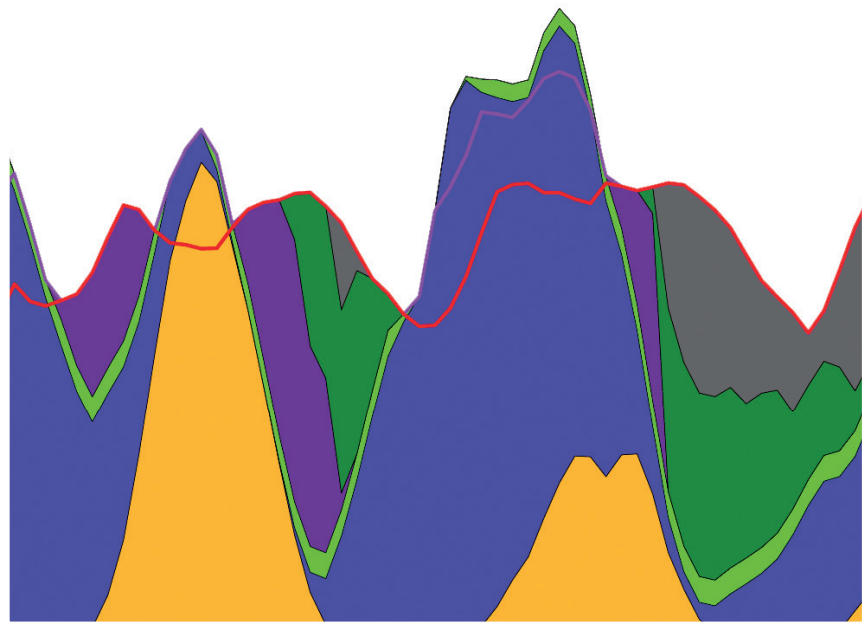


KURZINFORMATION

# SZENARIOBERECHNUNG

EINER STROM- UND WÄRMEVERSORGUNG  
DER REGION BRANDENBURG-BERLIN  
AUF BASIS ERNEUERBARER ENERGIEN

Reiner Lemoine Institut GmbH  
im Auftrag der Fraktionen von **BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN**  
im Brandenburger Landtag und im Berliner Abgeordnetenhaus



# INHALT DER KURZINFORMATION

Vorwort der Fraktionsvorsitzenden .....	3
Ausgangssituation und Aufgabenstellung .....	5
Zusammenfassung .....	7
Zielführende Maßnahmen und Ausblick .....	11
Inhaltsverzeichnis der Gesamtstudie .....	17

## **SZENARIOBERECHNUNG EINER STROM UND WÄRMEVERSORGUNG DER REGION BRANDENBURG-BERLIN AUF BASIS ERNEUERBARER ENERGIEN**

Durchgeführt von Reiner Lemoine Institut GmbH, Ostendstr.25, 12459 Berlin

**Projektverantwortliche:**

Prof. Dr.-Ing. Jochen Twele

E-Mail: jochen.twele@rl-insitut.de

**Dipl.-Ing. Berit Müller**

E-Mail: berit.mueller@rl-institut.de

**Dipl.-Ing. (FH) Caroline Möller**

E-Mail: caroline.moeller@rl-institut.de

**unter Mitwirkung von:**

Dipl.-Ing. Markus Hlusiak, Dipl.-Ing. Uwe Krien, Dipl.-Ing. (FH) Michael Kastner

**Durchführungszeitraum** 01.08.2011 – 22.08.2012

Im Auftrag der Fraktionen **BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN**  
im Brandenburger Landtag und im Abgeordnetenhaus von Berlin.

**Michael Jungclaus, MdL**

Energiepolitischer Sprecher

Fraktion Bündnis 90/Die Grünen im Brandenburger Landtag

Am Havelblick 8, 14473 Potsdam

michael.jungclaus@gruene-fraktion.brandenburg.de

**Michael Schäfer**

Energiepolitischer Sprecher

Fraktion Bündnis 90/Die Grünen im Berliner Abgeordnetenhaus

Niederkirchnerstraße 5, 10111 Berlin

michael.schaefer@gruene-fraktion-berlin.de

Stand 22.08.2012

Kostenloser Download der vollständigen Studie unter: <http://gruenlink.de/d99>



### **AXEL VOGEL**

Fraktionsvorsitzender Bündnis 90/Die Grünen  
im Brandenburger Landtag



### **RAMONA POP**

Vorsitzende der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen  
im Berliner Abgeordnetenhaus

## **VORWORT**

Mit der vorliegenden Studie des Reiner-Lemoine-Instituts (RLI) halten Sie eine Expertise in der Hand, mit der die bündnisgrünen Fraktionen in Berlin und Brandenburg energiepolitisches Neuland betreten haben. Das von uns beauftragte RLI hat sich auf die Untersuchung von Prozessen zur langfristigen Umstellung der Energieversorgung auf 100 % erneuerbare Energien spezialisiert. Das RLI wurde von uns jedoch nicht nur damit beauftragt, erstmals Energieverbrauch und Energieversorgung in Berlin und Brandenburg gemeinsam zu betrachten und aufzuzeigen, wie schnell der Ausstieg aus der klimaschädlichen Braunkohleverstromung gelingen kann. Es hat auch die Voraussetzungen dafür herausgearbeitet, wie die Region Berlin-Brandenburg jede Minute im gesamten Jahresverlauf ihren Strom- und Wärmebedarf vollständig aus Erneuerbaren Energien decken kann – unabhängig davon, ob der Wind gerade bläst, die Sonne gerade scheint oder Elbe und Oder Niedrig- oder Hochwasser führen.

Die Ergebnisse sind ermutigend. Sie zeigen, dass die Bundesländer Berlin und Brandenburg ihren Elektrizitätsbedarf bis 2030 mit hier produziertem Ökostrom

und bis 2050 auch ihren Wärmebedarf aus regionalen erneuerbaren Energieträgern vollständig decken können. Die Versorgungssicherheit kann auch bei einer Vollversorgung mit Strom aus erneuerbaren Energien jederzeit und zu bezahlbaren Preisen gewährleistet werden. Und dies ist möglich, obwohl wir der Ausweitung der Energieerzeugung aus Erneuerbaren Quellen klare Grenzen setzen wollen. Um eine weitere Gefährdung der Biodiversität zu verhindern, wollen wir die Biomassenutzung (bis auf lokal begrenzte Ausnahmen) in Brandenburg auf dem heutigen Stand einfrieren und in Berlin auf die Hälfte der von Vattenfall ursprünglich geplanten Menge reduzieren; um die nötige Akzeptanz in der Bevölkerung zu wahren, soll zugleich die Nutzung der Windenergiepotentiale auf 2 % der Brandenburger Landesfläche begrenzt werden.

Im Zweiten Teil kommt das Gutachten bei der Betrachtung der Wärmeversorgung allerdings zu dem Schluss, dass wir angesichts des Handlungsdefizits der letzten Jahre mit den bislang verfügbaren Instrumenten die Wärmeversorgung unserer Gebäude nicht in dem gleichen Tempo wie bei der Stromversorgung auf

erneuerbare Energiequellen umstellen können. Die Reduzierung des Kohlendioxid-Ausstoßes in der Wärmeversorgung ist jedoch eine klimapolitische Schlüsselfrage, weil allein hier 40 % der klimaschädlichen CO<sub>2</sub> Emissionen in Deutschland verursacht werden. Einen besonderen Fokus richten die GutachterInnen dabei auf die energetische Sanierung des Wohngebäudebestandes, da aufgrund fehlender Wärmedämmung und unzureichender Energieeffizienz in den Haushalten bislang 90 % der eingesetzten Energie für die Wärmeerzeugung verbraucht wird. Um den vorhandenen Wohnungsbestand in Berlin und Brandenburg bis zur Mitte des Jahrhunderts energetisch zu sanie-

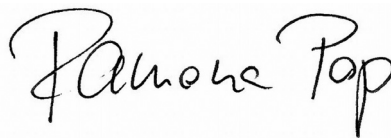
ren, müsste die derzeitige jährliche Sanierungsquote verdreifacht werden. Angesichts weltweit steigender Preise für fossile Energieträger wie Erdöl und Gas, wird eine effiziente und bezahlbare Wärmeversorgung im Wohnungssektor damit auch zu einem zentralen Element einer vorausschauenden und sozial nachhaltigen Daseinsvorsorge.

Die Ergebnisse der Untersuchungen des RLI sind ein klarer Handlungsauftrag an die Politik und geben uns eine gute Richtschnur für energiepolitische Prioritätensetzungen. An uns liegt es nun, die Ziele zu konkretisieren und Umsetzungsstrategien für unsere Bundesländer weiter zu entwickeln.



**AXEL VOGEL**

Fraktionsvorsitzender Bündnis 90/Die Grünen  
im Brandenburger Landtag



**RAMONA POP**

Vorsitzende der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen  
im Berliner Abgeordnetenhaus

# AUSGANGSSITUATION UND AUFGABENSTELLUNG

In ihrem Energiekonzept erklärt die Bundesregierung, dass Deutschland bis 2050 nur noch 5 bis 20 % der Treibhausgase emittiert, die noch 1990 in die Atmosphäre abgegeben wurden.<sup>1</sup>

Um dieses Ziel tatsächlich zu erreichen, hieße das, die Emissionen aus der Energiewirtschaft praktisch auf null herabzusetzen, da ca. 17 % der Treibhausgasemissionen (2009) nicht aus dem Energiesektor stammen<sup>2</sup> und in weiten Teilen noch schwerer zu vermeiden sind.

Einen deutschlandweiten Plan, der einen Überblick gibt, welche Länder wieviel und welche Anlagenleistung installieren müssten, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, ohne dass der Strompreis über ein zumutbares Maß steigt, gibt es bisher nicht. Einzelne Bundesländer haben eigene Klima- und Energieziele formuliert, die jedoch nicht gemeinsam abgestimmt sind, um das bundesweite Ziel widerzuspiegeln.

Die Landesregierung Brandenburg hat beispielsweise in ihrer Energiestrategie 20203 die Ziele der Energieversorgung für das Jahr 2020 formuliert und im Februar 2012 die Energiestrategie 2030 beschlossen. In beiden Strategien steht neben dem Ausbau Erneuerbarer Energien ein Weiterbetrieb der Braunkohlekraftwerke Jänschwalde und Schwarze Pumpe im Fokus. Das Energiekonzept 2020 von Berlin nennt zwar Ziele für das Jahr 2050 (85 % der Treibhausgasemissionen von 1990) gibt jedoch keinen Ausblick, wie die Maßnahmen und Ziele für 2020 zu den Zielen von 2050 führen sollen. Das Zusammenspiel mit dem Brandenburger Konzept und den Brandenburger Zielen wird als Herausforderung beschrieben.

Die Brandenburger und die Berliner Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN haben die Herausforderung angenommen und die vorliegende Studie in Auftrag gegeben, die untersuchen soll, wie ein 100 %-iger Anteil Erneuerbarer Energien an der Strom- und Wärmeversorgung der Region Brandenburg-Berlin zu schaffen ist. Dafür wird die Entwicklung der Länder Brandenburg und Berlin gemeinsam betrachtet. Brandenburg ist Energieland und Energieexporteur. In seiner Mitte liegt die Metropole Berlin als ein großer Energieverbraucher und mit deutlich weniger Potenzialen für den Ausbau Erneuerbarer Energien. Die Gestaltung von Brandenburgs Energielandschaft ist demnach für beide Länder von großer Bedeutung.

Diese Studie untersucht Aspekte einer Strom- und Wärmeversorgung der Region aus erneuerbaren Energiequellen mit dem Schwerpunkt der Fragestellung auf der Auswahl der Systemkomponenten und den dafür benötigten Flächen und Übertragungskapazitäten. Für den Stromsektor wurde dabei eine ökonomische Optimierung der eingesetzten Systeme vorgenommen.

Die vorliegende Studie gliedert sich in die zwei Teile „Strom“ und „Wärme“. Teil 1 der Studie entstand im Rahmen der Entwicklung eines Simulationsmodells zur Berechnung von Stromversorgungsszenarien mit stündlicher Bilanzierung und unter Berücksichtigung der Kapazitäten des Übertragungsnetzes. Teil 2, der sich der Wärmeversorgung widmet, entstand parallel zu einer detaillierten Wärmeversorgungsbetrachtung von Berlin, die für den BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.) erstellt wurde.

Ziel der Untersuchung der Stromversorgung ist es, Szenarien zu entwickeln, die die Versorgung in jeder Stunde des Jahres sicherstellen. Erneuerbare Energien und Speicher kommen dabei vorrangig zum Einsatz. Die Szenarien sollen Aufschluss darüber geben, inwieweit fossile Kraftwerksleistung bis 2020 und 2030 als Reserveleistung benötigt wird. Die Simulation erfolgt dabei autark für die Region Brandenburg-Berlin, d. h. ein Leistungsaustausch oder eine Durchleitung von Energie über die Grenzen der Gesamtregion wird nicht betrachtet.

In der vorliegenden Studie wird zunächst in Abschnitt 1 auf den Status Quo der Stromversorgung in beiden Ländern eingegangen. Anschließend wird im Abschnitt 2 die Funktionsweise des Simulationsmodells erläutert und der Bezug zur Region Brandenburg-Berlin dargestellt. Abschnitt 3 stellt weitere Datengrundlagen und Annahmen für die Simulation vor. In Abschnitt 4 wird ein Szenario für das Jahr 2020 (Alternativszenario 2020), das alternativ zur Energiestrategie 2020 der Landesregierung Brandenburg auf Braunkohlekraftwerke verzichtet, und ein Szenario für das Jahr 2030 (Alternativszenario 2030), was auf eine vollständige Lastdeckung durch Erneuerbare Energien setzt, entwickelt. Die Entwicklung der Szenarien wird anhand einer ökonomischen Optimierung durchgeführt. Dies bedeutet, dass zu installierende Erzeugungs- und Speicherkapazitäten ermittelt werden, indem für jeden vorgegebenen Lastdeckungsanteil Erneuerbarer Energien auf minimale Systemkosten optimiert wird. Vergleichend wird eine Simulation mit den Ausbauzielen der Landesregierung Brandenburg für das Jahr 2020 (Referenzszenario 2020) gegenübergestellt. Hierbei wird auch auf die Ausbauziele Berlins anhand der Angaben im Energiekonzept 2020 des Landes Berlin zurückgegriffen. Die Ergebnisse aller Szenariensimulationen werden anschließend im Abschnitt 5 ausgewertet. Abschnitt 6 zeigt Maßnahmen auf, um die Ziele der Alternativszenarien zu erreichen.

Im zweiten Teil werden Szenarien für die Wärmeversorgung mit einem hohen Anteil Erneuerbarer Energien, ebenfalls bezogen auf die Jahre 2020 und 2030, entwickelt. Die Szenarien sind im Gegensatz zu den Szenarien des ersten Teils bisher nicht auf wirtschaftlicher Grundlage untersucht und können nur als Grundlage für weitergehende Lösungsansätze herangezogen werden.

Sie geben einen Überblick, wie stark sich die Sanierung von Gebäuden und die Wärmeerzeugung aus verschiedenen Erneuerbaren Energien und anderen klimafreundlichen Wärmeerzeugern auf die Einsparung von Treibhausgasemissionen auswirken. Die Ergebnisse bilden eine Grundlage für Diskussionen und Entscheidungsprozesse. Die Wärmeversorgung der Länder Brandenburg und Berlin wird anhand der jeweils gesamten Region dargestellt. Die verwendete Datengrundlage für Berlin zur Abbildung des aktuellen Zustands der Wärmeversorgung stammt hauptsächlich aus dem von der Senatsverwaltung Berlin online zur Verfügung gestellten FIS-Broker<sup>7</sup>, in dem Daten zu Anteilen der Heizungssysteme an den beheizten Flächen aufgelöst auf Wohnblockebene vorhanden sind. Für Brandenburg ist eine derart detaillierte Datengrundlage nicht vorhanden, weshalb eine starke räumliche Auflösung als nicht sinnvoll erachtet wurde. In der Untersuchung Berlins ist eine Betrachtung auf Wohnblock-, Stadtgebiets- oder Bezirksebene möglich. In der vorliegenden Studie wird jedoch hierauf zunächst verzichtet und Berlin, ebenso wie die Gesamtregion Brandenburg, als eine Region behandelt. Verbesserungen und Differenzierungen der Untersuchungen auf mehr als zwei Regionen sind bei differenzierterer Datengrundlage, die insbesondere für Brandenburg notwendig ist, möglich.

Im zweiten Teil wird zunächst der Status Quo der Wärmeversorgung Brandenburgs und Berlins, soweit aus den Datengrundlagen abbildbar, dargestellt. In Abschnitt 8 folgt eine Darstellung der Berechnungs- und Simulationsgrundlagen. Anschließend werden in Abschnitt 9 die Auswirkungen von verschiedenen Gebäudesanierungsraten und von Energieträgerwechseln sowie der Kombination dieser Maßnahmen auf den Primärenergieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Jahren 2020 und 2030 betrachtet. Auch der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung in den genannten Zeiträumen wird dargestellt. Im Abschnitt 10 werden Maßnahmen zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Wärmeversorgung, die sich aus den Ergebnissen der Studie ableiten, zur Diskussion gestellt.

---

<sup>1</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010)

<sup>2</sup> Die Emissionen der sechs im Kyoto-Protokoll genannten Treibhausgase in Deutschland nach Quellkategorien: Landwirtschaft: 6,9 bis 7,9 %; Industrieprozesse: 7,6 bis 8,0 %; Abfallwirtschaft: 3,5 bis 1,3 % (jeweils 1990 bis 2009), aus: Umweltbundesamt (2011a).

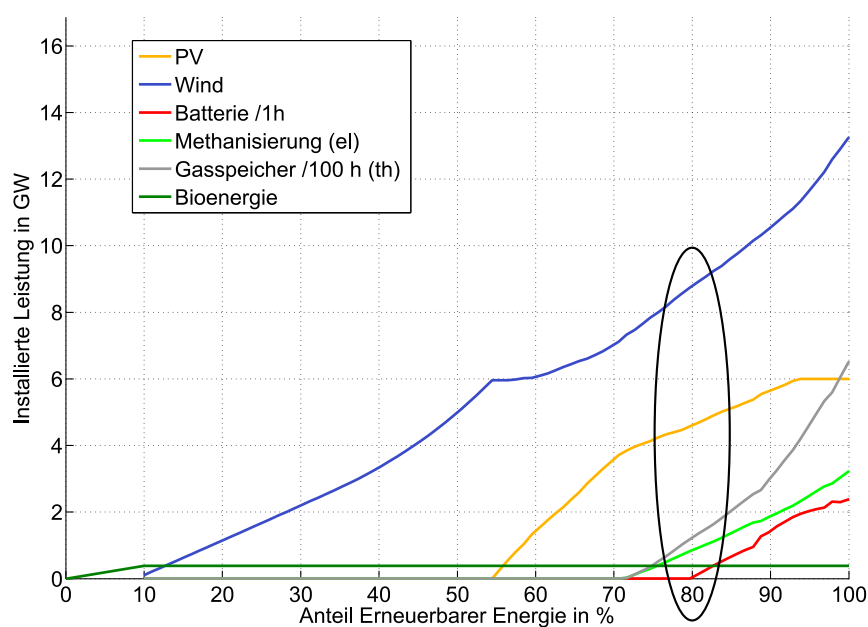


# ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Studie wird in zwei Teilen untersucht, wie die Strom- und Wärmeversorgung der Region Brandenburg-Berlin auf Erneuerbare Energien umgestellt werden kann. Damit wird die bereits heute stark verknüpfte Region über die politischen Grenzen hinweg als eine Versorgungsregion betrachtet. Gleichzeitig soll die Einbeziehung der Wärmeversorgung, für die im Vergleich zur Stromerzeugung ca. 2,5 mal so viel Endenergie eingesetzt wird, es ermöglichen, Schnittstellen und Einsatzmöglichkeiten Erneuerbarer Energien in einem erweiterten Spektrum zu betrachten. Die erstellten Szenarien mit unterschiedlichen Anteilen Erneuerbarer Energien reichen bis in die Jahre 2020 und 2030.

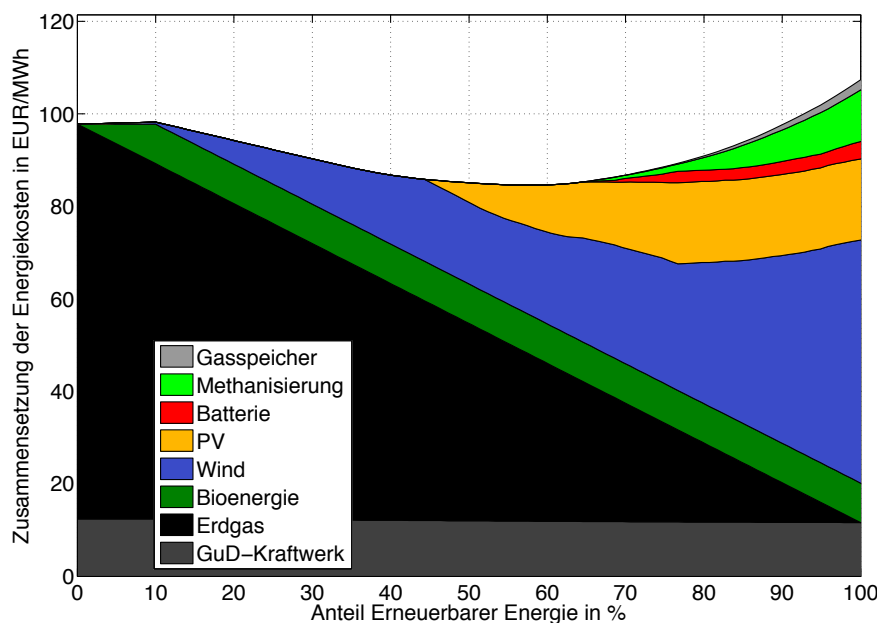
Im ersten Teil der Studie wird die Stromversorgung der Region betrachtet. Ziel der Untersuchung ist nicht die bilanzielle Betrachtung der Versorgung anhand von Jahressummen der Stromerzeugung und des Stromverbrauchs. Vielmehr soll die Versorgung in jeder Stunde des Jahres sichergestellt werden. Dafür werden zwei Simulationsumgebungen verwendet. Im ersten Schritt wird eine Optimierung der zu installierenden Erneuerbaren Energie- und Speichertechnologien auf minimale Systemkosten durchgeführt. Anschließend wird die zu untersuchende Gesamtregion in sechs Regionen unterteilt und eine Jahressimulation der Stromversorgung mit den zuvor in der wirtschaftlichen Optimierung ermittelten zu installierenden Leistungen durchgeführt. Anhand einer groben Betrachtung des Übertragungsnetzes wird die Netzauslastung in der Simulation berücksichtigt.

Mit den Szenarien wird der Ausbaubedarf für eine 100 %-ige Stromversorgung der Region Brandenburg-Berlin aus Erneuerbaren Energien aufgezeigt. Dafür werden knapp 12 GW installierte Wind-, 6 GW Photovoltaikleistung und Speicherkapazitäten in Höhe von rund 800 GWh benötigt. Von den Speicherkapazitäten entfallen nur ca. 5 GWh auf Batteriespeicher, während der Großteil durch Methanspeicher gedeckt wird. Die 100 %-ige Versorgung aus Erneuerbaren Energien wird auf das Jahr 2030 projiziert. Für das Jahr 2020 wird der Ausbaubedarf für eine 80 %-ige Versorgung aus Erneuerbaren Energien dargestellt. Hierfür werden 8,7 GW Wind und 4,5 GW Photovoltaikleistung benötigt. Der Ausbau von Speichern konzentriert sich im 80 %-Szenario auf die Kombination Methanisierung/Gasspeicher. Gasspeicher werden in einer Größenordnung von rund 120 GWh benötigt.



Installierte Leistung Wind, PV, Methanisierung und Speicher bei unterschiedlichem Anteil Erneuerbarer Energie optimiert auf minimale Investitionskosten im Jahr 2020, Kostenszenario 2 mit Begrenzung des PV-Ausbaus

Fossile Kraftwerke müssen auf dem Weg zu einer 100 %-igen erneuerbaren Energieversorgung vor allem flexibel sein, um die stark schwankende Residuallast nach Ausschöpfung aller erneuerbaren Ressourcen brennstoffsparend zu decken. Hierfür können vorrangig bestehende Erdgaskraftwerke zum Einsatz kommen. Ein Weiterbetrieb von Braunkohlekraftwerken, die sich nicht vollständig regeln lassen, bei gleichzeitigem Ausbau und Vorrang Erneuerbarer Energien ist wirtschaftlich nicht realisierbar und ökologisch kontraproduktiv. Zusätzliche Erdgaskraftwerke werden im Alternativszenario 2020 in einer Größenordnung von rund 1000 MW installierter Leistung benötigt, unter der Annahme, dass alle sonstigen bestehenden fossilen Kraftwerkstypen nicht verwendet werden. Erdgaskraftwerke bieten den Vorteil, dass sie auch mit erneuerbar produziertem Methan betrieben werden können und damit eine Investitionssicherheit gegeben ist. Im Rahmen des betrachteten, auf den Austausch zwischen den Teilregionen reduzierten Netzes, traten in der Simulation der alternativen Versorgungsszenarien kleine Engpässe bei den Übertragungskapazitäten bei der Versorgung Berlins auf.

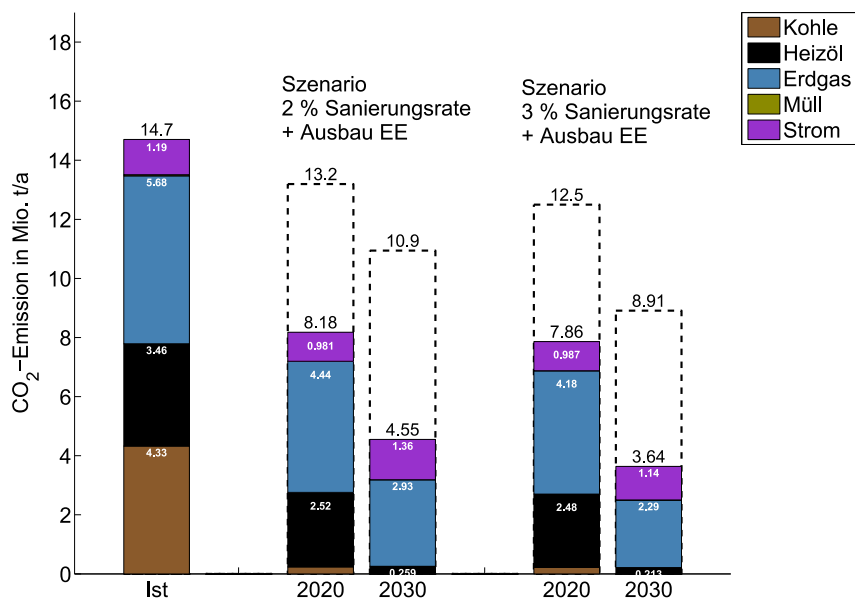


Zusammensetzung der Energiekosten im Jahr 2030, Kostenszenario 2 mit Begrenzung des PV-Ausbaus

Aus den Ergebnissen des ersten Teils der vorliegenden Studie ergeben sich notwendige Maßnahmen, wie z.B. Benchmarks für effiziente Geräte, Flächenausweisungen für Erneuerbare-Energie-Projekte, Maßnahmen zum Umbau des fossilen Kraftwerksparks hin zu Gaskraftwerken als System-Back-Up und das Forcieren vom Pilotanlagenbau im Speicherbereich. Es wird empfohlen, hier öffentliche Planungsprozesse zu wählen, um eine Beteiligung der BürgerInnen zu ermöglichen. Die Studie kann darüber hinaus jedoch nicht zur Bedarfsermittlung des Netzausbaus herangezogen werden, da sie das Gebiet Brandenburg-Berlin als autarkes Versorgungsgebiet betrachtet und damit nicht nur wichtige Übertragungsleitungen in die Nachbarländer, sondern auch Im- und Exporte vernachlässigt.

Der zweite Teil der Studie geht auf die Wärmeversorgung der Region Brandenburg-Berlin ein und zeigt, welche Auswirkungen die Sanierung von Gebäuden und der Einsatz von Erneuerbaren Energien auf die Einsparung von Treibhausgasen haben. Für diese Untersuchung werden die Länder Brandenburg und Berlin als jeweils eine Region betrachtet, da eine differenzierte Datengrundlage zumindest für das Land Brandenburg fehlt und so eine starke räumliche Auflösung, z. B. auf Landkreisebene, nicht stattfinden kann.





Reduzierung des fossilen Primärenergiebedarfs bei Sanierung und zusätzlichem Ausbau Erneuerbarer Energien und anderer klimafreundlicher Wärmeerzeuger, aufgeteilt auf die verursachenden Energieträger (Strom ist separat ausgewiesen; vergleichsweise gestrichelt dargestellt ist der Primärenergiebedarf bei Sanierung als alleinige Maßnahme)

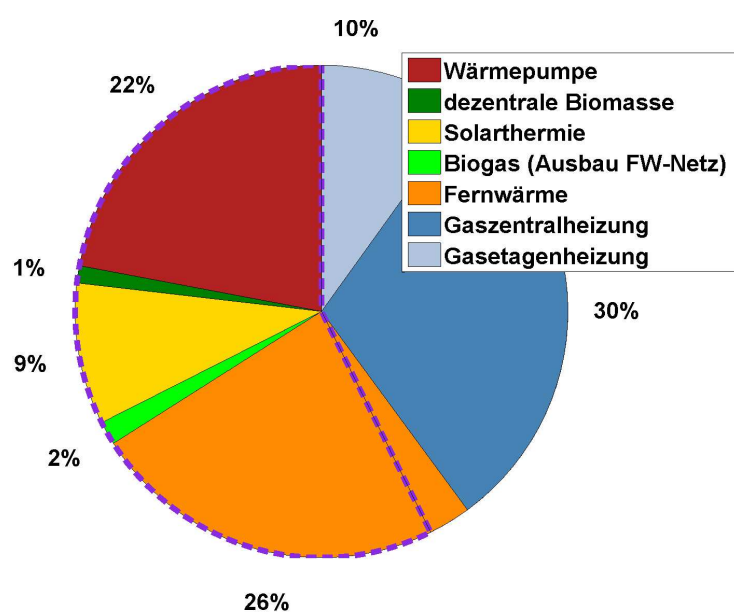
Aus den Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzen des statistischen Landesamtes ergibt sich für die Region Brandenburg-Berlin ein Endenergieverbrauch zur Wärmebereitstellung im Jahr 2008 von rund 260 PJ (72,5 TWh). Der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung der Wohnungen ist, abgesehen von 1 % Biomasseanteil in der Fernwärme (jeweils in Brandenburg und Berlin) und 2,8 % Biomasseanteil in der dezentralen Wärmeversorgung in Brandenburg, bisher so gering, dass er in den betrachteten Statistiken nicht aufgeführt wird. Der Anteil der Wohnungen in Ein- und Mehrfamilienhäusern, die mit Fernwärme versorgt werden, liegt in Brandenburg bei 29 % und in Berlin bei 39 %. Von den Energieträgern, die für die Fernwärmeerzeugung zum Einsatz kommen, hat in Brandenburg die Braunkohle mit 65 % (Erdgas 32 %) und in Berlin das Erdgas mit 45 % (Steinkohle 33 %) den größten Anteil.

Die Simulation der beiden Regionen geschieht auf Basis des stündlichen Verlaufs der Heizlast. Dazu werden Daten zur Gebäudestruktur, zu den Sanierungsständen und den verschiedenen Heizungssystemen benötigt. Die Auswertung der Simulation erfolgt in zwei Schritten. Im ersten Schritt wird die Auswirkung der Gebäudesanierung als alleinige Maßnahme auf die CO<sub>2</sub>-Emission untersucht. Im zweiten Schritt wird untersucht, wie sich der Anteil an Erneuerbaren Heizsystemen auf eine weitere Reduzierung der Emissionen auswirkt.

Bei der Simulation der Wärmeversorgung im Jahr 2030 konnte mit einer Gebäude-Sanierungsrate von 2 % eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 3,8 Mio t/a im Vergleich zum Istzustand gezeigt werden (absolute CO<sub>2</sub>-Emissionen im Istzustand: 14,7 Mio t/a); bei einer Sanierungsrate von 3 % waren es 5,8 Mio t/a. Eine Einsparung von weiteren 6 Mio t/a CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2030 ergab sich durch die Simulation des Szenarios „2 % Sanierungsrate“ mit folgenden Maßnahmen:

Annahme einer Sanierungsrate der dezentralen Heizungen von jährlich 5 %, zusätzliche 700.000 t/a feste Biomasse in der Berliner Fernwärme, Nutzung der Abwärme aus den bestehenden Biogasanlagen Brandenburgs (436 GWh/a) und den zusätzlich vergärbaren Reststoffen Berlins (48 GWh/a), Ersatz aller Kohle-, Nachtspeicher-, Ölelzelheizungen und Ölzentralheizungen jeweils zur Hälfte durch Wärmepumpen und Gasbrennwertkessel, Nutzung der tiefen Geothermie für den gesamten Fernwärmebedarf in Brandenburg und mit 144 GWh jährlich in Berlin, Nutzung der Solarthermie auf 10 % der dafür geeigneten Dachflächen sowie Einsatz des nutzbaren Anteils der Abwärme der mit erneuerbarem Methan betriebenen Backup-Kraftwerke aus dem Stromszenario. Der Anteil der Erneuerbaren Energien läge damit im Jahr 2030 bei 53 % in Brandenburg (mit einer 100 %-igen Fernwärmeversorgung aus Erneuerbaren Energien) und bei 61 % in Berlin.

Die stark dezentrale Struktur im Wärmesektor macht es deutlich schwerer, die vorhandenen Potenziale, im Vergleich zum Stromsektor, zu nutzen. Die Vernetzung von vielen Erzeugern und Verbrauchern führt zu besseren Ausnutzungsraten von Erneuerbaren Energien. In der vorliegenden Studie wurde sowohl die Nutzung des Wärmenetzes wie auch die Nutzung des Stromnetzes, und damit der strombasierten Wärmeerzeuger, für die Einbindung der Erneuerbaren Energien in die Wärmeversorgung berücksichtigt. Hierzu ist jedoch zeitnah eine detaillierte Untersuchung notwendig, welche Systeme für die unterschiedlichen Bedingungen in Zukunft am nachhaltigsten sind. Insbesondere stehen hier systemtechnisch und ökonomisch optimierte Wärmenetze der elektrischen Wärmeversorgung gegenüber. Die Studie geht beispielsweise so weit, die Abwärme der Biogasanlagen (trotz der derzeitigen nicht vorhandenen Möglichkeit, diese Wärme zu nutzen aufgrund fehlender Nah- und Fernwärmenetze) voll einzurechnen; das vorhandene Potenzial der tiefen Geothermie wird jedoch nur im Rahmen des schon bestehenden Wärmenetzes eingebunden.



Anteile der Heizungssysteme am „Jahresheizwärmebedarf der Gesamtregion Brandenburg-Berlin im Jahr 2030, Sanierungsszenario 2 % (gestrichelt dargestellt ist der Anteil Erneuerbarer Energien)“

Abgesehen von dem fernwärmeversorgten Teil ist der Wärmesektor in der Wahl der Energieträger von den Entscheidungen jeder/s einzelnen Hausbesitzerin oder Hausbesitzers abhängig. Um diese in die notwendigen Umstrukturierungen einzubeziehen und zu aktivieren, ist ein verstärkter Einsatz von Fördermaßnahmen und Verordnungen erforderlich. Für ein Szenario, welches eine Umstellung auf Erneuerbare Energien innerhalb der nächsten 30 Jahre anstrebt, bedarf es neben Energieeinsparung durch Dämmung auch der zügigen Umrüstung der Heizkessel auf CO<sub>2</sub>-arme und erneuerbare Energieträger. Die Schlussfolgerung ist ein dringender Bedarf sowohl an Förderprogrammen, als auch an verpflichtenden Verordnungen, die es schaffen, in diesen dezentralen Bereich hinein zu wirken.

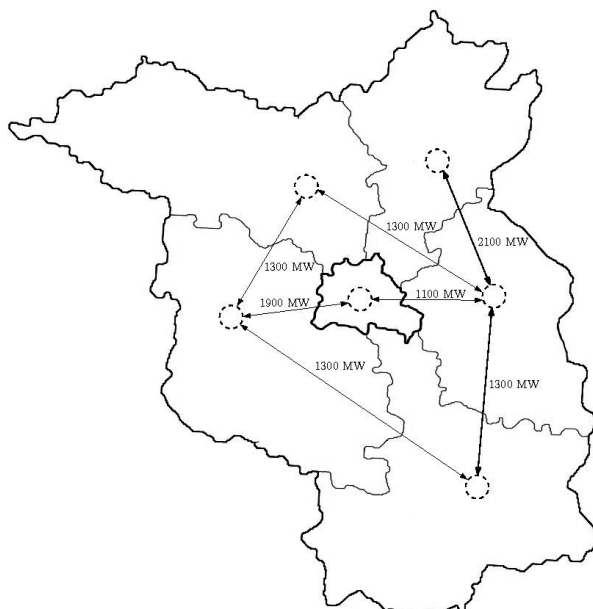
Aus den Recherchen, Analysen und Simulationen der Studie wird deutlich, dass die Potenziale Erneuerbarer Energien der Region Brandenburg-Berlin sehr groß sind. Wichtig ist, die für eine Umstellung auf Erneuerbare Energien notwendigen Maßnahmen ökonomisch zu priorisieren und daraus verbindliche Ziele und damit auch verbindliche Vorgaben zu formulieren.

# ZIELFÜHRENDE MASSNAHMEN UND AUSBLICK

## BEREICH STROM

Die Studie stellt anhand der Simulationen vor allem dar, mit welchem Ausbau der einzelnen Technologien eine Deckung des Strombedarfs mit Erneuerbaren Energien erreicht werden kann. Ob die getroffenen Annahmen und damit die Transformation des Systems eintreten hängt wesentlich von politischen Zielsetzungen und Maßnahmen ab. Die folgenden Maßnahmen, die sich im wesentlichen auf direkt aus dieser Studie abgeleitete Punkte beziehen, sind nur einige Handlungsmöglichkeiten seitens der Politik.

- **Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs:** Die technische Machbarkeit für die Verbrauchsreduktion ist in zahlreichen Studien untersucht und nachgewiesen. In Abschnitt 3.1 wurde bereits ein Beispiel für eine Abschätzung des VDE bei Nutzung aller technischen Potenziale genannt. Hauptsächlich fehlt es derzeit an politischen Instrumenten, die eine Senkung des Elektroenergieverbrauchs vorantreiben. Beispiele für Handlungsmöglichkeiten der Politik sind Toprunner-Modelle, die den Verkauf von energieeffizienten Geräten durchsetzen oder finanzielle Anreize für Investitionen in Energieeffizienz, sowohl bei den Haushalten als auch in der Industrie.
- **Maßnahmen zum Ausbau von Windenergieanlagen und Photovoltaikanlagen:** Gemeinden mit Flächensuche beauftragen und unterstützen. Insbesondere werden Flächen für den Ausbau der Photovoltaik benötigt. Dachflächen sollten hierbei Priorität haben, da hier die Möglichkeit zum Eigenverbrauch und damit einer Entlastung der Netze besteht und keine zusätzlichen Flächen wie bei Freiflächenanlagen beansprucht werden. Eine Möglichkeit, den Photovoltaikausbau auf Dachflächen voranzutreiben, sind auch Solardachkataster, wie sie bereits in Berlin und Potsdam erfolgreich umgesetzt wurden. Aber auch Freiflächen sind notwendig, um die für eine nachhaltige Energieversorgung benötigten Photovoltaikanlagen zu installieren. Die Suche nach Flächen für den Bau von Windkraftanlagen ist nach wie vor zu unterstützen. Ebenso ist der Abbau von Hemmnissen zu befördern. Höhenbegrenzungen für Windstandorte wie auch Befeuervorschriften seien hier stellvertretend genannt. Grundvoraussetzung für den kontinuierlichen Ausbau ist ein Weiterbestehen angemessener Einspeisevergütungen.
- **Netzausbau auf Verteilnetzebene:** Der Netzausbau auf der Verteilnetzebene ist ein weiterer wichtiger Meilenstein, um den Strom aus dezentralen EE-Anlagen, die Priorität vor den zentralen Anlagen haben sollten, ohne Einschränkungen nutzen zu können. Hierfür sind öffentliche Ermittlungsverfahren für notwendige Netzinfrastrukturmaßnahmen zu empfehlen.



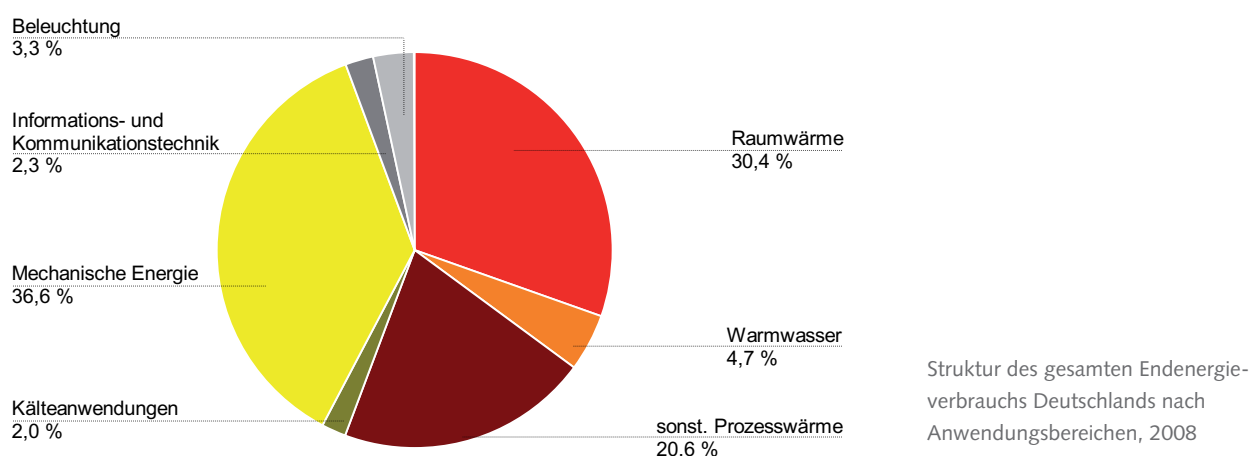
Im Simulationsmodell hinterlegte Übertragungskapazitäten zwischen den Teilregionen

- **Maßnahmen zur Erhaltung der Netzstabilität:** Förderungen des Eigenverbrauchs und der Installation von Speichern zur Lastglättung. Der Eigenverbrauch von erneuerbar erzeugtem Strom entlastet die Übertragungs- und Verteilnetze. Hier sind passende rechtliche Rahmenbedingungen als Anreiz und Sicherheit für VerbraucherInnen und NetzbetreiberInnen erforderlich.<sup>86</sup>
- **Maßnahmen zur Beschleunigung der Markteinführung von Methanisierungsanlagen:** Auch hier muss die Standortsuche in den Gemeinden vorangetrieben werden. Geeignet sind Standorte, an denen sich bereits Speichermöglichkeiten (Erdgasnetz oder Geologie) für das erzeugte Methan befinden und dadurch die vorhandene Infrastruktur genutzt werden kann. Auch machen Methanisierungsanlagen in der Nähe von Biogasanlagen Sinn, um das bei der Stromerzeugung produzierte CO<sub>2</sub> für die Methanisierung zu verwenden. Sinnvoll ist es, zeitnah den Bau von Pilotanlagen der Methanisierung zu forcieren (durch Marktanreizprogramme, evtl. im Rahmen des EEG), um den Lernprozess voranzutreiben.
- **Maßnahmen zur Gestaltung des fossilen Kraftwerksparks:** Die wichtigste Erkenntnis aus der Auswertung aller Szenarien ist, dass die Stromerzeugung durch Erneuerbare Energien nicht durch unflexible Kraftwerke im Netz behindert werden darf. Braunkohle darf nicht als Brückentechnologie erhalten bleiben, sondern es werden verstärkt flexiblere Kraftwerke notwendig. Die Stromerzeugung aus erdgasbetriebenen Kraftwerken parallel zu der aus Erneuerbaren Energien ist als Übergang in eine zukunftsfähige Energieversorgung sinnvoll, da diese Kraftwerke auch für die Stromerzeugung aus erneuerbar gewonnenem Methan einsetzbar sind. Hier muss bei der Planung von Gaskraftwerken der Standort an den zukünftigen Bedarfen des Stromnetzes und an der KWK-Fähigkeit orientiert werden.
- **Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung:** Notwendig für die Transformation ist eine verstärkte öffentliche Diskussion und Möglichkeiten der Beteiligung für die breite Bevölkerung. Dafür sind Planungsgrundlagen und Berechnungen mit allen verwendeten Daten und Annahmen offenzulegen.

## BEREICH WÄRME

Die dargestellten Szenarien geben nur einen kleinen Einblick in die möglichen Berechnungen. Es gibt noch vielfältige Fragestellungen, um die wirkungsvollsten Handlungsfelder zu bestimmen. Eine davon wäre z. B. was eine flächendeckende Anlagenmodernisierung (Standardkessel zu Brennwertkessel) für einen Effekt haben könnte.

Ein wesentliches Problem bei der Betrachtung solcher Variationen ist die unklare Ausgangslage. So lange es keine gesicherte Datenlage zum Bestand gibt, können Effekte nur bezogen auf die erläuterten Annahmen ermittelt werden. Aus den laufenden Erhebungen in den regionalen Planungsgemeinschaften in Brandenburg ist eine erheblich verbesserte Basis von Daten zu erwarten.



Die Effekte, die durch den Ersatz der dezentralen Kohle- und Nachtspeicheröfen entstehen, sind verglichen mit anderen Maßnahmen sehr gering, da der Bestand nicht mehr so groß ist. Ihr Ersatz wird desweiteren durch die Energieeinsparverordnung geregelt, so dass sich hier nur eingeschränkt Handlungsbedarf ergibt. Erwartungsgemäß hat die Gebäudesanierung den größten Effekt gegenüber anderen Einzelmaßnahmen. Die Annahmen der Sanierungsraten von „nur“ 2 % oder 3 % in der Studie basieren auf Beschränkungen aus öffentlichen Diskussionen, die auf die Finanzierbarkeit zurückgehen.

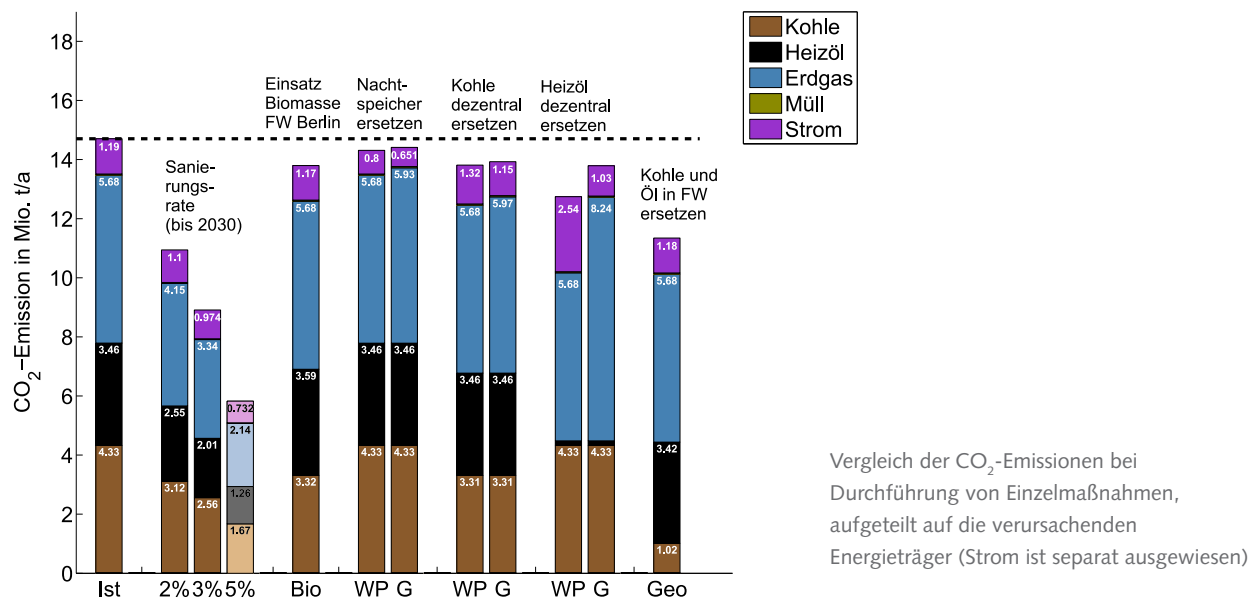
Auch die großen vorhandenen Potenziale der Erneuerbaren Energien insbesondere der Solar- und Geothermie werden in ihrer Nutzung v. a. durch wirtschaftliche Faktoren begrenzt. Der in der Studie angenommene Einsatz von Geothermie für 100 % der in Brandenburg genutzten Fernwärme ist sehr optimistisch, da mit hohen Kosten für die Verbindung der Netze mit den geothermischen Quellen gerechnet werden muss. Das dafür genutzte Potenzial der Geothermie liegt dabei unterhalb der untersten Grenze der Potenzialschätzungen des IÖW<sup>152</sup>.

Die folgenden Vorschläge zu zielführenden Maßnahmen ergeben sich sowohl aus den bisherigen Ergebnisse der Simulation wie auch aus Recherchen und Diskussionen im Rahmen der Erstellung der Studie. An erster Stelle stehen regulierende Maßnahmen der Gesetzgebung und insbesondere auch der Umsetzung schon bestehender Verordnungen. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass die in dieser Studie für 2030 simulierten Umrüstungsmaßnahmen allein durch finanzielle Anreize oder Finanzierungsmodelle realisiert werden können. Vorschläge für eine notwendige Begleitung der regulierenden Maßnahmen finden sich ebenfalls in den folgenden Punkten:

- **Fossile Energieträger in dezentralen Gebäudeheizungen mittelfristig stoppen:** Die Standzeiten von Gebäudeheizungen gehen oft weit über die rechnerischen 20 Jahre hinaus (bis 38 Jahre mit einem Durchschnitt bei 24 Jahren<sup>153</sup>). Um gemäß dem Plan der Bundesregierung eine mind. 85 %-ige Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis 2050 auch im Wärmesektor zu erreichen, müssen zeitnah Verordnungen für dezentrale Gebäudeheizungen durchgesetzt werden. Hier muss der Ersatz und Neubau von Kesseln durch Kessel, die nur auf Basis fossiler Energieträger betrieben werden können, gestoppt werden.
- **Umsetzung der Energieeinsparverordnung (EnEV) und Ausführungsmonitoring:** Bisher ist für den Nachweis der Einhaltung der EnEV eine Ausführungsplanung mit Berechnung notwendig. Ob der Bau tatsächlich entsprechend der Planung ausgeführt ist, wird nicht geprüft (Möglichkeiten bieten hier Materialnachweise über Rechnungen, Fotodokumentationen, vorgeschriebene Baubegleitung durch eingetragene Experten etc.). Im Bestandsbau ist dieses Problem noch gravierender, da die EnEV auch für Maßnahmen greift, die keiner Baugenehmigung bedürfen. Bisher werden Verstöße hier jedoch nicht verfolgt, womit große Einsparpotenziale nicht realisiert werden können. Großflächige Schönheitsanierungen an der Gebäudehülle ohne Wärmeschutzmaßnahmen können öffentlich sichtbar durchgeführt werden ohne rechtliche Folgen zu befürchten. Hier ist dringend Handlungsbedarf notwendig, um die Rechtswidrigkeit und den volkswirtschaftlichen und gesellschaftlichen Schaden solcher Maßnahmen in das Bewusstsein der Bevölkerung zu rücken (Thematisierung in Medien, Vorteile für die NutzerInnen herausstellen, Rechtsprechung öffentlichkeitswirksam bekannt machen etc.).
- **Erhöhung der Sanierungsrate:** Neben der Verbesserung der Sanierungsqualität ist die Erhöhung der Sanierungsrate ein entscheidendes Mittel, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Wärmeerzeugung zu verringern. In dieser Studie wurde keine wirtschaftliche Analyse durchgeführt. Dennoch kann abgeschätzt werden, dass hohe Investitionen benötigt werden, um die notwendige Tiefe der Sanierung zu erreichen. Es wird davon ausgegangen, dass Sanierungsaktivitäten nur erhöht werden können, wenn von staatlicher Seite ein großer Anteil zu den Sanierungskosten beigetragen wird (oder andersrum wirtschaftliche Nachteile oder Sanktionen bei Sanierungsunterlassung drohen). Dabei sollten, wie in den hier beschriebenen Szenarien auch berücksichtigt, Bestandsgebäude mit schlechtem Energiestandard deutlich priorisiert werden. Hier wurden in der Vergangenheit insbesondere Investitionszuschüsse und zinsgünstige Kredite als wirksamstes Mittel eingesetzt.<sup>154</sup> Auch steuerliche Anreize wie Investitionsfreibeträge und Sonderabschreibungen sollten hier weiter diskutiert werden. Insbesondere von der Politik werden dringend auch rechtliche Lösungen für eine faire Verteilung von Kosten und Nutzen im Mietwohnungsbereich erwartet. Ausdrücklich soll unter diesem Punkt auch die Anlagenanierung angesprochen werden, die in vielen Fällen mit geringen Investitionen schon einen Effekt erzielen kann. Neben dem Austausch des Kessels und der Pumpen sollten auch Maßnahmen wie ein Hydraulischer Abgleich und der Einbau von energiesparenden Thermostatventilen massiv in das Bewusstsein der GebäudeeigentümerInnen gebracht werden. Im Anlagenbereich ist zusätzlich zu den genannten finanziellen Maßnahmen auch die Förderung von Contractinglösungen sinnvoll, um Finanzierungsengpässe zu überwinden.
- **Bewusstsein der NutzerInnen:** Wie in Abbildung 34 in Abschnitt 8 beschrieben, steigt mit wachsendem Sanierungsniveau der Einfluss des Verhaltens der NutzerInnen. Die Investitionen in Gebäudesanierungen zur Erreichung geringer Wärmebedarfe lohnen nur bei entsprechenden Verhaltensschulungen. Ebenso können erhebliche Einsparungen über den berechneten Wärmebedarf hinaus durch Verhaltensmaßnahmen erreicht werden. Hier müssen, wie auch schon in den obigen Punkten besprochen, Maßnahmen der Bewusstseinsbildung und Verhaltensänderung diskutiert werden (Medien, Verpflichtungen im öffentlichen Raum etc.).
- **Verstärkte Unterstützung des Einsatzes von stromgeführten Wärmepumpen:** Entsprechend unserer Simulation kommt den Wärmepumpen eine große Bedeutung zu. Diese steigt mit zunehmendem Anteil Erneuerbarer Energie in der Stromversorgung. Laut einer Studie von Ecofys und Prognos können durch eine größere Flexibilität in der Raumsolltemperatur und einem damit verbundenen Einsatz von stromgeführten Wärmepumpen deren CO<sub>2</sub>-Emission in der Größenordnung von 20 % reduziert werden.<sup>155</sup>



- Moderne Fernwärmenetze:** Fernwärmenetze ermöglichen eine zügigere Integration Erneuerbarer Energien in die Wärmeversorgung, da durch sie eine größere Anzahl von Gebäuden versorgt werden und der Nutzungsgrad der Technologien erhöht werden kann. Um die Fernwärmenetze zukunftsfähig zu machen, müssen sie den lokalen Anforderungen angepasst werden. Hier spielt das Temperaturniveau der einspeisenden Technologien eine Rolle und auf der Bedarfsseite die Wärmedichte und die Temperaturanforderungen seitens der versorgten Gebäude. Maßnahmen sind hier z. B. die Kostenreduzierung der Einzelanschlüsse in Gebieten geringer Wärmedichte; Erhöhung der Wärmetransportkapazitäten in Gebieten wachsender Wärmeanforderung (Paraffine, Leitungsausbau); Nutzung moderner Speichertechnik; Integration von Wärme aus solarthermischen Anlagen in Fernwärmenetze; Erhöhung der Anschlussquoten etc. Hier sind auch ordnungsrechtliche Maßnahmen zu sehen, um die Netze für verschiedene Wärmeanbieter zu öffnen sowie ein Überarbeiten der Anforderungen an den Netzausbau mit Blick auf die Reduzierung der Kosten.



- Regional differenzierte Betrachtung der Biomasse:** In der Studie wurde keine Erhöhung des einheimischen Biomasseanteils betrachtet, da das laut Energiestrategie nutzbare Biomassepotenzial Brandenburgs bereits ausgenutzt wird. Hier wird eine regional differenzierte Betrachtung organischer Stoffströme und Flächennutzungen in den Gemeinden empfohlen, um evtl. noch ungenutzte vorhandene Potenziale zu identifizieren. Dabei sollte auch die schon bestehende Nutzung auf Nachhaltigkeit überprüft werden, um hier bei Bedarf Modifikationen zu erarbeiten. Um bisher ungenutzte Wärme aus Biogasanlagen auch für die Wärmeversorgung nutzen zu können, müssen finanzielle Anreize für den Ausbau der Fernwärmenetze diskutiert werden.
- Ausbau tiefe Geothermie:** Die Nutzung der tiefen Geothermie ist auf Fernwärmenetze angewiesen. Neben der Integration geothermischer Wärme in die vorhandenen Netze sollten hier Standorte zur Vergrößerung des Fernwärmeanteils identifiziert und ausgebaut werden. Ein Ersatz fossiler Heizwerke durch den Ausbau des geothermischen Anteils muss mit rechtlichen und fördertechnischen Mitteln begleitet werden.
- Ausbau solarer Anteil an der Wärme:** Das Potenzial solarer Wärmeerzeugung wird erst zu einem Bruchteil genutzt. Hier ist eine Förderung dezentraler Betreiber wichtig. In den Szenarien dieser Studie werden durch die genutzte Solarthermie dezentrale Wärmeerzeuger ersetzt. Durch Einspeisung solarer Wärme in das Fernwärmenetz könnten die Potenziale besser genutzt werden. Deshalb sollten zur Integration der Solarthermie in die Fernwärme Pilotvorhaben in Berlin und Brandenburg angestoßen werden. Auch Regelungen (wie z. B.

in Hamburg), die eine Einspeiseerlaubnis solar erzeugter Wärme in das Fernwärmenetz ab einer definierten Leistung zusichern, sind notwendig. Eine Frage, deren Untersuchung in zukünftigen Studien ansteht, ist die Wahl der effizientesten Systemtechnik zur solaren Wärmeerzeugung. Mit dem Absinken der PV-Modulpreise konkurriert das konventionelle Solarthermiesystem sowohl im Preis wie auch im Platzbedarf mit einer PV-Wärmepumpenkombination.

- **Ausbau von Solarthermie in Kombination mit Erdwärmepumpen:** Zwischen Erdwärmepumpen müssen, aufgrund der sich bildenden Kältefahnen, Mindestabstände eingehalten werden. Durch Kombination mit solarthermischen Anlagen, die ihre Überschüsse über die Wärmetauscher der Wärmepumpen im Erdreich einspeichern, können die Abstände vermindert werden und die Jahresarbeitszahlen des Wärmepumpensystems zusätzlich erhöht werden. Hier gibt es auch die Möglichkeit, solarthermische Anlagen nur für die Regeneration des Erdreiches zu installieren. Diese Solarsysteme können sehr einfach und damit kostengünstig gestaltet werden. Durch Förderung solcher Kombinationen können die Anwendungsbereiche von Erdwärmepumpen vergrößert werden. Die Stromlast kann damit gegenüber dem Einsatz von Luftwärmepumpen erheblich verringert werden.
- **Top-Runner:** Genau wie im Strombereich ist auch hier zu empfehlen, den Einsatz von Anlagen auf die Technologien mit der höchsten Effizienz zu beschränken. Das kann z. B. durch Einführung eines Top-Runner-Programms<sup>156</sup> befördert werden.
- **Kommunikation und Verantwortlichkeit:** Alle diese Lösungsansätze, die zum großen Teil nicht neu sind, müssen kommuniziert werden. Auch in diesem Bereich gibt es viele Projekte und auch erhebliche Fortschritte. Was fehlt ist die Verantwortlichkeit für die Umsetzung der Ziele. Mit dem Einsatz von KlimamanagerInnen kann hier ein großer Schritt zur Umsetzung der lokalen Klimaschutzkonzepte getan werden. Dabei ist darauf zu achten, dass diese mit den nötigen Kompetenzen und der nötigen Unterstützung ausgestattet werden. Auch für die überregionalen Ziele müssen Verantwortlichkeiten für die Umsetzung und das Monitoring geschaffen werden. Um der Bevölkerung den Handlungsbedarf aufzuzeigen und Informationen gezielt weiterzugeben, sind breit angelegte Kampagnen notwendig.
- **Öffentliche Vorbildfunktion:** Eine große Verantwortlichkeit liegt auch im gesamten öffentlichen Raum (inkl. der Bildungseinrichtungen). Wenn hier nicht konsequent Effizienz und Erneuerbare Energien zum Einsatz kommen ist die Botschaft eindeutig „es ist nicht so wichtig“.
- **Zusammenführung der ordnungsrechtlichen Maßnahmen in einem Klimaschutzgesetz,** z. B. in Form eines Artikelgesetzes mit einer Sammlung von Änderungsgesetzen der betroffenen Landesgesetze.

---

<sup>86</sup> NetzbetreiberInnen dürfen z. Zt. nicht mit dem Strom aus Speichern handeln und PV-AnlagenbetreiberInnen haben im Moment noch keine Vorteile aus dem Betrieb von Speichern.

<sup>152</sup> Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (2012)

<sup>153</sup> Kleemann, M. (2006)

<sup>154</sup> Klinckenberg Consultants (2010)

<sup>155</sup> Nabe, Ch. et al. (2011)

<sup>156</sup> „Ein Top-Runner-Programm ist ein politisches Instrument zur Steigerung der Energieeffizienz. Es sieht vor, dass zu einem bestimmten Stichtag eine Marktübersicht beispielsweise über Elektrogeräte erstellt wird. Der Verbrauch der effizientesten unter den gesichteten Geräten wird dann zum Standard für die Branche erhoben, der zu einem gewissen Zeitpunkt in der Zukunft erreicht werden muss, etwa in 5 oder 7 Jahren. Kann ein Hersteller nach Ablauf der Frist nicht die neuen Effizienzstandards erfüllen, so drohen ihm, je nach nationaler Ausgestaltung des Gesetzes, Strafzahlungen oder sogar ein Verkaufsverbot.“ (<http://de.wikipedia.org/wiki/Top-Runner-Programm>)

# INHALTSVERZEICHNIS DER GESAMTSTUDIE

Zusammenfassung .....	3
Abkürzungen .....	10
Abbildungsverzeichnis .....	10
Tabellenverzeichnis .....	13
<b>I. STROMVERSORGUNG DER REGION BRANDENBURG-BERLIN AUF BASIS ERNEUERBARER ENERGIEN .....</b>	<b>17</b>
1. Status Quo der Stromversorgung Brandenburgs und Berlins .....	18
2. Aufbau des Simulationsmodells (Mehr-Knoten-Modell) .....	18
3. Allgemeine Datengrundlagen und Annahmen für die Simulation der Szenarien .....	23
3.1. Energieeinsparung .....	23
3.2. Lastprofil .....	23
3.3. Windenergie .....	25
3.4. Photovoltaik .....	27
3.5. Bioenergie .....	28
3.6. Im- und Export .....	30
4. Entwicklung eines Alternativszenarios unter Berücksichtigung der Investitionskosten .....	31
4.1. Referenzszenario 2020 .....	31
4.2. Alternativszenario 2020 .....	32
4.2.1. Optimierung der zu installierenden Leistungen auf minimale Systemkosten .....	32
4.2.2. Ausgangsdaten für die Simulation des Alternativszenarios im Mehr-Knoten-Modell .....	43
5. Ergebnisse und Auswertung .....	47
5.1. Lastdeckung durch Erneuerbare Energien und Bedarf an fossilen Kraftwerken .....	47
5.2. Leitungsbelastung zwischen den Teilregionen .....	56
6. Zielführende Maßnahmen und Ausblick .....	58
<b>II. WÄRMEVERSORGUNG DER REGION BRANDENBURG-BERLIN AUF BASIS ERNEUERBARER ENERGIEN .....</b>	<b>61</b>
7. Status Quo der Wärmeversorgung Brandenburgs und Berlins .....	62
7.1. Situation in Deutschland .....	62
7.2. Situation in Brandenburg und Berlin .....	63

<b>8. Berechnungs- und Simulationsgrundlagen</b> .....	<b>68</b>
8.1. Ermittlung der Gebäudestruktur und des Heizlastverlaufs .....	68
8.1.1. Haushalte .....	71
8.1.2. Gewerbe, Handel, Dienstleistungen .....	73
8.1.3. Industrie .....	75
8.2. Ermittlung der Heizungssysteme zur Deckung des Heizwärmebedarfs .....	75
8.3. Weitere Datengrundlagen .....	78
<b>9. Simulation von Wärmeversorgungszenarien zur Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen</b> .....	<b>80</b>
9.1. Auswirkungen von Gebäudesanierungsmaßnahmen .....	80
9.2. Erhöhung des Anteils Erneuerbarer Energien und anderer klimafreundlicher Wärmeerzeuger bis 2020 und 2030 .....	84
9.2.1. Auswertung der Szenarien 2020 und 2030 .....	87
9.2.2. Auswertung von Einzelmaßnahmen .....	94
9.3. Gemeinsame Betrachtung der Strom- und Wärmeversorgung am Beispiel von Wärmepumpen .....	96
<b>10. Zielführende Maßnahmen und Ausblick</b> .....	<b>97</b>

Kostenloser Download der vollständigen Studie unter: <http://gruenlink.de/d99>

## **SZENARIOBERECHNUNG**

**EINER STROM UND WÄRMEVERSORGUNG DER REGION BRANDENBURG-BERLIN  
AUF BASIS ERNEUERBARER ENERGIEN**

