 €
	Kosten für Pflanzmaterial	0,20 € / Steckholz		
	Erntekosten	18 €/ t TS	prämienbereinigtes Betriebsergebnis	191761 €
	Rückbaukosten	1000 € / ha		
	Unvorhergesehene Kosten	20 %		
	Transportkosten je Tonne Zuladung	1,00 €/ km* t TS		
Erlössätze	Grundprämie	392,00 €		
	Zusatzprämie	0,00 €		
	Verkaufserlös (Euro/t TS)	65,00 €	ROI (prämienbereinigt)	10,02 %

Es zeigt sich ein positiver ROI (Return on Investment) und damit nach 21 Jahren Bewirtschaftung eine positive Bilanz. Die Kostenaufteilung ist in Bild 55 dargestellt. Es fällt auf, dass die Ernte, die Pflanzung und der Transport der Pflanzen im Bewirtschaftungszeitraum die meisten Kosten verursachen. In Tabelle 82 ist die Gesamtkalkulationsübersicht dargestellt. Hierbei sind deutlich die Investitionen in den ersten Jahren und die fehlenden Erträge aus dem Verkauf erkennbar. Zudem sind am Ende der Bewirtschaftungsdauer Kosten für den Rückbau zu erkennen. In Bild 56 ist das Jahresbetriebsergebnis für KUP dargestellt. Dabei ist zu erkennen, dass die Bilanz im 15. Jahr positiv wird und sich KUP somit ab diesem Zeitraum lohnt. Die ersten drei Jahre wird kein Gewinn erzielt da noch nicht geerntet werden kann. Danach geht die Kurve aufgrund der Ernteerträge nach oben. Am Ende der Bewirtschaftungsperiode geht die Kurve wieder nach unten, da hier die Kosten für den Rückbau fällig sind.

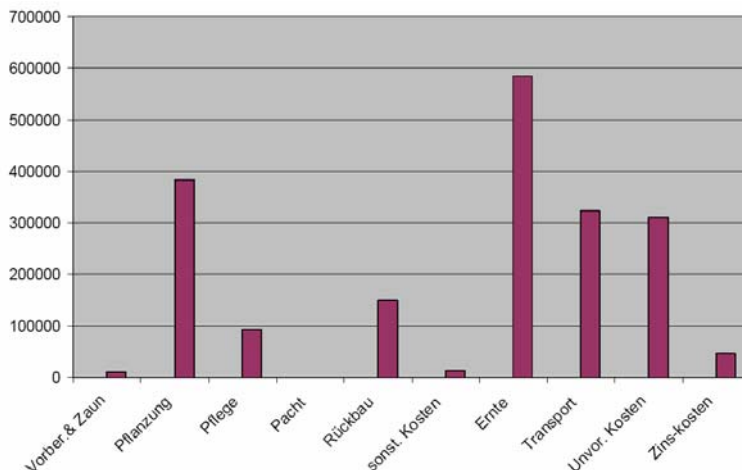


Bild 55: Gesamtkostenverteilung bei KUP (Quelle: [100])

Tabelle 82: Gesamtkalkulationsübersicht für KUP

Jahr	Flächennutzung				Kosten										Erlöse			Ergebnis		
	Be- stockt	Ernte	Rück- gebaut	Vorber & Zaun	Pflanzung	Pflege	Pacht	Rückbau	sonst. Kosten	Ernte	Transport	Unvor. Kosten	Zins- kosten	Kosten gesamt	Erlöse aus Prämien	Erlöse aus HS	Erlöse gesamt	Ergebnis	kumuliert	
1. Jahr	50 ha	0 ha	0 ha	3750	127600	31250	0	0	550	0	32630	2847	198627	19600	0	19600	19600	-179027	-179027	
2. Jahr	100 ha	0 ha	0 ha	3750	127600	31250	0	0	550	0	32630	5682	201462	39200	0	39200	39200	-162262	-341289	
3. Jahr	150 ha	0 ha	0 ha	3750	127600	31250	0	0	550	0	32630	7788	203568	58800	0	58800	58800	-144768	-486057	
4. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	7167	68307	58800	117000	175800	175800	107493	-378564	
5. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	6242	67382	58800	117000	175800	175800	108418	-270146	
6. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	5234	66374	58800	117000	175800	175800	109426	-160720	
7. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	4226	65366	58800	117000	175800	175800	110434	-50286	
8. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	3217	64357	58800	117000	175800	175800	111443	61156	
9. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	2209	63349	58800	117000	175800	175800	112451	173607	
10. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	1212	62352	58800	117000	175800	175800	113448	287055	
11. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	471	61611	58800	117000	175800	175800	114189	401244	
12. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	83	61223	58800	117000	175800	175800	114577	515521	
13. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	0	61140	58800	117000	175800	175800	114660	630481	
14. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	0	61140	58800	117000	175800	175800	114660	745141	
15. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	0	61140	58800	117000	175800	175800	114660	859801	
16. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	0	61140	58800	117000	175800	175800	114660	974461	
17. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	0	61140	58800	117000	175800	175800	114660	1089121	
18. Jahr	150 ha	50 ha	0 ha	0	0	0	0	0	550	32400	18000	0	61140	58800	117000	175800	175800	114660	1203781	
19. Jahr	100 ha	50 ha	50 ha	0	0	0	0	50000	550	32400	18000	0	121140	58800	117000	156200	35060	1238841	1203781	
20. Jahr	50 ha	50 ha	100 ha	0	0	0	0	50000	550	32400	18000	0	121140	19600	117000	136600	15460	1254301	1254301	
21. Jahr	0 ha	50 ha	150 ha	0	0	0	0	50000	550	32400	18000	0	121140	0	117000	117000	-4140	1250161	1250161	
22. Jahr	0 ha	0 ha	0 ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1250161	1250161
23. Jahr	0 ha	0 ha	0 ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1250161	1250161
24. Jahr	0 ha	0 ha	0 ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1250161	1250161
25. Jahr	0 ha	0 ha	0 ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1250161	1250161
26. Jahr	0 ha	0 ha	0 ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1250161	1250161
27. Jahr	0 ha	0 ha	0 ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1250161	1250161
28. Jahr	0 ha	0 ha	0 ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1250161	1250161
29. Jahr	0 ha	0 ha	0 ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1250161	1250161
30. Jahr	0 ha	0 ha	0 ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1250161	1250161
Summen				11250	382800	93750	0	150000	11550	583200	324000	311310	46379	1914239	1088400	2106000	3164400	1250161	191761 €	
																	Ergebnis Prämienbereinigt:		191761 €	
																	Return on Investment:		10,02 %	

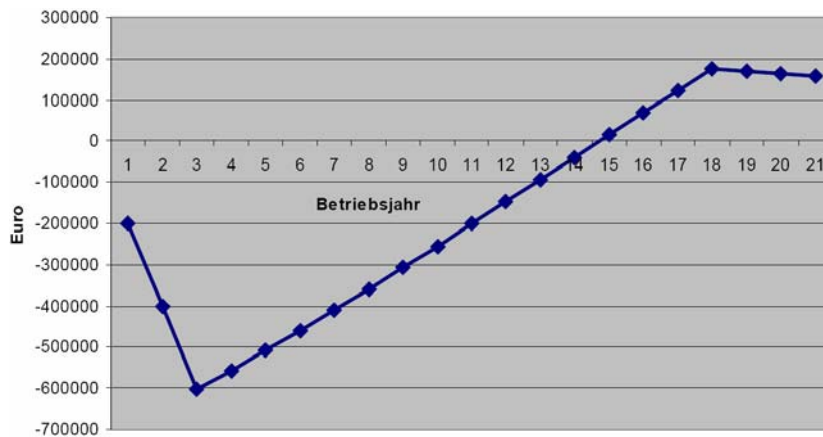


Bild 56: kumuliertes Jahresbetriebsergebnis eines Kurzumtriebssystems (Quelle: [100])

9.2.11 Maßnahmen – Adressat Gewerbe/Industrie – langfristig

9.2.11.1 Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in Gasnetze

Ein weiterer und sicherlich notwendiger Schritt in der effizienten Nutzung von Biomasse ist in der Aufbereitung und Einspeisung des Biogases in das Erdgasnetz zu sehen. Durch eine Biogasanlage (Vergärungs- oder Vergasungsverfahren) kann Wärme an dem Ort der Biogasherstellung bereitgestellt werden. Es wurde bereits eine Möglichkeit beschrieben, wie die Biomasse an einem Ort verarbeitet wird, an dem vermehrte Wärmeabnahme zu finden ist (Biomasse-Logistik). Nun soll eine Möglichkeit dargestellt werden, die die Biomasseverarbeitung am Ort des Biomasseanfalles ermöglicht und die Wärme trotzdem erst beim Verbraucher erzeugt. Es handelt sich um die Möglichkeit, das Biogas aus der Biogasanlage auf Erdgasqualität aufzubereiten und es dann in das meist vorhandene Erdgasnetz einzuspeisen, um es zu den Verbraucherschwerpunkten für Wärme zu transportieren, um vor Ort die Wärme in einem Biogas-BHKW zu erzeugen.

Die Aufbereitung von Biogas zu Erdgasqualität befindet sich zurzeit in der Entwicklungs- und Erprobungsphase. Aus heutiger Sicht erscheinen das „AER-Konzept“ (Absorption Enhanced Reforming), für Anlagen im 10 MW Bereich, und das „Heatpipe-Reformer-Konzept“, für kleine Anwendungen im 500 kW Bereich, als sehr aussichtsreich.

9.3 Fördermöglichkeiten

Die Fördermöglichkeiten in Deutschland sind vielfältig und werden von verschiedenen Förderinstitutionen getragen. Die SAENA bietet grundsätzlich sehr viele Informationen und erteilt auch Auskünfte zu konkreten Projekten. Ein weiterer hilfreicher Link ist <http://www.foerderdatenbank.de/>. Hierbei können über einen Filter je nach Fördergebiet, Förderberechtigter, Förderbereich, Förderart und einen konkreten Suchbegriff, die zutreffenden Fördermöglichkeiten von EU, Bund und Ländern angezeigt werden. Man erhält dann ebenfalls Informationen zu den Richtlinien.

In Register 10 sind die aktuellen Fördermöglichkeiten und Fördersätze aufgelistet. Diese Auflistung wurde vom Sächsischen Informationsdienst Natur und Umwelt erstellt. Sie wird in regelmäßigen Abständen aktualisiert. (Quelle: [104])

Weiterhin bietet der Europäische Fond für regionale Entwicklung (EFRE) viele Möglichkeiten der Förderung.

10 Zusammenfassung

Ausgangspunkt für das Konzept ist das Ziel der Akteure der Westlausitz, das Gebiet zur energieautarken Region zu entwickeln. Aus diesem Grund wurde eine Studie in Auftrag gegeben, die die Erreichbarkeit einer Energieautarkie für die Region Westlausitz sowie dementsprechende Handlungsansätze und Maßnahmen untersuchen bzw. auflisten soll. In diesem Zusammenhang wurden Struktur- und Verbrauchsdaten erhoben, Potentiale untersucht sowie Techniken vorgestellt und bewertet.

Zur Erfassung der Daten wurde eine umfangreiche Literaturrecherche betrieben und ein Fragebogen an alle beteiligten Gemeinden versendet. In den Kommunen Arnsdorf, Großröhrsdorf und Elstera wurden zudem Fragebögen an die Privathaushalte verteilt.

10.1 Bestands-/Strukturdaten

In den 4 Städten und 9 Gemeinden der Region leben insgesamt ca. 55.000 Einwohner. Dies entspricht einer Bevölkerungsdichte von 173 Einwohnern/km² (sächsischer Durchschnitt: 228 Einwohner/km²). Die Bevölkerungsstruktur stimmt mit der Gesamtsachsen in etwa überein. Die Wohnfläche pro Einwohner beträgt durchschnittlich ca. 36 m².

Circa 63 % der Gesamtfläche der Westlausitz (32.000 km²) entfallen auf landwirtschaftliche Flächen, ca. 24 % auf Wälder. Die Wälder befinden sich zum überwiegenden Teil in Privateigentum, aber auch Land und Kommunen sind Eigentümer der Flächen.

Verkehrlich ist die Westlausitz durch die Autobahn A4, die Bundesstraße B 6 sowie die Bahnstrecken Dresden – Bischofswerda – Zittau/Görlitz und Dresden – Pulsnitz – Kamenz gekennzeichnet. Insbesondere der Straßenverkehr hat einen deutlichen Einfluss auf die CO₂-Emissionen. Es gibt ca. 36.000 Kfz in der Region, der Anteil der PKWs am Gesamt-KfZ-Bestand beträgt ca. 85 %. Daraus resultiert ein Anteil der PKWs am Kraftstoffverbrauch von 72 %.

In der Westlausitz finden bereits verschiedene erneuerbare Energien Anwendung. Die für die Erzeugung von Elektroenergie relevanten Anlagen sind in Tabelle 83 aufgeführt, vorhandene Wärmeversorgungsanlagen mit erneuerbaren Energien in Tabelle 84.

Tabelle 83: EEG-Anlagen in der Region Westlausitz 2008 (Quelle: [5])

EEG-Anlagen	Anzahl	Leistung [kW]	Jahresarbeit 2008 [kWh]	Vollbenutzungsstunden 2008 [h/a]	spez. Leistung [kW/EW]	spez. Jahresarbeit 2008 [kWh/EW]	Anteil an Jahresarbeit 2008 [kWh]
Fotovoltaikanlagen	159	1.673,2	594.868	356	0,031	10,9	1,0%
Windparks	6	31.430,0	52.235.860	1.662	0,574	954,3	90,2%
Biogas/Pflanzenölanlagen	3	817,0	5.053.888	6.186	0,015	92,3	8,7%
Summe	168	33.920,2	57.884.616	1.706	0,620	1.057,5	100,0%

Tabelle 84: Wärmeversorgungsanlagen mit erneuerbarer Energie (Quelle: [14])

Anlagenart	Erfassungszeitraum	Anzahl	Gesamtleistung [kW]	mittlere Leistung pro Anlage [kW]	geschätzte Vollbenutzungsstunden [h/a]	Jahresarbeit [MWh/a]
Biomasse	2000 bis 31.06.2009	103	2.849	27,7	2.000	5.698
Wärmepumpen	2008 bis 31.06.2009	3	keine Angaben			
			Gesamtfläche [m ²]	mittlere Fläche pro Anlage [m ²]	geschätzter mittlerer spez. Solarertrag [kWh/m ² *a]	Jahresertrag [MWh/a]
Solarthermie	2000 bis 31.06.2009	437	5.817	13,3	250	1.454

10.2 Verbrauchsdaten

In diesem Punkt wurden die Verbräuche der Region hinsichtlich Elektro- und Wärmeenergie sowie Kraftstoff erfasst. Insgesamt werden in der Westlausitz ca. 1.244.125 MWh/a an Energie verbraucht (224.132 MWh/a Elektroenergie, 628.080 MWh/a Wärmeenergie und 391.913 MWh/a Energie für Kraftstoffe). Der Wärmeenergieverbrauch hat mit ca. 50 % den größten Anteil daran, gefolgt vom Kraftstoffverbrauch (ca. 32 %) und vom Elektroenergieverbrauch (18 %). Einen Überblick gibt Tabelle 85.

Tabelle 85: Zusammenfassung der Verbrauchsdaten

Bezeichnung	Verbrauch [MWh/a]	spez. Verbrauch [kWh/EW*a]	Anteil Verbrauch
Elektroenergie	224.132	4.095	18,0%
Wärmeenergie	628.080	11.474	50,5%
Kraftstoff	391.913	7.160	31,5%
gesamt	1.244.125	22.729	100,0%

Die Struktur des Energieverbrauchs der Westlausitz ist demnach mit der des Bezirks Güssing (Österreich) vergleichbar.

10.3 Potentiale

Zur Ermittlung der vorhandenen Potentiale in der Westlausitz wurden Wind-, Solar-, Bioenergie sowie Geothermie und Wasserkraft betrachtet. Diese sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 86: Potenziale aus erneuerbaren Energien

lfd. Nr.	Energieträger	realistisches Potential [MWh]	davon Elektroenergie [MWh] ¹²	davon Wärmeenergie [MWh] ¹²	Anteil am Elektroenergieverbrauch	Anteil am Wärmeverbrauch ¹³
1	Biomasse aus Wald	2.150	806	1.344	0,4%	0,2%
2	Biomasse aus Landwirtschaft (Quelle: [3]; [37]; [38]; [39])	158.998	59.624	99.374 ¹⁵	26,6%	15,8%
3	thermische Solarenergie	181.301		181.301		28,9%
4	Windenergie aus Repowering ¹⁴	42.367	42.367		18,9%	
5	Photovoltaik	59.442	59.442		26,5%	
	Gesamt	444.258	162.239	282.018	45,9%¹⁶ - 72,4%	16,0%¹⁷ - 44,9%

10.3.1 Potentielle Elektroenergie

Die Windenergie spielt in der Westlausitz bereits eine bedeutende Rolle. Es werden momentan ca. 23 % des Elektroenergieverbrauches durch Windkraftanlagen gedeckt. Damit liegt die Westlausitz deutlich über dem sächsischen Durchschnitt von ca. 6 %. Der bereits hohe Anteil könnte allein durch das Repowering aller bestehenden Anlagen auf ca. 50 % weiter erhöht werden. Im Falle des Neubaus von 22 2-MW-Windkraftanlagen und unter Berücksichtigung des Repowerings könnte die Westlausitz 100 % der Elektroenergie selber erzeugen und damit die Energieautarkie (in Bezug auf die Elektroenergie) erreichen. Hierbei gilt es sowohl die Vorbehalte in einigen Teilen der Bevölkerung auszuräumen, als auch - im Gegensatz zum norddeutschen Raum – die politische Aufgeschlossenheit voranzubringen. Aufgrund der fehlenden Flächen im Flächennutzungsplan kann nur das Repowering als Potenzial betrachtet werden.

Das PV-Potential wird mit 59.442 MWh/a (40 % aller Dachflächen geeignet, davon 50 % genutzt) eingeschätzt und könnte demnach zu ca. 27 % zum Elektroenergieverbrauch beitragen.

Durch die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) kann Elektro- und Wärmeenergie erzeugt werden. Mit dem Energieträger Biomasse aus der Forst- und Landwirtschaft können 27 % des Elektroenergieverbrauches der Westlausitz gedeckt werden.

Werden die verfügbaren Dachflächen nur für PV-Anlagen genutzt, können zusammen mit der Windenergie ca. 72 % des Elektroverbrauches der Westlausitz bilanziell gedeckt werden. Für den Fall, dass die Dachflächen ausschließlich für Solarthermie genutzt werden, reduziert sich der Deckungsgrad auf 45,9 % des Elektroverbrauches.

¹² Aufteilung nach Stromkennzahl (Elektroenergie/Wärmeenergie = 37,5% / 62,5 %).

¹³ Bezogen auf den geschätzten Wärmeverbrauch von 370.000 MWh/a im Jahr 2030.

¹⁴ Nur Repowering für regionalplanerisch gesicherte Flächen von Elstra, Großharthau und Wachau berücksichtigt.

¹⁵ Gilt für 100 % Kraft-Wärme-Kopplung.

¹⁶ 45,9 % gilt für den Fall, dass die geeigneten nur für Solarthermie genutzt werden.

¹⁷ 16 % gilt für den Fall, dass die geeigneten Dachflächen nur für PV verwendet werden.

10.3.2 Potentielle Wärmeenergie

In Hinsicht auf die Solarthermie wird das Potential mit 181.301 MWh/a (40 % aller Dachflächen geeignet, davon 35 % in den Gemeinden und 25 % in den Städten genutzt) bewertet. Der Anteil am Wärmeenergieverbrauch beläuft sich bei dieser Annahme auf ca. 29 %.

Die Biomasse aus der Forstwirtschaft (10 % des Holzeinschlages des Landes- und Bundeswaldes) könnte mit 1.344 MWh/a bzw. 0,2 % den Wärmeenergiebedarf in der Westlausitz decken.

Der Energieertrag aus dem landwirtschaftlichen Biomassepotential kann auf Basis vielseitiger Datenerhebungen ermittelt werden. Realistisch erscheint die Annahme, dass zukünftig auf ca. 30 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche Energiepflanzen angebaut werden. Unter Hinzunahme der Energieerträge des Straßenbegleitgrünes und tierischer Exkremente, ergibt sich dann ein Potential von ca. 99.374 MWh/a bzw. 15,8 %.

Unter der Annahme dass alle verfügbaren Dachflächen für Solarthermie genutzt werden, kann zusammen mit der Energie aus der Biomasse der Wärmebedarfs der Westlausitz zu ca. 45 % aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Werden die Dachflächen ausschließlich für PV genutzt, reduziert sich der Deckungsgrad auf ca. 16 %.

In Bezug auf die Geothermie ist zu erkennen, dass die Westlausitz in Tiefen von 500 – 3.000 m keine günstigen Potentiale aufweist. Die oberflächennahe Geothermie stellt dagegen ein sehr großes Potential dar, um einen Beitrag zum Wärmeenergiebedarf zu leisten. Das Potential durch Wasserkraft ist wiederum als gering zu bewerten, da in der Region nur geringe Höhenunterschiede und vergleichsweise geringe Volumina des fließenden Wassers vorhanden sind.

10.4 Prognose zur Bedarfsermittlung

Anhand der in Kapitel 2 dargestellten Daten kann bis zum Jahr 2020 von einem jährlichen Rückgang der Bevölkerung von ca. 0,7 % ausgegangen werden. Dies hat zur Folge, dass im Jahr 2050 nur noch ca. 74 % der jetzigen Bevölkerung in der Westlausitz leben wird.

Trotz des angenommenen Rückgangs der Bevölkerung wird sich der Bedarf an Elektroenergie vermutlich nicht rückläufig entwickeln, da ein Anstieg der Anzahl elektrischer Geräte in den Haushalten zu verzeichnen ist, der den Bevölkerungsschwund in etwa ausgleichen wird. Für den Fall, dass sich in den nächsten Jahren/Jahrzehnten das Elektroauto weiter durchsetzt, ist sogar mit einem Anstieg des Elektroenergieverbrauches zu rechnen.

Dazu gegenläufig stellt sich die Prognose hinsichtlich des Wärmebedarfs bei sinkenden Bevölkerungszahlen dar. Dieser wird sich rückläufig entwickeln, wobei auch die Verbesserung der Wärmedämmung sowie der Anlageneffizienz diesen Trend positiv verstärken werden. Für den Wohngebäudebestand wird sich der spezifische Wärmebedarf in den nächsten 20 Jahren voraussichtlich in etwa halbieren. Bei Nichtwohngebäuden kann von einer Reduzierung auf etwa 70 % ausgegangen werden. Damit ergibt sich in 20 Jahren ein geschätzter Wärmebedarf von ca. 370.000

MWh/a. Dies würde eine Einsparung von ca. 40 % bedeuten. Unter Bezug auf Tabelle 86 wäre eine Energieautarkie in diesem Fall zu ca. 76 % erreichbar.

Die gegenwärtigen Ausgaben für Elektro- und Wärmeenergie in der Region Westlausitz belaufen sich jedes Jahr auf über 100 Mio € (Elektroenergie ca. 45 Mio €, Wärmeenergie ca. 63 Mio €). Die oben genannte Wärmeenergieeinsparung von 40 % senkt somit die jährlichen Ausgaben um 25 Mio €

10.5 Vorstellung und Bewertung der Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energie

In diesem Punkt wurden folgenden Techniken vorgestellt und deren Wirkungsweise erläutert:

- Photovoltaik (PV)
- Windkraftanlagen
- Solarthermische Anlagen
- Blockheizkraftwerk
- Biomasseanlagen (physikalisch-chemische, biologisch-chemische und thermo-chemische Umwandlungsverfahren).

Zur Bewertung der Techniken ist folgendes festzuhalten:

Die Erhöhung der Effizienz - insbesondere bei der Wärmedämmung - und damit die Verringerung des Verbrauches hat oberste Priorität. Der Gesetzgeber trägt diesem Erfordernis mit ständig steigenden Anforderungen im Zuge der Fortschreibung der Energieeinsparverordnung (EnEV) Rechnung.

Der Einsatz von Wärmepumpen mit der Wärmequelle Geothermie kann mittelfristig größere Anteile zum Ersatz fossiler Brennstoffe für die Wärmeversorgung liefern. Schon heute kann diese Versorgungsart für Neubauten mit dem Wärmedämmstandard der EnEV zum Einsatz empfohlen werden. Für kleinere Versorgungseinheiten mit Nennwärmeleistungen unter ca. 30 kW könnte eine monovalente Anlage sinnvoll sein. Der Wärmepumpenantrieb wird, wegen der mittelfristig verfügbaren Elektroenergie aus erneuerbaren Energiequellen, elektrisch sein.

KWK wird kurz- bis mittelfristig einen deutlichen Beitrag zur Verbesserung der primärenergetischen Verhältnisse leisten. Der weitere Ausbau der KWK ist zurzeit einer der zentralen Schwerpunkte der Förderpolitik der Bundesregierung.

Der Einsatz von PV und Solarthermie ist stark von bürgerlichem Engagement abhängig. Die primärenergetische Beurteilung der Solarthermie ist jedoch ungünstiger als z.B. die von Geothermie. Hinzu kommt, dass das erforderliche Komplementärsystem ein Biomasse-Heizsystem sein müsste, für dessen Versorgung – ohne eine spürbare Reduzierung des Wärmebedarfes – regional wie auch national keine ausreichenden Ressourcen verfügbar sein werden.

10.6 Beurteilung von Techniken zur alleinigen oder gekoppelten Bereitstellung von Wärmeenergie (Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen)

Unter diesem Punkt wurden Aussagen über die Wirtschaftlichkeit verschiedener Systeme zur Bereitstellung von Wärme getroffen. Dabei wurden u.a. Einsparkosten und Amortisationsdauer für folgende Varianten berechnet:

- Ersatz eines Niedertemperatur-Kessels durch einen Brennwert-Kessel
- Ersatz eines Niedertemperatur-Kessels durch einen Holzpellet-Kessel
- Ersatz eines Niedertemperatur-Kessels durch eine Wärmepumpe
- Ergänzung eines Niedertemperatur-Kessels durch eine thermische Solaranlage
- Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).

Bei den untersuchten Varianten wurde ein Niedertemperatur-Kessel mit einem Jahresnutzungsgrad von jeweils 80 % als Bezug herangezogen. Folgende Schlussfolgerungen können aus den Wirtschaftlichkeitsberechnungen gezogen werden:

Im kleineren Leistungsbereich ist ein Brennwert-Kessel die wirtschaftlichste Lösung, sofern ein Einsatz erneuerbarer Energien (noch) nicht in Betracht kommt.

Bei größeren Versorgungseinheiten ab ca. 200 kW Nennwärmeleistung sollte KWK zum Einsatz kommen. Der in der Regel vorhandene Heizkessel übernimmt die Spitzenlast mit einem Arbeitsanteil von ca. 35 %. In vielen Fällen ist dieser Kessel noch hinreichend funktionstüchtig, so dass auf einen Ersatz verzichtet werden kann.

Der Bau eines Nahwärmenetzes wird in vielen Fällen erforderlich sein, um eine wirtschaftliche KWK errichten zu können. Mit der derzeitigen Förderung gemäß der Richtlinie EuK/2007 von 35 % oder für die Vorlage eines Klima- und Energiekonzeptes (insgesamt 45 %), können derartige Investitionen getätigt werden. Die BAFA fördert Nahwärmenetze mit 60 bis 80 €/m Trasse. Dies kann unter Umständen zu einem größeren Förderbetrag führen. An diese Förderung sind aber Bedingungen, wie z. B. ein Jahreswärmebedarf größer 500 kWh/a*m Trasse und Wärme zu 50 % aus erneuerbaren Energien, geknüpft. Als wirtschaftlich vertretbar gilt eine spezifische Nennwärmeleistung des Versorgungsgebietes von größer 15 W/m².

Zukünftig könnten thermochemische Verfahren – wie z.B. das AER-Konzept (Absorption Enhanced Reforming) und Heatpipe Reformer – durch ihren hohen Wirkungsgrad bei der Gaserzeugung (Produktgas für Gasturbinen oder SNG (Substitute Natural Gas) für die Direkteinspeisung in das Gasnetz) – den Anteil an Verlustwärme deutlich verringern.

Wärmeversorgungen mit Holzpellet-Anlagen werden schon kurzfristig eine größere Rolle spielen und sind schon heute hinsichtlich der Wärmekosten vergleichbar mit Brennwertkessel- und KWK-Anlagen.

Die Wärmekosten bei Solaranlagen sind zurzeit deutlich höher als die der oben genannten Anlagen. In Sonderfällen, z. B. mit einem hohen Wärmebedarf in den Sommermonaten, können aber auch heute schon wirtschaftliche Anwendungen erreicht werden.

Die Wärmepumpentechnik wird in Zukunft eine größere Rolle spielen, weil damit das große Reservoir der geothermischen Energie erschließbar sein wird. Heute sind Anwendungen auch schon bei sehr gut wärmegeämmten Gebäuden mit Fußbodenheizungen wirtschaftlich.

10.7 Energieeinsparung

Zur Einsparung von Energie gibt es zahlreiche Möglichkeiten. Beispielhaft wurden folgende Optionen in dem Punkt Energieeinsparung aufgezeigt:

- Einsparung von Elektroenergie in privaten Haushalten z.B. durch Abschaltung des Stand-By-Modus an Elektrogeräten – damit könnten in der Westlausitz ca. 4 % des Gesamtverbrauchs an Elektroenergie und damit auch der Kosten eingespart werden.

Tabelle 87: Einsparung durch Abschaltung von Stand-by-Verbräuchen im Haushalt

	Einwohner	Wohn- einheiten	Einspar-potenzial [MWh/a]	Anteil am Elektro-energie- verbrauch	CO2-Ein- sparung [t/a]	Kosten- einsparung [€]
Bischofswerda	12.545	6.528	2.287	1,02%	1.578	457.482
Elstra	3.027	1.326	465	0,21%	321	92.926
Großröhrsdorf	7.050	3.499	1.226	0,55%	846	245.210
Pulsnitz	7.933	3.756	1.316	0,59%	908	263.220
Arnsdorf	4.844	2.233	782	0,35%	540	156.489
Brettnig-Hauswalde	3.134	1.479	518	0,23%	358	103.648
Frankenthal	1.051	339	119	0,05%	82	23.757
Großharthau	3.179	1.316	461	0,21%	318	92.225
Lichtenberg	1.722	798	280	0,12%	193	55.924
Ohorn	2.473	1.097	384	0,17%	265	76.878
Rammenau	1.480	642	225	0,10%	155	44.991
Steina	1.785	827	290	0,13%	200	57.956
Wachau	4.515	1.996	699	0,31%	483	139.880
gesamt	54.738	25.836	9.053	4,04%	6.247	1.810.587
Städte	30.555	15.109	5.294	2,36%	3.653	1.058.839
Gemeinden	24.183	10.727	3.759	1,68%	2.594	751.748

- Verbesserung der Energieeffizienz bei der Wärmeversorgung – damit könnten in der Westlausitz ca. 10 % des Verbrauchs und der Kosten eingespart werden

Tabelle 88: Einsparung durch Energieeffizienz der Wärmeversorgung

Kommune	Wohnfläche [m ²]	Jahreswärmeverbrauch gesamt [MWh/a]	Einsparung durch Energieeffizienzmaßnahmen [MWh]	CO ₂ -Einsparung [t/a]	Kosten-einsparung [€]
Bischofswerda	455.100	140.874	14.087	3.353	1.408.741
Elstra	110.000	43.097	4.310	1.026	430.972
Großröhrsdorf	253.300	139.290	13.929	3.315	1.392.898
Pulsnitz	277.900	62.007	6.201	1.476	620.071
Arnsdorf	172.300	49.350	4.935	1.175	493.496
Bretinig-Hauswalde	116.600	41.790	4.179	995	417.899
Frankenthal	37.800	8.543	854	203	85.435
Großharthau	107.900	27.653	2.765	658	276.528
Lichtenberg	63.200	14.694	1.469	350	146.937
Ohorn	91.100	29.495	2.950	702	294.954
Rammenau	56.200	13.320	1.332	317	133.205
Steina	68.200	15.764	1.576	375	157.643
Wachau	156.600	42.202	4.220	1.004	422.023
gesamt	1.966.200	628.080	62.808	14.948	6.280.802
Städte	1.096.300	385.268	38.527	9.169	3.852.682
Gemeinden	869.900	242.812	24.281	5.779	2.428.120

- Durch den Einsatz größerer Dämmstärken bei ohnehin vorgesehener Durchführung einer Dämmmaßnahme an der Gebäudehülle sowie effizienterer Fenster bei der Erneuerung der Fenster können Einsparkosten in Höhe von durchschnittlich unter 6 Ct/kWh erreicht werden.

In Zukunft wird es – wie bei den Wärmeversorgungsanlagen - wesentlich darauf ankommen, inwieweit die potenziellen Investoren über fundiertes Know-how verfügen, um die energetische Sanierung ihrer Gebäude mit dem erforderlichen Sachverstand durchführen zu lassen.

10.8 Empfehlungen zur Umsetzung

In diesem Punkt wurden ausführlich verschiedenste Möglichkeiten aufgeführt, die in Summe zum Erreichen der Energieautarkie beitragen können. Eine Übersicht der kurz-, mittel- und langfristig zu realisierenden Strukturen und Maßnahmen ist in der nachfolgend aufgeführten Tabelle 89 zu sehen:

Tabelle 89: Übersicht Maßnahmen

	Kommune	Private Haushalte	Gewerbe / Industrie
Kurzfristig	<ul style="list-style-type: none"> - Teilnahme am European Energy Award (EEA) - Kosten-/Verbrauchsdocumentation kommunaler Liegenschaften - Verbrauchserfassung und -controlling - Tarifierungsanpassung - Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen in Anlehnung an die Staatsregierung - Beschaffung energieeffizienter Geräte - Verbesserung der Energieeffizienz kommunaler Liegenschaften 	<ul style="list-style-type: none"> - Bereitstellung kommunaler Dächer für Photovoltaikanlagen - Initiierung von Informationsveranstaltungen zu erneuerbaren Energien - Initiierung von Informationsveranstaltungen zur Energieeffizienz - Verkauf von Bau- 	<ul style="list-style-type: none"> - Initiierung von Informationsveranstaltungen zu erneuerbaren Energien - Organisation von Initialberatungen zur Energieeffizienz

	Kommune	Private Haushalte	Gewerbe / Industrie
	<ul style="list-style-type: none"> – Verbesserung der Effizienz der Straßenbeleuchtung – Prüfung und Sicherung von Standorten für Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) – Erstellung und Aushang von einfachen Energieausweisen für Kommunalgebäude – Visualisierung von Energieverbräuchen in Schulen und größeren Gebäuden – Unterstützung von Bildungseinrichtungen und Kindertagesstätten – Selbstverpflichtung energieeffiziente Gebäudestandards – Errichtung von Photovoltaikanlagen auf eigenen Liegenschaften – Ausweisung potenzieller Standorte von Photovoltaikfreiflächenanlagen – Teilnahme an der Solarbundesliga – Bau einer Solartankstelle und Umrüstung von Fahrzeugen auf Elektroantrieb – Einrichtung von Pendlerparkplätze 	<ul style="list-style-type: none"> grundstücken mit Kopplung an Energiestandards – Gemeinsame Aktion mit Wärmebildkamera – Organisation von Sammeleinkäufen 	
Mittelfristig	<ul style="list-style-type: none"> – Ausbau der Nahwärmeversorgung mit KWK und erneuerbarer Energien – Planerische Unterstützung beim Repowering der Windparks 	<ul style="list-style-type: none"> – Förderprogramm Gebäude / qualifizierte Baubegleitung – Unterstützung für Biogasstandorte und Beteiligungsmodelle 	<ul style="list-style-type: none"> – Durchführung von Ökoprotit
Langfristig	<ul style="list-style-type: none"> – Planerische Festlegung weiterer Flächen zur Windenergienutzung – Verpachtung kommunaler Flächen zur Errichtung und zum Betrieb von Kurzumtriebsplantagen 		<ul style="list-style-type: none"> – Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in Gasnetze

Als grundlegende Maßnahme wird die Schaffung der nachfolgend benannten Strukturen für notwendig gehalten:

- kurzfristige Strukturen:
 - Einführung eines kommunalen Energiemanagements
 - Einstellung kommunaler Energiebeauftragter für die Region
 - Energieberatungsstelle
- mittelfristige Strukturen:
 - Einrichtung von Effizienzfonds
 - Aufbau Biomassehof
 - Aufbau von Nahwärmenetzen
- langfristige Strukturen:
 - Aufbau von Stadtwerkstrukturen

Abschließend ist festzuhalten, dass die Verbesserung des energiewirtschaftlichen Grundwissens durch Erfassung, Auswertung und Beurteilung des Verbrauchs der eigenen Anlagen sowohl für Privatleute als auch für Kommunen sowie Gewerbetreibende und Industrie zukünftig unerlässlich sein wird. Die Erschließung vorhandener Einsparpotentiale im Rahmen gering-investiver Maßnahmen sollte zeitnah von den Kommunen sowie den privaten Haushalten in Angriff genommen werden. Vorbildhafte Beispiele („Leuchtturmprojekte“) sind unbedingt zu kommunizieren. Wichtig erscheint an dieser Stelle der rege Dialog und Erfahrungsaustausch zwischen den Beteiligten sowie das Heranführen und Einbeziehen der nächsten Generation an das Thema z.B. über die Beteiligung von Bildungseinrichtungen.

Quelle [109] sowie die mit Datum vom 26.09.2009 in Bild 57 gezeigten Durchschnittswerte des Heizölpreises für das Bundesgebiet zeigen, dass die zukünftige Entwicklung Preisentwicklung für Heizöl unsicher ist.

Unter diesem Gesichtspunkt ist die Umsetzung der drei in der Konzeption benannten Hauptsäulen

- Verbesserung der Strom- und Anlageneffizienz
- Verbesserung der Wärmedämmung und
- Ersatz fossiler Brennstoffe durch erneuerbare Energie

ein wichtiger Schritt, damit die Region Westlausitz sich zukünftig als energieautarke Region positionieren kann.



Bild 57: Heizölpreise seit 2007 (Quelle: [110])

11 Danksagung

Wir danken Herrn Professor Dr. Frank Gabriel für die Unterstützung bei der Bearbeitung des Energiekonzeptes, vor allem für die fundierten Anregungen und Vorschläge sowie für seine tatkräftige Mitarbeit bei der Berichtserstellung.

Ebenso danken wir Herrn Dr. Bernd Wolters für die Unterstützung, insbesondere für die zahlreichen Vorschläge im Bereich der Maßnahmen.

Dem Planungsbüro Schubert, welches durch Frau Susanne Stump und Frau Daniela Retzmann vertreten wurde, danken wir für die konzeptionelle und redaktionelle Hilfe.

12 Quellenverzeichnis

- [1] [Aktionsplan Klima und Energie des Freistaates Sachsen](#) (Stand: 03.06.2008)
Freistaat Sachsen, Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
- [2] [„Energieautarke Modellregionen in Sachsen“](#), Untersuchungsregion Annaberger Land
Aktenzeichen: 13-8802.3529/46.1
- [3] [„Energieautarker Bezirk Güssing“](#), Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien, Radetzkystraße 2, 1030 Wien
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>
- [4] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen; <http://www.statistik.sachsen.de/>;
<http://www.statistik.sachsen.de/Index/21gemstat/unterseite21.htm>
- [5] ENSO: Mitteilung nach § 52 EEG, Jahresabrechnung 2008
[http://www.enso.de/enso/home.nsf/Ressourcen/DC0EB87A5A9BE22BC125726600493D4C/\\$file/ENSO_EEG-Anlagen.pdf](http://www.enso.de/enso/home.nsf/Ressourcen/DC0EB87A5A9BE22BC125726600493D4C/$file/ENSO_EEG-Anlagen.pdf)
- [6] [IHK Dresden](#)
- [7] nach telefonischer Auskunft von Herrn Krause, Tel.: 03578/33-3171
- [8] <http://de.wikipedia.org/wiki/Wald#Deutschland>
- [9] <http://www.bundeswaldinventur.de/>
- [10] [Forstbericht der Sächsischen Staatsregierung 2008, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft](#)
- [11] [Staatsbetrieb Sachsenforst](#)
- [12] <http://www.diw.de/documents/publikationen/73/65778/07-40-1.pdf>
- [13] [Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie](#)
- [14] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
- [15] Konzessionsabgabe Kommunen
- [16] Landesinnungsverband des Schornstiefegerhandwerks Sachsen
- [17] Umfrage Privatpersonen in Arnsdorf, Elstra, Großröhrsdorf
- [18] http://www.smwa.sachsen.de/de/Wirtschaft/Energie/Zahlen_und_Fakten/18287.html
- [19] [Leitfaden Klima schützen – Kosten senken](#)
- [20] [Verwaltungsvorschrift des Sächsischen Staatsministeriums der Finanzen über Förderung von Vorhaben zur Erhöhung der Energieeffizienz einschließlich Nutzung erneuerbarer Energien im staatlichen Hochbau des Freistaates Sachsen \(VwV Energieeffizienz\), Anlage 1, 2008](#)
- [21] <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/umwelt/klima/14393.htm>
- [22] http://www.vattenfall.de/cps/rde/xchg/trm_de/hs.xsl/166.htm
- [23] <http://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaik#Wirkungsgrad>
- [24] http://www.rpv-oberlausitz-niederschlesien.de/fileadmin/PDF-Dateien/Regionalplanung/Teilfortschreibung_Wind.pdf

- [25] http://de.wikipedia.org/wiki/Windkraftanlage#Leistung_und_Ertrag
- [26] [Positionspapier Bundesverband WindEnergie e.V.: Repowering – Mehr Windstrom mit weniger Anlagen \(2005\)](#)
- [27] <http://www.wind-energie.de/de/themen/repowering/>
- [28] <http://de.wikipedia.org/wiki/Enercon>
- [29] http://www.invest-in-saxony.de/de/Grossbild/89699.html?referer=117910&template=html_pgfl_image_xxl
- [30] [Dresdner ÖKOTHERM GmbH](#)
- [31] <http://www.ib-kuntzsch.de/article/E-Steinbach-Diplom-2002.pdf>
- [32] Windenergienutzung im Freistaat Sachsen, Windenergiepotential in Sachsen, Abschlußbericht, Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung, 1997
- [33] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7c/Windkraftanlagen_in_Deutschland.png
- [34] [Grüne Ausbaustudie 2020](#)
- [35] http://www.alternative-energien-gb.de/de/solarenergie/images/img_solar_001.jpg
- [36] <http://www.solar-wagner.de/CMS/media/esdeu.jpg>
- [37] [Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung](#), Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, 2004
- [38] Landwirtschaftliche Biogaserzeugung und -verwertung, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 1998
- [39] [Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein](#)
- [40] Umfrage Gemeinden
- [41] http://www.muenchner-fachforen.de/solar/newsletter/FF_11_Vortrag_ZAE.pdf
- [42] http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/broschuere_ee_zahlen.pdf
- [43] Bundeswettbewerb Bioenergie Region
- [44] http://www.gga-hannover.de/institut/verschiedenes/daten/temp_daten/home.htm
- [45] http://www.uni-siegen.de/fb10/fwu/wb/veranstaltungen/tagungsband_muehlentag.pdf
- [46] <http://www.smul.sachsen.de/umwelt/wasser/967.htm>
- [47] <http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserkraft>
- [48] Besprechung mit Herrn Dr.-Ing. Werner Große (TU Dresden, Fakultät für Internationale Forst- und Holzwirtschaft) und Herrn Dr. Denie Gerold (OGF mbH Dienstleistungen für die Forstwirtschaft)
- [49] <http://www.energie.ch/at/asm/beispiel/eff.htm>
- [50] http://www.smul.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/Vortrag_SH_18_01_05_roehricht.pdf
- [51] http://de.wikipedia.org/wiki/Bioethanol#Thermischer_Wirkungsgrad
- [52] <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/umwelt/klima/14393.htm>

- [53] <http://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaikanlage>
- [54] <http://de.wikipedia.org/wiki/Windkraftanlage>
- [55] http://de.wikipedia.org/wiki/Thermische_Solaranlage
- [56] <http://de.wikipedia.org/wiki/BHKW>
- [57] http://www.energie.tu-berlin.de/uploads/media/studie_nov2008.pdf
- [58] http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/foerderrichtlinie_waerme.pdf
- [59] <http://www.klotzsche-wetter.de/>
- [60] [SAENA Sächsische Energieagentur](#)
- [61] [Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden \(Energiesparverordnung – EnEV\) vom 24. Juli 2007](#)
- [62] DIN 4701-10 – energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen
- [63] <http://www.energiesparen-im-haushalt.de/energie/bauen-und-modernisieren/modernisierung-haus/nachtraegliche-waermedaemmung/waermedaemmung-kosten.html>
- [64] <http://www.proaktiv.de/Rahmenbedingungen.rahmenbedingungen.0.html>
- [65] http://www.goettfried-und-partner.de/downloads/4041_Website_-_Energieinfo.pdf
- [66] <http://www.haustechnikdialog.de/Forum/Default.aspx?t=68281&print=1&page=1>
- [67] UMWELT kommunale-ökologische Briefe Nr. 22; S. 13; Datum: 31.10.2007
- [68] <http://www.wupperinst.org/solarundspar>
- [69] www.eco-watt.de
- [70] <http://www.european-energy-award.de/teilnahme>
- [71] www.saena.de/media/files/Upload/PDF_Inhalt/KOMMUNEN/vwv_energieeffizienz_2008.pdf
- [72] www.saena.de/media/files/Upload/PDF_Inhalt/KOMMUNEN/vwv_energieeffizienz_anlage1.pdf
- [73] www.saena.de/media/files/Upload/PDF_Inhalt/KOMMUNEN/vwv_energieeffizienz_anlage2.pdf
- [74] <http://keds-online.de/keds-Themen/Energieeffiziente-Kommune/Beschaffung.html>
- [75] <http://www.keds-online.de/keds-Themen/Energieeffiziente-Kommune/Beschaffung/Leitfaeden.html>
- [76] <http://www.keds-online.de/keds-Themen/Energieeffiziente-Kommune/Beleuchtung.html>
- [77] http://www.envitec-biogas.de/fileadmin/user_upload/MediaCenter/Pictures/PressPictures/SchemaBiogas.jpg
- [78] Umweltbundesamt; (2009); Sammlung energieeffizienter Techniken für die Stadtbeleuchtung; Stand: 11. Februar 2009
- [79] www.bundeswettbewerb-stadtbeleuchtung.de/pdf_files/090211_SammlungStadtbeleuchtung.pdf
- [80] <http://www.sn.schule.de/>

- [81] <http://www.thema-energie.de/strom/stand-by/stand-by-verbrauch-verschiedener-geraete-und-beispielrechnung.html>
- [82] <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energiestatistiken,did=177108.html>
- [83] http://www.saena.de/Aktuelles/Veranstaltungen/Veranstaltungsdetailseite.html?event_id=102&term_id=127&tab=files
- [84] IFEU et al.; (2009); Potenziale und volkswirtschaftliche Effekte einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie für Deutschland
- [85] Institut Wohnen und Umwelt; (2008); Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen im Bestand vor dem Hintergrund der novellierten EnEV
- [86] Passivhaus Institut; (2008); Bewertung energetischer Anforderungen im Lichte steigender Energiepreise für die EnEV und die KfW-Förderung; Studie i.A. des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS)
- [87] <http://www.kfw-foerderdatenbank.de>
- [88] <http://www.sab.sachsen.de>
- [89] www.buergerkraftwerk.de
- [90] Zeitschrift photovoltaik- das Magazin für Profis, Ausgabe 07/2009
- [91] <http://passivhaus.saena.de/Saena/Verbraucher/Wanderausstellung.html>
- [92] <http://www.initiative-energieeffizienz.de/newsletter/newsletter-nr-15/ausstellung-clever-intelligent-energieeffizient.html>
- [93] <http://www.tab.fzk.de/de/projekt/zusammenfassung/AB49.htm>
- [94] <http://www.depv.de/startseite/marktdaten/pelletspreise/>
- [95] <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energiestatistiken,did=177108.html>
- [96] BWK Band 61 (2009), Nr. 5; Klimaschutz per KWK, Eine volkswirtschaftliche Einordnung dezentraler Klein-KWK-Anlagen
- [97] <http://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare-Energien-Gesetz#Photovoltaikanlagen>
- [98] <http://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaik>
- [99] http://www.biokraftstoff-portal.de/data/File/Thueringen/Veranstaltungen/06-11-02_Bioenergetag/06-11-02_12.Bioenergetag_IE_Kaltschmitt_web.pdf
- [100] http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/download/Wirtschaftlichkeit_Fischer.pdf
- [101] http://www.eeg-aktuell.de/fileadmin/user_upload/Downloads_Studien/vortrag_rehfeldt_deutsche%2Bwindguard_husumwind2007.pdf
- [102] http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eeg_verguetungsregelungen.pdf
- [103] <http://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare-Energien-Gesetz#Windkraft>
- [104] <http://www.sinu.de/>
- [105] Ein Vorschlag zum Energieausweis für den Wohnungsbestand auf der Grundlage von gemessenen Wärmeverbräuchen
Die Wohnungswirtschaft 10/2004

- [106] Energieverbrauch der privaten Haushalte, Statistisches Bundesamt, UGR 2008 - November 2008
- [107] Repowering von Windenergieanlagen – Kommunale Handlungsmöglichkeiten, DStGB, Dokumentation N^o 94, <http://www.dstgb.de/>
- [108] Rutger Kretschmer: Klimaschutz per KWK, BWK Bd. 61 (2009) Nr. 5
- [109] Uwe Leprich: Schlüsseltechnologie für den Klimaschutz - Wärmenetze als Rückrad einer nachhaltigen Wärmeversorgung, η [energie] 05/08
- [110] <http://www.tecson.de/>

13 Abkürzungsverzeichnis

AD	Amortisationsdauer
BHKW	Blockheizkraftwerk
BW	Brennwert
COP	Coefficient of Performance
CO ₂	Kohlendioxid
DENA	Deutsche Energie Agentur
DF	Dachfläche
EE	Erneuerbare Energien
eea®	European Energy Award®
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
Elt	Elektro
EnEV	Energieeinsparverordnung
EW	Einwohner
FM	Frischmasse
GbR	Gemeinschaft bürgerlichen Rechts
HKW	Heizkraftwerk
KA-befreit	Konzessionsabgabenbefreit
Kalk.	kalkulatorisch
Kfz	Kraftfahrzeuge
Kl. Gew. U.	kleine gewerbliche Unternehmen
Krad	Kraftrad
KUP	Kurzumtriebsplantagen
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LfULG	Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LKW	Lastkraftwagen
MM	Müller Milch
NNZ	Nichtnutzungszeit
NT	Niedertemperatur

oTS	organische Trockensubstanz
PH	Privathaushalte
PKW	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
ROI	Return on Investment
SAB	Sächsische Aufbaubank
SMUL	Sächsischen Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft
TM	Trockenmasse
WE	Wohneinheiten
WG	Wohngebäude
WKA	Windkraftanlage
WMP	Sächsisches Windmessprogramm
WMZ	Wärmemengenzähler
WSV	Wärmeschutzverglasung

14 Glossar

Coefficient of Performance:	Verhältnis von erzeugter Wärme zu verbrauchter Elektroenergie unter Laborbedingungen
Jahresdauerlinie:	zeigt, wie viele Stunden im Jahr eine bestimmte Energiemenge nachgefragt wird
Kurzumtriebsplantage:	Anpflanzung schnell wachsender Bäume oder Sträucher mit dem Ziel, innerhalb kurzer Umtriebszeiten Holz als nachwachsenden Rohstoff zu produzieren
Nennleistung:	maximal im Dauerbetrieb erreichbare Leistung
Perkolation:	Durchfließen von Wasser durch ein festes Substrat
Primärenergiefaktor:	umfasst zusätzlich zum eigentlichen Energiebedarf an einem Energieträger die Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers benötigt wird. Er beschreibt die Energieeffizienz und den ressourcenschonenden Umgang der Energienutzung. Dieser Faktor ist regional unterschiedlich, in Deutschland legt die Energieeinsparverordnung den Faktor fest
Pyrolyse:	Verbrennung unter Luftabschluss (Verschwelung)
Return on Investment:	bezeichnet ein Modell zur Messung der Rendite des eingesetzten Kapitals; $ROI = \frac{\text{Rückflüsse}}{\text{Investitionskosten}}$
Stromkennzahl:	Verhältnis der elektrischen Leistung zur thermischen Leistung

15 Bildverzeichnis

Bild 1:	LEADER-Region Westlausitz.....	4
Bild 2:	Bevölkerungsstruktur Region Westlausitz (Quelle: [4]).....	9
Bild 3:	Vergleich Unternehmen in Sachsen und der Westlausitz (Quelle: [4]; [6])	13
Bild 4:	vorhandene Waldflächen in Sachsen nach Eigentumsart (Quelle: [10]).....	16
Bild 5:	vorhandene Waldflächen in Sachsen nach Eigentumsart (Quelle: [10]; [11]).....	17
Bild 6:	CO ₂ -Emission durch Zugverkehr in der Westlausitz (Quelle: [13])	19
Bild 7:	CO ₂ -Emission durch Straßenverkehr in der Westlausitz (Quelle: [13]).....	20
Bild 8:	Installierte Leistung der EEG-Anlagen 2008 (Quelle: [5])	23
Bild 9:	Entwicklung der installierten Leistung von PV-Anlagen (Quelle:[22])	24
Bild 10:	Abgasanlagen und Schornsteine für Region Westlausitz (Schätzung nach Tabelle 22)	29
Bild 11:	Auswertung Befragung privater Haushalte in Arnsdorf (Quelle: [17])	29
Bild 12:	Auswertung Befragung privater Haushalte in Elstra (Quelle: [17]).....	30
Bild 13:	Auswertung Befragung privater Haushalte in Großröhrsdorf (Quelle: [17])	30
Bild 14:	Energiemix bei der Wärmeversorgung in der Region Westlausitz (Quelle: [17])	31
Bild 15:	Effekte des Repowerings (Quelle: [25])	38
Bild 16:	Windpark Bassens in Niedersachsen vor und nach Repowering (Quelle: [27]).....	39
Bild 17:	Repowering-Potenzial in der Westlausitz.....	40
Bild 18:	Windpark in Wachau (Quelle: eigene Fotos)	41
Bild 19:	durchschnittliche Windgeschwindigkeit von 1981 bis 1990 (Quelle: [31]).....	42
Bild 20:	Windhöfliche Gebiete in Sachsen und Messstationen des WMP (Quelle: [31])	43
Bild 21:	Windgeschwindigkeit Region Pulsnitz in 60 m Höhe (Quelle: [32])	43
Bild 22:	Windkraftanlagen in Sachsen (Quelle: [29]; [33]).....	44
Bild 23:	mittlere Globalstrahlung in Deutschland und Sachsen 1981-2000 (Quelle: [35]; [36])	46
Bild 24:	Temperaturfeld des Untergrunds in Deutschland in Tiefen von 500 m bis 3000 m (Quelle: [44])	55
Bild 25:	Bevölkerungsentwicklung Westlausitz (Quelle: [4])	61
Bild 26:	Funktionsweise BHKW (Quelle: [56]).....	64
Bild 27:	Physikalisch-chemische Umwandlungsverfahren (Quelle: [57])	65
Bild 28:	Biologisch-chemische Umwandlungsverfahren (Quelle: [57]).....	65
Bild 29:	Thermo-chemische Umwandlungsverfahren (Quelle: [57]).....	66
Bild 30:	Typische Wärmeversorgungssituation im ländlichen Raum (Quelle: [28]).....	67
Bild 31:	(Brennstoff)-Wärmeleistung in Abhängigkeit von der Außentemperatur für das Versorgungsgebiet gemäß Bild 30 (Quelle: [28])	68
Bild 32:	Jahresdauerlinie der Wärmeleistung für das Versorgungsgebiet gemäß Bild 30 (Quelle: [28])	68
Bild 33:	Berechnung des Energiebedarfs [Quelle: [62], Bild 1-1].....	69
Bild 34:	Bilanzschema BHKW und Spitzenkessel.....	70
Bild 35:	Versorgungsaufgabe als Wärmeleistung in Abhängigkeit von der Außentemperatur	71
Bild 36:	Jahresdauerlinie Wärmeleistung mit Leistungsaufteilung zwischen BHKW und Spitzenkessel	71
Bild 37:	Vorlauftemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur für Wärmepumpe und Heizung	73
Bild 38:	Jahresdauerlinie Wärmeleistung mit Leistungsaufteilung zwischen Wärmepumpe und Spitzenkessel sowie Vorlauftemperatur und COP Wärmepumpe für den Heizfall	74
Bild 39:	Monatsmittelwerte der Globalstrahlung in Abhängigkeit von der Außentemperatur für Dresden.....	76
Bild 40:	Jahresdauerlinie der Globalstrahlung für Dresden.....	76
Bild 41:	Solarertrag in Abhängigkeit von der Globalstrahlung für eine Anlage mit 30 m ² Kollektorfläche.....	77

Bild 42:	Jahresdauerlinie Wärmeleistung mit einem Arbeitsanteil der Solaranlage von 25 %	78
Bild 43:	Jahresdauerlinie Wärmeleistung mit einem Arbeitsanteil der Solaranlage von 35 %	78
Bild 44:	Primärenergiefaktor Wärmeversorgung in Abhängigkeit vom Primärenergiefaktor für Elektroenergie	80
Bild 45:	Kosten für die Logistikkette (Quelle: [99])	101
Bild 46:	Portfoliodarstellung für die kommunale Wärmeversorgung	104
Bild 47:	Brennstoffwärmeleistung in Abhängigkeit von der Außentemperatur	107
Bild 48:	Messgerät für Energieverbrauch und Energiekosten (Quelle: eigene Fotos)	108
Bild 49:	Einsparpotenziale durch Modernisierung der Straßenbeleuchtung (Quelle: [83]) ..	112
Bild 50:	Verbrauchserfassung und -visualisierung in Dresdner Schulen (Quelle: eigene Fotos)	115
Bild 51:	Parksituation an der Abfahrt Pulsnitz in Richtung Pulsnitz	120
Bild 52:	Pendlerparkplatz an der A 14, Abfahrt Leisnig in Richtung Leisnig	120
Bild 53:	Preisentwicklung PV-Module [Quelle:[90)]	121
Bild 54:	Vergütungszeitraum für erhöhte Anfangsvergütung abhängig vom Referenzertrag	127
Bild 55:	Gesamtkostenverteilung bei KUP (Quelle: [100])	130
Bild 56:	kumuliertes Jahresbetriebsergebnis eines Kurzumtriebssystems (Quelle: [100])..	132
Bild 57:	Heizölpreise seit 2007 (Quelle: [110])	143

16 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Einwohner und Flächen der Kommunen (Quelle: [4])	9
Tabelle 2:	Wohngebäude, Wohneinheiten und Wohnflächen der Kommunen (Quelle: [4])	10
Tabelle 3:	Wohngebäude und Anteil mit 1 bis 2 Wohneinheiten (Quelle: [4])	11
Tabelle 4:	Anzahl der Betriebe in der Region Westlausitz (Teil 1) (Quelle: [4]; [6])	12
Tabelle 5:	Anzahl der Betriebe in der Region Westlausitz (Teil 2) (Quelle: [4]; [6])	13
Tabelle 6:	Erwerbstätige und Pendler (Quelle: [4])	14
Tabelle 7:	Gesamt-, Siedlungs-/Verkehrs-, Landwirtschafts- und Waldflächen (Quelle: [4] Zahlen von 2007)	15
Tabelle 8:	Landwirtschaftlich genutzte Flächen sowie Ackerland- und Dauergrünlandflächen (Quelle: [4])	15
Tabelle 9:	Waldflächen und Eigentumsverhältnisse in der Westlausitz (Quelle: [10]; [11])	17
Tabelle 10:	Kfz-Bestand in der Westlausitz (Quelle: [4])	18
Tabelle 11:	Kraftstoff-Verbrauch in der Westlausitz (Quelle: [4]; [12])	18
Tabelle 12:	PV-Anlagen in der Region Westlausitz 2008 (Quelle: [5])	21
Tabelle 13:	Windparks in der Region Westlausitz 2008 (Quelle: [5])	22
Tabelle 14:	Biomasse-Anlagen in der Region Westlausitz 2008 (Quelle: [5])	22
Tabelle 15:	EEG-Anlagen in der Region Westlausitz 2008 (Quelle: [5])	23
Tabelle 16:	Wärmeversorgungsanlagen mit erneuerbarer Energie (Quelle: [14])	24
Tabelle 17:	Elektroenergieverbrauch in der Region Westlausitz 2008 (Quelle: [15])	26
Tabelle 18:	Anteile der einzelnen Tarife gemäß Tabelle 17	26
Tabelle 19:	spezifische Eltverbräuche der einzelnen Tarife gemäß Tabelle 17	26
Tabelle 20:	Erdgasverbrauch in der Region Westlausitz 2008 (Quelle: [15])	27
Tabelle 21:	Verbrauchsdaten von Tycka Totalgaz, Rheingaz, und Heizöl Paulik für die Westlausitz	28
Tabelle 22:	Abgasanlagen und Schornsteine Innung Bautzen (Quelle: [16])	28
Tabelle 23:	Zusammenfassung private Haushalte (Quelle: [17])	31
Tabelle 24:	Strom- und Wärmeverbrauch Sachsen (Quelle:[18])	32
Tabelle 25:	Schätzung des Wärmebedarfs anhand des Elektroenergieverbrauchs (eigene Schätzung)	33
Tabelle 26:	Schätzung des Wärmebedarfs für Wohngebäude und Ermittlung des Anteils für Erdgas am Energiemix für den Wärmebedarf ([14] und [106])	34
Tabelle 27:	CO ₂ -Emission und Energieverbrauch durch Straßenverkehr	34
Tabelle 28:	Zusammenfassung der Verbrauchsdaten	35
Tabelle 29:	Vergleich der spezifischen Verbräuche der Region Westlausitz mit dem Annaberger Land und dem Bezirk Güssing (Quelle: [2], Abschnitt 2.2.4, 2.3.1, 2.4.4; [3], Tabelle 17)	35
Tabelle 30:	CO ₂ -Emissionen in der Westlausitz nach Energieträgern	36
Tabelle 31:	CO ₂ -Emissionen in der Westlausitz nach Verbrauchskategorien	36
Tabelle 32:	spezifische Werte für Berechnung der CO ₂ -Emission (Quelle:[19]; [20])	36
Tabelle 33:	Alter der Windparks in der Westlausitz (Quelle:[22])	37
Tabelle 34:	Repowering in Deutschland (Quelle:[25]; [27])	39
Tabelle 35:	Repoweringmöglichkeiten für den Windpark in Wachau (Quelle: [28])	41
Tabelle 36:	Leistungsbereiche sowie Anzahl und Anteil der Anlagen (Quelle: [22])	45
Tabelle 37:	Solaranlagen in der Westlausitz (Quelle: [5]; [22])	46
Tabelle 38:	Dachflächen Westlausitz (Quelle:[40])	48
Tabelle 39:	PV-Potenzial für die Westlausitz (Quelle:[40])	48
Tabelle 40:	Solarthermisches Potenzial für die Westlausitz	49
Tabelle 41:	Energieinhalt des Holzeinschlages in der Westlausitz (Quelle: [11])	50
Tabelle 42:	Biomassepotenzial Westlausitz (Quelle: [4]; [34]; [41])	51
Tabelle 43:	Nutzenergie aus Biogas bei verschiedenen Einsatzstoffen (Quelle: [3]; [37]; [38]; [39])	52
Tabelle 44:	Straßenbegleitgrün (Quelle: [41])	52
Tabelle 45:	Viehhaltung in der Westlausitz (Quelle: [4])	53

Tabelle 46:	Ergebnisse Biomassepotenzial Landkreis Kamenz und Landkreis Bautzen (Quelle: [13])	54
Tabelle 47:	Biomassepotenzial aus Landwirtschaft für die Westlausitz	54
Tabelle 48:	Wohngebäude und Anteil KWK am Wärmebedarf der Wohngebäude	56
Tabelle 49:	Schätzung des KWK-Potenzials bei der Wärmeversorgung	57
Tabelle 50:	Energiepotenziale theoretisch und realistisch	59
Tabelle 51:	Primärenergie- und CO ₂ -Bilanz bei Einsatz eines Erdgas BHKW mit einem Leistungsanteil von 25%	72
Tabelle 52:	Primärenergie- und CO ₂ -Bilanz bei Einsatz einer Wärmepumpe mit einem Leistungsanteil von 25%	74
Tabelle 53:	Primärenergie- und CO ₂ -Bilanz beim Einsatz von solarthermischen Anlagen mit Arbeitsanteilen von 25 % und 35 %	79
Tabelle 54:	Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Ersatz eines NT-Kessels durch einen BW- Kessel	84
Tabelle 55:	Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Ersatz eines NT-Kessels durch einen Pellet- Kessel	85
Tabelle 56:	Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Ersatz eines NT-Kessels durch eine Wärmepumpe	86
Tabelle 57:	Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Ergänzung eines NT-Kessels durch eine thermische Solaranlage	87
Tabelle 58:	Kostenanteil eines Nahwärmenetzes	88
Tabelle 59:	Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Ersatz eines BHKW mit einem Arbeitsanteil von 25 %	89
Tabelle 60:	Energiekosten für die Westlausitz	91
Tabelle 61:	CO ₂ -Einsparung bei Nutzung aller Potenziale	91
Tabelle 62:	CO ₂ -Emission mit und ohne Nutzung der Potenziale	92
Tabelle 63:	Kosteneinsparung durch die Nutzung der gesamten Potenziale	92
Tabelle 64:	Elektroverbraucher im Haushalt (Quelle: [4], [81])	93
Tabelle 65:	Einsparung durch Abschaltung von Standby Verbräuchen im Haushalt	93
Tabelle 66:	Einsparung durch Energieeffizienz	94
Tabelle 67:	Wärmedämmung von Wohngebäuden bis 70 kWh/m ² *a (Niedrigenergiehaus), Baujahr vor 1995	94
Tabelle 68:	Kosten für die Teilnahme am eea®-Verfahren (Quelle: [70]; [104])	103
Tabelle 69:	Dokumentation der Verbräuche und Kosten für Straßenbeleuchtung einer Kommune (Quelle: [30])	105
Tabelle 70:	Beispiel für Datenerfassung (Quelle: [30])	106
Tabelle 71:	Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Erneuerung einer Straßenbeleuchtung	111
Tabelle 72:	Straßenbeleuchtung in der Westlausitz (Quelle: [40])	112
Tabelle 73:	vorhandene Nahwärmeversorgungen (Quelle: Zuarbeit Kommunen)	113
Tabelle 74:	sinnvolle Nahwärmeversorgungen mit möglichem KWK-Anteil (Angaben geschätzt)	113
Tabelle 75:	Wirtschaftlichkeit PV (Quelle:[95]; [97]; [98])	122
Tabelle 76:	Einnahmen durch Vermietung Dachflächen zur PV-Anlagenaufstellung (Quelle: [40])	122
Tabelle 77:	Festlegungen für Repowering (Quelle: [34]; [95]; [101]; [102])	126
Tabelle 78:	Wirtschaftlichkeit Repowering Windpark Großröhrsdorf	126
Tabelle 79:	Festlegungen für Windkraftanlagen (Quelle: [95]; [101]; [102])	129
Tabelle 80:	Wirtschaftlichkeit Windkraftpark mit 5 und mit 10 Anlagen	129
Tabelle 81:	Kalkulationsbeispiel für KUP (Quelle: [100])	130
Tabelle 82:	Gesamtkalkulationsübersicht für KUP	131
Tabelle 83:	EEG-Anlagen in der Region Westlausitz 2008 (Quelle: [5])	134
Tabelle 84:	Wärmeversorgungsanlagen mit erneuerbarer Energie (Quelle: [14])	135
Tabelle 85:	Zusammenfassung der Verbrauchsdaten	135
Tabelle 86:	Potenziale aus erneuerbaren Energien	136
Tabelle 87:	Einsparung durch Abschaltung von Stand-by-Verbräuchen im Haushalt	140
Tabelle 88:	Einsparung durch Energieeffizienz der Wärmeversorgung	141
Tabelle 89:	Übersicht Maßnahmen	141

Anlagen

Register 2: Gemeindestatistiken des Statistischen Landesamtes Kamenz

Register 3: Gesetz über den Vorrang erneuerbarer Energien;
EEG-Einspeiser ENSO und Vattenfall

Register 4: Verordnung über Konzessionsabgaben

Register 5: Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Register 6: Biomassepotenzial aus der Landwirtschaft im Freistaat Sachsen

Register 7: Netz-Struktur der ENSO für Elektroenergie und Erdgas; Beitrag Stromrebell

Register 8: Verbesserung der Energieeffizienz bei der Wärmeversorgung von Gebäuden

Register 9: Beitrag Das 100%-Solarhaus – Utopie oder Wirklichkeit?, IWU Bilder, Heizspiegel

Register 10: Zusammenstellung Förderprogramme