

**Abschlussbericht zum
Werksvertrag
zwischen
Landratsamt des Vogtlandkreises
und
Technische Universität Chemnitz**

Energiekonzept Vogtlandkreis



Technische Universität Chemnitz
Fakultät Elektrotechnik/ Informationstechnik
Professur Energie- und Hochspannungstechnik
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schufft
Mai 2012

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	iii
Abbildungsverzeichnis.....	vi
Tabellenverzeichnis.....	viii
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen.....	3
2.1 Der Vogtlandkreis.....	3
2.2 Beschreibung der Verteilnetzstruktur.....	7
2.3 Grundlagen zur Fluktuation Erneuerbarer Energien.....	9
2.4 Quellen Erneuerbarer Energien.....	12
2.4.1 Windenergie.....	13
2.4.2 Solarenergie.....	15
2.4.3 Bioenergie.....	15
2.4.4 Wasserkraft.....	17
2.4.5 Geothermie.....	18
3 Derzeitige Energieversorgung im Vogtlandkreis.....	21
3.1 Energiebedarf.....	22
3.1.1 Elektroenergiebedarf.....	22
3.1.2 Wärmeenergiebedarf.....	23
3.2 Energieerzeugung.....	24
3.2.1 Windenergie.....	24
3.2.2 Photovoltaik.....	25
3.2.3 Solarthermie.....	26
3.2.4 Bioenergie.....	27
3.2.5 Wasserkraft.....	28
3.2.6 Geothermie.....	29
3.3 CO ₂ -Bilanz.....	31
4 Potenzialanalysen Erneuerbarer Energieträger.....	33
4.1 Windenergie.....	33
4.2 Solarenergie.....	37
4.3 Bioenergie.....	38
4.4 Wasserkraft.....	39
4.5 Geothermie.....	40

5	Energiebedarfsprognose	42
5.1	Prognoseverfahren.....	42
5.2	Demographischer Wandel.....	44
5.3	Wirtschaftliche Entwicklung.....	44
5.4	Elektromobilität.....	45
5.5	Gesamtenergiebedarf	48
5.5.1	Prognose des Elektroenergiebedarfs	50
5.5.2	Prognose des Wärmeenergiebedarfs.....	53
6	Varianten einer autarken Energieversorgung.....	55
6.1	Autarkievarianten.....	55
6.1.1	Autarkievariante I - Inselnetz/Eigenerzeugung	57
6.1.2	Autarkievariante II - bedarfsgerechte, zeitgleiche Versorgung.....	58
6.1.3	Autarkievariante III - Eigenerzeugung entspricht Jahresverbrauch	59
6.1.4	Autarkievariante IV - Deutschland- /Europaweite Optimierung.....	59
6.1.5	Weitere Bewertungskriterien.....	60
7	Szenarien einer zukünftigen Energieerzeugung.....	62
7.1	Dynamische Modellierung	62
7.1.1	Arbeitsblatt „Prognosedaten- elektrisch“	62
7.1.2	Arbeitsblatt „Prognosedaten- thermisch“	64
7.1.3	Arbeitsblatt „Anlagenverteilung- PV“	64
7.1.4	Arbeitsblatt „Leistungsentwicklung WEA“	65
7.1.5	Arbeitsblatt „CO ₂ - Emissionsfaktor“.....	67
7.1.6	Arbeitsblatt „Berechnungstool“	69
7.2	Ermittlung der Netzausbaukosten	74
7.3	Beschreibung der Szenarien.....	77
7.4	Bewertung der Szenarien	78
7.5	Ausgewählte Szenarien	80
8	Speicherbedarf des Vogtlandkreises.....	81
8.1	Überblick Speichertechnologien	81
8.2	Methodik der Bestimmung des Speicherbedarfs.....	85
8.2.1	Energiezeitreihen durch Windenergieeinspeisung	85
8.2.2	Energiezeitreihen durch Photovoltaikanlagen	88
8.2.3	Energiezeitreihen durch Bioenergieanlagen	89

8.2.4	Energiezeitreihen des Energiebedarfs	89
8.3	Abschätzung des Speicherbedarfs der ausgewählten Szenarien	90
8.3.1	Speicherbedarf im 100%-Szenario	90
8.3.2	Speicherbedarf im Windenergie-lastigen Szenario	91
8.3.3	Speicherbedarf im Bioenergie-lastigen Szenario	92
8.4	Diskussion des Speicherbedarfs	93
9	Maßnahmenplan	94
10	Schluss	97
10.1	Leitbild	97
10.2	Zusammenfassung und Ausblick	98
	Literaturverzeichnis	99
	Anhang	104

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Geographische Lage des Vogtlandkreises	3
Abbildung 2 - Durchschnittliche Globalstrahlung Deutschland [2].....	5
Abbildung 3 - Mittlere Windgeschwindigkeiten Vogtlandkreis (60 m Höhe) [4].....	6
Abbildung 4 - Aufbau 110-kV-Netz Vogtlandkreis schematisch.....	7
Abbildung 5 - Lastgang der Umspannwerke	8
Abbildung 6 - Standard-Tageslastgang [6] und solarer Strahlungsverlauf an einem Übergangstag in einer vergleichbaren Einstrahlungsregion	10
Abbildung 7 - Reserven, Ressourcen und Nutzung konventioneller Rohstoffe weltweit [9].....	12
Abbildung 8 - Energieflussdiagramm KWE 2011 [10]	14
Abbildung 9 - Luftbewegung am Rotorblatt [10].....	14
Abbildung 10 - Energetisch nutzbare Biomasse [12]	16
Abbildung 11 - Umwandlung Biomasse [12]	16
Abbildung 12 - Energieumwandlung Biomasse [13]	17
Abbildung 13 - Energiehaushalt 2008 [15].....	21
Abbildung 14 - Bevölkerung [16] 2009.....	22
Abbildung 15 - Elektrischer Energiebedarf 2009 (Tabelle 7)	23
Abbildung 16 - Thermischer Energiebedarf (Datenerhebung: 2007 bis 2011 [17]).....	24
Abbildung 17 - Verteilung der Windenergieanlagen (Stand 2010).....	25
Abbildung 18 - Photovoltaik (Stand 2010) [18].....	26
Abbildung 19 - Solarthermische Anlagen (Stand 2010) [19].....	27
Abbildung 20 - Bioenergie-Anlagen (Stand 2010) [17]	28
Abbildung 21 - Wasserkraftanlagen (Stand 2010)	29
Abbildung 22 - Geothermische Anlagen (Stand 2010) [19]	30
Abbildung 23 - CO ₂ -Bilanz [20].....	31
Abbildung 24 - Neue Vorrangs-/ Eignungsgebiete für Windenergieanlagen im Vogtlandkreis [25]	35
Abbildung 25 - Prognose Wärmepumpen [31]	41
Abbildung 26 - Prognosegröße Energiebedarf.....	43
Abbildung 27 - Bevölkerungsentwicklung [16]	44
Abbildung 28 - Bruttoinlandsprodukt Sachsen [16].....	45
Abbildung 29 - Tageslastgang eines Ortsnetztransformators mit und ohne Elektrofahrzeuge.....	47
Abbildung 30 - Aktueller Mix elektrischer Energie (Stand: 2010 - 2011).....	49
Abbildung 31 - Elektroenergiemix Vogtlandkreis (Stand: 2010 - 2011).....	50
Abbildung 32 - Wärmeenergiemix Vogtlandkreis (Stand: 2007-2011)	50
Abbildung 33 - Prognose des Elektroenergiebedarfs.....	51
Abbildung 34 - Pro-Kopf-Verbrauch.....	52
Abbildung 35 - Prognose des Wärmeenergiebedarfs	54
Abbildung 36 - Varianten der Energieautarkie.....	55
Abbildung 37- Aufbau einer SWOT-Analyse.....	56
Abbildung 38 - Anforderungen an die IKT-Infrastruktur	60
Abbildung 39 - Anlagenverteilung Photovoltaik	65
Abbildung 40 - Ausschnitt aus Arbeitsblatt "Berechnungstool"	69
Abbildung 41 - Spezifische Netzausbaukosten	76

Abbildung 42 - Überblick verschiedener Speichertechnologien [[54]- übersetzt].....	84
Abbildung 43 - Jahresverlauf der Windgeschwindigkeit (Stundenwerte) bei einem Mittelwert von 5,8 m/s	86
Abbildung 44 - Mittlere Leistungskennlinie einer Windenergieanlage	87
Abbildung 45 - Verlauf der Windenergie-Einspeiseleistung über ein Jahr	87
Abbildung 46 - Simulierter Jahresverlauf der Einspeiseleistung des gesamten Photovoltaik-anlagenpotenzials des Vogtlandkreises	88
Abbildung 47 - Verlauf des Elektroenergiebedarfs über ein Jahr im 100%-Szenario	89
Abbildung 48 - Jahresverlauf der Elektroenergienutzung incl. Einspeisung im 100 %-Szenario	90

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Typische Volllaststundenzahlen [7]	11
Tabelle 2 - Wasserkraft-Turbinen [12]	18
Tabelle 3 - Potenzielle Gebiete mit Mittleren Windgeschwindigkeiten größer 6,5 m/s in 60 m Höhe	36
Tabelle 4 - Potenziale zur Erzeugung von Bioenergie	39
Tabelle 5 - Einordnung der Arbeitsblätter im Energiemodell	62
Tabelle 6 - Leistungs- und Größenentwicklung WEA [49], [46]	67
Tabelle 7 - CO ₂ -Emissionsfaktor [20]	67
Tabelle 8 - CO ₂ -Emissionsfaktoren der Elektroenergieerzeugung [50] [51]	68
Tabelle 9 - CO ₂ - Emissionsfaktoren der Wärmeenergieerzeugung[51]	69
Tabelle 10 - Potenziale (Ausschnitt aus dem Energiemodell)	70
Tabelle 11 - Durchschnittliche Anlagenleistung [MW].....	71
Tabelle 12 - Ausgeblendete Zeilen	74
Tabelle 13 - Netzausbaukosten für Windenergieanlagen [48]	75
Tabelle 14 - Netzausbaukosten für Bioenergieanlagen [53].....	76
Tabelle 15 - Betrachtete Realisierungsabstufungen	77
Tabelle 16 - Ergebnisse der Szenarien.....	79
Tabelle 17 - Einfluss der Energiearten auf die Untersuchungskriterien	79
Tabelle 18 - Überblick über markante Speicherparameter des 100%-Szenarios bei Variation der Fluktuationen	91
Tabelle 19 - Überblick über markante Speicherparameter des Windenergie-lastigen Szenarios bei Variation der Fluktuationen	92
Tabelle 20 - Überblick über markante Speicherparameter des Bioenergie-lastigen Szenarios bei Variation der Fluktuationen	92
Tabelle 21 - Maßnahmenplan	96
Tabelle 22 - Prognoseergebnisse für den Vogtlandkreis.....	98
Tabelle 23 - Autarkievariante I - Inselnetz	104
Tabelle 24 - Autarkievariante II - Bedarfsgerechte, zeitgleiche Versorgung.....	105
Tabelle 25 - Autarkievariante III - Ausgeglichene Energiebilanz	106
Tabelle 26 - Autarkievariante IV - Europaweite Optimierung.....	107
Tabelle 27 - Anlagenbestand Energieerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien	108

1 Einleitung

Die Bekämpfung der globalen Erwärmung der Erdatmosphäre und die Minderung der Auswirkungen gehören zu den zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Der Klimawandel ist bereits voll im Gange und die damit verbundenen Folgen sind für jedermann erkennbar. Die Ursache dafür wird in erster Linie in den hohen, anthropogen bedingten, CO₂-Emissionen weltweit durch weitestgehende Nutzung von fossilen Energieträgern gesehen. Das ICPP, ein Zusammenschluss von Klimaforschern vieler Länder, prognostiziert für 2100 eine Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperaturen um bis zu 6 Grad gegenüber den derzeitigen Temperaturen. Diese Veränderungen werden sich auf unsere Umwelt und dabei besonders auf die Natur und den Wasserhaushalt auswirken und damit die Lebensbedingungen der Menschheit wesentlich beeinflussen.

Auch aufgrund der weiterhin ständig steigenden Energiepreise und der Endlichkeit fossiler Energieträger ist ein Umdenken zur effizienten und umweltverträglichen Energieerzeugung und Energienutzung dringend notwendig. Aber auch die Reaktorkatastrophen von Harrisburg, Tschernobyl und Fukushima zeigen, dass die langfristig als Alternative gehandelte Kernenergie auf Grund ihres hohen Risikopotenzials keine echte Alternative darstellt.

Somit besteht ein echter Handlungszwang aus Umwelt- bzw. Klimaschutzgründen und ökonomischen Erfordernissen, wobei Klimawandel und Ressourcenknappheit keine Katastrophe sein müssen, sondern auch eine Herausforderung dafür sein können, dass die Menschheit selber Lösungen findet, um die Probleme zu lösen. Es werden diejenigen Branchen und Regionen „profitieren“, die sich rechtzeitig anpassen, den Energieverbrauch reduzieren und die Kosten senken.

Im Vogtlandkreis haben sich die Verantwortlichen bereits seit der Jahrtausendwende mit Klimawandel und Einflussfaktoren auf unser Klima befasst. Seitdem wird auch versucht, bei Genehmigungsverfahren und vorgelegten Planungen insofern Einfluss zu nehmen, dass zumindest Fragen der Energieeffizienz, der Verringerung der Menge der erzeugten Treibhausgase und die Nutzung Erneuerbarer Energien von den Investoren und Planeinreichern gewürdigt wurden. Im Jahre 2004 entstand dann die Notwendigkeit, diese Prozesse nicht mehr dem Zufall zu überlassen, sondern konkrete Steuerungsmechanismen für den Vogtlandkreis zu formulieren. Dazu wurden die entsprechenden Beschlüsse gefasst, so zum Beispiel, sich im Benchmarking-Prozess „*European energy award*“ für Landkreise in der alltäglichen Arbeit mit den energiebewusstesten Landkreisen Deutschlands zu messen und von ihnen zu lernen sowie über ein Energiekonzept für einen gesamten Landkreis, Aktivitäten für die Nutzung Erneuerbarer Energien und die Erhöhung der Energieeffizienz anzuregen und anzuleiten.

Ziel des Energiekonzeptes Vogtlandkreis soll sein, auf der Grundlage von Bilanzen und Prognosen Einzelziele und Schwerpunkte des energiepolitischen Handelns, vornehmlich die Realisierung der Energieversorgung und deren Harmonisierung mit der Strukturentwicklung der betrachteten Region, unter Einbeziehung des Umweltschutzes für die nächsten Jahre festzulegen. Praktisch steht die Frage, ist das Thema Energieautarkie für eine derartige Region wie dem Vogtlandkreis überhaupt relevant und unter welchen Bedingungen ist diese überhaupt erreichbar. Alle Bemühungen um eine Autarkie sind mit der Stärkung regionaler Stoffkreisläufe verbunden, mit Wertschöpfung, deren Ergebnisse auch in der Region verbleiben und sichtbar werden.

Nachdem bereits in den ersten fünf Modulen des Energiekonzeptes für den Vogtlandkreis Vorleistungen diesbezüglich erbracht wurden, sollen in der vorliegenden Arbeit diese Gedanken überarbeitet und zusammengefasst sowie an neue Gegebenheiten, wie Demographie, Elektromobilität und Energiespeicherung angepasst werden.

Dieses Konzept soll einerseits aufzeigen, was in der Region möglich ist, d.h. welche Potenziale z. B. bei Erneuerbaren Energien vorhanden sind, wie diese Potenziale genutzt werden können und wie die Infrastruktur verändert werden muss, um diese Potenziale zu nutzen. Letztendlich soll aber auch für jeden deutlich werden, welchen Anteil er mit seinen Aktivitäten an der Verminderung von Kohlendioxidemissionen im Landkreis hat.

Ein derartiges Konzept lebt nur von der Umsetzung. Es soll genauso zum Handeln anregen, wie zum Überprüfen der eigenen Handlungsweisen. Es ist kein Dogma, sondern es muss ständig fortgeschrieben und an die veränderten Bedingungen angepasst werden. Daran soll sich eine möglichst große Zahl Vogtländer beteiligen.

Das Konzept wurde modular aufgebaut und unter Federführung des Vogtlandkreises gemeinsam von der Technischen Universität Chemnitz, dem Leipziger Institut für Energie und dem Biomassekompetenzzentrum Leipzig erarbeitet.

Besonders erwähnenswert ist die Verwendung von realen regionalen Daten zum Energieverbrauch und deren Erzeugung, wodurch die Bedeutung und Praxisrelevanz des Energiekonzeptes unter Beachtung des von der Bundesregierung beschlossenen Ziels der Energiewende stark betont wird. Die gesamte energetische Betrachtung schließt den Energiebedarf des Verkehrssektors aus, da dieser nicht als regional beeinflussbar, sondern als national gesteuert anzusehen ist. Allerdings werden die Einflüsse der zukünftigen Elektromobilität auf den Elektroenergiebedarf berücksichtigt.

2 Grundlagen

2.1 Der Vogtlandkreis

Der Vogtlandkreis befindet sich im Südwesten der Freistaates Sachsen (Abbildung 1) und umfasst auf einer Fläche von 1.411,89 Quadratkilometern den gesamten sächsischen Teil der Region Vogtland. Er befindet sich an der Grenze der Freistaaten Bayern, Sachsen und Thüringen sowie der Tschechischen Republik.

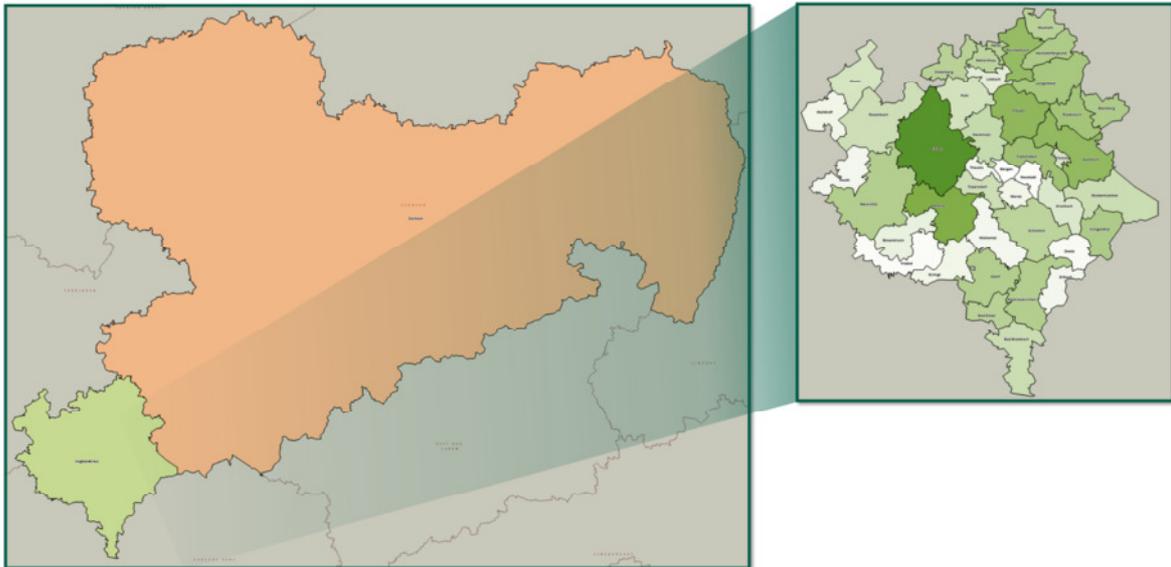


Abbildung 1 - Geographische Lage des Vogtlandkreises

Der Vogtlandkreis wurde im Zuge der letzten Kommunalreform am 1. August 2008 in dieser Form zusammengeschlossen. Durch die Lage am Rand des Erzgebirges steigt der Vogtlandkreis nach Süden und Südosten auf Mittelgebirgsniveau an. Der südliche Teil des Vogtlandes wird daher auch Oberes Vogtland genannt. Der gesamte Vogtlandkreis ist geprägt von flachen Hügelkuppen, welche oft bewaldet sind. Das Obere Vogtland ist nahezu komplett mit Nadelwäldern überzogen. Im zentralen und nördlichen Teil des Vogtlandkreises befinden sich die bevölkerungsreichsten Städte, in einer von Feldern, Wiesen und bewaldeten Hügelkuppen geprägten Landschaft. Die wichtigsten Flüsse im Vogtlandkreis sind die Zwickauer Mulde und die Weiße Elster. Aufgrund der besonderen Lage in Angrenzung an den Saale-Graben gilt das Vogtland als eines der vulkanisch aktivsten Zonen in Mitteleuropa, was sich insbesondere durch Schwarmbeben und mineralische Heißwasserquellen ausdrückt.

Der Vogtlandkreis beheimatete im Jahr 2011 243.414 Menschen. Damit liegt die Bevölkerungsdichte mit ca. 172 Personen je Quadratkilometer unterhalb des Bundesdurchschnitts von 230 Personen pro Quadratkilometer. Der Vogtlandkreis kann somit als besonders ländlich bezeichnet werden. Im Jahr 2007 waren über 25 % der Bevölkerung über 65 Jahre alt. Dies wird bis zum Jahr 2020 auf etwa 39 % ansteigen [1].

Im Vogtlandkreis existieren bedeutende Industriestandorte entlang der Autobahn A72 zwischen Reichenbach und Oelsnitz, sowie im Ballungsbereich Plauen. In diesen verdichteten Bereichen sind sowohl Textilindustrie, Druckmaschinenbau und die Fahrzeugindustrie entscheidende Wirtschaftsgrößen. Neben den industriellen Leuchttürmen spielt im Vogtlandkreis das

Bäderwesen in den Kurorten des Oberen Vogtlandes, der Musikinstrumentenbau sowie der Tourismus eine wesentliche Rolle.

Aufgrund der geringen Bevölkerungsdichte und der ländlichen Struktur des Vogtlandkreises, kombiniert mit Lastzentren, wie dem Raum Plauen, entstehen auch besondere Herausforderungen bei der Energieversorgung. Gerade ein Zubau von Energieerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien bietet sich im ländlichen Raum an, jedoch ist die Last in Erzeugernähe besonders gering, so dass die erzeugte Energie in verbrauchsreiche Gemeinden transportiert werden muss, was einen Netzausbau bedingt.

Die energetischen Potenziale der regenerativen Energieerzeugung sind im Wesentlichen von der solaren Globalstrahlung und den Windgeschwindigkeiten abhängig. In Abbildung 2 ist erkennbar, dass die durchschnittliche solare Einstrahlung über das Jahr im Vogtlandkreis in einem Bereich zwischen 1.100 und 1.150 kWh/m² [2] liegt. Damit liegt die durchschnittliche Einstrahlung von 2004 bis 2010 in Summe geringfügig über dem bundesweiten Durchschnitt von ca. 1.000 kWh/m².

Globalstrahlung

Deutschland

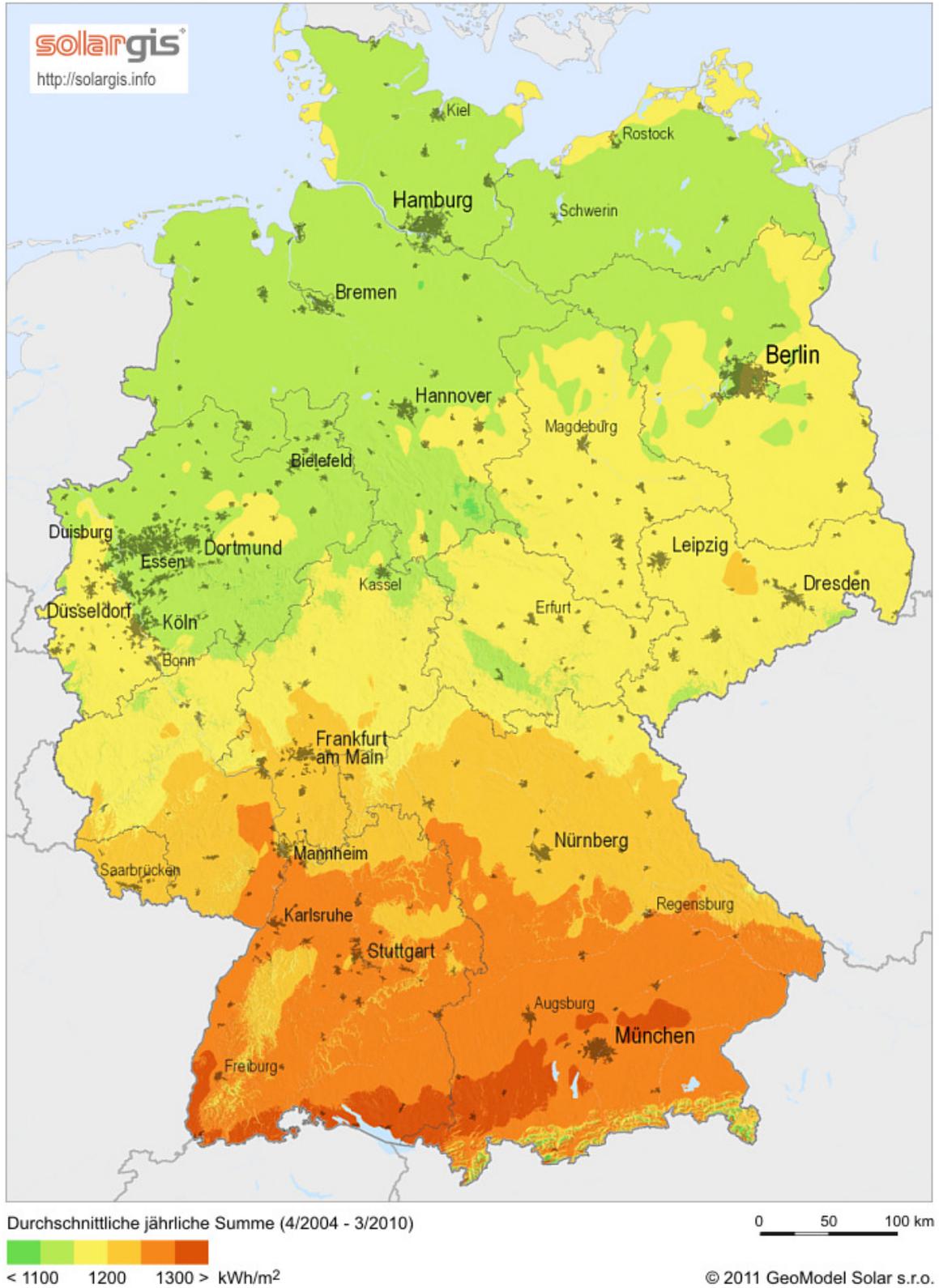


Abbildung 2 - Durchschnittliche Globalstrahlung Deutschland [2]

Die mittleren Windgeschwindigkeiten sind entscheidend für die Auslastung von Windenergieanlagen, sie betragen im Gebiet des Vogtlandkreises ca. 5,5 m/s [3]. Diese mittlere Windgeschwindigkeit wurde in einer Höhe von 60 m ermittelt. Auf deren standortabhängige Besonderheiten wird im Energiekonzept eingegangen. Ebenso werden die besonderen Potenziale zur Nutzung von Bioenergie beschrieben. In der Abbildung 3 ist die Verteilung der mittleren Windgeschwindigkeiten im Vogtlandkreis dargestellt.

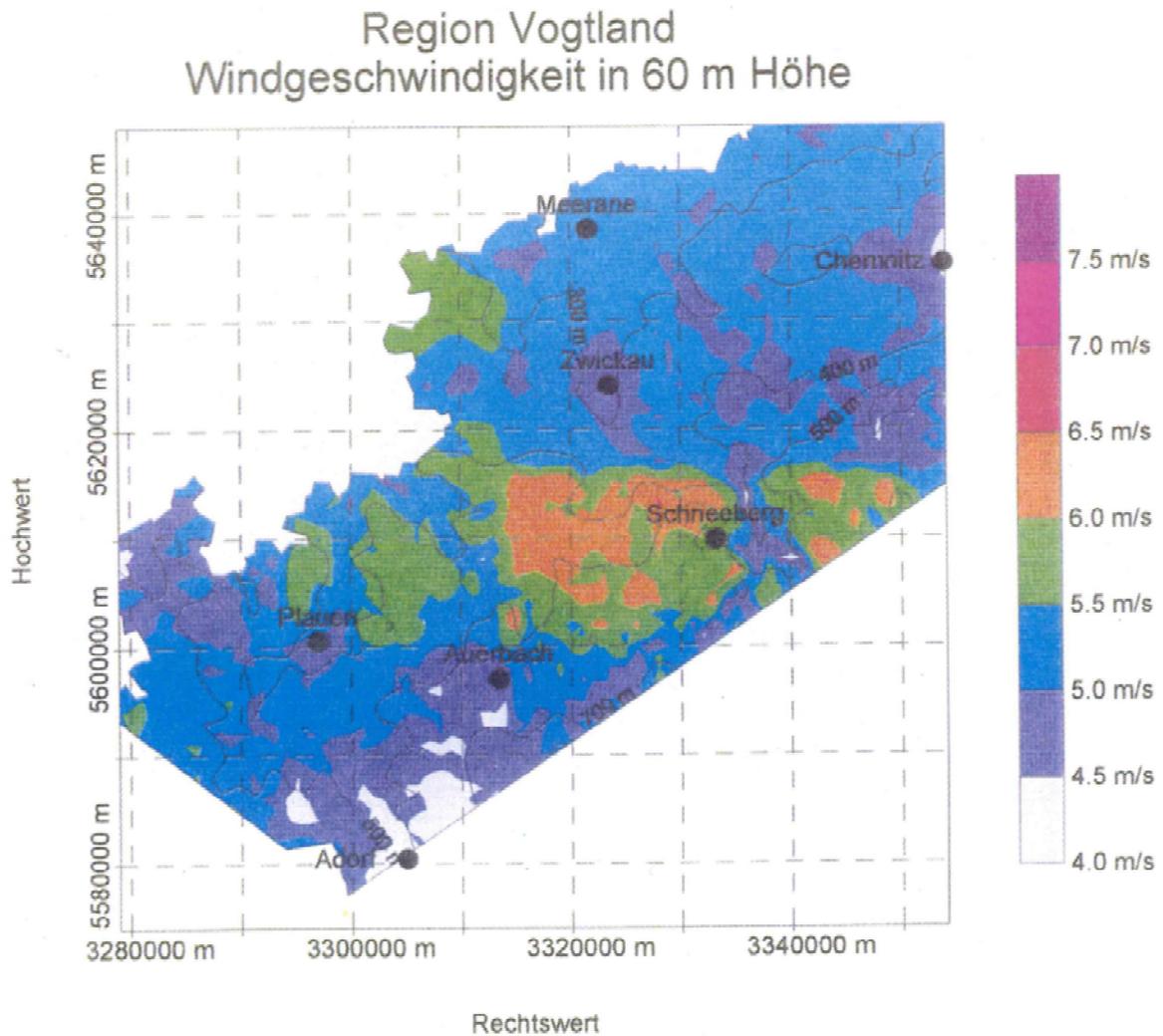


Abbildung 3 - Mittlere Windgeschwindigkeiten Vogtlandkreis (60 m Höhe) [4]

2.2 Beschreibung der Verteilnetzstruktur

Die Versorgung des Vogtlandkreises mit Elektroenergie wird durch 14 Umspannwerke (UW) gewährleistet. Der regionale Betreiber des Verteilnetzes ist die Mitteldeutsche Netzgesellschaft Strom mbH (MITNETZ STROM). Neben der Versorgung durch die MITNETZ STROM werden einzelne Gemeinden und Städte (Plauen, Oelsnitz und Reichenbach) durch eigene Stadtwerke und Netzbetreiber mit Elektroenergie versorgt. Dabei ist das Umspannwerk Herlasgrün mit dem Verbundnetz verbunden. Eine redundante Verbindung besteht durch das Umspannwerk Silberstraße außerhalb des Vogtlandkreises. Die Energieverteilung im Vogtlandkreis findet vorzugsweise mit dem regionalen 110-kV-Verteilnetz statt und wird zentral aus dem Umspannwerk Herlasgrün realisiert. Grundsätzlich wird auf Leitungstrecken zwischen Umspannwerken die 110-kV-Spannungsebene eingesetzt. Nur vereinzelt kommen, aus dem Altbestand, 30-kV-Strecken zum Einsatz. Das 110-kV-Verteilnetz ist in Abbildung 4 schematisch dargestellt.

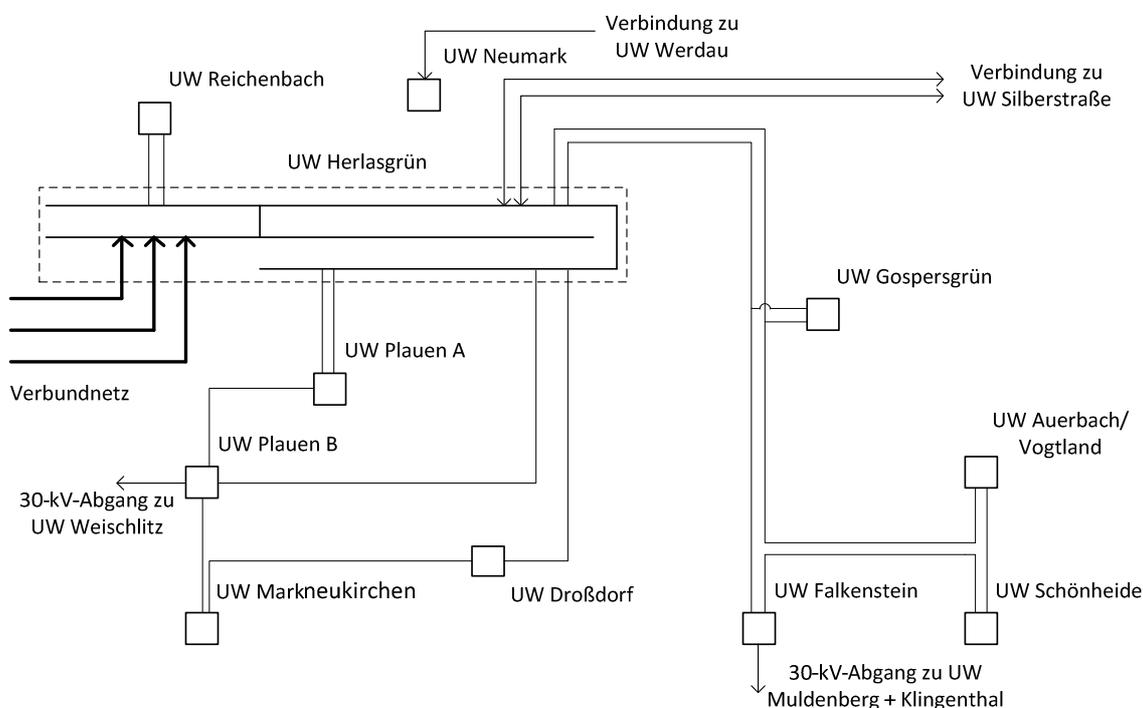


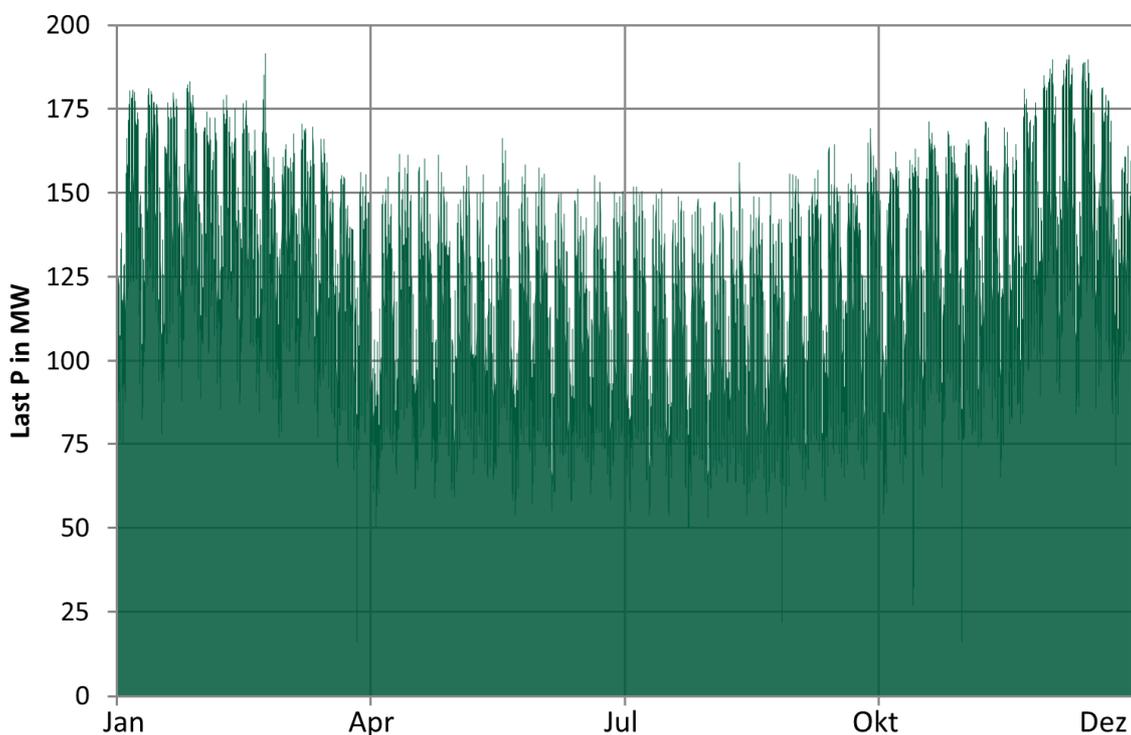
Abbildung 4 - Aufbau 110-kV-Netz Vogtlandkreis schematisch

Über zwei parallele 110-kV-Freileitungssysteme wird das Umspannwerk Reichenbach mit Elektroenergie versorgt. Die Umspannwerke Gaspersgrün, Auerbach, Schönheide und Falkenstein sind über eine 110-kV-Leitungsmasche mit zwei Systemen erschlossen. Dieser Ring wird offen betrieben, kann jedoch im Fehlerfall über das Umspannwerk Silberstraße geschlossen werden. Die Umspannwerke Droßdorf und Markneukirchen sind über eine Masche erschlossen, welche auch das Plauer Umspannwerk B erschließt. Plauen A wird über zwei voneinander getrennte 110-kV-Systeme mit Elektroenergie versorgt. Vereinzelt Umspannwerke werden nur durch 30-kV-Leitungstrecken erschlossen. Das Umspannwerk Weischlitz wird über das Umspannwerk Plauen B mittelspannungseitig auf 30-kV-Ebene erschlossen. Das Umspannwerk Falkenstein, beliefert die

Umspannwerke Klingental und Muldenberg mit Elektroenergie. Aufgrund dessen werden die Lastgänge der Umspannwerke Weischlitz, Klingental und Muldenberg bereits in den Lastgängen der versorgenden Umspannwerke mit erfasst. Auch das Umspannwerk Neumark wird über die 30-kV-Spannungsebene erschlossen, jedoch ist dieses durch Umspannwerke außerhalb des Vogtlandkreises angebunden. Die Lastgänge geben die tatsächlich dem Elektroenergie-Versorgungsnetz entnommene elektrische Leistung in Abhängigkeit von der Zeit an. Für die Planung des Bedarfs an elektrischer Leistung werden u.a. Standardlastprofile verwendet, welche typische Lastgänge für verschiedene Kundengruppen an verschiedenen Tagen und Jahreszeiten darstellen.

An die Umspannwerke sind insgesamt 1.426 Ortsnetzstationen mit über 1.290 km Mittelspannungskabel und Mittelspannungsfreileitungen erschlossen. Von den gesamten Ortsnetzstationen sind 1.127 MITNETZ STROM-eigene Ortsnetzstationen. Die weiteren Ortsnetzstationen werden durch ortsansässige Stadtwerke betrieben. An den Ortsnetzstationen, welche von der MITNETZ STROM betrieben werden sind etwa 2.820 km Niederspannungskabel und Niederspannungsfreileitungen angeschlossen.

Die Lastgänge der Transformatoren in den Umspannwerken sind für das Jahr 2010 bekannt. Ebenfalls ist bekannt, welchen Lastgang die Netzkuppltransformatoren im Umspannwerk Herlasgrün im Jahr 2010 hatten. Der summierte Lastgang der Umspannwerke wurde in Abbildung 5 dargestellt. Dieser Summenlastgang zeigt den typischen Jahresverlauf der abgerufenen Leistung, so dass in Sommermonaten weniger Elektroenergie benötigt wird, als in Wintermonaten.



Viertelstundenwerte über das Jahr

Abbildung 5 - Lastgang der Umspannwerke

2.3 Grundlagen zur Fluktuation Erneuerbarer Energien

Die physikalische Größe Energie ist die Fähigkeit eine Arbeit zu verrichten. Die Leistung ist der Quotient aus aufgewendeter Energie und der dazu benötigten Zeit. Demnach sind Leistung und Energie wie folgt miteinander verknüpft.

$$P = \frac{E}{t}$$

Es ist dabei ersichtlich, dass sich Leistung und Energie wesentlich durch den Faktor der Zeit unterscheiden. Beispielsweise kann ein Kraftwerk mit einer elektrischen oder thermischen Leistung von 18 MW ca. 160 GWh (Gigawattstunden) elektrische oder thermische Energie in einem Jahr (1 Jahr = 8.760 Stunden) erzeugen. Jedoch wäre es auch möglich, diese 160 GWh in einer deutlich kürzeren Zeit zu erzeugen. Reduziert sich z.B. die Zeit auf ein halbes Jahr, muss die eigentliche Kraftwerksleistung verdoppelt werden. Dabei wird hier angenommen, dass das Kraftwerk dauerhaft mit seiner Nennleistung betrieben wird.

Im Energieversorgungssystem sind daher Energie und Leistung separat voneinander zu betrachten. Eine Energiemenge kann bilanztechnisch über ein gesamtes Jahr erfasst werden, die Leistung jedoch nicht. Die Leistung ist ein Momentanwert der Energieversorgung. Ein Energiegleichgewicht kann somit über einen längeren Zeitraum ausgeglichen werden, ohne dabei die eigentliche Leistung betrachtet zu haben. Die Erfassung von Messdaten an Hausanschlüssen erfolgt derzeit ausschließlich als Energiemenge, dabei wird jedoch die Leistung, die ein Kunde abrufen, nicht erfasst. Er könnte seine gesamte Energie innerhalb eines Tages verbraucht haben, oder verteilt über das gesamte Jahr. Dabei liegt die Leistung des Kunden, der seine gesamte bezogene Energie an einem Tag abgerufen hat, weit über der Leistung, des kontinuierlich abrufenden Kunden. Hier wird ersichtlich, dass nicht der Kunde mit einer kontinuierlich abgerufenen Leistung für ein Energieversorgungssystem eine erhöhte Belastung darstellt, sondern der Kunde, welcher in sehr kurzer Zeit viel Elektroenergie entnimmt, d.h. eine sehr hohe Leistung abrufen.

Die weiteren Betrachtung sind exemplarisch für Elektroenergie und elektrische Leistung gemacht wurden und sind ebenso auf thermische Leistung und Energie zu beziehen.

Das Problem bei erzeugter Leistung ist, dass beispielsweise im Jahr 2010 etwa 16 % des Energiebedarfes durch Erneuerbare Energiequellen gedeckt wurden, [5] obwohl die eigentlich installierte Leistung zur installierten Gesamtleistung in Deutschland bei ca. 35 % liegt. Entscheidend ist dabei der Faktor Zeit. Photovoltaikanlagen können nur dann Elektroenergie erzeugen, wenn die entsprechende Sonneneinstrahlung gegeben ist. Dahingegen könnte Kohlekraftwerke oder andere konventionelle Kraftwerke theoretisch ohne Unterbrechung Elektroenergie liefern. Dadurch ist die eigentliche Leistung der installierten regenerativen Energieerzeuger prozentual deutlich höher, als die von ihnen eingespeiste Energie.

Aus der Sicht des Elektroenergieversorgungsnetzes ist jedoch die Leistung betriebstechnisch relevant. Eine elektrische Leistung bei einer entsprechenden Spannung treibt einen Strom an. Dieser Strom verursacht Verluste, die z.B. Kabel erwärmen. Durch die Erwärmung von Betriebsmitteln sind diese nur begrenzt belastbar, damit es nicht zu deren thermischen Zerstörung kommt. Des Weiteren ist die anliegende Spannung relevant für die Auslegung der Isolation der Betriebsmittel, sowie für die Verbraucher von Elektroenergie. Die Spannung muss dabei in 95 % der 10-Minuten-Mittelwerte in einem Bereich von ± 10 % der Nennspannung liegen.

Sowohl Spannung, als auch Strom sind Momentanwerte, welche direkt durch die abgerufene Leistung beeinflusst werden. Aus diesem Grund ist vor allem im Verteilnetz, speziell im Niederspannungsnetz, die Beeinflussung durch steigende Leistungen, z.B. durch Elektrofahrzeuge, aber auch durch steigende regenerative Einspeiseleistungen enorm.

Grundsätzlich muss immer ein Gleichgewicht der Energiemengen vorhanden sein, d.h. die Energie die erzeugt wird, wird auch verbraucht. Im vorhandenen Energieversorgungssystem wird das über einen definierten Zeitraum betrachtet. Dabei kann es Tage geben, an denen besonders viel Elektroenergie erzeugt wird und an anderen Tagen weniger. Bilanziert wird durch den Verkauf und Ankauf von Elektroenergie jedoch ein Gleichgewicht zwischen Verbrauch und Erzeugung erreicht. Das funktioniert nur, solange ein Elektroenergieversorgungssystem kein Inselsystem darstellt, d.h. vom bestehenden entso-e Übertragungsverbundnetz vollständig getrennt betrieben wird.

Liegt ein Inselsystem vor, so ist nicht das Energiegleichgewicht für die Versorgung mit Elektroenergie relevant, sondern das Leistungsgleichgewicht. D.h. die momentan erzeugte Elektroenergie muss den gleichen Leistungswert aufweisen, wie die momentan abgerufene Leistung. Ist dies nicht der Fall, bricht die Energieversorgung zusammen. Bei dem Betrieb eines solchen Systems kann somit das Energiegleichgewicht eingehalten werden, wobei die Versorgung aller Verbraucher nicht gewährleistet ist (Abbildung 6).

Damit ein solcher Fall nicht eintritt, müssen Erzeuger und Verbraucher auf einander abgestimmt sein. Dies kann nur mit einem Managementsystem gewährleistet werden. Dabei beeinflusst ein solches System nicht das Energiegleichgewicht, sondern steuert und regelt das Leistungsgleichgewicht.

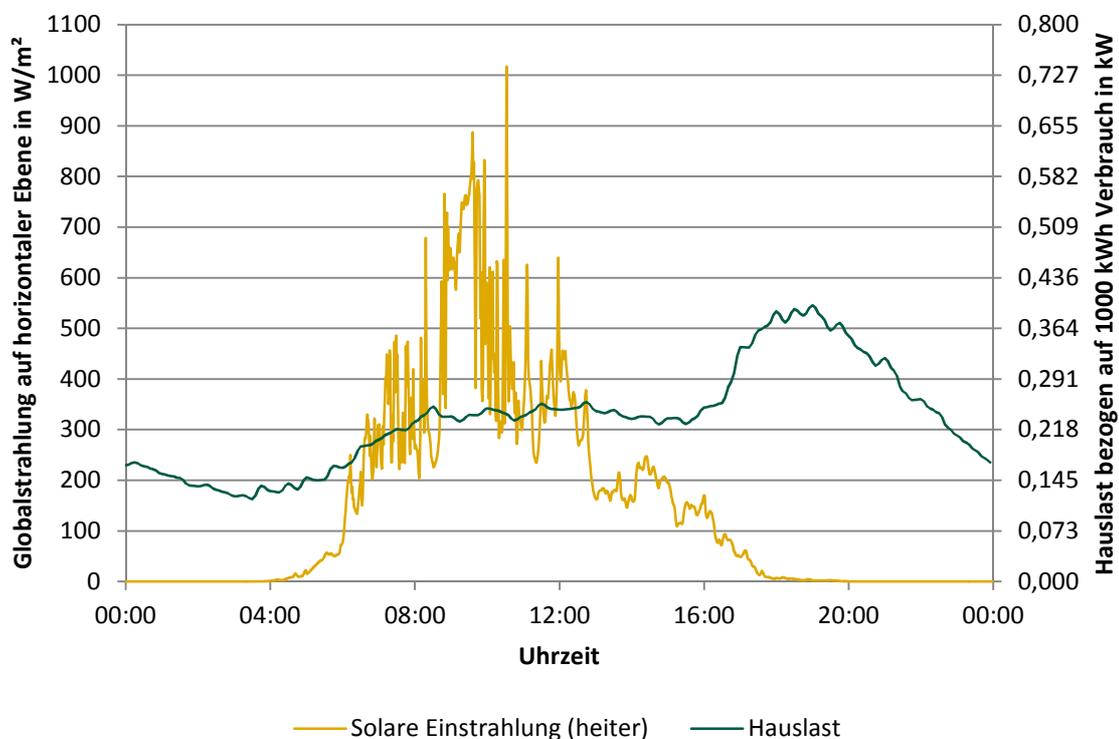


Abbildung 6 - Standard-Tageslastgang [6] und solarer Strahlungsverlauf an einem Übergangstag in einer vergleichbaren Einstrahlungsregion

Eine wichtige Größe für den Betrieb von Einspeiseanlagen ist die Volllaststundenzahl. Diese ergibt sich aus der in einem Jahr erzeugten Energiemenge E_{erzeugt} und der installierten Leistung $P_{\text{installiert}}$ der Anlage und errechnet sich nach der folgenden Formel:

$$T_{\text{Volllast}} = \frac{E_{\text{erzeugt}}}{P_{\text{installiert}}}$$

Die Volllaststundenzahl ist ein theoretischer Wert für die Betriebsdauer, welche eine Erzeugungsanlage bei maximaler Nennleistung benötigen würde, um die gegebene Energiemenge zu erzeugen. Typische Volllaststunden nach [7] sind in Tabelle 1. aufgeführt. Inwieweit diese Zahlen durch die Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Vogtlandkreis erreicht werden, wird in diesem Energiekonzept erörtert.

Energieträger	Volllaststunden [7]
Kernenergie	7710
Braunkohle	6640
Biomasse (gasf., fl., fest)	ca. 5000
Steinkohle	3550
Lauf- und Speicherwasser	3510
Erdgas	3170
Mineralöl	1640
Wind	1550
Pumpspeicher	970
Photovoltaik	910

Tabelle 1 - Typische Volllaststundenzahlen [7]

2.4 Quellen Erneuerbarer Energien

Die für den Menschen nutzbare Energie, welche auf der Erde vorhanden ist, wird als Primärenergie bezeichnet. Als Primärenergieträger werden meist fossile und endliche Energievorräte verstanden. Neben diesen existieren jedoch auch weitere Primärenergieströme, welche als nahezu unendlich anzusehen sind. [8]

Aufgrund der Endlichkeit fossiler Ressourcen (vgl. Abbildung 7) ist ein Übergang von der mehrheitlichen Nutzung konventioneller Energiequellen hin zu einer Energieversorgung mit vermehrt erneuerbaren, unendlichen Energieträgern angestrebt.

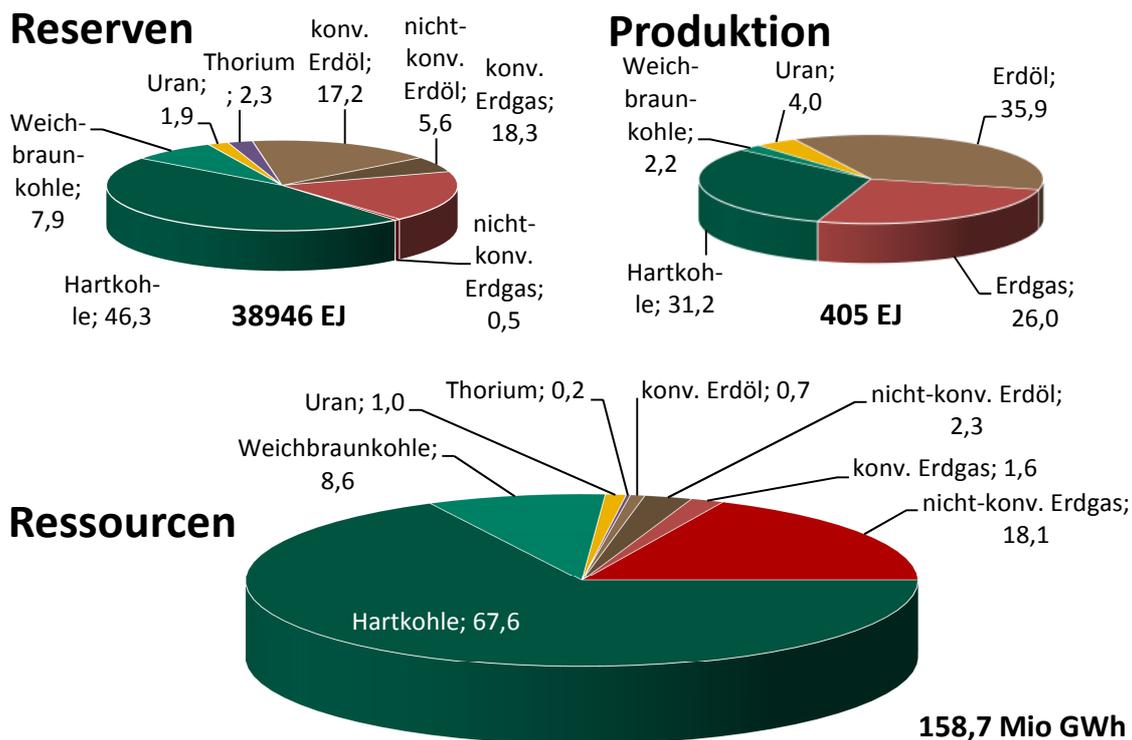


Abbildung 7 - Reserven, Ressourcen und Nutzung konventioneller Rohstoffe weltweit [9]

Neben dem thermischen Energiefluss aus dem Erdinneren ist es vor allem die Solarstrahlung, deren Energiedichte sehr gering ist. Die Quelle der solaren Energieströme ist die Sonne, welche durch Kernfusion Energie erzeugt. Diese Energie wird mit Hilfe elektromagnetischer Strahlung, die ihre größte Intensität im Bereich des sichtbaren Lichtes aufweist, auf die Erdoberfläche transportiert. Geothermische Ströme sind auf die Entstehung der Erde und dem ständigen Zerfall von radioaktiven Stoffen im Erdinneren zurückzuführen.

Primärenergieträger und -ströme sind nicht direkt vom Verbraucher nutzbar, d.h. sie müssen umgewandelt und transportiert werden.

Als nutzbares Potenzial wird das Ertragspotenzial angesehen. Das Ertragspotenzial ist das technische Potenzial eines Primärenergiestromes unter der Berücksichtigung aller konkurrierenden Aspekte. Konkurrierende Aspekte stellen zum Beispiel bei Sonnenenergienutzung die Konkurrenznutzung der Fläche zwischen Solarthermie und Photovoltaik dar. Aber auch ästhetische Aspekte, wie bei der Windenergiegewinnung, spielen im

Ertragspotenzial eine wesentliche Rolle. Wird neben den technischen und den konkurrierenden Faktoren noch die wirtschaftliche Nutzbarkeit betrachtet, so wird dieses Potenzial als wirtschaftlich nutzbares Potenzial beschrieben.

Das Erwartungspotenzial stellt ein zu einem bestimmten Zeitpunkt nutzbares technisches Potenzial, abhängig von wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen dar.

2.4.1 Windenergie

Die kinetische Energie der bewegten Luftmassen in der Atmosphäre wird durch unterschiedlich starke solare Einstrahlung verursacht. Die durch die unterschiedliche Einstrahlung entstehenden Luftdrücke in verschiedenen Gebieten, als Hoch- und Tiefdruckgebiete bekannt, verursachen Ausgleichströmungen, welche als Wind bezeichnet werden [10]. Die Ausgleichströmungen sind dabei umso stärker, je größer die Druckgradienten sind. Je größer der Druckunterschied ist, desto stärker weht der Wind vom Hochdruckgebiet zum Tiefdruckgebiet. Die durch die Erdrotation entstehende Corioliskraft lenkt die Ausgleichströmungen ab, so dass diese eine Wellenbewegung vollziehen. Die Strömungsgeschwindigkeit des Windes hängt neben den Druckgradienten und der Corioliskraft in Bodennähe zusätzlich von vorhandenen Landschaftselementen, wie Bergen, Gewässern, Wäldern, Wiesen oder Bebauungen ab. Diese Einflussfaktoren werden durch Rauigkeitsklassen definiert. Die Rauigkeiten schwächen die Windgeschwindigkeit ab. Die Strömungsgeschwindigkeit kann sich jedoch aufgrund von Oberflächengegebenheiten auch erhöhen. Sinkt eine Luftmasse ab, so erhöht sich die Windgeschwindigkeit.

Die Ausgleichsströmungen besitzen mit ihrer Strömungsgeschwindigkeit eine kinetische Energie. Diese kinetische Energie des Windes kann mit Hilfe von Rotoren in mechanische Rotationsenergie umgewandelt werden. Die Rotationsenergie wird durch Generatoren in Elektroenergie umgewandelt. Die Windleistung hängt jedoch neben der Windgeschwindigkeit v zusätzlich von der Dichte der Luft ρ , welche von Temperatur und Druck beeinflusst wird und vom Rotorradius R ab.

$$P_{\text{Wind}} = \frac{1}{2} * \rho * \pi * R^2 * v^3$$

Die Energieflusskette einer Windenergieanlage ist in Abbildung 8 dargestellt. Dabei ist auch die Kette des Wirkungsgrades hinterlegt. Der deutsche Physiker Albert Betz hat bereits 1920 die optimale Leistungsumsetzung für ein ideales Windrad berechnet. Dem zu Grunde liegt, dass durch Entnahme von Energie die Strömungsgeschwindigkeit des Windes verringert wird. Würde der Wind nicht verzögert, kann auch keine Energie entnommen werden. Würde der Wind zu stark verzögert, verringert sich auch der Durchsatz zu stark. Betz ermittelte eine optimale Leistungsentnahme, wenn die Geschwindigkeit nach der Rotorebene nur noch einem Drittel der Geschwindigkeit vor der Rotorebene beträgt. Aus diesem Verhältnis entsteht ein maximaler aerodynamischer Wirkungsgrad von 59 % für Auftriebsläufer.

Energiefluss der Windkraftanlage

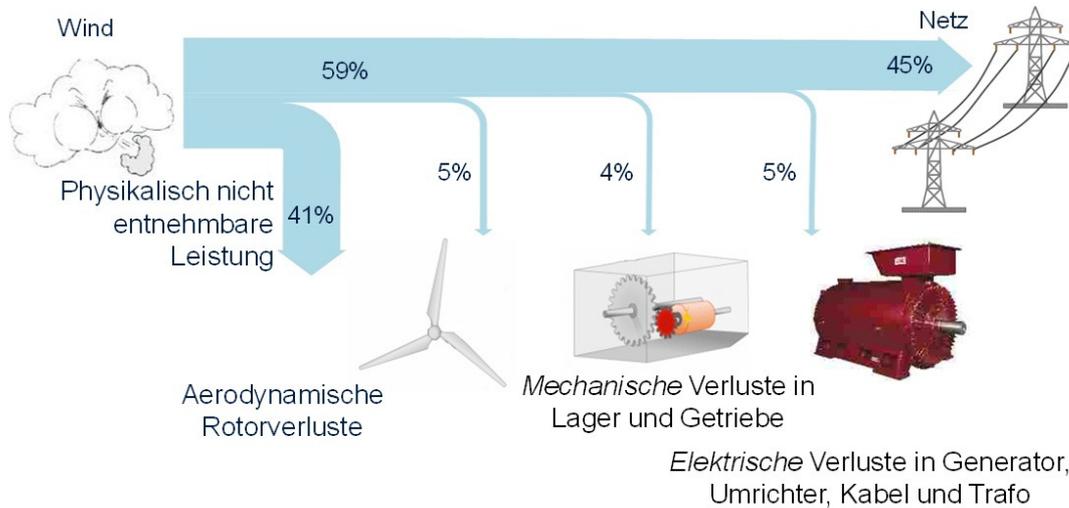


Abbildung 8 - Energieflussdiagramm KWE 2011 [10]

Die Rotorblätter moderner Windenergieanlagen werden durch das Prinzip des aerodynamischen Auftriebs bewegt. Bei diesem Prinzip wird ausgenutzt, dass oberhalb des Rotorblattes ein Unterdruck entsteht und unterhalb ein Überdruck (Abbildung 9). Es entsteht eine Auftriebskraft, welche in Drehrichtung gerichtet ist.

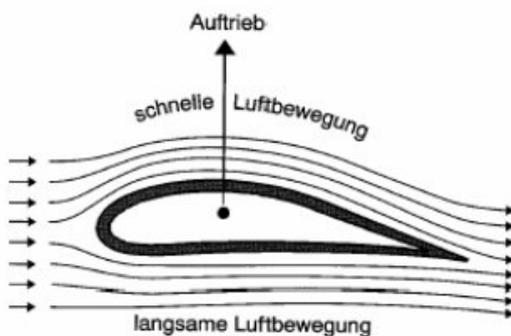


Abbildung 9 - Luftbewegung am Rotorblatt [10]

Windenergieanlagen verursachen keine Nutzungskonflikte mit anderer Nutzung der Windenergie oder durch Blockade von Ackerflächen, denn Ackerflächen bleiben mit geringer Einschränkung weiterhin nutzbar. Einzig einschränkende Kriterien sind Landschaftsschutz und ästhetische Aspekte. Unter Beachtung dieser Aspekte wurden windhöfliche Gebiete als Vorrang-Eignungsgebiete staatlich ausgeschrieben.

2.4.2 Solarenergie

Die elektromagnetische Strahlung der Sonne auf der Erde ist eine nutzbare Energiequelle. Die solare Strahlungsenergie ist in elektrische oder thermische Energie umwandelbar. Zwischen der Elektroenergieerzeugung und der Wärmeenergieerzeugung besteht also eine Konkurrenznutzung [8]. Auch bei Freiflächenanlagen existieren bei einer Nutzung vorhandener Ackerflächen starke Nutzungskonflikte zur landwirtschaftlichen Nutzung von diesen Ackerflächen. Aber auch die Nutzung von Brachflächen stellt einen erheblichen Eingriff in das Landschaftsbild dar. Die solare Einstrahlung liegt im Durchschnitt in Deutschland bei 1.000 W/m². Wird die weltweite Einstrahlung auf den Weltenergiebedarf bezogen, so ist es möglich mit der Energiemenge der Einstrahlung, diesen mehr als 7.000-fach zu decken [11]. Die auf der gesamten Erdoberfläche verteilt eingestrahlte Energie liegt bei etwa $1,08 \cdot 10^{18}$ kWh. Die tatsächlich nutzbare Energiemenge liegt jedoch, aufgrund der geringen Landflächen und Einflussfaktoren, wie dem Einstrahlungswinkel, deutlich darunter.

Die solare Einstrahlung sorgt primär für die Erwärmung der Erde. Viele energetische Prozesse wie Photosynthese, Wind oder auch Nahrungsmittelwachstum sind von der solaren Einstrahlung abhängig. Neben den natürlichen Effekten wird vor allem die technische Nutzung von Solarenergie immer wichtiger.

Die beiden wichtigsten direkten technischen Nutzungsformen sind die Nutzung von solarer Strahlungsenergie zur Wärmeerzeugung mittels Sonnenkollektoren und die Erzeugung von elektrischer Energie mittels Photovoltaik-Anlagen. Neben diesen wird die Strahlungsenergie noch in solarthermischen Kraftwerken und für Solaröfen genutzt. Deren Nutzung bietet sich jedoch für das betrachtete Gebiet des Vogtlandkreises nicht an.

Da die solare Einstrahlung tageszeitlichen und jahreszeitlichen Schwankungen und weiteren Fluktuationen unterliegt, ist es nötig die Speichersysteme für die Sonnenenergie bereitzustellen, um eine sichere Energieversorgung zu gewährleisten.

2.4.3 Bioenergie

Der energetische Biomasse-Begriff umfasst alle organischen Materialien aus der Land-, Nahrungsgüter- und Forstwirtschaft. Dabei werden feste biogene Energieträger oft als „Biomasse“ bezeichnet. Im Fall von flüssigen biogenen Energieträgern wird in diesem Energiekonzept aus Gründen des einheitlichen Verständnisses von „flüssiger Biomasse“ und bei gasförmigen biogenen Energieträgern von „gasförmiger Biomasse“ bzw. „Biogas“ gesprochen.

Bei der energetisch nutzbaren Biomasse kann zwischen biogenen Primärprodukten und biogenen Sekundärprodukten unterschieden werden. Diese unterteilen sich wie in Abbildung 10 dargestellt.

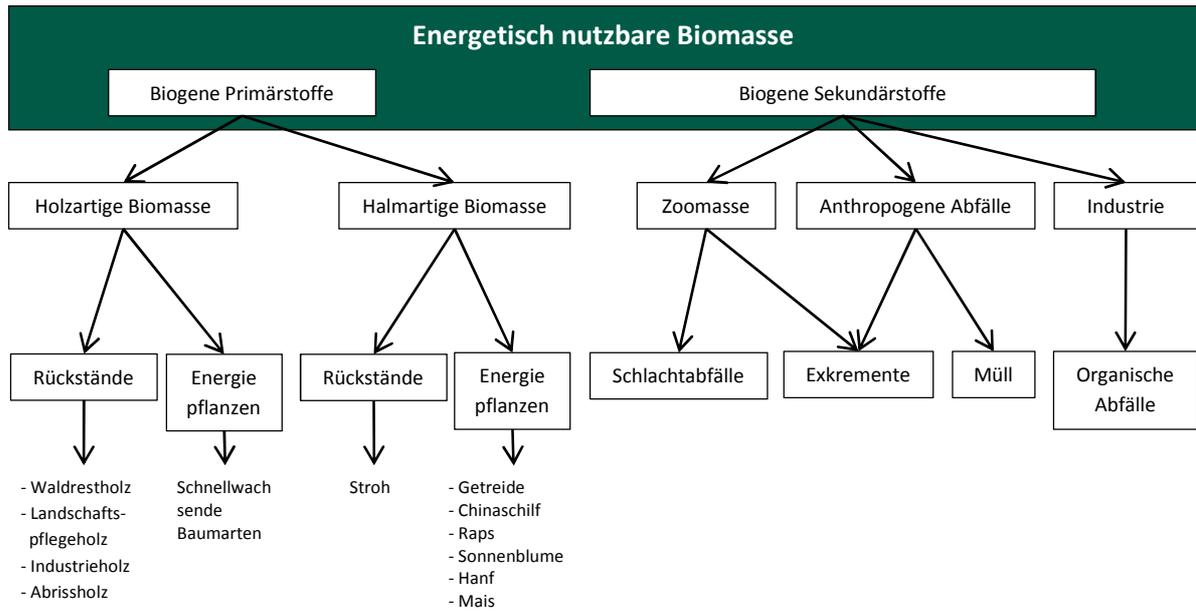


Abbildung 10 - Energetisch nutzbare Biomasse [12]

Wie in Abbildung 10 dargestellt, steht die energetische Nutzung in Konkurrenz zur Nutzung als Nahrungs- und Futtermittel. Des Weiteren kann die Bioenergienutzung nur als nachhaltig angesehen werden, wenn dafür keine bestehenden Ur-/Waldgebiete gerodet werden, sondern nur wenn schnell nachwachsende Rohstoffe eingesetzt werden. Die nicht vom Menschen genutzte Biomasse leistet einen wesentlichen Beitrag in einem funktionierenden Ökosystem. Neben der Nährstoff- und Lebensraumbereitstellung speichert es große Mengen Kohlenstoff durch den Abbau von Kohlenstoffdioxid (CO₂).

Die energetische Nutzung von Biomasse kann mittels Energieumwandlungsprozessen zur Wärme- und Elektroenergieerzeugung oder zur Herstellung von Kraftstoffen genutzt werden (Abbildung 11). Damit die gewünschten Endprodukte oder Endenergiearten erzeugbar sind, sind die in Abbildung 12 dargestellten Prozesse notwendig. Dabei wird ersichtlich, dass Energie durch Lagerung von Biomasse zwischengespeichert werden kann. Damit ist die Bioenergie nicht fluktuierend verfügbar, sondern kontinuierlich als Energiequelle nutzbar.

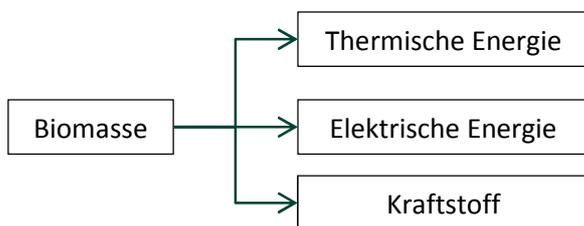


Abbildung 11 - Umwandlung Biomasse [12]

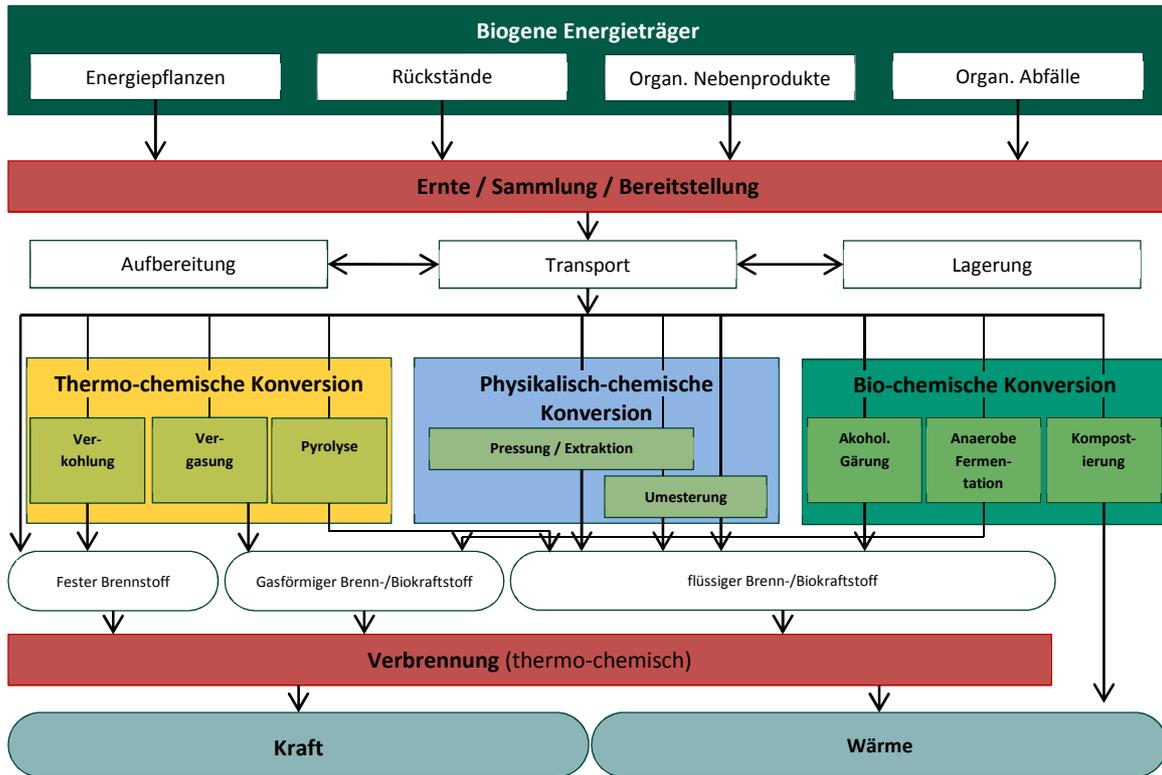


Abbildung 12 - Energieumwandlung Biomasse [13]

Bei der Biomassenutzung zur Energieerzeugung steht vor allem die Erzeugung von Wärmeenergie zur Erzeugung von Elektroenergie in Konkurrenz. Neben reinen Wärmekraftwerken, die meist feste Biomasse verbrennen, kommen vor allem Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zum Einsatz. Diese haben den Vorteil, den Gesamtwirkungsgrad der Energieerzeugung deutlich zu verbessern. Diese Anlagen erzeugen sowohl Elektroenergie, als auch thermische Energie. Die Auslegung einer solchen Anlage kann für eine maximale Wärmebereitstellung erfolgen. Es ist aber auch möglich, diese für eine maximale Elektroenergiegewinnung zu dimensionieren, oder eine ausgewogene Erzeugung zu gewährleisten.

2.4.4 Wasserkraft

Der globale Wasserkreislauf trägt Sorge dafür, dass etwa 20 % der verdunsteten Wassermenge über der Landfläche wieder abregnen. Der Rückstrom dieser Wassermenge zum Meer kann für die Erzeugung von elektrischer Energie genutzt werden [8]. Der Wasserkreislauf wird durch solare Einstrahlung hervorgerufen, so dass dieser als unerschöpflich angesehen wird. Wasserkraft ist somit eine regenerative Energiequelle.

Wasserkraft bezeichnet die Umwandlung potentieller oder kinetischer Energie des Wassers in mechanische Rotationsenergie. Die Umwandlung erfolgt mit Hilfe einer Turbine, die sich in ihrer Bauart, abhängig von der Fallhöhe H , unterscheiden (Tabelle 2). Der nutzbare Energieinhalt hängt wesentlich von der Fallhöhe H und der zeitabhängigen Abflussmenge Q ab.

Fallhöhe H [m]	Turbinenart
1,5 – 80	Kaplan
1 – 150	Banki
5 – 700	Francis
40 – 2000	Pelton

Tabelle 2 - Wasserkraft-Turbinen [12]

Die Wasserkraft ist die am längsten genutzte regenerative Energiequelle zur Erzeugung von Elektroenergie, die eingesetzte Technologie ist entsprechend langezeiterprobt und besitzt sehr große Lebensdauern.

Für die Nutzung von Wasserkraft ist es nötig, Wasser anzustauen. Dabei werden vor allem Talsperren und Wehre genutzt. Entsprechend der Betriebsart wird zwischen Laufwasserkraftwerken und Speicherkraftwerken unterschieden. Diese Kraftwerke können wiederum in Flusskraftwerke, Ausleitungskraftwerke, Talsperren-Kraftwerke und Unterwasserkraftwerke unterschieden werden. Pumpspeicherkraftwerke werden nicht als regenerative Erzeuger angesehen, da diese das Potenzial des Wassers durch Elektroenergie erzeugen und zu einem späteren Zeitpunkt wieder in Elektroenergie umwandeln.

Wasserkraft steht bei der Nutzung wesentlich in Konkurrenz zum Landschaftsschutz, Hochwasserschutz und zur Wassernutzung. So muss gewährleistet sein, dass eine Durchgängigkeit für Fische besteht, wenn Gewässer angestaut werden. Das Anstauen eines Flusses verändert jedoch auch wesentlich die Landschaft, die Zerstörung von Flusslandschaftsmerkmalen, wie Auenwäldern, ist eine Folge. Weiterhin muss mit der künstlichen Veränderung der Wasserlinie auch ein Hochwasserschutz und die Schiffbarkeit gewährleistet werden. Für eine Schiffbarkeit darf das Gewässer nur so weit angestaut werden, dass ein Mindestwasser nach der Staustufe gewährleistet wird. Ebenfalls reduziert sich durch das Anstauen eines Gewässers die Fließgeschwindigkeit, wodurch sich vermehrt Sedimente absetzen. Um die Schiffbarkeit damit zu gewährleisten ist es nötig ein Sedimentmanagement zu betreiben.

Neben den genannten Kraftwerken zur Energiegewinnung aus Wasserkraft werden auch Wellenkraftwerke und Gezeitenkraftwerke genutzt. Jedoch ist eine Nutzung im Vogtlandkreis nicht möglich, weshalb nicht detaillierter auf diese eingegangen wird.

2.4.5 Geothermie

Geothermie beschreibt den Wärmestrom aus dem Erdinneren. Die in dem Wärmestrom enthaltene Energie gilt nach den menschlichen Vorstellungen als unerschöpflich, weshalb die Geothermie als regenerative Energiequelle bezeichnet wird. Die thermische Energie im Erdinneren wird gespeist durch gespeicherte Restwärme von der Erdentstehung, sowie durch radioaktive Zerfallsprozesse im Erdkern. Die im Erdkern gespeicherte und erzeugte Energie wird durch konduktive und konvektive Wärmeübertragung in nutzbare Tiefen transportiert. Die in nutzbare Tiefen transportierte Wärmeenergie wird zu 30 % aus der Restwärme von der Erdentstehung gespeist und zu 70 % aus den natürlichen Zerfallsprozessen von radioaktiven Materialien in Erdmantel und Erdkruste [14].

Geothermie kann neben der thermischen Nutzung zu Heizzwecken auch zur Gewinnung von Elektroenergie oder kombiniert mit Kraft-Wärme-Kopplung genutzt werden. Bei der Nutzung von Geothermie wird zwischen oberflächennaher Geothermie (bis 400 m Tiefe) und Tiefen-

Geothermie unterschieden. Mit zunehmender Tiefe steigt die Temperatur um ca. 35 K bis 40 K pro Kilometer an. Jedoch ist dieser Wert regional stark schwankend. Bei Gebieten mit vulkanischen Aktivitäten ist die Zunahme der Temperatur deutlich stärker. Es wird daher zwischen Hochenthalpie-Lagerstätten und Niedrigenthalpie-Lagerstätten unterschieden.

Oberflächennahe Geothermie wird ausschließlich zu Heiz- oder Kühlzwecken eingesetzt. Die häufigste Anwendung finden dabei Wärmepumpenheizungen. Bis zu 100 m Tiefe herrschen Temperaturen von 7 °C bis 12 °C vor. Um die gespeicherte Energie bei den geringen Temperaturen nutzen zu können werden Wärmepumpen eingesetzt, welche ein Arbeitsmittel enthalten, das bereits bei sehr niedrigen Temperaturen durch die Wärme der Erdschichten verdampft. Das verdampfte Arbeitsmedium wird in einem elektrischen Kompressor verdichtet. Durch den steigenden Druck steigt auch die Temperatur des Mediums, welche über einen Wärmetauscher zur Heiz- oder Brauchwassererwärmung genutzt wird. Die häufigsten Anlagen sind Erdwärmesonden. Erdwärmesonden sind Bohrungen mit eingebrachten Rohren, welche am unteren Ende U-förmig verbunden sind. In einem Rohr wird abgekühltes Wasser-Frostschutzmittel-Gemisch in die Tiefe geleitet, im zweiten Rohr steigt durch den Druck der ersten Leitung das erwärmte Gemisch wieder auf. Durch die Bohrtiefe zwischen 50 m und 160 m herrscht immer ein konstantes Temperaturniveau vor, so dass zu jeder Jahreszeit die vollständige Leistung nutzbar ist.

Eine zweite Möglichkeit oberflächennahe Geothermie zu nutzen, sind Erdwärmekollektoren. Diese werden meist zwischen 0,80 m und 1,6 m Tiefe verlegt, was gleichzeitig den größten Nachteil darstellt. Durch die geringe Tiefe in der die Geothermie genutzt wird spielt die jahreszeitbedingte Schwankung der Temperatur eine wesentlich Rolle, so wird am meisten Energie verfügbar sein, wenn diese in den Sommermonaten nicht benötigt wird. Andererseits ist durch die Abkühlung des Bodens am wenigsten Energie in den Wintermonaten verfügbar, obwohl die meiste Energie benötigt würde. Aufgrund dieser Nachteile wird oberflächennahe Geothermie hauptsächlich durch Erdwärmesonden genutzt.

Tiefen-Geothermie wird neben der direkten Nutzung im Wärmeerzeugungssegment auch indirekt zur Elektroenergieerzeugung eingesetzt. Aufgrund der geologischen Gegebenheiten der Grundgebirge ist Tiefen-Geothermie im Vogtlandkreis nicht nutzbar [14].

Allgemein gibt es zur Nutzung von Geothermie in tieferen Erdschichten drei Nutzungsmöglichkeiten, Hydrothermale Geothermie, Petrothermale Geothermie und tiefe Erdwärmesonden.

Die oben beschriebenen Erdwärmesonden können auch bei tieferen Bohrungen genutzt werden. Dabei ist aufgrund der höheren Temperaturen meist keine Wärmepumpe nötig, sondern das Heizsystem kann direkt durch Wärmetauscher erwärmt werden.

Hydrothermale Geothermie nutzt vorhandene Wasservorräte in wasserführenden Gesteinsschichten. Das vorhandene Thermalwasser wird direkt gefördert und durch einen Wärmetauscher geleitet, der den sekundären Heizkreislauf erwärmt. Das abgekühlte Thermalwasser wird über eine zweite Bohrung wieder in die wasserführende Gesteinsschicht injiziert.

Wärmereservoirs ohne Wasserführung können mit Hilfe von petrothormaler Geothermie erschlossen werden. Kristalline Gesteinsschichten oder Sedimentgesteine mit hohen Temperaturen über 150 °C werden dabei durch mindestens zwei Bohrungen erschlossen. Über

eine Bohrung wird mit hohem Druck künstlich Wasser zugeführt, dieses gelangt durch natürliche Porosität oder durch Druckstimulation erzeugte Risse in die Gesteinsschichten und erwärmt sich. Das erwärmte Wasser wird durch die zweite Bohrung wieder abgepumpt und durch einen Wärmetauscher geleitet, um einen sekundären Wärmekreislauf aufzuwärmen.

Neben der Nutzung von Geothermie unter der Erdoberfläche besteht auch die Möglichkeit der Nutzung von Energie in der oberflächennahen Luft gespeichert ist. Dabei werden durch geeignete Kältemittel in Wärmepumpen ausreichende Temperaturen zur Brauch- und Heizwassererwärmung erzeugt.

3 Derzeitige Energieversorgung im Vogtlandkreis

Im Jahr 2008 wurden aus regenerativen Energieträgern rund 105 GWh elektrische Energie und 301 GWh thermische Energie erzeugt und bereitgestellt. Dem gegenüber steht ein Bedarf von 1.080 GWh elektrischer Energie. Der thermische Energiebedarf liegt mit 2.077 GWh deutlich über dem elektrischen Energieverbrauch (Abbildung 13). Der Bedarf von thermischer Energie wurde somit schon im Jahr 2008 zu etwa 14,5 % mit Hilfe von regenerativen Energiequellen gedeckt. Die im Vogtlandkreis erzeugte regenerative Energie deckt zum Erfassungszeitpunkt jedoch den Elektroenergiebedarf nur zu 10 %.

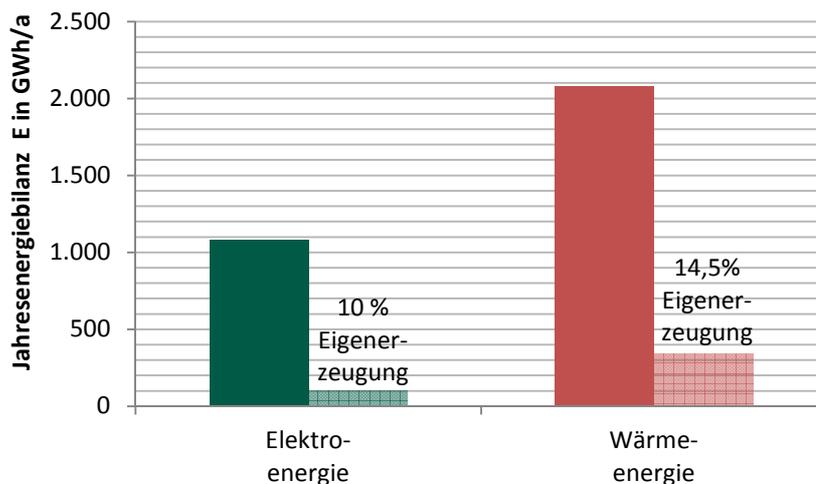


Abbildung 13 - Energiehaushalt 2008 [15]

Um den Verbrauch und die Erzeugung von Energie genauer betrachten zu können, wurde der Landkreis in seine einzelnen Gemeinden eingeteilt. Dadurch wird es möglich eine qualitative, geografische Darstellung der Lastverhältnisse und des regenerativen Energieparks des Vogtlandkreises zu gewährleisten. Statistische Größen werden pro Einwohner betrachtet. Aus diesem Grund soll auch der Elektroenergieverbrauch auf die Bevölkerung bezogen werden. Die Verteilung der Einwohner auf die einzelnen Gemeinden ist in Abbildung 14 dargestellt. Aufgrund der gemeindegenauen Datenbestände wurde der Energiehaushalt des Jahres 2009 betrachtet. Der Vogtlandkreis hatte am 31.12.2009 247.196 Einwohner. Die bevölkerungsreichsten Städte Plauen, Reichenbach, Auerbach und Oelsnitz befinden sich in der nördlichen Hälfte des Vogtlandkreises.

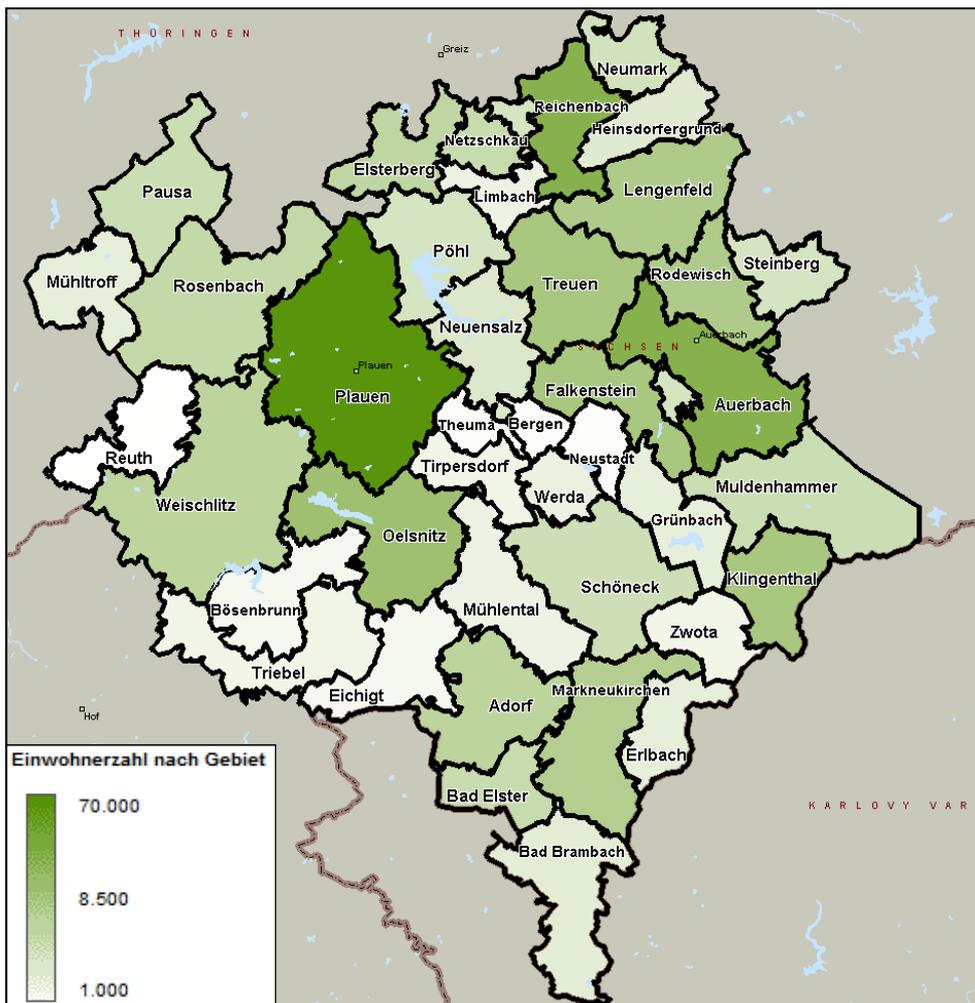


Abbildung 14 - Bevölkerung [16] 2009

3.1 Energiebedarf

Bei der Darstellung des Energiebedarfs wurde in elektrischen und thermischen Bedarf unterschieden.

3.1.1 Elektroenergiebedarf

In Abbildung 15 ist die Verteilung des Gesamtelektroenergiebedarfs im Vogtlandkreis dargestellt. Die Farbskalierung ist ein Maß für den Energiebedarf der jeweiligen Gemeinde oder Stadt. Die Farbskalierung wurde logarithmisch aufgetragen, da Plauen im Vergleich zu den anderen Gebieten einen sehr hohen Bedarf an Elektroenergie aufweist. In der Darstellung sind drei Lastschwerpunkte zu erkennen. Neben Plauen und Oelsnitz sind das die Gebiete entlang der Göltzsch von Falkenstein im Süden bis Reichenbach im Norden und das Obere Vogtland. Es wird ebenfalls ersichtlich, dass sich die Verteilung des Elektrischen Energiebedarfes mit den Bevölkerungsschwerpunkten aus Abbildung 15 deckt. Das heißt, der Energieverbrauch ist direkt proportional zu der Anzahl der Einwohner eines Gebietes. Den höchsten Bedarf an Elektroenergie hat Plauen, in welchem jährlich 260 GWh elektrischer Energie abgerufen werden. Mehr als ein

Viertel des gesamten Elektroenergiebedarfs im Vogtlandkreis (986 GWh) fallen somit in der Stadt Plauen an. Die Datengrundlage für die Energiebedarfsermittlung sind die Verbrauchswerte 2009 der MITNETZ STROM, sowie die der Stadtwerke Oelsnitz und Reichenbach.

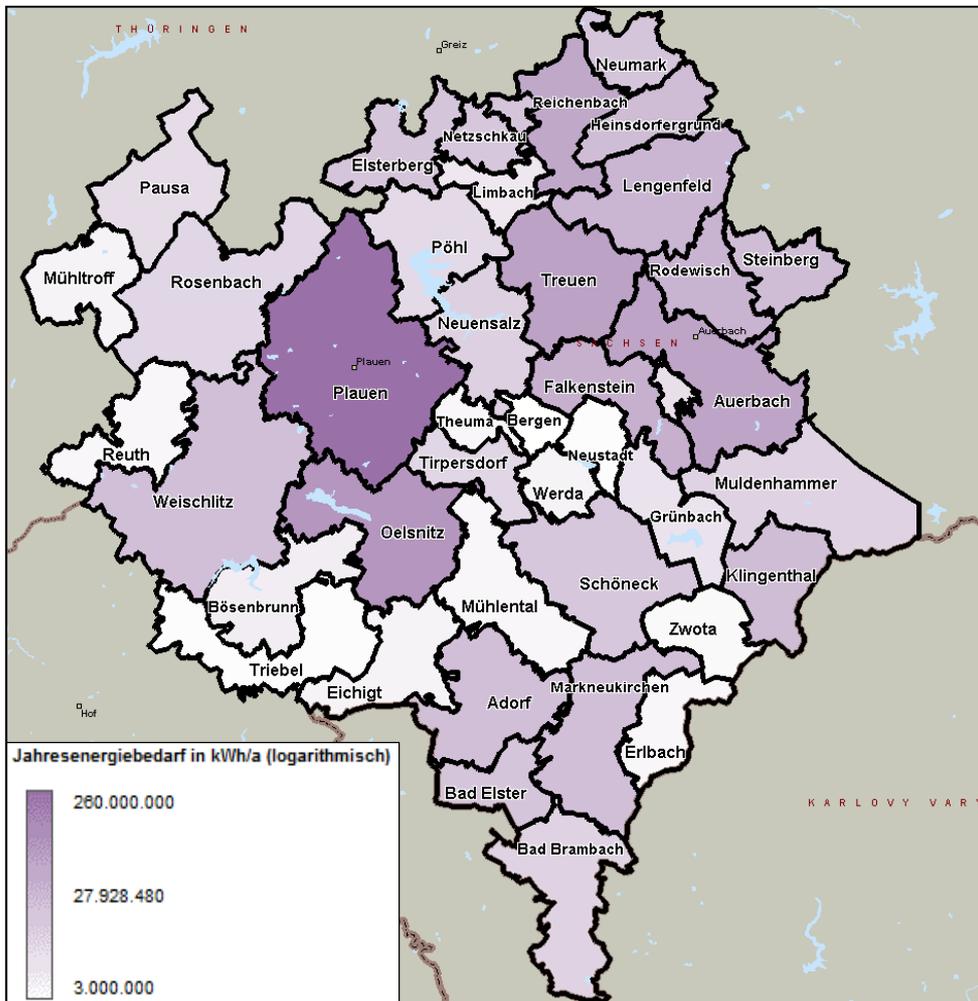


Abbildung 15 - Elektrischer Energiebedarf 2009 (Tabelle 7)

3.1.2 Wärmeenergiebedarf

Die qualitative Verteilung des Bedarfes an thermischer Energie, dargestellt in Abbildung 16, korreliert ebenso, wie der elektrische Energieverbrauch, mit der Bevölkerungsverteilung in Abbildung 14. Auch der thermische Energiebedarf ist direkt von der Bevölkerungszahl abhängig. Der Wärmebedarf wurde aus den Verbrauchsdaten konventioneller Energieträger, wie Erdgas, Flüssiggas, Erdöl und Festbrennstoffe, sowie von regenerativen Energieträgern ermittelt und beruht teilweise auf Annahmen und Ermittlungen nach Gebietsvergleichen. Die entsprechenden Daten wurden jedoch über einen Zeitraum von 2007 bis 2011 durch das Landratsamt des Vogtlandkreises zusammengestellt und bilden daher nur einen ungefähren Wert des momentanen Verbrauches ab. Der errechnete jährliche Wärmebedarf liegt im Vogtlandkreis bei 2.077 GWh thermischer Energie, mit dem Bedarfsschwerpunkt in Plauen mit 660 GWh.

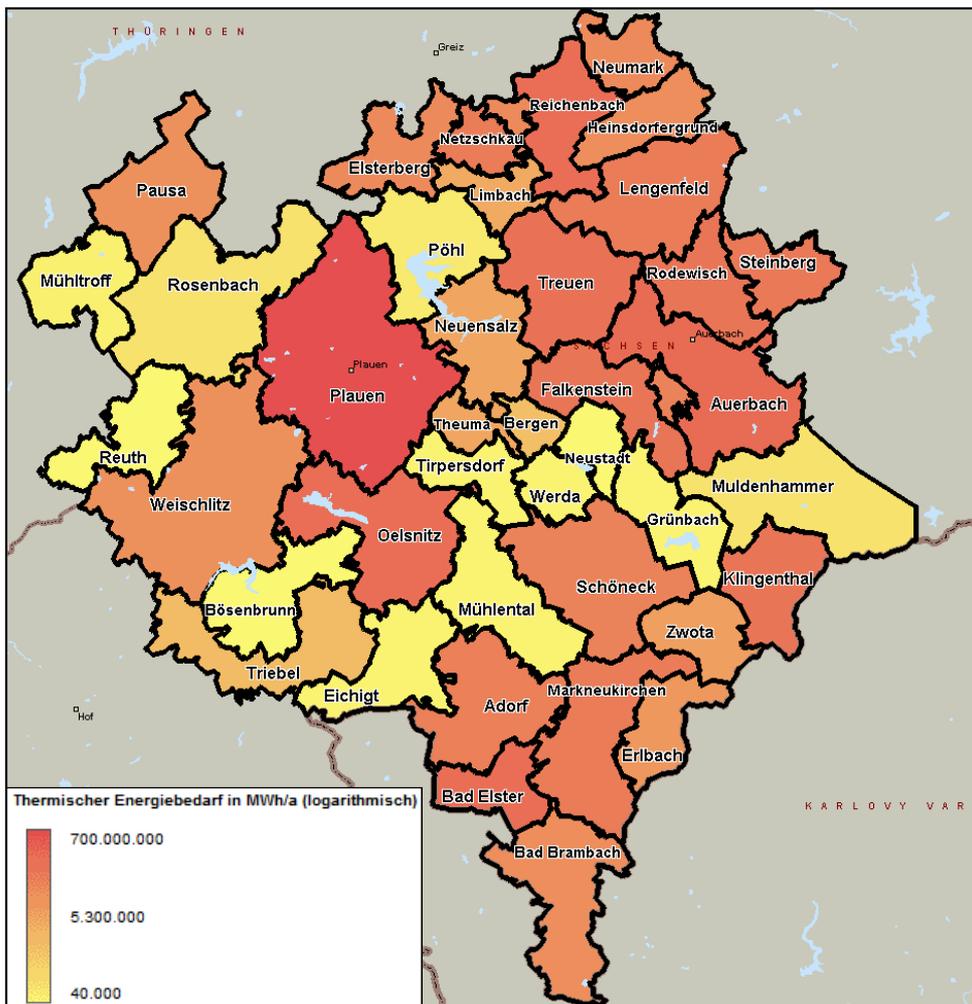


Abbildung 16 - Thermischer Energiebedarf (Datenerhebung: 2007 bis 2011 [17])

3.2 Energieerzeugung

Der regenerative Erzeugerpark ist ein räumlicher Verbund von verschiedenen Anlagen, die der Energieerzeugung dienen. Im Vogtlandkreis wird regenerative Energie im Wesentlichen durch Photovoltaik, Bioenergie, Windkraft, sowie Solar- und Geothermie erzeugt. Die räumliche Verteilung der verschiedenen regenerativen Energiequellen und deren Leistungen sind im Folgenden dargestellt. Bei der Datenerfassung wurden konventionelle Klein-Erzeugeranlagen, aufgrund des unzureichenden Datenbestandes, nicht betrachtet.

3.2.1 Windenergie

Die aktuell installierten Windenergieanlagen erzeugten im gesamten Gebiet des Vogtlandkreises im Jahr 2010 22,08 GWh_{el} Energie. Die installierten Anlagen hatten dabei eine elektrische Gesamtleistung von etwa 13 MW. In Abbildung 17 ist zu erkennen, dass nur in sehr wenigen Gemeinden Windenergieanlagen existieren, die zwei leistungsstärksten Anlagen sind im Gebiet Reuth installiert und haben eine elektrische Leistung von jeweils 2 MW. Die weiteren 10 Anlagen, die vor allem in den schwächer bewaldeten Gebieten des zentralen und nördlichen Vogtlandkreises errichtet wurden, besitzen elektrische Leistungen zwischen 1 MW und 1,5 MW.

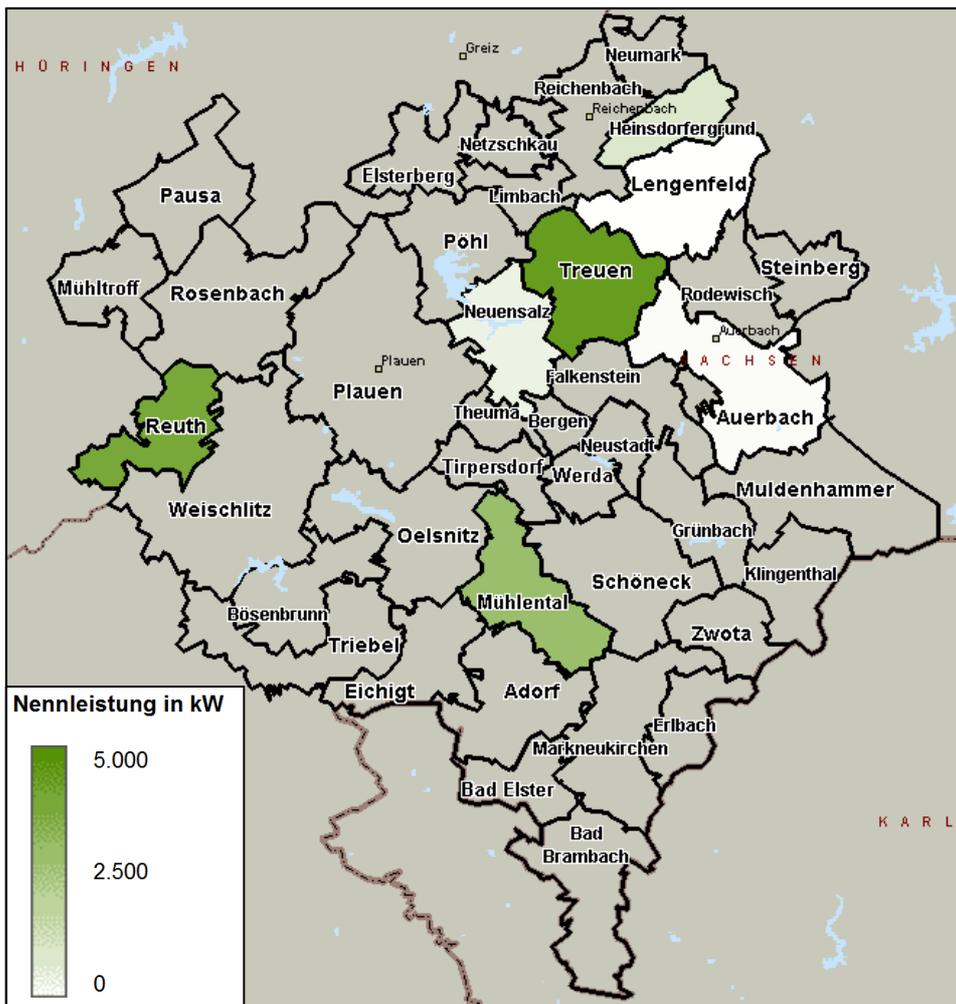


Abbildung 17 - Verteilung der Windenergieanlagen (Stand 2010)

3.2.2 Photovoltaik

Im Vogtlandkreis sind zum Erfassungszeitpunkt 1.113 Photovoltaikanlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von 18,2 MW installiert (Abbildung 18). Diese erzeugen pro Jahr etwa 14 GWh elektrische Energie. Neben vier großen Einzelanlagen mit elektrischen Nennleistungen über 500 kW in den Gebieten Oelsnitz, Mühlental, Bad Brambach und Treuen hat ein Großteil der Anlagen, etwa 780, eine elektrische Leistung von weniger als 10 kW. Werden die installierten Leistungen in den Gebieten summiert, so sind beispielsweise in Plauen 2,6 MW, in Oelsnitz 1,8 MW und in Treuen 1,5 MW installiert.

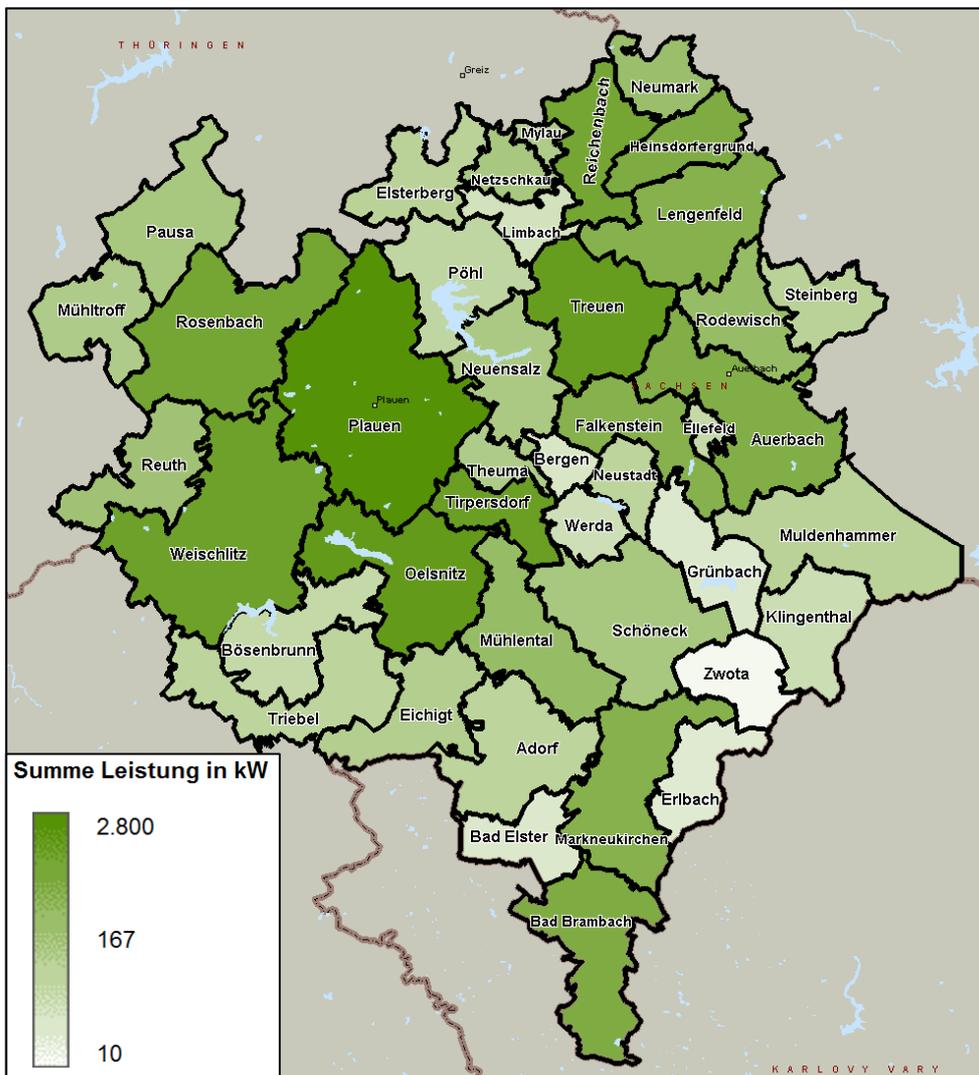


Abbildung 18 - Photovoltaik (Stand 2010) [18]

3.2.3 Solarthermie

Die Strahlungsenergie der Sonne wird neben der Nutzung zur Elektroenergieerzeugung mittels Photovoltaik auch zur Gewinnung von thermischer Energie, in Form von Solarthermie eingesetzt. Aktuell erzeugen die installierten Anlagen jährlich 16 GWh thermische Wärmeenergie. In Abbildung 19 wurde die mit Dachflächennutzung erzeugte Energiemenge für Solarthermie farblich für die Gebiete des Vogtlandkreises hinterlegt. Für die Gemeinden Bösenbrunn, Triebel, Eichigt, Tirpersdorf und Werda existieren keine Daten zu Energiemengen oder Leistungen der Solarthermie. Die erzeugte Energiemenge kann somit real höher liegen.

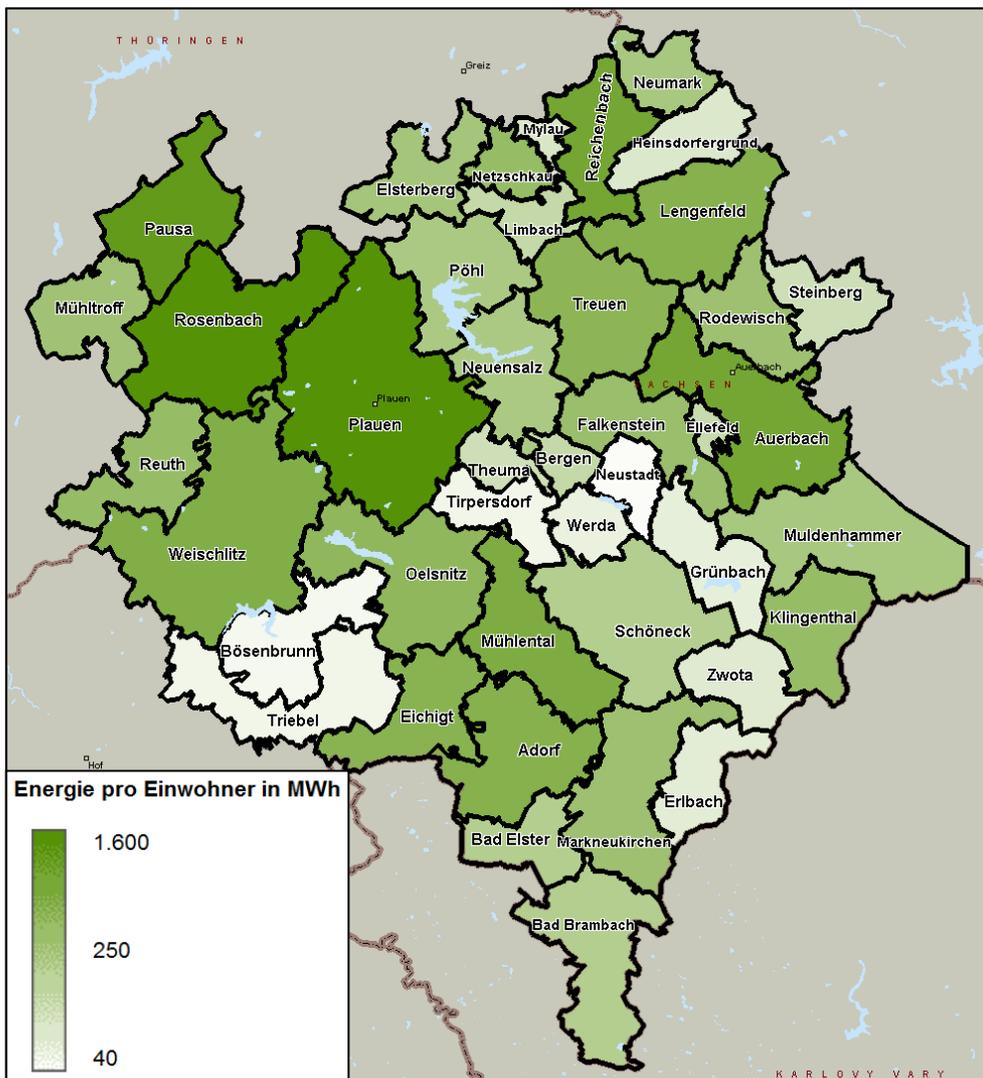


Abbildung 19 - Solarthermische Anlagen (Stand 2010) [19]

3.2.4 Bioenergie

Die Groß-Bioenergieanlagen, die im Jahr 2010 im gesamten Vogtlandkreis installiert waren, haben eine summierte elektrische Leistung von 10,4 MW. Im Jahr 2010 erzeugten diese Bioenergieanlagen 59,6 GWh_{el} elektrische Energie. Unter diesen Anlagen gibt es Bioenergieanlagen ausschließlich zur Elektroenergieerzeugung, welche eine Nennleistung von 2,11 MW aufweisen. Bioenergie wird jedoch neben der Stromerzeugung primär dazu verwendet, thermische Energie bereit zu stellen. Nur 19 der von 50Hertz erfassten Bioenergieanlagen erzeugen über eine Kraft-Wärme-Kopplung Elektroenergie. Bei einer elektrischen Leistung von 8,35 MW weisen diese eine thermische Leistung von 10,14 MW auf [17] [18].

Die installierte thermische Nennleistung der Anlagen liegt bei 16,64 MW, mit welcher diese jährlich ca. 320,43 GWh thermische Energie produzierten. Die thermische Leistung ergibt sich dabei aus der Summe der thermischen Leistung der Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen von 10,14 MW und der thermischen Nennleistung der reinen Heizwerke von 6,28 MW. Die thermische Energiemenge aus biomasse-verarbeitenden Kleinanlagen mit einer Leistung von unter 100 kW

wurde nur durch Näherung als Datengrundlage bereitgestellt. Diese Kleinanlagen haben im Jahr summiert etwa 233 GWh thermische Energie erzeugt.

In Bezug auf die erzeugte Energie gibt es zwei Arten von Anlagen zur Nutzung biogener Energieträger. Anlagen zur reinen thermischen Energieerzeugung wurden in Abbildung 20 nur rot gekennzeichnet. Diese Anlagen sind reine Heizwerke, die über Holz oder Holzschnittel betrieben werden. Kombinierte Bioenergieanlagen weisen eine Kraft-Wärme-Kopplung auf. Die entsprechenden Anlagen wurden mit rot und gelb in einem Kreis gekennzeichnet. Anlagen, bei denen nur Werte der Elektroenergieerzeugung vorlagen, sind mit gelben Kreisen gekennzeichnet. Die größte Bioenergieanlage der Region Vogtlandkreis befindet sich in Schöneck, hier werden 708 kW elektrische und 2.500 kW thermische Leistung bereitgestellt. Das Verhältnis zwischen elektrischer und thermischer Energieerzeugung wurde in Abbildung 20 ebenfalls grafisch dargestellt.

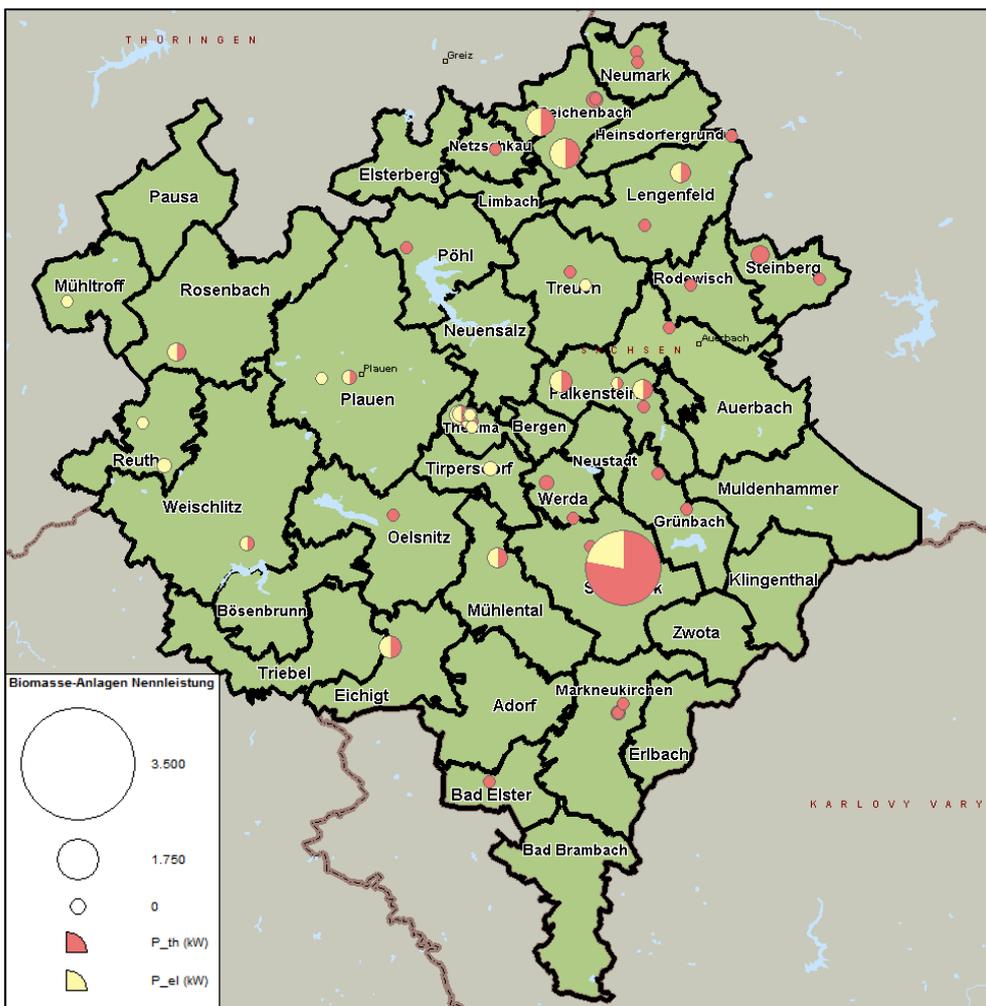


Abbildung 20 - Bioenergie-Anlagen (Stand 2010) [17]

3.2.5 Wasserkraft

In Abbildung 21 ist erkennbar, dass die Wasserkraft nur in sehr wenigen Gemeinden des Vogtlandkreises erzeugt wird. Das Potenzial der Wasserkraft zur Elektroenergieerzeugung wird vor allem an den Talsperren Pöhl und Pirk genutzt. An der Talsperre Pöhl beträgt die

Generatorleistung 750 kW, an der Talsperre Pirk 470 kW. Mit einer gesamten installierten Leistung der Wasserkraftanlagen von 1,8 MW erzeugten diese im Jahr 2010 etwa 6 GWh Energie.

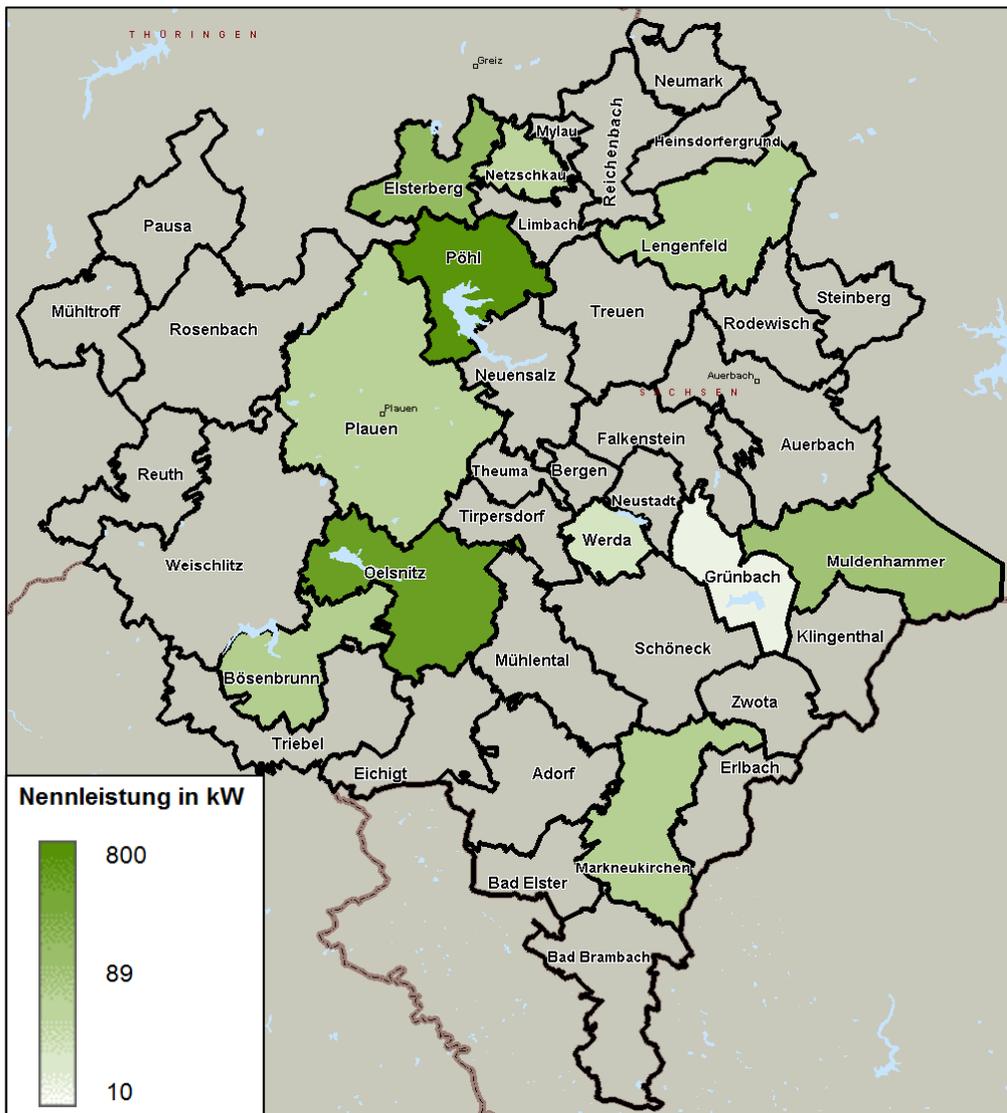


Abbildung 21 - Wasserkraftanlagen (Stand 2010)

3.2.6 Geothermie

Abbildung 22 zeigt die installierten geothermischen Anlagen und deren Nennleistungen. Im gesamten Vogtlandkreis sind geothermische Anlagen mit einer Spitzenleistung von 6,5 MW installiert. Diese Anlagen erzeugen in einem Jahr etwa 5,7 GWh Wärmeenergie aus Geothermie. Da für geothermische Anlagen keine Statistikpflicht besteht, sind nicht alle im Vogtlandkreis installierten Anlagen mit deren Nennleistung und jährlich erzeugter Energiemenge erfasst, was die Datenerhebung wesentlich erschwert und somit keine genaue Energiemenge bestimmbar macht. Somit wurden verstärkt Schätzungen und Annahmen einbezogen.

3.3 CO₂-Bilanz

In Modul 1 [20] des Leipziger Instituts für Energie wird beachtet, dass im Zeitraum von 1990 bis 2007 im Vogtlandkreis der Energieverbrauch um etwa 19 % gesunken ist. Die tatsächliche Minderung der CO₂-Emissionen ist jedoch, durch Veränderungen der Energieverbraucherstruktur, mit 35 % deutlich größer (Abbildung 23). Die Veränderungen der Energieverbraucherstruktur ist vor allem auf wesentliche Verbesserungen des energetischen Zustandes von Wohnungen innerhalb üblicher Sanierungs- und Neubauzyklen, demographische Entwicklungen, sowie die Veränderungen der gewerblichen und industriellen Wirtschaftsunternehmen zurückzuführen. Einen zusätzlichen Einfluss haben aber auch Effizienzsteigerungen von Geräten, Maschinen und Prozessen auf die Reduzierung der CO₂-Emissionen.

Es wird erkennbar, dass das Ziel, die CO₂-Emissionen von 1990 bis 2020 um 40 % zu senken bereits nahezu erreicht wurde und somit durch weiteren Zubau von Energieerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien das finale Ziel bereits sehr kurzfristig erreichbar ist [21]. Eine wesentliche Reduktion ist in den Nachwendejahren aufgrund ausgeprägter wirtschaftsstruktureller und demographischer Veränderungen zustande gekommen, daher wird empfohlen sich nicht an dem Jahr 1990 zu orientieren, sondern die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2020 um 20 % bezogen auf das Jahr 1996 zu reduzieren. Dieses Bezugsjahr dient auch anderen politischen Zielsetzungen und optimiert somit den Vergleich der Emissionsreduzierungen im Vogtlandkreis mit den Landes-, Bundes- und EU-Zielstellungen. Bei einer 20-prozentigen Reduzierung wären im Jahr 2020 maximal 1,81 Mio. t CO₂-Emissionen zu erreichen. [22]

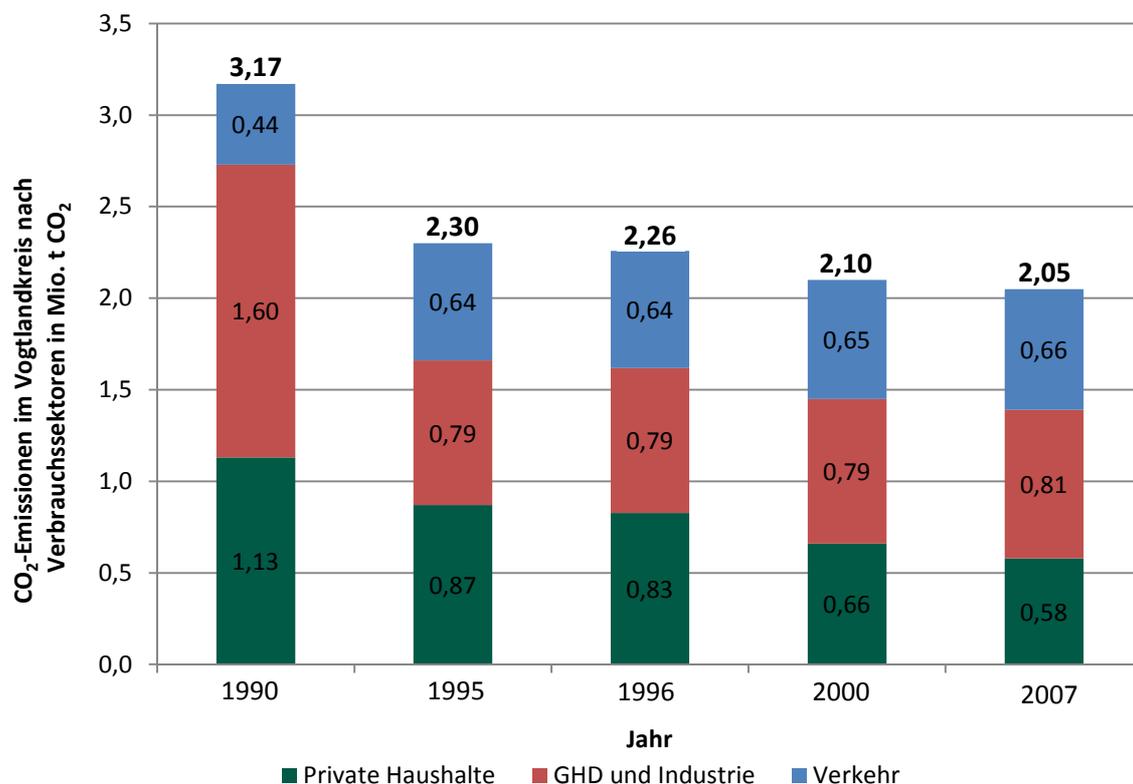


Abbildung 23 - CO₂-Bilanz [20]

Die in Abbildung 23 dargestellten Jahreswerte für das Jahr 1996 sind aus den Werten der Jahre 1995 und 2000 interpoliert worden. Dabei war erkennbar, dass zwischen den Jahren 1995 und 2000 in den Sektoren GHD und Industrie sowie Verkehr keine nennenswerten Veränderungen

stattfanden. Für die Ermittlung der CO₂-Emissionen für die privaten Haushalte im Jahr 1996 wurde eine lineare Interpolation durchgeführt.

Die aus diesem Diagramm abzuleitenden Aussagen beziehen sich zum einen auf die enorme Bedeutung und die anteilige Verteilung der CO₂-Emissionen auf die Verbrauchssektoren. Zum anderen lassen sich die zwei Hauptursachen für die CO₂-Emissionen sehr gut erkennen; Energieerzeugung und Energieverbrauch.

Im Bereich des Energieverbrauchs lassen sich zukünftig Emissionsreduzierungen durch Energieeinsparungen und Effizienzverbesserungen bei Verbrauchsgeräten erzielen. Die CO₂-Emissionen aufgrund der Energieerzeugung lassen sich zukünftig durch weitere Effizienzverbesserungen in konventionellen Kraftwerken für fossile Brennstoffe und durch eine Erhöhung des Anteils von Erneuerbaren Energien erreichen. Aus diesem Grund werden in diesem Energiekonzept Szenarien einer zukünftigen Energieversorgung untersucht und bzgl. des erreichten Anteils von erzeugter Energie mit Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien bewertet. Hieraus können in einem erstellten Simulationsprogramm, dem Energiemodell, zukünftige CO₂-Emissionen berechnet werden (siehe Kapitel 7).

4 Potenzialanalysen Erneuerbarer Energieträger

In diesem Kapitel werden die Potenziale zur Nutzung der verschiedenen Erneuerbaren Energien beschrieben, welche im Vogtlandkreis zur Verfügung stehen.

4.1 Windenergie

Die Beurteilung der Windenergiepotenziale kann nur auf Basis des bestehenden Regionalplanes Südwestsachsen [23] und dem Landesentwicklungsplan Sachsen [24] in dynamischer Verweisung auf das Energie- und Klimaprogramm Sachsens, Entwurf vom 12.10.2011 durchgeführt werden, da die Nutzung von Windenergie einer Vielzahl von politischen Reglementierungen unterliegt. Das Kapitel Windenergie des Regionalplanes befindet sich derzeit in der Fortschreibung, auf Grund des Arbeitsstandes können jedoch keine Aspekte dieser Fortschreibung in das vorliegende Konzept eingearbeitet werden.

Der derzeit gültige Regionalplan beachtet, dass etwa 38,4 % der Fläche des Vogtlandkreises (542 km² von 1.412 km²) bewaldet ist. Nach den politischen Rahmenbedingungen im Jahr 2011 war eine Windenergienutzung in Wäldern weiterhin ausgeschlossen. Weiterhin kritisch wurden vor allem die relativ dichte Besiedlung und die Auswirkungen von Windenergieanlagen auf das Natur und Landschaftsbild gesehen. Infolge vieler fachlicher Restriktionen wurden letztendlich im Regionalplan für den Vogtlandkreis vier Vorrang- bzw. Eignungsgebiete ausgewiesen.

Mit den Zielstellungen der Landesregierung im Energie- und Klimaprogramm Sachsens, in denen letztendlich eine Vergrößerung der Flächen für die Windenergieerzeugung von derzeit 0,2 % der Landesfläche auf mindestens 0,5 % (verschiedene Quellen sprechen von bis zu 0,74 %) dringend erforderlich ist, macht sich ein Überdenken aller bisherigen Restriktionen erforderlich. Da die Zielstellungen über eine dynamische Verweisung Eingang in das Kapitel Windenergie des Regionalplanes finden sollen, müssen alle Tabukriterien neu geordnet werden. Die harten Tabukriterien sind konkret zu formulieren, die weichen müssen diskutiert und in ihrer Priorisierung abgewogen werden. Der gegenwärtige Stand im Planungsverband ist, dass mit 0,027 % Ausweisung für Eignungs- bzw. Vorranggebiete Windenergie etwa 12,5 % des gegenwärtigen sächsischen Durchschnitts erreicht sind.

Unter der Maßgabe, dass das ebenfalls angesprochene Repowering von Windenergieanlagen im Vogtlandkreis aus den verschiedensten Gründen nur eine untergeordnete Rolle spielen wird, muss je nach Leistung der Windenergieanlage im Vogtlandkreis außerhalb der bisher ausgewiesenen Gebiete mit einem Zubau von 48 bis 72 Windenergieanlagen von 2 bis 3 MW bis 2020 gerechnet werden. Bei einem Flächenbedarf von geschätzt 12 ha pro Windenergieanlage müssen somit 576 bis 864 ha im Vogtlandkreis als Vorrang- oder Eignungsgebiete ausgewiesen werden.

Der Landkreis empfiehlt dabei zur Erreichung einer maximalen Akzeptanz folgende Vorgehensweise:

- 1) Bestimmung der harten Tabuzonen für die Region
- 2) Ermittlung des Windpotenzials, flächendeckend
- 3) Einarbeitung der Vorstellungen der Gemeinden zu eigenen Windenergieplanungen
- 4) Einzeichnung der weichen Tabuzonen in die Regionen, in denen eine wirtschaftliche Windenergienutzung möglich ist, vorher Auseinandersetzung, welche weichen Tabus mit welchen Abständen berücksichtigt werden müssen
- 5) Aufteilung der Zahl der notwendigen Windenergieanlagen auf die nach Einzeichnung der weichen Tabuzonen nutzbaren Flächen
- 6) Prüfung, ob nicht integrierbare Anlagenzahlen anderen Landkreisen zugeordnet werden können (bzw. mit anderen Planungsverbänden getauscht werden können)
- 7) wenn dies nicht möglich ist, Neubewertung der weichen Tabus

Für dieses Konzept wurden hilfsweise aus dem Windpotenzialgutachten des Freistaates Sachsen von 1997 für den Vogtlandkreis die Flächen in die folgende Karte übertragen, für die in 60 m Höhe eine durchschnittliche Windgeschwindigkeit von 6,5 m/s errechnet wurde.

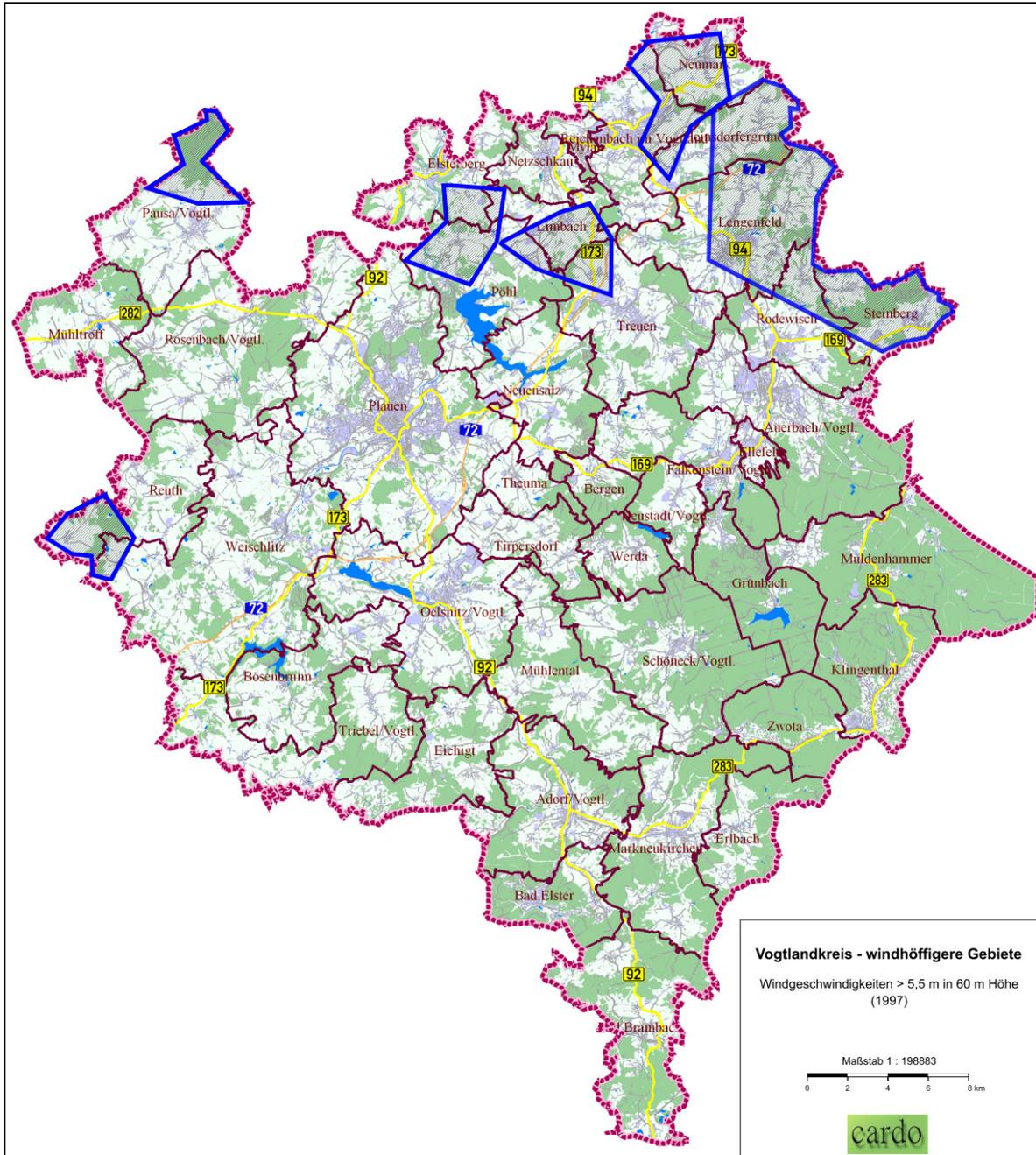


Abbildung 24 - Neue Vorrangs-/ Eignungsgebiete für Windenergieanlagen im Vogtlandkreis [25]

Es wird deutlich, dass sich diese Flächen, mit Ausnahme derer im Raum Mißlareuth, vorrangig im nördlichen Teil des Landkreises befinden. Positiv ist zumindest der geringere Bewaldungsgrad im Gegensatz zum Oberen Vogtland. Die weiteren Betrachtungen erfolgen vorläufig ohne Betrachtung der harten und weichen Tabuzonen, da zu diesen selbst in der derzeitigen Diskussion im Regionalen Planungsverband keine endgültige Position bezogen wurde.

In der folgenden Potenzialanalyse wurde weiterhin nicht darauf eingegangen, dass sich Höhenbeschränkungen der Windenergieanlagen verändern könnten.

Für das Potenzial zur Nutzung der ausgewiesenen Flächen wurde aufgrund von Nutzungskonkurrenzen wie Bebauung, Infrastruktur, Naturschutzgebieten und Wälder ein Auslastungsfaktor τ eingeführt. Dieser Faktor wurde unter Beachtung der Kriterien für die betrachteten Gebiete in Abstimmung mit der MITNETZ STROM auf 0,2 festgelegt.

Für die Untersuchungen wurden aufgrund der Höhenbegrenzungen der Windenergieanlagen, des bestehenden Regionalplans, nur 2-MW-Anlagen angenommen, da für Anlagen mit dieser Gesamthöhe nur maximal 2,5-MW-Anlagen lieferbar sind. Die MITNETZ STROM setzt in ihrer Prognose für 2-MW-Anlagen eine Flächenlast von 21 MW/km² an. Wird der Faktor der Flächenauslastung von 0,2 beachtet, ergibt sich eine resultierende Flächenlast von 4,2 MW/km². Für die Flächen mit entsprechenden Windpotenzialen ergeben sich die in Tabelle 3 gelisteten Nennleistungen neuer Windenergieanlagen.

Gebiet	Genäherter Flächeninhalt	Potentielle Zubau-Leistungen
Mißlareuth	7,5 km ²	31 MW
Pausa	6 km ²	25 MW
Südlich Elsterberg	12 km ²	50 MW
Limbach-Treuen	10 km ²	42 MW
Hauptmannsgün-Neumark	16 km ²	67 MW
Waldkirchen-Steinberg	47 km ²	197 MW
Summe Vogtlandkreis	98,5 km²	412 MW

Tabelle 3 - Potenzielle Gebiete mit Mittleren Windgeschwindigkeiten größer 6,5 m/s in 60 m Höhe

Da für die gegenwärtige Obergrenze von 72 Windenergieanlagen maximal eine Fläche von 8,7 km² benötigt wird, kann davon ausgegangen werden, dass in den windseitig geeigneten Flächen die benötigten 8,7 % auch gefunden und ausgewiesen werden können. Die bereits genannte Vorgehensweise sollte hier zur Anwendung kommen, der Regionale Planungsverband sollte vom Sinn dieser überzeugt werden.

Aus der Leistungszubau-Prognose geht hervor, dass es in der Summe möglich ist, zusätzliche elektrische Leistung durch Windenergieanlagen bereitzustellen. Mit einer, hier angenommenen, durchschnittlichen Volllaststundenzahl von mind. 1.900 h/a ist ein zusätzlicher Durchschnittsjahresenergieertrag von 780 GWh/a möglich. Kommen größere Windenergieanlagen, z.B. mit 3 MW Nennleistung, zum Einsatz, ist es aufgrund des größeren Flächenbedarfes nicht zu erwarten, dass eine wesentliche Erhöhung des gesamten Leistungszubaus erfolgt. Ein steigender Flächenbedarf pro Anlage mit höherer Nennleistung ergibt sich durch den größeren Rotordurchmesser und den daraus resultierenden größeren Abständen zwischen benachbarten Windenergieanlagen. Allerdings werden höhere Anlagen mehr Volllaststunden aufweisen, wodurch mehr Energie erzeugt werden kann. Dabei wird sich die Flächenlast für die Nutzung der Windenergie kaum ändern, da sich die Nennleistungszunahme einer einzelnen Anlage und der damit verbundene erhöhte Flächenbedarf gegenseitig auf die Flächenlast auswirken. Unter der Annahme eines Abstandes zwischen den Windenergieanlagen von dem Dreifachen des Rotordurchmessers ergibt sich eine Flächenlast von ca. 23 MW/km². In dem erstellten Energiemodell sind diese Abhängigkeiten berücksichtigt.

Das Windenergiepotenzial ist jedoch kritisch zu bewerten, da sich dieses durch politische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen jederzeit ändern kann. Des Weiteren ist die Datengrundlage zur Ermittlung der Windgeschwindigkeiten nur über den Jahresdurchschnitt und eine Zeitreihenermittlung an nur vier Referenzstandorten in und um den Vogtlandkreis gegeben. Mit Hilfe der Daten auf Basis der überlagerten Windzeitreihen von Plauen, Schleiz, Hof und Carlsfeld ist eine Volllaststundenzahl von 1.200 h ermittelbar. Unter Anwendung anderer Windkarten und Untersuchungen lassen sich hingegen auch Volllaststunden von 1.900 h ermitteln. Diese Bandbreite zwischen 1.200 h und 1.900 h macht genauere Untersuchungen von Windgeschwindigkeits- und Windenergie-Zeitreihen notwendig, um auch ein wirtschaftliches Potenzial der Windenergie im Vogtlandkreis ermitteln zu können. Deshalb wurde in dem Vorschlag zur Ermittlung geeigneter Flächen auch die Windpotenzialermittlung durch mehr Messpunkte und genauere Oberflächenmodellierung mit an vordere Stelle gesetzt.

4.2 Solarenergie

Wie bereits in Kapitel 2 beschrieben wurde, kann solare Einstrahlung durch zwei konkurrierende Technologien genutzt werden. Mittels Photovoltaikanlagen ist es möglich, aus solarer Strahlungsenergie elektrische Energie zu erzeugen. Ebenfalls ist es möglich, die solare Strahlungsenergie mittels Solarthermie zur Erzeugung von thermischer Energie zu nutzen.

Zur Ermittlung des Potenzials wurden Flächen ermittelt, die für die Nutzung solarer Strahlungsenergie zu Verfügung stehen. Dabei wurden prinzipiell alle Dachflächen von Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden sowie Freiflächen berücksichtigt. [26]

Jedoch ist nicht die komplette Dachfläche für die solare Energieerzeugung nutzbar. In [26] wurde eine Studie angewandt, die besagt, dass etwa 38 % der Dachflächen für die Nutzung von solarer Strahlungsenergie geeignet sind, was auch für die Potenzialermittlungen im Vogtlandkreis zu Grunde gelegt wurde. Bei der Berechnung der Dachflächen wurde des Weiteren auf Wohngebäudestatistiken des Landes und des Bundes zurückgegriffen. Aus den Daten wurde ermittelt, dass insgesamt 2,7 Mio. m² Dachfläche im Vogtlandkreis für die solare Energieerzeugung nutzbar ist. Diese Potentialermittlung dient als Berechnungsgrundlage für das weitere Vorgehen, obwohl die 38 % der Gesamtdachflächen als eher zu gering scheinen. Bei den Potentialanalysen lagen Dächer mit Südausrichtung im Fokus, ist jedoch der Dachgiebel Richtung Süden ausgerichtet, so kann in Summe auf beiden Dachflächen eine deutlich höhere Nutzung der solaren Strahlungsenergie ermöglicht werden.

Aufgrund der Konkurrenznutzung zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion wurden Ackerflächen bei den Potenzialen der Freiflächen nicht betrachtet, so dass nur Brachflächen und Deponieflächen zum Potenzial solarer Energiegewinnung beitragen.

Die Konkurrenznutzung der Potenzialflächen zwischen thermischer (Solarthermie) und elektrischer (Photovoltaik) Energieerzeugung wurde durch zwei Szenarien betrachtet. Im ersten Szenario werden die nutzbaren Dachflächen primär für Solarthermie genutzt, bis der thermische Energiebedarf vollständig gedeckt wäre. Die verbleibende Dachfläche und die Freiflächen werden für photovoltaische Elektroenergieerzeugung verwendet. Das zweite Szenario nutzt sämtliche Potenzialflächen für die Erzeugung elektrischer Energie mittels Photovoltaik.

Für das erste Szenario wurde ermittelt, dass etwa die Hälfte (138 ha) der nutzbaren Dachfläche (273 ha) für Solarthermie verwendet werden muss, um den Wärmebedarf decken zu können. Für die photovoltaische Nutzung steht somit noch 135 ha Dachfläche zur Verfügung. Das Potenzial der Freiflächen und photovoltaisch-nutzbaren Dachfläche umfasst eine elektrische Leistung von ca. 250 MW (davon 150 MW auf Dachflächen), was einen möglichen elektrischen Jahresenergieertrag von 220 GWh entspricht.

Im zweiten Szenario sind die gesamten Dachflächen von 273 ha und die gesamten Freiflächen für die elektrische Energieerzeugung mittels Photovoltaik nutzbar. Bei einem kompletten Ausbau der Potenzialflächen ist es möglich, eine elektrische Leistung von 403 MW zu installieren, was einem durchschnittlichen Jahresertrag von 354 GWh elektrischer Energie entspricht. Auf den Dachflächen werden dabei Photovoltaikanlagen mit 303 MW Leistung installiert, welche im Jahr durchschnittlich 267 GWh elektrische Energie bereitstellen können.

In wieweit die Werte der Potenzialermittlung der Dachflächen der Realität entsprechen, kann nur durch eine Erstellung eines 3D-Modells auf der Basis von Luftbildern und geeigneten Kartenmaterialien aufgezeigt werden.

Da sich die politischen Rahmenbedingungen seit der Erstellung der vorhandenen Potenzialanalysen geändert haben, können nun auch Ackerflächen in Autobahnnähe zur Nutzung der Solarenergie genutzt werden. Laut [25] sind hierfür ca. 1 km² als nutzbare Fläche anzusehen.

4.3 Bioenergie

Das technische Potenzial der Biomasse zur Erzeugung von Elektroenergie ergibt sich aus den möglichen Energiebeiträgen durch Energiepflanzen, land- und forstwirtschaftlichen Rückständen, organischen Nebenprodukten und organischen Abfällen. In [15] wurde dieses Potenzial mit Hilfe verschiedener Szenarien ermittelt.

Bioenergieanlagen können mit einer Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden, daher eignen sie sich zur Erzeugung von thermischer und elektrischer Energie. Am häufigsten findet die Kraft-Wärme-Kopplung Anwendung in Biogasanlagen, welche Reaktionsgase aus flüssiger Biomasse verarbeiten. Für die Ermittlung der Potenziale wurden in [15] drei mögliche Bioenergie-Szenarien ermittelt. Das erste Bioenergie-Szenario betrachtet dabei eine maximale Wärmebereitstellung. Im Bioenergie-Szenario 2 werden die vorhandenen biogenen Energieträger für eine maximale Stromerzeugung genutzt und im Bioenergie-Szenario 3 wurde eine realitätsnahe, ausgewogene Energieerzeugung betrachtet. Das vierte Bioenergie-Szenario betrachtet die maximal mögliche Biodiesel- und Bioethanol-Produktion, auf die jedoch nicht genauer eingegangen werden soll. Die Bioenergie-Szenarien sind in Tabelle 4 dargestellt.

In Bioenergie-Szenario 1 ergibt sich ein thermisches Potenzial aus sämtlicher Biomasse und Rapsöl, welche direkt oder indirekt thermochemisch umgewandelt werden, von 881 GWh thermischer Energie.

Im Gegensatz dazu steht das zweite Bioenergie-Szenario, welches sowohl eine elektrische Nutzung, als auch eine thermische Nutzung über eine Kraft-Wärme-Kopplung ermöglicht. In diesem Bioenergie-Szenario, bei dem die maximale Elektroenergie erzeugt werden soll, ist das gesamte Endenergiepotenzial mit 968 GWh höher als im ersten Bioenergie-Szenario. Die Begründung hierfür ist der Gesamtwirkungsgrad, der durch die Kraft-Wärme-Kopplung deutlich

steigt. Es ist im maximalen Fall möglich, 349 GWh elektrische Energie und 619 GWh thermische Energie im Jahr zu erzeugen.

Das realitätsnaheste dritte Bioenergie-Szenario, setzt voraus, dass jeder biogene Energieträger aus energetischer und wirtschaftlicher Sicht dem jeweilig optimalen Energieumwandlungsprozess zugeführt wird. Das Endenergiepotenzial liegt in diesem Szenario daher etwas niedriger bei 942 GWh. Dabei werden 696 GWh thermische Energie und 196 GWh elektrische Energie erzeugt. Zusätzlich wird Biomethan mit einem Energiegehalt von 25 GWh und ein Biodieselvolumen mit einem Energiegehalt von 26 GWh bereitgestellt.

Bioenergie-Szenario	Wärme	Strom	Biomethan	Biodiesel	Endenergiepotenzial
1 – maximale Wärmebereitstellung	881	-	-	-	881
2 – maximale Strombereitstellung	619	349	-	-	968
3 – ausgewogene Nutzungsoptionen	696	196	25	26	942
4 – maximale Biodiesel- und Biomethanproduktion	-	-	158	29	(187)
Spannweite	619 bis 881	0 bis 349	0 bis 158	0 bis 29	881 bis 968

Tabelle 4 - Potenziale zur Erzeugung von Bioenergie

Aktuell wird das Potenzial der Energiegewinnung aus bioenergetischen Energieträgern im Vogtlandkreis zu etwa 37 % genutzt. Dabei wird bei der Erzeugung von thermischer Energie ein Ausnutzungsgrad von 38 % erreicht und bei der Erzeugung von Elektroenergie 28 %. Es ist somit erkennbar, dass das vorhandene Bioenergiepotenzial bereits stark ausgenutzt wird und somit wesentlich zur aktuellen regenerativen Energieerzeugung im Vogtlandkreis beiträgt.

Eine genauere Potenzialermittlung setzt eine genauere Ermittlung der Einschlagmenge im forstwirtschaftlichen Bereich im Vogtlandkreis voraus. Des Weiteren haben landwirtschaftliche Betriebe und deren Entscheidungen zum Anbau und zur Verwendung von Rohstoffen wesentliche Auswirkungen auf das Potenzial der Bioenergieerzeugung.

4.4 Wasserkraft

Der Entwurf des Energieprogrammes des Freistaates Sachsen [27] sieht bei der Nutzung von Wasserkraft zur Energieerzeugung nur noch begrenzt ausbaubares Potenzial. Vor allem aus gewässerökologischen und naturschutzfachlichen Gründen wird der Neu- und Ausbau von Wasserkraftanlagen als kritisch angesehen. [28]

Detaillierte Untersuchungen zu Wasserkraftpotenzialen vom Vogtlandkreis lagen jedoch nicht vor. Laut [26] liegt das Ausbaupotenzial im Vogtlandkreis bei etwa 15 % (300 kW) der derzeit installierten Leistung (1.700 kW) und 20 % (1.100 MWh) der aktuellen Energieerzeugung aus Wasserkraft (5.500 MWh). Dabei kann das vorhandene Potenzial von Wasserkraft im Vogtlandkreis vor allem durch Reaktivierung von Wehrstandorten erweitert werden, da die größten Potenziale in größeren Fließgewässern liegen. Dieser Aussage liegt die historische Betrachtung des Anlagenbestandes von 1921 zugrunde. Damals waren ca. 120 Wasserkraft-

Anlagen in Betrieb. Derzeit sind es im Vogtlandkreis laut [26] nur 14 (Stand 2007) bzw. laut [17] 18 (Stand 2011). [25]

4.5 Geothermie

In [26] wurde das theoretische Potenzial von Geothermie betrachtet, dieses ist jedoch für eine Nutzung von Geothermie nicht realistisch, da technische und wirtschaftliche Faktoren nicht beachtet wurden. Aus diesem Grund wurde eine andere Herangehensweise zur Ermittlung des Potenzials von Geothermie gewählt.

Die Arten der Geothermie wurden bereits im Kapitel 2.3 beschrieben. Die Tiefen-Geothermie ist im Vogtlandkreis, aufgrund der Mineralwasser- und Heilquellennutzung, vorerst nicht nutzbar [29]. Eine 1.201 m tiefe Bohrung in Bad Elster wurde in den Jahren 2007/2008 durchgeführt um eine geothermische Nutzbarkeit festzustellen. Dabei wurde 43 °C warmes stark mineralhaltiges Wasser gefunden. Aufgrund der Lage im Heißquellenschutzgebiet bestehen jedoch Bedenken bei der Nutzung für geothermische Zwecke, so dass die Bohrung für den Bäderbetrieb genutzt werden soll. Um eine gegenseitige Beeinflussung zwischen der Geothermie und der Heilwassernutzung auszuschließen, muss im Heilquellenschutzgebiet auf die Nutzung tiefer Geothermie verzichtet werden [30]. Die Tiefen-Geothermie wird daher in der Potenzialanalyse auch weiterhin vorerst nicht berücksichtigt.

Zur Ermittlung des geothermischen Potenzials wurde eine Branchenprognose des Bundesverband Wärmepumpe e.V. herangezogen [31]. Dieses stellt die Entwicklung der Anzahl von Wärmepumpen in Gesamtdeutschland bis zum Jahr 2010 dar. Dabei ist erkennbar, dass seit 2005 der Bestand der Wärmepumpen ansteigt. Dieser Anstieg wurde linear ansteigend prognostiziert, so dass deutschlandweit im Jahr 2030 zwei Millionen Wärmepumpen erwartet werden. Die Prognose hält es weiterhin für möglich, dass durch gesetzliche und fördertechnische Rahmenbedingungen im Jahr 2030 3,5 Millionen Wärmepumpen installiert sein könnten.

Dieses Prognoseverfahren der linearen Trendextrapolation wurde ebenfalls auf den Bestand von Wärmepumpen des Vogtlandkreises bezogen. Ebenso wurde die durch den Bundesverband Wärmepumpe e.V. ermittelte Zahl von Wärmepumpen auf den Vogtlandkreis heruntergerechnet. Die entsprechenden Ergebnisse wurden in Abbildung 25 dargestellt.

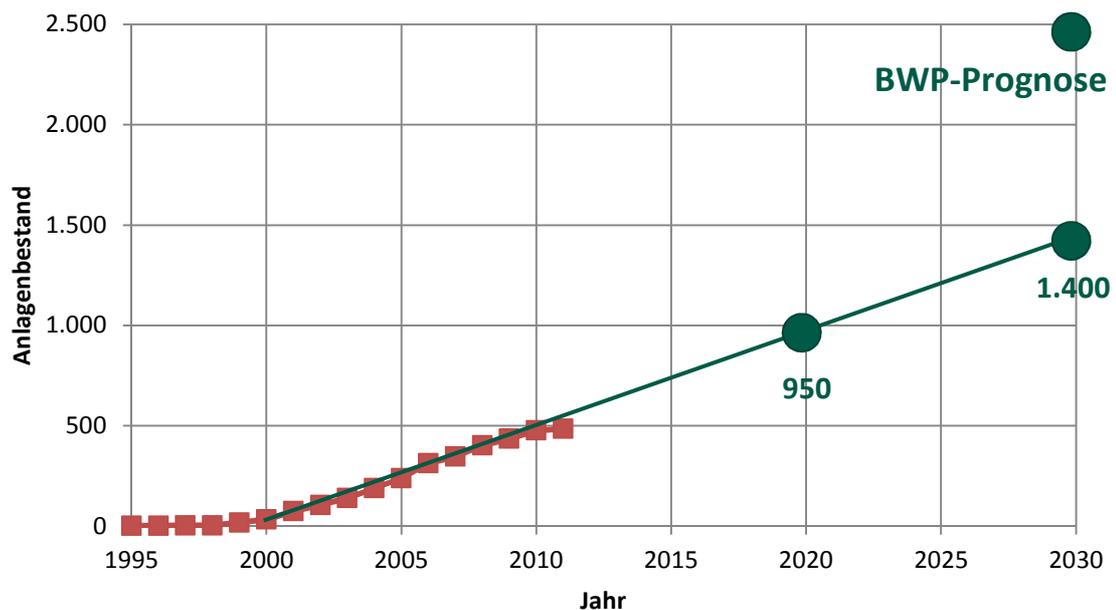


Abbildung 25 - Prognose Wärmepumpen [31]

Es ist erkennbar, dass der Anstieg des Wärmepumpenbestandes bereits im Jahr 2000 begonnen hat. Dies ist auf die Erneuerungsrate von Heizungsanlagen durch die Wendezeit zurückzuführen. Allerdings ist auch erkennbar, dass der Anstieg im Vergleich zum gesamten Bundesgebiet deutlich geringer ausfällt, so dass heruntergebrochen im Vogtlandkreis etwa 2.500 Wärmepumpen im Jahr 2030 zum Einsatz kommen, laut linearer Trendextrapolation sind jedoch davon nur 55 %, also 1.400 Wärmepumpen zu erwarten. Dieser Wert wurde als Potenzial zu Grunde gelegt. Ein großer Teil des Zubaus von Wärmepumpen ist auf Luft-Wärmepumpen zurückzuführen. Diese werden vor allem durch geringere Anschaffungskosten, welche die schlechtere Jahresnutzungszahl im Vergleich zu erdgekoppelten Wärmepumpen kompensieren, aber auch durch technische Weiterentwicklungen, welche zur Steigerung der Effizienz beitragen, immer häufiger Akzeptanz finden. Im Jahr 2010 lag der Anteil der Luft-Wärmepumpen noch bei 50 %, allerdings wird bis zu dem Jahr 2030 eine Erhöhung des Anteils auf bis zu 70 % erwartet [31].

Zukünftig wird die Entwicklung der Energiepreise den Anlagenbestand ebenfalls stark beeinflussen. Im Hinblick auf das Betriebsalter der installierten Heizungsanlagen im Vogtlandkreis ergibt sich eine interessante Potenzialerhöhung für die Nutzung der Geothermie. Die Anlagen sind inzwischen 10 bis 20 Jahre alt und wenn zum Erneuerungszeitpunkt die Brennstoffpreise ausreichend hoch sind und ggf. entsprechende Fördermöglichkeiten angeboten werden, könnte es bei deren Erneuerung ab den Jahren 2018 bis 2020 zu einem größeren Anstieg der Kurve aus Abbildung 25 kommen.

5 Energiebedarfsprognose

Im folgenden Kapitel werden auf Basis des beschriebenen Datenbestandes und der genannten Rahmenbedingungen Prognosen für den zukünftigen Wärme- und Elektroenergiebedarf detailliert beschrieben.

5.1 Prognoseverfahren

Um einen Energiebedarf zu prognostizieren, müssen verschiedene Gesichtspunkte systematisiert und beachtet werden. Die Prognose des Energiebedarfes erfolgte nach den in Abbildung 26 dargestellten Komponenten. Eine Prognose kann durch die Verwendung von qualitativen oder quantitativen Prognosetechniken unterschieden werden und danach, ob die zu prognostizierende Größe direkt oder indirekt bestimmt wird. [32]

Der Elektroenergiebedarf kann anhand der Verbrauchsdaten des Energieversorgers durch eine Trendextrapolation direkt prognostiziert werden. Der Verlauf des zukünftigen Energiebedarfes wird somit unter der Verwendung von Daten und Beobachtungen aus vergangenen Jahren abgeschätzt. Der Vorteil der direkten Methode ist die einfache Anwendbarkeit. Eine detaillierte Analyse der zu prognostizierenden Größe ist nicht erforderlich, was zugleich eine wesentliche Unsicherheit der Prognose darstellt. Wirkzusammenhänge zwischen verschiedenen Variablen der Prognosegröße werden nicht beachtet.

Die indirekte Prognosemethode prognostiziert nicht die eigentliche Prognosegröße, sondern die potentiellen Variablen, die in einem kausalen Zusammenhang zu dieser stehen. Der Energiebedarf ist direkt abhängig von der Bevölkerungszahl. Energieversorger erfassen deren Energieverbrauch im Standardlastprofil (siehe 2.2) oder Schwachlastbereich, dargestellt in Abbildung 26 unter „Haushalt und Gewerbe“. Die Energieverbräuche von Industriekunden und anderen Großverbrauchern werden durch eine registrierte Leistungsmessung erfasst. Auf die Industrie wirkt die indirekte Größe Wirtschaft ein, welche wiederum verschiedenen konjunkturellen Faktoren unterliegt. Somit kann die Komplexität des Sachverhalts vergrößert und die damit einhergehende Qualität der Prognose verbessert werden.

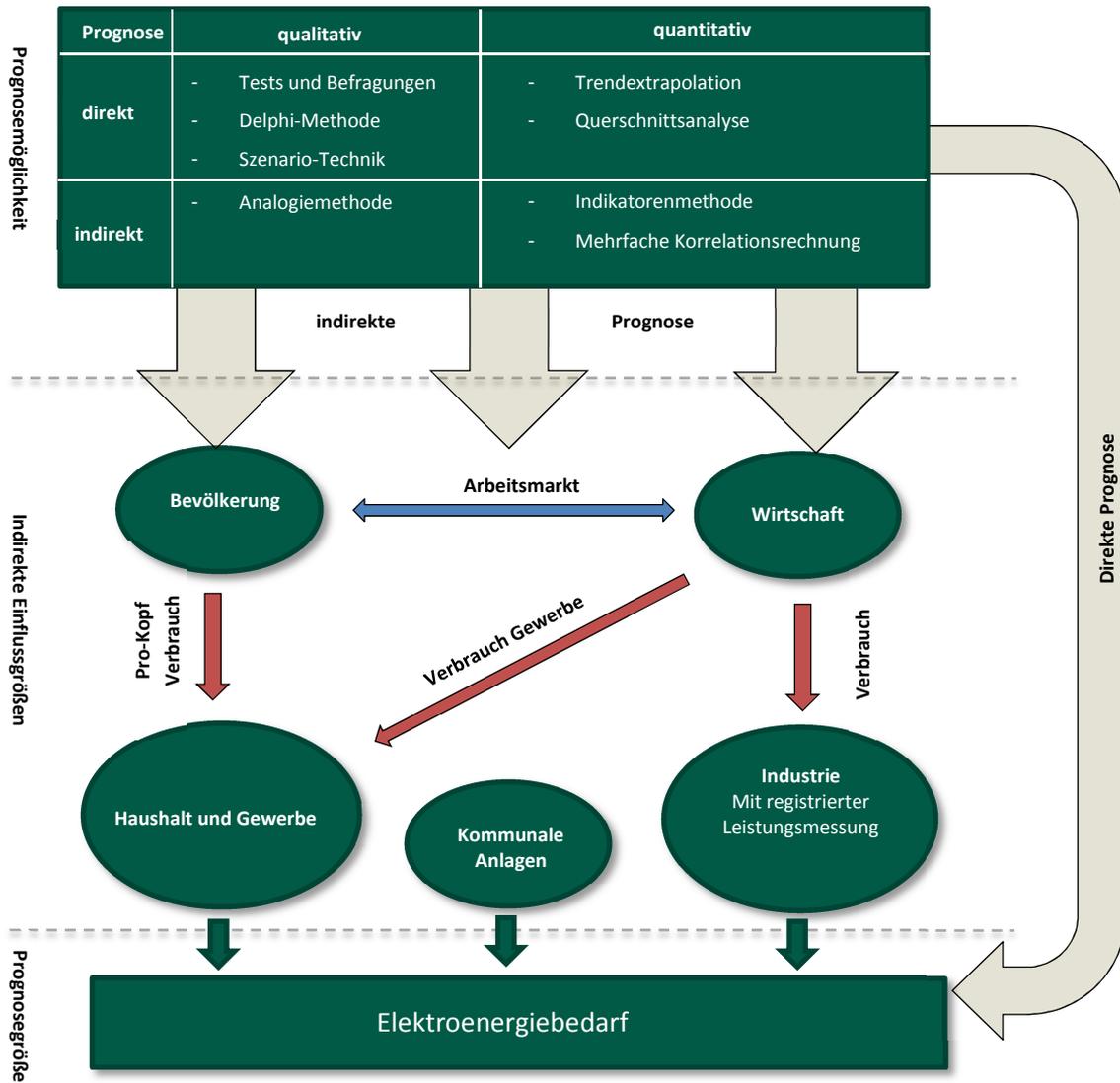


Abbildung 26 - Prognosegröße Energiebedarf

Bei der Prognose des Elektroenergiebedarfs wird die indirekte Methode angewandt. Als Prognoseindikatoren wurden die einzelnen Verbrauchskategorien „Haushalt und Gewerbe“, „Kommunale Anlagen“ und „Industrie mit registrierter Leistungsmessung“ genutzt. Bei der Prognose der Indikatoren wird das quantitative Prognoseverfahren der Trendextrapolation auf bekannte Daten angewendet.

5.2 Demographischer Wandel

Der demographische Wandel beschreibt die Entwicklung der Bevölkerungsstruktur. Die Bevölkerungsentwicklung im Land Sachsen wurde bereits durch offizielle Prognosen des Statistischen Landesamtes Sachsen beschrieben. Diese Prognosen reichen bis zum Jahr 2025 und beziehen sich auf das Jahr 2009.

In Abbildung 27 wurde die erwartete Bevölkerungsentwicklung für den gesamten Vogtlandkreis dargestellt. Es ist erkennbar, dass mit einem weiteren Rückgang der Bevölkerung zu rechnen ist. Ausgehend von Variante 2, beträgt der Rückgang 18,9% gegenüber 2009. Das heißt, der Vogtlandkreis hätte zum am Ende des Jahres 2025 ca. 200.400 Einwohner. Aktuell leben im Vogtlandkreis 243.414 Menschen (Stand: 30.04.2011).

Bevölkerungsentwicklung in Sachsen und im Vogtlandkreis

1990 = 100

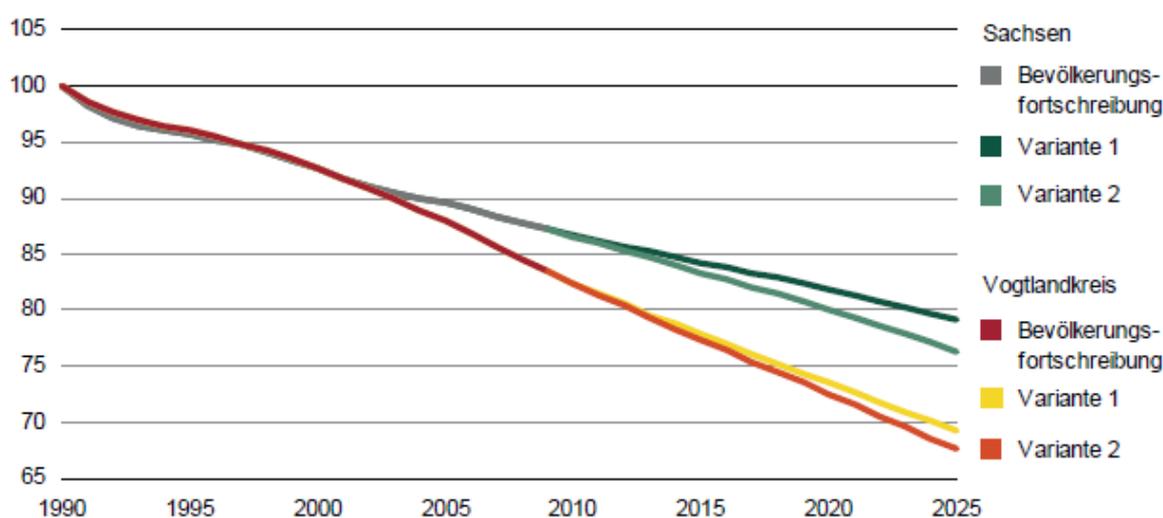


Abbildung 27 - Bevölkerungsentwicklung [16]

Aufgrund der letzten Gebietsreform vom 01.08.2008 konnten die demographischen Daten der Demographie-Konferenz des Vogtlandkreises vom 29.06.2007 nicht verwendet werden. Zur Zeit der Erarbeitung dieser Bevölkerungsprognosen war die Stadt Plauen als kreisfreie Stadt dem Vogtlandkreis noch nicht zugeordnet. In den Zahlen des Statistischen Landesamt Sachsen sind die Veränderungen durch die Gebietsreform berücksichtigt und gewährleisten somit die Verwendung genauer und aktuelle Daten.

5.3 Wirtschaftliche Entwicklung

Die Entwicklung der Wirtschaft mit Hilfe eines eindeutig zuzuweisenden Indikators zu prognostizieren ist nicht möglich. Daher wird international das Bruttoinlandsprodukt herangezogen, um die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit eines Landes zu beurteilen. Auf nationaler Ebene werden vergleichbare Zahlen errechnet. So weist das Statistische Landesamt Sachsen die in Abbildung 28 dargestellten Ergebnisse aus. Es ist zu erkennen, dass der Wert des Bruttoinlandsproduktes in Sachsen eine leicht steigende Tendenz aufweist. Ein steigendes

Bruttoinlandsprodukt ist ein wesentlicher Indikator, dass sich die Wirtschaft positiv entwickelt. Nach dem Prognoseverfahren der linearen Trendextrapolation wird das sächsische Bruttoinlandsprodukt weiter leicht ansteigen und somit auch die Wirtschaftskraft weiter zunehmen.

Ein Vergleich mit dem Verlauf des Energiebedarfs der Industriekunden zeigte, dass von der Entwicklung des sächsischen Bruttoinlandsprodukts, auf den tendenziellen Energiebedarf zu schließen ist.

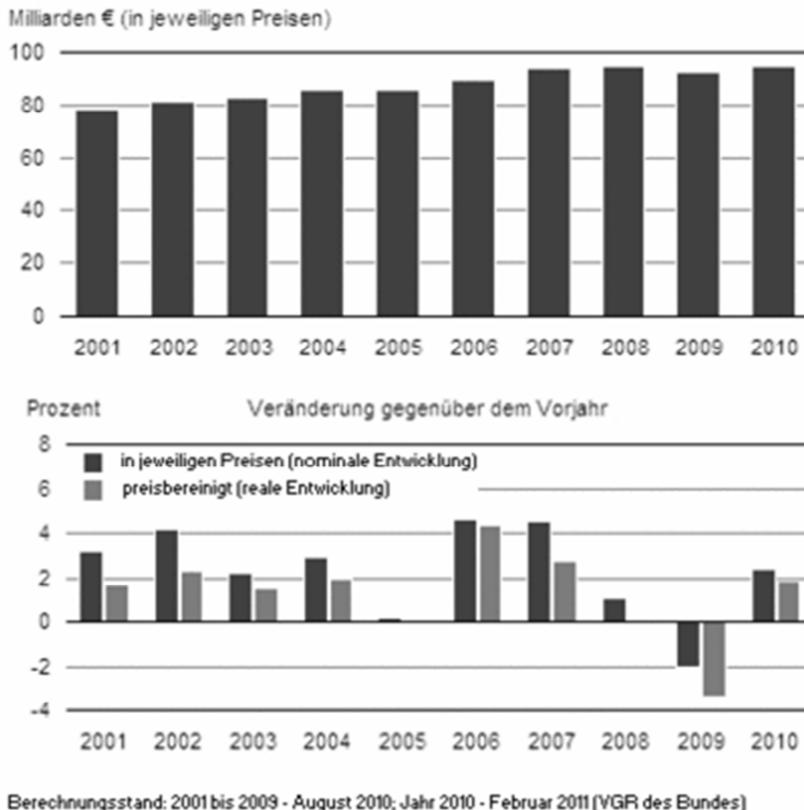


Abbildung 28 - Bruttoinlandsprodukt Sachsen [16]

5.4 Elektromobilität

Der erwartete Anstieg von Elektrofahrzeugen wird das vorhandene Energieversorgungssystem stärker belasten als bisher. Nach der Annahme des nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität der Bundesregierung könnten auf deutschen Straßen im Jahr 2020 bereits eine Million Elektrofahrzeuge zum Einsatz kommen. Bis zum Jahr 2030 werden 5 Millionen Elektrofahrzeuge erwartet. Wird dieser Wert auf die Einwohnerzahlen des Vogtlandkreises bezogen, werden im Jahr 2020 2.233 Elektrofahrzeuge und im Jahr 2030 16.163 Elektrofahrzeuge im Vogtlandkreis zugelassen sein. Dabei wird eine homogene Durchdringung der Elektrofahrzeuge in Deutschland angenommen.

Eine durchschnittliche Fahrtstrecke von 40 km pro Fahrzeug [33], verursacht bei einem angenommenen Verbrauch von 20 kWh Energie auf 100 km Fahrtstrecke, einen täglichen Energiebedarf von 8 kWh. Der sehr hoch angenommene Verbrauch wurde zu Grunde gelegt, um neben Antriebsleistungen auch zusätzliche Verbraucher, wie Klimatisierung und Multimedia-

Systeme, zu berücksichtigen. Prinzipiell liegen die spezifischen Verbrauchsangaben verfügbarer Elektrofahrzeuge zwischen 10 und 20 kWh auf 100 km. Wird der Energiebedarf aller Elektrofahrzeuge für den gesamten deutschen Raum hochgerechnet, so ist erkennbar, dass die Elektrofahrzeuge summiert nur etwa 2 TWh Energie benötigen. Bei einem durchschnittlichen Gesamtenergieverbrauch in Deutschland von 600 TWh pro Jahr sind das nur etwa 0,3 % des Gesamtenergiebedarfes. Interessanter ist jedoch, dass eine Million Elektrofahrzeuge, mit einer Ladeleistung von je 11 kW, eine gleichzeitige Ladeleistung von 10 GW benötigen. Der gesamte Kraftwerkspark in Deutschland liefert aktuell ca. 170 GW Leistung, d.h. die Leistung die Elektrofahrzeuge gleichzeitig beim Laden abrufen können liegt bei ca. 6 % der installierten Leistung. Dieser Wert entspricht in etwa der vorhandenen Reserveleistung, welcher bereits bei einer geringen Zahl von einer Million Elektrofahrzeugen ausgereizt sein würde. Bei einer weiter steigenden Anzahl von Elektrofahrzeugen ist bereits dadurch ersichtlich, dass ein Lademanagement nötig wird. Dieses kann die Ladevorgänge zeitlich verteilen, oder verlängern und dazu beitragen, dass die abgerufene Leistung absinkt, ohne dass der Energiebedarf sich ändert. Diese Annahme, dass alle Elektrofahrzeuge gleichzeitig mit dem Ladevorgang beginnen ist als unwahrscheinlich einzustufen. Im Hinblick auf eine möglichst hohe Zuverlässigkeit des Elektroenergiesystems gilt dieses Szenario allerdings als worst-case und ist nicht auszuschließen.

Für die Integration von Elektrofahrzeugen in das Energieversorgungssystem werden verschiedene technische Möglichkeiten erforscht. Dabei stellen Batteriewechselstationen oder Schnellladestationen, vergleichbar mit heutigen Tankstellen, kein wesentliches Problem im Energieversorgungssystem dar. Diese Lösungen laden mehrere Fahrzeugbatterien gleichzeitig und benötigen sehr große Leistungen, weshalb der Netzanschluss solcher Stationen durch Betreiber-eigene Ortsnetzstationen im Mittelspannungsnetz, oder sogar im Hochspannungsnetz erfolgt. Ein größeres Problem stellen Elektrofahrzeuge dar, die dezentral verteilt im Niederspannungsnetz am heimischen Stellplatz aufgeladen werden. Die vorhandenen Niederspannungsnetzstrukturen sind für derart hohe dezentral bereitzustellende Leistungen nicht ausgelegt. Vorhandene Niederspannungsnetze sind meist historisch gewachsen und nur für geringe Hausanschlussleistungen dimensioniert. So kommt es bei der Mehrbelastung durch die Ladevorgänge der Elektrofahrzeuge zu Überlastungen von Leitungen und Transformatoren, sowie zu Verletzungen des zulässigen Spannungsbandes. Die Betriebsspannung muss dabei in 95 % der 10-Minuten-Mittelwerte in einem Bereich von ± 10 % der Nennspannung liegen.

Der Ladevorgang von Elektrofahrzeugen stellt somit vor allem die Verteilnetzebene, insbesondere die Niederspannungsnetze vor neue Herausforderungen. Dabei unterscheiden sich städtische Niederspannungsnetze wesentlich von ländlichen Niederspannungsnetzen. In städtischen Netzen liegt die Bevölkerungsdichte deutlich höher, weshalb auch die abgerufene Leistung höher ist. Aufgrund dieser Faktoren werden im städtischen Bereich Leitungsstränge kürzer ausgelegt und Kabel mit großen Leiterquerschnitten verlegt. Die Ortsnetzstationen werden im städtischen Bereich mit typischen Transformatorgrößen von 400 kVA bis 630 kVA bestückt. In ländlichen Netzgebieten sind Leitungsstränge, aufgrund von geographischen und baulichen Gründen oft deutlich länger. Die Bevölkerungsdichte ist entsprechend geringer als im städtischen Bereich, weshalb die Lasten, aber auch die Transformator-nennleistungen in ländlichen Netzgebieten geringer sind. Aufgrund der höheren Bevölkerungsdichte in der Stadt, ist auch die Anzahl der angeschlossenen Elektrofahrzeuge deutlich höher als im ländlichen Gebiet.

In beispielhaften Simulationen unter der Verwendung von realen Netztopologien wurde gezeigt, dass in einem städtischen Niederspannungsnetz nur maximal 32 Elektrofahrzeuge bei einem Wirkungsgrad von 90 % und einer Anschlussleistung von 10 kW gleichzeitig geladen werden konnten, ohne den Transformator zu überlasten. Diese geringe Anzahl an Elektrofahrzeugen entspricht in etwa einer Elektromobilitätsdurchdringung von 7 %, welche im Zeitraum zwischen 2020 und 2030 erwartet wird. Die Aufladung der Elektrofahrzeuge an privaten Lademöglichkeiten findet im ungesteuerten Fall vor allem in den Abendstunden, der Spitzenlastzeit, statt. Bei der Integration einer Vielzahl an Elektrofahrzeugen treten dabei in städtischen Niederspannungsnetzen vorwiegend Überlastungen des Transformators auf. Spannungshaltungsprobleme und Leitungsüberlastungen spielen aufgrund des hohen Verkabelungsgrades, der kürzeren Leitungen und der größeren Leiterquerschnitte keine wesentliche Rolle. Gerade bei Letzterem sind die, mit der Elektromobilität höheren und andauernden Belastungen bei der ursprünglichen Planung der Netze nicht berücksichtigt wurden. Um das zu beurteilen ist eine Neubewertung der Belastbarkeiten, sprich dem zur Netzplanung zugrunde liegenden Belastungsgrad m , nötig.

Sollen in ein städtisches Netz mehr Elektrofahrzeuge integriert werden, im Beispiel mehr als 32, dann ist ein intelligentes Lademanagement nötig, welches die Ladevorgänge von der Spitzenlastzeit in die Nachschwachlastzeit verlagert (Abbildung 29). Im untersuchten Netz war es mit Hilfe einer Steuerung, welche im 5-Minuten-Versatz jeweils 6 Elektrofahrzeuge mit dem Laden beginnen lässt, möglich, eine vollständige Durchdringung mit Elektrofahrzeugen zu gewährleisten. Dabei wird ein zukünftig konstantes Verhältnis von Einwohnern und zugelassenen Personenkraftwagen vorausgesetzt.

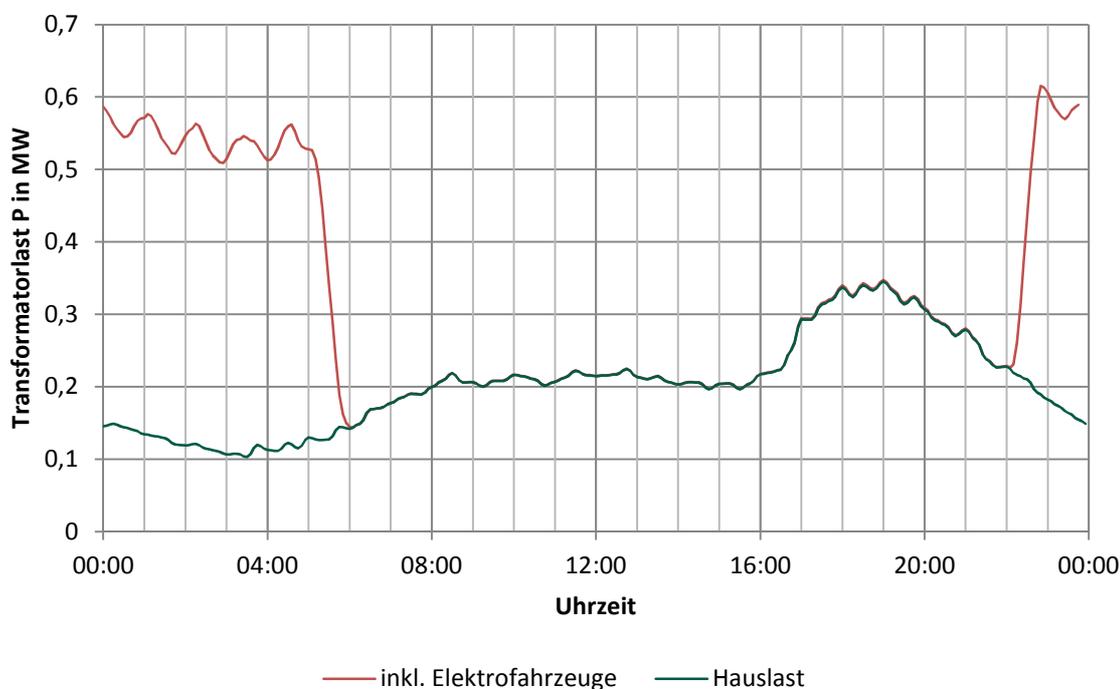


Abbildung 29 - Tageslastgang eines Ortsnetztransformators mit und ohne Elektrofahrzeuge

In ländlichen Niederspannungsnetzen ist die Integration von Elektrofahrzeugen deutlich komplizierter. Aufgrund, der oben beschriebenen strukturellen Merkmale der Netze, kommt es

vor allem zu Verletzungen des Spannungsbandes, je länger die Leitungsstränge ausgelegt wurden. Vor allem Freileitungsstränge sind von diesem Problem besonders betroffen. In dem betrachteten realen Netz konnten bei einer Stranglänge von 300 m noch acht Elektrofahrzeuge gleichzeitig geladen werden, bei einer Stranglänge von 700 m konnten jedoch nur noch zwei Elektrofahrzeuge gleichzeitig geladen werden, ohne das Spannungsband zu verletzen. Auch in ländlichen Niederspannungsnetzen ist es sinnvoll, ein intelligentes Lademanagement, wie im städtischen Netz einzusetzen. Es ist jedoch im ersten Schritt auch möglich, die Spannungshaltung durch regelbare Ortsnetztransformatoren zu gewährleisten. Diese regelbaren Ortsnetztransformatoren befinden sich in vielen Pilotprojekten aktuell in der Erprobung, jedoch wird auch in ländlichen Netzen ein intelligentes Management mit steigender Durchdringung von Elektrofahrzeugen notwendig. Die Bevölkerungsdichte ist im ländlichen Bereich wesentlich geringer, was auch eine deutlich geringere Anzahl an Elektrofahrzeugen zur Folge hat. Jedoch wurden auch die Netze mit deutlich geringeren Leiterquerschnitten und geringeren Transformatorleistungen geplant. Aufgrund der strukturellen und geographischen Unterschiede der Netze kann ein regelbarer Ortsnetztransformator, ein intelligentes Lademanagement oder ein Netzausbau als Lösung dienen.

Im Vogtlandkreis ist nach dem Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität im Jahr 2020 mit 3.233 Elektrofahrzeugen zu rechnen, welche einen Mehrbedarf an Elektroenergie von 9.439 MWh verursachen. Bei einer gleichzeitigen Ladung aller Elektrofahrzeuge würde eine zusätzliche Leistung von 35,56 MW benötigt. Die eigentliche Mehrenergiemenge beträgt allerdings nur etwa 0,94 % zu dem bisherigen Energieverbrauch. Jedoch liegt der Leistungsmehrbedarf bei etwa 82 % der installierten regenerativen Erzeugerleistung (43,4 MW). In einem autarken Betrieb im Vogtlandkreis würden somit bei einem ungesteuerten Ladevorgang die Netzauswirkungen der Elektromobilität wesentliche Probleme verursachen, ohne wesentlich zum Energiehaushalt beizutragen.

An der Professur Energie- und Hochspannungstechnik werden bzgl. der zukünftigen Netzauswirkungen durch die Elektromobilität weiterführende Forschung betrieben. Dabei geht es u.a. um die Ermittlung des tatsächlichen Bedarfs eines zentral organisierten und intelligenten Lademanagements. An dieser Stelle sei auf die entsprechenden Veröffentlichungen des Lehrstuhls verwiesen [34] [35] [36] [37] [38].

5.5 Gesamtenergiebedarf

Im Jahr 2010 wurden aus regenerativen Energieträgern rund 102,08 GWh elektrische Energie und 301 GWh thermische Energie erzeugt und bereitgestellt. Dem gegenüber steht ein Bedarf von etwa 1.000 GWh elektrischer Energie und 2.077 GWh thermischer Energie. Der Bedarf von thermischer Energie wird bereits zu etwa 14,5 % mit Hilfe von regenerativen Energiequellen gedeckt. Die im Vogtlandkreis erzeugte regenerative Elektroenergie deckt jedoch den Elektroenergiebedarf nur zu 10,3 %.

Der aktuelle Mix der Elektroenergie wird in Abbildung 30 für die Gebiete des Vogtlandkreises dargestellt. Ziel der Sächsischen Landesregierung ist es, den Anteil Erneuerbarer Energien bis 2020 auf 24 % des Bruttostromverbrauchs zu erhöhen. Die Darstellung erlaubt es, für jede Gemeinde festzustellen, in wie weit diese, gemessen an ihrem Eigenbedarf, dieses politische Ziel bereits erreicht hat. Vor allem Gemeinden mit geringeren Bevölkerungszahlen und einer bisher

eher zufälligen guten Ausstattung mit Windenergie- bzw. Biogasanlagen haben dieses Ziel bereits erfüllt oder übererfüllt, jedoch ist deren Anteil am Gesamtenergiebedarf des Vogtlandkreises sehr gering.

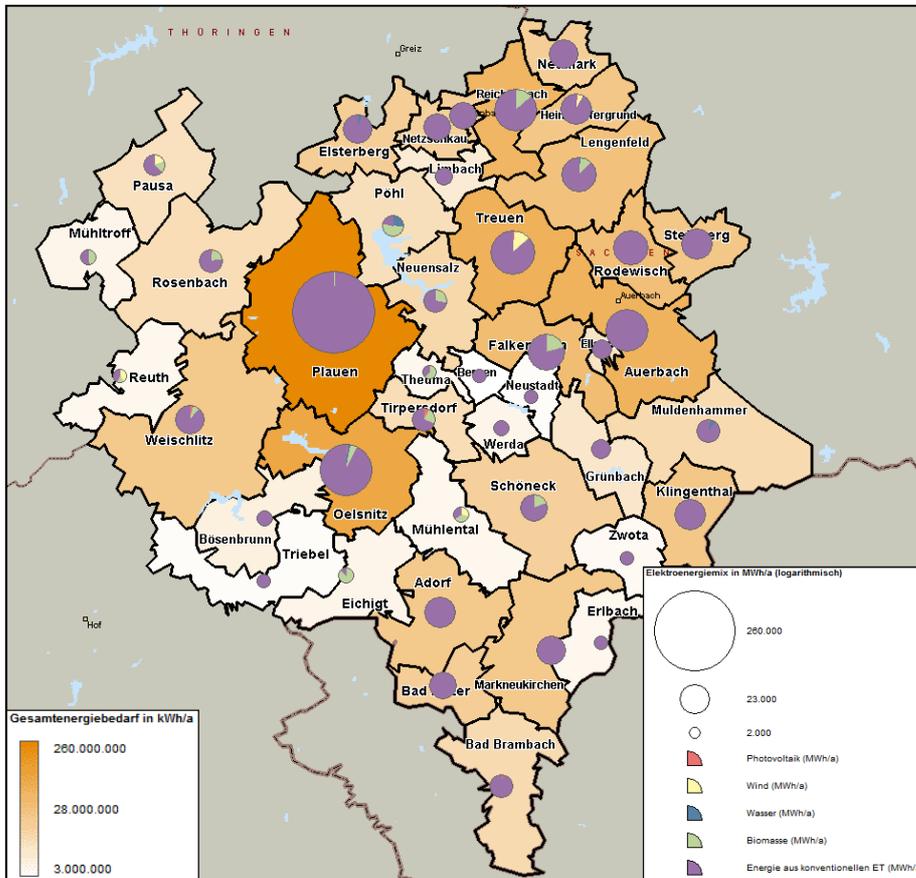


Abbildung 30 - Aktueller Mix elektrischer Energie (Stand: 2010 - 2011)

Da der durch regenerative Energiequellen erzeugte Anteil von Elektroenergie im gesamten Vogtlandkreis auf 24 % der Gesamtenergie erhöht werden soll, ist die Gesamtbilanz aller Gemeinden von Bedeutung. Aktuell werden 11 % der benötigten Elektroenergie durch regenerative Energieträger bereitgestellt. In Abbildung 31 ist die prozentuale Verteilung der Energieträger dargestellt, die zur Erzeugung des Elektroenergiebedarfes eingesetzt wird. Soll das politische Ziel von 24 % Erneuerbaren Energien eingehalten werden, muss der vorhandene Bestand an regenerativen Energieerzeugeranlagen deutlich ausgebaut werden. Dabei wirkt sich der folgend prognostizierte Elektroenergiebedarf für das Jahr 2020 verstärkend auf diesen Ausbaubedarf aus.

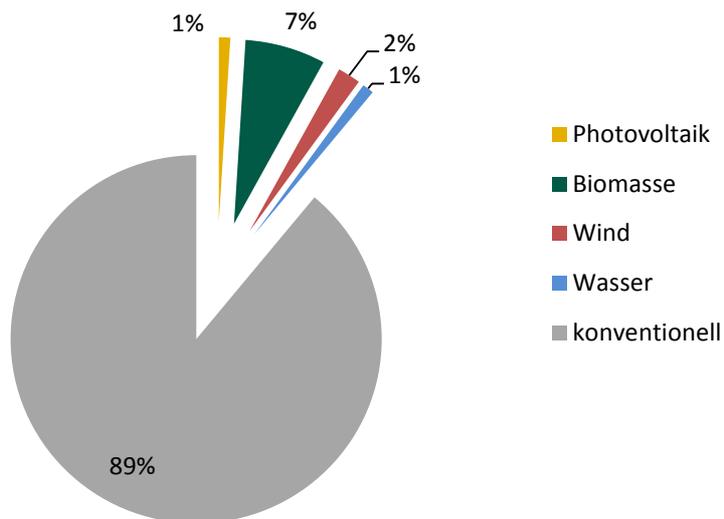


Abbildung 31 - Elektroenergiemix Vogtlandkreis (Stand: 2010 - 2011)

In Abbildung 32 ist der Wärmeenergiemix des Vogtlandkreises dargestellt. Aufgrund der im Vergleich zur Elektroenergie weniger detaillierten Dokumentation sind hier konkrete Aussagen schwer zu formulieren. Es ist jedoch ersichtlich, dass ca. 16 % des derzeitigen Wärmeenergiebedarfs durch Anlagen auf Basis Erneuerbarer Energien gedeckt werden.

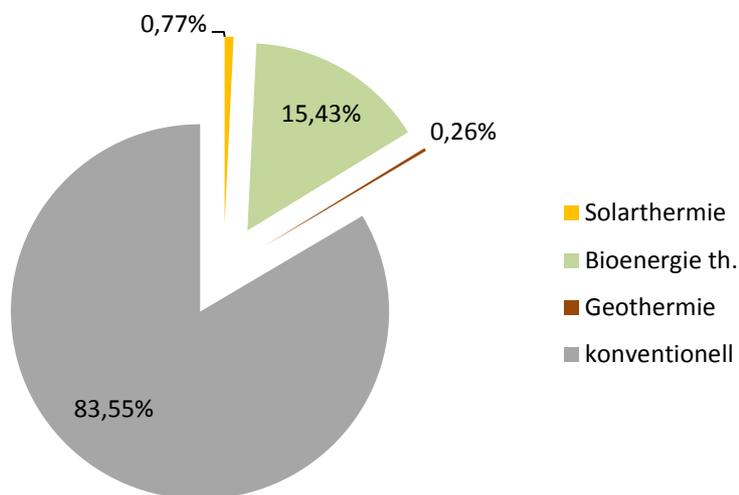


Abbildung 32 - Wärmeenergiemix Vogtlandkreis (Stand: 2007-2011)

5.5.1 Prognose des Elektroenergiebedarfs

Der Energieversorger teilt Kunden in die Verbrauchsgruppen, Tarifkunden und Sondervertragskunden ein. Tarifkunden sind mit Standardlastprofil erfasste Haushaltskunden oder gewerbliche Kunden. Sondervertragskunden sind industrielle Großkunden mit einer registrierten Leistungsmessung.

Für die Prognose des gesamten Energiebedarfs werden die Prognoseindikatoren, der Verbrauchskategorien „Haushalt und Gewerbe“, „Kommunale Anlagen“ und „Industrie“ berücksichtigt. Der Gesamtenergiebedarf ergibt sich jeweils aus der Addition der Indikatoren. Zukünftige Entwicklungen, wie die der Elektromobilität oder der verstärkte Einsatz von Wärmepumpen, finden trotz des geringen Energiebedarfs in der Energieprognose Berücksichtigung.

Der Energiebedarf von kommunalen Einrichtungen und Kunden mit Durchschnittshöchstpreisbegrenzung wird zum Gesamtenergiebedarf addiert. Eine separate Darstellung dieser Verbraucher ist nicht vorhanden, da deren Energiebedarfsanteil weniger als 4 % beträgt.

Für die Gemeinden Elsterberg, Mühltroff, Pausa und Reuth standen keine Verbrauchsdaten elektrischer Energie zur Verfügung, weshalb der Elektroenergiebedarf der Tarifkunden über die Einwohnerzahl, mit Hilfe des Pro-Kopf-Verbrauchs, hochgerechnet wurde. Der Elektroenergiebedarf von Sondervertragskunden wurde über das Verhältnis der Einwohnerzahlen zu einer Bezugsgemeinde gebildet. Für die Gemeinden Mühltroff, Pausa und Reuth wurde die Bezugsgemeinde Rosenbach gewählt. Für die Gemeinde Elsterberg wurde Netzschkau als Bezugsgemeinde genutzt.

Der Energiebedarf der Städte Reichenbach und Oelsnitz wurde aus wenigen vorhandenen Jahresdaten linear extrapoliert.

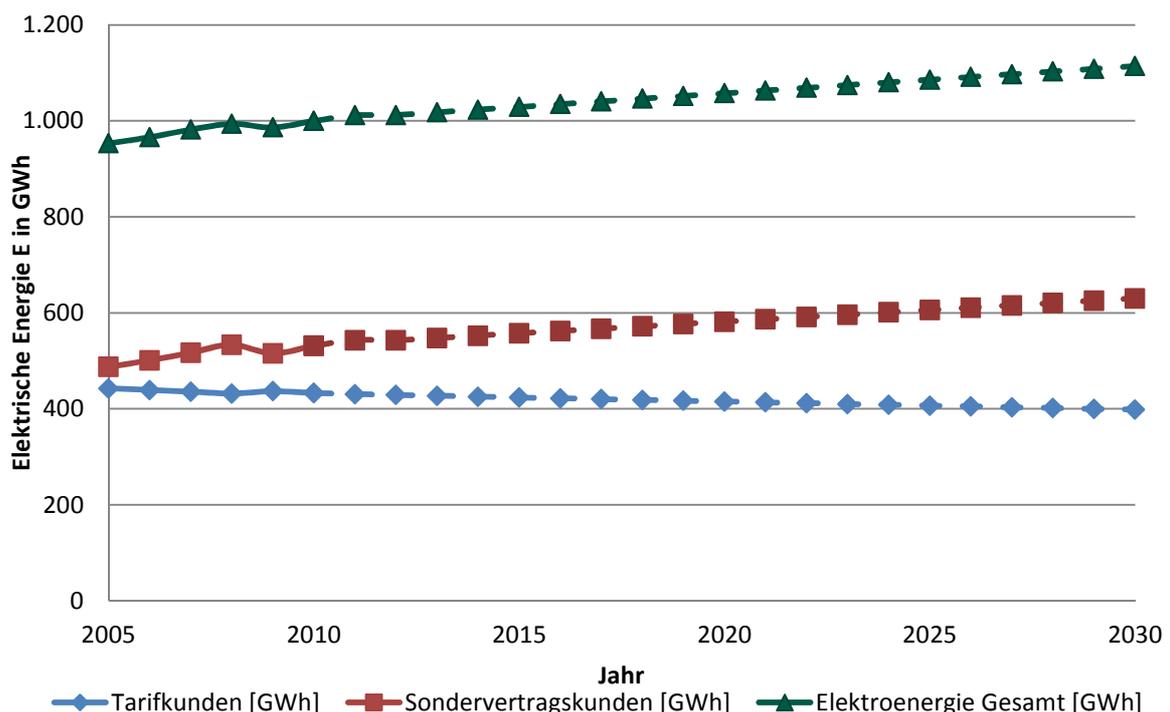


Abbildung 33 - Prognose des Elektroenergiebedarfs

Bisherige Entwicklung

Wie in Abbildung 33 dargestellt, ist der Gesamtelektroenergiebedarf in den Jahren zwischen 2005 und 2010 etwa um 50 GWh gestiegen.

Vorwiegend wird diese Entwicklung durch die Industrie, den Sondervertragskunden, beeinflusst. Die wirtschaftliche Entwicklung wies, wie im vorhergehenden Abschnitt bereits beschrieben, ein kontinuierliches Wachstum, ausgedrückt durch das steigende Bruttoinlandsprodukt, auf. Im Jahr

2009 zeigte die Wirtschaftskrise des Jahres 2008 auch in der sächsischen Wirtschaft Wirkung. Es war ein starkes negatives Wachstum in der Wirtschaft zu verzeichnen, mit dem auch die Entwicklung des Elektroenergiebedarfs der Industrie einherging. Ein direkter Zusammenhang zwischen Wirtschaftswachstum und Energiebedarf der Industrie ist tendenziell erkennbar, jedoch nicht quantitativ beschreibbar. Die wirtschaftlichen Zusammenhänge sind zu komplex, um den Energiebedarf direkt aus der wirtschaftlichen Entwicklung berechnen zu können. Ein weiterer Grund dafür liegt u.a. in der unterschiedlichen Energieintensität der einzelnen Branchen.

Der Energiebedarf der Tarifkunden ist entgegen dem Trend des Gesamtelektroenergiebedarfes im betrachteten Zeitraum um 10 GWh gesunken. Die Ursache für den Rückgang des Elektroenergieverbrauches von Tarifkunden ist vorwiegend auf den demographischen Wandel zurückzuführen. Der Elektroenergiebedarf nimmt jedoch weniger stark ab, als die Bevölkerungszahl und weiterhin, wie durch Sparmaßnahmen auf Grund der hohen Energiepreise zu erwarten gewesen wäre. Ein wesentlicher Grund dafür ist der steigende Pro-Kopf-Verbrauch (Abbildung 34), der sich aus der Trendentwicklung der vergangenen Jahre ergibt. Der steigende Pro-Kopf-Verbrauch wird durch die zunehmende Elektrifizierung und durch den Trend zu kleineren Haushalten mit ein bis zwei Personen [39] verursacht. Das Jahr 2009 bildet zwar eine Ausnahme, aber es ist auch ein Beweis dafür, dass sich die Prognoseindikatoren gegenseitig beeinflussen. Durch die Wirtschaftslage im Jahr 2009 wurden viele Arbeitnehmer in Kurzarbeit beschäftigt und es traten vermehrt Unternehmensinsolvenzen auf [40]. Arbeitnehmer verbrachten somit mehr Zeit im eigenen Haushalt, weshalb ein Anstieg im Energiebedarf der Tarifkunden zu verzeichnen war.

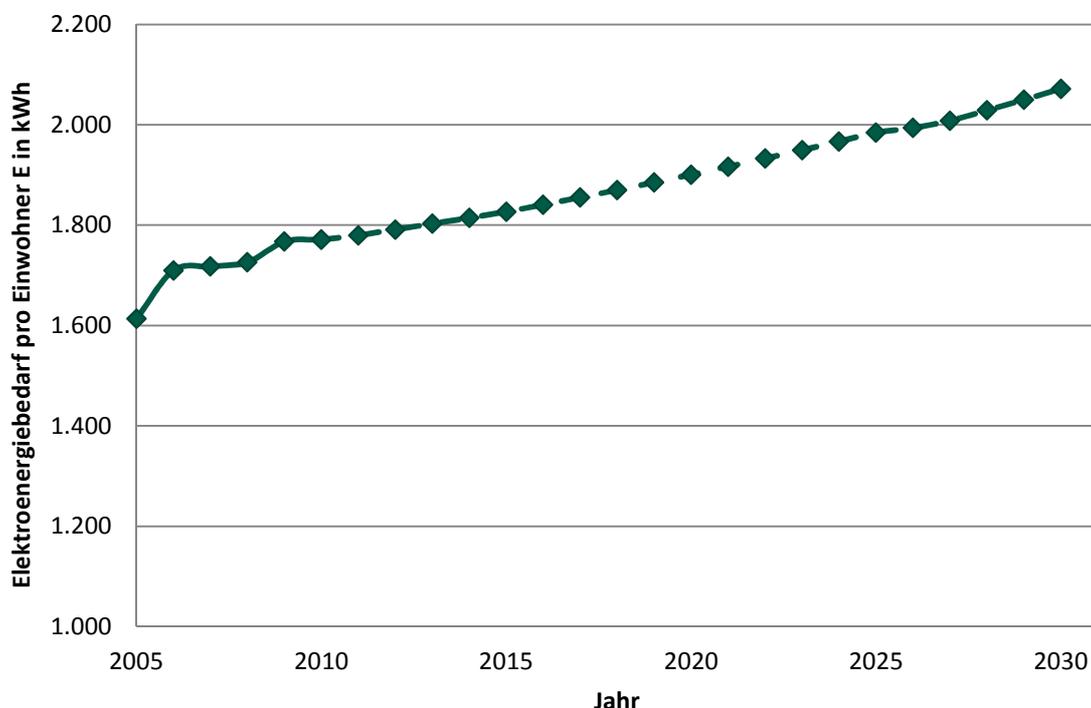


Abbildung 34 - Pro-Kopf-Verbrauch

Der bisherige Energieverbrauch lässt Rückschlüsse auf die Einflussfaktoren, wie Bruttoinlandsprodukt, Pro-Kopf-Verbrauch oder die Bevölkerungsentwicklung zu. Die Prognose

des Energieverbrauches wird jedoch nicht an diesen Indikatoren durchgeführt, sondern, wie oben beschrieben, durch eine lineare Trendextrapolation des bisherigen Elektroenergieverbrauches der Tarifkunden und Sondervertragskunden. Würden die Einflussfaktoren für eine Prognose verwendet, würden sich Fehler oder Schwankungen dieser in der Gesamtprognose multiplizieren.

Prognostizierte Entwicklung

Mit Hilfe des quantitativen Prognoseverfahrens der linearen Trendextrapolation wird aus den Werten der Vergangenheit ein mittlerer Anstieg des Elektroenergieverbrauches gebildet. Ausgehend vom Vorjahreswert wird die Datenreihe mit dem ermittelten Anstieg in die Zukunft fortgeschrieben.

In den Jahren zwischen 2010 und 2030 wird der gesamte Elektroenergiebedarf bis um etwa 13 % auf 1.114 GWh ansteigen. Wie bei der bisherigen Elektroenergiebedarfsentwicklung, ist der Grund für die steigende Entwicklung dem Verbrauch der Sondervertragskunden zuzuschreiben. Sollte sich der positive Trend in der Wirtschaft fortsetzen, so steigert sich deren Bedarf um 22 %, auf etwa 630 GWh. Der Elektroenergiebedarf von Tarifkunden nimmt hingegen um 9 % ab. Das entspricht einem Elektroenergiebedarf von etwa 398 GWh im Jahr 2030. Die Bevölkerungsentwicklung (Abbildung 27) würde einen stärkeren Bedarfsrückgang vermuten lassen. Durch den steigenden Pro-Kopf-Verbrauch (Abbildung 34) geht dieser jedoch nicht so stark zurück. Aufgrund des steigenden Energiebedarfes muss auch die eingespeiste Energie der regenerativen Energieerzeuger um den gleichen Betrag ansteigen, damit der Anteile Erneuerbarer Energien gleich bleiben.

5.5.2 Prognose des Wärmeenergiebedarfs

Die Erfassung und Prognose des Wärmeenergiebedarfs ist im Vergleich zu der Ermittlung des Elektroenergiebedarfs wesentlich komplizierter, da die genutzte Wärmemenge nicht für einzelne Haushalte zentral erfasst wird. Über die Menge der bezogenen Energieträger, den entsprechenden Heizwert des Energieträgers und einen Anlagenfaktor wird die benötigte Wärmeenergie berechnet. Wie bereits in Abschnitt 3.1 beschrieben, ist der Wert des Wärmebedarfs kein Momentanwert, sondern ein Richtwert, durch einen über mehrere Jahre erfassten Datenbestand. Modul 3 [41] des Leipziger Instituts für Energien beziffert den Wärmeenergiebedarf für 2008 im Vogtlandkreis mit 2.077 GWh.

Da es keine regionalen Untersuchungen bezüglich der Wärmebedarfsentwicklung, im Vogtlandkreis gibt, dient eine bundesweite Prognose als Grundlage. Der Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. hat einen Bericht veröffentlicht, der sich mit der Wärmeversorgung bis zum Jahr 2020 in Deutschland beschäftigt. Aus diesem geht hervor, dass sich der gesamte Energieverbrauch zur Wärmeerzeugung im Zeitraum 2007 bis 2020 um etwa 17,3 % verringern wird. [42]. Der Bezug dieser Aussage auf den Vogtlandkreis ist in Abbildung 35 dargestellt. Ausgehend von einem Wärmebedarf von 2.077 GWh im Jahr 2008, würde der thermische Energiebedarf auf 1.601 GWh sinken.

Die Güte dieser Prognose ist als niedrig einzustufen, da zum einen die Bundesprognose selbst fehlerbehaftet ist, zum anderen berücksichtigt sie keine regionalen Aspekte. Weiterhin ist, wie bereits in Abschnitt 3.1 beschrieben, der Datenbestand des Wärmeenergiebedarfes über mehrere Jahre ermittelt worden, weshalb auch der aktuelle Wert des Wärmeenergiebedarfes als

fehlerbehaftet zu betrachten ist. Daher ist maximal die Aussage zu treffen, dass der Wärmebedarf in der Zukunft zurückgehen wird, aber nicht genau um welchen Betrag.

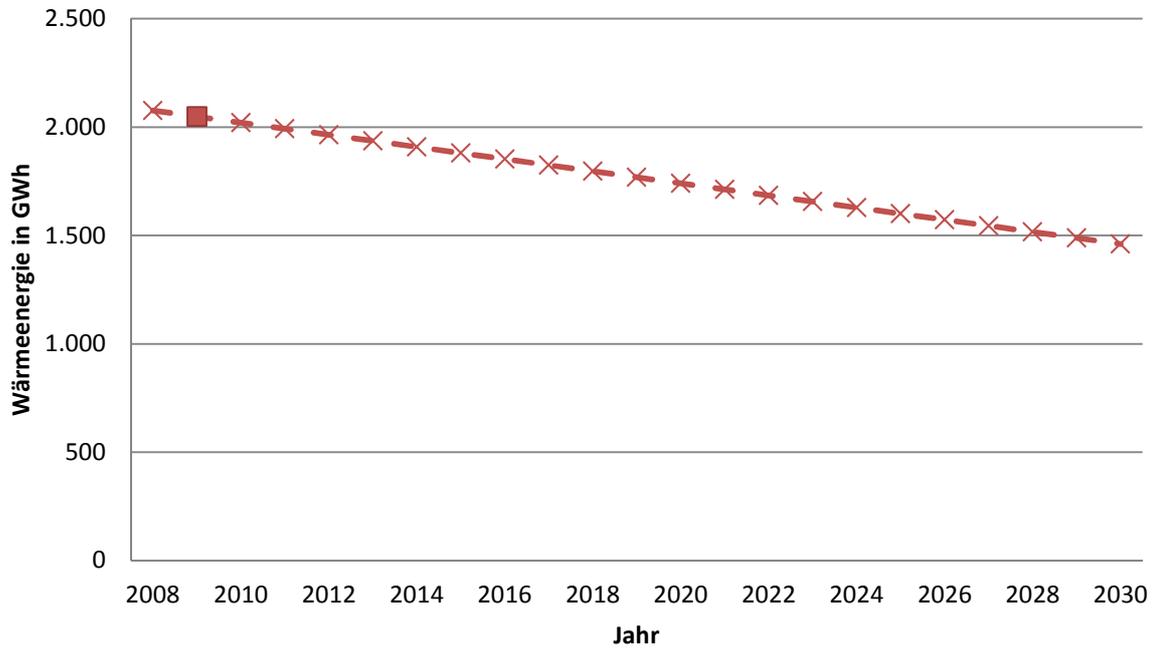


Abbildung 35 - Prognose des Wärmeenergiebedarfs

6 Varianten einer autarken Energieversorgung

In diesem Kapitel sollen die für dieses Energiekonzept zugrunde liegende Überlegung einer autarken Energieversorgung, in Bezug auf den Abschnitt 2.3, erörtert werden. Dabei soll an dieser Stelle auf die Verwendung der Begriffe Varianten und Szenarien in diesem Energiekonzept aufmerksam gemacht werden. Bei den Betrachtungen verschiedener Möglichkeiten einer autarken Energieversorgung wird der Begriff Varianten verwendet. Hingegen ist von Szenarien die Rede, wenn es um verschiedene Möglichkeiten einer zukünftigen Energieversorgung bzgl. des unterschiedlichen Bestandes von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien geht.

6.1 Autarkievarianten

Für die Autarkie eines Netzgebietes gibt es vier Autarkieszenarien. Neben einem Inselnetzbetrieb, können das bedarfsgerechte und zeitgleiche Versorgung, ausgeglichene Jahresenergiebilanz und Deutschland-/Europaweite Optimierungen sein. Die Szenarien sind in Abbildung 36 dargestellt.



Abbildung 36 - Varianten der Energieautarkie

Die Bewertung der vier Szenarien soll mit Hilfe einer SWOT-Analyse geschehen, um die Vorteile und Nachteile besser beurteilen zu können. Im Rahmen dieser Analyse werden interne, beeinflussbare Faktoren einer Strategie aufgezeigt, in Stärken (strengths) und Schwächen (weaknesses) kategorisiert und mit externen, kaum beeinflussbaren Faktoren, den Chancen (opportunities) und Risiken (threats), verglichen. Das Ergebnis wird in einer Tabelle (Abbildung 37) zusammengefasst und aus dieser Empfehlungen für strategische Stoßrichtungen abgeleitet.

SWOT-Analyse	Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
Chancen (Opportunities)	SO -Analyse	WO -Analyse
Risiken (Threats)	ST -Analyse	WT -Analyse

Abbildung 37- Aufbau einer SWOT-Analyse

Im farblich hervorgehobenen Tabellenkopf werden zunächst die Stärken und Schwächen, ähnlich einer pro-contra Liste, gegenübergestellt. Diese strategieeigenen Vorzüge und Nachteile hängen unmittelbar mit dem jeweiligen Szenario zusammen. Die Reihenfolge der Elemente stellt bereits eine Wichtung der Argumente dar.

In der ersten Spalte der Analyse werden die Chancen und Risiken beschrieben. Diese sind externe, durch die Umwelt bedingte Einflüsse oder Ereignisse, die positiv als Chance oder negativ als Risiko auf die Durchführbarkeit einer Strategie wirken können. Die Reihenfolge der Elemente bildet hier die Wahrscheinlichkeit des jeweiligen Ereignisses ab.

Bei der SWOT-Analyse wird der Tabellenkopf mit der ersten Spalte verglichen. Es entstehen dabei vier Quadranten, in denen die Stärken und Schwächen mit den Chancen und Risiken kombiniert werden (SO-, ST, WO und WT-Quadrant).

Durch den Vergleich ergeben sich mehrere unterschiedlich wichtige Argumentationspunkte für die Strategie, weshalb in den Quadranten eine farbliche Abstufung vorgenommen wird. Diese stellt einen subjektiven Eindruck dar, wie ein Argument von seiner Bedeutsamkeit einzuordnen ist. Hier gilt, je intensiver der Farbton ist, desto wichtiger ist das Argument.

Diese qualitative Wichtung geschieht in Hinblick auf die Einhaltung der allgemeinen Merkmale von Elektroenergie, der Wirtschaftlichkeit und des Umweltschutzes. Zu den Merkmalen der Elektroenergie zählen die Anforderungen an die Versorgungszuverlässigkeit, die Spannungsqualität und die Servicequalität.

Die Versorgungszuverlässigkeit ist ein Maß dafür, wie wahrscheinlich die Verfügbarkeit von Elektroenergie ist.

Die Spannungsqualität nach DIN EN 50160 beschreibt die einzuhaltenden Merkmale der Spannung im öffentlichen Elektroenergieversorgungsnetz. Die wichtigsten Merkmale sind die Spannungshöhe, die Frequenz und der periodische Spannungsverlauf.

Die Servicequalität beschreibt den kommunikativen Aspekt des Elektroenergieversorgers zu seinen Kunden. Dazu zählt zum Beispiel die Reaktion auf Störungsmeldungen oder Energiebedarfsanforderungen. [43]

6.1.1 Autarkievariante I - Inselnetz/Eigenerzeugung

In der ersten Autarkievariante, soll der Vogtlandkreis zu einem Inselnetz ausgebaut werden, das heißt es gibt keine galvanische Verbindung zum umliegenden Verbundnetz. Die Eigenversorgung soll primär aus regenerativen Energieträgern gesichert werden. Klassische Energieträger dürfen nur sekundär eingesetzt werden. Das Ziel dieser Strategie ist es, eine energieautarke Netzregion zu schaffen.

Werden die Aussagen der SWOT-Analyse nach den in oben genannten Kriterien gewichtet, ergibt sich, dass die Betriebsführung ein umfangreiches Netzmanagement mit einer Leitstelle erfordert. Die Vielzahl an verschiedenen dezentralen Erzeugern müssen so gesteuert werden, dass sich die Parameter der Elektroenergie in den vorgegebenen Normen bewegen und gleichzeitig die zulässigen Grenzwerte der Betriebsmittel nicht überschritten werden. Da keine Großkraftwerke im Vogtlandkreis existieren, die anderenfalls im Verbundnetz an der Netzregelung beteiligt wären, muss die Netzregelung durch aufwendige, teils nicht Praxis erprobte Lösungen erfolgen. Neben klassischen Batterie- und Pumpspeichern sind auch zukunftsweisende Technologien, wie Druckluft- oder Schwungradspeicher, in Betracht zu ziehen. Diese stellen zugleich die Regelreserven dieses autarken Systems dar. Denn neben stetig energieliefernden Bioenergieanlagen, sind die übrigen regenerativen Erzeuger von einer teils stark fluktuierenden Einspeisecharakteristik geprägt.

Die fehlende galvanische Verbindung zum Verbundnetz ist dabei ein großer Nachteil. Im Bedarfsfall kann, wenn die Reserven erschöpft sind und die Last größer als die Erzeugung ist, keine Energie bezogen werden. Die Folge ist, dass Verbraucher abgeschaltet werden müssen. Andererseits bedeutet dies, dass bei Erzeugungsüberschuss und vollen Energiespeichern, in einem Inselnetz keine Energie exportiert werden kann. Die Folge sind Maßnahmen, wie Drosselung, Abschaltung von Erzeugereinrichtungen oder das Abgeben von Energie an die Umwelt. Aus wirtschaftlicher Sicht sind diese Möglichkeiten jedoch sehr ungünstig zu bewerten. Weiterhin ist zu beachten, dass bei dieser Variante selbst die Biomasse zur Energieerzeugung nur aus dem Vogtlandkreis stammen darf, denn Biomasseimport bedeutet keine Autarkie.

Im Hinblick auf die allgemeinen Regeln der Elektroenergiewirtschaft, die energiepolitischen Ziele – Versorgungssicherheit, Preiswürdigkeit, Nachhaltigkeit – angemessen zu berücksichtigen, besteht in einem Inselnetz ein starkes Ungleichgewicht hin zur Nachhaltigkeit.

Die nötigen Investitionen in das bestehende Netz wären sehr hoch, weshalb die Preiswürdigkeit stark in Frage steht. Auch die Versorgungssicherheit ist schlechter, als sie mit dem Anschluss an das Verbundnetz erreicht wird. Lediglich die Forderung nach einer umweltfreundlichen und nachhaltigen Energieversorgung innerhalb der Region wird vollständig erfüllt. Doch wie ist Nachhaltigkeit definiert? Die derzeitige sächsische Staatsregierung, bestehend aus CDU und FDP, legt in ihrer aktuellen Koalitionsvereinbarung fest, "den Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch in Sachsen bis 2020 auf mindestens 24 % zu erhöhen [44]. Die vollständige SWOT - Analyse zur Autarkievariante I befindet sich im Anhang (Tabelle 23).

6.1.2 Autarkievariante II - bedarfsgerechte, zeitgleiche Versorgung

Die SWOT-Analyse der ersten Autarkievariante hat gezeigt, dass die fehlende galvanische Verbindung mit dem überlagertem Verbundnetz die größte Schwäche darstellt. Die Variante zwei stellt daher sicher, dass die Verbindung mit dem Verbundnetz bestehen bleibt. Die galvanische Verbindung mit dem Verbundnetz soll jedoch keine Leistungsflüsse aufweisen. Die Netzregion soll primär aus eigenen regenerativen Energiequellen versorgt werden und klassische Energieträger nur sekundär zum Einsatz kommen. Die Verbindung mit dem Verbundnetz kann dabei nur für die Spannungs- und Frequenzhaltung oder die Versorgung mit Blindleistung genutzt werden. In der zweiten Strategie soll die benötigte Energie im Teilnetz, zeitgleich zum Verbrauch regional erzeugt werden.

Die Nachteile eines reinen Inselnetzes werden in dieser Autarkievariante teilweise kompensiert. Trotzdem wird versucht, die Vorteile eines reinen Inselnetzbetriebes zu erhalten. Energie kann effizient und umweltfreundlich regional erzeugt und verbraucht werden. Durch die Verbindung des Netzgebietes mit dem übergelagerten Verbundnetz nimmt die Versorgungsqualität wesentlich zu, da dieses zu Spannungs- und Frequenzhaltungsmaßnahmen genutzt werden kann. Ein weiterer Vorteil der galvanischen Kopplung mit dem Verbundnetz ist, dass diese Verbindung genutzt werden kann, um den „worst-case“ zu verhindern. Der schlimmste Fall ist, wenn die Last im Netzgebiet höher liegt als die erzeugte Leistung und sämtliche Reserveleistungen bereits abgerufen wurden. Die galvanische Verbindung stellt somit sicher, dass keine Verbraucher abgeschaltet werden müssen, um einen Blackout zu verhindern. Auch im Falle eines geringeren Energiebedarfs im Vergleich zur zeitgleichen Erzeugung von Elektroenergie, müssten Erzeugeranlagen gedrosselt oder die überschüssige Energie in lokalen Speichern zwischengespeichert werden.

Auch die zweite Autarkievariante zielt darauf ab, die durch regenerative Energieträger gewonnene Energie zu maximieren. Die hohe Anzahl verschiedener dezentraler Erzeuger stellt hohe Anforderungen an die Leittechnik, an die vorhandenen Netzstrukturen und die Betriebsmittel. Die Variante erfordert, wie auch eine Inselnetzvariante, dass komplexe und zeitkritische Entscheidungen möglichst in einer zentralen Netzleitstelle vor Ort getroffen werden müssen.

Die Umsetzung der energiepolitischen Ziele, stellt sich in dieser Variante ausgewogener dar. Neben einer hohen Nachhaltigkeit und dem einhergehenden Umweltschutz ist die Versorgungszuverlässigkeit besser als im reinen Inselbetrieb. Die Ausfallwahrscheinlichkeit bleibt aufgrund der Komplexität und des Einbindens älterer Netzstrukturen, die nicht auf eine rein dezentrale Versorgung ausgelegt sind, trotzdem sehr hoch.

Das deutsche Energierecht schreibt den Marktteilnehmern vor, Elektroenergie preiswürdig anzubieten. Daher müssten die hohen Investitionskosten für die Erneuerung und den Ausbau der Netze, Betriebsmittel und Erzeugungsanlagen berücksichtigt werden. Die in dieser Variante ausgeschlossene Möglichkeit Energie in erzeugungsstarken Zeiten zu exportieren, reduziert die Rentabilität dieser Strategie weiter. Die Nachhaltigkeit überwiegt auch hier gegenüber der zuverlässigen und preiswürdigen Versorgung mit Elektroenergie. Die vollständige SWOT - Analyse zur Autarkievariante II befindet sich im Anhang (Tabelle 24).

6.1.3 Autarkievariante III - Eigenerzeugung entspricht Jahresverbrauch

Die regionale Versorgung mit Elektroenergie wird auf eine ausgeglichene Jahresenergiebilanz optimiert. Das heißt, über Verbindungen zum Verbundnetz wird Energie bezogen oder abgegeben. Dabei wird in erzeugungsstarken Zeiten der Energieüberschuss ausgespeist und in erzeugungsschwachen Zeiten extern Energie bezogen. Über den Jahresdurchschnitt soll somit gewährleistet werden, dass die erzeugte Elektroenergie gleich der verbrauchten Elektroenergie ist. Die Ausspeiseenergiemenge soll gleich der bezogenen Energiemenge sein.

Mit Hilfe der SWOT-Analyse ist zu erkennen, dass die Versorgungsqualität in dieser Autarkievariante genauso hoch ist wie im überlagerten Verbundnetz. Die Merkmale der Elektroenergie wie Spannungshöhe und Frequenz werden vom Verbundnetz vorgegeben und andererseits werden lokale Versorgungsengpässe über die Verbindung zu dem Verbundnetz ausgeglichen. Dies hat den Vorteil, dass Elektroenergie nicht lokal zwischengespeichert werden muss, wodurch sich auch die Netzführung vereinfacht. Die vereinfachte Netzführung bedingt auch, dass weniger Leittechnik benötigt wird, weshalb eine, regionale Leitstelle nicht zwingend erforderlich wird. Störungen erfordern dennoch eine stärkere Kenntnis vom Aufbau und den Besonderheiten des Netzes und den Einspeise- und Lastverhältnissen, als in einem heutigen, zentral gespeisten Netz.

Die Versorgungssicherheit ist nach aktuellem Standard gegeben und auch die Preiswürdigkeit verbessert sich durch den geringeren Investitionsaufwand in das bestehende Netz. Die Nachhaltigkeit durch die lokale Energieerzeugung mit regenerativen Energieträgern nimmt hingegen ab, da der Energiebezug aus dem Verbundnetz mit dem vorhandenen Energiemix stattfindet. Die vollständige SWOT - Analyse zur Autarkievariante III befindet sich im Anhang (Tabelle 25).

6.1.4 Autarkievariante IV - Deutschland- /Europaweite Optimierung

Die vierte Variante betrachtet eine deutschland- bzw. europaweite Optimierung der Energieversorgung. Die galvanische Verbindung zum überlagerten und europäischen Verbundnetz stellt sicher, dass extern Energie bezogen oder in erzeugungsstarken Zeiten Energie ausgespeist werden kann. Die Versorgung mit Elektroenergie soll trotz der Verbindung, hauptsächlich aus eigenen regenerativen Energiequellen gewährleistet werden. Ziel ist eine deutschland- und europaweite optimale Platzierung dezentraler regenerativer Erzeuger an geeigneten Standorten.

Diese Variante stellt eine Erweiterung der dritten Variante dar, ohne zwingend eine regional ausgeglichene Energiebilanz zu gewährleisten. Die Versorgungssicherheit in der Teilnetzregion ist gleich der Versorgungssicherheit des gesamten Verbundnetzes. Die Qualität der Elektroenergie wird ebenfalls durch das Verbundnetz nach den aktuellen Standards gewährleistet. Die Nachhaltigkeit einer solchen Variante ist nicht immer gegeben, da die Nachhaltigkeit einer Region trotz allem durch den regionalen Ausbau regenerativer Energieerzeuger beeinflusst wird. Durch den fehlenden Zwang eine ausgeglichene Energiebilanz zu gewährleisten, wird ein Ausbau regenerativer Energiequellen nicht zwingend nötig. Die nachhaltige Veränderung des Energiemix wird dadurch nicht mehr regional, sondern in Landes-, Bundes-, oder Europaebene beeinflusst. Dadurch wäre eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung in der Region nicht gewährleistet und das regionale Ziel, mindestens 24 % der Energie aus eigenen regenerativen Energieträgern zu decken, stark gefährdet.

Die nachhaltige Entwicklung wäre deutschland- oder europaweit nur gegeben, wenn die Optimierungsstrategie darauf abzielt, die Energieerzeugung aus klassischen fossilen und nuklearen Energieträgern auf erneuerbare Energieträger umzustellen. Die vollständige SWOT - Analyse zur Autarkievariante IV befindet sich im Anhang (Tabelle 26).

6.1.5 Weitere Bewertungskriterien

Mit zunehmenden Grad der Autarkie in einem Elektroenergieversorgungssystem steigt auch der informationstechnische Aufwand zur Regelung der Netzparameter. In einem reinen Inselnetz müssen zu jeder Zeit sämtliche Lasten und Einspeisungen überwacht werden, um auf veränderte Lastverhältnisse reagieren zu können. Neben einer Netzleitstelle für den Vogtlandkreis wäre somit auch eine komplette Vernetzung aller Einspeiser und Verbraucher von Elektroenergie notwendig. Die Autarkievariante I erfordert ein Netzmanagement, welches in einer zentralen Leitstelle sämtliche Metering-Daten von Verbrauchern, Einspeisern und Speichern erfasst und diese entsprechend über einen Server steuert, damit ein sicherer und zuverlässiger Netzbetrieb möglich ist. In der zweiten Autarkievariante ist ebenfalls eine Netzleitstelle erforderlich, die sämtliche Zustände im Netz kennt und Einspeiser entsprechend zu- bzw. abschaltet. Die Frequenz- und Spannungshaltung kann jedoch mit der Verbindung zum Verbundnetz geregelt werden, weshalb die Informations- und Kommunikationstechnik nicht so stark und Echt-Zeit-fähig ausgebaut werden muss. Durch den Bezug und die Rückspeisung von Elektroenergie in das Verbundnetz nimmt der informationstechnische Aufwand stark ab und ist mit einer Deutschland- bzw. Europa-weiten Optimierung nicht wesentlich höher als bei der heutigen Netzführung (Abbildung 38).



Abbildung 38 - Anforderungen an die IKT-Infrastruktur

Die energetische Autarkie hat des Weiteren auch Auswirkungen auf die mögliche Wertschöpfung im Vogtlandkreis. Die energetischen Wertschöpfungspotenziale sinken bei einem hohen Grad der Autarkie ab, da unter Umständen in lastschwachen Zeiten Energieerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien abgeschaltet werden müssen. Jedoch ist die Wertschöpfung auch mit einer Deutschland-/ Europa-weiten Optimierung ungünstiger zu betrachten, da im Wesentlichen regenerative Energieerzeugeranlagen außerhalb des Vogtlandkreises, an potentiell günstigeren Orten errichtet werden. Die höchste energetische Wertschöpfung ist daher in der

Autarkievariante III möglich, überschüssige erzeugte Energie wird außerhalb des Vogtlandkreises verkauft.

Neben der energetischen Wertschöpfung besteht durch einen hohen Autarkiegrad vor allem eine Wertschöpfung im Bereich der regional ansässigen Klein- und Mittelständigen Unternehmen. Durch die Errichtung und Instandhaltung der aufwendigen technischen Umsetzung werden Arbeitsplätze geschaffen und vor allem Fachkräfte an den Standort Vogtlandkreis gebunden. Des Weiteren ist ein Ausbau der Leittechnik mit einem höheren Leit- und Serviceaufwand verbunden, wodurch weitere Arbeitsplätze im Bereich des Netzservices und der Leittechnik generiert werden. Durch eine hohe Autarkie wird aber auch besonderes Knowhow und die Entwicklung neuer Technologien im Vogtlandkreis gefördert.

7 Szenarien einer zukünftigen Energieerzeugung

Mit Hilfe eines erstellten Excel-Prognosetools, dem ENERGIEMODELL, können die Auswirkungen des Zubaus von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien, sprich die Realisierungen der Potenziale Erneuerbarer Energien im Vogtlandkreis, visualisiert werden. Dabei liegen die Schwerpunkte bei der Veranschaulichung des sich zukünftig ergebenden elektrischen und thermischen Energiemix, der damit verbundenen CO₂-Emissionsverringerung und dem erreichten Autarkiegrad, welcher sich an den vier beschriebenen Szenarien der Autarkie hinsichtlich Elektro- und Wärmeenergie orientiert.

So lassen sich unterschiedliche Realisierungsszenarien für den Zubau von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien kurzfristig und dynamisch analysieren, um sowohl den elektrischen, als auch den thermischen Energiebedarf des Vogtlandkreises größtenteils aus Erneuerbaren Energien zu decken. In diesem Kapitel werden diese Szenarien beschrieben und unter Beachtung technischer, regionaler, ökologischer und politischer Rahmenbedingungen bewertet. Als ein weiteres Bewertungskriterium werden die grob kalkulierten Netzausbaukosten betrachtet.

7.1 Dynamische Modellierung

Das Energiemodell besteht prinzipiell aus zwei Teilen. Zum einen ist ein Datenteil mit historischen, aktuellen und durch statistische Prognosen erstellten Werten zum elektrischen und thermischen Energiebedarf und den Potenzialen Erneuerbarer Energien im Vogtlandkreis vorhanden. Dieser Teil bildet die Grundlage für den Prognoseteil des Energiemodells. In dem Prognoseteil kann der Zubau weiterer Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien flexibel variiert und sowohl rechnerisch als auch graphisch ausgewertet werden.

Im Folgenden werden die entsprechenden Arbeitsblätter der beiden Teile des Energiemodells ausführlich beschrieben. Die Zuordnung der einzelnen Arbeitsblätter zu diesen Modellteilen wird in Tabelle 5 verdeutlicht.

Struktur des Energiemodells	Datenteil	Prognoseteil
Arbeitsblätter	Prognosedaten- elektrisch	Prognosetool
		Anlagenverteilung- PV
	Prognosedaten- thermisch	Leistungsentwicklung WEA
		CO ₂ -Emissionsfaktor
Verschiedene Diagramme zur graphischen Auswertung		

Tabelle 5 - Einordnung der Arbeitsblätter im Energiemodell

7.1.1 Arbeitsblatt „Prognosedaten- elektrisch“

Der Aufbau dieses Arbeitsblattes für den elektrischen Teil besteht prinzipiell aus Werten, welche als „Ist“- bzw. Prognosewerte eingegeben werden (grüne Färbung) und den daraus berechneten Werten (gelbe Färbung). Diese Farbgebung ist für das gesamte Energiemodell einheitlich.

Das Arbeitsblatt beginnt in Zeile eins mit der Jahresbeschriftung. Daraufhin folgt der im Vogtlandkreis vorherrschende elektrische Energiebedarf. Dieser liegt als „Ist“-Werte von 2005 bis 2010 vor [45]. Die folgenden Prognosewerte, aus der gleichen Quelle, ergeben sich jeweils aus dem durchschnittlichen Verlauf der letzten vier Jahre nach folgender Berechnungsvorschrift:

$$w_{n+1} = W_n + \frac{(W_n - W_{n-1}) + (W_{n-1} - W_{n-2}) + (W_{n-2} - W_{n-3}) + (W_{n-3} - W_{n-4})}{4}$$

$W \triangleq \text{Zahlenwert}$

$n \triangleq \text{Jahr}$

Diese Prognosewerte werden bis 2020 jährlich sowie für die Jahre 2025 und 2030 berechnet.

Ab Zeile sechs wird der Bestand aller Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien angegeben. Hier sind zu nennen: Windenergie-, Solarenergie-, Bioenergie- und Wasserkraftanlagen. Wobei bei den Bioenergieanlagen zusätzliche eine Unterteilung in feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe unternommen wird. Auch hierfür sind die „Ist“- Werte bis 2010 angeben [17]. Allerdings werden hier die Prognosewerte nicht nur über den durchschnittlichen Zuwachs der letzten vier Jahre berechnet, sondern weiterhin über den erforderlichen Zuwachs, um das maximale Potenzial jeder einzelnen Erneuerbaren Energieart bis zum Jahr 2030 umsetzen zu können. Dafür wird folgende Berechnungsvorschrift angewandt.

$$w_{n+1} = W_n + \frac{(W_n - W_{n-1}) + (W_{n-1} - W_{n-2}) + (W_{n-2} - W_{n-3}) + (W_{n-3} - W_{n-4}) + \frac{W_{2030} - W_n}{2030 - n}}{5}$$

$W \triangleq \text{Zahlenwert}$

$n \triangleq \text{Jahr}$

Die Prognoserechnung basiert auf der ganzzahligen Anlagenanzahl. Eine Ausnahme bildet hierbei die Erzeugung elektrischer Energie aus Wasserkraft. Hier wird ab 2010 kein weiterer Anstieg der Anlagenanzahl angenommen, da laut einer Potenzialstudie des Leipziger Instituts für Energie GmbH nur geringfügig zusätzliche Anlagen errichtet werden können. Die umgesetzte installierte Leistung ergibt sich aus der Anlagenanzahl und der durchschnittlichen Anlagenleistung (für Wind, Bioenergie, Wasser) bzw. der Anlagenleistungsverteilung bei Photovoltaikanlagen, wie in 7.1.3 erläutert. Die dadurch umgesetzte Energie wird dann über die entsprechenden Jahresvolllaststunden berechnet.

Dieser Abschnitt der Erneuerbaren Energien wird durch die Angabe der gesamten umgesetzten jährlichen Energieeinspeisung abgeschlossen.

Weiterhin wird in diesem Arbeitsblatt ab Zeile 39 Auskunft über den Kraftfahrzeug-Bestand gegeben. Wobei der Fokus hierbei auf den Bestand der Elektrofahrzeuge (Efz) liegt. Die Zulassungszahlen werden durch die Kraftfahrzeug -Zulassungsstelle des Vogtlandkreises bereitgestellt. Aus dem Verhältnis der Zulassungszahlen der Elektrofahrzeug und Kraftfahrzeug kann die Durchdringung der Elektrofahrzeuge berechnet werden. Mit Hilfe der durchschnittlichen Fahrleistung pro Tag und dem durchschnittlichen Energieverbrauch von Elektrofahrzeugen je 100 km [33], lässt sich die zusätzlich benötigte Energiemenge für Elektrofahrzeuge der einzelnen Jahre ermitteln. Auch hier werden wieder wie oben „Ist“- Werte und fortgeschriebene Prognosewerte der Kraftfahrzeug- und Elektrofahrzeug-Zulassungszahlen verwendet.

Eine weitere Einflussgröße auf den Elektroenergiebedarf liegt im Bestand der den Wärmepumpen zur Nutzung von Geothermie. Diese haben primär einen Einfluss auf die Deckung des Wärmebedarfs. Allerdings muss der zusätzliche Elektroenergiebedarf berücksichtigt werden.

Somit wird aus dem Arbeitsblatt „Prognosedaten- therm“ die Anzahl der vorhandenen Wärmepumpen übernommen und über die durchschnittliche Arbeitszahl von 3 deren elektrische Leistung und Energieenergiebedarf bestimmt.

Abschließend wird der Jahres-Elektroenergiebedarf insgesamt, bestehend aus dem Grundbedarf und dem zusätzlichen Bedarf für Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen angegeben. Dazu wird die Jahresenergie, welche durch Energieerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien bereitgestellt wird, der prozentuale Erneuerbare Energien-Anteil am Gesamtbedarf und die noch nicht durch Energieerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien bereitgestellte Energie berechnet. Zusätzlich wird noch der CO₂-Ausstoß, welcher durch die gesamte Energieerzeugung entsteht, angegeben. [46]

7.1.2 Arbeitsblatt „Prognosedaten- thermisch“

Der Aufbau des Arbeitsblattes für den thermischen Teil ist grundlegend wie der elektrische Teil aufgebaut. Er besteht aus einzugebenden „Ist“- bzw. Prognosewerten (grüne Färbung) und den daraus berechneten Werten (gelbe Färbung).

Zu Beginn steht ebenfalls der thermische Energiebedarf in GWh. Dieser liegt von 2005 bis 2010 vor [45]. Die darauf basierenden Prognosewerte ergeben sich, wie schon in 7.1.1 beschrieben, jeweils aus dem durchschnittlichen Verlauf der letzten vier Jahre. Diese Werte werden ebenso jährlich bis 2020 und für die Jahre 2025 und 2030 angegeben.

Die Auflistung der Daten für die thermische Energieerzeugung durch erneuerbare Energien erfolgt anschließend ab Zeile 6. Bei der thermischen Einspeisung von Erneuerbaren Energien sind Solarthermie, Bioenergie und Geothermie zu nennen. Auch hier ist bei den Bioenergieanlagen eine Unterteilung in feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe vorgenommen. Die „Ist“- Werte sind auch hierfür bis zum Jahr 2010 vorhanden [17]. Die Prognosewerte werden wie auch oben schon beschrieben über den durchschnittlichen Zuwachs der letzten vier Jahre und den erforderlichen Zuwachs, um das maximale Potenzial bis zum Jahr 2030 umsetzen zu können, berechnet.

Die Prognoserechnung erfolgt wiederum über die ganzzahlige Anlagenanzahl. Die installierte Leistung ergibt sich aus der Anlagenanzahl und der durchschnittlichen Anlagenleistung. Die umgesetzte Energie wird wieder über die Jahresvolllaststunden berechnet. Den Abschluss der erneuerbaren Energien bildet wieder die Angabe der gesamten umgesetzten jährlichen Energieeinspeisung.

Abschließend werden der thermische Jahresenergiebedarf, der prozentuale Energieanteil, welcher durch Energieerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien bereitgestellt wird und die noch nicht durch Energieerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien bereitgestellte Energie angegeben. Ebenso wird der CO₂-Ausstoß, welcher durch die gesamte thermische Energieerzeugung entsteht, berechnet. [46]

7.1.3 Arbeitsblatt „Anlagenverteilung- PV“

Da im Gegensatz zu den anderen Anlagentypen, bei Photovoltaikanlagen eine sehr große Anzahl im Netz installiert ist, sind Berechnungen in diesem Prognosetool über die Anlagenverteilung realisiert. Dies ermöglicht eine genauere Ermittlung der Potenziale, Leistungen und Energien. Bei den übrigen Energieformen geschieht die Berechnung über die mittlere Anlagenleistung, der im Netz befindlichen Anlagen.

Es werden alle im Vogtlandkreis installierten Photovoltaikanlagen in Leistungsgruppen von 0,1 kW Differenz eingeordnet. Damit kann jeder Leistungsgruppe eine bestimmte Anzahl von Anlagen zugeordnet werden. Mit Hilfe dieser Anzahl und den durchschnittlichen Jahresvolllaststunden wird nun die Jahresenergie für jede dieser Leistungsgruppen ermittelt. Die gesamte Energie aller Leistungsgruppen wird anschließend auf 1 kWh normiert und der jeweilige Energieanteil jeder Leistungsgruppe an diesem normierten Wert ermittelt. Um nun eine Grundlage für die Berechnungen im Prognosetool bilden zu können wird die Anlagenanzahl für jede Gruppierung ermittelt, welche nötig ist, um insgesamt 1 kWh Energie bereitstellen zu können. Diese Anlagenanzahl wird nun über alle Leistungsgruppen addiert, um eine Hilfsgröße für weitere Berechnungen zu erhalten. Diese Hilfsgröße gibt die benötigte Anlagenanzahl an, um über die Verteilung aller Anlagen 1 kWh elektrische Energie bereitstellen zu können. Die verwendete Anlagenverteilung ist in Abbildung 39 dargestellt. [46]

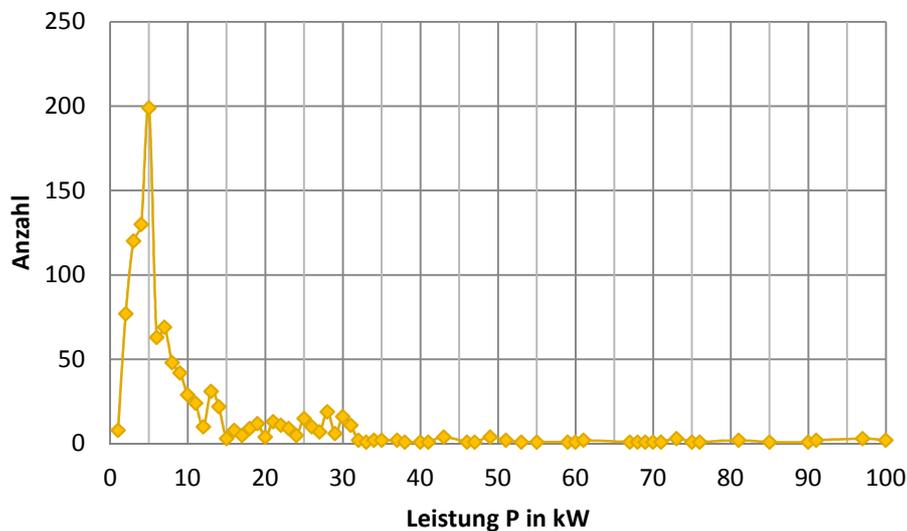


Abbildung 39 - Anlagenverteilung Photovoltaik

7.1.4 Arbeitsblatt „Leistungsentwicklung WEA“

Das Arbeitsblatt „Leistungsentwicklung WEA“ betrachtet die zunehmende durchschnittliche Leistung einer Windenergieanlage [47]. Es ist ein sehr starker Leistungszuwachs je Anlage zu beobachten. Durch die Beachtung dieses Verhaltens im Arbeitsblatt „Berechnungstool“ ist eine genauere Ermittlung des Windenergiepotenzials möglich. Eine Berechnung über die aktuelle durchschnittliche Anlagenleistung würde auf längere Sicht eine deutliche Verminderung des Potenzials in der Betrachtung zur Folge haben und vor allem bei dem geringen Anlagenpotenzial im Vogtlandkreis prozentual große Abweichungen hervorrufen. Allerdings ist die jährliche Anpassung des Potenzials nicht nur über den Leistungszuwachs der Einzelanlagen zu realisieren. Da leistungsstärkere Anlagen größer sind und somit mehr Platz in Anspruch nehmen, ist ein linearer Gesamtleistungszuwachs ausschließlich über die wachsende Einzelanlagenleistung nicht möglich. Somit ist ein Faktor „Flächenlast“ einzuführen. Dieser gibt an wie viel Leistung je Quadratkilometer Fläche installiert ist. Im Jahr 2011 liegt dieser bei 21 MW/km² [48]. Dieser Faktor muss nun je nach Entwicklung des Leistungszuwachses, als auch des Rotordurchmessers der Windenergieanlagen angepasst werden. Dafür werden zunächst folgende Annahmen aus dem

Jahr 2011 getroffen:

- Flächenlast: 21 MW/km²
- Einzelanlagenleistung: 2 MW
- Rotordurchmesser: 80 m

Um nun diese Flächenlast jährlich anpassen zu können, ist der Flächenbedarf einer Anlage bzw. der Abstand zweier Anlagen zueinander zu bestimmen. Zuerst wird die Anlagenanzahl je Quadratkilometer bestimmt mit:

$$N_{qkm} = \frac{F_{FL}}{P_{EA}} = \frac{21 \text{ MW/km}^2}{2 \text{ MW}} = 10,5$$

$N_{qkm} \triangleq \text{Zahlenwert}$

Über diesen Wert kann nun der Flächenbedarf einer Anlage berechnet werden. Hierbei wird vereinfacht angenommen, dass diese Fläche eine quadratische Form hat.

$$A = \frac{1 \text{ km}^2}{N_{qkm}} = \frac{1 \text{ km}^2}{10,5} = 0,0952 \text{ km}^2$$

Bei der Annahme, dass dieser Flächenbedarf quadratisch ausgelegt ist, ergibt sich eine Breite des Flächenquadrates jeder Anlage von:

$$d = \sqrt{A} = 308,6 \text{ m}$$

Wenn angenommen wird, dass die einzelnen Windenergieanlagen hintereinander „auf Lücke“ gebaut sind, um somit den Abstand zwischen den Diagonalanlagen zu verringern, ergibt sich der Abstand zwischen den Anlagen zu:

$$d = \sqrt{\frac{A}{\cos 30^\circ}} = 331,6 \text{ m}$$

Allgemein werden die Abstände zwischen den Anlagen als Vielfaches des Rotordurchmessers angegeben. Dieser Wert beträgt in diesem Fall „3“, was sich auch mit der allgemeinen Richtlinie deckt:

$$d_{RD} = \frac{d}{f_{RD}} = \frac{308,6 \text{ m}}{4} = 77,15$$

$$d_{RD} = \frac{d}{f_{RD}} = \frac{331,6 \text{ m}}{4} = 82,9$$

Nun soll allerdings die Flächenlast für die unterschiedlichen Parameter variabel bzw. jährlich angepasst berechnet werden. Dabei sind die veränderlichen Parameter die Einzelanlagenleistung, der Rotordurchmesser und der geforderte Mindestabstand zwischen den einzelnen Anlagen als

Vielfaches des Rotordurchmessers. Die Rechenvorschrift ergibt sich hierfür zu:

$$F_{FL} = \frac{1.000.000 \text{ m}^2}{d_{DR}^2 * (f_{RD} + 1)^2} * P_{EA}$$

$$F_{FL} = \frac{1.000.000 \text{ m}^2}{d_{DR}^2 * \cos 30^\circ * (f_{RD} + 1)^2} * P_{EA}$$

Die jährliche Entwicklung der Einzelanlagenleistung, des Rotordurchmessers und der Flächenlast sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Windenergieanlagenleistung [MW]	1,72	1,85	1,89	1,92	1,96	2,00	2,22	2,30
Rotordurchmesser [m]	73,40	77,03	77,33	78,88	78,59	80,00	83,50	85,04
Flächenlast [MW/km²]	19,93	19,48	19,75	19,24	19,80	19,56	19,90	19,90

Tabelle 6 - Leistungs- und Größenentwicklung WEA [49], [46]

Es ist zu erkennen, dass sich die Flächenlast, trotz einer deutlichen Zunahme der Leistung einer einzelnen Anlage, nicht signifikant erhöht. Aus diesem Grund ist die jährliche Anpassung der Windenergieausbeute nur über die Prognose der Jahresvolllaststunden zu realisieren. [46]

7.1.5 Arbeitsblatt „CO₂- Emissionsfaktor“

Der CO₂-Emissionsfaktor gibt das Verhältnis der CO₂-Ausstoßmenge zur produzierten Energie in g/kWh an. Mit Hilfe dieses Faktors ist der gesamte CO₂-Ausstoß über den Energiebedarf zu bestimmen. Dieser Faktor ist für beiden Bereiche, elektrisch und thermisch, verschieden. Die Entwicklung dieses Faktors der letzten Jahre und ein Ausblick für 2012 ist in Tabelle 7 aufgeführt. Dabei ist zu erkennen, dass der CO₂-Ausstoß je erzeugter Kilowattstunde über die Jahre abnimmt und auch in Zukunft aufgrund des Zubaus von erneuerbaren Energien weiter reduziert wird. Im Arbeitsblatt „CO₂-Emissionsfaktor“ ist zusätzlich die prognostizierte Entwicklung bis 2030 angegeben.

Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CO₂- Emissionsfaktor Strommix [g/kWh]	597	590	605	570	565	563	556	544
CO₂- Emissionsfaktor Wärmemix [g/kWh]	206	204	201	199	197	195	192	190

Tabelle 7 - CO₂-Emissionsfaktor [20]

Es ist zu erkennen, dass die CO₂-Ausstoßmenge je Kilowattstunden in den vergangenen Jahren gesunken ist. Dieser Trend ist auch für die Zukunft weiter anzunehmen. Diese positive CO₂-Emissionsentwicklung ist auf den vermehrten Einsatz von Erneuerbaren Energien zurück zu führen, da diese prinzipiell einen deutlich geringeren spezifischen CO₂-Emissionsfaktor aufweisen als die meisten herkömmlichen Energieträger.

Um die Entwicklung der CO₂-Ausstoßmenge, wie in Abschnitt 7.1.6 beschrieben, berechnen zu können, ist die Kenntnis der CO₂-Emissionsfaktoren für jeden Anlagentyp nötig. Diese sind für die hier relevanten Anlagenformen sowohl für die Erzeugung elektrischer als auch thermischer Energie in Tabelle 8 und Tabelle 9 angegeben. Im Excel- Arbeitsblatt „CO₂- Emissionsfaktor“ sind zusätzlich die Emissionsfaktoren weiterer Anlagenformen herkömmlicher Energieträger aufgeführt, werden hier allerdings nicht weiter betrachtet, da keine Daten über die prozentuale Verteilung der einzelnen Anlagenformen für den Strommix im Netzgebiet vorliegen. Somit werden die Anlagen zu einem durchschnittlichen CO₂-Emissionsfaktor dieser herkömmlichen Energieträger zusammengefasst.

Diese Hilfsgröße wird über den „CO₂-Emissionsfaktor gesamt“, den einzelnen CO₂- Emissionsfaktoren der Energieerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien und über deren prozentuale Verteilung im Netzgebiet des Vogtlandkreises bestimmt. Dazu wird zuerst über den prozentualen Anteil der einzelnen Anlagentypen und deren spezifischen Emissionsfaktor ein mittlerer CO₂- Emissionsfaktor für Erneuerbare Energien ermittelt. Anschließend wird dieser Wert vom Emissionsfaktor gesamt abgezogen und durch den Anteil der herkömmlichen Energieträger gesamt geteilt, um den durchschnittlichen CO₂- Emissionsfaktor der herkömmlichen Energieträger im Elektroenergiemix des Vogtlandkreises zu erhalten. Dieser ist sowohl elektrisch, als auch thermisch in Tabelle 8 und Tabelle 9 angegeben. Der Ausgangspunkt für die Berechnung ist die Formel zur Ermittlung des CO₂- Emissionsfaktors insgesamt.

$$F_{CO2} = F_{CO2EEG} * P_{EEG} + F_{CO2HET} * P_{HET}$$

Diese Formel wird nach dem Emissionsfaktor für herkömmliche Energieträger F_{CO2HET} umgestellt und der nicht bekannte Anteil dieser Energieerzeugungsformen P_{HET} durch $1 - P_{EEG}$ ersetzt. Dem hinzu werden die Werte der einzelnen Energieträger eingesetzt und es ergibt sich die Berechnungsvorschrift zu:

$$F_{CO2HET} = \frac{F_{CO2} - \sum(E_{ET\%} * F_{CO2ET})}{1 - \sum E_{ET\%}}$$

Anlagenart	CO ₂ - Emissionsfaktor [g/kWh]
Windenergie	24
Photovoltaik	101
Biomasse fest	729
Biomasse flüssig	375
Biomasse gasförmig	63
Wasserkraft	40
Durchschnitt herkömmlicher Anlagen (keine Erneuerbaren Energien)	604

Tabelle 8 - CO₂-Emissionsfaktoren der Elektroenergieerzeugung [50] [51]

Anlagenart	CO ₂ - Emissionsfaktor [g/kWh]
Solarthermie	48
Biomasse fest	33
Biomasse flüssig	375
Biomasse gasförmig	63
Geothermie (Erdreich- Wärmepumpe)	149
Geothermie (Luft- Wärmepumpe)	350
Durchschnitt herkömmlicher Anlagen (keine Erneuerbaren Energien)	200

Tabelle 9 - CO₂- Emissionsfaktoren der Wärmeenergieerzeugung [51]

7.1.6 Arbeitsblatt „Berechnungstool“

An dieser Stelle befindet sich der Hauptteil des Energiemodells, mit dem ein „Zubau-Fahrplan“, um den Energiebedarf zunehmend durch erneuerbare Energien decken zu können, erstellt werden kann. Diesem liegen sowohl die oben schon beschriebenen Daten- und Prognosearbeitsblätter, wie auch die ermittelten Potenziale zugrunde. Die berechneten Werte können sowohl zahlenmäßig als auch graphisch dargestellt werden. Weiterhin kann der sich dadurch veränderten CO₂- Ausstoß betrachtet werden. Ein Ausschnitt ist in Abbildung 40 dargestellt.

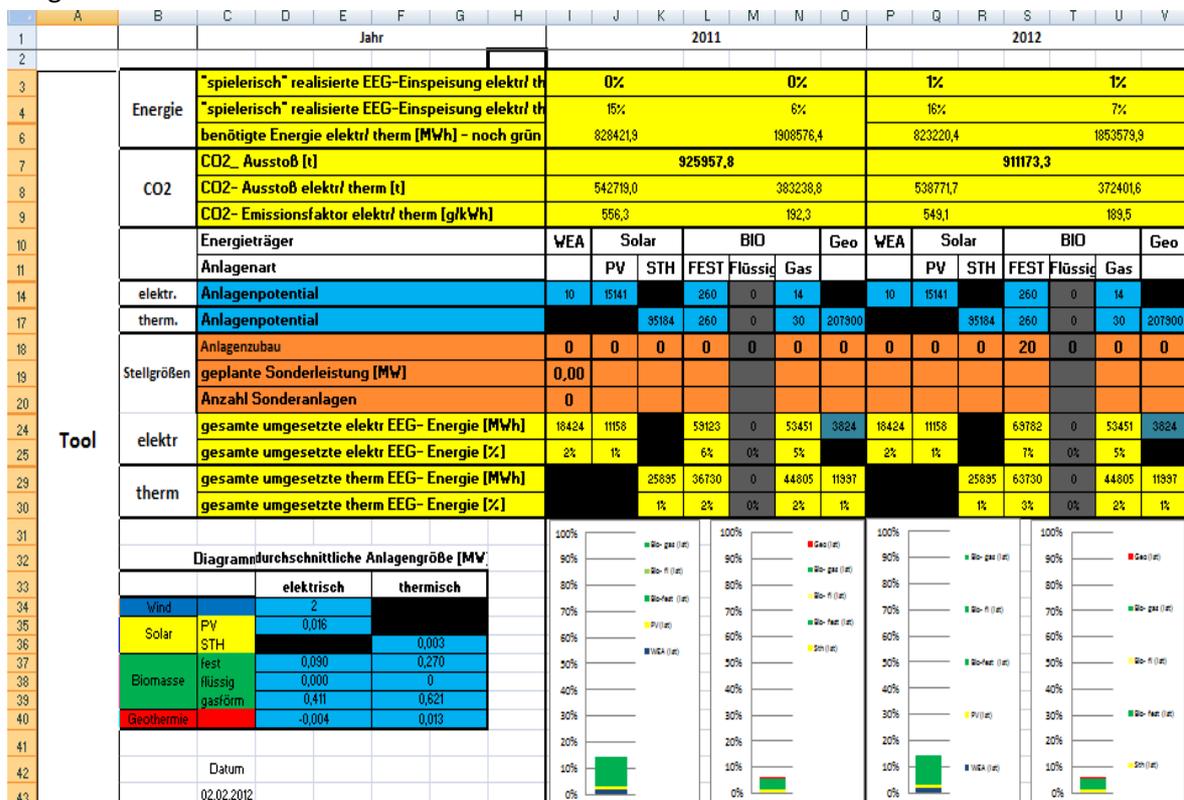


Abbildung 40 - Ausschnitt aus Arbeitsblatt "Berechnungstool"

Das Berechnungstool besteht grundlegend aus vier Teilen. Die blau eingefärbten Felder zeigen dabei die Potenziale der einzelnen Energiearten an. Die orangen Felder sind individuelle

Eingabefelder in denen der gewünschte Anlagenzubau eingegeben werden kann. Die Berechnungen werden in den gelb gefärbten Feldern durchgeführt und abschließend werden die Ergebnisse in den Diagrammen graphisch dargestellt.

Nach der, wie auch in den anderen Arbeitsblättern, oben festgesetzten Jahresangabe, folgt von Zeile 3 bis Zeile 9 zunächst eine Übersicht von Berechnungen. Diese ist teilweise zusätzlich in eine elektrische und thermische Komponente unterteilt.

Als berechnete Größen sind hier zu nennen:

- variabel realisierte Einspeisung Erneuerbarer Energien pro Jahr elektr. und therm. getrennt [%]
- variabel realisierte Einspeisung Erneuerbarer Energien gesamt elektr. und therm. getrennt [%]
- variabel realisierte Einspeisung Erneuerbarer Energien pro Jahr elektr. und therm. getrennt [MWh]
- noch nicht durch Erneuerbarer Energien bereitgestellte Energie elektr. und therm. getrennt [MWh]
- CO₂- Ausstoß [t]
- CO₂- Ausstoß elektr. und therm. getrennt [t]
- CO₂- Emissionsfaktor elektr. und therm. getrennt [g/kWh]

Auf diesen ersten Überblick der wichtigsten Größen [46] folgt neben der Unterteilung in die elektrische und die thermische Komponente eine weitere Differenzierung in die jeweilige Anlagenform. Dabei sind für den elektrischen Teil: Windenergie-, Photovoltaik- und Bioenergieanlagen (fest, flüssig und gasförmiger Energieträger) zu nennen. Die thermische Komponente setzt sich aus Solarthermie-, Bioenergie- (fest, flüssig, gasförmiger Energieträger) und Geothermieanlagen zusammen.

Dieser Abschnitt beginnt von Zeile 12 bis Zeile 17 mit dem elektrischen bzw. thermischen Potenzial für jeden Anlagentyp. Diese Potenziale werden aus der oben schon beschriebenen Potenzialanalyse entnommen und für das Jahr 2011 bezüglich der schon umgesetzten Anlagen angepasst. Es ergeben sich folgende Werte:

	Energieträger	WEA	Solar		BIO			Geo
	Anlagenart		PV	STH	FEST	Flüssig	Gas	
elektr.	Leistungspotential [MW]	412,0	237,4		22,7	0,0	3,8	
	Energiepotential [MWh]	793.100	142.819		116.000	1.000	24.000	
	Anlagenpotential	206	15.141		252	0	9	
therm.	Leistungspotential [MW]			303,1	39,5	0,0	11,3	2.689,8
	Energiepotential [MWh]			666.873	197.300	28.000	44.200	4.988.201
	Anlagenpotential			95.184	146	0	18	206.911

Tabelle 10 - Potenziale (Ausschnitt aus dem Energiemodell)

Diese Potenzialwerte geben an, wie viele Anlagen bzw. Leistungen je Energieträger maximal umgesetzt werden können und dienen somit der Darstellung des maximal möglichen Anlagenbestandes im Vogtlandkreis. Die grau eingefärbte Spalte der flüssigen Bioenergieanlagen wird hier und auch bei der Eingabe des Anlagenzubaus nicht beachtet. Flüssige Biomasse wie Bioethanol bzw. Biodiesel wird primär nur im Verkehrssektor verwendet.

Auf diesen Potenzialteil folgt nun von Zeile 18 bis 20 der Bereich in dem der „Zubau-Fahrplan“ eingegeben werden kann. Hier kann zum einen die gewünschte Anlagenanzahl für jede Anlagenform eingegeben werden. Diese werden dann als „Durchschnittsanlagen“ betrachtet. Das bedeutet diese Anlagenanzahl wird mit der durchschnittlichen und teils jahresabhängigen (Windenergieanlagen) Anlagengröße des jeweiligen Anlagentyps bzw. mit der Anlagenverteilung bei Photovoltaikanlagen verrechnet (Tabelle 11). Außerdem ist es möglich eine Anlagenanzahl und deren Leistung einzugeben, die nicht einer durchschnittlichen Anlage entsprechen soll.

		elektrisch	thermisch
Wind		2*	
Solar	PV	0,016**	
	Sth		0,003
Biomasse	fest	0,090	0,270
	flüssig	0	0
	gasförm	0,411	0,621
Geothermie		-0,004***	0,013

Tabelle 11 - Durchschnittliche Anlagenleistung [MW]

*Aktuelle Durchschnittsleistung, Berechnung erfolgt jedoch mit jahresabhängigen Leistungsentwicklung

** Aktuelle Durchschnittsleistung, Berechnung erfolgt jedoch über Anlagenverteilung

***negativer Wert spiegelt Verbrauch wider (keine Einspeisung)

Diese eingegebenen Anlagenanzahlen reduzieren in der Folge auch das noch vorhandene Zubaupotenzial. Sie werden somit in den jeweils folgenden Jahren sowohl zahlenmäßig als auch in Bezug auf die noch installierbare Leistung direkt vom noch vorhandenen Potenzial abgezogen. Dadurch ist immer erkennbar, welches Potenzial noch vorhanden ist. Es ist zusätzlich auch eine Prüffunktion realisiert, falls der geplante Anlagenzubau das vorhandene Potenzial überschreitet färbt sich dieses Feld rot.

Abschließend werden die Berechnungsvorschriften folgender Größen genauer beschrieben:

- Energiezuwachs im Betrachtungsjahr [MWh]

Es wird die, durch die Eingabe des jeweiligen Anlagenzubaus, neu umgesetzte Energie je Anlagenart berechnet. Hier bestehen jedoch Unterschiede zwischen den einzelnen Energieträgern bzw. Anlagentypen.

Windenergie:

Im Gegensatz zu den meisten; in dem Berechnungstool verwendeten; Anlagentypen wird die jährlich neu realisierte Energie nicht über eine feste mittlere Anlagenleistung berechnet. Wie schon beschrieben, wird diese durchschnittliche Anlagenleistung für jedes Jahr neu ermittelt bzw. der Trend für zukünftige Jahre berechnet. Das bedeutet, dass bei jährlich gleichem Anlagenzubau potentiell jedes Jahr eine höhere Leistung installiert wird und somit auch eine höhere Einspeisemenge erreicht werden kann. Dem hinzu wird die eingegebene Leistung einer möglichen Sonderanlage mit den jährlichen Volllaststunden multipliziert und zu der Energie des allgemeinen Anlagenzubaus addiert. Die Berechnung erfolgt nach der aufgeführten Vorschrift.

$$E_{ETJ} = N_{ETJ} * P_{zuwJ} * t_{vlhET} + P_{SAET} * t_{vlhET}$$

$E_{ETJ} \triangleq$ aktuell umgesetzte Energie je Energieträger im Betrachtungsjahr

N_{ETJ} : Anzahl der zugebauten Anlagen pro Jahr und Energieträger

P_{zuwJ} : Leistung einer Windenergieanlage mit Betrachtung des Zuwachses pro Jahr

P_{SAET} : Leistung der Sonderanlagen eines Energieträgers

t_{vlhET} : Jahresvolllaststunden je Energieträger

Photovoltaik:

Auch bei Photovoltaikanlagen wird der jährliche Energiezuwachs nicht über die mittlere Anlagenleistung berechnet. Hierfür wird wie schon beschrieben, eine Hilfsgröße, welche über die Anlagenverteilung bestimmt wird verwendet. Wiederum wird daraufhin die Energie welche durch Sonderanlagen erreicht werden soll addiert.

$$E_{ETJ} = \frac{N_{ETJ}}{N_{PVH}/1000} + P_{SAET} * t_{vlhET}$$

$E_{ETJ} \triangleq$ aktuell umgesetzte Energie je Energieträger im Betrachtungsjahr

N_{ETJ} : Anzahl der zugebauten Anlagen pro Jahr und Energieträger

N_{PVH} : Anzahl von Photovoltaikanlagen um 1 kWh zu erzeugen

P_{SAET} : Leistung der Sonderanlagen eines Energieträgers

t_{vlhET} : Jahresvolllaststunden je Energieträger

Restliche Anlagentypen:

Der jährliche Energiezuwachs der übrigen Anlagentypen wird über die durchschnittliche Anlageleistung, welche aus dem jeweils aktuellen Anlagenbestand bestimmt wird, berechnet. Dazu wird wieder die Energie durch die Sonderanlagen addiert.

$$E_{ETJ} = N_{ETJ} * P_{\emptyset ET} * t_{vlhET} + P_{SAET} * t_{vlhET}$$

$E_{ETJ} \triangleq$ aktuell umgesetzte Energie je Energieträger im Betrachtungsjahr

N_{ETJ} : Anzahl der zugebauten Anlagen pro Jahr und Energieträger

$P_{\emptyset ET}$: durchschnittliche Anlagenleistung eines Anlagentyps

P_{SAET} : Leistung der Sonderanlagen eines Energieträgers

t_{vlhET} : Jahresvolllaststunden je Energieträger

- Energiezuwachs im Betrachtungsjahr [%]

Der eben berechnete Energiezuwachs im Betrachtungsjahr wird prozentual in Bezug auf den Gesamtenergiebedarf, welcher im Arbeitsblatt „Prognosedaten- elektr.“ angegeben ist, jährlich berechnet.

$$E_{\%ETJ} = \frac{E_{ETJ}}{E_{gesJ}}$$

$E_{\%ETJ} \triangleq$ prozentuale Energiezuwachs im Betrachtungsjahr

$E_{ETJ} \triangleq$ aktuell umgesetzte Energie je Energieträger im Betrachtungsjahr

$E_{gesJ} \triangleq$ Gesamtenergiebedarf im Betrachtungsjahr

- Gesamte umgesetzte Erneuerbare Energie [MWh]

Die gesamte umgesetzte Energie je Energieträger ergibt sich aus der aktuell im Jahr 2011 schon umgesetzten Energie aus dem Datenteil und der zur den variablen Anlagenzubau jährlich neu realisierten Energie.

$$E_{gesETJ} = E_{2011} + \sum E_{ETJ}$$

$E_{gesETJ} \triangleq$ insgesamt umgesetzte Energie je Energieträger im Betrachtungsjahr

$E_{ETJ} \triangleq$ aktuell umgesetzte Energie je Energieträger im Betrachtungsjahr

- Gesamte umgesetzte Erneuerbare Energie [%]

Die berechnete insgesamt umgesetzte Energie je Energieträger wird wiederum prozentual im Verhältnis zum Gesamtenergiebedarf angegeben.

$$E_{\%ET} = \frac{E_{gesET}}{E_{gesJ}}$$

$E_{\%ETJ} \triangleq$ prozentual umgesetzte Energie je Energieträger im Betrachtungsjahr

$E_{gesETJ} \triangleq$ insgesamt umgesetzte Energie je Energieträger im Betrachtungsjahr

$E_{gesJ} \triangleq$ Gesamtenergiebedarf im Betrachtungsjahr

sowohl für die elektrische, als auch die thermische Komponente berechnet.

In den nachfolgenden Diagrammen ist der prozentuale Anteil der Einspeisung Erneuerbarer Energien am gesamten Energiebedarf dargestellt. Hier kann der jährliche Trend mit dem aufgestellten „Zubau-Fahrplan“ angesehen werden. Dabei ist jeweils die dunklere Farbe jedes Anlagentyps der „Ist“- Bestand aus dem Vorjahr und die hellere Farbe der aktuelle Zubau im Betrachtungsjahr.

Im Arbeitsblatt „Berechnungstool“ sind die in Tabelle 12 gelisteten Zeilen hinsichtlich einer verbesserten Übersichtlichkeit ausgeblendet worden. Sie können allerdings auf Wunsch sichtbar gemacht werden.

Zeile	Funktion
5	"spielerisch" realisierte Einspeisung Erneuerbarer Energien elektr/ therm [MWh]
12	Elektr.- Leistungspotenzial [MW]
13	Elektr.- Energiepotenzial [MWh]
15	Therm.- Leistungspotenzial [MW]
16	Therm.- Energiepotenzial [MWh]
21	Elektr.- Energiezuwachs im Betrachtungsjahr [MWh]
22	Elektr.- Energiezuwachs im Betrachtungsjahr [%]
26	Therm.- Energiezuwachs im Betrachtungsjahr [MWh]
27	Therm.- Energiezuwachs im Betrachtungsjahr [%]

Tabelle 12 - Ausgeblendete Zeilen

Um das Energiemodell auf dem aktuellen Stand zu halten, sind regelmäßig einige Daten hinzu zu fügen. Dazu sind jedes Jahr sowohl die aktuellen Verbrauchsmengen und Einspeiseleistungen bzw. Einspeisemengen der Anlagen in den Arbeitsblättern „Prognosedaten-elekt.“ und „Prognosedaten-therm.“ einzugeben. Weiterhin sind auch die jährlich aktuellen Kraftfahrzeug-Zulassungen ins Besondere die Zahl der Elektrofahrzeuge zu aktualisieren. Die Prognosewerte für die nachfolgenden Jahre werden automatisch angepasst und aktualisiert. Weiterhin sollten die Hilfsarbeitsblätter „Anlagenverteilung-PV“, „Leistungsentwicklung WEA“ und „CO₂-Emissionsfaktor“ in regelmäßigen Abständen aktualisiert werden. Dies ist allerdings nicht zwingend jährlich nötig. [46]

7.2 Ermittlung der Netzausbaukosten

In diesem Konzept sollen in Kooperation mit dem zuständigen Netzbetreiber MITNETZ STROM die zu erwartenden Netzausbaukosten bzgl. der Netzintegration der verschiedenen Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien grob kalkuliert werden. Dabei werden unterschiedlichen Methoden angewandt. -So werden sie auf die installierte Leistung und auf die von der entsprechenden Anlagenart erzeugte Energie bezogen; es ergeben sich somit leistungs- und energiespezifische Netzausbaukosten.

Bei der Ermittlung der Netzausbaukosten zur Netzintegration zukünftiger Photovoltaikanlagen wurde ein eigenes Berechnungsprogramm der MITNETZ STROM verwendet, welches die zu installierende Leistung, den aktuellen Photovoltaik-Anlagenbestand (Anlagenanzahl, Anlagenleistungen, Anlagenverteilung im Netz) und firmeneigene pauschale Kostenpositionen für die Berechnungen benötigt. Als Ergebnis der Berechnungen sind ca. 20 Mio. EUR bei einer Installation von Photovoltaikanlagen mit insgesamt 150 MW. Dies entspricht leistungsspezifischen Netzausbaukosten von 133 €/kW und bezogen auf die zu erzeugte Energie ergeben sich beispielsweise unter der Annahme von 900 Vollbenutzungsstunden ca. 150 €/MWh (Abbildung 41). Weiterhin berücksichtigt das Berechnungsprogramm größere Photovoltaikanlagen (>30 kW), welche nicht in der Niederspannungsebene angeschlossen sind und somit bei dem Netzbetreiber hier keine Netzausbaukosten anfallen. Für diese Anlagen werden nur Kosten für Transformatorwechsel und ggf. die Netzausbaukosten in der Mittelspannung berücksichtigt. Demnach ist zu erwarten, dass die realen Netzausbaukosten höher ausfallen werden. Für das

zweite mögliche Leistungspotenzial durch den Zubau von Photovoltaikanlagen (403 MW) wurde ein linearer Anstieg der Netzausbaukosten angenommen, da das Berechnungsmodul nicht für derartige Leistungsgrößen ausgelegt ist. [52]

Bei der Ermittlung der Netzausbaukosten zur Netzintegration von Windenergieanlagen wurden seitens der MITNETZ STROM zwei Kosten ermittelt; die Kosten für die Maßnahmen am Umspannwerk und die Kosten für die Leitungsanbindungen. Dabei handelt es sich auch hier um Grobkosten. In den Kosten für das Umspannwerk ist der Transformator enthalten und bei der Ermittlung der Kosten für die Leitungsanbindung wurde von Freileitungen und einem pauschalen Kostenwert von 250.000 €/km ausgegangen. Zur Ermittlung der Leitungslängen dienten die ungefähren direkten Entfernungen (Luftlinie) zwischen geplantem Standort der Windenergieanlage und der nächsten Netzanbindung. Demnach ergaben sich die in Tabelle 13 zusammengefassten Kosten. [48]

Geplanter Standort	Leistungspotenzial [MW]	Netzausbaukosten [Mio. EUR]			Leistungsspezifische Netzausbaukosten [€/kW]
		Umspannwerk	Leitungsanbindung	Summe	
Südl. Elsterberg	50	1,8	1,0	2,8	56
Limbach	42	1,8	0,8	2,6	62
Neumark	67	2,0	1,3	3,3	49
Lengsfeld	197	5,5	4,1	9,6	49
Reuth	31	1,8	3,3	5,1	165
Pausa	25	1,5	3,8	5,3	212

Tabelle 13 - Netzausbaukosten für Windenergieanlagen [48]

Zu den geplanten Anlagen zur Nutzung von Bioenergie ist zu sagen, dass nur vier der fünf geplanten Standorte bzgl. der Netzausbaukosten bewertet wurden. Die geplante Anlage am Standort Bobenneukirchen konnte aufgrund des frühen Planungsstandes nicht berücksichtigt werden. Zur Ermittlung der Kosten für den Netzausbau mit Mittelspannungskabel wurde ein pauschaler Kostenwert von 70.000 €/km von der MITNETZ STROM angenommen. In Tabelle 14 sind die grob kalkulierten Netzausbaukosten zur Netzanbindung von Bioenergieanlagen zusammengefasst. [53]

Geplanter Standort	Leistungspotenzial [MW]	Netzausbaukosten [T€]	Leistungsspezifische Netzausbaukosten [€/kW]
Coschütz	0,360	0,0140	39
Unterlosa	0,366	0,0245	67
Rößnitz	0,366	0,0175	48
Rodewisch	0,251	0,0266	106

Tabelle 14 - Netzausbaukosten für Bioenergieanlagen [53]

Anhand der berechneten absoluten Netzausbaukosten und deren leistungsspezifischer Vergleich wird ersichtlich, dass ein Bezug der Kosten zu den zu erwartenden Energieerträgen der verschiedenen Erzeugungsanlagen notwendig ist. Daher wurden in diesem Energiekonzept zusätzlich die relativen Netzausbaukosten bzgl. der installierten Leistung und der erzeugten Energie ermittelt. Prinzipiell spiegelt sich in einer solchen Ermittlung der energiespezifischen Netzausbaukosten die Höhe der erreichten Volllaststunden wider. In Abbildung 41 sind diese dargestellt. Dabei ergibt sich für die Netzausbaukosten zur Netzintegration von Photovoltaikanlagen aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten nur eine Datenreihe. Für die Netzausbaukosten bzgl. der Netzintegration von Wind- und Bioenergieanlagen ergeben sich jeweils zwei Datenreihen, welche sich auf die Extremwerte aus Tabelle 13 und Tabelle 14 beziehen.

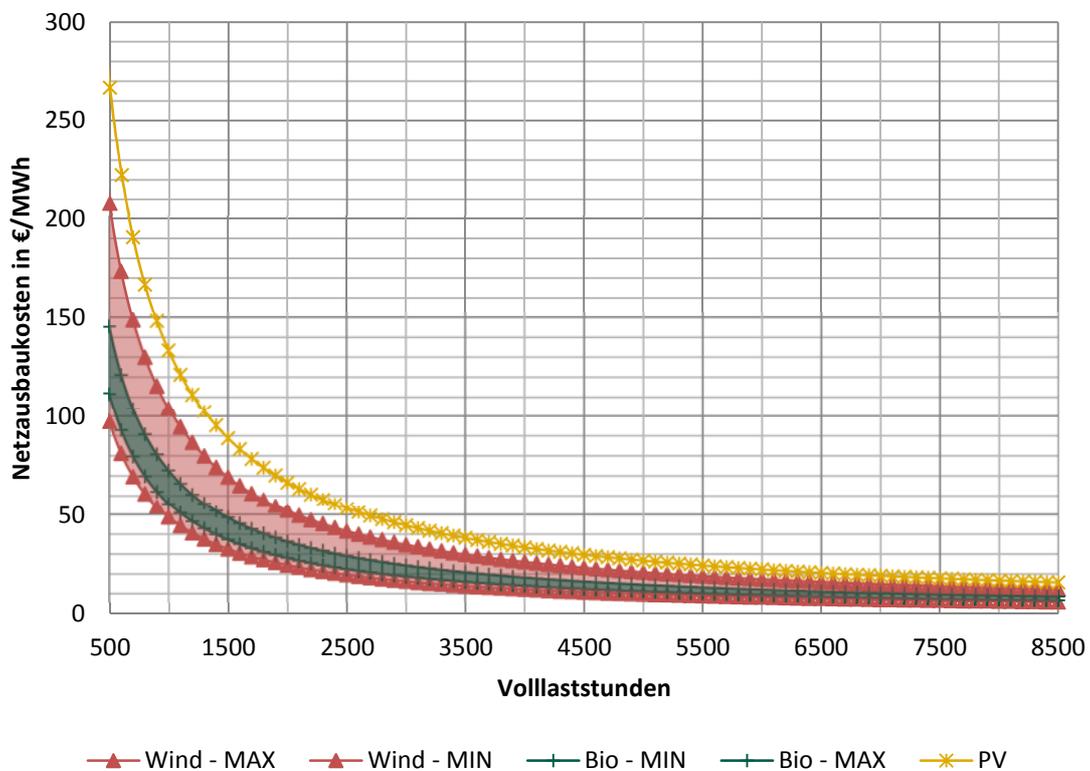


Abbildung 41 - Spezifische Netzausbaukosten

Aus dem Vergleich der dargestellten Datenreihen in Abbildung 41 kann geschlussfolgert werden, dass die Netzintegration von Photovoltaikanlagen den teuersten Netzausbau verursacht. Zur Bewertung der energiespezifischen Netzausbaukosten für Wind- und Bioenergieanlagen ist die Beachtung der realistischen Volllaststunden wichtig. Hier wird eine starke Standortabhängigkeit der Netzausbaukosten deutlich, welche für eine vollständig nachhaltige Wirtschaftlichkeitsbewertung einer geplanten Anlage zur Nutzung Erneuerbarer Energien vor allem aus der Sicht des Netzbetreibers interessant ist.

Für die weiteren Untersuchungen im Energiekonzept werden die absoluten Netzausbaukosten im Zusammenhang mit den entsprechenden Potenzialrealisierungen der verschiedenen Erneuerbaren Energiearten prozentual abgestuft betrachtet. Netzausbaukosten für eine zukünftige Netzintegration von Energiespeichern werden nicht betrachtet.

7.3 Beschreibung der Szenarien

Zur Erarbeitung verschiedener Potenzialrealisierungen an Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien muss der aktuelle regenerative Kraftwerkspark als Ausgangslage angesehen werden. Unter Beachtung der Potenziale einzelner Primärenergiearten sind deren prozentual Realisierungen prinzipiell in allen Kombinationen möglich. Unter der Annahme die noch nicht realisierten Potenziale für Windenergie-, Photovoltaik-, Solarthermie-, feste Biomasse-, Biogas- und Geothermieanlagen mit einer Abstufung von 25 % in allen Kombinationen für die Erarbeitung verschiedener Szenarien zu betrachten, würden sich mehrere Hundert verschiedene Szenarien ergeben¹. Hieran wird die Notwendigkeit einer sinnvollen Kombination der einzelnen Potenzialrealisierungen deutlich. In Tabelle 15 sind die zu untersuchenden Energiearten mit deren Realisierungsabstufungen aufgelistet. Danach ergeben sich verschiedene Szenarien, welche es zu bewerten gilt. Dabei ist aufgrund der zeitlichen Einordnung unterschiedlicher politischer Zielsetzungen das Jahr 2020 als Bewertungsjahr anzusehen. Als Grundlage für das langfristige Planungsziel einer vollständigen Potenzialrealisierung aller Energiearten gilt das Jahr 2030.

Anlagenart zur Nutzung Erneuerbarer Energien	Noch verfügbares Potenzial [15], [26]	Realisierungsabstufungen für	
		2020	2030
Windenergieanlagen	412 MW	25 %, 50 % und 100 %	100 %
Photovoltaikanlagen	150 (250) MW	25 %, 50 % und 100 %	100 %
Solarthermieanlagen	310 MW ²		
Feststoff-Biomasseanlagen	39 MW _{el} ³ 139 MW _{th} ³	25 %, 50 % und 100 %	100 %
Biogasanlagen			
Geothermieanlagen	18,2 MW bei 1.400 Anlagen á 13 kW	Bestandsprognose (950 Anlagen)	Bestandsprognose (1.400 Anlagen)

Tabelle 15 - Betrachtete Realisierungsabstufungen

¹ 6 Anlagenarten mit jeweils 5 Realisierungsabstufungen (0, 25, 50, 75, 100) % → 30x30 Matrix (mind. 435 relevante Elementen)

² Laut [25] 687 GWh therm. Potenzial → reale Volllaststunden 2.200 h → 310 MW therm.

³ Laut [15] 196 GWh elektr. und 696 GWh therm. Potenzial → 5.000 Volllaststunden → Leistungspotenzial

Aufgrund der in den vorhergehenden Kapiteln genannten Annahmen werden die Potenziale für Wasserkraftanlagen und Anlagen zur Nutzung flüssiger Biomasse bei den folgenden Berechnungen nicht berücksichtigt. Da alle hier relevanten Potenziale bis zum Jahr 2020 nicht komplett unrealisiert bleiben werden, wird die Realisierungsabstufung von 0 % nicht betrachtet. Dies bewirkt eine starke Reduzierung der Szenarienzahl. Weiterhin wird angenommen, dass sich die Entwicklungen des Anlagenbestandes von Photovoltaik- und Solarthermieanlagen synchron verhalten, da es sich bei diesen um die Nutzung derselben Primärenergieart handelt. Demnach wird hier das Szenario 1 des Leipziger Energieinstitutes [26] angenommen. Dies gilt ebenso für die Nutzung von Anlagen für feste und gasförmige Biomasse. Aufgrund der politischen Rahmenbedingungen und historischen Bestandsentwicklung von Geothermieanlagen wird der prognostizierte Bestand (vgl. Abschnitt 4.5) bis zum Jahr 2020 als Realisierungsmaßstab angewandt. Ausgehend von diesen Annahmen bleiben 18 von den 435 theoretisch angenommenen Szenarien einer zukünftigen Energieversorgung übrig.

Da das vorliegende Energiekonzept unter der Maßgabe einen umsetzungsfähigen Maßnahmenplan zu erarbeiten, beschlossen wurde, sind weitere Einschränkungen bzgl. der Realisierungsabstufungen zu treffen. Aufgrund der großen Relevanz und Interessenlage von Windenergieanlagen bleiben die Annahmen laut Tabelle 15 bestehen. Für den zu betrachtenden Zubau an Photovoltaikanlagen ist eine 100 prozentige Potenzialrealisierung bis zum Jahr 2020 sehr unwahrscheinlich, da es sich hierbei um eine enorme Anlagenanzahl handelt. Wird die historische Bestandsentwicklung von Photovoltaikanlagen betrachtet, würde sich für das Jahr 2020 ca. eine 25 prozentige Potenzialrealisierung ergeben. Da aber die Bestandsentwicklung der letzten Jahre durchweg einen überprognostizierten Verlauf hatte, wird eine 50 % Realisierungsabstufung ebenso betrachtet. Bei den Bioenergieanlagen verhält sich dieser Sachverhalt umgekehrt. Aufgrund der geringeren, benötigten Anlagenanzahl zur Realisierung der vorhandenen Potenziale werden für die weiteren Betrachtungen nur die 50 % und 100 % Realisierungsabstufung untersucht. Im folgenden Abschnitt werden die nun noch verbleibenden 12 Szenarien unter den genannten Maßgaben betrachtet und hinsichtlich der Kriterien zukünftiger Energiemix, CO₂-Minderung, Autarkiegrad bezogen auf die Autarkievariante III und notwendige Netzausbaukosten bewertet. Jedoch wird für die langfristige Planung ein weiteres Szenario angenommen, welches für alle Arten Erneuerbarer Energien eine 100 prozentige Potenzialrealisierung annimmt. Das Betrachtungsjahr für dieses 100 %-Szenario ist allerdings 2030.

7.4 Bewertung der Szenarien

In diesem Abschnitt werden die 13 verschiedenen Szenarien für eine zukünftige Energieversorgung im Vogtlandkreis beschrieben und bewertet. Dazu werden die Angaben zum Anlagenzubau in dem Tabellenblatt Berechnungstool des Energiemodells entsprechend variiert. Die Tabelle 16 zeigt die Ergebnisse zu den einzelnen Szenarien.

Szenarien einer zukünftigen Energieerzeugung

Szenario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Windenergiepotenzial [%]	25	25	25	25	50	50	50	50	100	100	100	100	100
Solarenergiepotenzial [%]	25	25	50	50	25	25	50	50	25	25	50	50	100
Bioenergiepotenzial [%]	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	100
Betrachtungsjahr	2020												2030
Energiemix EE-Anteil elektr.	38%	41%	41%	44%	60%	62%	63%	66%	103%	106%	107%	109%	141%
Energiemix EE-Anteil therm.	26%	36%	35%	45%	26%	36%	35%	45%	26%	36%	35%	45%	76%
CO ₂ -Ausstoß [t]	694.535	660.124	651.166	616.754	566.224	531.812	522.855	488.443	322.646	305.757	300.833	283.945	248.383
CO ₂ -Minderung	25%	29%	30%	33%	39%	43%	44%	47%	65%	67%	68%	69%	73%
Autarkiegrad V3-Erfüllung	32%	39%	38%	45%	43%	49%	49%	56%	65%	71%	71%	77%	109%
Netzausbaukosten [Mio.EUR]	12,22	12,26	17,22	17,26	19,39	19,43	24,39	24,43	33,74	33,78	38,74	38,78	48,78

Tabelle 16 - Ergebnisse der Szenarien

Nachdem diese Ergebnisse ausgewertet sind, werden bzgl. der zu untersuchenden Kriterien Aussagen getroffen, welchen Einfluss die einzelnen Energiearten haben. In der Tabelle 17 sind diese Einflüsse zusammengefasst.

Energieart	Realisierungsänderung [%]	Auswirkungen der Potenzialrealisierungen				
		Energiemix elektrisch [%]	Energiemix thermisch [%]	Reduzierung CO ₂ -Emission [%]	Autarkiegrad Variante III [%]	Netzausbaukosten [EUR]
Wind	25	22	0	14	11	7.175.000
Solar	25	3	9	5	6	5.000.000
Bioenergie	25	2	5	2	3	41.300

Tabelle 17 - Einfluss der Energiearten auf die Untersuchungskriterien

Anhand dieser Ergebnisse lässt sich ableiten, dass eine Potenzialrealisierung für Windenergieanlagen den größten Einfluss auf die Verminderung von CO₂-Emissionen und die Erhöhung des Anteils Erneuerbarer Energien am Elektroenergiemix hat. Allerdings ist hiermit die höchste absoluten Netzausbaukosten verbunden. Das Bewertungskriterium „Autarkiegrad Szenario 3“ bezieht sich auf das Erlangen einer bilanziellen Autarkie im Vogtlandkreis, wie dies der im Kapitel 6 beschriebenen Autarkievariante III entspricht. Dabei ist dies der Mittelwert aus dem erreichten elektrischen und thermischen Energiemixanteil der Erneuerbaren Energien.

Zur detaillierten Betrachtung und Erarbeitung von Handlungsempfehlungen werden in den folgenden Abschnitten drei Szenarien einer zukünftigen Energieversorgung im Vogtlandkreis genauer untersucht.

7.5 Ausgewählte Szenarien

Anhand der erarbeiteten Erkenntnisse werden im Folgenden drei Szenarien genauer betrachtet. Dafür wurden die Szenarien eins, fünf und 13 der Tabelle 16 ausgewählt, um eine Energieart dominierend realisiert zu betrachten. Dabei stellt das Szenario eins ein eher Windenergie-lastiges und Szenario fünf ein eher Bioenergie-lastiges Szenario einer zukünftigen Energieversorgung dar. Im dritten betrachteten Szenario (Szenario 13) sind alle Potenziale der Energiearten zu 100 % realisiert angenommen.

Wie sich die entsprechenden absoluten und relativen Netzausbaukosten für diese drei betrachteten Szenarien ermitteln lassen, wurde im Abschnitt 0 beschrieben. Wie auch aus dem Kapitel 6 deutlich wird, gewinnt neben dem klassischen Netzausbau zukünftig die Netzintegration von Speichern an Bedeutung. Dabei ist zu beachten, dass diese keine Alternative zum Netzausbau darstellt, sondern dennoch Netzausbau erfordert. Der zukünftige Netzausbau lässt sich somit in den klassischen und den speicherverursachten Netzausbau gliedern, welche sich gegenseitig ergänzen werden. Zur Dimensionierung von Speichern ist eine Ermittlung des Speicherbedarfs von entscheidender Bedeutung. Im folgenden Kapitel 8 soll zunächst ein Überblick zu möglichen Speichertechnologien gegeben und die in diesem Energiekonzept angewandte Methodik zur Ermittlung des Speicherbedarfs aufgezeigt werden. Darauf folgend wird der Speicherbedarf für die drei ausgewählten Szenarien berechnet und bewertet.

8 Speicherbedarf des Vogtlandkreises

In diesem Kapitel werden ausgehend von Potenzialabschätzung Erneuerbarer Energien und den zeitlichen Verläufen von Elektroenergieverbrauch und Einspeisung Rückschlüsse auf Parameter zur Speicherdimensionierung getroffen. Der Einsatz von Speichern ergibt sich aus dem meist fluktuierenden Charakter von Energieerzeugern auf Basis Erneuerbarer Energien sowie dem ebenso unkonstanten Energieverbrauch. Da Verbrauch und Erzeugung nur in sehr geringen Fällen identisch sind, ist ein Laden von Speichern bei Energieüberschuss und ein Entladen der Speicher bei Energiemangel eine Möglichkeit, um den Anteil Erneuerbarer Energien in der Energiebilanz zu erhöhen. Die Abschätzung des Speicherbedarfs bezieht sich auf die Speicherung von Elektroenergie. Dies lässt sich auf die bessere Übertragung und Umwandlung von Elektroenergie zurückführen. Die Speicherung von Wärmeenergie wird in diesem Kapitel nicht detailliert betrachtet. Der Einsatz von thermischen Speichern ist aufgrund der verlustreichen Wärmeübertragung an dezentralen verbrauchs- und erzeugernahen Standorten zu bevorzugen.

8.1 Überblick Speichertechnologien

Um verschiedene Speichersysteme zu bewerten, sollen im Vorfeld die Technologien beschrieben werden. Energie kann durch verschiedene Prozesse gespeichert werden. Dabei wird zwischen mechanischen Speichern, elektrischen Speichern, thermischen Speichern und chemischen Speichern unterschieden [54]. Ebenso wird an Latentwärmespeichern geforscht, welche den physikalischen Speichermedien zuzuordnen sind. Aufgrund des Forschungsstandes dieses Speichers wird er im Energiekonzept nicht näher beschrieben. Grundsätzlich kann diesen Speichertypen eine mögliche Energiedichte zugeordnet werden, dabei weisen mechanische Speicher sehr geringe Energiedichten zwischen 1 kWh/m^3 und 10 kWh/m^3 auf, elektrische Speicher weisen ebenfalls nur geringe Energiedichten von etwa 10 kWh/m^3 auf. Eine bessere Speicherbarkeit von Energie weisen thermische Wärmespeicher durch mittlere Energiedichten mit 116 kWh/m^3 (bei einem Temperaturunterschied in Wasser von 100 K) bis 626 kWh/m^3 (bei phasenwechselnden Speichermedien) auf. Chemische Speicher besitzen mittlere bis hohe Energiedichten [Sauer].

Mechanische Speichertechnologien sind durch zwei wesentliche Speichermöglichkeiten charakterisiert, dem Pumpspeicherkraftwerk und dem Schwungradspeicher.

Pumpspeicherkraftwerke bestehen aus mindestens zwei Becken, dem Ober- und dem Unterbecken. In lastschwachen Zeiten wird überschüssige Energie genutzt um Wasser aus dem Unterbecken in das Oberbecken zu pumpen. Bei einem Höhenunterschied von 360 m beträgt die Energiedichte etwa 1 kWh/m^3 . Der Gesamtwirkungsgrad von Pumpspeicherkraftwerken liegt in etwa bei $70\text{-}80 \%$ [54]. Pumpspeicherkraftwerke können zuverlässig sehr viel Energie speichern und mit einer hohen Leistung wieder abgeben, jedoch ist das Potenzial für neue Pumpspeicherkraftwerke im Vogtlandkreis nicht gegeben, weshalb diese Speichertechnologie nicht mit betrachtet werden soll.

Ähnlich dem Pumpspeicherkraftwerk funktionieren Druckluftspeicher, allerdings sind für diese entsprechende Speichervolumen nötig, welche zumeist aufgrund der zwingend benötigten Salzstöcke eher in Norddeutschland zu finden sind. Eine Nutzung von Druckluftspeichern ist daher aufgrund des geringen Potenzials im Vogtlandkreis nicht abzusehen.

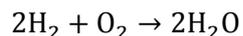
Die zweite mechanische Art Energie zu speichern sind Schwungradspeicher. Diese weisen Energiedichten zwischen 5 und 50 Wh/kg auf und besitzen Leistungsdichten zwischen 180 und 1800 W/kg. Der Wirkungsgrad eines Schwungradspeichers beträgt 90 bis 95 % [55] und kann, wie auch ein Pumpspeicherkraftwerk, als zyklenfest beschrieben werden. Als Schwungradspeicher werden oftmals Kraftwerksgeneratoren genutzt, um eine Netzregelung und eine geringe Sekundenreserveleistung bereitstellen zu können. Da im Vogtlandkreis keine großen Kraftwerke vorhanden sind ist auch diese Speichertechnologie nicht interessant.

Elektrische Speicher nutzen das elektrostatische oder elektromagnetische Feld zur Speicherung von Elektroenergie. Die geringen Energiedichten und geringen Leistungen solcher Energiespeicher machen diese, vor allem Doppelschichtkondensatoren, als Kurzzeitspeicher interessant. Aus diesem Grund werden diese so genannten Supercaps in Bereichen der unterbrechungsfreien Stromversorgung, sowie für Kurzzeitspeicherung von Elektroenergie im Bereich der Photovoltaik und der Hybridfahrzeuge eingesetzt. Der Vorteil ist dabei im Wesentlichen die sehr hohe Leistungsdichte, der hohe Wirkungsgrad und die hohe Zyklusfestigkeit, welche mit 1 Millionen Zyklen angegeben wird. Eine sinnvolle Nutzung von Supercaps im Elektroenergieversorgungssystem des Vogtlandkreises ergibt sich daher nur im Kurzzeitspeicherbetrieb, um Leistungsschwankungen und einhergehende Frequenz- und Spannungsschwankungen im Niederspannungsbereich zu regeln.

Thermische Speicher, oft auch als Wärme- oder Kältespeicher beschrieben, speichern Energie durch Temperaturveränderungen, reversible Phasenwechsel von Speichermedien oder Adsorption und Desorption oder anderen reversiblen Reaktionen. Thermische Speicher bieten sich sowohl für Kurzzeitspeichervorgänge, als auch für Langzeitspeicherung an. Eine Speicherung von Elektroenergie ist möglich, aber aufgrund der Wirkungsgradketten nicht sinnvoll. Daher wird diese Technologie zur Elektroenergiespeicherung im Vogtlandkreis nicht betrachtet.

Die chemische Energiespeicherung weist eine sehr große Bandbreite der Energiedichte auf [54]. In chemischen Energiespeichern treten bei der Speicherung und bei der Abgabe zwei wesentliche Reaktionen auf. Neben der chemischen Reaktion, welche vor allem Wärme erzeugt ist die elektrochemische Reaktion die für die Speicherung von Elektroenergie relevante Reaktion. Bei dieser chemischen Reaktion werden Elektronen eines Stoffes gelöst und gehen an einen weiteren Reaktionspartner über, diese Reaktionen werden Redox-Reaktionen genannt [56]. Dieser Begriff setzt sich aus Reduktion und Oxidation zusammen, die an der Reaktion beteiligten Materialien werden als Aktivmaterialien bezeichnet. Die Redox-Reaktion läuft durch die elektrochemische Zelle räumlich getrennt ab, so dass die Oxidationsreaktion an der Anode stattfindet und die Reduktionsreaktion an der Kathode. Durch diese räumliche Trennung wird ein Energiefluss über Anode und Kathode gewährleistet.

Die einfachste Redox-Reaktion ist die Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser.



Läuft diese Reaktion räumlich getrennt voneinander ab, so können die Elektronen indirekt über einen elektrischen Leiter übertragen werden. Es entsteht somit ein Stromfluss.

Elektrochemische Reaktionen werden in Batteriespeichern und in Brennstoffzellen/Elektrolyseuren zum Speichern von Elektroenergie eingesetzt.

Batteriespeicher existieren in einer Vielzahl verschiedener Arten [54], die sich durch die unterschiedlichen, zum Einsatz kommenden Elektrolyt-Materialien voneinander abgrenzen. Die wohl bekanntesten Batteriearten sind die Blei-Säure-Batterie, die Nickel-Cadmium-Batterie, die

Nickel-Metallhybrid-Batterie und die Lithium-Ionen-Batterie. Neben diesen Typen werden noch weitere Batterietypen, wie Hochtemperaturbatterien, Redox-Flow-Batterien oder auch Luft-Metall-Batterien, eingesetzt.

Die bereits in sehr großen Stückzahlen erprobte Blei-Säure-Batterie nutzt als Elektrolyt-Materialien Blei und Schwefelsäure. Die Energiedichte einer solchen Batterie liegt bei etwa 25 Wh/kg und die Zyklenfestigkeit umfasst etwa 2.000 Zyklen [54], dadurch sind sowohl das Gewicht, als auch die eingeschränkte Lebensdauer wesentliche Nachteile dieser Technologie. Jedoch sind die Kosten einer solchen Batterie verhältnismäßig gering und die Recyclingquoten sehr hoch, weshalb diese Technologie bis heute die wichtigste auf dem Batteriemarkt ist.

Alkalische Batterien, wie Nickel-Cadmium- oder Nickel-Metallhybrid-Batterien weisen hohe Zyklenfestigkeiten und hohe spezifische Leistungen auf. Trotz der höheren Kosten, als bei einer Blei-Säure-Batterie, und dem giftigen Stoff Cadmium sind diese Batterien bereits lange Zeit etabliert. Im Wesentlichen werden diese Batterietypen in Hybridfahrzeugen und anderen Transportmitteln eingesetzt. Jedoch wird die Technologie, gerade wegen den geringen Weiterentwicklungspotenzialen [56] immer stärker durch Lithium-Ionen-Batterien vom Markt verdrängt.

Lithium-Ionen-Speicher weisen hohe spezifische Energiedichten auf und werden in sehr großen Stückzahlen für viele verschiedene Gerätearten produziert. Trotz der hohen Serienproduktionsrate bietet die Li-Ionen-Technologie noch wesentliche Weiterentwicklungspotenziale, so dass etwa 90 % der Batterieforschung weltweit im Bereich der Li-Ionen-Technologie stattfinden [56]. Die Speichertechnik auf Lithium-Ionen-Basis bietet die Möglichkeit Speicher als Hochenergiespeicher oder Hochleistungsspeicher auszulegen, so dass bei einer Leistungsdichte zwischen 200 und 400 W/kg eine Energiedichte von 120 bis 160 Wh/kg [54] möglich ist. Diese Hochenergieakkumulatoren erreichen bei einem Wirkungsgrad von 95 % bis zu 5.000 Vollzyklen und weisen eine Selbstentladung von etwa 5 % pro Monat auf. Hochleistungsspeicher hingegen erreichen bei Leistungsdichten von 2.000 bis 4.000 W/kg eine Energiedichte von 70 bis 100 Wh/kg. Der Wirkungsgrad solcher Zellen beträgt etwa 90 %. Werden die Hochleistungsakkumulatoren für einen Kurzspeicherbetrieb genutzt, so erreichen diese bei einer Entladetiefe von 3,3 % bis zu 10^6 Zyklen.

Der Einsatz im Vogtlandkreis zur Netzstabilisation ist nur dezentral im Nieder- und begrenzt im Mittelspannungsnetz möglich. Ein Einsatz großer Batteriesysteme erfordert weitere Forschung und Entwicklung.

Hochtemperaturbatterien weisen Energiedichten zwischen 100 Wh/kg und 250 Wh/kg [56] auf und haben dabei gute Lebensdauereigenschaften. Weiterhin sind die Kosten einer solchen Batterie relativ gering. Aktuell ist besonders die Zebra-Batterie in Zusammenhang mit der Elektromobilität stark durch die Öffentlichkeit beachtet, da diese hohe Energiedichten bei geringen Kosten aufweist. Dabei ist eine Lebensdauer von bis zu 15 Jahren und 10.000 Zyklen realistisch zu erreichen. Allerdings ist für einen störungsfreien Betrieb eines solchen Speichers eine Temperatur von ca. 300°C notwendig. Ob eine solche Batterietechnik in Wohnhäusern zum Einsatz kommen wird, ist daher nach dem heutigen Stand eher kritisch zu beurteilen.

Als weiterer Batterietyp wird an vielen Stellen an einer Metall-Luft-Batterietechnologie geforscht, da diese die einzige Batterieoption mit realistischen Energiedichten über 1.000 Wh/kg ist [54]. Jedoch sind in diesem Bereich Forschungsergebnisse nicht in den nächsten 10 Jahren zu erwarten, so dass eine Betrachtung im Energiekonzept mit diesen Batterien keine Anwendung findet.

Neben den typischen Batteriespeichern setzen noch die Brennstoffzellentechnologie und die Redox-Flow-Technologie auf die elektrochemische Energiespeicherung.

Mit der Technologie der Brennstoffzelle kann durch Elektrolyse Wasserstoff gewonnen werden, welcher in Metall-Hybrid-Speichern oder Druckspeichern zwischengespeichert werden kann [57]. Zu einem späteren Zeitpunkt kann dieses in der Brennstoffzelle wieder zu Elektroenergie umgewandelt werden. Ein wesentlicher Vorteil der Brennstoffzellentechnologie ist die hohe Energiedichte des Brennstoffes und die Möglichkeit diese zur Kraft-Wärme-Kopplung zu nutzen. Moderne Brennstoffzellen können bei einem Wirkungsgrad von bis zu 65 % eine Leistung von 120 kW bereitstellen. Es wurden bereits PAFC-Brennstoffzellen (Phosphoric Acid Fuel Cell) mit einer Leistung von 11 MW realisiert [56]. Jedoch mindern die hohen Kosten und der geringe Gesamtwirkungsgrad der Wasserstoff-Kette die Effizienz. Trotz dem ist ein Einsatz der Brennstoffzellen-Technologie im Bereich der Energiespeicherung und in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen wahrscheinlich.

Die Redox-Flow-Batterie stellt im Bereich von Langzeitspeicherung und Langzeit-Rückspeisung eine sinnvolle Technologie dar. Die Zyklenfestigkeit ist sehr hoch und die Speichertechnologie durch separate Auslegung von Leistung und Energiemenge variabel einsetzbar. Der Wirkungsgrad liegt bei 60-75 %. Der Nachteil dieser Technologie sind die hohen Kosten der Elektrolytmaterialien, da in heutigen Systemen Vanadium zum Einsatz kommt [54].

In Abbildung 42 sind die verschiedenen Speichertechnologien im Hinblick auf Leistung und Speicherzeit im Überblick dargestellt. Sowohl die Brennstoffzellen-Technologie, als auch die Redox-Flow-Technologie können im Bereich der speicherbaren Energiemenge, durch entsprechende Speichervolumina frei skaliert werden.

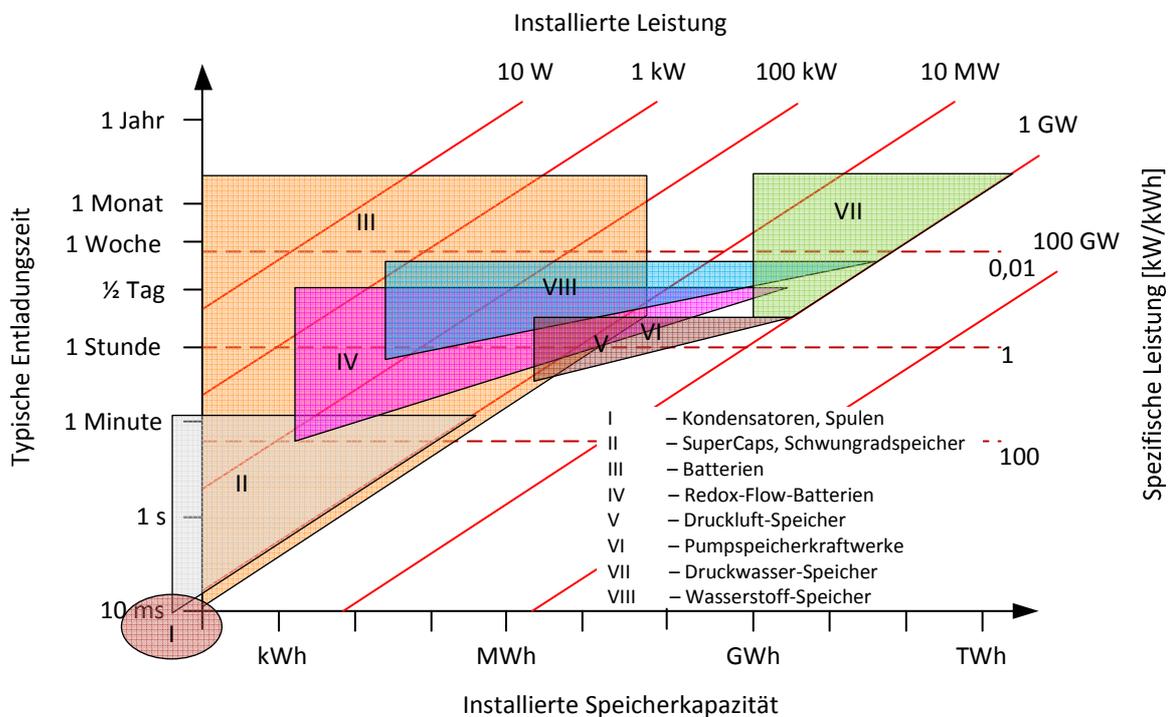


Abbildung 42 - Überblick verschiedener Speichertechnologien [[54]- übersetzt]

8.2 Methodik der Bestimmung des Speicherbedarfs

Als Grundlage für die Bestimmung des Speicherbedarfs dienen die im Kapitel 4 beschriebenen Potenziale Erneuerbarer Energien. Für diese Berechnungen sind Jahresenergiemengen jedoch nicht ausreichend. Vielmehr sind Energiezeitreihen zu entwickeln, welche die fluktuierenden Einspeisecharakteristika der verschiedenen Anlagen auf Basis Erneuerbarer Energien wiedergeben. So sind diese Energiezeitreihen im ersten Schritt zu entwickeln, aus welchen dann in Verbindung mit den herausgearbeiteten Potenzialen eine Summen-Einspeisezeitreihe gebildet wird.

Als zeitlicher Bezug für die betrachteten Energiezeitreihen wird ein Zeitraum von einem Jahr in den Fokus genommen. Durch die Untersuchung in Stundenmittelwerte und deren Auswertung werden neben den saisonalen Gegebenheiten auch tages- sowie wochenzeitliche Schwankungen mit betrachtet.

In einem weiteren Schritt ist ebenso der Elektroenergieverbrauch des Vogtlandkreises in seinem zeitlichen Verlauf zu betrachten. Dabei gilt der in 2.2 entwickelte Summenlastgang als Grundlage, welcher jedoch mit der in 5.5.1 durchgeführten Elektroenergiebedarfsprognose angepasst wird.

Im finalen Schritt werden die zwei entwickelten Summenzeitreihen für den Elektroenergiebedarf und die Elektroenergieerzeugung miteinander verglichen, wobei sich die Vorzeichen analog zur Lastflussrichtung verhalten. Aus der sich resultierenden Energiezeitreihe kann dann der Elektroenergieüberschuss oder Elektroenergiemangel aufgezeigt werden. Dabei sind Dauer, Energiemenge und bereitzustellende Leistung die Kriterien, welche die Bestimmung des Speicherbedarfs prägen.

Die beschriebene Vorgehensweise wird für verschiedene Energiezeitreihen der Anlagen auf Basis Erneuerbarer Energien angewandt, um somit eine stochastische Verteilung der Fluktuationen zu beschreiben.

8.2.1 Energiezeitreihen durch Windenergieeinspeisung

Die Potenziale der Windenergie sind in Abschnitt 4.1 beschrieben. Dabei sind lediglich die Standorte und die damit verbundenen Anschlussleistungen der Windenergieanlagen bekannt. Weiterhin sind an den entsprechenden Standorten die mittleren Windgeschwindigkeiten in Höhe von 60 m bekannt, welche sich im Mittel bei 5,5 m/s befinden [4]. Die meisten derzeit installierten Windenergieanlagen besitzen Nabenhöhen von ca. 80-100 m. Wird das logarithmische Höhenprofil der Windgeschwindigkeit zu Grunde gelegt, so erhöht sich die mittlere Windgeschwindigkeit an den windhöflichen Gebieten auf ca. 5,8 m/s.

Als weitere Rechengrundlage dienen Zeitreihen der mittleren Windgeschwindigkeiten (Stundenwerte) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) an vier Standorten in der Region. Dabei wurden die verschiedenen Zeitreihen in einem ersten Rechenschritt auf die mittleren Windgeschwindigkeit von 5,8 m/s bezogen, da die Standorte des DWD nicht in den windhöflichen Gebieten liegen. In Abbildung 43 ist ein solcher Verlauf der Windgeschwindigkeit über das Jahr dargestellt. Dabei ist auch der leichte saisonale Verlauf der Windgeschwindigkeit zu erkennen, welcher in den Wintermonaten eine leicht höhere Windgeschwindigkeit aufzeigt.

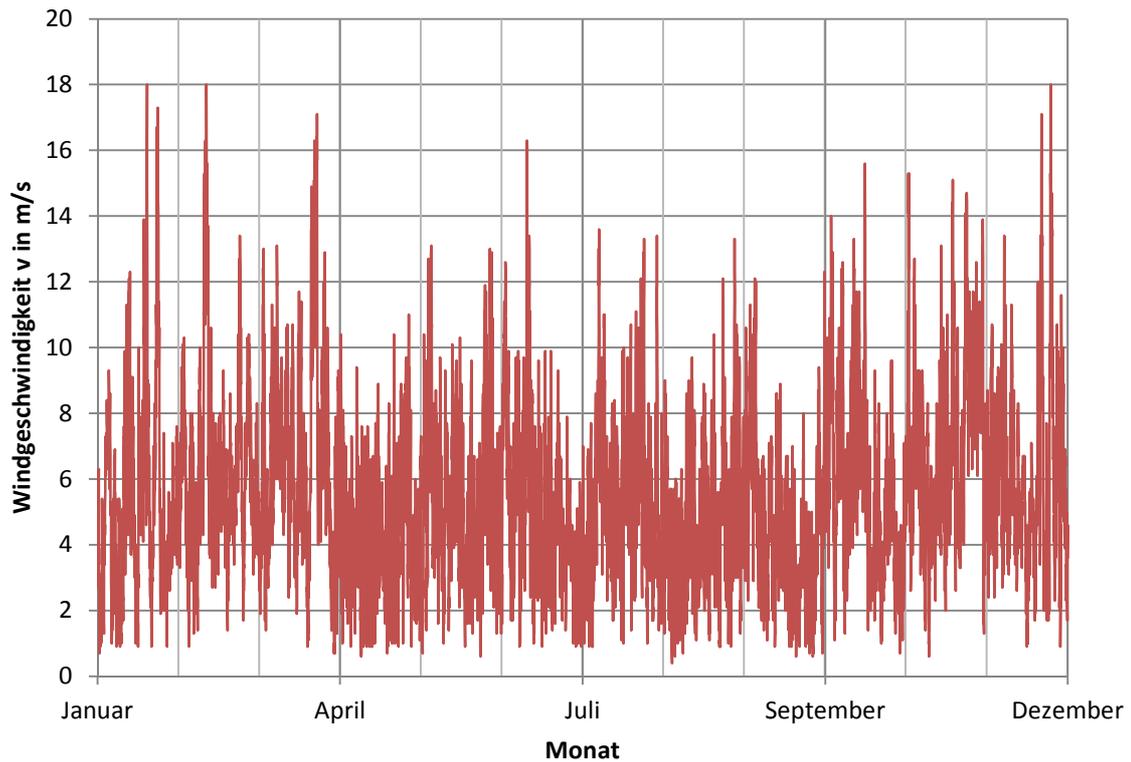


Abbildung 43 - Jahresverlauf der Windgeschwindigkeit (Stundenwerte) bei einem Mittelwert von 5,8 m/s

Als nächster Rechenschritt ist nun aus der Windgeschwindigkeit die Einspeiseleistung der Windenergieanlagen zu berechnen. Dazu ist es notwendig, die Kennlinie einer Windenergieanlage zu kennen. Hierbei wurde sich an der DENA II-Netzstudie orientiert, wo aus den häufig installierten Anlagen im Binnenland eine mittlere Kennlinie erzeugt wurde [58]. In Abbildung 44 ist diese resultierende Kennlinie dargestellt, welche die erzeugte Leistung pro Windgeschwindigkeit angibt. Weiterhin wurde die Kennlinie auf 1 MW normiert, um eine vereinfachte Weiterrechnung zu ermöglichen.

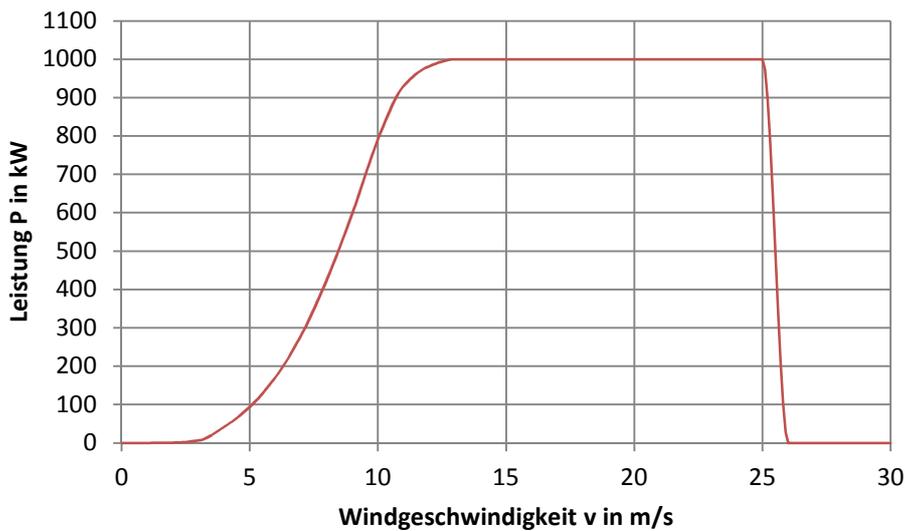


Abbildung 44 - Mittlere Leistungskennlinie einer Windenergieanlage

Mit der erzeugten Windgeschwindigkeits-Zeitreihe und der Leistungskennlinie kann in einem weiteren Schritt die erzeugte Windenergie-Einspeiseleistung im Vogtlandkreis bestimmt werden. Dabei wird die Leistungskennlinie auf die in Abschnitt 4.1 beschriebenen 412 MW Anschlussleistung bezogen und folgend für jede aktuelle Windgeschwindigkeit die entsprechende Leistung angegeben. In Abbildung 45 ist die daraus resultierende Windenergie-Einspeiseleistung dargestellt.

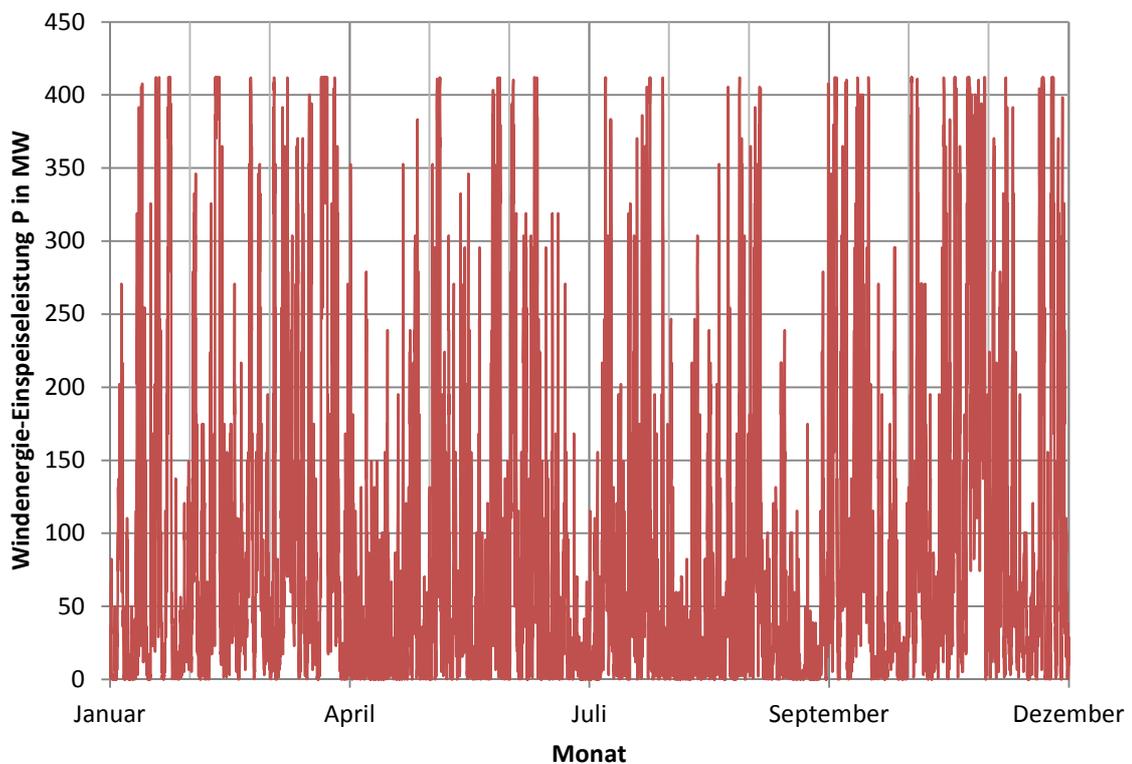


Abbildung 45 - Verlauf der Windenergie-Einspeiseleistung über ein Jahr

8.2.2 Energiezeitreihen durch Photovoltaikanlagen

Analog zur Windenergie-Einspeiseleistung wurde auch bei den Photovoltaik-Anlagen verfahren. Als Grundlage dienen hier Globalstrahlungswerte (Stundenwerte) in Chemnitz über mehrere Jahre. Die Jahressummen der verwendeten Zeitreihen entsprechen jedoch annähernd den Jahressummen der vom DWD im Vogtlandkreis angegebenen Jahressummen.

Die Bestimmung der Einspeiseleistung erfolgt hier nach einem sehr einfachen Modell. Die Nennleistung der Anlage wird lediglich bei den Standard-Test-Bedingungen erreicht, welche unter anderem mit 1.000 W/m^2 definiert sind. Durch dieses Verhältnis kann die Einspeiseleistung einer Photovoltaikanlage näherungsweise über ein Jahr definiert werden, welche in Abbildung 46 mit der im Vogtlandkreis zugrundeliegenden Anschlussleistung von 250 MW (siehe Abschnitt 4.2) dargestellt ist.

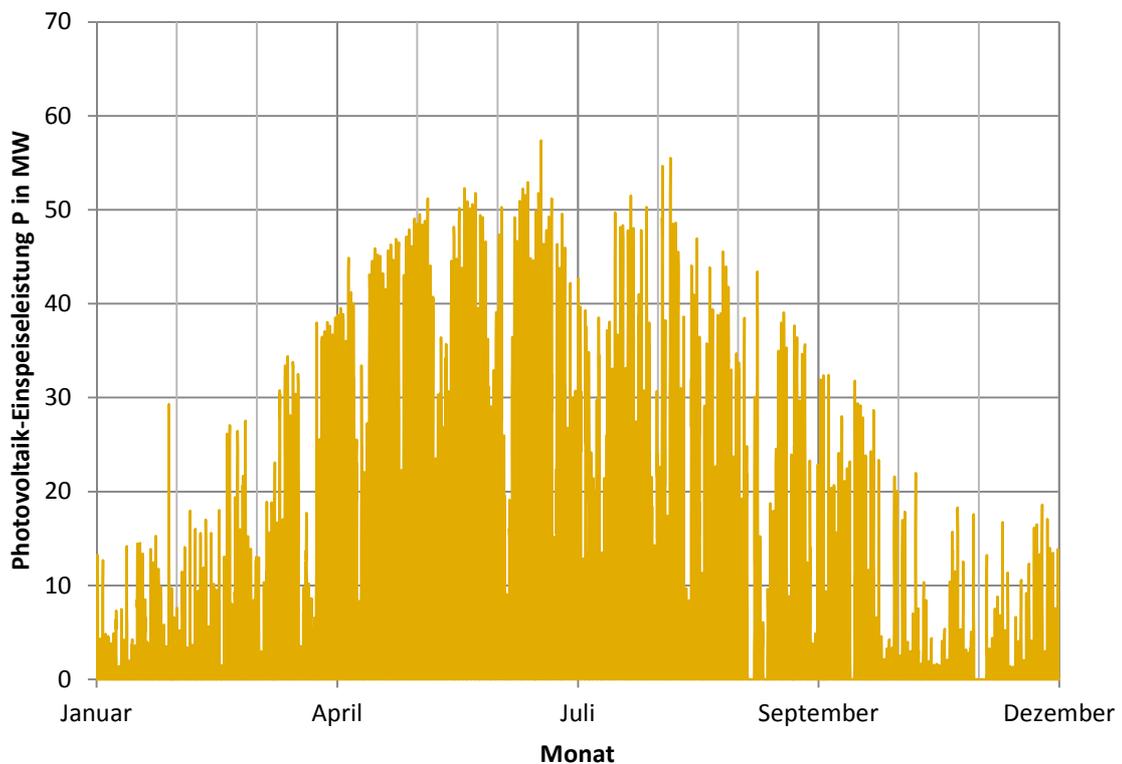


Abbildung 46 - Simulierter Jahresverlauf der Einspeiseleistung des gesamten Photovoltaikanlagenpotenzials des Vogtlandkreises

Um das vereinfachte Modell zu verifizieren, wurde ein Vergleich der Jahresvolllaststunden zwischen Simulation und Einspeisung vorgenommen. Aus den realen Daten des Vogtlandkreises wurden Volllaststunden von ca. 915 h ermittelt. Dabei wurde die eingespeiste Energiemenge aus Photovoltaikanlagen durch die Summe aus Anschlussleistung im Vorjahr und 22 % des Zubaus im aktuellen Jahr errechnet.⁴ Vergleichend dazu ergaben die simulierten Energiezeitreihen der Photovoltaikanlagen Volllaststundenzahlen von 930-970 h, welche nur leicht über den realen Daten liegen.

⁴ Die 22% des Zubaus ergeben sich aus den Zahlen der Bundesnetzagentur zur Verteilung des Zubaus von Photovoltaikanlagen im Jahr 2011 über die Quartale. [73]

8.2.3 Energiezeitreihen durch Bioenergieanlagen

Bioenergieanlagen gelten aufgrund ihrer technischen Nähe zum konventionellen Kraftwerk nicht als fluktuierender Elektroenergieerzeuger. Daher wurde hier eine konstante Elektroenergieerzeugung über das Jahr hinweg festgelegt. Nach Abschnitt 4.3 wird das Potenzial von Bioenergieanlagen mit ca. 39 MW angenommen. Wird aufgrund von Wartungsarbeiten eine Volllaststundenzahl von 7.000 h angesetzt (80 % des Jahres), so ergibt dies eine konstante Anschlussleistung von 31,2 MW über das gesamte Jahr.

8.2.4 Energiezeitreihen des Energiebedarfs

Bei der Bildung der Energiezeitreihe des Energiebedarfs liegt der real gemessene Summenlastgang aus Abschnitt 2.2 zugrunde. Dieser Lastgang wird mit den Werten der Energiebedarfsprognose linear angepasst. Dabei wird davon ausgegangen, dass Elektrofahrzeuge lediglich als Verbraucher betrachtet werden und diese gleichverteilt geladen werden. In Abbildung 47 ist der daraus resultierende Energiebedarf dargestellt. Das negative Vorzeichen ergibt sich aus der Betrachtung der Lastflussrichtung, da die schon betrachteten Energiezeitreihen der Einspeiser mit einem positiven Vorzeichen versehen sind. In dieser Energiezeitreihe sind zudem die aktuell vorhandenen Elektroenergieerzeuger auf Basis Erneuerbarer Energien aber auch konventioneller Energien mit inbegriffen, da hier real gemessene Zeitreihen der MS-Abgänge der im Netzgebiet des Vogtlandkreises befindlichen Umspannwerke zugrunde liegen.

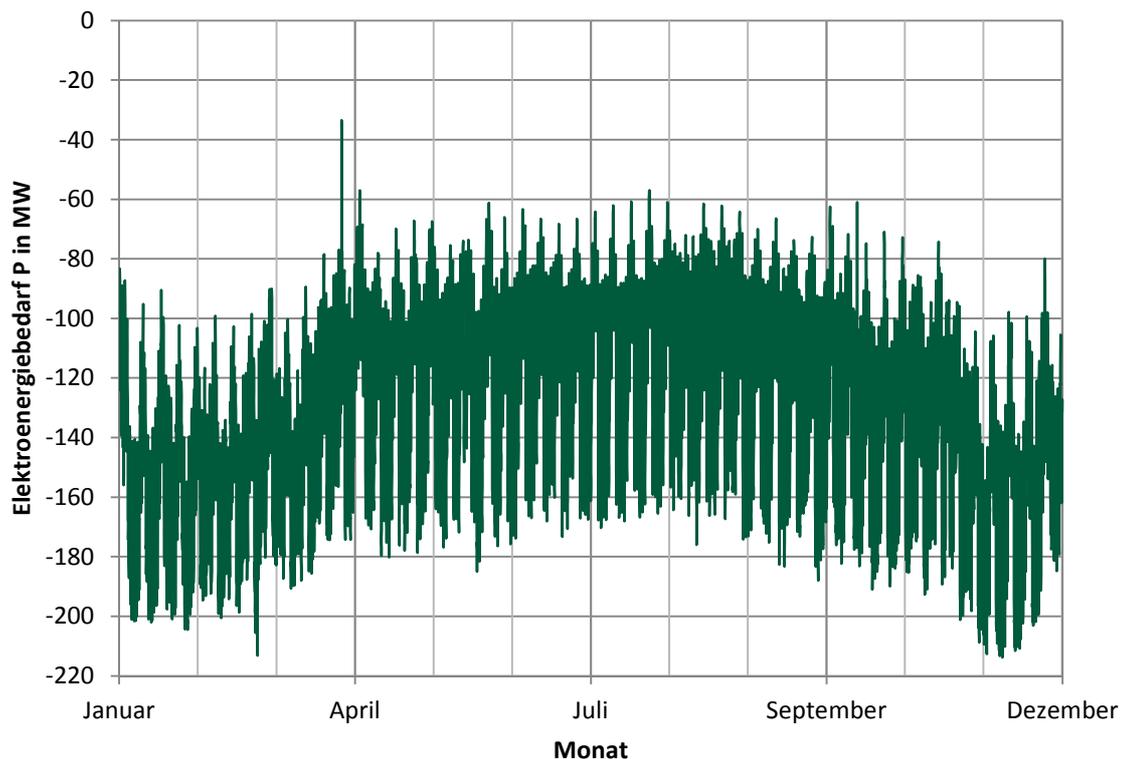


Abbildung 47 - Verlauf des Elektroenergiebedarfs über ein Jahr im 100%-Szenario

Zu erkennen ist dabei der erhöhte Verbrauch in den Wintermonaten aufgrund des höheren Wärmeenergiebedarfs. Weiterhin werden die wöchentlichen Schwankungen des

Elektroenergiebedarfs sowie bei einer größeren zeitlichen Auflösung das typische tägliche Lastgangverhalten beschrieben.

8.3 Abschätzung des Speicherbedarfs der ausgewählten Szenarien

8.3.1 Speicherbedarf im 100%-Szenario

Zur Ermittlung des Speicherbedarfs werden die beschriebenen Energiezeitreihen für die verschiedenen Anlagen auf Basis der Potenziale Erneuerbarer Energien und des Elektroenergiebedarfs miteinander verglichen. In 100%-Szenario wird davon ausgegangen, dass die Potenziale der Windenergie, Photovoltaik und Bioenergie zu 100% umgesetzt werden. Die daraus resultierende Energiezeitreihe ist in Abbildung 48 für dieses 100 %-Szenario dargestellt.

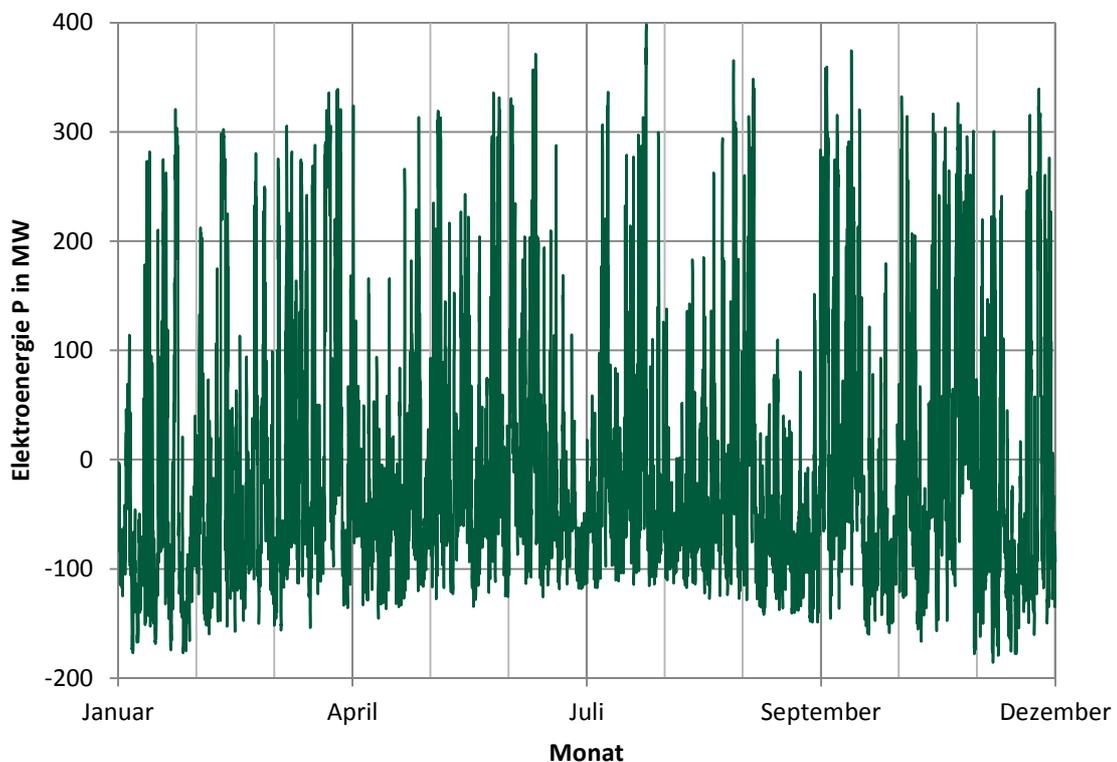


Abbildung 48 - Jahresverlauf der Elektroenergienutzung incl. Einspeisung im 100 %-Szenario

Dabei ist das Speicherpotenzial anschaulich zu erkennen. Ist die Elektroenergie im negativen Bereich, so wird mehr Elektroenergie benötigt, als erzeugt wird. Ist die Elektroenergie im positiven Bereich, so wird mehr Elektroenergie erzeugt als verbraucht. Um eine gewisse stochastische Sicherheit zu gewährleisten, wurden nach den beschriebenen Vorgehensweisen verschiedene Einspeiser-Energiezeitreihen durch Variation des Verlaufs der Windgeschwindigkeit und der Globalstrahlung simuliert. Dabei Verläufe der meteorologischen Daten aus unterschiedlichen Jahren zu Grunde. In der folgenden Tabelle sind markante Parameter für acht verschiedene Energiezeitreihen dargestellt.

Zeile	Parameter	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4	Fall 5	Fall 6	Fall 7	Fall 8
1	Elektroenergieüberschuss über das Jahr [GWh]	438,6	442,7	468,1	467,8	622,5	473,7	465,3	465,1
2	Energiemangel über das Jahr [GWh]	350,5	349,5	353,6	346,1	344,4	363,2	349,1	325,0
3	Max. Zeit Elektroenergieüberschuss [h]	59	59	71	48	62	72	80	124
4	Max. Zeit Elektroenergiemangel [h]	123	123	136	140	102	122	116	236
5	Max. bereitzustellende Leistung [MW]	179,0	179,0	173,8	172,1	182,1	181,1	171,4	180,2
6	Max. bereitstehende Leistung [MW]	489,4	532,7	545,8	522,5	542,6	554,4	531,0	491,1
7	Max. bereitzustellende Energie [GWh]	12,6	12,9	11,0	12,0	9,1	13,5	9,7	21,9
8	Max. bereitstehende Energie [GWh]	18,9	16,3	17,2	10,7	19,2	17,4	19,1	28,2

Tabelle 18 - Überblick über markante Speicherparameter des 100%-Szenarios bei Variation der Fluktuationen

Aus Tabelle 18 können grundsätzliche Parameter für die Speicherauslegung abgeschätzt werden. So ist anhand eines Vergleichs der ersten beiden Zeilen zu erkennen, dass deutlich mehr Elektroenergie über ein Jahr für das Laden von Speichern zur Verfügung steht, als Speicherenergie benötigt wird. Auch wenn Speicher- und Umwandlungsverluste mit einbezogen werden, ist dennoch eine elektrische Autarkie des Vogtlandkreises bei einer vollkommenen Umsetzung der Potenziale durchaus denkbar. Die Zeilen 4, 5 und 7 geben einen Überblick über die möglichen Parameter der benötigten Speicher. So muss es möglich sein, mit den Speicher bis zu 180 MW bereitzustellen. Des Weiteren ist eine Energiemenge von 22 GWh bereitzustellen und der Vogtlandkreis muss im autarken Fall für bis zu 236 Stunden (rund 10 Tage) nur durch Speicher mit Elektroenergie versorgt werden. Diese acht simulierten zufälligen Fluktuationen können jedoch nicht jeden erdenklichen Fall beschreiben, sie geben lediglich einen Überblick, welches Speichervermögen für eine autarke Elektroenergieversorgung möglich ist. Bei einem Vergleich mit Abbildung 42 fällt auf, dass für diese Herausforderung eine Kombination von Redox-Flow-Speicher, Batterie-Speicher und Wasserstoff-Speicher praktikabel erscheint.

8.3.2 Speicherbedarf im Windenergie-lastigen Szenario

Analog zum 100 %-Szenario wurden die gleichen Untersuchungen am Beispiel eines eher Windenergie-lastigen Szenarios durchgeführt. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Potenzial der Windenergie und der Bioenergie zu 50 % realisiert wird, während das Potenzial der Photovoltaik zu 25% umgesetzt wird (vergleiche Szenario 5 in Tabelle 16).

Zeile	Parameter	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4	Fall 5	Fall 6	Fall 7	Fall 8
1	Elektroenergieüberschuss über das Jahr [GWh]	66,5	73,9	66,4	118,7	65,7	75,1	76,8	66,9
2	Energiemangel über das Jahr [GWh]	585,8	582,9	571,7	544,3	573,8	585,9	586,4	585,2
3	Max. Zeit Elektroenergieüberschuss [h]	45	53	29	45	63	51	51	45
4	Max. Zeit Elektroenergiemangel [h]	418	365	292	162	361	330	333	561

5	Max. bereitzustellende Leistung [MW]	187,4	180,8	180,2	189,0	178,4	188,7	188,7	187,4
6	Max. bereitstehende Leistung [MW]	184,9	165,1	195,1	190,7	165,1	167,9	196,9	192,5
7	Max. bereitzustellende Energie [GWh]	33,93	35,44	24,73	16,28	33,78	23,92	24,79	46,15
8	Max. bereitstehende Energie [GWh]	4,13	3,62	2,29	3,91	4,11	4,41	4,34	3,67

Tabelle 19 - Überblick über markante Speicherparameter des Windenergie-lastigen Szenarios bei Variation der Fluktuationen

In Tabelle 19 ist zu erkennen, dass in diesem Szenario eine autarke Energieversorgung des Vogtlandkreises nicht mehr möglich ist. In jedem der acht untersuchten Fälle ist deutlich zu erkennen, dass der Elektroenergieüberschuss deutlich geringer ist als der Elektroenergiemangel. Festzustellen ist in diesem Szenario jedoch, dass die bereitzustellende und die bereitstehende Leistung sich näherungsweise decken. Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass eine Autarkie zu bestimmten Zeiten möglich ist, die Elektroenergiemenge jedoch für eine komplette Autarkie nicht ausreicht.

8.3.3 Speicherbedarf im Bioenergie-lastigen Szenario

Ergänzend wurde der Speicherbedarf in der analogen Vorgehensweise zu dem 100%-Szenario noch für ein Bioenergie-lastiges Szenario durchgeführt. Dabei wurde das Potenzial der Bioenergie zu 50% realisiert, die Potenziale der Windenergie und Photovoltaik zu 25% (vergleiche Szenario 1 in Tabelle 16).

Zeile	Parameter	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4	Fall 5	Fall 6	Fall 7	Fall 8
1	Elektroenergieüberschuss über das Jahr [GWh]	5,4	6,2	4,1	11,4	4,0	4,8	4,6	5,7
2	Energiemangel über das Jahr [GWh]	713,5	709,0	706,3	673,8	707,6	709,9	713,9	709,7
3	Max. Zeit Elektroenergieüberschuss [h]	10	20	8	22	11	17	9	18
4	Max. Zeit Elektroenergiemangel [h]	1017	997	1021	748	1378	572	1015	997
5	Max. bereitzustellende Leistung [MW]	188,2	180,9	180,8	189,2	178,5	189,0	188,2	180,9
6	Max. bereitstehende Leistung [MW]	89,5	90,9	92,1	87,7	74,0	64,9	87,0	66,9
7	Max. bereitzustellende Energie [GWh]	104,20	103,0	105,1	81,66	127,7	60,45	104,4	101,4
8	Max. bereitstehende Energie [GWh]	0,50	0,75	0,29	0,96	0,40	0,50	0,38	0,40

Tabelle 20 - Überblick über markante Speicherparameter des Bioenergie-lastigen Szenarios bei Variation der Fluktuationen

Dabei geht aus Tabelle 20 hervor, dass ein autarker Betrieb bei dieser Realisierung in keiner Weise möglich ist. In diesem Szenario können Speicher lediglich als Puffer-Speicher zur Glättung von Einspeise- oder Lastspitzen benutzt werden.

8.4 Diskussion des Speicherbedarfs

Bei einer Bewertung der erhaltenen Ergebnisse ist zunächst festzustellen, dass schon allein die prognostizierten Energiezeitreihen auf einigen Annahmen und Näherungen basieren. So ist die Berechnung der angepassten Verläufe der Windgeschwindigkeiten an die windhöffigen Gebiete ebenso zu prüfen, wie auch die Berechnung der Einspeiseleistung der Photovoltaikanlagen. Weiterhin ist es für eine genauere Aussage über die Wahl der Speichertechnologie eine vollständige Zeitreihenanalyse der resultierenden Energiezeitreihen durchzuführen. Nur so können Speicherzeit, bereitzustellende Leistung und Speichervolumen detailliert bestimmt werden. Ebenso ist zu beachten, dass die durchgeführten Abschätzungen auf Stundenmittelwerten beruhen. Für eine detaillierte Betrachtung des Speicherbedarfs ist auch hier eine genauere zeitliche Auflösung unabdingbar. So können aus diesem Grund die Werte der bereitzustellenden und der bereitstehenden Leistung auch kurzzeitig deutlich höher sein.

Werden die drei untersuchten Szenarien vergleichend miteinander betrachtet, so ist deutlich der hohe Einfluss der Windenergie-Potenzialrealisierung zu erkennen. Dies ist zum einen der hohen möglichen Anschlussleistung zuzuschreiben, weiterhin jedoch auch des stark fluktuierenden Charakters von Windenergie.

Weiterhin bleibt zu beachten, ob eine autarke Elektroenergieversorgung im Hinblick auf die Wertschöpfungskette angestrebt werden muss. So kann auch ein Lastmanagement zu einem Teil als Alternative zum Einsatz von Speichern gesehen werden. Jedoch bleibt auch mit dem Einsatz von Speichern der Netzausbau essentiell für die Erweiterung des regenerativen Kraftwerkparks. In diesem Zusammenhang ist solch ein zukunftsorientierten Ansatz der Netzplanung zu untersuchen, in wieweit durch den Einsatz von lokalen Speichern notwendige Netzausbaumaßnahmen reduziert werden können.

9 Maßnahmenplan

Aufbauend auf den vorangegangenen Untersuchungen und Berechnungen lassen sich nun Handlungsempfehlungen für den Vogtlandkreis und für die Landes- bzw. Bundespolitik geben. In der Tabelle 21 sind diese Empfehlungen nach deren zeitlichen Priorität geordnet. Bei der Bewertung bzw. Umsetzung der einzelnen Maßnahmen sind die aktuell geltenden politischen Rahmenbedingungen grundlegend zu betrachten. Dabei sind die anvisierten intensiven Förderungen zur verstärkten Nutzung Erneuerbarer Energien aufgrund des hohen Potenzials von Geothermie und Bioenergie sehr erwähnenswert.

Zeitliche Einordnung	Handlungsempfehlungen
Kurzfristig	<p>Aufbau einer Vogtländischen Energieagentur In dieser Energieagentur sollen Aktivitäten initiiert, Maßnahmen begleitet, bei deren Umsetzung unterstützt, Öffentlichkeitsarbeit getan, Außenwirkung realisiert, Aufträge vergeben und Beispiellösungen geschaffen werden. Außerdem soll der Ausbau der Erneuerbaren Energien im Landkreis durch die Energieagentur in Verbindung mit den Akteuren der Kommunalpolitik gesteuert werden.</p>
	<p>Als Grundlage für diese Tätigkeiten ist die Führung einer zentralen Datenbank mit folgenden Inhalten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Spezifische Daten installierter Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien (elektrisch und thermisch) - Verbrauchswerte - Leistungsbedarfsverläufe (Zeitreihen) an relevanten Messpunkten - Bevölkerungszahlen - Potenziale für eine erweiterte Nutzung Erneuerbarer Energien - Geplanter/Beantragter Anlagenzubau - Weitere relevante Daten basierend auf bestehenden, zu plausibilisierenden Datenbestand - Statistik zu Erneuerbaren Energien und CO₂-Einsparung allgemein
	<p>Hierzu wird empfohlen einen „Spezifischen Energie-Steckbriefe“ zu erarbeiten, in denen alle relevanten Daten für Gemeinden, Anlagenarten, usw. enthalten sind.</p>
	<p>Die Energieagentur sollte ebenfalls als Kommunikationsschnittstelle zum Netzbetreiber fungieren. So lassen sich weitere Wertschöpfungspotenziale realisieren.</p>
	<p>Zur besseren Bewertung der Potenziale zur Nutzung der Solarenergie ist ein Solarkataster für den Vogtlandkreis zu erstellen.</p>
<p>Bzgl. der Daten zum Wärmebedarf im Vogtlandkreis, ist die Logistik zur Beschaffung der Daten zu optimieren.</p>	
<p>Priorisierung von Vorhaben zur Steigerung der Energieeffizienz, um Energie zu sparen und CO₂-Emissionen zu vermeiden (z.B. bei der Stadtbeleuchtung).</p>	

<p>Kurzfristig</p>	<p>Öffentlichkeitsarbeit - Verbraucherbildung</p> <p>Da die anvisierte Energiewende neben technischen Neuerungen vor allem im Bewusstsein der Bevölkerung stattfinden muss, sind Information im Hinblick der Akzeptanz für Netzausbau und der Notwendigkeit des Anlagenzubaus zur Nutzung Erneuerbarer Energien den Bürgern gegenüber sachlich zu kommunizieren, so dass sich diese in den Prozess der Energiewende mit einbringen können. Weiterhin sind besonders Bauherren bzgl. deren heutigen Möglichkeiten und Chancen aufzuklären. Ein wichtiges Thema für die Öffentlichkeitsarbeit ist die Erhöhung der Energieeffizienz als wesentlicher Baustein des Klimaschutzes.</p> <p>Die Internetseite www.energieleitstelle-vogtland.de ist als Kommunikationspunkt ständig zu aktualisieren, positive Beispiele für den Einsatz Erneuerbarer Energien im Landkreis und Erhöhung der Energieeffizienz sind zu propagieren zu sein.</p>
<p>Kurz- bis Mittelfristig</p>	<p>Weitere Forschungsarbeit</p> <p>Im Hinblick auf den Einsatz von Speichern und dem notwendigen Netzausbau sind im Rahmen der Wertschöpfungskette weitere Untersuchungen notwendig. Um die Windenergiepotenziale genauer bewerten zu können, sind die Vorrang-/Eignungsgebiete bzgl. deren tatsächlicher Fläche für den Aufbau von Windenergieanlagen und lokaler Windgeschwindigkeiten in verschiedenen Höhen zu untersuchen. Dabei sind Aspekte wie eine Erhöhung der Anlagenhöhen auf mehr als 100 m und die Errichtung von Windenergieanlagen in Waldgebieten von besonderer Bedeutung.</p> <p>Politische Maßnahmen</p> <p>Zum Erreichen der politischen Ziele sind die geltenden gesetzlichen Rahmenbedingungen auf deren Plausibilität zu prüfen. Es ist zu beachten, dass eine Stabilität der Zielsetzungen für die Planungs- und Investitionssicherheit von Anlagenbetreibern sehr vorteilhaft ist. Gemeinsame Abstimmung über die Umsetzung des Ausbaus der erneuerbaren Energien von Unten nach Oben. Für Erneuerbare Energien nutzbare größere Gebiete sind genehmigungsseitig vorzubereiten und bekannt zu machen. (Geoinformationsportal des Landkreises) Für Anlagenumsetzung mit vielen Betroffenen sind rechtzeitig Mediationsteams aus Vertretern von Politik, Kammern, Verbänden und Verwaltung vorzuhalten und einzusetzen.</p> <p>Überregionale Zusammenarbeit mit den Nachbarregionen in Deutschland und Tschechien sowie Initiierung grenzüberschreitender bzw. bilateraler Projekte und Konzepte.</p>
<p>Mittelfristig bis Dauerhaft</p>	<p>Unterstützung von Firmen und Institutionen im Vogtlandkreis, die sich mit der Entwicklung von Verfahren bzw. der Produktion von Anlagen zur Erhöhung der Energieeffizienz bzw. dem Ausbau der EE befassen.</p> <p>Zusammenarbeit mit anderen Regionen, z.B. im BMF-Projekt Bioenergieregionen</p> <p>Aufbau einer Stellenbörse für mit Erneuerbaren Energien in Verbindung stehenden Berufen für das Vogtland, Vermittlung von Praktikumsplätzen</p>

Dauerhaft	<p>Für eine nachhaltige und volkswirtschaftlich vertretbare Handlungsstrategie ist generell eine Abstimmung bzw. ein Informationsaustausch mit den regionale zuständigen Netzbetreiber empfehlenswert, da so Synergien mit dem Netzausbau, welcher z.B. aufgrund von wirtschaftlichen Strukturänderungen des Vogtlandkreises durchgeführt wird, optimal genutzt werden können.</p> <p>Technologische Maßnahmen</p> <p><u>Solarthermische Anlagen</u> sind nur bei guten lokalen Bedingungen (Heizungsart, Wärmebedarf, keine Fernwärme, ...) zur Vermeidung von verlustreicher Übertragung thermischer Energie zu empfehlen bzw. gegenüber einer Photovoltaikanlage zu priorisieren.</p> <p><u>Photovoltaikanlagen</u> werden sich in Ihrer Bestandsentwicklung dem Markt anpassen. Spezielle Empfehlungen lassen sich aufgrund deren Einfluss auf die Untersuchungskriterien im Energiekonzept nicht geben.</p> <p><u>Windenergieanlagen</u> sind aufgrund deren hohen Einfluss auf den Elektroenergiemix und die CO₂-Emmisionssenkung, trotz hoher Netzausbaukosten, kurzfristig zu priorisieren.</p> <p><u>Bioenergieanlagen</u> zeigen Vorzüge bei der Erhöhung des regenerativen Anteils beim Wärmeenergiemix. Im Hinblick auf die CO₂-Bilanz sollte der Ausbau eher mittel- bis langfristig erfolgen. Der größte Vorteil dieser Anlagen besteht zum einen in der hohen Volllaststundenanzahl, wodurch die Herausforderungen des Netzbetriebs mit den fluktuierenden Einspeiseanlagen positiv beeinflusst werden. Zum anderen liegt hier ein sehr hohes Potenzial an regionaler Wertschöpfung bzgl. dem Erhalt bzw. der Schaffung von Arbeitsplätzen.</p> <p><u>Wasserkraftanlagen</u> sind im Bestand zu erhalten, die Reaktivierung stillgelegter Standorte ist langfristig zu realisieren und nach neuen Standorten zur Nutzung von Wasserkraft ist zu suchen.</p> <p><u>Geothermieanlagen</u> sind bei den Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit zu priorisieren, da so die Elektrifizierung des Wärmesektors unter Einsatz Erneuerbarer Energien gefördert werden kann. Hier besteht mittelfristig ein besonderes Potenzial, da ab dem Jahr 2015 ein Anstieg der Erneuerungsrate von Heizungssystemen im Vogtlandkreis erwartet wird.</p>
-----------	--

Tabelle 21 - Maßnahmenplan

10 Schluss

Im vorhergehenden Kapitel des Energiekonzeptes wurden die getroffenen Aussagen zusammengefasst und die daraus abzuleitenden Handlungsempfehlungen im Rahmen eines Maßnahmenplanes gegeben. Aufgrund des Umfangs des Energiekonzeptes wurden viele Aspekte bzgl. der zukünftigen elektrischen und thermischen Energieversorgung beleuchtet. Da es sich hierbei um keine vollständige Betrachtung aller Aspekte handelt, werden weitere Aufgabenstellungen benannt.

Im Folgenden sind das Leitbild des Vogtlandkreises als Ergebnis des Energiekonzeptes sowie ein Ausblick beschrieben.

10.1 Leitbild

Der Vogtlandkreis ist vorwiegend ländlich geprägt, trotzdem existieren einige bedeutende und energiebedarfsrelevante Industriestandorte. Daraus erwächst die besondere Herausforderung, regionale Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien zu entwickeln, um eine nachhaltige Versorgung sicher zu stellen. Insbesondere die ländlichen Gebiete können eine entscheidende Rolle für die Energieversorgung städtischer Bereiche spielen. Eine hohe Eigenbedarfserzeugung von Elektroenergie und Wärmeenergie aus erneuerbaren Energieträgern ermöglicht im gleichen Zug eine Verringerung der Netzbelastungen.

Bei dem Ausbau Energieerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien muss jedoch eine Versorgungssicherheit und eine flächendeckende Nachfrageorientierung oberste Priorität haben.

Das Energiekonzept zeigt, dass es realistisch ist bis zum Jahr 2020 den Anteil von erneuerbaren Energien auf bis auf 24 % zu erhöhen und so den klimapolitischen Zielen der Bundesregierung und des Landes zu entsprechen. Des Weiteren ist es realistisch die ursprünglich gesteckten Ziele zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes zu verschärfen und eine Reduktion bis 2020, ausgehend vom Jahr 1996, um 20 % zu erreichen. Da eine Erreichung des ursprünglichen Zieles, den CO₂-Ausstoß von 1990 bis 2020 um 40 % zu reduzieren, durch die nachwende Bedingten Abwanderungen und Erneuerungsraten, nahezu erreicht waren.

Der Ausbau von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien soll weiter vorangetrieben werden. In diesem Zuge sollen Flächen ermittelt werden, die sich besonders zur Nutzung Erneuerbarer Energieträger eignen und einhergehend günstige regionale Bedingungen geschaffen werden um potentiellen Investoren ein wirtschaftliches Engagement im Bereich der regenerativen Energieerzeugung zu ermöglichen. Dabei ist vor allem die Wind- und Bioenergie als wichtiger Ansatzpunkt zu sehen. So können mit, in ländlichen Gebieten, regenerativ erzeugter Energie regional städtische Bereiche versorgt werden.

Um den Ausbau von regenerativen Energieerzeugern auf dem Land zu ermöglichen und die erzeugte Energie bedarfsgerecht verteilen zu können, müssen die nötigen Netzkapazitäten gemeinsam mit dem regionalen Netzbetreiber und Versorger geschaffen werden. Weiterhin soll ein Aufbau intelligenter Netze begonnen werden.

Um dieses Leitbild weiter voran zu treiben sollen mit der Nutzung von staatlichen Förderungen Pilot- und Modellprojekte im Vogtlandkreis etabliert werden.

Damit die Bevölkerung, aber auch Gemeinden und Städte noch mehr für das Thema der regenerativen Energieerzeugung sensibilisiert werden, ist eine enge Netzwerkarbeit zu den Themen der Energieeffizienz und dem Klimaschutz zwischen vogtländischen Städten und Gemeinden sowie mit regionalen Akteuren und Klimaschutzagenturen vorgesehen. Die Netzwerkarbeit wird durch regelmäßige Weiterbildungen der regionalen Akteure, insbesondere der Verwaltungsmitarbeiter, zu den Themen Energieeffizienz und Klimaschutz unterstützt.

Gemeinsam mit regionalen Institutionen, Verbänden und Akteuren soll das Energiekonzept Vogtlandkreis umgesetzt werden, um so einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz, durch den Ausbau von Energieerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien zu liefern.

10.2 Zusammenfassung und Ausblick

Die ausführliche Recherche des aktuellen regenerativen Kraftwerkparks im Vogtlandkreis, die Prognosen zur Bevölkerungs- und Energiebedarfsentwicklung, die Bewertung bzw. Erweiterung der Potenzialanalysen für Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien sowie die Ermittlung der Auswirkungen unterschiedlicher Potenzialrealisierungen bilden die Hauptbestandteile dieses Energiekonzeptes.

Dabei wurden die in Tabelle 22 zusammengefassten Aussagen getroffen.

Untersuchungsaspekt	Ergebnis
Entwicklung der Bevölkerungsanzahl bis zum Jahr 2025	- 15 %
Pro-Kopf-Verbrauch an Elektroenergie bis zum Jahr 2025	+ 12 %
Anstieg des Elektroenergiebedarfs bis zum Jahr 2025	+ 8,6 %
Verringerung des Wärmeenergiebedarfs bis zum Jahr 2025	- 23 %

Tabelle 22 - Prognoseergebnisse für den Vogtlandkreis

Die auf diesen Ergebnissen aufbauenden Untersuchungen zu den verschiedenen Szenarien des zukünftigen regenerativen Kraftwerkparks, wurden im Kapitel 7 ausgewertet. Daraus und aus weiteren Erkenntnissen des Energiekonzeptes ließen sich Handlungsempfehlungen für kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen ableiten (Kapitel 9).

Weitere Untersuchungen sind notwendig, um die in diesem Energiekonzept ausgewählt betrachteten Szenarien bzgl. der speicherverursachten Netzausbaukosten sowie den Kosten für Speichertechnologien bewerten zu können.

Aufgrund zukünftiger Möglichkeiten zur Steuerung von Energieflüssen sind die Aussagen dieses Energiekonzeptes zukünftig entsprechend zu überprüfen und ggf. zu aktualisieren.

Literaturverzeichnis

- [1] LRA Vogtlandkreis und Stadt Plauen, „Sozialatlas Vogtland,“ [Online]. Available: <http://www.vogtlandkreis.de/formulare/Punkt1.pdf>. [Zugriff am 03 05 2012].
- [2] GeoModel Solar s.r.o., „Solargis,“ [Online]. Available: <http://solargis.info>. [Zugriff am 03 05 2012].
- [3] saena - Sächsische Energieagentur, „Energieportal Sachsen,“ [Online]. Available: <http://www.energieportal-sachsen.de>. [Zugriff am 28 03 2012].
- [4] W. Hirsch, U. Rindelhardt und D. Brüning, „Windpotentiale in Sachsen,“ Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Ladensentwicklung, Dresden, 1997.
- [5] BMWi, „Stromerzeugungskapazitäten und Bruttostromerzeugung nach Energieträgern,“ [Online]. Available: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/Binaer/Energiedaten/energietraeger10-stromerzeugungskapazitaeten-bruttostromerzeugung,property=blob,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.xls>. [Zugriff am 19 03 2012].
- [6] BDEW (VDEW), „Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.,“ [Online]. Available: http://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Home. [Zugriff am 19 03 2012].
- [7] BDEW, „Energiedaten-Auslastung der Kraftwerke,“ [Online]. Available: http://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Energiedaten. [Zugriff am 22 03 2012].
- [8] U. Rindelhardt, Photovoltaische Stromversorgung, Vieweg & Teubner, 2001, p. 198.
- [9] BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, „Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen,“ 2009.
- [10] BWE - Bundesverband Windenergie, [Online]. Available: www.wind-energie.de. [Zugriff am 14 03 2012].
- [11] V. Quaschnig, Regenerative Energiesysteme, Bd. 6. Auflage, Hanser Verlag München, 2009.
- [12] U. Rindelhardt, „Vorlesungsmanuskript - Solare Energietechnik“.
- [13] M. Kaltschmitt, Energie aus Biomasse, H. Hartmann, Hrsg., Berlin: Springer, 2000.
- [14] GtV - Bundesverband Geothermie, [Online]. Available: <http://www.geothermie.de/>. [Zugriff am 14 03 2012].
- [15] Leipziger Institut für Energie GmbH, „Energie- und umweltstrategisches Entwicklungs- und Handlungskonzept für die Region Vogtland im Vierländereck Sachsen-Tschechien-Bayern-Thüringen; Modul 2: Energetische Potentiale von Biomasse,“ 2009.
- [16] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, [Online]. Available: <http://www.statistik.sachsen.de>. [Zugriff am 14 03 2012].
- [17] Landratsamt Vogtlandkreis, „Grunddaten 24.08.2011.xls,“ Energiebeauftragter Vogtlandkreis, Plauen, 2011.
- [18] 50Hertz Transmission GmbH, „Bestandsdaten des Übertragungsnetzbetreibers,“ [Online]. Available: <http://www.50hertz.com>. [Zugriff am 06 06 2011].

- [19] Landratsamt Vogtlandkreis, „Daten zum Anlagenbestand,“ 2010.
- [20] Leipziger Institut für Energie GmbH, „Energie- und umweltstrategisches Entwicklungs- und Handlungskonzept für die Region Vogtland im Vierländereck Sachsen-Tschechien-Bayern-Thüringen; Modul 1: Energie- und CO₂-Bilanz,“ 2009.
- [21] BMU, „Integriertes Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung,“ 12 2007. [Online]. Available: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_meseberg.pdf. [Zugriff am 15 05 2012].
- [22] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, „Hintergrundpapier des Freistaates Sachsen,“ [Online]. Available: <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Hintergrundpapier.pdf>. [Zugriff am 19 03 2012].
- [23] Regionaler Planungsverband Südwestsachsen, „Regionalplan Südwestsachsen,“ 07 17 2008. [Online]. Available: http://www.pv-rc.de/regionalplan/gesamtfortschreibung/regionalplan_ges.pdf. [Zugriff am 04 05 2012].
- [24] Sächsisches Staatsministerium des Inneren, „Landesentwicklungsplan,“ [Online]. Available: <http://www.landesentwicklung.sachsen.de/>. [Zugriff am 14 03 2012].
- [25] Landratsamt Vogtlandkreis, *Absprachen und Datenbereitstellungen*, 2012.
- [26] Leipziger Institut für Energie GmbH, „Energie- und umweltstrategisches Entwicklungs- und Handlungskonzept für die Region Vogtland im Vierländereck Sachsen-Tschechien-Bayern-Thüringen; Modul 3: Energetische Potentiale von Wind, Solar, Geothermie und Wasser,“ 2009.
- [27] Sächsische Staatsregierung, „Energieprogramm Sachsen 2007 (Entwurf),“ [Online]. Available: http://www.biomasse-freiberg.de/entwurf_energieprogramm_2007.pdf. [Zugriff am 08 05 2012].
- [28] Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA) und Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL), „Energie- und Klimaprogramm Sachsen (Entwurf 12.10.2011),“ 2011. [Online]. Available: http://www.smwa.sachsen.de/set/431/EuK_Kabinettd.245657.pdf. [Zugriff am 08 05 2012].
- [29] Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, „Rahmenkonzept Tiefengeothermie Freistaat Sachsen,“ 10 08 2009. [Online]. Available: http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/TGT-Rahmenkonzept_Sachsen_100809.pdf. [Zugriff am 14 03 2012].
- [30] Landratsamt Vogtlandkreis, Sachgebiet Wasserwirtschaft/Wasserrecht, „Hausmitteilung - Solebohrung Bad Elster - 19.03.2012“.
- [31] BWP - Bundesverband Wärmepumpe e.V., „Branchenprognose 2011,“ [Online]. Available: http://www.waermepumpe.de/fileadmin/grafik/pdf/Flyer-Broschueren/Branchenprognose2011_Bildschirmversion.pdf. [Zugriff am 08 05 2012].
- [32] T. Rau, Planung, Statistik und Entscheidung, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2004.
- [33] DESTATIS - Statistisches Bundesamt, [Online]. Available: https://www.destatis.de/e_home.htm. [Zugriff am 14 03 2012].

- [34] A. Götz, J. Teuscher und W. Schufft, „Vorausschauende Planung von Niederspannungsnetzen,“ in *Tagungsbandbeitrag VDE-Kongress 2010*, Congress Center Leipzig, 08./09. November 2010.
- [35] J. Teuscher, A. Götz und W. Schufft, „Electric vehicles and their effects in low-voltage grids,“ in *International Conference on Renewable Energies and Power Quality - ICREPQ'11*, Las Palmas, 12. April 2011.
- [36] J. Teuscher, A. Götz und W. Schufft, „Elektrofahrzeuge - Bausteine eines smart grid,“ in *ETG-Workshop Elektromobilität*, Berlin, 03. Dezember 2009.
- [37] J. Teuscher, A. Götz und W. Schufft, „Integration einer hohen Anzahl von Elektrofahrzeugen im Niederspannungsnetz,“ in *Intelligenter und effizienter Einsatz von (er)neu(erbare)en Energien in Sachsen und Tschechien*, Oberwiesenthal, 2011.
- [38] J. Teuscher, A. Götz und W. Schufft, „Verlustoptimiertes Energiemanagement in Niederspannungsnetzen,“ in *Tagungsbandbeitrag VDE-Kongress 2010*, Congress Center Leipzig, 08./09. November 2010.
- [39] A. Schulz, „Statistisches Landesamt Sachsen,“ 1 2009. [Online]. Available: http://www.statistik.sachsen.de/download/300_Voe-Zeitschrift/2009_01_23-30_Schulz.pdf. [Zugriff am 20 11 2011].
- [40] leo/rüd, „handelsblatt.com,“ 18 12 2009. [Online]. Available: <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/das-jahr-der-mega-pleiten/3330414.html#image>. [Zugriff am 20 11 2011].
- [41] Leipziger Institut für Energie GmbH, „Energiekonzept Vogtland Modul 3: Energetische Potenziale von Wind, Solar, Geothermie und Wasser,“ 2009.
- [42] Bundesverband Erneuerbare Energie e.V., „unendlich-viel-energie.de,“ 10 2009. [Online]. Available: http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/091015_BEE-HG_Waerme2020_final_01.pdf. [Zugriff am 25 11 2011].
- [43] W. Schufft, Taschenbuch der elektrischen Energietechnik, Hanser Verlag, 2007, p. 544.
- [44] Sächsischer Landtag, „Koalitionsvereinbarung CDU FDP,“ [Online]. Available: http://wissen.cdu-sachsen.de/images/stories/dokumente/koalitionsvereinbarung_cdu_fdp.pdf. [Zugriff am 19 03 2012].
- [45] Y. Pfeiffer, „Energiekonzept Vogtlandkreis - Potentiale Erneuerbarer Energien und Energiebedarfsprognose,“ 2011.
- [46] K. Marcus, „Diplomarbeit“.
- [47] BMU, „Leitstudie 2010,“ 12 2010. [Online]. Available: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitstudie2010_bf.pdf. [Zugriff am 19 03 2012].
- [48] MITNETZ STROM, „Zuarbeit Netzausbaukosten Windenergie,“ 2012.
- [49] Fraunhofer IWES, „Windmonitor,“ [Online]. Available: http://windmonitor.iwes.fraunhofer.de/windwebdad/www_reisi_page_new.show_page?page_nr=73&lang=de. [Zugriff am 14 05 2012].

- [50] Diplomphysiker Harald Herminghaus, „CO₂-Emissionen,“ [Online]. Available: <http://www.co2-emissionen-vergleichen.de/>. [Zugriff am 14 05 2012].
- [51] LfL - Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, „Klimabilanz von Biogasstrom,“ Freising, 2007.
- [52] MITNETZ STROM, „Zuarbeit PV-Netzausbaukosten,“ 2012.
- [53] MITNETZ STROM, „Zuarbeit Netzausbaukosten Bioenergieanlagen,“ 2012.
- [54] D. U. Sauer, „Energiespeicher für ein stabiles Stromnetz,“ 10 02 2010. [Online]. Available: http://www.energieregion.nrw.de/_database/_data/datainfopool/FK2010-E-Sauer.pdf. [Zugriff am 15 05 2012].
- [55] P. v. Burg, „Moderne Schwungmassenspeicher - eine alte Technik in neuem Aufschwung,“ [Online]. Available: http://www.aspes.ch/publications/VDI_GETVortrag98.pdf. [Zugriff am 15 05 2012].
- [56] J. Garche, Neuntes Fachforum Brennstoffzellen: Entwickler und Anwender berichten, Ulm/Neu-Ulm: Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI), 2002.
- [57] IHRES I, „First International Renewable Energy Storage Conference“.
- [58] Deutsche Energie-Agentur, „Dena Netzstudie II,“ [Online]. Available: http://www.offshore-wind.de/page/uploads/media/Ergebniszusammenfassung_dena-Netzstudie_II.pdf. [Zugriff am 19 03 2012].
- [59] A. Schulz, „Entwicklung der privaten Haushalte in Sachsen bis 2020,“ 01 2009. [Online]. Available: http://www.statistik.sachsen.de/download/300_Voe-Zeitschrift/2009_01_23-30_Schulz.pdf. [Zugriff am 14 03 2012].
- [60] T. Rau, Planung, Statistik und Entscheidung: Betriebswirtschaftliche Instrumente für die Kommunalverwaltung, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2004, p. 272.
- [61] V. Quaschnig, Erneuerbare Energien und Klimaschutz, Carl Hanser Verlag München, 2008, p. 339.
- [62] H. Herminghaus, „CO₂-Emissionen in verschiedenen Lebensbereichen,“ [Online]. Available: <http://www.co2-emissionen-vergleichen.de>. [Zugriff am 19 03 2012].
- [63] A. Götz, J. Kliemt und J. Reichel, „Praktizierte Instandhaltung von Trafostationen,“ *ew*, Bd. 108, Nr. 25, pp. 64-67, 30. November 2009.
- [64] BEE - Bundesverband Erneuerbare Energien, „Wege in die moderne Energiewirtschaft - Ausbauprognose der Erneuerbaren-Energien-Branche,“ [Online]. Available: http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/091015_BEE-HG_Waerme2020_final_01.pdf. [Zugriff am 19 03 2012].
- [65] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, „Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen,“ 2010. [Online]. Available: <http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Downloads/Energiestudie-Kurzstudie2010.pdf>. [Zugriff am 14 03 2012].
- [66] Planungsverband Region Chemnitz, „Regionalplan Südwestsachsen,“ [Online]. Available: <http://www.pv-rc.de/index3.html>. [Zugriff am 14 03 2012].
- [67] envia Netz, „Herausforderungen - Betrieb von Netzen mit hohem Einspeiseranteil,“ Congress

Center Leipzig, 01.09.2011.

- [68] „Energieprogramm Sachsen 2007,“ [Online]. Available: http://www.biomasse-freiberg.de/entwurf_energieprogramm_2007.pdf. [Zugriff am 14 03 2012].
- [69] Leipziger Institut für Energie GmbH, „Energiekonzept Vogtland Modul 2 Energetische Potenziale von Biomasse,“ 2009.
- [70] BMWi, BMU, „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung,“ [Online]. Available: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energiekonzept_bundesregierung.pdf. [Zugriff am 19 03 2012].
- [71] „Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2011,“ [Online]. Available: http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/EuK_Kabinett.pdf. [Zugriff am 14 03 2012].
- [72] BWP - Bundesverband Wärmepumpen, [Online]. Available: <http://www.waermepumpe.de/>. [Zugriff am 14 03 2012].
- [73] BNA Bundesnetzagentur, „Pressemitteilung - Zubau an Photovoltaik-Anlagen 2011 noch höher als im,“ 09 01 2012. [Online].

Anhang

	Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
SWOT - Analyse Variante I "Inselnetz"	1. Unabhängigkeit vom umliegenden Stromnetz, Strommarkt	1. Höhere Ausfallwahrscheinlichkeit als Verbundnetz
	2. Strompreis kann in gesetzlichen Rahmen selbst festgelegt werden -> Monopol (vgl. mit Helgoland vor 2009)	2. Hohe Investitionskosten (Anlagenkosten, Netzausbau, Energiespeichersysteme nötig)
	3. Energie wird lokal erzeugt und genutzt	3. Aufwändige Frequenz- und Spannungsregelung
	4. Bevorzugte Nutzung Erneuerbarer Energien, klassische Energieträger wie Erdgas, Erdöl und Kohle werden weniger benötigt	4. Überschüssige Energie kann nicht exportiert werden
	5. Eigene Regelreserven	5. Galvanische Trennung vom Verbundnetz
		6. Netz erfordert Neuberechnung von zentraler zu dezentralen Energieeinspeisung - teilweiser Netzneubau bzw. Rekonstruktion erforderlich
		7. Eigene Netzleitstelle nötig
Chancen (Opportunities)	SO- Analyse	WO-Analyse
1. Weitere EU oder Regierungsbeschlüsse die den Ausbau von EEG-Einspeisern fördern und den Einsatz konventioneller Energieträger unattraktiv machen.	Solchen Maßnahmen wird vorgebeugt bzw. vorausgearbeitet	Der Ausbau reicht nicht an die Forderungen heran
2. Steigende Preise für elektrischen Strom und Rohstoffe	Strompreis ist vom offenen Strommarkt entkoppelt und kann im gesetzlichen Rahmen bestimmt werden	Da elektrische Energie nicht exportiert werden kann, bleiben Potenziale ungenutzt, auf Kosten der Rentabilität. Der Strompreis schwankt deutlicher, da primär regenerative Energien genutzt wird und die Zufuhr von Rohstoffen stark von äußeren Einflüssen geprägt ist
3. Trend zur Energieeffizienz setzt sich fort	Es kann mehr Energie gespeichert bzw. für Versorgungsengpässe bereitgehalten werden	Anlagen können irgendwann überdimensioniert sein
4. Umweltschutz	Durch vorrangiges Nutzen Erneuerbarer Energien, werden Umweltschutzaspekte berücksichtigt z.B. sinkende CO ₂ - und Feinstaubbelastung in der Region	Landschaftliche Eingriffe notwendig - größere Solar- und Windanlagen, Bioenergieanlagenwerke, Neubau von Rohr- und Stromleitungen
Risiken (Threats)	ST- Analyse	WT- Analyse
1. Bevölkerungsschwund, Abwanderung von Betrieben	Speicher werden schneller gefüllt, Verbesserung der Versorgungssicherheit	Lokal überdimensionierte Anlagen führen zu schlechter Rentabilität der Investitionen
2. Bewölkung, Windflaute, Mangel an Biomasse	Speicher, Bioenergieanlagen sichern den Betrieb bzw. die Grundlast	Wenn ungünstige Bedingungen länger andauern droht Versorgungsengpass
3. Havarie im eigenen / umliegenden Stromnetz	Durch die Unabhängigkeit des Netzes, hat eine Havarie im umliegenden Netz keine Auswirkungen und durch die dezentrale Struktur ist ein totaler Ausfall unwahrscheinlich.	Versorgungssicherheit einer oder mehrerer dezentraler Struktureinheiten ist im "worst-case" stark gefährdet, es kann keine Energie von außerhalb bezogen werden
4. Überlastung bestehender Netzstrukturen	Durch lokale Nutzung wird das Risiko einer Überlastung von Strukturen gemindert	Ältere Betriebsmittel sind der veränderten dezentralen Einspeisesituation nicht gewachsen und versagen
5. Sich stark ändernde Lastverhältnisse	Energiebedarf kann durch Reserven gedeckt werden	Aufwändige Frequenzhaltungsmaßnahmen durch z.B. Schwungradspeicher notwendig

Tabelle 23 - Autarkievariante I - Inselnetz

SWOT - Analyse Variante II "Bedarfsgerechte, zeitgleiche Versorgung"	Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
	1. Unabhängigkeit vom umliegenden Stromnetz, Strommarkt	1. Höhere Ausfallwahrscheinlichkeit als Verbundnetz
	2. Galvanische Verbindung mit Verbundnetz	2. Hohe Investitionskosten (Anlagenkosten, nötige Speichersysteme)
	3. Energie wird lokal erzeugt und genutzt	3. Überschüssige Energie kann nicht exportiert
	4. Bevorzugte Nutzung Erneuerbarer Energien, klassische Energieträger wie Erdgas, Erdöl und Kohle werden weniger benötigt	4. Hohe Kosten bei der Sondernutzung der "Notverbindung" mit dem Verbundnetz
	5. Strompreis kann in gesetzlichen Rahmen selbst festgelegt werden - > Monopol (vgl. mit Helgoland vor 2009)	5. Netz erfordert Neuberechnung von zentraler zu dezentralen Energieeinspeisung - teilweiser Netzneubau bzw. Rekonstruktion erforderlich 6. Netzleitstelle erforderlich
Chancen (Opportunities)	SO- Analyse	WO-Analyse
1. Weitere EU oder Regierungsbeschlüsse die den Ausbau von EEG-Einspeisern fördern und den Einsatz konventioneller Energieträger unattraktiv machen.	Solchen Maßnahmen wird vorgebeugt bzw. vorausgearbeitet	Der Ausbau reicht nicht an die Forderungen heran
2. Steigende Preise für elektrischen Strom und Rohstoffe	Strompreis ist vom offenen Strommarkt entkoppelt und kann im gesetzlichen Rahmen bestimmt werden	Da elektrische Energie i.R. nicht exportiert wird, bleiben Potenziale ungenutzt, auf Kosten der Rentabilität. Strompreis schwankt deutlicher, da primär regenerative Energien genutzt wird und die Zufuhr von Rohstoffen stark von äußeren Einflüssen geprägt ist
3. Trend zur Energieeffizienz setzt sich fort	Es kann mehr Energie gespeichert bzw. für Versorgungsengpässe bereitgehalten werden	Anlagen können irgendwann überdimensioniert sein
4. Umweltschutz	Durch vorrangiges Nutzen Erneuerbarer Energien, werden Umweltschutzaspekte berücksichtigt z.B. sinkende CO ₂ - und Feinstaubbelastung in der Region	Landschaftliche Eingriffe notwendig - größere Solar- und Windanlagen, Bioenergieanlagen, Neubau von Rohr- und Stromleitungen
Risiken (Threats)	ST- Analyse	WT- Analyse
1. Bevölkerungsschwund, Abwanderung von Betrieben	Speicher werden schneller gefüllt, Verbesserung der Versorgungssicherheit	Lokal überdimensionierte Anlagen führen zu schlechter Rentabilität der Investitionen
2. Bewölkung, Windflaute, Mangel an Biomasse	Speicher, Bioenergieanlagen sichern den Betrieb bzw. die Grundlast, notfalls kann über die bestehende galvanische Verbindung mit Verbundnetz Versorgungsengpässe ausgeglichen werden	Hohe Bezugskosten für Elektroenergie aus dem Verbundnetz
3. Havarie im eigenen / umliegenden Stromnetz	Durch die Unabhängigkeit des Netzes, hat eine Havarie im Umliegenden Netz keine Auswirkungen und durch die dezentrale Struktur des eigenen Netzes, ist ein Totalausfall unwahrscheinlich.	Versorgungssicherheit ist im "worst-case" durch Verbundnetz gewährleistet, jedoch zu hohen Bezugspreis.
4. Überlastung bestehender Netzstrukturen	Durch lokale Nutzung wird das Risiko einer Überlastung von Strukturen gemindert	Ältere Betriebsmitteln sind der veränderten dezentralen Einspeisesituation nicht gewachsen und versagen
5. Sich stark ändernde Lastverhältnisse	Energiebedarf kann durch Reserven gedeckt werden, aufwändige Frequenzhaltungsmaßnahmen entfallen	Auf Maßnahmen zur Stabilisierung von Spannung und Frequenz des vorgelagerten Netzbetreiber angewiesen

Tabelle 24 - Autarkievariante II - Bedarfsgerechte, zeitgleiche Versorgung

SWOT - Analyse		
Variante III "Ausgeglichene Energiebilanz"		
	Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
	1. Bestehende Versorgungssicherheit bleibt erhalten	1. Netz erfordert Neuberechnung von zentraler zu dezentralen Energieeinspeisung - teilweiser Netzneubau bzw. Rekonstruktion erforderlich
	2. Energie wird lokal erzeugt und kann vor Ort genutzt werden - hohe Effizienz	2. Investitionskosten (Anlagenkosten der EEG-Einspeiser)
	3. Teilnahme am offenen Strommarkt	3. Abhängigkeit vom Verbundnetz(Preise, Störfälle)
	4. Bevorzugte Nutzung Erneuerbarer Energien, klassische Energieträger wie Erdgas, Erdöl und Kohle werden weniger benötigt	4. Sinkende Energieeffizienz wenn Energie über weite Strecken transportiert wird
	5. Hoher Nutzungsgrad Erneuerbarer Energien	
	6. Keine eigene Netzleitstelle erforderlich	
	7. Keine teuren Speichersysteme nötig	
	8. Entscheidungskompetenz geht von Region aus	
Chancen (Opportunities)	SO- Analyse	WO-Analyse
1. Regierungsbeschlüsse die den Ausbau von EEG-Einspeisern fördern und den Einsatz konventioneller Energieträger unattraktiv machen.	Solchen Maßnahmen wird vorgebeugt bzw. vorausgearbeitet	Der Ausbau reicht nicht an die Forderungen heran
2. Steigende Preise für elektrischen Strom und Rohstoffe	Strompreis schwankt weniger und orientiert sich am offenen Markt. Es können höhere Gewinne erzielt werden, wenn Elektroenergie exportiert wird	Bedarf an extern zu beziehender Energie ist schwieriger vorherzusagen, da zusätzlich zu den Verbrauchern auch die Erzeuger einzukalkulieren sind
3. Trend zur Energieeffizienz setzt sich fort	Es kann mehr Energie gespeichert bzw. für Versorgungsengpässe bereitgehalten oder exportiert werden	Durch weniger Last kann mehr Energie exportiert werden, jedoch müssen die Betriebsmittel auch dafür ausgelegt sein. Energieeffizienz sinkt da Transportverluste hinzukommen
4. Umweltschutz	Durch vorrangiges Nutzen Erneuerbarer Energien, werden Umweltschutzaspekte berücksichtigt z.B. sinkende CO ₂ - und Feinstaubbelastung in der Region	Landschaftliche Eingriffe notwendig - größere Solar- und Windanlagen, Bioenergieanlagen, Neubau von Rohr- und Stromleitungen
Risiken (Threats)	ST- Analyse	WT- Analyse
1. Bevölkerungsschwund, Abwanderung von Betrieben	Es kann mehr exportiert werden, die Anlagen machen trotzdem Gewinn.	Lokal überdimensionierte Anlagen führen zu schlechter Rentabilität der Investitionen z.B. wird Wärme aus KWK-Anlagen weniger genutzt
2. Bewölkung, Windflaute, Mangel an Biomasse	Bioenergieanlagen sichern teilweise den Betrieb, der Rest wird über das Verbundnetz bezogen	Wenn ungünstige Bedingungen länger andauern ist das Ziel einer ausgeglichenen Energiebilanz gefährdet
3. Havarie im eigenen / umliegenden Stromnetz	Havarien werden wie gehabt behandelt, die Versorgungssicherheit ist nach dem n-1-Kriterium gewährleistet	Auf größere Havarien im Verbundnetz besteht kein Einfluss, das Freischalten von Teilen des Netzes erfordert genaue Kenntnisse von dezentralen Einspeisern, damit z.B. die zulässigen Strom- und Spannungswerte eingehalten werden
4. Überlastung bestehender Netzstrukturen	Durch lokale Nutzung wird das Risiko einer Überlastung von Netzteilen gemindert	Ältere Betriebsmittel sind der veränderten dezentralen Einspeisesituation nicht gewachsen und versagen
5. Sich stark ändernde Lastverhältnisse	Energiebedarf wird durch eigene Puffer bzw. das Verbundnetz gedeckt bzw. die Frequenz wird ausschließlich über das Verbundnetz reguliert.	Erfolgen im Verbundnetz größere Lastabwürfe an Kraftwerken, so wirkt sich das ebenfalls auf das Verteilnetz aus

Tabelle 25 - Autarkievariante III - Ausgeglichene Energiebilanz

SWOT - Analyse Variante IV "Europaweite Optimierung"	Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
	1. Bestehende Versorgungssicherheit bleibt erhalten	1. Abhängigkeit vom Verbundnetz (Preise, Störfälle)
	2. Voraussichtlich geringere Investitionen in Anlagen und Netze durch Optimierung der EEG-Einspeiser-Standorte	2. Sinkende Energieeffizienz, wenn Strom über weite Strecken transportiert wird
	3. Teilnahme am offenen Strommarkt	3. Interessenvielfalt mehrerer Organisationsebenen in Politik und Wirtschaft muss berücksichtigt werden
	4. Keine teuren Speichersysteme nötig	4. Entscheidungskompetenz wird teilweise abgetreten
	5. Hat Potenzial den Umwelt- und Klimaschutz europaweit voranzutreiben	5. Regionale Ziele treten in den Hintergrund
	6. Keine Netzleitstelle vor Ort notwendig	
Chancen (Opportunities)	SO- Analyse	WO-Analyse
1. Weitere EU oder Regierungsbeschlüsse die den Ausbau von EEG-Einspeisern fördern und den Einsatz konventioneller Energieträger unattraktiv machen.	Netz wird durch die Optimierung zukunftssicher gestaltet	Durch lange Entscheidungsprozesse wegen der komplexen Organisationsstruktur, nur langsames Nachkommen neuer Anforderungen, geringeres Mitspracherecht
2. Steigende Preise für elektrischen Strom und Rohstoffe	Durch europaweite Zusammenarbeit kann Strompreis relativ stabil gehalten werden	Abhängigkeit von europaweiter Optimierungsstrategie - Entkopplung von klassischen fossilen und nuklearen Energieträgern
3. Trend zur Energieeffizienz setzt sich fort	Europaweit werden weniger Großkraftwerke benötigt und der Umstieg auf regenerative Energieträger wird beschleunigt	KWK-Anlagen arbeiten ineffizienter, da die prozessbedingt entstehende Wärme, teilweise nicht mehr genutzt wird
4. Umweltschutz	Durch vorrangiges Nutzen Erneuerbarer Energien, werden Umweltschutzaspekte europaweit berücksichtigt z.B. sinkende CO ₂ - und Feinstaubbelastung	Landschaftliche Eingriffe notwendig - größere Solar- und Windanlagen, Bioenergieanlagen, Neubau von Rohr- und Stromleitungen
Risiken (Threats)	ST- Analyse	WT- Analyse
1. Bevölkerungsschwund, Abwanderung von Betrieben	Es kann mehr exportiert werden, die Anlagen machen trotzdem Gewinn.	Lokal überdimensionierte Anlagen führen zu schlechter Rentabilität der Investitionen z.B. wird Wärme aus KWK-Anlagen weniger genutzt.
2. Bewölkung, Windflaute, Mangel an Biomasse	Bioenergieanlagen sichern teilweise den Betrieb, der Rest wird über das Verbundnetz bezogen - Unabhängigkeit von regionalem Wetter	Region kann den Biomassebedarf nicht decken und muss evtl. teuer importiert werden.
3. Havarie im eigenen / umliegenden Stromnetz	Havarien werden wie gehabt behandelt, die Versorgungssicherheit ist nach aktuellem Stand gewährleistet	Auf größere Havarien im Verbundnetz besteht kein Einfluss, das Freischalten von Teilen des Netzes erfordert genaue Kenntnisse von dezentralen Einspeisern, damit z.B. die zulässigen Strom- und Spannungswerte eingehalten werden
4. Überlastung bestehender Netzstrukturen	Durch teilweise lokale Nutzung und moderatem Ausbau des Netzes wird das Risiko einer Überlastung gemindert	Ältere Betriebsmitteln sind der veränderten dezentralen Einspeisesituation nicht gewachsen und versagen
5. Sich stark ändernde Lastverhältnisse	Energiebedarf wird durch eigene Puffer bzw. das Verbundnetz gedeckt bzw. die Frequenz wird ausschließlich über das Verbundnetz reguliert.	Erfolgen im Verbundnetz größere Lastabwürfe an Kraftwerken, so wirkt sich das ebenfalls auf das Verteilnetz aus.

Tabelle 26 - Autarkievariante IV - Europaweite Optimierung

	Anzahl	Nennleistung in MW	Jährliche Energiemenge in GWh
Wind	12	13,0	22,1
Photovoltaik	1.113	18,2	14,0
Bioenergie elektrisch	32	10,4	59,6
Wasserkraft	17	1,9	6,0
Solarthermie	3.301	18,5	16,0
Bioenergie thermisch	24	16,6	87,4
Bioenergie thermisch Kleinanlagen	-	-	233,0
Geothermie	490	6,6	5,7

Tabelle 27 - Anlagenbestand Energieerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien