BÜNDNIS 90
DIE GRÜNEN
LANDTAGSFRAKTION
SACHSEN-ANHALT

LoggaWiggler / pixabay.com

Lmoerschy / pixabay.com

Gaby Stein / pixabay.com

xuuxuu / pixabay.com

Konzept einer zukunfts-fähigen Energieversorgung

Eine Zukunft mit 100 % Erneuerbaren Energien
Sachsen-Anhalt als Energieexportland

ENKELTAUGLICHE ENERGIEVERSORGUNG FÜR SACHSEN-ANHALT
ENERGIESZENARIO SACHSEN-ANHALT

Liebe Leserin, lieber Leser,

wenn wir die Erde als Lebensraum für den Menschen erhalten und atomare Katastrophen, wie in Tschernobyl und Fukushima, verhindern wollen, dann ist eine Vollversorgung mit Erneuerbaren Energien unabdingbar. Die knapper werdenden fossilen Ressourcen und der Klimawandel lassen uns keine andere Wahl, als auf die regenerativen Energien zu setzen.

100 % Erneuerbare Energien für Strom, Wärme und Verkehr in Sachsen-Anhalt ist deshalb das Ziel, von dem aus wir denken und handeln wollen. Aber wie ist das zu realisieren? Wie können wir die Energieversorgung im Land vollständig aus den Erneuerbaren Energien Wind, Sonne, Biomasse, Erdwärme und Wasserkraft decken? Reichen die Flächen in Sachsen-Anhalt, um bilanziell den Bedarf an Lebens- und Futtermitteln und Energiepflanzen bei einer ökologisch-nachhaltigen Anbauweise zu decken? Kann das relativ dünn besiedelte Land Ballungsräume mitversorgen?

Mit diesen zentralen Fragen haben wir uns intensiv auseinandergesetzt.

Basierend auf zahlreichen aktuellen wissenschaftlichen Studien, der rasanten Entwicklung der Erneuerbaren Energien und Praxisbeispielen aus Sachsen-Anhalt sowie dem ganzen Bundesgebiet, hat eine Arbeitsgruppe der grünen Landtagsfraktion zusammen mit Experten das vorliegende 100 %-Erneuerbare-Energien-Szenario für Sachsen-Anhalt erstellt.

Eine wichtige Grundlage unserer Arbeit sind die Erfahrungen aus den bereits zusammen mit interessierten BürgerInnen erarbeiteten regionalen Energieszenarien. Wir betrachten Sachsen-Anhalt, weil wir hier auf der Landesebene direkte Einflussmöglichkeiten haben, um im Jahr der entscheidenden Weltklimakonferenz 2015 in Paris den Weg aufzuzeigen, wie wir lokal am globalen Ziel eines UN-Klimaabkommens, die Erderwärmung auf 2 °C zu begrenzen, mitwirken können.

Das Ergebnis des grünen Energieszenarios kann sich sehen lassen: Eine 100-prozentige Energieversorgung Sachsen-Anhalts durch Erneuerbare Energien ist möglich! Und nicht nur das: wir sind durch unsere Berechnungen zu dem Ergebnis gekommen, dass wir in Sachsen-Anhalt rund doppelt so viel Energie regenerativ erzeugen können, wie wir selbst brauchen. Auf diese Weise können – und müssen – wir die Ballungsräume mitversorgen. Denn anders ist eine 100 % regenerative Energieversorgung für ganz Deutschlands gar nicht möglich.

WIR WOLLEN DIE ENERGIEWENDE VOM ZIEL HER DENKEN

Eine 100 % Erneuerbare Energieversorgung kann nicht von heute auf morgen umgesetzt werden. Wichtig ist aber, dass wir uns mit den Ergebnissen des Szenarios der enormen Herausforderungen bewusst werden und jetzt die richtigen Entscheidungen treffen, um Investitionen in fossile Infrastrukturen, die wir schon bald gar nicht mehr brauchen, zu vermeiden. Denn mit einer Vollversorgung durch Erneuerbare Energien werden neue Braunkohlekraftwerke, überdimensionierte Erdgaskraftwerke und das unterirdische Verpressen des klimaschädlichen Kohlendioxids – wie die heutige Landesregierung sie planen – überflüssig.

Unser Szenario stellt das Potenzial der Erneuerbaren Energien realistisch dar, da wir mit realen Energieerträgen und seriösen Effizienzsteigerungen gerechnet haben. Wir haben zur Verfügung stehende oder bereits erprobte Techniken zugrunde gelegt. Unter Berücksichtigung des zukünftig angenommenen Energiebedarfes haben wir uns für die Nutzungspfade und die Aufteilungen der Erneuerbaren entschieden, die wir als am effizientesten berechnet und als ökologisch vertretbar bewertet haben.

Das vorliegende Szenario stellt aber nur eine Variante von mehreren dar und beschreibt insbesondere die Potentiale. Es ist noch kein Umsetzungskonzept mit konkreten Maßnahmen und kann die vielfältigen nötigen Detailplanungen vor Ort nicht ersetzen.

Mit unseren grünen Vorschlägen möchten wir einen Blick in die Zukunft werfen und die Energiewende vom Ziel her denken. Das erlaubt uns schon heute in die richtige Richtung zu gehen und die politische Willensbildung entscheidend zu beeinflussen. Wir Grünen wollen, dass Sachsen-Anhalt Vorreiter bei der Energiewende wird und so wichtige Grundlagen für die zukünftige Entwicklung des Technologie- und Wirtschaftsstandortes Deutschland legen.

Sachsen-Anhalt hat mit zahlreichen Herstellern, Pionieren und Forschungsinstitutionen aus dem Bereich der Erneuerbaren Energien die Möglichkeit, aus einem dünn besiedelten ostdeutschen Flächenland einen der innovativsten Standorte für das Zukunftsfeld der Erneuerbaren Energien in Europa zu machen. Sowohl die Produktion von Windrädern und Solarmodulen, als auch die optimale Vernetzung und Regelung eines landesweiten Erneuerbaren Energiesystems unter Einbindung innovativer Speichertechnologien, bieten entscheidende Zukunftschancen. Erstmalig betrachten wir auch die Chemieindustrie als einen wichtigen Partner der Energiewende: wir entwickeln neben der Betrachtung von Strom und Wärme auch die Synthese von innovativen Kraftstoffen aus Strom, CO_2 und Wasser. Damit geben wir einen Ausblick, wie auch die traditionsreichen Chemiestandorte in Sachsen-Anhalt sich langfristig auf die Verarbeitung von 100 % Erneuerbaren Energien und Rohstoffen umstellen können.

Wir würden uns freuen, die Schritte für eine Vollversorgung mit Erneuerbaren Energien mit Ihnen gemeinsam weiter zu entwickeln.

Prof. Dr. Claudia Dalbert MdL, Fraktionsvorsitzende

Dorothea Frederking MdL, energiepolitische Sprecherin

Braunkohletagebau: zerstörerisch für die Region – Dörfer und Natur müssen weichen

DIE AKTUELLE ENERGIEPOLITISCHE SITUATION IN SACHSEN-ANHALT: AM SCHEIDEWEG ZWISCHEN BRAUNKOHLE UND 100 % ERNEUERBAREN

Es ist uns wichtig, die Energiewende vom Ziel her zu denken, weil wir so Fehlinvestitionen in alte fossile Infrastrukturen vermeiden und stattdessen das Geld von privater wie öffentlicher Hand in die Energiezukunft lenken können.

Heute haben wir die Chance dazu, denn die in Deutschland in den Jahrzehnten nach dem zweiten Weltkrieg gebauten alten fossilen Kraftwerke sind erneuerungswürdig, viele erreichen das Ende ihres technischen Lebensalters. Daher stehen so oder so Neuinvestitionen an – aber in was wollen wir investieren? Diese Frage ist von strategischer Bedeutung, da große Investitionen in Kraftwerke und Stromleitungen rund 40 Jahre lang abgeschrieben werden. Investieren wir heute in das Falsche, können wir die selbst gesteckten Klimaziele bis zur Mitte des Jahrhunderts nicht erreichen.

Die jetzige Landesregierung schlägt mit ihrem Energiekonzept 2030 nicht nur die weitere Nutzung der Braunkohle vor, sondern den Neubau eines Braunkohlekraftwerkes in Profen und den Aufschluss eines neuen Tagebaus in Lützen. Um die Braunkohle gegenüber anderen Energien zu bevorzugen, schrieb die sächsische Landesregierung sogar an die Bundesregierung, um Braunkohlestrom von der EEG-Umlage zu befreien.

Energiepolitische Fehlplanungen, die Bündnis 90/Die Grünen ablehnen:

- Neubau eines Braunkohlekraftwerkes in Profen
- Neuerschließung eines Braunkohletagebaues in Lützen
- Bau von Stromleitungen zum Export von Braunkohlestrom
- Bau überdimensionierter Gaskraftwerke an einzelnen Standorten

Daher:

- Keine Genehmigung neuer Braunkohletagebaue
- Verhinderung der Abbaggerung weiterer Dörfer für die Braunkohle
- Abbau der umweltschädigenden Braunkohlesubventionen statt Ruf nach mehr
- Kein Neubau von Braun- oder Steinkohlekraftwerken

Bild: Astrid Schneider, Berlin

AUF 100 % ERNEUERBARE ENERGIEN AUSGERICHTETE LANDESPOLITISCHE ENTSCHEIDUNGEN ZUR ENERGIEPOLITIK DIE BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN FORDERN

- Ausweisung von 2 % der Landesfläche für die Windenergienutzung
- Landesplanerische Begünstigung und gesonderte EEG-Ausschreibungen für ein Repowering im Sinne des BürgerInnen, um Windenergieanlagen an ungünstigen Standorten abzubauen und in Eignungsgebieten neue zu errichten
- Förderung des nachhaltigen Biomasseanbaus mit Wildblumen statt Mais, auch durch Anerkennung als ‚Greening'-Maßnahme bei der EU
- Förderung der Elektromobilität durch eine offene, transparente und zugängliche Lade-Infrastruktur
- BürgerInnenfreundlicher Ausbau des ÖPNV auch in der Fläche
- Musterhafte energetische Sanierung von Liegenschaften der öffentlichen Hand
- Investitionen in das Stromnetz der Zukunft in Verbindung mit intelligenter Technik, wie Lastmanagement und innovativen Speichern
- Einsatz für ein Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), welches den Ausbau der Erneuerbaren Energien beschleunigt statt ihn abzubremsen
- Zukunft für BürgerInnenenergie: das EEG sowie weitere Gesetze müssen so gestaltet werden, dass auch in Zukunft BürgerInnen, Genossenschaften und kleine Unternehmen in Erneuerbare Energien investieren können.

POTENTIALSTUDIE: ANSATZ UND METHODE

Das vorliegende Szenario ermittelt auf wissenschaftliche Art und Weise das Energiepotential der erneuerbaren Energien einerseits und die Möglichkeiten zur Energieeinsparung andererseits. Es ist eine so genannte „Potentialstudie", welche die Energiemengen ermittelt: Reichen die Erneuerbaren Energien aus Sachsen-Anhalt tatsächlich, um unseren gesamten Energiebedarf für Strom, Wärme, Verkehr und Industrieprozesse zu decken? In der Tat, es reicht und zwar sogar doppelt: wir können nicht nur unser eigenes Bundesland, sondern auch noch anteilig die deutschen Ballungszentren mitversorgen.

Zur Berechnung des Szenarios „100 % Erneuerbare Energien für Sachsen-Anhalt" haben wir eine Arbeitsgruppe aus Politik und Forschung gebildet, in welcher Dorothea Frederking als energiepolitische Sprecherin der Landtagsfraktion von Bündnis 90/Die Grünen im Landtag von Sachsen-Anhalt zusammen mit Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt als Wissenschaftler und Astrid Schneider als Energieexpertin – gemeinsam mit weiteren Fachleuten – das Szenario Schritt für Schritt entwickelt haben. In Beratung mit internen und externen Fachleuten wurde so das vorliegende Energiekonzept als belastbares Zahlengerüst geschaffen.

NUTZUNG EINER SOFTWARE FÜR REGIONALE ENERGIEKONZEPTE

Gearbeitet wurde mit der von Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt speziell zur Berechnung regionaler Energiekonzepte an der Ostfalia Hochschule in Wolfenbüttel entwickelten Software „100prosim". Die Software ist im Wesentlichen eine sehr komplexe Excel-Datenkalkulation, in welcher die Ergebnisse und Kennzahlen verschiedener aktueller wissenschaftlicher Studien zu Einsatzmöglichkeiten, Wirkungsgraden, Ertragswerten und ökologischer Verträglichkeit heute verfügbarer Technologien zur Gewinnung Erneuerbarer Energien hinterlegt worden sind. Durch diese Instrumentalisierung des Wissens zum aktuellen Stand der Technik kann für angegebene Flächen der Energieertrag für verschiedene Erneuerbare-Energien-Technologien berechnet werden. Ebenso kann der aktuelle Energieverbrauch einer Stadt, eines Landkreises oder eines Bundeslandes eingegeben und anhand realistischer Faktoren sowie im zeitlichen Zielhorizont des Szenarios eingespart werden.

Bild: Astrid Schneider, Berlin

FLÄCHENANSATZ: BERECHNUNG VON REGENERATIVER ENERGIEERZEUGUNG ÜBER DIE ZUR VERFÜGUNG STEHENDE FLÄCHE

Erneuerbare Energien sind aber dezentral „auf der Fläche" anfallende Energien, es sind so genannte „Flächenkraftwerke". Die Sonne schickt uns zwar mehr Energie, als wir verbrauchen können – wir haben aber nicht unendlich viel Fläche, um diese einzusammeln. Die uns zur Verfügung stehende Landesfläche von Sachsen-Anhalt - genau 20.451,58 km² - steht daher im Zentrum unserer Betrachtung.

Die regenerative Energieerzeugung wird dabei immer über die für die jeweilige Technologie im Szenario zur Verfügung gestellte Fläche berechnet. Als erster Schritt werden in der Software die Basisdaten der Landesfläche Sachsen-Anhalts gemäß der Regionalstatistik eingetragen:

- Gebäude- und Freiflächen (4,3 %)
- Agrarflächen (61,7 %)
- Wald (24,5 %)
- Verkehrsflächen und Sonstige (9,5 %)

Die bereits zur regenerativen Energieerzeugung genutzten Flächen werden entsprechend als aktueller Status eingetragen. Aus diesen vorhandenen Flächen werden die geeigneten Flächen zur Solar- und Windenergienutzung oder zur Biomassegewinnung abgeleitet.

INTEGRIERTE BETRACHTUNG DES ENERGIEBEDARFES: STROM, WÄRME UND ANTRIEBE

Es geht uns darum, in einem integrierten Erneuerbaren Energiesystem die Erzeugung unseres gesamten Energiebedarfes durch Erneuerbare Energien anzuschauen. Dieser wird unterschieden in den Bedarf an:

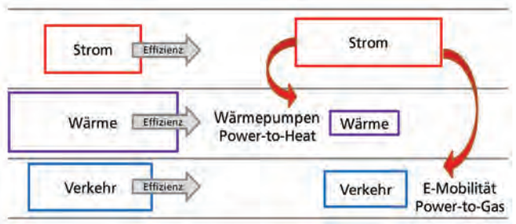
- Elektrizität
- Niedertemperaturwärme
- Prozesswärme
- Antriebe

NEUE TECHNOLOGIEN: UMSTELLUNG AUF STROM ALS NEUE PRIMÄRENERGIEQUELLE

Eine sehr wichtige Umstellung für die zukünftige Energieversorgung ist, dass viele heutige Verbrennungsprozesse entfallen. Basis der heutigen Energieversorgung ist die Verbrennung fossiler Energien:

- von Kohle oder Gas im Kraftwerk zur Stromerzeugung
- von Benzin im Motor des Autos zur Erzeugung von Antriebsenergie
- von Gas und Öl im Heizkeller zur Erzeugung von Wärme

Die Prozesse zur fossilen Strom- und Krafterzeugung haben eines gemeinsam: sie sind sehr uneffizient. So haben selbst die neusten Gaskraftwerke nur einen Stromwirkungsgrad von rund 55 %. Automotoren sind besonders uneffizient: im Stadtverkehr fahren viele Autos nur mit Motor-Wirkungsgraden von rund 15 %. Das heißt, dass rund 85 % des getankten Benzins „verheizt" wird und gleich durch den Auspuff wieder raus geht.



Verbindung zwischen Strom, Wärmeerzeugung und Verkehrsbereich

Einen großen Teil des heutigen Strombedarfes können wir direkt aus erneuerbar erzeugtem Strom decken. Auch hier sparen wir mindestens 50 % der bisher notwendigen Primärenergie alleine bei der Energiebereitstellung. Niedertemperaturwärme wollen wir vorwiegend mit Wärmepumpen decken. Bei geschickter Nutzung erzeugen wir mit der Wärmepumpe rund drei Mal mehr Wärme, als wir Strom einsetzen, da wir die Umweltenergie mit einbeziehen und nutzen.

Durch die Vermeidung von Verbrennungsprozessen zur Stromerzeugung spielt die Kraft-Wärme-Kopplung in unserem Szenario keine große Rolle mehr, denn sie wird heute vor allem eingesetzt, um den schlechten Wirkungsgrad bei der Verbrennung fossiler Energien wie Gas oder Kohle zur Stromerzeugung durch die Nutzung von Abwärme zu verbessern. Da Strom in unserem Szenario weitgehend direkt erzeugt und genutzt wird, entfällt auch der entsprechende Anteil der Abwärmenutzung.

MITVERSORGUNG VON BALLUNGSRÄUMEN: DER „SOLIDARANSATZ“ ERNEUERBARE ENERGIE ALS EXPORTGUT

100 % Erneuerbare Energien aus der Region für die Region ist für uns „nur“ ein Zwischenschritt. Sachsen-Anhalt kann, wird und muss ein Exportland für Erneuerbare Energien bleiben, wenn Deutschland sich zukünftig zu 100 % mit Erneuerbaren Energien aus der eigenen Landesfläche versorgen will. Auch heute ist Sachsen-Anhalt bereits ein Stromexportland, allerdings wird vorwiegend Braunkohlestrom verkauft. Das wollen wir ändern. Zukünftig soll Erneuerbare Energie aus Sachsen-Anhalt die regionale Wirtschaftskraft stärken.

AUCH BERLIN BRAUCHT ENERGIE

Sachsen-Anhalt ist ein ländlich geprägtes Flächenland und hat mit relativ geringer Besiedelung pro Fläche gegenüber den Städten den Vorteil, viel Erneuerbare Energie erzeugen zu können. Wenn wir 100 % Erneuerbare Energien wollen, stehen wir auch in der Verantwortung, andere mitzuversorgen. Für Sachsen-Anhalt mit seinen 2.313.280 EinwohnerInnen heißt das, aus den hiesigen Flächen doppelt soviel Menschen mit Energie zu beliefern, insgesamt 4.681.444 BürgerInnen. Die durchschnittliche Bevölkerungsdichte in Deutschland liegt bei 226 EinwohnerInnen pro Quadratkilometer, die in Sachsen-Anhalt bei 109 Einwohnern pro Quadratkilometer. Wir haben in unserem Szenario daher einen „Solidaransatz“ für die Flächennutzung angenommen und wollen die Ballungsräume anteilig mit Erneuerbarer Energie, Lebensmitteln und Futtermitteln aus Sachsen-Anhalt mitversorgen. Damit erschließt sich für das Land gleichzeitig eine neue Einnahmequelle.

Sachsen-Anhalt kann einen wichtigen Teil der Energieversorgung beispielsweise für Berlin mit übernehmen, denn in Großstädten wie Berlin gibt es nur in einem sehr beschränkten Umfang geeigneten Platz für die großflächige Energiegewinnung mittels Windkraft oder Biomasse. Sie werden auch in einer erneuerbaren Zukunft auf die Energieversorgung und Nahrungsmittel aus dem Umland angewiesen sein.

MIT DEM/DER BÜRGERIN PLANEN: IN WORKSHOPS ZUM ENERGIEKONZEPT IN LAND UND REGION

Die Energiewende kann nur zusammen mit dem/der BürgerIn gelingen. Daher haben wir in einem ersten Schritt in mehreren Workshops zusammen mit interessierten BürgerInnen regionale Energieszenarien für folgende Regionen erarbeitet:

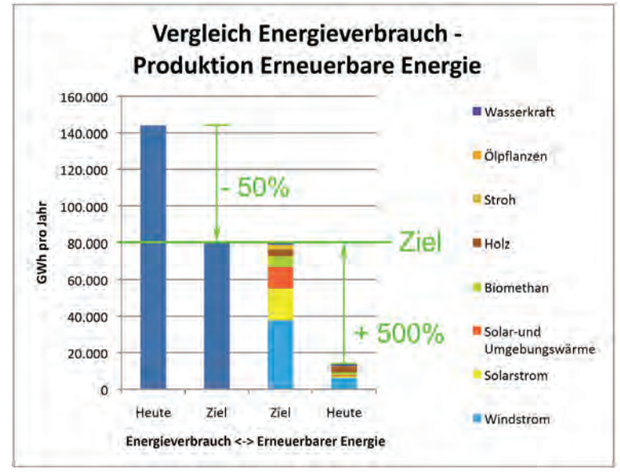
- Altmark
- Burgenlandkreis
- Salzlandkreis
- für die regionale Planungsgemeinschaft Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg

Die Ergebnisse dieser Regionalszenarien und die Ideen, Anregungen und Bedenken, welche die BürgerInnen auf diesen Workshops geäußert haben, sind in das Landesszenario für Sachsen-Anhalt eingeflossen und finden sich in den entsprechenden Festlegungen und Überlegungen in den einzelnen Kapiteln wieder.

Grafik S. 6: Fraunhofer IWES – Studie ‚Geschäftsmodell Energiewende‘, Kassel 2014
Grafik S. 7 oben: Berlin - Quelle Daten: Simulation Szenario mit 100prosim, Hans-H. Schmidt-Kanefendt, Ostfalia Hochschule
Grafik S. 7 unten: Simulation Szenario mit 100prosim, Hans-H. Schmidt-Kanefendt, Ostfalia Hochschule

DAS ENERGIESZENARIO IM ÜBERBLICK: 50 % SPAREN, 50 % REGENERATIV GEWINNEN

Das grüne Energieszenario für eine 100%ige Energieversorgung aus Erneuerbaren Energien hat eine relativ einfache Grundaussage: Wir können rund die Hälfte der heute verbrauchten Energie durch intelligente moderne Technik einsparen und die andere Hälfte regenerativ gewinnen. Sachsen-Anhalt ist und bleibt dabei ein Energieexportland, da es als Flächenland Energie für rund doppelt so viele Einwohner gewinnen kann.



Vergleich Energieverbrauch – Produktion Erneuerbare Energie heute und 2050

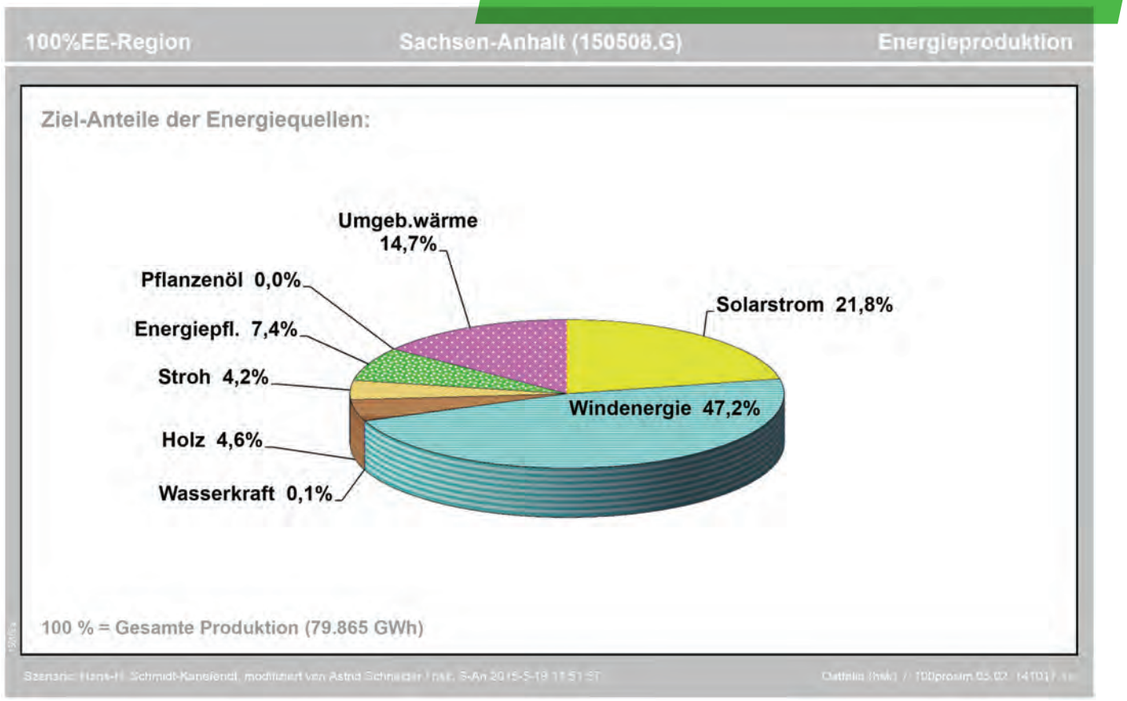
50 % SPAREN, 50 % REGENERATIV GEWINNEN

Wir können rund die Hälfte unseres heutigen Verbrauches einsparen. Die Erzeugung von Energie aus Erneuerbaren Quellen erhöhen wir um 500 %, so dass wir den halbierten Bedarf decken können.

Wenn wir uns in Deutschland insgesamt zu 100 % regenerativ aus der eigenen Fläche mit Energie und Nahrung versorgen wollen, brauchen wir eine Reduktion des Energiebedarfes um rund 50 %. Neben der Gebäudedämmung, effizienteren Geräten und Industrieprozessen können wir gerade beim Verkehr durch moderne Technik mit wesentlich weniger Energie unser Ziel erreichen. So lässt sich beim Verkehr, vor allem durch die Umstellung auf effizientere Elektroantriebe, eine Einsparung von rund 70 % erzielen. Zusätzlich können wir durch verbesserte Logistik und Stadtplanung gleichzeitig Verkehrsleistung reduzieren und Komfort steigern. Bei der Wärme können wir durch Gebäudedämmung rund die Hälfte einsparen.

Und auch bei den heutigen Stromanwendungen und der Prozesswärme können wir den Energiebedarf durch modernere Geräte und effizientere Technologien um rund ein Drittel mindern. Diesen steten technischen Fortschritt erlebt jeder bei seinem Kühlschrank, der Waschmaschine und dem neuen Fernseher oder Computer.

Windenergie stellt mit rund 47,2 % den größten Anteil der Erneuerbaren Energie bereit, gefolgt von Solarstrom, Biomasse (Energiepflanzen, Stroh, Holz) sowie Solar- und Umgebungswärme.



Windenergie stellt mit rund 47,2 % den größten Anteil der Erneuerbaren Energie bereit, gefolgt von Solarstrom, Biomasse (Energiepflanzen, Stroh, Holz) sowie Solar- und Umgebungswärme.

FLÄCHENPOTENTIALE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN IM SZENARIO

Unser Ziel ist es, die Potenziale, aber auch die Grenzen der vorhandenen Flächen zu ermitteln. Die Regionalstatistik ergibt folgendes Bild der vorhandenen Flächen:

Es werden die Flächen für Landwirtschaft, Wald sowie Gebäude- und Freiflächen unterschieden. Wir wollen alle Flächenanteile wie bisher belassen, nur anteilig für die Gewinnung der Erneuerbaren Energien nutzen.

GEBÄUDE- UND FREIFLÄCHEN

Gebäude- und Freiflächen umfassen eine Gesamtfläche von 87.949 ha, darunter sind 36.744 ha Wohngebiete und 18.740 ha Gewerbegebiete. Enthalten sind darin neben den überbauten Flächen auch Parkplätze, Grünanlagen, Gärten, Hof- und Betriebsflächen. Straßen und Plätze zählen nicht dazu, sonder fallen statistisch unter Verkehrswege. Das Flächenpotential der Gebäude wollen wir für die Solarenergie nutzen, besonders geeignet sind die Dächer. Möglich sind aber auch Freiflächenanlagen, zum Beispiel als Parkplatzüberdachungen oder auf alten Militärgeländen und Müllkippen. Insgesamt 13.368 Hektar haben wir für die Gewinnung von Solarenergie eingeplant. Das sind rund 15 % der Gebäude- und Freiflächen. Damit erzeugen wir 17.379 GWh Strom, das macht 21,8 % der erzeugten regenerativen Energie im Szenario aus. Auch einen großen Anteil der Umgebungswärme in Höhe von 14,7 % des Energieverbrauches kann durch die erwärmte Luft, die solare Abwärme unter den Solardächern gewonnen werden. Genutzt wird für die Gewinnung und Speicherung von Umweltwärme auch der Boden unter den Gebäuden mit Hilfe von Erdsonden, man spricht hierbei von oberflächennaher Geothermie. Auch die direkte Benutzung thermischer Sonnenkollektoren ist möglich.

DER WALD

Der Wald nimmt 500.980 ha Fläche ein und wird heute bereits nahezu vollständig forstwirtschaftlich genutzt. Selbst in Naturschutzgebieten sind heute nur wenige Kernzonen ganz von der forstwirtschaftlichen Nutzung ausgenommen. Wir wollen zukünftig entsprechend der Naturschutzziele des Bundes 5 % der Waldfläche als Wildnis ganz der Natur überlassen. Aus der restlichen Fläche nutzen wir unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit und des Naturschutzes einen Anteil von 30 % des jährlich zuwachsenden Holzes für energetische Zwecke. Das ist weniger als heute und macht insgesamt nur 4,6 % der Erneuerbaren Energie aus, die wir im Szenario erzeugen.

100%EE-Region | Sachsen-Anhalt (150508.G) | Flächen

Gesamtfläche Region	ha	Nutzungsart (1. Ebene)	Status ha	%	Ziel ha	%	Veränderung ha	%	Nutzungsart (2. Ebene)	Status ha	%	Ziel ha	%	Veränderung ha	%
Sachsen-Anhalt	2.045.029	FL1 Gebäude-& Freiflächen	87.949	4,3	87.949	4,3	0	0,0	FL1.1 Solar-Dachflächen	849	1,0	5.277	6,0	+4428	521,7
									FL1.2 Solar-Freiflächen	0	0,0	8.091	9,2	+8091	-
		FL2 Agrar-Flächen	1.261.821	61,7	1.261.821	61,7	0	0,0	FL2.1 Getreide (Stroh)	581.210	46,1	581.210	46,1	0	0,0
									FL2.2a Energie-Pfl. Biogas	42.750	3,4	227.128	18,0	+184378	431,3
									FL2.2b Äquiv.Fl.Rest-Stoffe Biogas [1]	0	0,0	14.859	1,2	-	-
									FL2.3 Öl- &Ethanol-Pfl. (energet.)	100.236	7,9	0	0,0	-100.236	-100,0
									FL2.4 Agr.-Fl. ohne energet. Nutz	537.625	42,6	453.483	35,9	-84.142	-15,7
		FL3 Wald	500.980	24,5	500.980	24,5	0	0,0	FL3.1 Forst-wirtschaft	500.980	100,0	475.931	95,0	-25.049	-5,0
									FL3.2 Waldfl. ohne forstwirt. Nutz	0	0,0	25.049	5,0	+25049	-
		FL4 Sonstige	194.279	9,5	194.279	9,5	0	0,0							
									FL5.1 Wasserkraft, Geothermie	2.045.029	100,0	2.045.029	100,0	0	0,0
									FL5.2 Windpark-Fl. Onshore	16.680	0,82	67.486	3,30	+50806	304,6
									FL5.3 Windpark-Fl. Offshore [2]	58	0,00	13.899	0,68	+13841	23906,2

[1] Äquivalent der durch Rest- und Abfallstoff-Verwertung vermiedenen Energiepfl.-Anbaufläche
(2) Offshore-Flächenangabe als Onshore-Äquivalent (vermiedene Onshore-Windpark-Fläche)

Flächennutzung heute und im Szenario

DIE AGRARFLÄCHE

Die weitaus größte Fläche ist die Agrarfläche: mit 1.261.821 Hektar Fläche nimmt sie 61,7 % der Landesfläche ein. In unseren Flächenberechnungen gehen wir davon aus, die gesamte Landwirtschaft auf ökologischen Landbau umzustellen. Das mindert die Flächenerträge, aber ist gut für die Gesundheit von Mensch und Umwelt.

- Von den Agrarflächen werden heute bereits 142.986 ha für Energie- und Ölpflanzenanbau genutzt. Wir wollen die Fläche für Energiepflanzen auf 227.128 ha erhöhen. In einem Paradigmenwechsel wollen wir aber ausschließlich Wildpflanzen für Biogas und Energiepflanzen im Ökolandbau anbauen. So ergibt sich ein sehr wesentlicher Unterschied: statt Mais- und Raps-Monokulturen, die langfristig den Böden und der Biodiversität schaden, wollen wir Wildpflanzenmischungen anbauen, die einen hohen ökologischen Wert haben. Statt des Einsatzes von Düngemitteln und Pestiziden, die zudem für den Landwirt jährlich hohe Kosten verursachen, sollen in ökologischem Landbau mit Fruchtfolgen Substrate für Biogasanlagen gewonnen werden. Die Wildpflanzen-Strategie wird seit 2008 in einem groß angelegten Feldversuch des Bundeslandwirtschaftsministeriums erprobt und mit Daten hinterlegt. So ist es möglich bei halbierten Hektarerträgen gegenüber heutigen Mais-Monokulturen umso wertvollere Energie zu gewinnen. Der Anbau von Ölpflanzen wie Raps erfolgt nur noch innerhalb der übrigen landwirtschaftlichen Flächen, wenn der Raps als Futtermittel benötigt wird. Als Nebenprodukt kann dann direkt Pflanzenöl zum Betrieb von Traktoren und anderen landwirtschaftlichen Maschinen erzeugt werden. Für die großen Potentialströme spielt das jedoch keine Rolle. Über Biogas gewinnen wir 7,4 % unserer Erneuerbaren Energie. Eine ebenso wesentliche Rolle spielt der 40%ige CO_2-Anteil im Biogas. Durch ein Trennverfahren können wir das CO_2 abscheiden. Hieraus synthetisieren wir, durch Nutzung des Stroms aus Sonne und Wind, wertvolle flüssige Treibstoffe für den Schwerlast- und Flugverkehr. Das im Trennverfahren übrig bleibende Methan ersetzt das fossile Erdgas.
- Auf den übrigen Ackerflächen wird Getreide angebaut. Einen Teil des Strohs verwenden wir energetisch, das liefert 4,2 % der Energie.
- Auf dem Acker stehen auch die Windenergieanlagen. Insgesamt benötigen wir 67.486 ha Windparkflächen. Diese Flächen werden in Regionalplänen als Windeignungsgebiete ausgewiesen. Das Windrad selbst nimmt jedoch nur einen Bruchteil der Fläche als Betriebsgelände, mit dem Fuß sowie mit Zuwegen, ein. Wege auf dem Land werden zudem nicht versiegelt und meist mehrfach genutzt, auch zur Bewirtschaftung der Äcker oder als Wanderwege. Rund 5 % der Agrarflächen würden zukünftig mit Windanlagen geteilt. Wo es sinnvoll erscheint, können auch Waldflächen mit Wald-Monokulturen (Fichten-/Kiefernwälder) für die Windenergie genutzt werden. Vom Flächenpotential her kämen wir jedoch auch mit den Agrarflächen aus. Mit den Windrädern erzeugen wir 47,2 % der gesamten Energie für unser 100 % Erneuerbare-Energien-Szenario.

Grafik S. 8: Simulation Szenario mit 100prosim, Hans-H. Schmidt-Kanefendt, Ostfalia Hochschule
Bild S. 9: Katrin Baustmann / pixabay.com

GEWINNUNG VON WINDENERGIE

Sachsen-Anhalt ist ein erstklassiger Standort für Windenergie: es hat im Vergleich der Bundesländer sowohl gute Winderträge, als auch einen großen Anteil geeigneter Flächen und ist heute bereits ein Spitzenreiter der Windstromerzeugung in Deutschland.

Im Herbst 2014 sind laut Bundesnetzagentur in Sachsen-Anhalt Windräder mit einer Leistung von 4.164 Megawatt installiert, die rund 7.000 Millionen Kilowattstunden Strom pro Jahr produzieren. Das ist bereits über ein Drittel des heutigen Strombedarfs des Landes.

WINDKRAFT ALS HAUPTENERGIEQUELLE IM SZENARIO

Windenergie stellt in unserem Energieszenario die Hauptenergiequelle dar, mit 47,2 % soll Strom aus Windkraft rund die Hälfte der zukünftigen Energie liefern. Der Windstrom deckt dabei nicht nur den heutigen Strombedarf, sondern liefert auch Energie für Wärme, Verkehr und Industrieanwendungen. Im Rahmen des Solidaransatzes, der vorsieht über den eigenen Energiebedarf hinaus die deutschen Ballungszentren anteilig mitzuversorgen, wollen wir insgesamt 37.724 Millionen Kilowattstunden Windstrom pro Jahr erzeugen. Diese Winderzeugungskapazitäten wollen wir über einen längeren Zeitraum von rund 30 Jahren schrittweise aufbauen. Dabei haben wir den Offshore-Windstrom anteilig eingerechnet.

BEDEUTEND MEHR WINDSTROM MIT NUR WENIG MEHR WINDRÄDERN

Im Laufe dieses Planungszeitraumes werden die heutigen kleineren Windräder durch modernere größere ersetzt. Das ist sehr wichtig, weil auch im Bereich der Windkraft der technische Fortschritt enorm ist und wir zukünftig mit einem großen Windrad so viel Strom erzeugen können, wie mit 10 Windrädern, die heute 10 Jahre alt sind.

In höheren Luftschichten weht der Wind schneller, ein Grund hierfür ist, dass die Rauigkeit der Erdoberfläche durch Bäume und Häuser die Windgeschwindigkeit in den bodennahen Luftschichten bremst. Je höher Windräder gebaut werden können, umso mehr Energie können sie pro Rotorfläche aus dem Wind gewinnen, rund 1 % mehr pro Meter Turmhöhe. Baut man den Turm einer Windanlage statt 100 Meter 140 Meter hoch, so kann man rund 30 % mehr Energie mit demselben Windrad erzeugen. Die schnellere Windgeschwindigkeit fließt aber nicht nur linear sondern exponentiell in die Energieausbeute ein. Der Wind weht zudem öfter und gleichmäßiger, daher steigt zusammen mit der Energiemenge auch die Anzahl der so genannten Volllaststunden von rund 1.700 heute auf rund 3.000 bis 4.000 bei modernen Anlagen, auch im Binnenland. Das macht die Stromproduktion gleichmäßiger und entlastet auch das Stromnetz. Größere Rotoren in höheren Luftschichten erzeugen so ein Vielfaches an Energie – verglichen mit ihren kleinen Vorfahren.

Der folgende Überblick[1] illustriert das:

80 m Gesamthöhe: 60-m-Turm/40-m-Rotor = 1 Mio. kWh
100 m Gesamthöhe: 65-m-Turm/70-m-Rotor = 2 Mio. kWh
135 m Gesamthöhe: 100-m-Turm/70-m-Rotor = 3 Mio. kWh
150 m Gesamthöhe: 100-m-Turm/100-m-Rotor = 5 Mio. kWh
180 m Gesamthöhe: 140-m-Turm/80-m-Rotor = 6 Mio. kWh
200 m Gesamthöhe: 140-m-Turm/120-m-Rotor = 10 Mio. kWh
235 m Gesamthöhe: 160-m-Turm/150-m-Rotor = 20 Mio. kWh

1 Mio. kWh = 1 Million Kilowattstunden ist das gleiche wie 1 Gigawattstunde = 1 GWh

Im Jahr 2012 haben in Sachsen-Anhalt gemäß Angaben des Bundesverbandes für Energie- und Wasserwirtschaft 2.451 Windräder mit 3838 Megawatt installierter Leistung rund 6.263 Millionen Kilowattstunden Windstrom erzeugt. Pro Windrad wurden also durchschnittlich rund 2,5 Millionen Kilowattstunden erzeugt (= 2,5 Mio. kWh). Das entspricht dem Alter der Anlagen: über 700 der heute Strom produzierenden Windräder in Sachsen-Anhalt sind vor dem Jahr 2002 errichtet worden. Damals wurden wesentlich kleinere Windräder gebaut als heute, solche die nur rund eine Million Kilowattstunden pro Jahr erzeugen.

[1] Quelle: Jörg Müller, ENERTRAG AG
Bild: Holger Langmaier / pixabay.com

UNSERE ANNAHMEN ZUR WINDKRAFT IM SZENARIO

In unserem Szenario gehen wir davon aus, dass in den kommenden 30 Jahren Windräder gebaut werden, die durchschnittlich zwischen 8 und 14 Millionen Kilowattstunden Strom pro Jahr erzeugen. Heute werden bereits Windanlagen geplant, die 140 Meter Nabenhöhe haben und einen Rotor, der zwischen 120 und 140 Meter Durchmesser hat. Solche Windräder mit 3-4 MW Leistung erzeugen im Jahr rund 10 Millionen Kilowattstunden. Der Trend geht jedoch in den kommenden Jahren zu noch etwas größeren Windrädern. Wir rechnen daher, dass zukünftige Windräder im Durchschnitt eine Gesamthöhe von rund 210 Metern haben werden und mit einer Leistung von 4 MW rund 11 Millionen Kilowattstunden pro Jahr erzeugen.

Um insgesamt, wie im Szenario vorgesehen, pro Jahr zu 31.281 Millionen Kilowattstunden Windstrom Onshore zu produzieren, bräuchten wir also rund 2850 Windräder. Das sind nur rund 250 Windräder mehr als heute, sie würden aber pro Windrad fünf mal so viel Windstrom erzeugen, da sie rund zweieinhalb mal so hoch sein werden wie die bestehenden älteren Anlagen. Die restliche Windkraft für die Mitversorgung der Ballungszentren käme aus Offshore Windenergieanlagen.

Aufbau von Windenergieanlagen

VORHANDENE UND ZUKÜNFTIG BENÖTIGTE FLÄCHEN FÜR DIE WINDKRAFT

Heute belegen Windräder in Sachsen-Anhalt rund 1 % Fläche außerhalb von Vorrang- und Eignungsgebieten und rund 0,9 % Landesfläche innerhalb von Vorrang- und Eignungsgebieten, insgesamt rund 40.000 Hektar Land. Bei dieser Flächenangabe sind alle Abstandsflächen zwischen Windrädern mit einbezogen, Flächen, die heute vorwiegend für Landwirtschaft genutzt werden oder mit Naturräumen belegt sind. Die eigentlichen Standflächen der Windräder belegen nur einen minimalen Anteil der ausgewiesenen Windflächen.

Wenn wir in die Zukunft schauen, so werden die von uns vorgesehenen 2.850 leistungsstarken Windkraftanlagen rund 67.486 Hektar Windeignungsgebiete benötigen. In diese Fläche eingerechnet sind die größeren Abstände, die höhere Windräder untereinander brauchen, um sich nicht gegenseitig den Wind aus den Segeln zu nehmen. Je nach Gegebenheiten rechnet man optimalerweise mit dem fünffachen Rotordurchmesser als Anlagenabstand. In Nebenwindrichtung wird von manchen Entwicklern auch nur mit 3-4 Rotordurchmessern Abstand geplant. Bis auf den eigentlichen Anlagenfuß und die Erschließungswege kann die gesamte Fläche zwischen den Anlagen landwirtschaftlich oder mit anderen Vorhaben genutzt werden.

Für einen weiteren Ausbau der Windenergie in Sachsen-Anhalt sollte die Landespolitik klare und bindende Vorgaben für die Planungsregionen machen, damit diese Flächen ausweisen, die den Landeszielen bei der Gewinnung Erneuerbarer Energien entsprechen.

Bis zum Jahr 2040 werden in unserem Szenario rund 3,3 % der Landesfläche für die Windenergie benötigt. Das ist weniger als ein Drittel der Flächen, welche ohne Restriktionen für die Windenergie geeignet sind.

Die Flächen für die Windkraft wollen wir schrittweise ausweisen, um immer wieder unsere Energiestrategie zu überprüfen, an den neusten Stand von Wissenschaft und Technik anzupassen und mit dem/der BürgerIn zu besprechen.

Bild: Astrid Schneider, Solar Architecture, Berlin

GEWINNUNG VON SOLARENERGIE UND UMWELTWÄRME

Solarenergie ist die zweitgrößte Energiequelle in unserem Szenario für 100 % Erneuerbare Energien in Sachsen-Anhalt. Solarenergie wird heute durch zwei Technologien genutzt, mit:

- Solarmodulen, die Sonnenlicht in Strom umwandeln, diese Technik wird auch Photovoltaik genannt (Photo = Licht und Volt = Spannung)
- Sonnenkollektoren, die Sonnenlicht in Wärme umwandeln, diese Technik wird auch Solarthermie genannt (Solar = Sonne und Thermie = Wärme = Sonnenwärme)

In unserem Energieszenario spielt vor allem die solare Stromerzeugung eine große Rolle bei der Energieerzeugung und Flächennutzung.

KRAFT-WÄRME-GEKOPPELTE SOLARMODULE FÜR SOLARSTROM UND SONNENWÄRME

Sonnenkollektoren zur solaren Wärmeerzeugung haben wir flächenmäßig nicht extra ausgewiesen, da wir davon ausgehen, dass solare Strom- und Wärmeerzeugung insbesondere auf den Dächern zusammen wachsen: in Kraft-Wärme gekoppelten Solarmodulen. Solarmodule erwärmen sich und geben – wenn sie ins Dach integriert sind – die Wärme an die Luftschicht hinter den Solarmodulen ab. Diese Abwärme können wir ebenfalls nutzen. Da wir beim Heizen stark auf Wärmepumpen setzen, haben wir die Technologie, um Wärme niederer Temperatur zu nutzen bereits im Haus.

SOLARTHERMIE ZUR VERSORGUNG VON NAHWÄRMENETZEN

Überall dort, wo wir die winterliche Wärme nicht mit Wärmepumpen, sondern mit Verbrennungsprozessen von Holz und Gas in Blockheizkraftwerken erzeugen, sind Sonnenkollektoren eine sehr interessante Technologie. Dafür müssen die Sonnenkollektoren nicht unbedingt in einzelne Gebäude integriert sein, sondern können auch ‚zentral' angeordnet sein und Nahwärmesysteme versorgen. Solche größeren Solaranlagen weisen heute sehr gute Preise auf: schon für rund sechs Cent die Kilowattstunde kann man so Solarwärme erzeugen. Das geht mit Flachkollektoren ebenso wie mit Vakuumröhrenkollektoren. Auch bei solchen Systemen können Langzeitspeicher zum Einsatz kommen, damit das Blockheizkraftwerk immer nur dann eingesetzt wird, wenn es eine „Dunkelflaute" ohne Wind und Sonne gibt. Auch die Kombination mehrerer Wärmeerzeuger zum Beispiel von solar thermisch betriebenen Nahwärmesystemen mit BHKW's für die ‚Dunkelflaute' und mit Heizstäben, die Stromüberschüsse aus Windspitzen direkt in Wärme umwandeln kann interessant sein.

PHOTOVOLTAIKANLAGEN ZUR SOLAREN STROMERZEUGUNG

Große Flächen brauchen wir vorrangig für die solare Stromerzeugung: 21,8 % unserer gesamten Erneuerbaren Energie erzeugen wir im Szenario mit der Sonne. Dafür wollen wir insgesamt 13.368 Hektar Solarmodulfläche nutzen, das sind nur 0,65 % der Gesamtfläche Sachsen-Anhalts.

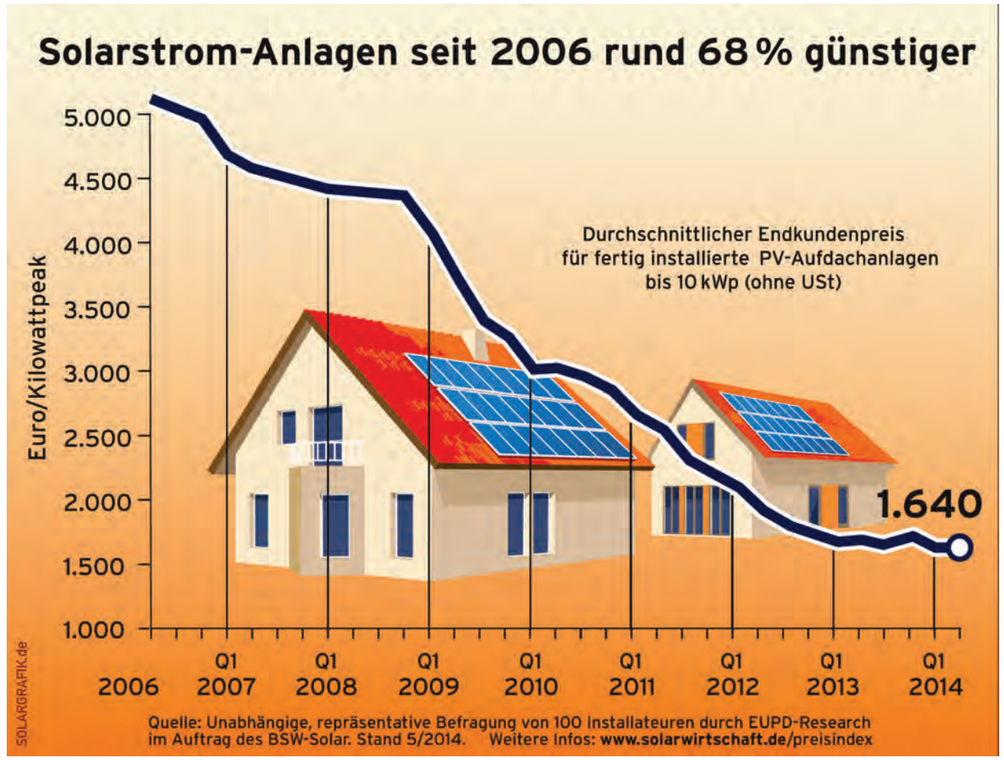


Bild S. 12: Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW) – www.solarwirtschaft.de
Bild S. 13: view7 / photocase.com

Heute erzeugen Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von 1805 Megawatt (MW) bereits 1648 Gigawattstunden (GWh) Solarstrom in Sachsen-Anhalt. Wir wollen diese Leistung gut verzehnfachen und 17.379 GWh Solarstrom im Jahr erzeugen.

SOLARSTROM AUS DEM DACH UND VOM PARKPLATZ

Die Flächen für die Nutzung der Sonnenenergie finden wir vor allem auf dem Dach, an der Fassade und auf Parkplätzen. Sowohl die Dächer privater Häuser, als auch die öffentlicher Gebäude sind geeignet. Und auch Gewerbegebiete bieten große Potentiale: insbesondere Industriehallen sind perfekt geeignet für die Nutzung der Solarenergie. Viele Parkplätze können wir zukünftig überdachen, auch auf Gewerbehöfen.

VORTEILE DER INTEGRATION VON SOLARANLAGEN IN GEBÄUDE

Die Integration von Solaranlagen in Gebäude hat viele Vorteile:

- Kein zusätzlicher Flächenbedarf
- Keine weitere Flächenversiegelung oder andere Eingriffe in die Natur sind notwendig
- Unterkonstruktion und Stromleitungen sind schon vorhanden
- Abwärmenutzung ist möglich
- Energieerzeugung direkt beim Verbraucher
- Integration mit Wärme- und Verkehrsenergiebedarf
- Schutz vor Diebstahl und Vandalismus durch Einbau

SOLARPARKS AUF KONVERSIONSFLÄCHEN

Sehr gut geeignet für die Solarenergienutzung auf Freiflächen sind auch ehemalige Militärflächen, so genannte militärische Konversionsflächen. Sie sind häufig chemie- oder munitionsverseucht und daher nicht für eine land-/forstwirtschaftliche Nutzung geeignet. Erst die wirtschaftliche Nutzung durch Solarparks ermöglicht die SÄuberung und Rehabilitierung dieser Flächen. Ohne das Geld von privaten Investoren wäre es für betroffene Kommunen in der Regel nicht möglich, verseuchte Flächen zu renaturieren. Ehemalige sowjetische Truppenübungsflächen in Ostdeutschland sind oft bis heute unsaniert und werden erst jetzt im Zuge der Energiewende von Munition und Bodenbelastungen befreit.

GEWINNUNG VON SOLAR- UND UMGEBUNGSWÄRME

Ein großer Teil der auf die Erde treffenden Solarstrahlung wird von Gras, Bäumen, Gebäuden und Straßenflächen absorbiert und direkt in Wärme umgewandelt. Auch einen Teil dieser Umweltwärme wollen wir nutzen.

Dazu stehen uns drei Quellen zur Verfügung:

- Die Luft – Umgebungswärme
- Der Boden – oberflächennahe Geothermie
- Solarmodule und Sonnenkollektoren als direkte Wandler von Sonnenenergie in Wärme

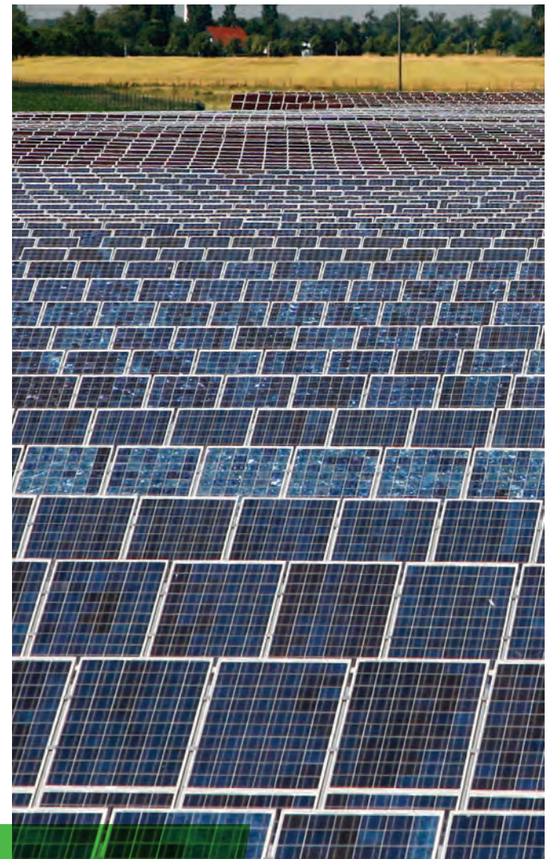
Zusätzlich können wir durch eine geeignete Gestaltung der Architektur, insbesondere durch eine passende Ausrichtung der Fenster, die Solarstrahlung auch ‚passiv-solar' nutzen. Dabei fangen wir die Sonne direkt ein und nutzen sie als Raumwärme. Diese Gewinne berechnen wir nicht extra im Szenario. Sie sind bereits bei den geringen Energieverbräuchen berücksichtigt.

Weit verbreitet sind heute drei Varianten zur Nutzung der Solar- und Umgebungswärme:

- Sonnenkollektoren zur Bereitung von Warmwasser und zur Heizungsunterstützung
- Wärmepumpen, die an Erdpfähle oder ein Erdregister angeschlossen sind
- Wärmepumpen, welche die Umgebungsluft nutzen

SOLARMODULE ALS DACHEINDECKUNG STATT ZIEGEL

Wenn man die Solarmodule als Dachhaut nutzt, statt sie über vorhandene Ziegeldächer zu setzen kann man die erwärmte Luft aus der Luftschicht zwischen Solarmodulen und Dachfolie absaugen und als Quelle für die Wärmepumpe nutzen. Möglich ist es auch, mit Hilfe eines Luft-Wasser-Wärmetauschers im Hochsommer die Solarwärme aus dem Solardach zu nutzen, um Erdregister oder Erdsonden zu regenerieren. Dadurch erhöht sich der Wirkungsgrad der Wärmepumpe merklich. Eine dritte ebenfalls sehr attraktive Möglichkeit ist es, die Solarwärme in einen großen Wärmespeicher zu leiten.



WÄRMEPUMPEN

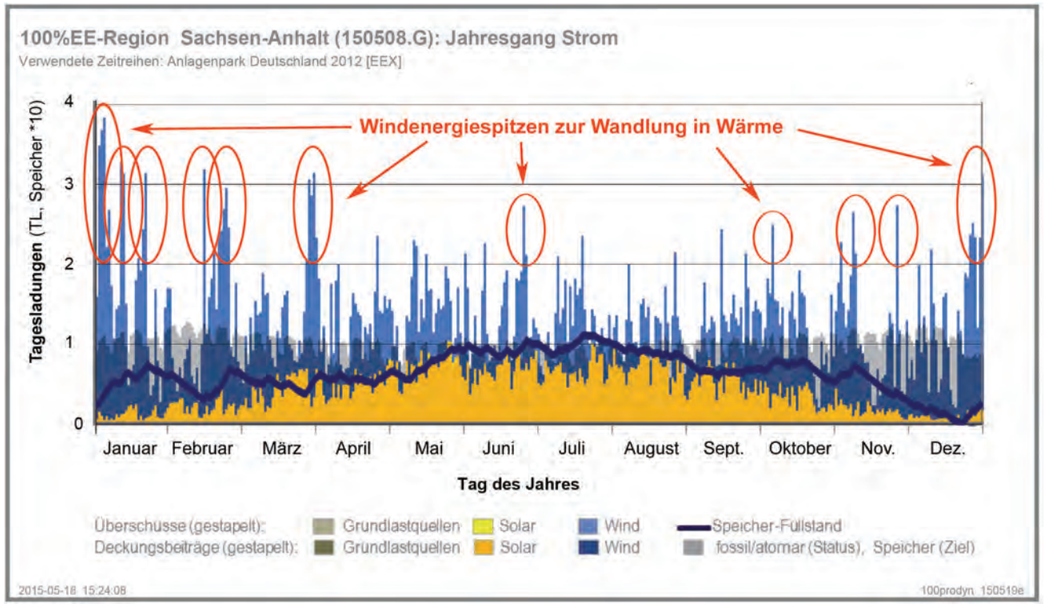
Wärmepumpen haben die Eigenschaft durch mechanische Arbeit – also unter dem Einsatz von Strom – Wärme geringer Temperatur von zum Beispiel nur 5-15 °C auf ein höheres Temperaturniveau von 30-70 °C zu heben. So kann auch Wärme aus dem Erdreich, dem Wasser oder aus der Umgebungsluft genutzt werden, um Wärme für Warmwasser und Heizung bereit zu stellen. Der Vorteil liegt dabei darin, dass man aus einer Kilowattstunde Strom zum Betrieb der Wärmepumpe rund drei Kilowattstunden Wärme machen kann. Mit dem besten Wirkungsgrad arbeiten Wärmepumpen, wenn sie ein warmes Medium als Ausgangsbasis haben und nur zu einer nicht allzu warmen Temperatur „heben" müssen. Die Abwärme unter einem Solardach kann daher optimal genutzt werden. Da wir bei unserem Szenario einen großen Teil der Niedertemperaturwärme für Heizung und Warmwasser mit Wärmepumpen bereiten, gehen wir davon aus, dass Sonnenkollektoren und Solarmodule langfristig verschmelzen: zu kraft-wärmegekoppelten Solardächern. Wenn man ohnehin bereits große Solarstromflächen und Wärmepumpen benutzt, ist immer genügend Solarwärme vorhanden.

WÄRMESPEICHER ALS IDEALE ERGÄNZUNG FLUKTUIERENDER STROMERZEUGER

Der ideale Partner für Wärmepumpen und fluktuierende Stromerzeuger ist der Wärmespeicher. Er hilft uns gleich doppelt: zum Austarieren unserer fluktuierenden Stromerzeuger Wind und Sonne und zur Deckung unseres Wärmebedarfes. Als Langzeitwärmespeicher kommen zum Beispiel Erdsonden in Betracht: im Sommer kann man das Erdreich erwärmen, im Winter wieder abkühlen, indem man die Wärme mit Hilfe der Wärmepumpe wieder entnimmt. Wir können allerdings in eng besiedelten Gebieten nicht zu viel und nicht überall auf diese Technologie zurückgreifen. Einen noch geringeren Eingriff stellen schlichte Wärmespeicher dar.

Frühere Konzepte gingen davon aus, in riesigen Tanks direkt Wärme von 90 °C vom Sommer in den Winter zu speichern. Dafür waren sehr große teure Tanks erforderlich. Wenn wir aber nur Wärme mittlerer Temperatur für ein bis vier Wochen speichern wollen, verringert sich der Aufwand ganz erheblich. In der Kombination von Wärmepumpen und im Winter regelmäßig anfallender größerer Mengen an ‚Überschussstrom' können wir unserer Systeme optimieren: wir nutzen den Windstrom mit Hilfe der Wärmepumpe für die Wärmeerzeugung. So können wir unseren Wärmespeicher immer wieder aufladen. Insgesamt 2.948 GWh Windstrom müssten wir abregeln, wenn wir sie nicht in die Wärme verschieben würden, daraus können wir rund 7.000 GWh Wärme erzeugen, das ist mehr als ein Drittel unseres Heizenergiebedarfes. Im Gegensatz zur Stromspeicherung ist die Wärmespeicherung preiswert.

Solarstromgewinnung auf dem Dach und an der Fassade – auch beim Altbau attraktiv



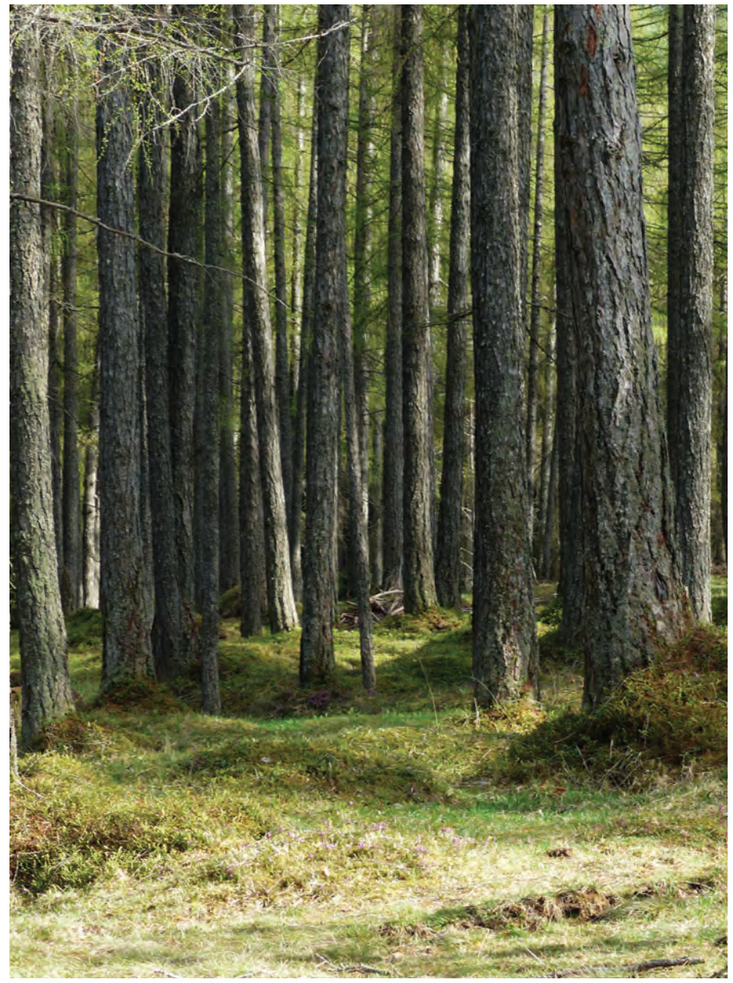
Windspitzen treten gerade in den Wintermonaten sehr häufig auf und können in Wärme für Heizenergie umgewandelt werden

GEWINNUNG VON BIOENERGIE

HOLZ

Der Wald wird heute nahezu vollständig bewirtschaftet, auch in Naturschutzgebieten wird zuwachsendes Holz entnommen. Von der heutigen Waldfläche sollten aus unserer Sicht nur 95 % wirtschaftlich genutzt werden, auf 5 % der Fläche sollte keine Forstwirtschaft mehr betrieben werden, damit sie sich entsprechend den Naturschutzzielen der Bundesregierung wieder als reine Wildnis entwickeln kann. Statt heute 51 % wollen wir nur noch rund 30 % des jährlichen Zuwachses als Energieträger nutzen, 70 % soll stofflich genutzt werden, für den Haus- und Möbelbau oder in der Bioraffinerie für die Herstellung neuer Rohstoffe für die Chemieindustrie, weil diese Anwendungen werthaltiger und zudem ein langfristiger CO_2-Speicher sind.

Pro Hektar gibt es im Jahr einen Holzzuwachs von ca. 7 Tonnen. Auch unter Berücksichtigung des für die Bodenqualität notwendigen Verbleibs von Totholz im Wald rechnen wir mit 5,3 Tonnen Holz pro Hektar die jedes Jahr geerntet werden können. Trockenes Holz hat einen Heizwert von durchschnittlich 4,3 kWh/kg und kann bei einem guten feuerungstechnischem Wirkungsgrad von 89 % eine Endenergie von rund 20,2 MWh/ha liefern. Die Gesamtenergiemenge, die wir so aus dem Wald nutzen wollen, beträgt 3695 GWh pro Jahr.



Bei der Holznutzung reduzieren wir die Verwendung in Kraftwerken und bei den privaten Heizungen und schichten unsere Potentiale auf die Industrie um, da diese teils Prozesse wie die Stahlherstellung hat, die einen kohlenstoffhaltigen Energieträger erfordern.

Moderne Holzheizkraftwerke erreichen einen elektrischen Wirkungsgrad von 35 % und eine ebenso große Wärmeauskopplung. Die Heizkraftwerke sollen vorrangig in den Wintermonaten zum Einsatz kommen und Nah- oder Fernwärmenetze beliefern. Durch den Einbau von Wärmespeichern können sie auch zum Ausgleich der fluktuierenden erneuerbaren Energien beitragen.

STROH

Das in Sachsen-Anhalt vorhandene Getreidestrohpotenzial ist heute noch nicht erschlossen, dabei kann es fossile und biogene Rohstoffe ohne einen zusätzlichen Flächenbedarf ersetzen.

Auf der Hälfte der Agrarfläche wird heute Getreide angebaut – daran wollen wir nichts ändern. Auf diesen etwa 580.000 ha fallen jährlich 5 t Getreide pro Hektar an, die 2,9 Mio t Stroh/Jahr liefern. 70 % davon werden als Einstreu für die Tierhaltung und als Humusbildner auf dem Acker genutzt. Wir schlagen vor 30 % für die Energiebereitstellung zu nutzen. Der Heizwert von Stroh ist mit 4 kWh/kg etwas schlechter als der von Holz und die Verbrennungstechnik schwieriger und ineffizienter, so dass mit nicht mehr als 15,1 MWh/ha pro Jahr Energieertrag gerechnet werden kann.

Wir setzen den Brennstoff vorwiegend zur Herstellung von Prozesswärme in der Industrie ein. Durch gezielte Förderung aller Komponenten der Strohverwertung kann die thermische Nutzung noch weiter entwickelt werden, so könnte Stroh auch pelletiert werden. Entsprechende Anlagen sollten stets unter Gesichtspunkten einer Transportoptimierung und unter Berücksichtigung einer regionalen Kreislaufwirtschaft geplant werden.

Bild S. 14, oben rechts: Astrid Schneider, Solar Architecture, Berlin
Grafik S. 14, unten mitte: Simulation Szenario mit 100prosim, H.-H. Schmidt-Kanefendt, Ostfalia Hochschule und Astrid Schneider, Berlin
Bild S. 15: Hans Braxmeier / pixabay.com

INNOVATION UND VERÄNDERUNG BEI BIOMASSE UND REGENERATIVEM TREIBSTOFF

Wildpflanzenmischung zur Gewinnung von Biogas

Im Fokus der öffentlichen Debatte um Bioenergie steht oft zuerst die Frage, ob wir uns eine Energiegewinnung aus Biomasse angesichts des Flächenbedarfs für unsere Nahrungsmittelproduktion überhaupt leisten können? Und wie können wir die Vermaisung der Landschaft stoppen? Diese Fragen haben die BürgerInnen in den Workshops zu den Regionalszenarien am meisten interessiert und besorgt. Im Bereich der Biomassegewinnung und Biomassenutzung sehen wir in der Tat einen großen Veränderungsbedarf gegenüber der bestehenden Praxis. Gleichzeitig bahnt sich hier auch ein großer Innovationsschub an, beflügelt durch die neuste Forschung. Während solare Stromerzeugung und Windkraft bereits sehr weitgehend entwickelt sind, sind im Bereich der Biomasse neue Technologien zur Herstellung von flüssigen Treibstoffen aus regenerativem Strom von Wind und Sonne in Kombination mit CO_2 aus Biomasse auf dem Weg. Diese neuen Technologien sind weitaus umweltverträglicher und wesentlich höher im Flächenertrag als der bisherige Anbau von Biomasse zur direkten Gewinnung von flüssigen Biotreibstoffen, wie Raps als Ölpflanze und Mais oder Zuckerrüben zur Ethanolherstellung.

Gleichzeitig besteht ein dringender Bedarf an einer Re-Ökologisierung der Biomasseproduktion selbst. So forschen seit 2008 eine ganze Reihe staatlicher Institutionen, zwischenzeitlich in der dritten Förderperiode, im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft, in Zusammenarbeit mit dem Bundessortenamt, unter Leitung der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, erfolgreich an Energie aus heimischen Wildpflanzenmischungen. Auf die Ergebnisse des Forschungsprojektes „Energie aus Wildpflanzen“ bauen wir auf. Auf der anderen Seite entwickelt sich eine spannende neue High –Technology made in Germany: die Synthetisierung flüssiger Treibstoffe aus CO_2, Wasser und Strom aus regenerativen Energien, gefördert vom Bundesforschungsministerium.

Gleichzeitig werden derzeit in Rheinland-Pfalz erste Systeme zur direkten Biogaseinspeisung gebaut, die es erlauben, Biogas dezentral herzustellen, in eigenen Leitungen zu sammeln und zentral aufzubereiten und zu nutzen. Diese drei sehr wichtigen Entwicklungen bringen wir erstmalig zusammen in ein Konzept zur nachhaltigen Erzeugung von 100 % erneuerbaren flüssigen Treibstoffen und für Biomethan zur Absicherung der Energieerzeugung bei der berühmten „Dunkelflaute“.

NATUR PUR: AUF DEN TELLER UND IN DEN TANK

Ökologische Landwirtschaft, die Kreislaufführung von Nährstoffen und die Erhaltung guter Böden stehen für uns im Zentrum der Betrachtungen zur Biomasse.

Denn der Biomasseanbau greift am meisten von allen Erneuerbaren Energien in die Fläche und die Ökosysteme ein. Das betrifft sowohl die Bodenqualität, als auch den Dünger- und Pestizideinsatz und insbesondere die Biodiversität. So wird das Bienensterben von Fachleuten auf den Einsatz von Pestiziden in der Landwirtschaft zurückgeführt. Auch Wildtiere finden keine Heimat in flächendeckenden Maismonokulturen.

Grundlage für die Berechnung unserer Potentialstudie ist, dass die gesamte Landwirtschaft ökologischer Landbau ist. Durch die Nutzung von Wildpflanzenmischungen für die Biogasgewinnung reduzieren wir zwar die Flächenerträge auf die Hälfte, können aber die Flächen ausweiten, da wir mit den Wildpflanzen zur höheren Qualität von Böden und Ökosystemen beitragen.

Ernte von Wildpflanzen für die Biogasgewinnung

DEN WELTWEITEN DRUCK AUF FRUCHTBARE BÖDEN REDUZIEREN

Abgeholzte Regenwälder in Indonesien für den Anbau von Ölpalmen oder gerodeter Urwald in Brasilien für den Anbau von Soja als Futtermittel wollen wir nicht fördern. Diese fatale Entwicklung der Zerstörung von Ökosystemen durch unseren Hunger nach Fleisch und Treibstoffen wollen wir stoppen.

Wir schlagen daher eine Strategie vor, die sich auch auf der Fläche Deutschlands realisieren lässt. Das ist einerseits sinnvoll aus Gründen der Energie- und Ernährungssicherheit, es dient aber auch andererseits einer gewissen ethischen Balance: wir wollen kein Konzept, welches dauerhaft große Flächen außerhalb Deutschland benötigt.

Und last but not least gilt: wenn wir es im eng besiedelten Deutschland schaffen, dann haben wir ein Modell, welches sich auch verbreiten lässt. Denn die Weltbevölkerung wächst. Zugleich vernichtet der Klimawandel täglich fruchtbares Land durch Dürre und Überschwemmungen. Daher ist es sinnvoll, Strategien zu entwickeln, die dem weltweiten Druck auf fruchtbare Böden Rechnung tragen und klar aufzuzeigen, zu welchem Flächenbedarf unser Energie- und Lebensmittelverbrauch führt. Unser Maßstab ist dabei die Fläche auf der wir leben.

FLÄCHENBEDARF FÜR LEBENSMITTEL, FUTTERMITTEL UND BIOMASSE

Während die Biomasse verantwortlich gemacht wurde, für die „Vermaisung der Landschaft“, wird oft übersehen, dass zwei Drittel des deutschen Maisanbaus als Futtermittel in der Trog wandern. Sie dienen nicht etwa unserem Energiehunger, sondern unserem Appetit nach Fleisch, wie die Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe für das Jahr 2014 berechnet. „Nur“ ein Drittel des in Deutschland angebauten Maises landet in Biogasanlagen. Wir wollen zukünftig für die Biogasherstellung statt Maismonokulturen vor allem Wildpflanzenmischungen anbauen.

Gemäß Berechnungen des WWF werden heute 8,42 Millionen Hektar landwirtschaftliche Fläche für den deutschen Fleischkonsum benötigt, davon 485.834 Hektar für die gemäß unserem Solidarszenario 4,68 Millionen zu versorgenden Einwohner Sachsen-Anhalts und der anteilig mit zu versorgenden Ballungsräume.

Atsuko Wakamyia hat für die Freiburger Regionalwert AG errechnet, dass 2522 m² Fläche pro Person notwendig sind, um die heute verzehrten Lebensmittel inklusive aller Futtermittel ökologisch anzubauen, bei einem Anteil von 85 % der Flächen für tierische Produkte. Wenn wir den Konsum tierischer Produkte um 25 % reduzieren und dafür 40 % mehr Obst, Gemüse und Getreide essen würden, ergibt sich daraus auch bei ökologischem Landbau eine auf 2.137 m² gesunkene Anbaufläche pro Person. Diese Agrarflächen sehen wir in unserem Szenario für den Anbau von Lebens- und Futtermitteln vor, die restlichen Flächen für Wildpflanzen und ökologischen Anbau von Biogas-Substraten. So haben wir genügend Fläche für Lebensmittel und Energie.

BIOGASHERSTELLUNG

Wenn wir Pflanzen in einer Biogasanlage vergären, lösen Bakterien die Pflanzen in ihre Grundbestandteile auf, es entsteht das Biogas. Das Biogas besteht aus rund 60 % Methan (CH4) und zu 40 % aus Kohlendioxid (CO_2). Dieses sogenannte Biomethan ist uns als Methan bekannt und ist ein brennbares Gas, bislang begegnet es uns vor allem als Hauptbestandteil des Erdgases. Wir wollen das Biogas sammeln, aufbereiten und das CO_2 abscheiden. Auch heute wird das CO_2 bereits bei vielen Biogasanlagen auch in Sachsen-Anhalt abgeschieden und das

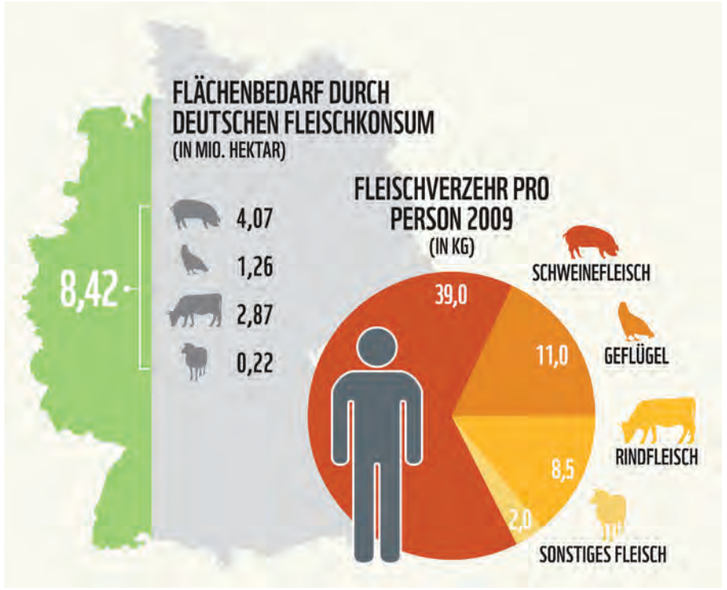


Bild S. 16, oben rechts: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
Bild S. 16, unten links: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau – Foto: Antje Werner
Grafik S. 17, unten links: WWF, aus der WWF-Studie ‚Fleisch frisst Land', 2014
Grafik S. 17, unten rechts: Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe

Biogas so in Methan und CO_2 aufgetrennt. Dies wird gemacht, um das Methan aus dem Biogas – auch wegen seiner Herkunft Biomethan genannt – in das Erdgasnetz einspeisen zu können. Bislang wird das CO_2 nach der Abscheidung ungenutzt in die Luft ausgelassen. Stattdessen können wir es zur Synthetisierung von flüssigen Treibstoffen, wie auch von Methanol, nutzen die ein vollständiger Ersatz des heutigen fossilen Rohstoffes Erdöls sind.

ENERGIE FÜR BIOGAS AUS WILDPFLANZEN UND ÖKOLOGISCHEM ANBAU

Im Zentrum unserer Biomassestrategie steht Biogas auf der Basis von Wildpflanzen und ökologischen Anbaumethoden mit einer Gesamtfläche von 227.128 Hektar. In dieser Fläche gehen 100.236 Hektar ein, auf denen heute Ölpflanzen angebaut werden, ebenso wie die 42.750 Hektar auf denen heute bereits Biogas gewonnen wird, sowie ein Teil der Agrarflächen für Futtermittelanbau. So können wir die Anbaufläche für Mais- und Rapsmonokulturen massiv reduzieren. Unser Szenario basiert auf einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft mit bodenschonenden Fruchtfolgen, weitgehend ohne synthetische Düngung und ohne den Einsatz chemischer Mittel zur Schädlingsbekämpfung.

Wir rechnen daher mit Hektarerträgen von 28,8 MWh Biomethan pro Jahr. Das ist in etwa die Hälfte heutiger Maismonokulturen und erlaubt uns bei ökologischem Landbau neue Pflanzenkonzepte umzusetzen. Als Alternativen zum Mais bieten sich auch heimische Arten an. Dazu gehören die Süßhirse, Kleegras oder durchwachsene Silphie und stickstoffbildende Leguminosen. Auch Triticale, eine Kreuzung aus Weizen und Roggen ist gut geeignet.

Die Ergebnisse der Forschungsprojektes „Energie aus Wildpflanzen“ sind faszinierend: mit Wildpflanzenmischungen kann man pro Hektar mit rund 2500 m^3 Methan jährlich rechnen. In trockenen oder von der Witterung her für Mais ungünstigen Ertragsjahren spielen die Deutschen Wildpflanzen ihren Vorteil aus: dann schießen sie wie Unkraut ins Feld und wachsen teils besonders kräftig. Gleichzeitig wurde eine entsprechende Zunahme von Feldhasen, Rebhühnern, Insekten und Bienen beobachtet.

REST UND ABFALLSTOFFE: BIOGAS AUS DER GRÜNEN TONNE UND AUS DER KLÄRANLAGE

Eine weitere ökologisch interessante Quelle sind Rest- und Abfallstoffe. So wird in Berlin der Müll aus der grünen Tonne von der Berliner Stadtreinigung in einer selbst betriebenen Biogasanlage, welche extra für diese Verwertung gebaut und optimiert wurde, vergoren. Die Gärreste wandern als Dünger wieder auf den Acker. Auch hier wird das CO_2 abgetrennt und das Biomethan ins Erdgasnetz eingespeist. An solchen größeren und zentraleren Anlagen könnte man sehr gut den weiteren Schritt der Methanolherstellung anschließen. Auch Grünschnitt aus der Landschaftspflege kann in solchen kommunalen Anlagen mit vergoren werden. Dazu bietet sich auch das Straßenbegleitgrün an. Der Grünschnitt, ebenso wie die Pflanzenabfälle, würde sonst unter freiem Himmel zersetzt und das CO_2 in die Atmosphäre verpuffen. In der Landwirtschaft können verschiedene Reststoffe genutzt werden. Tierische Exkremente wie Gülle spielen eine wichtige Rolle bei der Biogaserzeugung, auch Ernterückstände wandern mit in die Biogasanlage. In der Stadt bieten sich die Lebensmittelabfälle von Discountern, Essensreste und Altfette aus der Gastronomie oder großen Mensen ebenso an, wie Schlachtereiabfälle. Das Klärwasser von Kläranlagen kann ebenfalls zu Biogas vergoren werden. In unserem Szenario bleiben diese Erträge vorerst unquantifiziert, da sie schwer zu berechnen sind und nicht die ganz große Mengenströme darstellen. Dennoch ist es sehr sinnvoll, dieses Potential zu nutzen, auch für die Rückführung der mineralischen Bestandteile der Substrate als Dünger – denn das Schließen der Stoffkreisläufe wird heute viel zu wenig beachtet, ist aber für die dauerhafte Bodenqualität unerlässlich.

Die Wildpflanzenmischung (WPM) im 2. Standjahr; Beifuß, Rainfarn, Flockenblume und Wegwarte bieten Lebensraum, Nektar und Pollenfür Wildtiere und gleichzeitig gute Methanerträge

PARADIGMENWANDEL BEI DEN BIOTREIBSTOFFEN: HERGESTELLT MIT CO_2 AUS BIOGAS UND HOLZVERBRENNUNG PLUS STROM AUS WIND UND SONNE

Für die zukünftige Herstellung von flüssigen Biotreibstoffen schlagen wir einen grundlegenden Paradigmenwechsel vor:

> Wir nutzen aus der Biomasse nur das CO_2 zur Gewinnung von flüssigen Treibstoffen. Das CO_2 synthetisieren wir zusammen mit Wasserstoff zu Methanol oder Rohöl. Der Wasserstoff wird mit Hilfe von Strom aus Wind und Sonne durch die Elektrolyse von Wasser gewonnen. Das Methanol oder Rohöl kann in herkömmlichen Raffinerieprozessen zu Kerosin, Diesel und Benzin weiter verarbeitet werden.

Der Vorteil dieser Verfahrensweise ist, dass wir die hohen Flächenenergieerträge der Solar- und Windenergie mit der Bindung und Gewinnung von CO_2 durch Pflanzen kombinieren. Flächen für Biogas und Holz haben nur rund 2-3 % der „Energieernte“ pro Hektar – verglichen mit Solardächern. Ölpflanzen haben pro Hektar sogar nur rund 1% der Energieernte von Solar- und Windkraftanlagen. Durch die Verwendung von Erneuerbarem Strom als Energielieferant für die flüssigen Treibstoffe können wir den geringeren Flächenertrag der Biomasse mit dem weitaus höheren Flächenenergieertrag von Wind- und Solarstrom überkompensieren und in der Kombination wesentlich mehr nutzbare regenerative Energie in Form flüssiger Treibstoffe erzeugen. So erntet ein Quadratmeter Solardachfläche rund 100-mal so viel Energie, wie die Ölfruchternte eines Quadratmeters Acker. Wenn man diese mühsame Ernte des Bioöls noch mit Energieeinsatz zu Biodiesel verfeinert, den „Biodiesel“ dann in einem Verbrennungsmotor einsetzt, der im Stadtverkehr nur 15 % Wirkungsgrad hat, also nur 15 % der im Öl enthaltenen Energie auf die Achse und in die Fahrtleistung übersetzt, so wird deutlich, warum diese Strategie nicht funktionieren konnte. Ein Elektroauto fährt mit der Sonnenstromernte von einem Quadratmeter Solardach rund 500 Mal weiter, als ein Dieselauto mit der Biodieselernte eines Quadratmeters Acker. Deshalb ist der Biodieselanbau mit Raps oder anderen Ölpflanzen auch so extrem flächenintensiv – und wir können damit niemals einen signifikanten Beitrag zur Mobilität leisten. Elektrische Antriebe – direkt betrieben mit Strom aus Sonne und Wind und mit einem Wirkungsgrad von rund 80 % – sollten daher hohe Priorität bei der Verkehrswende haben.

Trotzdem brauchen wir für einige Verkehrsanwendungen auch zukünftig „Sprit“. Dazu gehört wie oben beschrieben der Flugverkehr und der Schwerlastverkehr. Kerosin, Diesel und Benzin für diese Mobilität wollen wir mit der kombinierten Effizienz aus Sonne, Wind und Pflanzenkraft herstellen. Ein Auto würde damit pro Quadratmeter Solardachfläche immer noch rund 60-mal mehr Sprit bekommen und 60-mal weiter fahren, als mit Biodiesel aus Ölpflanzen.

Allerdings planen wir auch mit dieser Methode nur einen Teil des bisherigen „Spritverbrauches“ durch diese regenerative Variante zu ersetzen. Denn auch das „Einsammeln“ des für die „Sprit-Synthese“ benötigten CO_2s durch die Biogaspflanzen benötigt bereits erhebliche Flächen. Den größten Teil der Mobilität wollen wir daher elektrifizieren und mit höchster Effizienz direkt mit Strom aus Sonne und Wind betreiben. Dort aber, wo Batterien zu schwer und Schienen zu unflexibel sind, wollen wir den regenerativen flüssigen Treibstoff gezielt einsetzen: beim Flugverkehr und beim Schwerlastverkehr von Gütern. Wo immer es geht, wollen wir aber den Güterverkehr auf die Schiene bringen – und so ebenfalls elektrisch betreiben.

PFLANZEN ALS KOHLENSTOFFFÄNGER: STOFF- UND ENERGIEKREISLÄUFE DER NATUR NUTZEN

Pflanzen haben trotz der beschriebenen bescheidenen Flächenenergieerträge einen entscheidenden Vorteil: in der pflanzlichen Zelle bindet der Kohlenstoff sehr effektiv und auf kleinem Raum den energiereichen Wasserstoff. Der Vorteil statt eines Wasserstoffgases einen flüssigen Treibstoff zu haben, liegt in der einfachen Handhabung und dem kompakten Volumen. Die Energie ist im Treibstoff wesentlich dichter gepackt.

Für die Herstellung flüssiger Treibstoffe nutzen wir den natürlichen CO_2-und Energiekreislauf der Natur und bilden ihn in Teilen technisch nach. Wir verbinden die natürlichen mit unseren technischen Energiegewinnungs- und Verbrauchskreisläufen. Dabei beziehen wir auch den Stoffkreislauf der Energieträger der Natur mit ein: Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, die Grundbausteine der Pflanzen und der Atmosphäre.

„SPRIT“ AUS CO_2, WASSER UND REGENERATIVEM STROM ERMÖGLICHT FLIEßENDEN ÜBERGANG INS SOLARZEITALTER

Technische Innovationen machen es heute möglich aus Kohlendioxid und Wasser, mit Hilfe von Strom, flüssigen Treibstoff herzustellen. Dabei kündigen die beteiligten Firmen an, dies auch bald wirtschaftlich umsetzen zu können. Der Vorteil liegt insbesondere darin, dass der Strom aus Wind und Sonne, der in großen Mengen und mit guter Flächeneffizienz erzeugt werden kann, im erneuerbaren „Sprit“ als chemische Energie gebunden wird. Die Herstellung von Diesel, Benzin und Kerosin aus regenerativen Quellen hat den Vorteil, dass die bisherigen Technologien und Infrastrukturen der Energiespeicherung, Energieverteilung und Energienutzung weiterhin benutzt werden können.

DIE TECHNIK ZUR HERSTELLUNG VON „SPRIT“ AUS CO_2, WASSER UND STROM

Die Grundtechnologien zur Herstellung von flüssigen Kraftstoffen aus CO_2, Wasser und Strom sind bereits länger bekannt. Doch erst jetzt sind technische Durchbrüche gelungen, die zum Bau der ersten Anlagen geführt haben. Aktuell werden zwei Verfahren in Prototypenanlagen erprobt und stehen vor der Kommerzialisierung:

Bild S. 18, unten mitte: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Foto: Antje Werner

- die Herstellung von Methanol aus CO_2, Strom und Wasser
- die Herstellung von Rohbenzin mit der Fischer-Tropsch-Synthese aus CO_2, Strom und Wasser

SYNTHETISIERUNG VON ROHÖL AUS STROM, WASSER UND CO_2

Mit ähnlichen Überlegungen hat die Firma Sunfire aus Dresden ein reversibles Verfahren entwickelt, bei dem ein Elektrolyseur Wasser mit Hilfe von Strom in Wasserstoff und Sauerstoff wandelt. Neu ist, dass der Elektrolyseur auch als Brennstoffzelle genutzt werden und aus Wasserstoff und Sauerstoff Wasser machen und dabei Strom und Wärme produzieren kann. Eine zweite sehr wichtige Innovation ist, dass das Wasser vor der Elektrolyse erst verdampft wird. Der Wirkungsgrad der Umwandlung von Wasserdampf und Strom in Wasserstoff beträgt 92 %, das ist bereits nahe am physikalisch erzielbaren Maximum.

Mit dem Wasserstoff konvertiert Sunfire zunächst Kohlendioxid (CO_2) zu Kohlenmonoxid (CO). Zusammen mit noch mehr Wasserstoff ergibt sich hieraus das klassische Synthesegas aus CO und H_2. Mit dem bereits im Jahr 1925 in Deutschland entwickelten Fischer-Tropsch-Verfahren. wird aus dem Synthesegas ein „Rohöl“ hergestellt, welches anschließend in der Raffinerie zu den normgerechten Treibstoffen Kerosin, Diesel und Benzin verfeinert wird.

SYNTHETISIERUNG VON METHANOL AUS STROM, WASSER UND CO_2

In Island läuft seit Ende 2012 die weltweit erste größere Pilotanlage, welche aus CO_2 und Wasser mit Hilfe von regenerativem Strom Methanol synthetisiert. Gebaut hat sie die Firma Carbon Recycling International. Nach dem Bau einer erfolgreichen Testanlage im Jahr 2008 entschloss man sich zur Skalierung. Das Verfahren benutzt dieselben Ausgangsstoffe wie das von der Sunfire GmbH benutzte und ist alternativ dazu. Methanol kann

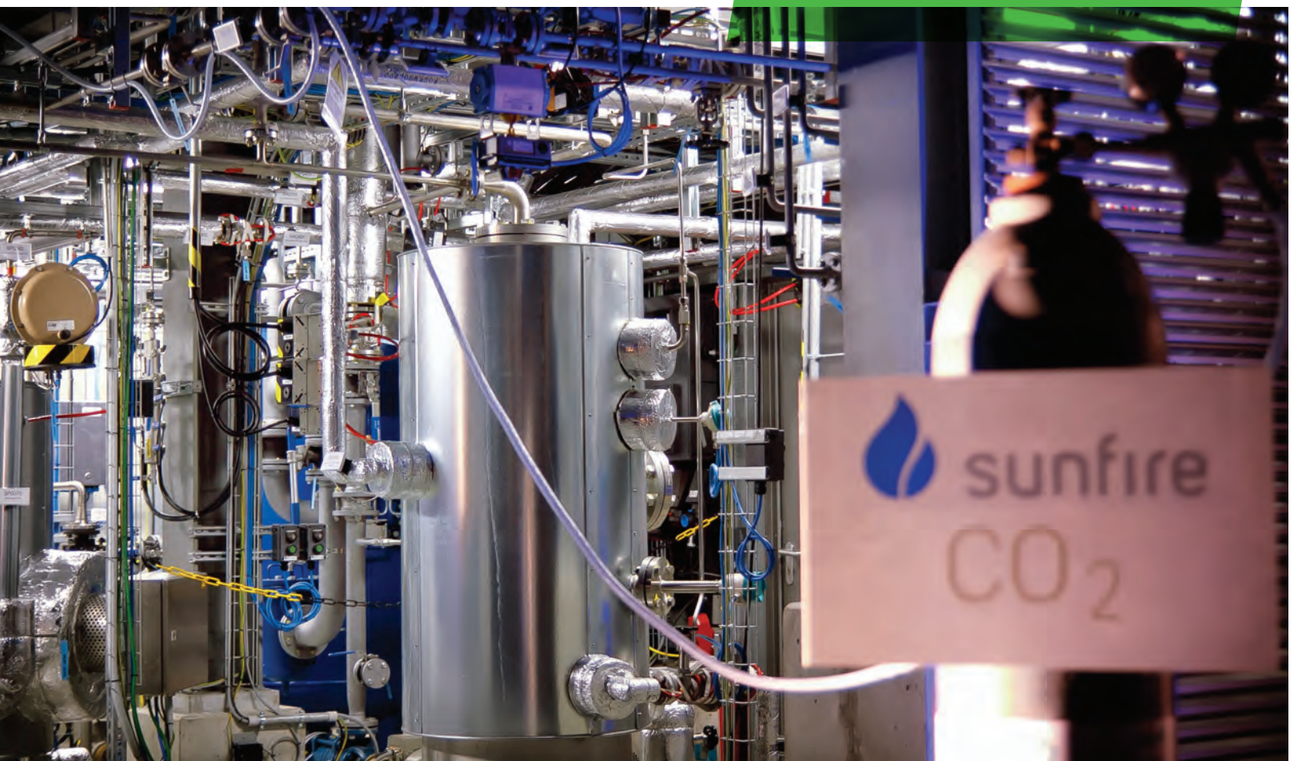
„Renewable Methanol“ Anlage der Firma ‚Carbon Recycling International‘ in Grindavik (Island)

genau wie der Rohdiesel zu normgerechten Treibstoffen weiter verarbeitet werden in der Raffinerie.

Ausschlaggebend für die Synthese des Methanols sind neu entwickelte hoch effiziente Katalysatoren, welche die direkte chemische Synthese von Wasserstoff und CO_2 mit einem hohen Anlagen-Wirkungsgrad von 60 % ermöglichen.

Industriestandard ist es bereits heute, Methanol mit einem Synthesegas aus Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff zu produzieren. Diese Technologie wird traditionell im großen Stil in Sachsen-Anhalt in Leuna praktiziert. 1983, noch zu DDR-Zeiten, wurde eine „Mega-Methanol-Anlage“ von der westdeutschen Firma „Lurgi“, heute „Air Liquid“, errichtet, die aus einem Synthesegas aus CO und CO_2 Methanol als Grundstoff für die Chemieindustrie hergestellt. Statt der hier genutzten Schweröle (Abfallprodukte aus der Raffinerie) kann zukünftig aus Biogas

Produktionsanlage für Rohdiesel aus CO2, Wasser und Strom mit dem Verfahren der Fischer-Tropsch-Synthese



abgeschiedenes CO_2 als Kohlenstoffbasis für den Prozess dienen. Indem das CO_2 aus Biogas mit Wasserstoff aus der Elektrolyse zu Kohlenmonoxid umgewandelt würde, könnte man in Sachsen-Anhalt auch direkt an die vorhandene großmaßstäbliche Methanolproduktion anknüpfen.

METHANOL UND SEINE VERWENDUNG ALS „ROHÖL“

Methanol selbst ist ein in der Industrie heute bereits gebräuchliches Zwischenprodukt, welches zu Harzen, Formaldehyd und Kunststoffen weiter verarbeitet und in großen Mengen hergestellt wird. Methanol, auch bekannt als Methylalkohol, berauscht zwar als Alkohol, ist aber für den Menschen giftig und sollte nicht getrunken werden. Es ist jedoch biologisch abbaubar und wasserlöslich, darin ist es dem klassischen Treibstoffe überlegen.

Zugleich kann Methanol aber auch direkt verwendet werden. In so genannten „Flexi-Motoren“ wie sie in Brasilien gebräuchlich sind, kann es direkt als Treibstoff getankt werden. In Europa kann es dem Benzin als Oktanbooter bis zu 3 % normgerecht zugemischt werden. Möglich ist auch eine Rückumwandlung in Strom. Dazu wurden eigens Methanol-Brennstoffzellen entwickelt. Es kann aber auch in Gaskraftwerken genutzt werden.

Methanol kann in konventionellen Raffinerieprozessen fossiles Rohöl ersetzen und ebenso wie dieses zu Kerosin, Diesel und Benzin weiter verarbeitet werden. Dabei entsteht im Raffinerie-Prozess eine Mischung aus den drei Treibstoffen. Daher fällt bei der Kerosin-Herstellung automatisch auch Benzin und Diesel an. In unserem Energieszenario nutzen wir das Kerosin für den Flugverkehr und den Diesel sowie das Benzin für den Schwerlastverkehr. Die entstehenden Kraftstoffe sind den fossil hergestellten von der Qualität her überlegen, da sie von Natur aus schwefelfrei sind und mit geringeren Ruß- und Stickoxidemissionen verbrennen. Zudem sind sie im Motor als Kraftstoff effizienter, da sie bessere Oktanzahlen haben.

DIE PRODUKTION VON 100% ERNEUERBAREM KEROSIN, DIESEL UND BENZIN IM ENERGIESZANRIO

In unserem Energieszenario stellen wir uns erstmalig in einem 100 %-Erneuerbare Energieszenario für Deutschland der Herausforderung auch den Flugverkehr mit einem zu 100 % erneuerbaren und hier hergestellten Treibstoff zu bedienen. Das ist neu und wird hier erstmalig konsequent durchgerechnet und technisch durchdacht – und hat maßgebliche Auswirkungen auf das Szenario.

Von der Energiebilanz her kann sich die Umstellung sehen lassen: der Gesamtprozess der Umwandlung von Strom in flüssigen Treibstoff hat einen Wirkungsgrad von 47 % – mit den neusten Entwicklungen sollte dieser Wirkungsgrad sogar noch weit übertroffen werden. Rund die Hälfte des Energiegehaltes des Stroms können wir also in flüssigen Treibstoff wandeln.

Die Herstellung von Kerosin, Diesel und Benzin aus erneuerbaren Quellen ermöglicht technisch einen bruchlosen Übergang zwischen dem fossilen und dem erneuerbaren Zeitalter. Das ist extrem praktisch, da wir so unsere bekannten und erprobten Infrastrukturen wie Tankstellennetze, Flughäfen, Flugzeuge, Gaskraftwerke, Blockheizkraftwerke und Gasspeicher wie gewohnt weiter nutzen können.

Eine 100-prozentige Umstellung auf „Sprit“ aus Erneuerbaren Energien nur für den Flug- und Schwerlastverkehr können wir aber nur zusammen mit den Effizienz- und Einsparungszielen erreichen - und mit der Umstellung aller dafür geeigneten Verkehrsströme auf elektrische Antriebe. Den gesamten heutigen Verbrauch an fossilem Öl können wir nicht auf flüssige Erneuerbare umstellen, zumindest nicht mit den uns in Deutschland zur Verfügung stehenden Energie- und Flächenpotentialen.

Bild S. 20, oben rechts: Carbon Recycling International
Bild S. 20, unten mitte: Sunfire GmbH, Dresden
Grafik S. 21: Daten chemische Prozesse: Werner Weindorf, Ludwig Bölkow Systemtechnik GmbH
Quelle Daten Energieszenario: Simulation Szenario mit 100prosim, H-H. Schmidt-Kanefendt, Ostfalia Hochschule

ENERGIESPEICHERUNG UND ENERGIEMANAGEMENT

In unserem Szenario sehen wir vor, dass erneuerbarer Strom zur Hauptenergiequelle wird. Er wird die neue Primärenergie, aus der wir die verschiedenen Nutzenergiearten erzeugen. Mit dem Strom decken wir den Bedarf an:

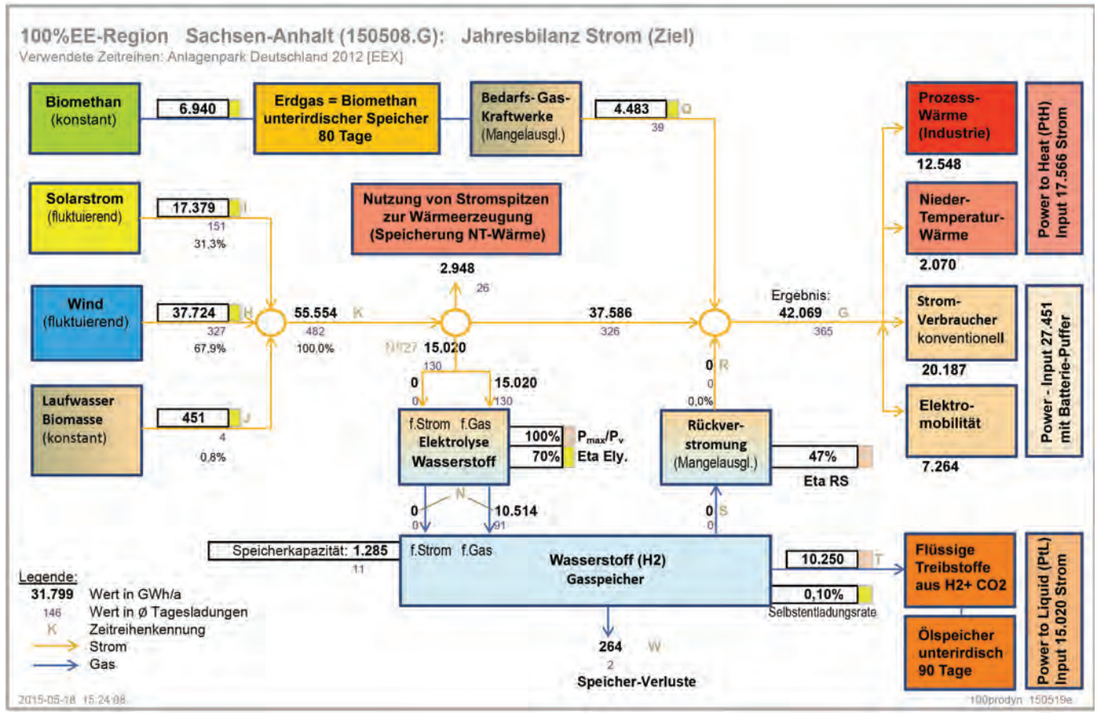
- Konventionellem Stromverbrauch (20.187 GWh)
- Niedertemperaturwärme (über Wärmepumpen) (5.018 GWh)
- Prozesswärme (12.548 GWh)
- Verkehrsenergie (Elektromobilität, Eisenbahn, S-Bahn, Straßenbahn) (7.264 GWh)
- Flüssigen Treibstoffen (15.020 GWh)

Bis auf die Biomasse (Biogas, Ölfrüchte, Holz und Stroh) ist alle Erneuerbare Energie, die wir erzeugen, Strom. Auch die Wärmeerzeugung basiert weitgehend auf Strom, da wir die Umgebungswärme und die Wärme unter den Solardächern mit Hilfe von strombetriebenen Wärmepumpen zum Heizen und zur Warmwassererzeugung nutzbar machen.

Von 79.865 GWh erzeugen wir insgesamt 60.037 GWh elektrisch, den Rest über Biomasse und durch die Umwandlung von Strom in Umweltwärme. Der konventionelle Strombedarf liegt aber nur bei 20.187 GWh im Jahr. Das bedeutet: nur ein Drittel der Stromerzeugung geht in die ‚klassischen' Stromnutzungen und muss ununterbrochen bedarfsgerecht bereit stehen. Der überwiegende Teil wird in Niedertemperaturwärme, Prozesswärme und flüssige Treibstoffe umgewandelt – und Wärme und Treibstoffe sind sehr gut speicherbar. Mit 15.020 GWh geht rund ein Viertel des erzeugten Stroms in die Erzeugung flüssiger Treibstoffe. Die flüssigen Treibstoffe, die chemische Energie, können wir herstellen, wenn wir viel Stromangebot aus Sonne und Wind haben und in Tanks oder unterirdischen Kavernen lange Zeit speichern. Elektroautos haben Batterien und sind ideal, um Schwankungen im Tagesverlauf abzupuffern. Prozesswärme lässt sich ebenfalls in Wärmespeichern kurzfristig speichern.

Für die Phasen der berühmten „Dunkel-Flaute", wenn weder die Sonne scheint noch der Wind weht, nutzen wir das aus Biogas gewonnene Biomethan: daraus erzeugen wir insgesamt 4483 GWh Strom. Rund 20 % des konventionellen Strombedarfes können wir so in der Jahressumme mit Biomethan abdecken. Wir könnten also 2,4 Monate lang den Strombedarf mit biogasgefeuerten Gaskraftwerken und Blockheizkraftwerken decken. So lange ‚Dunkelflauten' gibt es aber gar nicht, wie die Darstellungen der monatlichen Solar- und Windstromerzeugung zeigen.

Die notwendige Infrastruktur zur Gasspeicherung ist bereits vorhanden: Derzeit sind in Deutschland 43 unterirdische Erdgasspeicher für insgesamt 19–20 Mrd. Kubikmeter Erdgas in Betrieb, was einem Fünftel des Jahresverbrauchs entspricht. Die Großstadt Berlin hat wegen ihrer ehemaligen Insellage in der DDR einen eigenen unterirdischen Erdgasspeicher, der den gesamten Jahresverbrauch abdeckt. Die Erdgasspeicher auszubauen ist kein Problem, sofern dies als erforderlich erachtet wird. Da wir in unserem Szenario aus dem Biogas wegen der CO2-Abscheidung für den ‚Sprit' mit dem ‚Biomethan' normgerechtes ‚Erdgas' herstellen, können wir auf die Infrastruktur zur Erdgasspeicherung uneingeschränkt zurückgreifen. Wegen der Russlandkrise hat die OECD – nachdem Putin im Jahr 2009 zeitweise den osteuropäischen Ländern den Gashahn abdrehte – ohnehin beschlossen, die Erdgasspeicherung auszubauen, um noch mehr Energiesicherheit zu erzielen. Die Produktion von Biogas

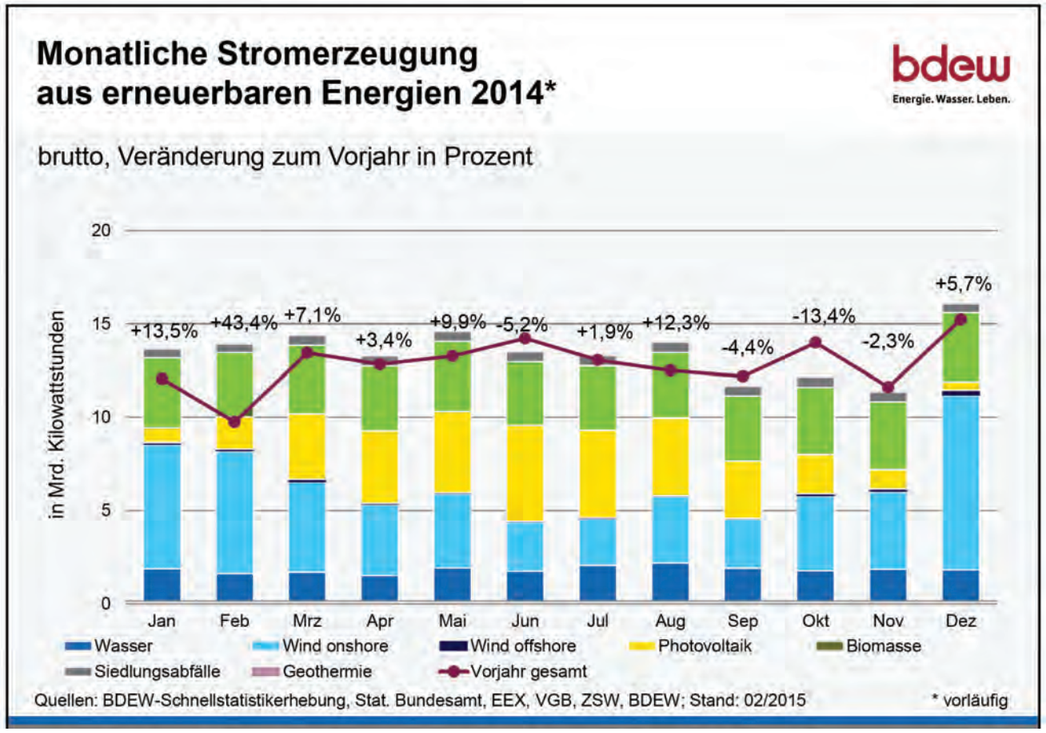


Im Szenario versorgt nur ein Drittel der Stromerzeugung „konventionelle" Stromverbraucher, zwei Drittel gehen in besser speicherbare Endenergien: Rund ein Drittel geht in Treibstoffe und Elektromobilität und ein Drittel in Prozess- und Niedertemperaturwärme.

und Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen trägt in jedem Falle zu einer weitaus höheren Energiesicherheit in Deutschland und Europa bei, als die heutige weitgehende Importabhängigkeit.

Durch die Verbrennung des Biomethans in Gas- und Dampfkraftwerken oder in dezentralen Blockheizkraftwerken und Brennstoffzellen können wir zugleich die Abwärme zum Heizen nutzen und noch einmal 1379 GWh Wärme erzeugen. Da wir anhand der Statistik festgestellt haben, dass die Mangelphasen vor allem im Winter auftreten, wenn wir weniger Sonnenschein haben, können wir die Abwärme sehr gut nutzen. Um die Wärmenutzung zu optimieren, sehen wir Wärmespeicher vor, die für mehrere Tage, möglichst für ein bis zwei Wochen, die Wärme speichern. So können wir gerade in den Wintermonaten Windspitzen in Wärme umwandeln und im wahrsten Sinne des Wortes ‚verheizen', während wir bei Windmangel die Heizkraftwerke anschmeißen und auch deren Abwärme speichern können. Auch unterirdische Wärmespeicher der oberflächennahen Geothermie können wir im Sommer aus der Abwärme der Solarstromanlagen und im Winter mit überschüssigem Windstrom aufladen. So dienen uns die Wärmespeicher zum idealen Ausgleich unseres auf Strom basierten Energiesystems. Wärmespeicher sind auch sehr wirtschaftlich: so kostet es nur rund 2 Cent pro kWh Wärme in einem großen Hausspeicher für vier Wochen zu speichern.

Wenn wir die Grafik des Bundesverbandes der Deutschen Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) anschauen, können wir gut erkennen: in der Summe ergänzen sich die Erneuerbaren Energien in Deutschland sehr gut. Die monatliche Stromerzeugung schwankt um rund 20 % um den Durchschnitt. Das Biogas (hellgrüne Balkenbereiche) wird jedoch heute noch gänzlich falsch eingesetzt: es wird gleichmäßig erzeugt und meist sofort verstromt. Wir wollen diesen wichtigen Energieträger jedoch wie oben beschrieben zum Schwankungsausgleich nutzen.



Monatliche Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2014

DEUTSCHLANDS STRATEGISCHE ÖLRESERVE FÜR 90 TAGE

In unserem Szenario erzeugen wir insgesamt 60.079 GWh elektrisch, aber der konventionelle Strombedarf liegt nur bei 20.189 GWh im Jahr. Mit 14.005 GWh geht rund ein Viertel des erzeugten Stroms in die Erzeugung flüssiger Treibstoffe, die besonders gut speicherbar sind. Diese chemisch gebundene Energie können wir aus den fluktuierenden Erneuerbaren Energien herstellen und in Tanks, je nach Bedarf, für Monate und Jahre speichern. Deutschland hat bereits heute eine auf Sicherheit ausgelegte Infrastruktur für Erdöl angelegt, da wir bislang zum allergrößten Teil auf internationale Importe fossiler Energien aus Krisenregionen angewiesen sind. Um in jedem Krisenfall die Energiesicherheit gewähren zu können, haben wir uns, wie die anderen großen Industrieländer innerhalb der Internationalen Energieagentur (IEA), dazu verpflichtet, in großen unterirdischen Speichern für mindestens neunzig Tage Öl bereit zu halten, falls es zu einer Versorgungsunterbrechung kommt. Diese Ölspeicher befinden sich vorwiegend in großen Salzkavernen in Niedersachsen. Die Ölpipelines Deutschlands sind daran angeschlossen. Da wir in unserem Szenario normgerechten Treibstoff in klassischen Raffinerieprozessen herstellen, können wir auf diese Infrastruktur zurückgreifen.

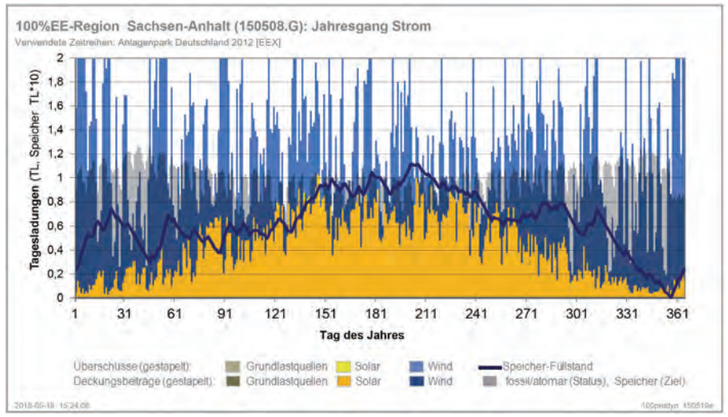
Grafik S. 22: H.-H. Schmidt-Kanefendt, Ostfalia Hochschule - Simulation Szenario mit 100prosim / 100prodyn und Astrid Schneider, Berlin
Grafik S. 23: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, 2015

DEUTSCHLANDS GASSPEICHER: FÜR 80 TAGE – DIE GRÖßTEN EUROPAS

Innerhalb der Europäischen Union hat Deutschland die größten Erdgasspeicher, sogar nach Russland, den USA und der Ukraine die viertgrößten weltweit. Die heute bereits in Deutschland vorhandenen Erdgasspeicherkapazitäten von 23.800 Millionen Kubikmetern reichen aus, um den Deutschen Erdgasjahresverbrauch des Jahres 2014 von 70.900 Millionen Kubikmetern zu rund einem Drittel abzudecken. Da der Gasverbrauch in unserem 100%-Erneuerbare Energie Szenario drastisch sinkt, da Heizenergie zukünftig vor allem aus erneuerbarem Strom hergestellt wird und Methan nur noch zur Sicherung der Stromerzeugung in der Dunkelflaute dient, reichen bereits die vorhandenen Speicher aus, um im Szenario mehr als einen ganzen Jahresbedarf an Methan abzudecken.

In der unten stehenden Abbildung sehen wir eine Simulation unseres zukünftigen Energiesystems in Sachsen-Anhalt: wir decken unseren Energiebedarf primär aus Wind- und Solarstrom. Wenn wir davon zu wenig haben, können wir das Biomethan einsetzen. So können wir den Gasspeicher auffüllen, wenn wir genügend Angebot aus den fluktuierenden Stromquellen haben und den Gasspeicher entladen, wenn wir eine „Dunkelflaute“ haben.

Das Schaubild zeigt die Energieproduktion aus den fluktuierenden Quellen Sonne und Wind im Jahresverlauf, sowie mit der dunkelblauen Linie den Ladezustand des Langzeitspeichers für Biomethan. Im Januar entlädt der Speicher sich fast vollständig, da nur wenig Sonne scheint und kein Wind weht. Danach füllt der Speicher sich kontinuierlich wieder auf. Wir kalkulieren damit, dass wir über das Jahr gesehen insgesamt 39 Tage lang auf gespeicherte Energie zur Stromerzeugung zurückgreifen können, das aber nicht am Stück, zwischendurch füllen wir rechnerisch die Reserven immer wieder auf. Praktisch reicht Deutschlands Gasspeicher-Infrastruktur, um immer rund einen Monat gespeichertes Gas vorrätig zu haben.



Die auf ein zehntel skalierte blaue Speicherfüllstandslinie wäre de Fakto um Faktor 10 höher, als eingezeichnet und übertrifft den Verbrauch stets bei weitem. Zusätzlich reichen die vorhandenen Gasspeicher aus, um noch ein Vielfaches permanent gespeichert vorrätig zu halten.

Sachsen-Anhalt ist über die deutsche Gasnetz-Infrastruktur an diese Gasspeicher angebunden, es hat aber auch selbst einen hoch modernen Gasspeicher, der 2014 auf die doppelte Kapazität erweitert wurde: Im Salzstock Peckensen, südöstlich von Salzwedel in der Altmark befindet sich ein solcher Kavernenspeicher der Firma „Store Energy“. Dort kann in fünf Salzstöcken 400 Millionen Kubikmeter Erdgas eingespeichert werden. Der Gasspeicher in Peckensen hat die Größe, um 3.908 GWh Biomethan in Erdgasqualität aufzunehmen, das entspricht bereits mehr als der Hälfte des Biomethans, das wir im Szenario herstellen wollen, das sind 6969 GWh. Daraus wollen wir in der Jahressumme 4.483 GWh Strom für die Mangelphasen produzieren. Schon alleine mit diesem Speicher könnte man alle Stromverbraucher in unserem Szenario 15 Tage lang versorgen, inklusive der Treibstoffherstellung. Da aber der Treibstoff selbst gespeicherte Energie ist, welche in Deutschland über die strategische Ölreserve bereits über die am besten abgesicherte staatliche Langzeitspeicherung verfügt, nehmen wir diesen raus. Alle anderen Nutzenergiearten könnten wir alleine mit dem in diesem einen Speicher gespeicherten Biogas 20 Tage lang betreiben. Den konventionellen Strombedarf könnten wir sogar 46 Tage lang aus diesem Speicher heraus bedienen.

SCHWANKUNGSAUSGLEICH UND ENERGIEMANAGEMENT

Obwohl wir keinen großen saisonalen Speicherbedarf haben, da wir rund ums Jahr erneuerbaren Strom herstellen, gibt es vor allem einen kurzfristigen Bedarf, das schnell variierende Energieangebot aus Solar- und Windstrom auszugleichen. Dazu steht eine breite Palette an Möglichkeiten zur Verfügung: von Pumpspeicherwerken über Großbatterien, Kleinbatterien und steuerbare Lasten. Dass wir auch mit 100 % Erneuerbaren Energien ein ausgeglichenes, stabiles und sicheres Energiesystem haben werden, ist daher heute nicht mehr fraglich. Die Frage ist heute nur noch: Wer sind die Player? Was ist wann wirtschaftlich? Wie wird das Energiesystem der Zukunft ganz genau aussehen?

Batterien der Elektromobile

Wie bereits beschrieben, wollen wir 87 % des Verkehrs mit Strom betreiben. Gerade im Personenverkehr stehen die Autos die längste Zeit des Tages. Bei Berufstätigen wird das Auto einmal morgens und einmal abends bewegt. Rund 22 Stunden am Tag können wir nutzen, um das Auto entweder zu laden oder zu entladen. Neuste Konzepte bieten besonders gute Konditionen an, wenn der Autobesitzer sein Auto so dem Strommarkt zur Verfügung stellt. Wichtig ist, dass auch die Endverbraucher von günstigen Strompreisen profitieren und ihr Auto dann laden können, wenn der Strom am günstigsten ist oder es sogar noch Geld dafür gibt, die Batterie zu füllen. Moderne Informationstechnologie sollte die Ladeoptimierung erfüllen. Die so zur Verfügung stehende Leistung ist sehr beträchtlich: So hat ein BMWi zum Beispiel eine Ladeleistung von 4,6 kW. Tausend Elektroautos haben also bereits die Leistung von einem sehr großen Windrad. Wenn wir bei den über vier Millionen Einwohnern, die wir versorgen wollen, von einer Million Elektroautos ausgehen, haben wir also die Leistung von rund einem Drittel der Windräder, die wir installieren wollen. Einen großen Teil der fluktuierenden Leistung können wir also über das geschickte Be- und Entladen der Elektromobile bereit stellen.

Batterien in Gebäuden

Eine noch bessere Netzdienstleistung und genau so viel „Power“, wie die Elektroautos, können Batterien in Gebäuden sicher stellen, da sie nahezu vollständig entleert werden können, wenn das Stromnetz Strom braucht. Die Idee ist, dass gerade bei Solarhäusern eine Batterie dazu beiträgt, möglichst viel der Energie gleich vor Ort zu nutzen, statt wie früher den gesamten Strom in das Stromnetz einzuspeisen. Um diese Eigenstromnutzung zu optimieren, fördert die Politik derzeit den Einbau von Stromspeichern in Gebäuden mit Solardächern. Diese Batterien könnten noch einmal den gleichen Leistungsbeitrag leisten, wie oben beschrieben die Elektroautos. Tatsächlich verschmelzen diese Märkte sogar miteinander. So bietet der Elektroautohersteller Tesla jetzt auch Gebäudebatterien an, um seine Batterieherstellung schneller in einen preiswerten Massenmarkt zu überführen. Selbst die Batteriesteuerung könnte zukünftig mit derselben „App“ laufen. Vergütungsmodelle und neue Geschäftsmodelle, wie die Batterie betrieben wird, sind dabei sich zu entwickeln. Sie können selbstverständlich auch ständig geändert werden.

Großbatterien im Megawattbereich

Die Stabilisierung des Stromnetzes durch die Optimierung der Frequenz sowie weitere Netzdienstleistungen werden in einem zu 100 % Erneuerbaren-Energiesystem durch schnell reagierende Wechselrichter erbracht, die Strom aus Batterien ziehen. Die digitale Steuerung und bedarfsgerechte Wandlung des Stroms erfüllt zukünftig die Steuerungs- und Frequenzhaltungsfunktionen, die bisher von den berühmten „rotierenden Massen“ erbracht wurde.

Direkt für die Erbringung von solchen Stromnetzdienstleistungen sind Batterien im Megawattbereich ausgelegt, die mit einer entsprechenden Leittechnik an die Steuerungszentralen der Netzbetreiber angebunden sein können. Die Regelenergie und die Netzdienstleistungen werden ausgeschrieben und auf dem Markt von den Stromnetzbetreibern eingekauft. Primärregelenergie wird ständig eingesetzt, um den schwankenden Bedarf und die Stromerzeugung in Übereinstimmung zu bringen. Dafür werden Kraftwerkskapazitäten und seit einiger Zeit nun auch Großbatterien bereit gehalten, aus denen die Übertragungsnetzbetreiber innerhalb von 30 Sekunden automatisch gesteuert eine bestimmte Stromerzeugungsleistung bei Bedarf abrufen können. Die ersten Großbatterien in Deutschland sind nun auch für den Markt der Primärregelleistung zugelassen. Innerhalb weniger Sekundenbruchteile können die Batterien die volle Leistung bereitstellen und sind herkömmlichen Kraftwerken, bezüglich des schnellen An- und Abfahrens und der unmittelbaren Reaktionsfähigkeit auf die Fluktuation der Solar- und Windstromerzeugung, überlegen. So können Großbatterien im Millisekundenbereich reagieren und folgende so genannten „Netzdienstleistungen“ anbieten:

- Lastspitzen-Management durchführen
- Abfederung schneller Fluktuationen der Erneuerbaren (Ramping) bis größere Energieerzeuger (z. B. Gaskraftwerke) hoch gefahren sind
- Regelleistung am europäischen Primärregelenergiemarkt anbieten
- Spannungshaltung
- Frequenzhaltung

Die ersten Großbatterien dieser Art wurden von der Firma Younicos in Berlin gebaut, der Prototyp mit der Leistung von einem Megawatt für die Simulation eines Inselnetzes für die Azoreninsel Graziosa auf dem eigenen Betriebsgelände, eine zweite Großbatterie mit 5 MW Leistung und 5 MWh Kapazität für den Stromversorger WEMAG in Schwerin. Beide Batterien sind am Primärregelmarkt zugelassen und aktiv. Zwischenzeitlich hat der Marktführer bereits knapp 100 MW Großbatteriespeicher in weltweiten Projekten gebaut. Weitere Firmen folgten der Idee, so wurde auch eine Großbatterie in Völklingen-Fenne an einem Kraftwerksstandort der Steag gebaut.

Und auch in Sachsen-Anhalt wird zum Thema Großbatterie geforscht und eine erste erprobt: am Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF in Magdeburg. Dort steht ein Batteriespeicher auf Lithium-Basis mit einer Leistung von einem Megawatt und eine Kapazität von 0,5 Megawattstunden. Das Institut entwickelt mit seiner Hilfe neue Steuerungssysteme für das Zusammenspiel von Stromnetz und Endabnehmer.

Kernkomponente der Batteriespeicher ist eine intelligente Steuerungstechnik, welche die Batterie, die verschiedenen fluktuierenden oder steuerbaren Stromerzeuger, die Verbraucher und das Stromnetz in Einklang bringt.

Erneuerbare-Energien-Anlagen leisten ebenfalls Beitrag zur Netzsicherheit

Doch auch die Wechselrichter der Erneuerbare-Energien-Anlagen selbst leisten ihren Beitrag zur Netzsicherheit. Der Gleichstrom, den Photovoltaik- und Windanlagen produzieren, wird über Wechselrichter in Wechselstrom verwandelt. Durch eine Neufassung der technischen Richtlinien – auch schon für kleine Anlagen im Bereich weniger Kilowatt – passen sich die dezentralen Erzeuger den Bedürfnissen des Stromnetzes an und sind auch so steuerbar, dass sie so genannte „Netzdienstleistungen“ erbringen können. Zudem kann der Netzbetreiber sofern es erforderlich ist, die dezentralen Erzeuger Erneuerbarer Energien aus der Ferne aus- und wieder einschalten. Bereits kleine Batterien bei Photovoltaiksystemen und Windanlagen erlauben es zudem, dass diese das Potential ihrer Wechselrichter ausnutzen, um mit der gesamten Einspeiseleistung kurzfristig Netzdienstleistungen zu erbringen.

Beispiel Pumpspeicherkraftwerk Wendefurth

In Sachsen-Anhalt liegt das Pumpspeicherkraftwerk Wendefurth. Es wurde bereits 1967 in Betrieb genommen und ist in den Jahren 2012-2014 umfassend modernisiert und fit gemacht worden für die Energiewende. In den letzten 45 Jahren hat es durchschnittlich 91 GWh Strom pro Jahr zwischengespeichert.

Heute kann es innerhalb von 120 Sekunden auf volle Leistung kommen und eine Leistung von 80 MW Strom erzeugen. Der Wasserinhalt des Oberbeckens reicht aus, um sechseinhalb Stunden lang diese Leistung bereit zu stellen. Pumpspeicherkraftwerke sind daher schon immer dafür gedacht, die täglichen Schwankungen des Energiebedarfes und der Energieerzeugung auszugleichen. Sie sollen nicht die Langzeitspeicherung übernehmen, sondern möglichst oft laufen. So könnte das Kraftwerk den Strom von 20 – 30 Windrädern nachts aufnehmen und tagsüber

Grafik S. 24 oben links: BMWi – Daten aus dem Monitoring-Bericht zur Versorgungssicherheit bei Erdgas (BMWi)
Grafik S. 24 unten links: Simulation Szenario mit 100prosim, Hans-H. Schmidt-Kanefendt, Ostfalia Hochschule

Pumpspeicherkraftwerk und Laufwasserkraftwerk Wendefurth. Das Pumpspeicherwerk mit 76% Wirkungsgrad und 531 MWh Arbeitsvermögen kann 6,5 Stunden lang auf rund 80 MW Volllast laufen, innerhalb von 120 Sekunden fährt es hoch.

bei Bedarf wieder abgeben. Der Wirkungsgrad für das Ein- und wieder Ausspeichern des Stroms beträgt 76 %. Zusätzlich zur reinen Energiespeicherung tragen Pumpspeicherkraftwerke durch ihr schnelles Reaktionsvermögen auch zur Stabilisierung des Stromnetzes und der Netzfrequenz bei, indem sie bei Bedarf Energie „verbrauchen“ oder einspeisen. Sie helfen uns, den Strom der fluktuierenden Quellen zu verstetigen. Zudem sind Pumpspeicherkraftwerke „schwarzstartfähig“, das heißt: Kommt es zu einem Stromnetzausfall können sie das Netz eigenständig wieder hochfahren und neu starten. Weitere landschaftliche Potentiale für Pumpspeicherwerke wie Wendefurth werden in Sachsen-Anhalt allerdings nicht gesehen. Problematisch ist, dass der Strombezug zum hochpumpen des Wassers mit Netzentgelten beaufschlagt wird und so die Wirtschaftlichkeit beeinträchtigt. Diese Problematik betrifft alle Formen von Stromspeichern derzeit.

Forschungsprojekt Druckluftspeicher Staßfurt

Eine weitere Speicheroption sind Druckluftspeicher. Dabei wird mit Strom Luft verdichtet und in unterirdischen ausgewaschenen Salzstöcken gespeichert. Bei Strombedarf kann eine Turbine mit der Druckluft angetrieben werden. Bereits seit den 70er Jahren gibt es ein solches Projekt in Niedersachsen. Der Wirkungsgrad beträgt dort aber nur rund 50 %. Am Standort Staßfurt plante RWE ein neuartiges Druckluftspeicherkraftwerk, welches 70 % Wirkungsgrad haben sollte. Doch derzeit ist das Projekt auf Eis gelegt, da die Kosten rund drei mal so hoch wären, wie die eines Pumpspeicherkraftwerkes. Doch selbst aus dem wegen des Naturschutzes umstrittenen geplanten Neubau eines Pumpspeicherkraftwerkes im Schwarzwald in Atdorf hat RWE sich wegen mangelnder Marktaussichten zurück gezogen.

Geringerer Speicherbedarf als gedacht

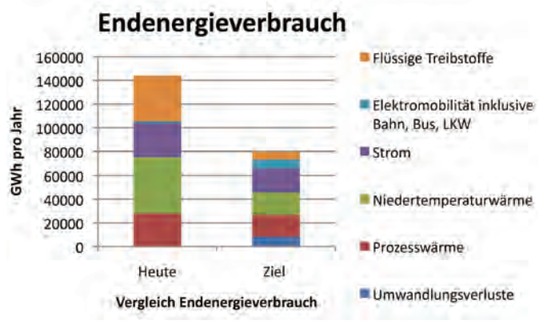
Gegenwärtig werden wegen mangelnder Wirtschaftlichkeit selbst Pumpspeichervorhaben in Deutschland ruhen gelassen – und sogar das bestehende Pumpspeicherkraftwerk Wendefurth kämpft mit der Konkurrenz von anderen Flexibilitätsoptionen und Batterien. Die gegenwärtige Marktsituation ist so, dass es verschiedene Optionen zur Stromspeicherung gibt, aber trotz eines Anteils von rund 30 % Erneuerbaren Energien im Stromnetz der Speicherbedarf so gering ist, dass sich dafür keine teuren Technologien lohnen. Bislang wurde die Flexibilität von Nachfrage und Angebot auch in einem Strommarkt mit einem hohen Anteil Erneuerbarer Energien offenbar unterschätzt und der Speicherbedarf überschätzt. Denn auch bislang gab es einen hohen Ausgleichsbedarf im Stromsystem: verschiedene Optionen von Lastverlagerung bis hin zu Pumpspeicherkraftwerken zum Beispiel in den Alpen wurden genutzt, um den unflexibel produzierten Strom aus Großkraftwerken wie Atomkraftwerken und großen Braunkohlekraftwerken an den im Tagesverlauf variierenden Strombedarf anzupassen. Mit dem Wechsel von starren, immer dieselbe Menge Strom produzierenden, Atomkraftwerken hin zu flexiblen und fluktuierenden Erneuerbaren werden die bereits seit langem im Stromnetz vorhandenen Ausgleichskapazitäten, welche genutzt wurden, um den blockweise produzierten Atomstrom zu Bedarfsspitzen teurer verkaufen zu können, nun genutzt, um den regenerativen Strom zu veredeln und zum Beispiel von Erzeugungsspitzen zu Nachfragespitzen zu leiten. Gleichzeitig gibt es damals wie heute Verbraucher wie Wärmpumpen oder Kühlhäuser, die zu nachfrageschwachen Zeiten günstigere Tarife nutzen und so ebenfalls dazu beitragen Angebot und Nachfrage in Einklang zu bringen. Trotzdem geht die Forschung davon aus, dass zukünftig bei einem weiter steigenden Anteil erneuerbarer Energien – spätestens bei rund 50-60 % der Stromerzeugung – auch ein verstärkter Bedarf an der breiten Palette der vorhandenen Ausgleichs-, Flexibilitäts-, Wandlungs- und Speicheroptionen besteht.

Unser zukünftiges „Smartes Energiesystem“

Die intelligente Steuerung aller Komponenten, der Erzeuger, Speicher und Verbraucher in einem über Informationstechnologie gesteuerten Gesamtstromnetz nennt man auch „Smart Grid“. Das zukünftige Stromnetz wird intelligent sein – und mit ihm auch alle Verbraucher und Erzeuger. In der Summe bilden wir dann ein intelligentes Gesamtenergiesystem, ein „Smart System“. Die einzige Angst, die wir bei der Energiewende haben müssen ist also, dass eines Tages die eigene Steckdose schlauer ist als wir.

VERMINDERUNG DES ENERGIEBEDARFS: VORAUSSETZUNG UND ERFOLGSREZEPT

Signifikante Energieeinsparungen und Effizienzverbesserungen sind essenzieller Bestandteil unseres Konzepts. Sie senken den Energieverbrauch und eröffnen überhaupt erst die Möglichkeit, sich in Deutschland zu 100 % selbst mit Erneuerbaren Energien zu versorgen. Daher sind sie eine unerlässliche Säule unseres Konzeptes.



Wir wollen den Endenergieverbrauch um die Hälfte reduzieren. Am stärksten können wir bei Niedertemperaturwärme und flüssigen Treibstoffen durch Umstellung auf elektrische Antriebe einsparen.

Doch Einsparung bedeutet nicht unbedingt Verzicht: moderne Technologien erlauben eine radikale Reduktion der benötigten Energiemengen, wenn man den heutigen Primärenergiebedarf mit dem zukünftigen vergleicht. Der Hauptgrund ist die Umstellung von Verbrennungsprozessen fossiler Energien auf die direkte regenerative Erzeugung von Strom. Dennoch wollen wir auch einen Einstieg in die „Postwachstumsökonomie“ wagen: beim Verkehr schlagen wir eine maßvolle Reduktion des heutigen Volumens, welches teilweise allein durch intelligentere Beschaffung und smarter koordinierte Warenströme vermeidbar ist, vor. Ohne, dass deshalb jemand auf seinen Schokoriegel verzichten müsste.

GROßE EINSPARUNGSEFFEKTE DURCH NEUE TECHNOLOGIEN DER ENERGIEGEWINNUNG UND NUTZUNG

Im Verkehrsbereich bringt die Umstellung von Verbrennungsprozessen fossiler Energien auf elektrische Antriebe besonders große Effekte und spart alleine bereits rund 70 % der benötigten Transportenergie ein. So werden Diesel und Benzin in den Ottomotoren unserer Autos mit einem extrem schlechten Wirkungsgrad von nur rund 23 % verbrannt, 77 % verpuffen. Bei der Stromerzeugung ist insbesondere die Braunkohleverstromung ein Energievernichter. Selbst das relativ neue und modernisierte Kraftwerk in Schkopau kommt über einen Strom-Wirkungsgrad von 40 % nicht hinaus. Die Dämmung von Gebäuden reduziert ihren Wärmebedarf um rund 70 %.

Effizientere Kühlschränke, Waschmaschinen, Fernseher und Computer benötigen weitaus weniger Strom als ihre Vorgänger. Wärmepumpen brauchen nur ein Drittel der Energie von Gasthermen, zwei Drittel der Wärme entnehmen sie der Umwelt. Leuchtdioden (LED) und intelligente Lichtsteuerung können den Strombedarf für Beleuchtung um 75-90 % mindern, wie Beispiele aus der Region zeigen.

Bezogen auf den heutigen Primärenergiebedarf reduzieren wir die benötigte Menge regenerativer Energien durch einige große Effekte:

- Reduktion des Primärenergiebedarfes durch die Umstellung von ineffektiven Verbrennungsprozessen zur Erzeugung von Strom, Kraft und Verkehrsenergie auf die direkte Erzeugung und Nutzung von Strom aus regenerativen Energien
- Einsatz von Umweltenergie mit Hilfe von Wärmpumpen zur Erzeugung von Heizenergie und Warmwasser
- Einsparung von Energie bei der Nutzung durch effizientere Gebäude, Flugzeuge, Fahrzeuge, Maschinen, Haushaltsgeräte und Prozesse
- Reduktion des in den letzten Jahren stark gestiegenen Verkehrsaufkommens um rund 20 %, insbesondere durch die Einsparung überflüssiger Warentransporte durch die verstärkte Nutzung regionaler Kreisläufe

Darüber hinaus gibt es noch weitere Einsparpotentiale, die wir im Szenario nicht eingerechnet haben, die aber einen weiteren Puffer zur Zielerreichung darstellen:

- Einsparung von Herstellungsenergie durch die gemeinsame Nutzung energieintensiver Produkte – „Shared Economy“ – so zum Beispiel bei „Car Sharing“
- Einsparung von heute benötigten Energiemengen in der Produktion von Gütern durch die Rückführung der Wegwerfgesellschaft hin zur Werthaltigkeitsgesellschaft durch die Wiedereinführung haltbarerer Geräte, Möbel und Kleidung
- Vermeidung des hohen Anteils weggeworfener Lebensmittel durch intelligentere Prozesse und einen bewussteren Umgang mit dieser wertvollen Ressource

REDUKTION DES ENERGIEVERBRAUCHES

Die Einsparpotenziale verteilen sich im Szenario unterschiedlich auf die von uns betrachteten vier Energiebereiche.

Energieeinsparung:

- 29 % Konventionelle Stromnutzungen
- 61 % Niedertemperaturwärme
- 35 % Prozesswärme
- 65 % Verkehrssektor

Über alle Sektoren berechnet kann der heutige Endenergieverbrauch auf die Hälfte gesenkt werden. Wie dies möglich ist, soll im Folgenden für die einzelnen Energieverbrauchsarten gezeigt werden.

Bild S. 26: Vattenfall GmbH
Grafik S. 27: Simulation Szenario mit 100prosim, H.-H. Schmidt-Kanefendt, Ostfalia Hochschule

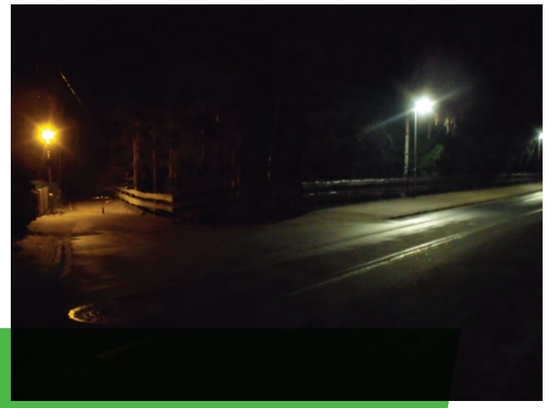
BEISPIEL STRAßENBELEUCHTUNG

Auch die Straßenbeleuchtung ist ein interessanter Bereich für Stromeinsparung – erzielt durch mehr Effizienz und intelligentere Steuerung:

In der Modellregion Harz wurden alte Natriumdampflampen gegen moderne Straßenlampen die mit Leuchtdioden arbeiten ausgetauscht. Obwohl die modernen Lampen (rechts im Bild) eine höhere Leuchtstärke haben, sinkt der Energieverbrauch auf ein Viertel. Durch den Einsatz von Bewegungsmeldern könnte der Strombedarf noch einmal um zwei Drittel abgesenkt werden. Das macht besonders in Dörfern Sinn, wo nicht ständig Fußgänger unterwegs sind. Der Verbrauch könnte so auf weniger als 10 % des ursprünglichen Strombedarfs gesenkt werden.

BEISPIEL GEBÄUDESANIERUNG

Dieser historische Gebäudebestand der Städtischen Wohnungsbaugesellschaft SWB aus Schönebeck wurde im Jahr 2011 energetisch saniert. Dort wo vorher mit Gas-Außenwandöfen die Wärme direkt aus dem Fenster heraus geheizt wurde, wird nun mit Fernwärme geheizt. Der Heizenergiebedarf des 1937 erbauten Hauses beträgt nun hundert Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr – inklusive Warmwasser. Damit hat sich der Heizwärmebedarf mindestens halbiert. Eine weitere Reduktion des Verbrauches wäre durch den Einsatz von Wärmerückgewinnungstechnik für die Lüftung möglich.



Neue Straßenbeleuchtung in der Modellregion Harz: links alte Natriumdampflampen, rechts neue Lampen mit Leuchtdioden, Energieeinsparung ca. 75%.

Objekt vor der Sanierung: Dr.–Martin-Luther-Str. 37-49 Kinderstube

Energetische Sanierung beim Objekt: Dr.–Martin-Luther-Str. 37-49 Kinderstube

Bild S. 28 oben: Ralf Voigt
Bild S. 28 mitte: SWB Städtische Wohnungsbau GmbH Schönebeck
Bild S. 28 unten: SWB Städtische Wohnungsbau GmbH Schönebeck
Bild S. 29: Ralf Voigt

VERKEHR

Auf den Verkehrssektor entfällt heute 27,5 % unseres gesamten Energieverbrauches.

Wenn man das mit dem konventionellen Stromverbrauch vergleicht, auf den heute 20 % entfällt, wird die Dimension der Herausforderung deutlich. Eine Verkehrswende ist daher ein unverzichtbarer Bestandteil der Energiewende. Wir wollen die gesamte Verkehrsenergie erneuerbar herstellen und zudem den Energiebedarf des Verkehrssektors auf rund ein Drittel absenken. Dazu müssen wir sowohl die Antriebssysteme revolutionieren, als auch die Herstellung des Treibstoffes. Zudem wollen wir das Verkehrsaufkommen moderat und realistisch reduzieren: um 20 %.

Etliche Missstände, die heute herrschen, können durch moderne Technik im Verkehr überwunden werden. Mit unserem Konzept wollen wir abschaffen:

- die zu hohe Feinstaub-, Ozon- und Stickoxydbelastung in Innenstädten, welche in Deutschland häufig die EU-Grenzwerte für Luftreinhaltung überschreitet
- durch Rußpartikel und Luftverschmutzung aus dem Autoverkehr ausgelöste Krankheiten, wie Krebs und Lungenprobleme
- überhöhte Lautstärke und Lärmbelastung an Straßen
- die ständig zunehmende Belastung durch Fluglärm

Um diese Verbesserungen einzuleiten, bedarf es eines Bündels an Maßnahmen:

- Umstellung von 87 % des Verkehrs auf elektrische Antriebe, von heute 8,8 %
- Effizienzerhöhung der Antriebe bei Autos, LKW und bei Flugzeugen um 30 %
- Reduktion des Verkehrsaufkommens um 20 % durch moderne IT-Technologie, verbesserte Logistikkonzepte und Stärkung lokaler Handelsströme
- Optimierung des öffentlichen Nah- und Fernverkehrs
- Flexiblere Nutzungsmöglichkeiten verschiedener Verkehrsmittel inklusive Leih- und Sharing-Modellen
- Stadtplanung für optimierten Fahrradverkehr und ÖPNV
- Wegevermeidung durch eine optimierte Stadtplanung, welche die Integration von Arbeit, Handel und Wohnen als Ziel verfolgt

ELEKTROMOBILITÄT

Selbst die alleinige Umstellung des Motors auf Elektroantrieb bringt bereits große Effekte. In der Modellregion Harz wurden konventionelle mit Benzin betriebene Audis A2 auf Elektroantrieb umgebaut. Der Kraftstoffverbrauch des Benzinmotors betrug ca. 6 -7 Liter auf 100 Kilometer. Jeder Liter Benzin enthält ungefähr 10 Kilowattstunden Energie. Der frühere Verbrauch entspricht also rund 60 - 70 Kilowattstunden Energie.

Die Kosten für das Benzin betragen je nach aktuellem Benzinpreis ca. neun Euro.

Nach dem Umbau auf Elektroantrieb liegt der Verbrauch bei nur 15 Kilowattstunden pro 100 Kilometer Fahrtstrecke, geliefert von den Erneuerbaren Energien Wind und Sonne. Die Energiekosten für die Fahrt sinken durch den Elektroantrieb, bei einem Strompreis von 25 Cent/kWh, auf nur 3,75 EUR pro 100 Kilometer. Wenn man in der Lage ist Strom aus einer eigenen Solaranlage zu verwenden, der nur rund 15 Cent/kWh kostet, so sinken die Fahrtkosten für 15 Kilowattstunden auf 100 Kilometer auf nur etwas über zwei Euro.

Für die meisten Fahrten täglicher Wege im Berufsleben in der Stadt und auf dem Land würde ein Elektroauto mit einer Reichweite von 100 – 200 Kilometer, wie sie moderne Elektroautos anbieten, vollständig ausreichen.

Umstellung auf Elektroantrieb in der Modellregion Harz:der Audi A2 veruacht nach dem Motorwechsel statt 6 -7 Liter Benzin auf 100 Kilometer nur noch 15 kWh Strom (entspricht dem Energieinhalt von 1,5 Litern Benzin), Energieeinsparung ca. 75%.

ELEKTROBUSSE FÜR DEN ÖPNV

In Berlin wurde im Sommer 2015 eine Elektrobusstrecke mit induktivem Schnellladesystem in Betrieb genommen: Zwischen dem Bahnhof Zoo und dem Bahnhof Südkreuz fahren ab jetzt nur noch Elektrobusse von „Solaris“. Innerhalb von vier bis sieben Minuten kann der Nahverkehrsbus der Linie 2014 so an der Endhaltestelle kabel- und kontaklos wieder aufgeladen werden. Nur eine Platte unter dem Bus senkt sich ab und nimmt „induktiv“ die Ladung auf. Die elektromagnetische Strahlung ist dabei völlig ungefährlich und geringer als bei einem Induktionsherd. Nur 1,3 bis 1,8 Kilowattstunden verbraucht der 70 Personen befördernde Elektrobus pro Kilometer. Für eine Strecke von 100 km sind das maximal 180 Kilowattstunden – und diese werden auch in Berlin zu 100 % mit erneuerbaren Energien hergestellt. Ein mit Diesel betriebener Bus gleicher Größe verbraucht rund 40 – 60 Liter Diesel für diese Entfernung, je nach Verkehrslage und Stausituation. Der Elektrobus verbraucht also nur rund ein Drittel der Energiemenge, wegen des besseren Motorenwirkungsgrades und fährt ohne Lärm-, Feinstaub- und Kohlendioxid-Emissionen mit Erneuerbaren Energien.

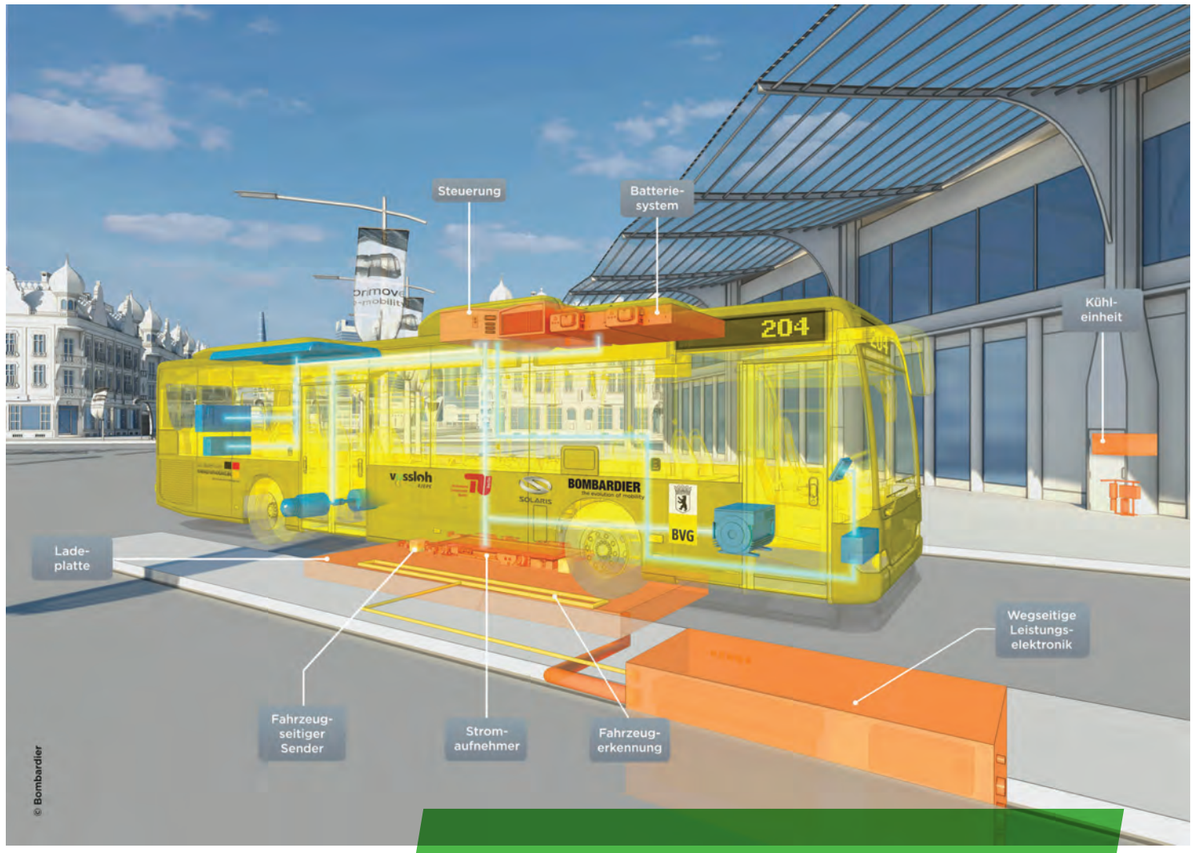
FLUGVERKEHR

Der Luftverkehr hat heute einen Anteil von 14 Prozent am Energieverbrauch im Verkehrssektor. Eine Umstellung des Flugverkehrs auf andere Treibstoffe als Kerosin ist sehr schwierig, da der Flugverkehr mit einer weltweit vernetzten Infrastruktur betrieben wird. Wenn große Jets heute von Deutschland nach China und über Australien und Afrika fliegen, können sie überall auf den gleichen genormten Treibstoff zurückgreifen.

Der Einsatz von elektrolytisch aus Wind- und Solarstrom erzeugtem Wasserstoff ist eine interessante Alternative, an der weltweit geforscht wird. Bereits erprobt worden ist das Fliegen mit Wasserstoff in Russland. So flog im Jahr 1988 eine russische Tupolev „TU 155“ erstmalig mit flüssigem Wasserstoff. Neben der Entwicklung und Testung neuer Flugzeuge wäre weltweit eine neue Infrastruktur erforderlich, um Wasserstoff als Treibstoff einsetzen zu können.

Neue Entwicklungen gehen daher dahin, das Kerosin selbst zu 100 % aus Erneuerbaren Energien herzustellen. Dieser Weg zeichnet sich derzeit als spannende neue Möglichkeit ab, auch den Flugverkehr auf 100 % Erneuerbare Energien umzustellen. Regenerativ hergestelltes Kerosin wäre ideal, da so ein fließender Übergang zu Erneuerbaren Energien ohne eigentlichen Technologiewechsel in der Luftfahrt möglich ist. Denn insbesondere die Entwicklung, Testung und Zulassung neuer Verkehrsflugzeuge – bis hin zur kommerziellen Serien-Fertigung – dauert Jahrzehnte.

Die neuste Generation von Verkehrsflugzeugen ist zudem wesentlich spritsparender als die Vorgängermodelle. So hat in den letzten Jahren bereits eine Entkopplung des Zuwachses an Flugkilometern vom Kerosinverbrauch stattgefunden. Das Bundesumweltministerium hat in einer Studie errechnet, dass eine Verbrauchsminderung von rund 30 % durch höhere Effizienz möglich ist. Wir setzen diesen Wert als Zielwert im Szenario ein. Gleichzeitig schlagen wir vor, den Flugverkehr um rund 20 % zu reduzieren. Das würde bedeuten, dass wir die Flugkilometer wieder zurück bringen auf das Niveau des Jahres 2006. Reicht das nicht auch aus? Immer mehr Kondensstreifen am Himmel, immer mehr Startbahnen, immer mehr Einflugschneisen, noch mehr Abgase – wollen wir den Flugverkehr in Deutschland wirklich immer noch weiter steigern? Den Kerosinbedarf für 80 % des heutigen Flugverkehrs können wir vollständig mit 100 % regenerativem Kerosin dauerhaft decken. Wir sind damit aber „am Limit“, mehr können wir aus heimischen Ressourcen nicht herstellen. Die Umweltprobleme, die begrenzten Vorräte an fossilem Öl – ebenso wie die vielfältigen Krisen in den Herkunftsländern – lassen es sinnvoll erscheinen, einen Weg einzuschlagen, der dauerhaft begangen werden kann. Schließlich wächst der Flugverkehr als beliebtes Transportmittel noch immer weltweit und wir sollten Raum und Ressourcen für jene lassen, die unseren Standard noch nicht erreicht haben.



Schnellladesysteme, wie sie für Elektro-PKW bereits hergestellt werden, sind nun auch für Busse der Buslinie 204 in Berlin im Piloteinsatz. Das System PRIMOVE von Bombardier lädt kabellos durch Induktion an den Endhaltestellen innerhalb weniger Minuten.

FAZIT

Wir wollten mit unseren Berechnungen klären, ob eine 100-prozentige Versorgung von Sachsen-Anhalt mit Erneuerbaren Energien möglich ist. Wir können festhalten, dass dieses Ziel mit dem heutigen Stand der Technik umsetzbar ist. Doch es bleiben viele große und kleine Umsetzungsfragen offen: Wie werden die nötigen Maßnahmen finanziert? Welche rechtlichen Rahmenbedingungen sind anzupassen? Und vor allem die zentrale Frage, um die sich alles dreht: Welche Energie-Infrastrukturen brauchen wir für die Energiewende?

Dabei sind wir zu einem auch für uns überraschenden Ergebnis gekommen:

Wir haben die meisten Infrastrukturen, Technologien und Industrien, die wir zu einem Wandel hin zu 100 % Erneuerbaren Energien benötigen, bereits in Sachsen-Anhalt. Und überall herrscht Aufbruchstimmung. Jetzt, wo klar ist, dass Deutschland und die Welt sich den Herausforderungen des Klimawandels und der verknappenden Ressourcen stellen, geht es nur noch um eines: Wer ist ganz vorne? Wer spielt in der Bundesliga? Wer wird Weltmeister? Wir meinen, Sachsen-Anhalt spielt ganz vorne mit im Wettstreit um die besten Ideen und Initiativen für eine Wende hin zu 100 % Erneuerbaren Energien.

Sachsen-Anhalt ist in vielen Bereichen der Erneuerbaren Energien schon jetzt Vorreiter in Deutschland – von Windenergieanlagen über Solarzellen hin zu Bioenergieregionen und Modellprojekten. Und auch der petrochemische Standort Leuna trägt mit Expertise in Sachen Wasserstoff und Methanol sowie Bio-Chemikalien dazu bei.

Die Umsetzung des von uns zur Diskussion gestellten Szenarios würde einen großen Schub für Arbeitsplätze und die Entwicklung modernster Technologien geben. Auch die Solarindustrie könnte durch modernste Technologienetwicklung wieder stärkeren Rückenwind in Sachsen-Anhalt bekommen. Dabei stehen verschiedene technische Pfade offen, die in Zukunft darum konkurrieren werden, die Energie so preiswert wie möglich und so ökologisch wie denkbar bereit zu stellen.

Und auch die BürgerInnen diskutieren bei der Energiewende mit. Etliche Teilnehmerinnen und Teilnehmer unserer Regional-Workshops waren der Auffassung, dass die technischen Potenziale in der Industrie, Strom dann zu verwenden, wenn er von Wind und Sonne im „Überfluss“ bereitgestellt werden kann, noch gar nicht ausgereizt seien. Andere meinten, dass dezentrale Batterien zumindest schon mal viel dazu beitragen könnten, Mittagsspitzen der Photovoltaik über den ganzen Tag zu verteilen. Große Chancen werden in der Zukunft der Elektromobilität gesehen.

Wir sind der Überzeugung: Wenn man um die Lösung dieser Aufgaben erst mal die Ideen konkurrieren lässt, wird es vor allem nicht so teuer, wie viele befürchten. Man vergleiche nur die Entwicklung der Preise für Solarmodule. Der Umstieg auf 100 % Erneuerbare Energien wird weniger kosten, als die Stilllegung der Atomkraftwerke, die Suche nach einem Endlager und die Endlagerung der Brennelemente. Auch die Kosten der Sanierung von Braunkohlegruben haben den Steuerzahler bisher mit sehr hohen Summen belastet – allein seit 1990 haben Bund und Länder 9,2 Milliarden Euro für die Sanierung der Tagebaue in Ostdeutschland aufgewendet. Über 7 Milliarden Euro zahlen wir für die Sanierung der ehemaligen Uranbergewerke der Wismut in Sachsen und Thüringen. Das Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle „Asse“ steht zur Sanierung an, veranschlagt sind mehrere Milliarden. Für die katastrophalen Folgen der Erderwärmung müssen wir schon heute teuer bezahlen. Dazu kommen die mit zunehmender Verknappung wieder steigenden Preise für fossile Energie, sowie insbesondere unsere extrem hohe Abhängigkeit vom Energieimport aus Krisenregionen.

Die dezentrale Strategie von 100 %Erneuerbaren Energien bedeutet dagegen regionale Wertschöpfung in Sachsen-Anhalt, Entspannung im globalen Kampf um die geringer werdenden Ressourcen und nicht zuletzt die Mobilisierung aller kreativen Fantasie, um diese Herausforderung zu meistern.

Dafür brauchen wir Sie!

Bild S. 30-31: Bombardier, Berlin

ZENTRALE ERGEBNISSE

- Das Ziel 100 %-Erneuerbare-Energien herzustellen, funktioniert für Sachsen-Anhalt problemlos. Eine Energieversorgung basierend auf Sonne, Wind und Biomasse von der eigenen Landesfläche – zur Bereitstellung von Strom, Wärme, Verkehrsenergie und industriellen Prozessen – ist möglich.
- Dafür werden wir zukünftig fünfmal so viel Erneuerbare Energien herstellen, wie heute bei einem um 50 % geminderten Verbrauch.
- Dieses Szenario berechnet erstmals auch die Herstellung von normgerechtem Kerosin für Flugzeuge aus 100 % Erneuerbaren Energien aus der eigenen Landesfläche: mit CO2 aus Biogas und Strom aus Wind und Sonne können wir zukünftig auch Kerosin, Diesel und Benzin herstellen, allerdings in wesentlich kleineren Mengen als heute: Flugzeuge werden in den kommenden 30 Jahren um 30 % effizienter und 87 % des Verkehr auf Straße und Schiene stellen wir um auf Elektroantriebe, nur der Schwerlastverkehr braucht zukünftig noch „Sprit“.
- Durch bessere Stadtplanung mit mehr Fußgänger- und Radfahrfreundlichkeit, optimierte Logistik und die Förderung regionaler Handelsströme wollen wir den motorisierten Verkehr langfristig um 20 % reduzieren.
- Mit unserem Szenario stellen wir die Versorgung der 2,31 Millionen in Sachsen-Anhalt lebenden Menschen sicher und zusätzlich können wir als ländlich geprägtes Energieexportland die Ballungsräume – durch die Bereitstellung von Energie und Nahrungsmitteln für insgesamt 4,68 Millionen Menschen – mitversorgen.
- Davon profitiert Sachsen-Anhalt auch wirtschaftlich und verdient jährlich 493 Millionen Euro mehr durch den Verkauf Erneuerbarer Energie (nach dem EEG) als von den Verbrauchern im Land gezahlt wird.
- Die berühmten „Grenzen des Wachstums“ haben wir allerdings erreicht: da unsere knappste Ressource, die Fläche, begrenzt ist. Mit diesem Szenario erreichen wir das derzeit mögliche Optimum: ein weiteres Wachstum unseres Konsums würde nicht mehr zu einem „besseren Leben“ führen, denn ein „mehr“ an Verbrauch würde ein „mehr“ an Erneuerbaren Energien bedingen. Da wir die Flächen aber bereits stark beanspruchen, würde eine Steigerung der Produktion nicht unbedingt ein „besseres“ Leben bedeuten.
- 100 % Erneuerbare Energien sind eine konstante Quelle regionaler Wertschöpfung für Sachsen-Anhalt, da für Energie kein Geld aus dem Bundesland abfließt, sondern zukünftig nur noch eingenommen wird.
- Die Berechnung der Erneuerbaren Energieerträge basiert auf dem Flächenertrag nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik bei realistischen Wirkungsgrad- und Effizienzsteigerungen für die kommenden Jahrzehnte.
- Zeitliche Zielperspektive ist ungefähr 30 Jahre, ohne fixes Enddatum.
- Sachsen-Anhalt braucht keine neuen Kohlekraftwerke oder große Erdgaskraftwerke mehr, ein Braunkohle-Ausstieg sollte umgehend in Angriff genommen werden.
- Energie muss bezahlbar bleiben: Deshalb schnellstmöglicher Ersatz der immer knapper und teuerer werdenden fossilen Brennstoffe durch Erneuerbare Energien.
- Strom aus neu gebauten Kohle-, Atom- und Gaskraftwerken ist mit 8-12 Cent/kWh auch ohne die Einrechnung von Umweltfolgeschäden in Deutschland nicht mehr konkurrenzfähig gegenüber Strom aus Erneuerbaren Energien.
- Wind- und Solarstrom sind heute mit 6-10 Cent pro kWh bereits billiger als Atomstrom aus neuen AKW's: England hat die Genehmigung von Subventionen in Höhe von 11,5 Cent pro kWh bei der EU beantragt für das geplante neue AKW „Hinkley Point“.
- Aktuelle Studien kündigen weitere Kostenreduzierungen bei den Erneuerbare Energien Anlagen durch technischen Fortschritt und Massenproduktion an: Solarstrom soll 2050 laut Fraunhofer Institut nur noch 3-4 Cent pro Kilowattstunde (kWh) kosten.
- Die Senkung des Energieverbrauches um 50 % durch effizientere Geräte, Industrieprozesse, Transportsysteme und verbrauchsarmer Wohnungen gelingt im Laufe des Zeithorizontes durch technischen Fortschritt im Rahmen der normalen Austauschzyklen alter Autos, Geräte und Gebäudesanierungen.
- Politisch müssen die Kosten der Energiewende deutlich gerechter zwischen Industrie, Gewerbe, Handwerk und privaten Haushalten aufgeteilt werden.
- Die Menschen in Sachsen-Anhalt sollen sich in den Projekten engagieren können und an den Einnahmen angemessen beteiligt werden, sei es über Energiegenossenschaften oder andere Beteiligungsmodelle.
- Verbrennungsprozesse entfallen weitgehend: 75 % der erzeugten Energie ist Strom aus Erneuerbaren Energien – dadurch steigert sich der Gesamtwirkungsgrad des Systems.
- Haupt-Energielieferant wird Windenergie: Sie steuert 47,2 % der Energie bei – mit rund 2850 großen Windrädern.
- Zweitgrößte Erneuerbare Energiequelle ist die Solarenergie mit 21,8 % auf 0,65 % der Fläche Sachsen-Anhalts, das sind 17 % der Gebäude- und Freiflächen. Die meisten geeigneten Dächer werden wir zukünftig zur Solarstromerzeugung nutzen.
- Drittgrößte Energiequelle ist die Biomasse mit 16,2 % – dabei wollen wir eine Ökologisierung der Biomasseproduktion durch Wildblumenwiesen und ökologische Landwirtschaft mit Fruchtfolgen, welche die Natur bereichert und einen Beitrag zur Artenvielfalt leistet.
- Der Biomassebereich krempelt sich komplett um: Re-Ökologisierung der Biomasseproduktion
  - Biogas aus Wildpflanzen und Ökolandwirtschaft
  - Doppelnutzung Biogas: CO2 zur Herstellung von flüssigen Treibstoffen, Biomethan als gespeicherte Energie für die „Dunkelflaute“
  - Ölpflanzenanbau nur noch für Futter, keine Ölpflanzen für Sprit
  - Holz für industrielle Prozesswärme mit CO2-Nutzung des Abgases, nicht für Pelletsheizung
- Wir schlagen vor, den Anbau von Futtermitteln, wie vor allem Mais und den Konsum tierischer Lebensmittel um 25 % zu reduzieren, um damit Fläche für Wildblumenwiesen zu schaffen, aus denen wir mit dem halben Ertrag von Maismonokulturen Biogas gewinnen und gleichzeitig die Artenvielfalt sowie die Bienen fördern können.
- Umgebungs- und Solarwärme steuert als vierte große Energiequelle 14,7 % bei, Solarwärme fällt vor allem als Abwärme unter Solarstromdächern an.
- Die größten Einsparpotentiale sind: Gebäudesanierungen, bessere Energieeffizienz bei Geräten und Anlagen und die Elektrifizierung des Verkehrs, da heute übliche Verbrennungsmotoren einen sehr niedrigen Wirkungsgrad haben.
- Zukünftig werden wir eine doppelt so hohe Stromproduktion wie heute haben – große Teile des Stroms werden zur Wärmeerzeugung (z. B. für Prozesswärme in der Industrie, für Wärmepumpen) und für Verkehr (z. B. für die Elektromobilität) eingesetzt und können so in Batterien, Wärmespeichern und durch die Umwandlung in Treibstoffe leichter gespeichert werden: Deutschland hat heute bereits unterirdische Ölkavernenspeicher für 90 Tage des heutigen Verbrauches.
- Wir nutzen zum Ausgleich des schwankenden Angebotes von Wind- und Solarstrom über mehrere Tage die Biomasse in Form von Biomethan, das wir in den heutigen Erdgasspeichern, wie dem in Peckensen in der Altmark, unterirdisch problemlos und ohne neue Speicher bauen zu müssen, mehr als ausreichend speichern können: Deutschland hat Gasspeicher für 80 Tage, das reicht aus um Wind- und Sonnenflaute ausgleichen zu können.
- Einen saisonalen Speicherbedarf haben wir nicht: über das ganze Jahr fällt Erneuerbare Energie an.
- Schwankungen innerhalb eines Tages werden durch Batterien von Elektroautos, Großbatterien, das Pumpspeicherwerk und steuerbare Lasten, wie die Niedertemperatur- und Prozesswärmeerzeugung, abgefangen. Elektrolyseure, die zur Treibstoffherstellung eingesetzt werden können ebenfalls fluktuierend betrieben werden.

ERZEUGUNG VON STROM, WÄRME; UND ABTRIEBSENERGIE IM SZENARIO

Energieerzeugung: 79.865 GWh/a davon 60.037 GWh Strom = 75 %

DIE ERZEUGUNG VON STROM

Insgesamt erzeugen wir rund dreimal so viel Strom, wie wir für klassische Stromanwendungen benötigen da wir auch Wärme und Verkehrsenergie zukünftig vorwiegend aus Wind- und Sonnenstrom gewinnen. Auch in absoluten Zahlen stellen wir rund doppelt so viel Strom her, als wir es heute tun. Für die Sicherung der Stromproduktion in der „Dunkelflaute“ nutzen wir Biomethan als gespeicherte Energie. Strom aus Biomethan macht rund 7,5 % der gesamten Stromproduktion im Szenario aus. Das Biogas gewinnen wir vorwiegend „öko“ aus Wildpflanzenmischungen. Es enthält rund 40 % CO2 und 60 % Biomethan. Das in reiner und konzentrierter Form im Biogas enthaltene CO2 scheiden wir vor der Verbrennung ab und nutzen es zur Treibstoffherstellung.

Basisdaten Strom:

28,6 % Einsparung bei konventionellen Stromnutzungen (bezogen auf Strombedarf heute)

Stromerzeugung Menge inklusive Strom für Verkehr und Wärme: 60.037 GWh/a

Darstellung aus welchen Quellen Strom, Wärme und Antriebsenergie heute und in unserem Szenario zukünftig bereit gestellt werden sollen.

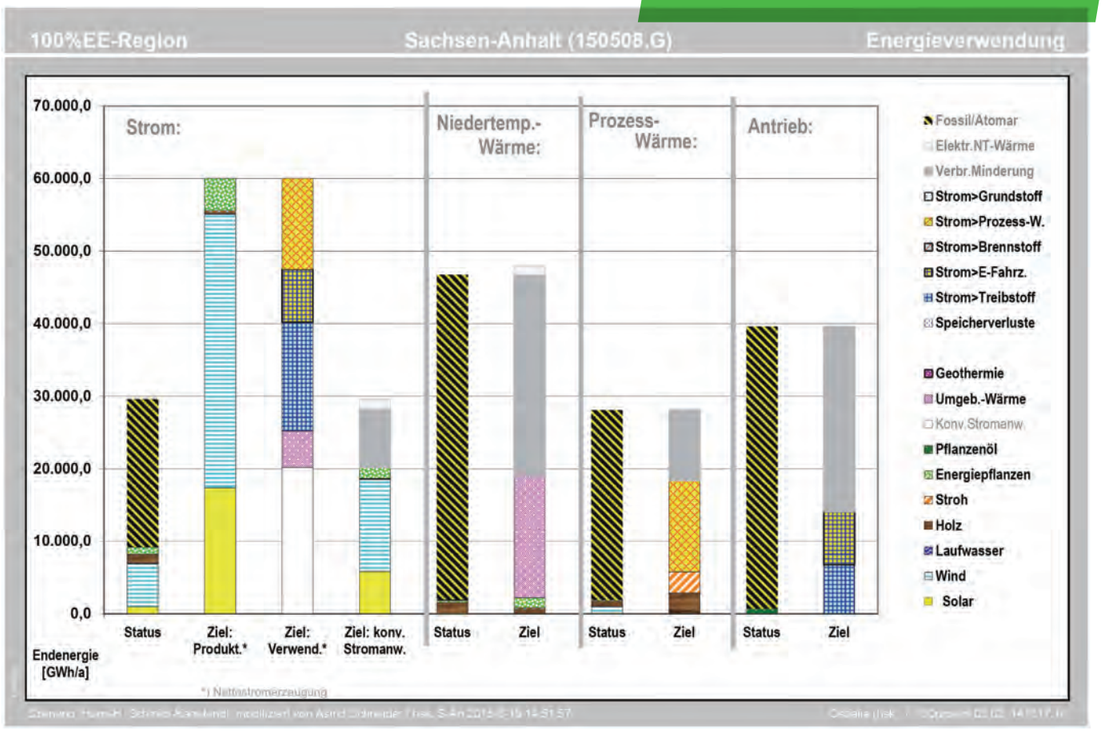


Bild S. 33: Simulation Szenario mit 100prosim, H.-H. Schmidt-Kanefendt, Ostfalia Hochschule

- aus Solarenergie mit Photovoltaik: 17.379 GWh/a
- aus Windenergie: 37.724 GWh/a
- aus Wasserkraftwerk: 78 GWh/a
- aus Holzkraftwerk: 168 GWh/a
- aus Strohkraftwerk: 205 GWh/a
- aus Biomethan mit Gaskraftwerk / BHKW: 4483 GWh/a (Nutzung bei „Dunkelflaute“)

NIEDERTEMPERATURWÄRME

Niedertemperaturwärme machen wir vor allem mit Hilfe von Wärmepumpen aus Strom, bei einem kleinen Anteil Wärme aus der Stromerzeugung mit Biomethan und einer kleinen Menge Holz. Die Wärmepumpen wandeln Solar- und Umgebungswärme niederer Temperatur, die z.B. als Abwärme unter den Solardächern anfällt um in Heizenergie und Warmwasser. Ein System abgestaffelter Wärmespeicherung (ca. 1 Tag für WW, 1 Woche für Heizwärme, saisonal für Abwärme niederer Temperatur z.B. in bodennaher Geothermie) erlaubt die zeitliche Entkopplung von Stromproduktion und Wärmebedarf und die wechselseitige Systemoptimierung zwischen Strom- und Wärmeerzeugung.

Basisdaten Niedertemperaturwärme

60,5 % Einsparung (durch Effizienz)

Niedertemperaturwärme Menge: 18.971 GWh/a

- aus Holz als Abwärme Heizkraftwerk: 167 GWh/a
- aus Holz (Pellets): 480 GWh/a
- aus Stroh als Abwärme Heizkraftwerk: 203 GWh/a
- aus Biogas als Abwärme aus Blockheizkraftwerk: 1379 GWh/a
- Umgebungs- und Solarwärme über Wärmepumpen: 16.741 GWh/a (bei 5.018 GWh/a Stromeinsatz)
- aus Strom direkt: 807 GWh/a

PROZESSWÄRME

Prozesswärme für die Industrie erzeugen wir zu mehr als zwei Dritteln mit Strom, aber auch mit Stroh und Holz als kohlenstoffhaltigen Energieträgern dort wo dies erforderlich ist. Das CO2, welches bei diesen Verbrennungsprozesen frei wird, nutzen wir zur Herstellung von Treibstoffen.

Basisdaten Prozesswärme

34,7 % Einsparung (durch Effizienz)

Prozesswärme Menge: 18.358 GWh/a

- aus Strom: 12.548 GWh/a
- aus Holz: 2880 GWh/a
- aus Stroh: 2930 GWh/a

VERKEHRSENERGIE

Verkehrsenergie erzeugen wir mit Strom, welcher entweder in elektrischen Antrieben von Elektroautos, Bahn, Bussen, Transportern und E-Bikes direkt genutzt wird, oder aber im Zusammenspiel mit CO2 und Wasser in die flüssigen Treibstoffe Kerosin, Diesel und Benzin umgewandelt wird. Auch Wasserstoffantriebe sind möglich.

Basisdaten Verkehrsenergie

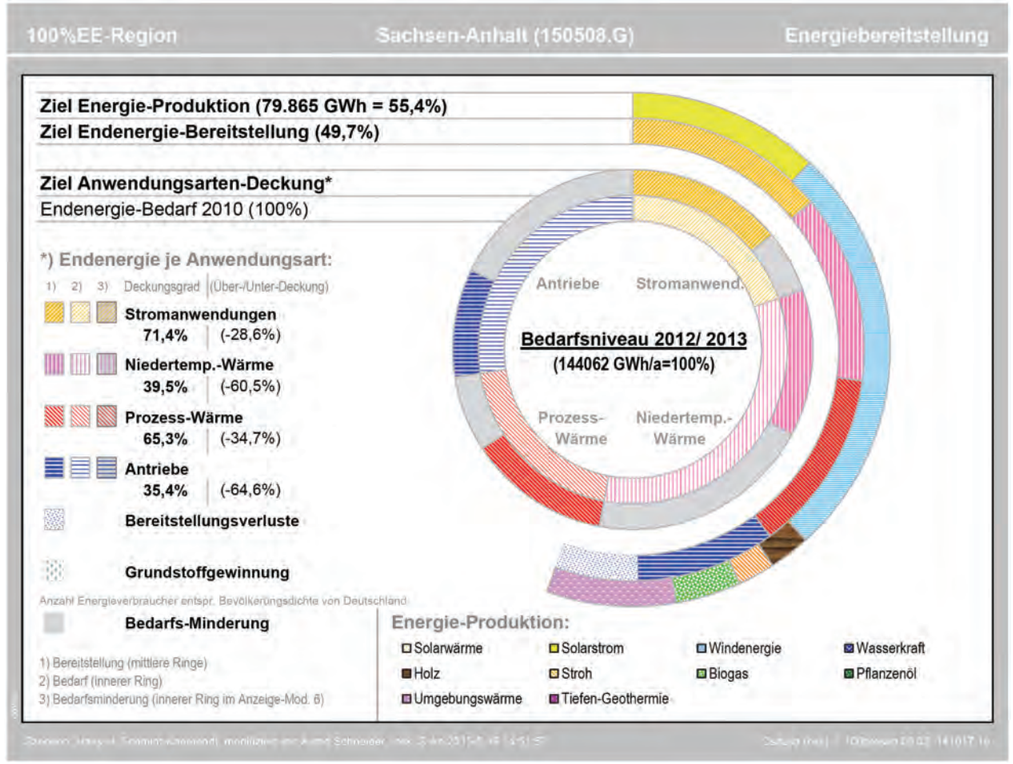
64,6 % Einsparung (vorwiegend durch Effizienz / Umstellung Verbrennungsmotoren auf Elektromotoren, um 20% reduzierte motorisierte Verkehrsleistung)

Antriebsenergie Menge: 14.038 GWh/a (inklusive Umwandlungsverlusten 22.284 GWh/a)

- Strom für Elektroantriebe: 7.264 GWh/a
- Flüssige Treibstoffe aus CO2 Wasser und Strom: 6.710 GWh/a Energiegehalt Kerosin, Diesel, Benzin (Input Strommenge zur Treibstoffherstellung: 15.020 GWh/a)

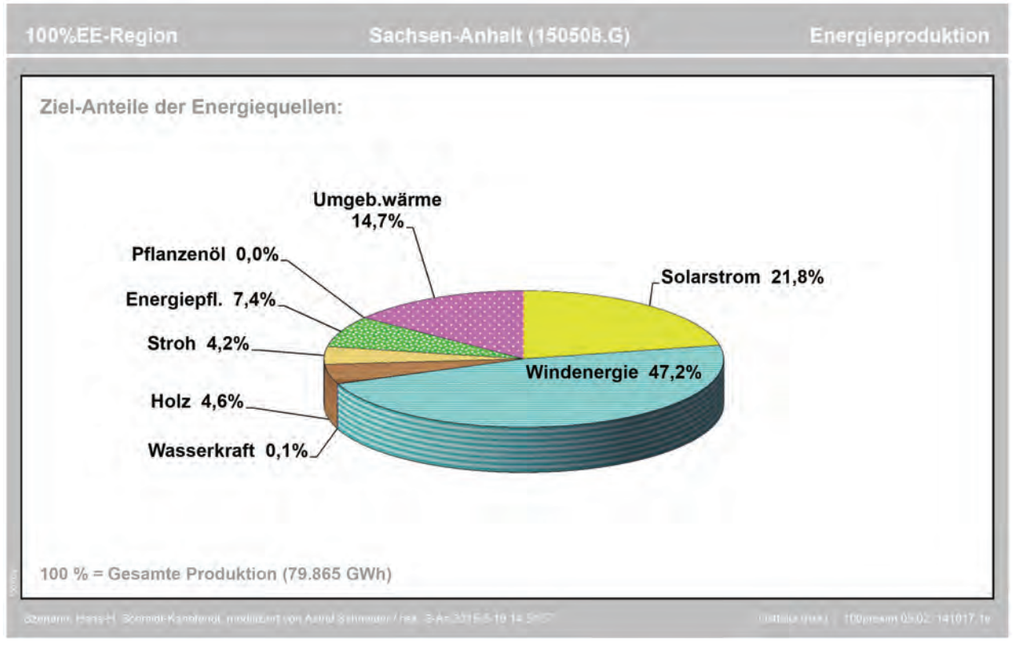
Grafik S. 35 oben: Simulation Szenario mit 100prosim, H.-H. Schmidt-Kanefendt, Ostfalia Hochschule
Grafik S. 35 unten: Simulation Szenario mit 100prosim, Hans-H. Schmidt-Kanefendt, Ostfalia Hochschule

GEGENÜBERSTELLUNG ENERGIEBEDARF, BEDARFSMINDERUNG UND ERZEUGUNG IM SZENARIO



Kreise von innen nach außen: Energiebedarf heute, Ziel Energiebedarf und Ziel Bedarfsminderung (grau), Ziel Energiebedarf (zusammengeschobene Reststücke Bedarf), Ziel regenerative Energiebereitstellung zur Deckung des verbleibenden Energiebedarfes

ANTEILE ERZEUGUNG ERNEUERBARER ENERGIE IM SZENARIO



Anteile Erneuerbarer Energieproduktion im Zielszenario an Gesamtproduktion

ÜBERSICHT ERZEUGUNG ERNEUERBARER ENERGIEN

100%EE-Region | Sachsen-Anhalt (150508.G) | Energie

Quelle	Fläche ha Status	Fläche ha Ziel	x Technologie	Nutz-Anteil % Status	Nutz-Anteil % Ziel	x Energieart	Energieertrag MWh/ha/a Status	Energieertrag MWh/ha/a Ziel	= Energieprod. GWh/a Status	Energieprod. GWh/a Ziel	> Deckungsbeitrag (Ziel) % von 144062 GWh/a Strom	Wärme	Antrieb	Wärme im Detail Niederte.	Prozesse
Solar-strahlung	849	13.368	Flachkollekt.	4,34	0	NT-Wärme	3.794	3.794	140	0					
			Photovoltaik	95,7	100	Strom	1.241	1.300	1.008	17.379	12,1				
Wind Onshore &Offshore-Äquiv.	16.738	81.385	Windenerg.-Anlage	100	100	Strom	353	464	5.906	37.724	26,2				
Laufwasser	2.045.029	2.045.029	Wasser-Kraftwerk	21,6	21,6	Strom	0,18	0,18	78	78	0,1				
Holz	500.980	475.931	Brennstoffgew. für Heizung	10	5	Festbrennst.	20,2	20,2	1.010	480		0,3		0,3	
			Brennstoffgew. für Prozesse	6	30	Festbrennst.	20,2	20,2	606	2.880		2,0			2,0
			Kraftwerk	35	5	Strom	7,1	7,1	1.240	168	0,1				
						NT-Wärme	2,6	7,0	459	167		0,1		0,1	
Stroh	581.210	581.210	Brennstoffgew. für Heizung	0	0	Festbrennst.	20,2	20,2	0	0					
			Brennstoffgew. für Prozesse	0	25	Festbrennst.	20,2	20,2	0	2.930		2,0			2,0
			Kraftwerk	0	5	Strom	4,1	7,0	0	205	0,1				
						NT-Wärme	7,4	7,0	0	203		0,1		0,1	
Energie-Pflanzen & Abfall-/Rest-stoffe (Äquiv.)	42.750	241.987	Biogas direkt für Prozesse	0	0	Gasf.Brennst.	41,1	28,8	0	0					
			Biogas BHKW	131	99,1	Strom	17,2	18,7	967	4.483	3,1				
						NT-Wärme	4,3	5,8	242	1.379		1,0		1,0	
			Biogas komprimiert	0	0,93	Gasf.Kraftst.	41,1	28,8	0	65			0,0		
Ölpflanzen & Ethanol-Pfl.	100.236	0	Ölmühle	48,8	100	Fluss.Kraftst.	15,6	7,8	765	0					
			Ölmühle BHKW	14,2	0	Strom	4,7	2,7	67	0					
						NT-Wärme	5,6	3,5	80	0					
Umgebungs-Wärme	87.949	87.949	Wärme-pumpe	0,1	13,3	NT-Wärme	1.500	1.428	79	16.741		11,6		11,6	
						Strom	-500	-428	-26	-5.018 [1]	-3,5				
Tiefen-Geothermie	2.045.029	2.045.029	Direktnutz.	0	0	NT-Wärme	2,0	2,0	0	0					
			Kraftwerk	0	0	Strom	0,1	0,1	0	0					
						NT-Wärme	0,6	0,6	0	0					

41,7

Energieart	Energieangebot GWh/a * Status	Energieangebot GWh/a * Ziel	x Technologie	Nutz-Anteil % Status	Nutz-Anteil % Ziel	x Energieart	Wirkungsgrad % Status	Wirkungsgrad % Ziel	= Energieprod. GWh/a * Status	Energieprod. GWh/a * Ziel	> Deckungsbeitrag (Ziel) % von 144062 GWh/a * Strom	Wärme	Antrieb	Wärme im Detail Niederte.	Prozesse
Netto-Strom-produktion	29.589	60.037	Stromspeicher	0	0,0	Strom > Medium	22	30,7	0	0					
						> Strom	-100	-100	0	0					
						NT-Wärme	0	20,0	0	0					
			Treibstoff für Verkehr	0	25	Strom > Gas > Treibstoff	0	45	0	6.710			4,7		
							-100	-100	0	-15.020	-10,4				
			Strom für E-Fahrzeuge	0	12,1	Lade-/Fahr-Strom	100	100	0	7.264			5,0		
							-100	-100	0	-7.264	-5,0				
			Brennstoff für Prozesswärme	0	0		0	0	0	0					
							-100	-100	0	0					
			Strom für Prozesswärme	0	20,9	Strom > Prozessw.	100	100	0	12.548		8,7			8,7
							-100	-100	0	-12.548	-8,7				
			Methan für stoffl.Verwend.	0	0	Strom > Methan	0	45	0 [4]	0 [4]	(stoffliche Verwendung)				
							-100	-100	0	0					
Strom-Verbr. (konvent.)	29.589	20.187	NT-Wärme elektrisch	10,5	4	NT-Wärme	100	100	3.115	807 [2]	-0,9	0,9		0,9	
						Summe Deckungsbeiträge:					14,0	25,9	9,7	13,2	12,7
						Abdeckungsgrad gesamt:						49,7		25,9	
						Verbrauchsminderung:						50,3			

	Strom	Wärme	Antrieb	Wärme im Detail Niederte.	Prozesse
	% vom jeweiligen Bedarf			% vom jeweils Bedarf	
% vom heutigen Gesamtbedarf [3]	9,6	52,5	27,5	33,1	19,5
Abdeckungsgrad einzeln:	71,4	49,0	35,4	39,5	65,3
Verbrauchsminderung:	28,6	51,0	64,6	60,5	34,7

[1]) Einheiten:
ha = Hektar; 1 ha = 10.000 m²
MWh = Megawattstunde; 1 MWh = 1000 kWh
GWh = Gigawattstunde; 1 GWh = 1 Mill. kWh
a = Jahr

[2]) Ersatz statt NT-Wärme ändert Maßstab für 'Abdeckungsgrad einzeln', bei Strom um -0,9 % (vorher 20,5%), bei Wärme um 0,9 % (vorher 52,0%)

[3]) Anteiliger Strom Wärmepumpen wird erst nach Bildung der Netto-Stromproduktion berücksichtigt.

[4]) Die Angabe bezieht sich auf den Energiegehalt des erzeugten Methans, das stofflich genutzt wird.

Erläuterungen zu den Ansätzen verfügbar, Beispiel 'Se65 ': Unterlage laden von http://wattweg.net - Seite 'Grundlagen' - Zeile '05 02' - Spalte 'Se' Relevante Textstelle siehe Absatz Nr. '65

ENERGIEEINSPARUNG

100%EE-Region | Sachsen-Anhalt (150508.G) | Bedarfsminderung

Strom (konventionell, Endenergie)

			Angebot
Anwendungs-Effizienz Strom - Energieeinsatz: Ziel gegenüber heute	70	%	
Nutzungsdauer/Nutzungsgrad - Energieeinsatz: Ziel gegenüber heute	100	%	
Anteil Industrie+Gewerbe (Güterbereich) am Stromverbrauch: Heute	70	%	
= resultierender Gesamt-Strombedarf (konv.): Ziel gegenüber heute	70	%	71

Niedertemperaturwärme (Endenergie)

Status		
spezifischer Heizenergiebedarf Gebäudebestand: Heute	148	kWh/m2/a
Anteil Raumwärme an Niedertemperaturwärme: Heute	87,6	%
= spezifischer Heizenergie- und Warmwasser-Bedarf Gebäudebstand: Heute	169	kWh/m2/a
= spezifischer Warmwasserbedarf Gebäudebestand: Heute	21	kWh/m2/a
Effizienz durch Neubauten mit optimalem Wärmeschutz		
spezifischer Heizenergiebedarf Neubauten: Ziel	15	kWh/m2/a
spezifischer Warmwasser-Energiebedarf Neubauten: Ziel	21	kWh/m2/a
= spezifischer Heizenergie- und Warmwasser-Energiebedarf Neubauten: Ziel	36	kWh/m2/a
= spezif. Heizenergie- & WW-Energiebedarf Neubauten: Ziel relativ zu heute	21	%
Effizienz durch energet. Sanierung von Bestandsgebäuden		
spezif. Heizenergiebedarf energetisch sanierter Bestandsgebäude: Ziel	50	kWh/m2/a
spezifischer Warmwasserbedarf: Ziel (= wie bei Neubauten)	21	kWh/m2/a
= spez. Heizenergie- und WW-Bedarf energetisch sanierter Bestandsgeb.: Ziel	71	kWh/m2/a
= spez. Heizenergie- & WW-Bedarf energet.san.Best.Geb.: Ziel rel.zu heute	42	%
Zielansätze für Effizienztechnologien		
Beheizte Flächen: Ziel relativ zu heute	100	
Jährliche energetische Sanierungsrate: Ab Folgejahr	2,0	%
Jährliche Neubaurate zum Ersatz von Bestandsgebäuden: Ab Folgejahr	0,3	%
= komplett zukunftstauglicher Gebäudebestand: Ziel erreicht nach	43	Jahren
= Anteil Bestandsflächen energetisch saniert: Ziel	86,957	%
= Anteil Bestandsflächen durch Neubauten ersetzt: Ziel	13,043	%
= resultierender spez. Heizenergie- & Warmwasser-Bedarf im Durchschnitt: Ziel	66	kWh/m2/a
= resultierender NT-Wärmebedarf (Nutzenergie): Ziel gegenüber heute	39	%
Verluste in Heizungsanlagen		
Jahresnutzungsgrad aller Heizungsanlagen: Heute	77	%
Anteil verlustbehafteter Heizungsanlagen an NT-Wärme (Endenergie): Ziel	3	%
Jahresnutzungsgrad verlustbehafteter Heizungsanlagen: Ziel	70	%
= resultierender NT-Wärmebedarf (Endenergie): Ziel gegenüber heute	39	%

Angebot: 39

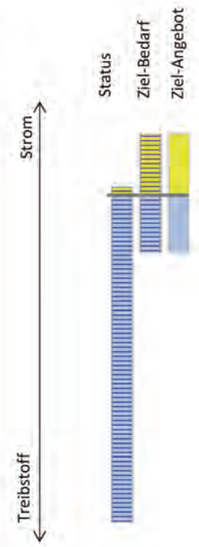
Prozesswärme (Endenergie)

			Angebot
Anwendungs-Effizienz Prozessw. - Energieeinsatz: Ziel gegenüber heute	65	%	
Nutzungsdauer/Nutzungsgrad - Energieeinsatz: Ziel geg.heute (= wie bei Strom)	100	%	
Anteil Industrie und Gewerbe am Prozesswärmeverbrauch: Heute	92,9	%	
= resultierender Prozesswärmebedarf: Ziel gegenüber heute	65	%	65

Antriebsenergie im Verkehr (Endenergie)

Anteil **Kraftstoff Straße&Schiene** an Endenergie Verkehr Deutschl.: Heute	83,6	%
Ant.**Elektrotrakt. Straße&Schiene** an Endenergie Verk. Deutschl.: Heute	2,3	%
Wirkungsgrad Kraftstoff-betriebener Fahrzeuge: Heute	23	%
Wirkungsgrad Kraftstoff-betriebener Fahrzeuge: Ziel	25	%
Wirkungsgrad Elektro-Fahrzeuge	80	%
= spezifischer Energiebedarf Kraftstoffbetr.-Fahrz.: Ziel relativ zu heute	92,0	%
= spez.Energiebedarf Elektro-Fahrzeuge: Ziel relativ zu Kraftst.bet.Fahrz.heute	28,8	%
Verkehrsleistung Straße/Schiene: Ziel gegenüber heute	80	%
= Anteil Elektrotraktion an Verkehrsleistung Straße/Schiene: Heute	8,8	%
Anteil Elektrotraktion an Verkehrsleistung Straße/Schiene: Ziel	86,4	%
= result. Kraftstoffstoffbed.Staße&Schiene relativ zu Endenenerg.Verkehr heute	9,2	%
= result. Strombedarf Straße&Schiene relativ zu Endenergie Verkehr heute	18,2	%
= Anteil **Luftverkehr** an Endenergie im Verkehr Deutschlands heute	14,1	%
spezifischer Kraftstoffbedarf **Luftverkehr:** Ziel relativ zu heute	70	%
Verkehrsleistung im Luftverkehr: Ziel gegenüber heute	80	%
= result. Kraftstoffstoffbed.Luftverkehr relativ zu Endenenerg.Verkehr heute	7,9	%
= result. Bedarf an Antriebsenergie im Verkehr: Ziel gegenüber heute	35	%
= result. Kraftstoffbedarf insgesamt: Ziel relativ zu Endenergie Verkehr heute	17	%
= result.Strombedarf: Ziel relativ zu Endenergie Verkehr heute	18	%

Angebot: 35 / 17 / 18



Erläuterungen zu den Ansätzen verfügbar, Beispiel 'Ba72':
Unterlage laden von http://wattweg.net - Seite 'Grundlagen' - Zeile '05 02' - Spalte 'Ba'. Relevante Textstelle siehe Absatz Nr. '72'

Grafik S. 36: Simulation Szenario mit 100prosim, H.-H. Schmidt-Kanefendt, Ostfalia Hochschule
Grafik S. 37: Simulation Szenario mit 100prosim, H.-H. Schmidt-Kanefendt, Ostfalia Hochschule

Dorothea Frederking, Energiepolitische Sprecherin

KONTAKT
E-Mail: dorothea.frederking@gruene.de
Tel.: 0391 560 4101
Fax: 0391 560 4006

FÜR SIE SIND WIR IM LANDTAG. SPRECHEN SIE UNS AN!
Die Landtagsfraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN erreichen Sie
auf Facebook: http://www.facebook.com/GrueneFraktionLSA
per E-Mail: fraktion@gruene.lt.sachsen-anhalt.de
per Telefon: 0391 560 4011
per Fax: 0391 560 4006

BLEIBEN SIE INFORMIERT! ABONNIEREN SIE UNSEREN NEWSLETTER:
http://gruene-fraktion-sachsen-anhalt.de/service/newsletter

Kontaktdaten aller Abgeordneten und MitarbeiterInnen der Fraktion, aktuelle Pressemitteilungen sowie Informationen zu unseren parlamentarischen Initiativen finden Sie auf:
www.gruene-fraktion-sachsen-anhalt.de

Regionale Energieszenarien für den Burgenlandkreis, den Salzlandkreis und die Regionale Planungsgemeinschaft Anhalt-Bitterfeld/Dessau-Roßlau/Wittenberg finden Sie ebenfalls auf unserer Homepage.

Impressum

Herausgeberin:
Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN
im Landtag von Sachsen-Anhalt
Domplatz 6-9
39104 Magdeburg

www.gruene-fraktion-sachsen-anhalt.de
fraktion@gruene.lt.sachsen-anhalt.de

Verantwortliche (V.i.S.d.P.):
Jenny Preller

ENERGIESZENARIO SACHEN-ANHALT

Arbeitsgruppe zur Erarbeitung des Energieszenarios:

Dorothea Frederking, Energiepolitische Sprecherin der Fraktion von BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN im Landtag von Sachsen-Anhalt

Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften

Astrid Schneider, Solar Architecture, Design, Research & Communication

Dank für weitere Zuarbeiten und Ausarbeitungen an:

Christoph Erdmenger - ehemaliger MdL von BÜNDNIS 90/DIE GGRÜNEN im Landtag von Sachsen-Anhalt

Martin Grimm - BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN

Burkhard Petersen - Energietisch Dessau e.V.

Steffen Ebert - Referent für Energie der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN im Landtag von Sachsen-Anhalt

Dank für wertvolle Informationen:

Werner Weindorf, Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

SIMULATION ENERGIESZENARIO

Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt

Erstellt mit dem Simulationswerkzeug 100prosim, entwickelt an der Ostfalia - Hochschule für angewandte Wissenschaften, Fakultät Versorgungstechnik – Regionale Energiekonzepte

h-h.schmidt-kanefendt@ostfalia.de
www.wattweg.net

FACHAUTORIN ENERGIESZENARIO

Astrid Schneider, Dipl. Ing. Architektur, Solar Architecture, Design, Research & Communication Berlin

Fachautorin Szenario, wissenschaftlich technische Beratung Energieszenario und Technologien der Energiewende

astrid@astrid-schneider.de
www.astrid-schneider.de

Stand: Juni 2015, 1. Auflage (12/15)