

# Was uns morgen antreibt.

## Basiswissen Erneuerbare Energien





# Inhaltsverzeichnis

Seite	Inhalt
<b>05</b>	<b>UNS BLEIBT NUR, WAS IMMER DA IST.</b>
05	Schwindende Vorräte
05	Klimawandel
06	Warum tragen wir die Verantwortung?
06	Umweltschutz
07	Langfristige Folgen
07	Versorgungssicherheit
07	Arbeitsplätze
<b>08</b>	<b>DER NEUE STROM.</b>
08	Strom aus der Luft
10	Strom aus Wasser
11	Strom aus Sonnenlicht
13	Strom aus der Erde
14	Strom aus Biomasse
<b>16</b>	<b>DIE NEUE WÄRME.</b>
16	Wärme aus Biomasse
17	Wärme aus der Erde
18	Wärme aus Sonnenlicht
<b>21</b>	<b>DIE NEUE MOBILITÄT.</b>
21	Umweltfreundliche Treibstoffe und Antriebe
21	Biotreibstoffe
22	Erdgas
22	Wasserstoffantrieb
23	Elektroantrieb
<b>24</b>	<b>DIE NEUEN NETZE.</b>
24	Wärmenetz
24	Tankstellennetz
24	Stromnetz
<b>27</b>	<b>ENERGIESPEICHER</b>
27	Stromspeicher
27	Wärmespeicher
<b>28</b>	<b>WAS BEDEUTET ES FÜR MICH PERSÖNLICH?</b>
<b>29</b>	<b>IMPRESSUM</b>



# Uns bleibt nur, was immer da ist.

Erneuerbare Energien – täglich begegnet uns dieser Begriff in den Medien. Es ist ein Schlagwort unter vielen. Schon hören wir nicht mehr so genau hin. Dabei ist die häufige Erwähnung mehr als berechtigt: Erneuerbare Energien sind einfach wichtig für die Menschheit. Nur mit ihrer Hilfe werden wir unseren steigenden Energiebedarf künftig decken und unseren Lebensstandard sichern können.

Vor nicht allzu langer Zeit haftete erneuerbaren Energien noch etwas Exotisches an. Sie galten als kostspielige Ergänzungen zu den klassischen Energiequellen und als etwas, mit dem hauptsächlich das Umweltgewissen beruhigt werden konnte. Die Zeit ist über diese Sicht der Dinge hinweggegangen.

Heute sind wir in Deutschland inmitten der Energiewende. Das heißt, Ausstieg aus atomaren und fossilen Energiequellen und die Gewährleistung einer nachhaltigen Energieversorgung mit den erneuerbaren Energien. Der schnelle Atomausstieg (bis 2022) wurde als Ergebnis der Reaktorkatastrophe in Fukushima im Juni 2011 beschlossen.

Schon heute hat jeder von uns ganz praktischen Umgang mit den erneuerbaren Energien – als Verbraucher oder als Erzeuger – und das bringt erhebliche Veränderungen mit sich. Es ist daher an der Zeit, sich ein Basiswissen über erneuerbare Energien zu verschaffen. Dazu dient diese Broschüre.

Zunächst: **Was sind überhaupt erneuerbare Energien?** Es handelt sich um einen Sammelbegriff für jene Energiequellen, die nach menschlichem Ermessen unendlich verfügbar sind: Wind, Sonnenlicht, Wasser, Erdwärme und sich erneuernde Biomasse aus pflanzlichen und tierischen Lebewesen. Sie stehen im Gegensatz zu den konventionellen Energiequellen, welche auf endlichen Vorräten basieren: Kohle, Erdöl, Erdgas und Uran. Bevor wir auf die einzelnen erneuerbaren Energien eingehen, wollen wir uns mit den Gründen für ein möglichst schnelles Umsteigen auf die erneuerbaren Energiequellen befassen.

## Schwindende Vorräte

Behalten wir den gegenwärtigen Energieverbrauch bei, so reichen die Vorräte an Erdöl, Erdgas und Kohle noch für einen Zeitraum zwischen 40 und 200 Jahren. Wem die höhere der beiden Zahlen als beruhigend erscheint, dem sei gesagt, in ihr stecken jede Menge Unwägbarkeiten. Hier sind Lagerstätten eingerechnet, die nur mit großem Aufwand und erheblichen



ökologischen Risiken erschlossen werden können. Die Kosten hierfür werden die jetzt bekannten weit übersteigen. Des Weiteren würde sich Deutschland immer mehr von Energieimporten abhängig machen. Im Jahr 2013 lagen die Importkosten für Energierohstoffe in Deutschland bei 99,4 Milliarden €.

Es gibt gute Gründe, noch viel schneller von den fossilen Energien wegzukommen.

**Unsere Vorräte an Kohle, Erdöl und Erdgas reichen noch für einen Zeitraum zwischen 40 und 200 Jahren. Einschränkungen beim Angebot sind noch deutlich früher zu erwarten.**

## Klimawandel

Aktuell jährlich 300.000 Tote und stetig zunehmende Kosten sind die aktuellen Folgen des Klimawandels. Der Klimawandel erhöht das Risiko von Naturkatastrophen und wird weitere Opfer fordern.

Die Folgen des Klimawandels sind gerade in den Entwicklungs- und Schwellenländern stärker ausgeprägt: Dürren, Überschwemmungen, heftige Stürme und Trinkwasserverknappung sind derzeit die häufigsten Folgen. Diese Länder haben nur begrenzte Kapazitäten sich diesen Veränderungen anzupassen. Die Folge: Länder, die gegenwärtig unter Armut leiden, bekommen die Ausmaße des Klimawandels am deutlichsten zu spüren. In der Region Sundarban (Indien/Bangladesch) leben rund 13 Millionen Menschen, die akut vom Anstieg des Meeresspiegels bedroht sind. Steigt der Meeresspiegel um 1 Meter ist die Region komplett überflutet.

**Die Hitzewelle 2003** forderte 40.000 Tote in Europa. Forscher der ETH Zürich kamen in einer Untersuchung von 2004 zum Ergebnis, dass diese Ereignisse in Zukunft auf Grund des anhaltenden Klimawandels öfter auftreten werden. Vorrangig wird dies auf den iberischen Halbinseln und im Mittelmeerraum spürbar (Ulmer, 2010), aber auch wir in Deutschland werden die Auswirkungen zu spüren bekommen.

Das ganze Gegenteil im Jahr 2018: ein viel zu warmer Frühling, deutlich weniger Niederschläge so dass die Kraftstoffpreise durch das Niedrigwasser stiegen, im Extremfall bis zu 75% Ernteausfall je nach Anbaugut und Region in Sachsen und bei weiter anhaltender Trockenheit auch Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung. Die Jahrhundertfluten von 2002 und 2013 trieben die Elbe auf bis dato für unmöglich gehaltene Pegelstände. Solche Ereignisse alarmieren die Menschen in Sachsen. Sind sie zufällig oder sind sie schon ein Vorge-schmack auf das Leben mit dem Klimawandel?

Gründe für die vergangenen Hochwasserereignisse sind einerseits starke Temperaturanstiege, wodurch sich Schmelzwasser abrupt bildete und nicht wie üblich kontinuierlich abfließen konnte. Des Weiteren sind die immer häufiger auftretenden Starkregenereignisse, vor allem in den Trockenzeiten zwischen Juli und September, verantwortlich für steigende Pegelstände.

Dass es zwischen diesen Ereignissen und dem anhaltenden Klimawandel einen Zusammenhang gibt, lässt sich nicht mehr vertuschen. Wissenschaftler prognostizieren für Deutschland unter anderem zukünftig eine Zunahme der Zahl und Dauer von Hitzewellen sowie eine Verringerung der sommerlichen Niederschlägen um 30 Prozent, dafür allerdings eine Zunahme von Starkregenereignissen (Kompetenzzentrum Klimafolge und Anpassung, 2013). Es lässt sich leicht nachvollziehen, dass weitere und immer öfter auftretende Hochwasserereignisse die Folgen sind.

Durch unseren Wohlstand und neue Technologien haben wir die Chance bis zu einem gewissen Grad uns dem Klimawandel anzupassen. Maßnahmen zum Schutz vor Hochwasser, sowie der Ausbau städtischer Grünflächen zur Reduzierung von Wärmeinseln können die Ausmaße des Klimawandels für uns erträglicher gestalten. Einen ungebremsen Klimawandel werden aber auch wir in Deutschland und Europa nicht beherrschen.

### Warum tragen wir die Verantwortung?

Der Klimawandel steht in unmittelbarem Zusammenhang zum Treibhauseffekt. An sich ist dieser Treibhauseffekt – ein Teil der einstrahlenden Sonnenenergie wird von der Atmosphäre in Form von Wärme gebunden, entweicht also nicht ins All – eine Grundvoraussetzung für das Leben auf der Erde.

Das fragile Gleichgewicht der Natur darf nicht gestört werden. Schickt der Mensch durch die Verbrennung fossiler Energieträger und durch die Prozesse in Industrie und Landwirtschaft zu viel Kohlendioxidgas, FCKW und Methan in die oberen Schichten der Atmosphäre, dann verstärken diese den Treibhauseffekt.

Die Erde wird wärmer, das globale Klima ändert sich. Eine Erwärmung der durchschnittlichen bodennahen Erdtemperatur um 0,7 Kelvin reicht dabei aus, spürbare Effekte zu erzeugen und ab 2 Kelvin kann es gefährlich werden.

### Steigt die durchschnittliche bodennahe

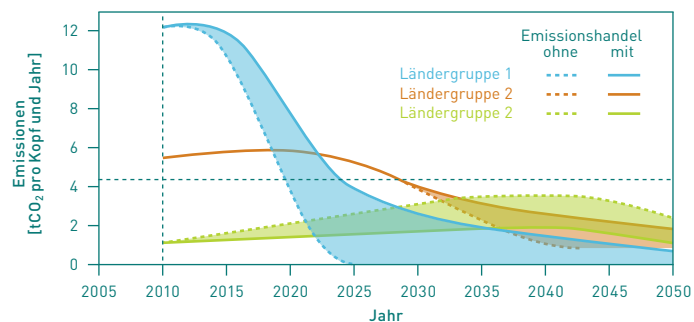
### Erdtemperatur um mehr als 2 Kelvin, kann

### es gefährlich werden.

Die Prognosen im Angesicht eines ungebremsen Ausstoßes an Treibhausgasen sagen Temperatursteigerungen von bis zu 5,8 Kelvin bis zum Jahre 2100 voraus. Nicht nur einzelne Tornados oder Jahrhundertfluten wären die Folge, sondern weltweit spürbare Auswirkungen würde dieses Szenario mit sich bringen. Auf der einen Seite stehen schmelzende Polkappen, globaler Anstieg des Meeresspiegels, versinkende Inseln und Küstenregionen. Auf der anderen Seite stehen sich ausbreitende Steppen und Wüstenregionen, Schädlingsvermehrung, Durst, Hunger, globale Epidemien. Das ist ein katastrophales Szenario, dem es mit aller Macht gegenzusteuern gilt.

Es gibt eine natürliche Schwankung des Strahlungsantriebs der Sonne, allerdings fällt der im Vergleich zu dem von Menschen verursachten Strahlungsantrieb minimal aus. Vor allem der Kohlendioxidausstoß, der vorrangig durch die Verbrennung fossiler Energieträger verursacht wird, trägt erheblich zur Erderwärmung und der beschriebenen Entwicklung bei.

Der Weltenergiebedarf wird zudem nicht gleich bleiben, er wird weiter ansteigen. Nach Berechnungen der Internationalen Energieagentur (IEA) steigt der globale Primärenergieverbrauch von 2008 bis 2035 um 36 Prozent. Die schnelle Ablösung der konventionellen Energien, ungeachtet aller Vorratsprognosen, ist deshalb existentiell für die Menschheit. Fest steht auch: Der derzeitige Pro-Kopf-Kohlendioxidausstoß Deutschlands liegt mit 8,88 Tonnen je Einwohner pro Jahr deutlich über dem Weltdurchschnitt. Das ist eine Verpflichtung zum Handeln – auch für uns in Sachsen.



Sachsen entspricht beim CO<sub>2</sub>-Ausstoß ziemlich genau dem Durchschnitt der Ländergruppe 1  
Abb.: Pro-Kopf-Emissionspfade

### Umweltschutz

Der Umgang mit den konventionellen Energien hat auch ganz unmittelbare negative Folgen. Der Untergang der Ölbohrplattform Deepwater Horizon im Golf von Mexiko im April 2010 und die nachfolgende ökologische Katastrophe ist ein aktuelles Beispiel hierfür.

Auch die Reaktorkatastrophen 1986 in Tschernobyl und 2011 in Fukushima gehören dazu. Ein Großteil der in Deutschland verarbeiteten Steinkohle kommt aus Kolumbien. Der Norden Kolumbiens gleicht einer Mondlandschaft. Dort liegt die größte Kohlemine der Welt mit 69.000 Hektar. Der dortige Abbau hat verheerende Folgen für Mensch und Natur. Neben Vertreibung und Enteignung der Einwohner, leiden 50 Prozent von ihnen an Erkrankungen der Atemwege. Das Ökosystem des Meeres ist durch dicke Ablagerungen von Kohlestaubpartikeln empfindliche gestört. Dazwischen liegt eine Vielzahl unspektakulärer, weil zum Teil permanenter Umweltschädigungen. Die Ölsandgewinnung in Kanada ist nur ein Beispiel hierfür. Sie vernichtet das lokale Ökosystem und setzt große Mengen zusätzlicher Treibhausgase frei.

Erneuerbare Energien, das ist inzwischen bekannt, schonen die Umwelt, weil die Quellen, derer sie sich bedienen, ohne tiefgreifende Eingriffe ins Ökosystem angezapft werden können. Die Betonung liegt aber auf „tiefgreifend“. Denn ohne Eingriffe in die Natur und damit ohne verantwortungsvolles Handeln geht es auch hier nicht. Die Auswirkungen sind jedoch meist lokal begrenzt und besser zu kontrollieren.

### Langfristige Folgen

Derzeit werden im bundesweiten Strommix pro kWh Elektroenergie 0,00042 g radioaktiven Abfall produziert. Der durchschnittliche Stromverbrauch jedes Deutschen pro Jahr beträgt ca. 1.600 kWh. Somit fallen durchschnittlich 0,672 g radioaktiver Abfall für den Haushaltsstromverbrauch pro Person an. Wer diesen Wert als gering einschätzt, der muss sich vor Augen halten, dass in Deutschland 82.300.000 Menschen leben und der Strombedarf aus Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Verkehr noch hinzu gerechnet werden müssen. Somit fallen pro Jahr 300 bis 400 t hoch radioaktive Abfälle in Deutschland an. Die Kosten der sicheren und langfristigen Lagerung sowie des Rückbaus der Kraftwerke werden viele Generationen begleiten. Bereits heute beschäftigen sich Wissenschaftler damit, wie man ein Endlager kennzeichnet, um die Generationen die in 10.000 Jahren der Erde bevölkern, vor dem gefährlichen Erbe zu warnen. Denn keiner kann vorhersagen wie diese Menschen kommunizieren bzw. Sprache und Schrift verstehen.

**Fakt ist, dass im Ausbau von erneuerbaren Energien ein großes Potential liegt, zukünftig den Atommüll zu reduzieren.**

### Versorgungssicherheit

In den kältesten Perioden der Winter 2007/2008 und 2008/2009 ließ ein Konflikt Europa aufhorchen. Russland hatte nach Streitigkeiten mit der Ukraine die Erdgasversorgung eingestellt. Davon waren eine ganze Reihe von europäischen Staaten betroffen, Deutschland inbegriffen. Auch 2015 hat sich die Lage zwischen Russland und der Ukraine nicht entspannt und die Konflikte verschärfen sich weiter. Die Abhängigkeit von Energierohstoffimporten ist in Deutschland mit den Jahren stetig gestiegen. Sie beträgt inzwischen bei Uran 100 Prozent, bei Mineralöl 98 Prozent, bei Gas 93 Prozent und bei Steinkohle 93 Prozent. Über 65 Prozent der Erdgasreserven und über 70 Prozent der Erdölreserven beispielsweise kommen aus politisch instabilen Regionen der Erde.

**Deutschlands Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger nimmt zu.**

### Arbeitsplätze

Im Jahr 2017 wurden in Deutschland 16,2 Milliarden Euro in die Erzeugung erneuerbarer Energien investiert und bot 310.000 Menschen einen Arbeitsplatz. Dabei lag der Anteil von erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch – das ist die national aus allen Quellen erzeugte Energiemenge – erst bei etwa 15,6 Prozent. Die Zahlen lassen erahnen, welches Wirtschafts- und Arbeitsplatzpotential in den erneuerbaren Energien steckt. Für den Technologiestandort Sachsen, mit einer ausgewiesenen Führungsrolle bei den erneuerbaren Energien, ergeben sich große Potentiale für Forschung und Entwicklung, für Industrie und Gewerbe und für die Arbeitsplätze.

**Für den Technologiestandort Sachsen ergeben sich große Potentiale für Arbeitsplätze.**

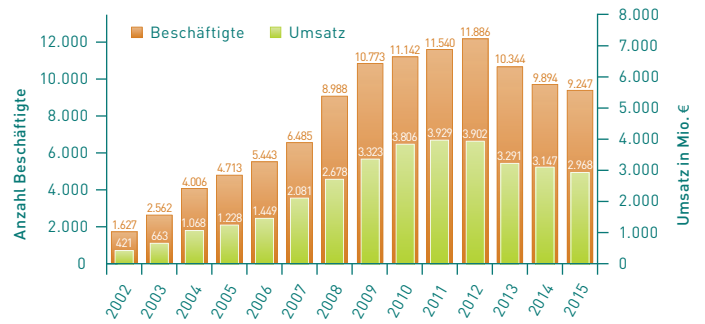


Abb. 2: EE-Beschäftigungs- und Umsatzentwicklung Sachsen (2002-2012), Prognose bis 2015



# Der neue Strom.

Schon vom Beginn des Elektrozeitalters an wird Wasserkraft in Elektroenergie verwandelt – auch in sächsischen Talsperren und Pumpspeicherwerken. Der Stromerzeugung dienende Windkraftanlagen sind zwar erst eine Errungenschaft der letzten 20 Jahre, aber in Sachsen begegnen auch sie uns inzwischen auf Schritt und Tritt. Doch wie funktioniert die Nutzung dieser beiden Energiequellen eigentlich? Wie effizient sind sie? Und welche Bedeutung haben Sie wirklich für die Energieversorgung des Freistaates? Diese Fragen wollen wir beantworten. Vor allem aber möchten wir noch auf andere Energiequellen eingehen, über die weniger geredet wird – einfach, weil sie noch nicht so verbreitet und im Landschaftsbild auch nicht so auffällig sind.

## Strom aus der Luft

Das höchste Gebäude von Zschadraß im Leipziger Muldenland ist nicht der Kirchturm, sondern die der Gemeinde gehörige Windenergieanlage. Dafür hat sie viel investiert – Kapital und Energie bei der Umsetzung des Projektes. Aber beides hat sie längst wieder aus dem Projekt herausgeholt. Die Windenergieanlage ist Teil eines ehrgeizigen Projekts: Zschadraß setzt sich das Ziel energieautarke Region zu werden. Das heißt, die Gemeinde will mit eigenen Anlagen ebenso viel Energie erzeugen, wie sie selbst verbraucht. Fast ist das Ziel erreicht.

Derzeit gibt es etwa 880 Windenergieanlagen in Sachsen. Ein Großteil davon befindet sich in privatem Besitz; ein Teil gehört Kommunen oder Energieunternehmen. Oft sind mehrere Anlagen in einem „Windpark“ konzentriert, damit sie nicht zu sehr das Landschaftsbild bestimmen. Die Sächsische Energieagentur - SAENA GmbH setzt sich dafür ein, dass mehr Windenergieanlagen im kommunalen Besitz entstehen. Nur so kann die Bevölkerung von den Erträgen profitieren und die Akzeptanz für diese umweltfreundliche Energie erhöht werden.

Doch wie funktioniert überhaupt eine Windenergieanlage? Sie verwandelt zuerst die Bewegungsenergie der Luft in mechanische Energie und die wiederum in elektrische Energie. Der Grundgedanke für die erste Stufe ist etwa dreitausend Jahre alt. So lange nämlich gibt es schon Windmühlen und windbetriebene Wasserpumpen auf der Welt. Aber die entscheidende Verfeinerung wurde aus der Flugzeugindustrie entlehnt. Nicht zufällig ähneln die Querschnitte der Rotorblätter von Windenergieanlagen den Tragflächenquerschnitten von Flugzeugen. Es ist der durch Druck und Unterdruck verursachte Auftrieb, der auf diese Weise geformte Körper in Bewegung setzt oder hält, wenn sie von Luft umströmt werden. Die Umwandlung der mechanischen Rotationsenergie in Elektroenergie erfolgt über den in die Windenergieanlage eingebauten Generator. Wie der

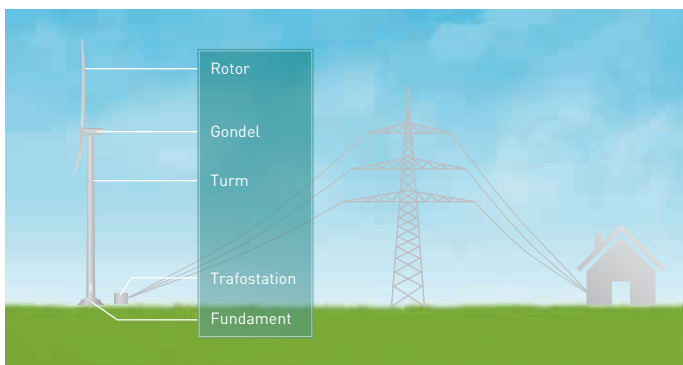


Abb.: Funktionsweise Windenergienutzung

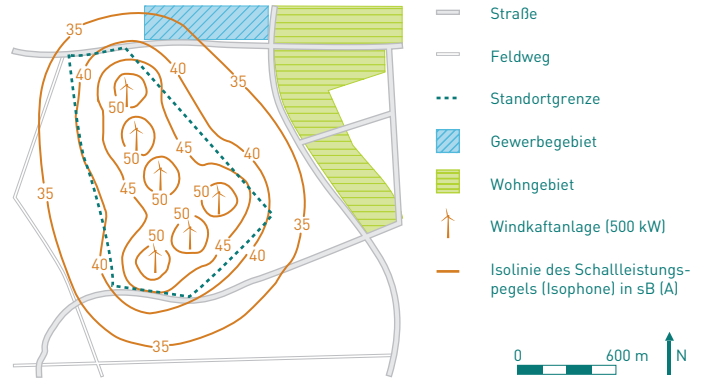


Abb.: Schallpegelausbreitung für einen Windenergiepark

funktioniert, haben wir im Physikunterricht gelernt: Wird ein elektrischer Leiter, zum Beispiel eben die Rotorwelle, in einem Magnetfeld bewegt, fließt in ihm ein elektrischer Strom.

Der Turm einer Windenergieanlage wird in der Regel aus einem Stahlmantel, Beton oder Stahlbeton gefertigt. Beton besitzt bessere Dämpfungseigenschaften als Stahl, so dass die Schallemissionen gemindert werden. Aus Stahl gefertigte Türme sind allerdings dünner und leichter, aus diesem Grund hat sich die Hybridbauweise etabliert. Hybridtürme nutzen die Vorteile beider Bauweisen, dabei besteht der untere Teil aus Stahlbeton und der obere Teil aus Stahl. Seit 2013 wird auch der Einsatz von Holz als Baustoff für die Türme erforscht. Diese Bauweise wäre umweltfreundlicher, da bei der Herstellung der Türme eine erhebliche Menge an CO<sub>2</sub> gegenüber der Herstellung von Beton- oder Stahltürmen eingespart werden kann und sich die Kosten um 20 Prozent reduzieren würden. Wie belastbar und leistungsfähig so eine Anlage ist, wird derzeit noch erforscht. Doch egal welche Bauweise, verglichen mit den in der Zivilisation üblichen Geräuschpegeln, etwa an Auto- oder Eisenbahnstrecken, arbeitet eine Windkraftanlage fast lautlos. Die Abstände zur Wohnbebauung betragen darüber hinaus in der Regel 500 Meter und mehr.

Generell gilt bei der Errichtung von Windenergieanlagen wie bei jedem anderen Bauvorhaben auch, dass entsprechende Grenzwerte für Lärm im angrenzenden Gebiet eingehalten werden müssen. Dazu werden auch bei der Genehmigung von Windkraftanlagen Schallemissionsgutachten abgefordert.

**Es gilt wie bei jedem anderen Bauvorhaben auch, dass entsprechende Grenzwerte für Lärm im angrenzenden Gebiet eingehalten werden müssen.**

Bei großen Anlagen erreichen die Flügel des Rotors eine Länge von über 70 m. Die vom Rotor überstrichene Fläche beträgt bei den größten Anlagen über 15.000 m<sup>2</sup> und ist damit fast so groß wie zwei Fußballfelder. Die Türme großer Windenergieanlagen erreichen eine Höhe von 170 m. Als Faustregel gilt: Je höher der Turm und je größer der Rotordurchmesser, desto mehr



Energie liefert eine Anlage. Das hängt damit zusammen, dass die Windgeschwindigkeit mit zunehmender Höhe steigt und die Strömung gleichmäßiger wird.

Es gibt verschiedene Rotortypen. Vereinzelt sind zweiblättrige Ausführungen zu sehen. Bewährt hat sich jedoch ein dreiblättriger Rotor, montiert auf der dem Wind zugewandten Seite des Turms (Luvseite). Als Rotormaterial werden glas- oder karbonfaserverstärkte Kunststoffe verarbeitet, weil sie eine hohe dynamische Festigkeit bei gleichzeitig geringem Gewicht aufweisen. In Verbindung mit den in Deutschland geltenden strengen Wartungsvorschriften kann die Sicherheit der Anlage gewährleistet werden.

### Einige Regionen in Deutschland decken bereits heute fast die Hälfte ihres Strombedarfs aus Windenergie.

Aber lohnt sich der Einsatz von Windenergieanlagen überhaupt? Ende 2010 betrug die Gesamtleistung der in Deutschland installierten Windenergieanlagen 60.500 Megawatt. Damit hat allein die Windenergie 21 Prozent zum Bruttostromverbrauch beigetragen. Zu beachten sind aber die regionalen Unterschiede. Das dicht besiedelte Sachsen kam dabei immerhin auf etwa acht Prozent, das Flächenland Brandenburg hingegen schon auf ca. 42 Prozent. Mit anderen Worten: Es gibt Regionen in Deutschland, in denen fast die Hälfte des Stroms aus Windenergie kommt! So wie es sich gegenwärtig darstellt, wird die Windenergie auf absehbare Zeit die billigste Energieform unter den neuen Stromlieferanten bleiben.

Wer durch Deutschland fährt, gewinnt inzwischen den Eindruck, dass es hier sehr viele Windenergieanlagen gibt, an manchen Orten vielleicht zu viele. Dennoch muss die Aussage, dass das Ausbaupotential für Windenergie hierzulande noch sehr hoch sei, keine Angst bereiten. Ein Fokus liegt derzeit auf Einrichtung von Offshore-Windparks, also Anlagen auf See, und auf dem sogenannten Repowering. Dabei werden Altanlagen aus den 1990er Jahren, vorzugsweise in ertragsreichen Regionen, durch größere und leistungsfähigere Anlagen neueren Typs ersetzt.

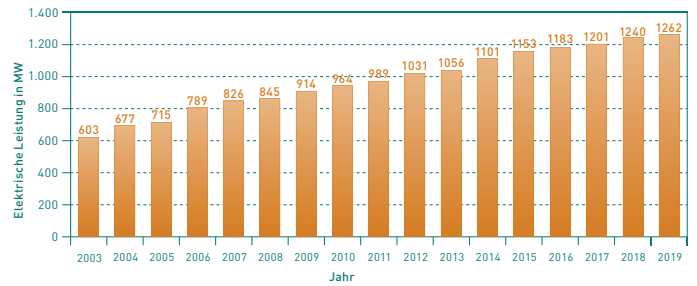


Abb.: Entwicklung der installierten Windleistung in Sachsen

Auch Offshore-Windparks entlasten das Landschaftsbild. Aber nicht nur dies: Sie können auch größer gebaut werden als solche an Land und den viel intensiveren Seewind ausnutzen. Windenergie und erneuerbare Energien benötigen neue Verteilernetze und Speichermöglichkeiten, damit sie keine regionalen Inselösungen bleiben. Dazu später mehr.

Die SAENA arbeitet mit den Fachreferaten der zuständigen Ministerien und den Regionalplanungsverbänden in Sachsen eng zusammen. So wird gemeinsam diskutiert, wie und unter welchen Bedingungen die Ziele des Freistaats in Sachen Windenergie erreicht werden können. Im Mittelpunkt steht dabei auch das Repowering bestehender Anlagen. Einige wenige neue Anlagenstandorte werden dennoch benötigt. Mittels des Energieportals Sachsen [www.energieportal-sachsen.de](http://www.energieportal-sachsen.de) informiert die Saena unter anderem über den Ausbau von Windkraft in Sachsen. Über eine interaktive Karte können Lage und Detailinformationen wie bspw. bauliche Angaben, elektrische Leistung und Inbetriebnahmehjahr der einzelnen Anlagen herausgelesen werden.

Doch wie ökologisch wertvoll sind Windenergieanlagen nun? Schon nach drei bis zwölf Monaten hat eine solche Anlage die Energie, die für die Produktion, den Transport, den Auf- und Abbau sowie die Entsorgung benötigt wird, wieder erzeugt und sich somit energetisch amortisiert. Von solchen Werten sind Kraftwerke, die fossile Energieträger verarbeiten, weit entfernt!



Abb.: Repowering, Windpark Simonsberg (Schleswig-Holstein)

Dass erneuerbare Energien – mehr als konventionelle – die Wirtschaft im eigenen Land stärken, wurde bereits erwähnt. Das Beispiel der Windenergie zeigt dies eindrucksvoll: Wo viele Windkraftanlagen gebaut werden, etabliert sich auch deren Hersteller- und Zulieferindustrie, so beispielsweise auch ein Unternehmen in Klipphausen. Und Windenergieanlagen können vielerorts entstehen. Das wiederum heißt: Viele, selbst kleine Kommunen, können von ihnen durch höhere Gewerbesteuererinnahmen profitieren und die regionale Bauwirtschaft erhält Chancen auf Aufträge. Zudem können Erzeuger von attraktiven Pachteinnahmen oder über eine finanzielle Beteiligung profitieren.

### Strom aus Wasser

Die idyllisch gelegene Talsperre Markersbach im Erzgebirge dient mit ihrer Kombination aus Pumpspeicherwerk und Kleinwasserturbine schon seit 1979 zur Stromerzeugung. Mit einer Gesamtleistung von 1.050 Megawatt zählt das Pumpspeicherwerk sogar zu den größten in Europa. Der in der Talsperre erzeugte Strom wird ins sächsische Netz als Ergänzung, zum Abfangen von Netzschwankungen eingespeist. Fast die gesamte Technik zur Energiegewinnung befindet sich in Markersbach unter der Erde, stört also nicht das Landschaftsbild. Die Talsperre ist eine von derzeit 327 Wasserkraftanlagen in Sachsen. Die meisten befinden sich im Erzgebirge und Vogtland und nutzen dort die Energie der in Richtung Elbe strebenden Flüsse.

Drei Dinge brauchen wir immer, um Strom aus Wasserkraft zu gewinnen: fließendes Wasser in beträchtlicher Menge, eine Turbine (Kaplan-, Francis- oder Pelton-turbine), welche die Bewegungsenergie des Wassers – wie bei einer alten Wassermühle – in technisch verwertbare Rotationsenergie verwandelt, und einen Generator, der diese Rotationsenergie in Elektroenergie verwandelt. Auf dem Festland kann in zwei konventionelle Arten von Wasserkraftwerken unterschieden werden: Laufwasserkraftwerke und Speicherkraftwerke.

Laufwasserkraftwerke sind die weltweit häufigste Form des Wasserkraftwerks. Sie nutzen die natürliche Strömung von Flüssen und Kanälen. Um Durchfluss und Gefälle zu steigern, wird mittels einer Wehranlage das Flusswasser aufgestaut. Dabei treibt das strömende Wasser eine Turbine an. Laufwasserkraftwerke dienen der kontinuierlichen Stromerzeugung. Die Energieausbeute steigt mit zunehmender Wasserdurchflussmenge und zunehmendem Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser (Gefälle). Die Görlitzer Vierradentmühle

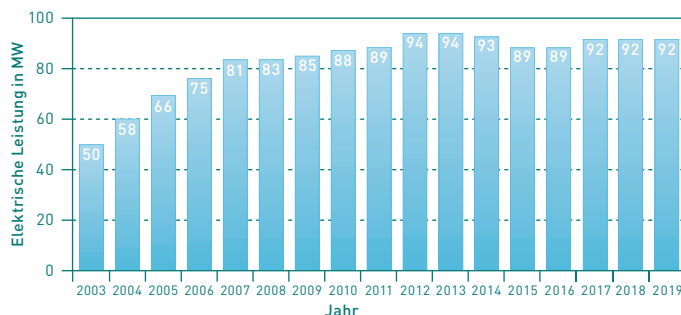


Abb.: Elektrische Leistung Wasserkraft in Sachsen (Anlagen, die ins Netz der EVU einspeisen)

an der Lausitzer Neiße wurde früher als Getreidemühle und Walkmühle genutzt. Heute befindet sich dort ein Turbinenhaus und erzeugt mit einer Kaplan-turbine Strom.

Wird das Wasser erst in großen Becken (Talsperren, Stauseen) gesammelt, handelt es sich um Speicherkraftwerke. Aus einem Sammelbecken wird das Wasser durch eine fallende Druckrohrleitung oder einen Stollen auf eine Turbine geleitet. Mit Hilfe von Speicherkraftwerken wird insbesondere zu Spitzenlastzeiten, wenn der Strombedarf kurzfristig steigt, Energie erzeugt. Bei Pumpspeicherkraftwerken kann die Turbine zusätzlich in Gegenrichtung, auf „Pumpen“ umgeschaltet werden. Das Wasser wird wieder ins Oberbecken zurückgepumpt, wenn es die Turbine angetrieben hat.

Bei den Pumpspeicherkraftwerken wie z. B. in Niederwartha bei Dresden, stellt sich die Frage, wo der Energiegewinn bleibt. Die Erklärung: Gepumpt wird nur zu Zeiten, an denen Energieüberschuss im Netz herrscht. Ansonsten treibt das Wasser die Turbine an. Pumpspeicherkraftwerke sind also sozusagen „intelligente Energieumverteiler“. Sie werden zum Abfangen zeitweiliger Spitzenlasten eingesetzt. Dabei sind sie sehr flexibel – das Umschalten ist binnen weniger Minuten möglich.

Der Vollständigkeit halber seien noch die Gezeiten- und Wellenkraftwerke als weitere Typen von Wasserkraftanlagen erwähnt. Im Binnenland Sachsen spielen sie natürlich keine Rolle.

Abgesehen von gigantischen Staudammprojekten wie etwa denen in China, greifen Wasserkraftanlagen auch nicht brutal in die Natur ein. Zuweilen dienen sie auch zur Naherholung. Allerdings kann es auch hier zur Umsiedlung von Anwohnern, Zerstörung von Flora und Fauna und zur Erosion des Uferbereichs kommen. Man versucht diese Auswirkungen möglichst gering zu halten und ihnen entgegen zu wirken, bspw. durch den Bau von Fischtreppe und Umgehungsgewässer.

**Wasserkraftwerke haben einen Wirkungsgrad von über 90 Prozent und sie arbeiten 100 Jahre lang ohne besonderen Wartungsaufwand.**

Wasserkraft steht rund um die Uhr als CO<sub>2</sub>-freie Energiequelle zur Verfügung und kann sogar als Energiespeicher genutzt werden. Der Wirkungsgrad von Wasserkraftwerken beträgt rund 90 Prozent. Sie zeichnen sich außerdem durch ihre lange Lebensdauer von 100 Jahren und mehr, ihre niedrigen Betriebs-

kosten und ihren geringen Wartungsaufwand aus. Ideale Quellen zur Stromerzeugung also – leider sind die natürlichen Gegebenheiten zur Wasserkraftnutzung in Sachsen begrenzt. Etwa 1,3 Prozent des sächsischen Strombedarfs werden derzeit mit Wasserkraft gedeckt. Weltweit ist Wasserkraft mit einem Anteil von rund 17 Prozent nach der festen Biomasse der wichtigste erneuerbare Energieträger. Österreich beispielsweise erzeugt derzeit über 60 Prozent des Strombedarfs aus Wasserkraft, Norwegen sogar 96 Prozent. In Deutschland hat die Wasserkraft einen Anteil von rund 3,4 Prozent am Strombedarf. Damit ist das Potential in Deutschland weitestgehend ausgeschöpft.

### Strom aus Sonnenlicht

Wofür erhielt Albert Einstein 1921 den Physik-Nobelpreis? Jedenfalls nicht für seine Relativitätstheorie. Es war die atomtheoretische Erklärung des äußeren lichtelektrischen Effektes oder auch Photoeffektes, die ihm die Ehrung einbrachte. Dass die Bestrahlung bestimmter Metalle mit Licht Elektroenergie freisetzt, war schon im 19. Jahrhundert bekannt. Erkenntnisse, dass dies mit dem Herauslösen von Elektronen aus den Metallatomen zu tun hat, wie und unter welchen Bedingungen es geschieht, gehen auf Einstein zurück. Seit den 1950er Jahren werden sie aktiv zur Energiegewinnung genutzt. Den Anfang machten die Sonnenkollektoren von Weltraumsatelliten. Ab 1990 entstanden dann „Sonnendächer“ zur Gewinnung von Elektroenergie für die Deckung des häuslichen Energiebedarfs.

Inzwischen gehören die anthrazitfarbenen Dachflächen beinahe ebenso zum Landschaftsbild wie die Windenergieanlagen. Was früher „Solarstrom“ oder ganz einfach „Sonnenenergie“ hieß, wird heute „Photovoltaik“ oder „PV“ genannt (was auch nichts anderes als „Licht-Elektrik“ bedeutet) und hat damit zu tun, dass die Stromerzeugung aus Sonnenenergie begrifflich von der Wärmeerzeugung abgegrenzt werden sollte. Auf die Solarthermie gehen wir später ein.

Sonnenenergie gibt es kostenlos und in einem weltweiten fünftausendfachen Überangebot, bezogen auf den aktuellen Energiebedarf der Menschheit. Das macht sie zum mit Abstand attraktivsten Energieträger überhaupt. Leider wird dieses optimistische Bild durch extreme regionale und zeitliche Angebotschwankungen getrübt. Im Klartext: In Sachsen scheint die Sonne weniger als in Afrika, und auch die Jahreszeiten machen sich hier stärker bemerkbar. Darüber hinaus gibt es überall Tag und Nacht.

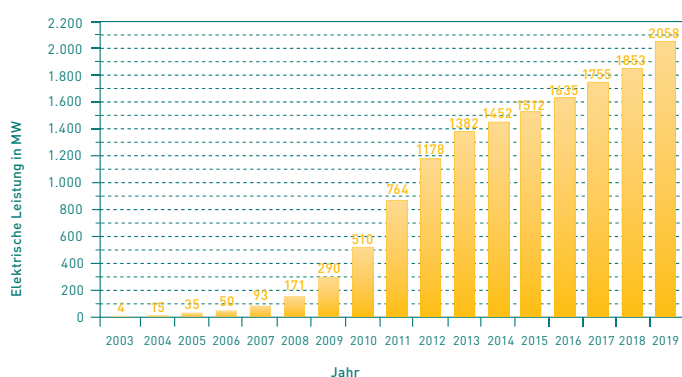


Abb.: Elektrische Leistung Photovoltaik in Sachsen



Noch eine weitere Einschränkung kommt hinzu: Ausreichend Energie lässt sich nur mit sehr viel Solarfläche erzeugen. Erst die Zusammenschaltung vieler einzelner Solarmodule bringt richtig Energie. Auch das ist, weltweit betrachtet, kein Problem. Im kleinen, relativ dicht besiedelten Sachsen bieten sich vor allem anderweitig ungenutzte Dachflächen als gut geeignete Lösung an.

Der un stetigen Erzeugung in Deutschland wird auf zweierlei Art begegnet: mit Energiespeichern und mit dem Ausbau der Stromnetze. Bei den Energiespeichern kommen konventionelle Akkumulatoren in Betracht, wenn es um kleine Inselösungen geht. Sie können an sonnigen Tagen das Überangebot zur Mittagszeit in die Abend- und Nachtstunden hinüber retten. Bei großen Solaranlagen werden andere Ansätze verfolgt. Hier lassen sich geschickte Kombinationen mit anderen Formen von erneuerbarer Energie bilden. Beispielsweise mit Pumpspeicherwerken: Tagsüber wird die solar gewonnene Elektroenergie teils zum Wasserpumpen benutzt. Nachts treibt das abfließende Wasser den Generator an.

Die Umwandlung des Lichts in Elektroenergie erfolgt in den Solarzellen. Von Beginn an bestanden sie – und bestehen größtenteils noch heute – aus dünnen Scheiben kristallinen Siliziums. Zur Herstellung einer Solarzelle wird dieses Halbleitermaterial im atomaren Größenbereich gezielt verunreinigt („dotiert“). Damit ist das definierte Einbringen von chemischen Elementen gemeint, mit denen entweder ein positiver Ladungsträgerüberschuss (p-leitende Halbleiterschicht) oder ein negativer Ladungsträgerüberschuss (n-leitende Halbleiterschicht) im Halbleitermaterial erzeugt wird. Werden zwei unterschiedlich dotierte Halbleiterschichten miteinander in Kontakt gebracht, entsteht an der Grenzschicht ein sogenannter p-n-Übergang. An diesem Übergang baut sich ein inneres elektrisches Feld auf, das zu einer Ladungstrennung der bei Lichteinfall freigesetzten Ladungsträger führt. Über Metallkontakte kann eine elektrische Spannung abgegriffen werden.

Wie bei einer aus mehreren Zellen bestehenden Autobatterie erhöht sich auch, durch das Zusammenschalten mehrerer Solarzellen zu Solarmodulen die Leistung. Die miteinander verschalteten Solarzellen werden in transparenten Kunststoff eingebettet, mit einem Rahmen aus Aluminium oder Edelstahl versehen und frontseitig mit Glas abgedeckt, so dass sie gut handhabbare Bausteine ergeben. Aber wie gesagt – einzelne Solarmodule reichen noch nicht aus um Energiemengen, wie

sie in einem Haushalt benötigt werden, zu erzeugen. Module müssen für diesen Zweck zu größeren Flächen in einem Solar-generator zusammengeschlossen werden.

Solarstrom ist Gleichstrom. Unser Stromnetz und fast alle unsere elektrischen Geräte funktionieren aber mit Wechselstrom. Bevor der Solarstrom verwendet werden kann, muss er deshalb noch über einen sogenannten Wechselrichter in Wechselstrom verwandelt werden. Nur selten aber versorgt eine Photovoltaik-Anlage einen ganz konkreten Verbraucher mit Energie. Solche Beispiele sind Parkscheinautomaten oder Springbrunnenpumpen. Photovoltaik-Anlagen auf Eigenheimen speisen den erzeugten Strom ins allgemeine Netz ein, aus dem der Besitzer weiterhin auf ganz normalem Weg seinen Strom entnimmt. Für das Einspeisen von Solarstrom erhält der Betreiber nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) eine Vergütung.

Mit kristallinem Silizium lassen sich derzeit Wirkungsgrade von bis zu 22 Prozent erzielen. Die Photosynthese der Pflanzen erreicht im Vergleich dazu unter günstigen Bedingungen ca. 1 Prozent Wirkungsgrad, in sonnenreichen aber wasserarmen Gegenden deutlich weniger. Außerdem steht Solarenergie in sehr großer Menge kostenlos zur Verfügung. Weil die Erzeugung hochreinen Siliziums aber energieintensiv und teuer ist, wird schon lange nach Materialalternativen gesucht. Üblicherweise lässt sich sagen: Das billigere Material bringt auch niedrigere Wirkungsgrade mit sich. Trotzdem gewinnt eine Alternative zum hochreinen Silizium aufgrund des Preis-Leistungsverhältnisses zunehmend Marktanteile – die so genannte Dünnschichttechnologie. Bei dieser Technologie werden preiswerte Trägermaterialien lediglich mit dünnen Schichten aus Cadmiumtellurid, amorphem Silizium oder Kupfer-Indium-Selenid bedampft. Andere Alternativlösungen, etwa mit organischen Stoffen, befinden sich noch im Versuchsstadium.

Bei der Herstellung und Entsorgung von PV-Modulen können, je nach Technologie, auch die Umwelt schädigende Abfallprodukte anfallen. Für den Käufer ist hier nur teilweise Transparenz vorhanden, insbesondere beim Import von Modulen unbekannter Herkunft. Viele namhafte Größen der Branche haben sich in der Organisation PV Cycle zusammengeschlossen, um ein Rücknahme- und Verwertungssystem für defekte PV-Module aufzubauen.

Die Vergütung über das EEG hat im Photovoltaikbereich ab 2004 in Deutschland zu einem regelrechten Boom geführt: In 2009 und 2010 wurden in Deutschland rund die Hälfte aller weltweit



produzierten PV-Module verbaut. In Sachsen lag der Zubau im Jahr 2011 bei 350 Megawatt – das entspricht von der Leistung her einem mittleren Gaskraftwerk oder rund 100 großen Windkraftanlagen. Auch in den Jahren 2012 bis 2019 konnte ein kontinuierlicher Zubau von PV Anlagen in Sachsen vermerkt werden, allerdings nicht mehr in den Größenordnungen wie 2011. Ziel der Photovoltaikförderung war und ist der Aufbau einer Massenproduktion mit entsprechenden Potentialen zur Kostensenkung. Diese sind bei der Windenergie und der Photovoltaik eingetreten, so dass in Deutschland heute Stromerzeugungskosten bei großen Anlagen von nur 4,5 ct/kWh entstehen. Das sogenannte „grid parity“ ist somit heute fast schon erreicht und neue Geschäftsmodelle werden interessant. In sonnenreichen Ländern sind große Photovoltaikkraftwerke wirtschaftlich konkurrenzfähig.

**Photovoltaik wird bereits in wenigen Jahren in bestimmten Bereichen wirtschaftlich konkurrenzfähig sein.**

Alternativ zur direkten Umwandlung von Sonnenlicht in Strom besteht die Option, mittels solarthermischer Anlagen Wasserdampf zu erzeugen und damit Turbinen anzutreiben. Um die hohen Temperaturen zu erreichen, bei denen ein Betrieb wirtschaftlich attraktiv ist, muss das Sonnenlicht konzentriert werden. Diese Technologie spielt außerhalb von Forschungsanlagen nur in Ländern mit sehr hoher direkter Sonneneinstrahlung eine Rolle.

Dabei konkurrieren derzeit verschiedene Systeme. Neben Parabolspiegeln zum Antrieb von Stirlingmotoren gibt es Solarturmkraftwerke, bei denen zahlreiche Spiegel das Licht auf eine Turmspitze bündeln. Am weitesten verbreitet sind hingegen Parabolrinnen, die Licht auf ein Rohr konzentrieren, durch welches ein Thermoöl zirkuliert.

Aufgrund des komplexeren Aufbaus benötigen solarthermische Anlagen eine gewisse Mindestgröße. Interessant bei Parabolrinnenkraftwerken ist die Option, die Wärme zum Antrieb der Generatoren für einige Stunden zu speichern oder bei bewölktem Wetter aus anderen Quellen wie z. B. Erdgas erzeugen zu können. Damit lässt sich die Leistungsabgabe dieser Kraftwerke im Gegensatz zu Photovoltaikkraftwerken auch bedarfsgerecht regeln. Gegenwärtige Forschungen beschäftigen sich vorrangig mit einer noch besseren Integration der Module in das Gebäude, sodass das Stadt- und Landschaftsbild nicht gestört werden.

Nicht vergessen werden darf, dass die Photovoltaik in Sachsen ein Wirtschaftsfaktor ist. Ein Teil der deutschen Hersteller von PV-Modulen und ihrer Zulieferer ist im Freistaat angesiedelt.

## Strom aus der Erde

Das Erdinnere ist auch nach Jahrmilliarden noch glühend heiß: etwa 5.000 °C. Die Temperatur entsteht zum Teil aus der Restwärme, der Gravitationsenergie, die bei der Entstehung der Erde frei wurde und zum anderen aus dem radioaktiven Zerfall bestimmter Elemente im Erdinneren. An der Oberfläche ist von der Wärme wenig zu spüren, aber davon, dass es in der Tiefe immer wärmer wird, kann jeder Bergmann berichten. Und Vulkane und heiße Quellen kennt überhaupt jeder – zumindest aus dem Fernsehen. Die Erdwärme aber dringt überall von Innen als permanenter Wärmestrom an die Oberfläche – bis vor kurzem in Deutschland noch ungenutzt. Heute gibt die Erdwärme oder auch Geothermie eine sehr gute erneuerbare Energiequelle ab. Und dies nicht nur zum Heizen: Geothermiekraftwerke wandeln Erdwärme in Strom um.

Erstaunlicherweise ist das keine neue Erfindung. Schon 1913, also vor über einem Jahrhundert, entstand in Larderello in der Toskana das erste derartige Kraftwerk. Eine geothermisch angetriebene Wasserdampfturbine erzeugt dort bis heute Strom, der ins italienische Netz eingespeist wird. Das ergab sich, weil ein unterirdisches, glühend heißes Magmabecken in geringer Tiefe auf natürliche Weise genügend heißen Wasserdampf aus dem Grundwasser liefert.

**Schon 1913, also vor über einem Jahrhundert, entstand in Larderello in der Toskana das erste geothermische Kraftwerk.**

Erdwärmennutzung ist stets mit Bohrungen ins Erdinnere verbunden. Nach welchen Prinzipien sie erfolgen, darüber klärt das Kapitel „Wärme aus der Erde“ auf. Nur so viel sei hier gesagt: Ob Erdwärme vorrangig oder ausschließlich zur Stromgewinnung genutzt werden kann, hängt von den Erdtemperaturen und damit von der Tiefengeologie ab. Um diese aber in Deutschland und in Sachsen zu erschließen sind teilweise Bohrungen bis fünf Kilometer Tiefe erforderlich. Die Stromerzeugung aus Erdwärme ist insofern von Interesse, da diese eine kontinuierliche erneuerbare Energieerzeugung darstellt. Für Sachsen werden die geologischen Daten aufgearbeitet und erörtert, ob es wirtschaftliche Standorte in unserem Freistaat für die Tiefengeothermie gibt. Ob nur eine Wärmeerzeugung oder zusätzlich auch die Stromerzeugung umgesetzt werden können sollen weitere Untersuchungen zeigen.

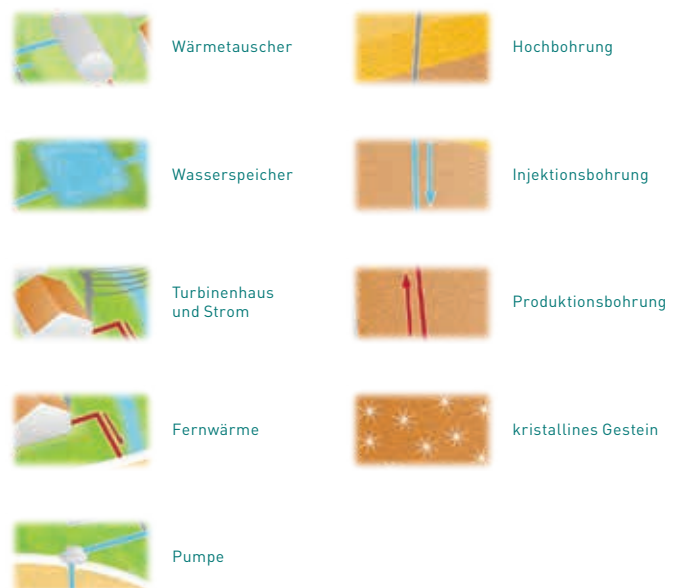
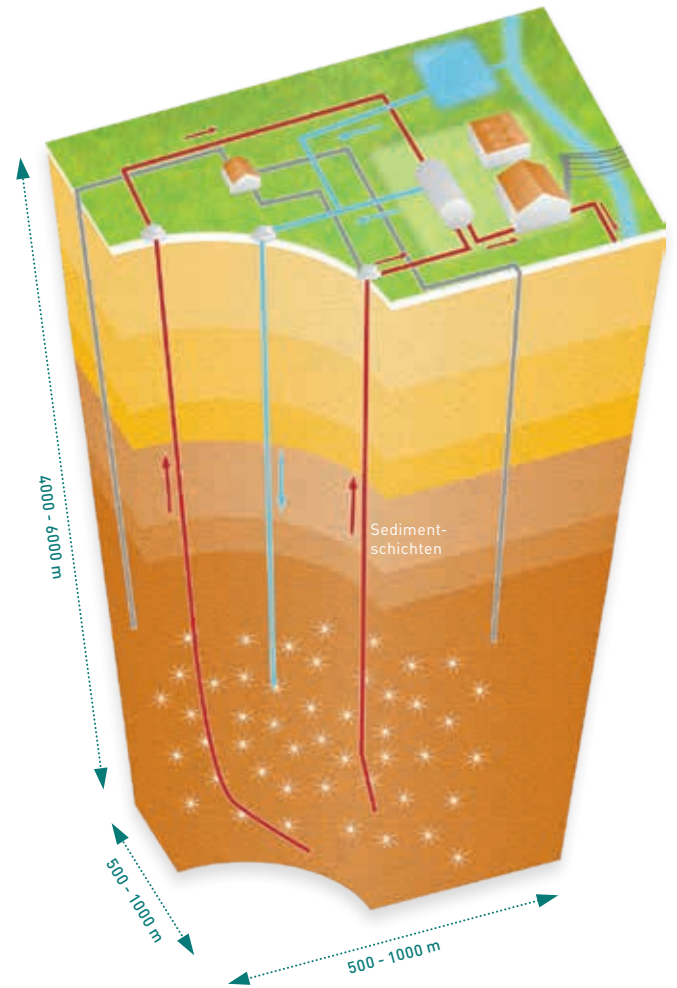


Abb.: Petrothermales Kraftwerk

## Strom aus Biomasse



In einem Landwirtschaftsbetrieb in Großweitzschen (Landkreis Mittelsachsen) betreiben Bauern mit Leidenschaft einen großen Milchviehbetrieb. Hier wird nicht nur Rohmilch, sondern auch jede Menge Gülle produziert. Die wurde jahrelang aufwendig entsorgt – bis die Bauern sich fragten, ob es nicht besser sei, Energie daraus zu gewinnen. Energie, die für die eigene Versorgung genutzt und somit Geld eingespart werden kann.

In Sachsen gibt es derzeit 500 Anlagen zur Stromerzeugung aus Biomasse. Die meisten davon sind Biogasanlagen. Sie verarbeiten z. B. Gülle, Fette und Pflanzenreste. Um die Energieerzeugung aus Klärgas in Sachsen zu steigern hatte die SAENA gemeinsam mit dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft einen Wettbewerb für effiziente Kläranlagen ausgerufen. Derzeit befinden sich die Anlagen in der Umsetzung. Wir wollen uns hier auf die „normalen“ Biogasanlagen konzentrieren.

Im Wesentlichen besteht eine Biogasanlage zur Stromerzeugung aus einem chemischen Reaktionsbehälter, dem sogenannten Fermenter, einem Verbrennungsmotor und einem Generator.

Die Biomasse wird in den luftdicht verschlossenen Fermenter eingebracht. Er funktioniert wie eine Art künstlicher Sumpf: Durch Gär- oder Fäulnisprozesse wird die Biomasse unter Luftabschluss mit Hilfe von Bakterien zersetzt; als Reaktionsprodukt entsteht Biogas. Es ist eine Mischung aus 40 bis 75 Prozent Methan, 25 bis 55 Prozent Kohlendioxid, bis zu 10 Prozent Wasserdampf sowie etwas Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Ammoniak und Schwefelwasserstoff.

Aber sind darunter nicht genau jene klimaschädlichen Treibhausgase, die wir nicht mehr produzieren wollen? Richtig, aber sie kommen aus dem natürlichen Kreislauf der Biosphäre, waren also quasi schon immer da und sind somit klimaneutral.

Das im Fermenter erzeugte Biogas wird getrocknet, durch das Zuführen einer kleinen Menge Frischluft entschwefelt und dann einem Verbrennungsmotor zugeführt, der einen Generator antreibt. Der so produzierte Strom wird ins Netz eingespeist. So viel zur Erzeugung von Biostrom.

Bei der Verbrennung von Biogas entsteht aber auch Wärme. Wie die Energiebilanz zeigt, entsteht sogar mehr Wärme als Strom: etwa 60 Prozent. Ein Teil davon wird unmittelbar für das Warmhalten des Fermenters verwendet. Nur so können die Fäulnisbakterien arbeiten. Aber auch die Restwärme geht in der Regel nicht verloren. Sie wird zur Beheizung von Gebäuden oder zum Trocknen der Ernte verwendet.

Der Freistaat Sachsen unterstützt den Bau von Biogasanlagen. Die SAENA achtet darauf, dass eine Wärmenutzung mit vorgesehen ist. Damit kommen wir zu einem weiteren Schlagwort, das häufig durch die Medien geht: „Kraft-Wärme-Kopplung“ – jedoch erst im Kapitel „Wärme aus Biomasse“, welches die andere Hälfte der Biogasnutzung beleuchtet.

## Der Freistaat Sachsen unterstützt den Bau von Biogasanlagen.

Selbstverständlich aber können Herstellung und Verbrennung von Biogas anlagentechnisch voneinander abgekoppelt werden. Wie auch Erdgas, kann Biogas in Pipelines transportiert und anderswo verbrannt werden. Schon heute wird es deshalb ergänzend ins Erdgasnetz eingespeist. Es ist nicht einmal zwingend, dass es je in einer Biogas-Verbrennungsanlage endet: Aufbereitetes Biogas kann auch als Treibstoff für gasbetriebene Fahrzeuge eingesetzt werden. Im Kapitel „Die neuen Treibstoffe“ kommen wir darauf zurück.

Mit 1859 Gigawattstunden (GWh) erzeugter elektrischer Energie im Jahr 2019 beträgt der Biomasse-Anteil am Bruttostromverbrauch in Sachsen 7,4 Prozent. Im Jahr 2021 soll die Biomasse 1800 GWh zur Energiebereitstellung beitragen. Dieses Ziel ist bereits erreicht.

Zu guter Letzt sei darauf hingewiesen, dass Biomasse genau betrachtet gar keine „unendliche Ressource“ ist – einfach weil die landwirtschaftliche Nutzfläche zu ihrer Erzeugung begrenzt ist und auch die Nahrungsmittelproduktion, stoffliche und pharmazeutische Verwertung in Konkurrenz stehen. Gänzlich auszuschließen oder zu verdammen ist das jedoch nicht – es kommt auf das Maßhalten an.

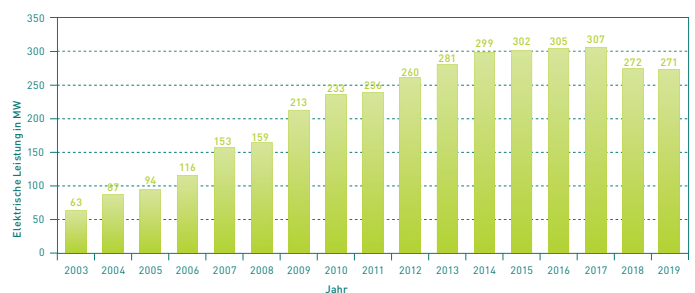


Abb.: Elektrische Leistung Biomasse in Sachsen



# Die neue Wärme.

Mit der deutschen Wiedervereinigung hatten auch in Sachsen westliche Heizgewohnheiten Einzug gehalten: Heizöl und Erdgas anstelle von Braunkohle. Es war eines der Dinge, die den Fortschritt gegenüber den alten Verhältnissen am deutlichsten fühlbar machten. Aber nun, 25 Jahre später, gelten andere Prämissen. Wir müssen weg von den Energieträgern, an die wir uns gerade erst gewöhnt haben – hin zu solchen, die Zukunft haben und die möglichst ebenso leicht im Umgang sind.

Wir sind schon auf dem Weg. Der Heizölverbrauch sinkt permanent. Und alternative Methoden des Heizens und der Warmwasserbereitung, etwa durch die Verbrennung von Holzpellets, aber auch mittels Solarthermie und Wärmepumpe, erlebten in den vergangenen Jahren einen geradezu atemberaubenden Boom. Tatsächlich stellen sie auch die Zukunft dar – neben anderen Methoden. Hier stellen wir sie vor.

## Wärme aus Biomasse

Seit Jahrtausenden gewinnen die Menschen Wärme aus der Verbrennung von Biomasse. Holz ist die bekannteste, aber wem der Sammelbegriff „Biomasse“ hierfür zu abstrakt und theoretisch erscheint, der sei daran erinnert, dass beispielsweise die Beduinen in Nordafrika seit jeher Fladen aus Kameldung verbrennen.

Was in der modernen Technologiegesellschaft zunächst überwunden schien, das kehrt im Zeitalter der erneuerbaren Energien unter anderem Vorzeichen zurück. Die Entwicklung beginnt im Kleinen: bei dem Eigenheimbesitzer, der sich gegen die steigenden Heizöl- und Erdgaskosten wehrt. Wer heute aufmerksamen Blicks über Land fährt, wird die großen Holzstapel neben vielen Häusern nicht übersehen. Und, wie nicht anders zu erwarten, sinkt mit steigendem Angebot an Anlagen die Übersicht für den Verbraucher. Die Sächsische Energieagentur (SAENA) berät zu allen Formen der Nutzung von Biomasse und ist Teil eines sachsenweiten Netzwerks zur Bioenergieberatung.

Die einfachste Art der Verbrennungsanlage ist ein Kamin oder Kaminofen, der die Wärme über die Oberfläche an die Raumluft abgibt. Manche Kaminöfen beheizen über Luftschächte gleich mehrere Räume. Es kann aber auch die Holzpellettheizung sein, die das ganze Haus einschließlich des Wassers erwärmt. Holzpellets sind wenige Zentimeter lange, dünne Holzpresslinge, die ohne chemische Bindemittel aus getrocknetem, naturbelassenem Restholz (Sägemehl, Hobelspäne, Waldrestholz) entstehen.



Heizanlagen, die Holzpellets und Scheitholz verbrennen, lassen sich im Keller aufstellen. Ausgerüstet mit automatischen Beschickungsanlagen, sind Pelletsheizungen fast genauso bequem wie eine Öl- oder Gasheizung. Die Pellets werden ähnlich wie Heizöl ein- bis zweimal im Jahr bestellt.

Wer seine Öl- oder Gasheizung zumindest wirksam unterstützen möchte, der kann auf den Kaminofen mit Wasserführung zurückgreifen. Er wird an die Zentralheizung angeschlossen.

Durch die heutige Verbrennungstechnik ist es möglich, die Biomasse mit höchsten Wirkungsgraden zu verbrennen – und dies mit geringstem Ausstoß von Schadstoffen, insbesondere von Feinstaub. Ganz wichtig ist aber, dass die Heizanlagen richtig an die Zahl und Größe der zu beheizenden Räume angepasst werden. Ebenso wichtig ist, dass Holz und Pellets vor der Verbrennung richtig gelagert werden, damit der Heizkostenvorteil nicht durch Umweltverschmutzung und Schäden an der Heizanlage zunichte gemacht wird. Feuchtes Holz lässt Schornsteine versotten.

## Wichtig ist, dass Holz und Pellets vor der Verbrennung richtig gelagert werden.

Für die Kosteneffizienz spielt verständlicherweise nicht nur die Anlage eine Rolle, sondern auch der Brennstoff. Nicht alle Brennstoffe sind überall gleich verfügbar und dementsprechend unterscheiden sich die Preise.

Doch es muss nicht bei der Einzellösung bleiben. Pelletsheizungen können beispielsweise zur Grundlage einer Nahwärmeverversorgung für mehrere Häuser genutzt werden. Inzwischen gibt es dezentrale, mit Pflanzenöl oder Biogas betriebene Blockheizkraftwerke, die gleichermaßen auf die Erzeugung von Strom und Wärme ausgerichtet sind. Große Biomasseverbrennungsanlagen für Holz bzw. Holzreststoffe erhitzen das Wasser in Speisewasseranlagen, mit denen wiederum Dampfturbinen zur Stromerzeugung angetrieben werden. Die Anlagen sind darauf ausgerichtet, die bei der Erzeugung von Strom zwangsläufig anfallende Wärme möglichst voll auszunutzen und mit ihrer kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung Wirkungsgrade von mehr als 80 Prozent zu erreichen. Das ist die bereits erwähnte Kraft-Wärme-Kopplung.

Dass sich Kraft-Wärme-Kopplung lohnt, zeigt die Biogasanlage der Bauersfamilien in Großweitzchen in unserem Beispiel. Wie kommt es, dass sie damit sicher Geld verdienen, während andere Betreiber über zu hohe Biomassepreise klagen? Sie verkaufen die überschüssige Restwärme ans nahegelegene Krankenhaus.



## Wärme aus der Erde

Über die natürliche Erdwärme wurde schon berichtet. Neben der Tiefengeothermie zur Erzielung hoher Temperaturen für Heizzwecke oder zur Stromerzeugung gibt es noch die Möglichkeit, oberflächennahe geothermische Wärme zu nutzen. Damit sind Tiefen zwischen 1 m und 200 m gemeint, die sich auch für kleinere Systeme wie z. B. für Haushalte finanzieren lassen. Die dabei erzielbaren Temperaturen sind deutlich geringer und liegen ganzjährig im Bereich von ca. 8 bis 12 °C.

Dieses Temperaturniveau lässt sich, außer zu Kühlzwecken im Sommer, selten sinnvoll einsetzen. Um die Temperatur soweit erhöhen zu können, damit sie für Heizzwecke oder zur Bereitung von Warmwasser geeignet ist, werden technische Systeme verwendet: die Wärmepumpen. Diese funktionieren wie ein „umgekehrter“ Kühlschrank, bei dem nicht die Kühlfunktion im Innern genutzt wird, sondern die als Abfallprodukt in den Raum entweichende Wärme: Dem Erdreich wird über einen Kühlmittelkreislauf Wärme entzogen. Dieser Wärmegewinn wird dann an einen zweiten Kreislauf mit einer leicht verdampfenden Flüssigkeit abgegeben, wo er durch einen mechanisch angetriebenen Kompressionsprozess verstärkt wird. So können Temperaturen von beispielsweise 50 °C erreicht werden. Ein Teil dieser Wärme wird nun dem Heizwasserkreislauf zugeführt, der andere Teil wird zum Entspannen und damit erneuten Abkühlen der Flüssigkeit im zweiten Kreislauf benutzt. Der Prozess mit den drei ineinandergreifenden Kreisläufen beginnt von vorn.

Weil eine Wärmepumpe zum Antrieb selbst Strom benötigt, ist es wichtig ihre Effizienz bei der Endenergiegewinnung zu betrachten, also die Gesamtenergiebilanz. Diese wird in der sogenannten Jahresarbeitszahl (JAZ) ausgedrückt, dem Verhältnis von abgegebener Nutzwärme zu aufgenommener elektrischer Energie.

In einem Neubau, bei dem mit großen Heizflächen und niedrigen Temperaturen geheizt werden kann, liegt die JAZ über 4, im Altbau mit herkömmlichen Heizkörpern und hohen Vorlauftemperaturen eher im Bereich um die 3. Das haben von der SAENA ausgewertete Messungen des Geothermieverbundes Sachsen gezeigt.

Die Wärmepumpe erzeugt also aus einem Teil Strom und zwei bis drei Teile Umweltwärme, dann drei bis vier Teile Nutzwärme. Ihre Umweltfreundlichkeit hängt neben der Effizienz des

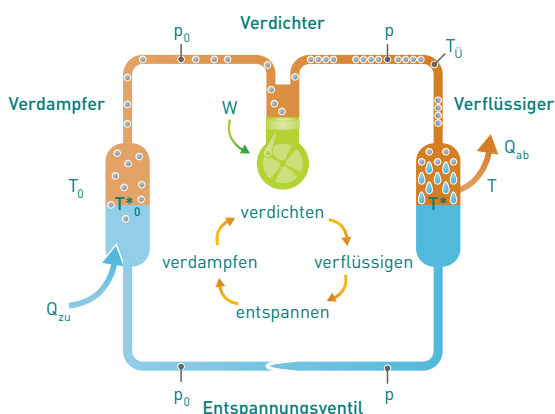


Abb.: Funktionsweise einer Wärmepumpe



Umwandlungsprozesses somit auch entscheidend von der Art der Stromerzeugung ab. In Sachsen ist der Strom heute noch durch die Verstromung großer Mengen an Braunkohle mit überdurchschnittlich hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen belastet, so dass sich beim Betrieb mit „üblichem“ Strom nur bei effizienten Anlagen ein Umweltvorteil ergibt. Wenn es aber gelingt, den Strommix in Sachsen künftig deutlich CO<sub>2</sub>-ärmer zu erzeugen, dann verbessert sich die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Wärmepumpen deutlich. Wer nicht so lange warten möchte, kann auch heute schon entsprechenden Strom kaufen und erhält damit eine sehr CO<sub>2</sub>-arme Heizung.

Wärmepumpen können künftig auch sehr interessant sein, um bei stürmischem Wetter im Winter Windkraftanlagen nicht zu drosseln, sondern mit dem überschüssigen Strom über Wärmepumpen Wärmespeicher aufzuheizen.

Im Neubau kann darüber nachgedacht werden, mit den 8 bis 12 °C im Bohrloch im Sommer Gebäude sehr energieeffizient zu kühlen. Mit den im langfristigen Trend zunehmend heißeren Sommern mag das für private oder auch für gewerbliche Bauherren ein zunehmend attraktiver Zusatznutzen sein.

Die „große Lösung“ zur Errichtung von geothermischen Wärmekraftwerken besteht in der sogenannten Tiefengeothermie. Mit Bohrungen von bis zu 2.000 Metern Tiefe werden die höheren Erdtemperaturen erreicht, mit denen dann über Wärmetauscher direkt auf dem gewünschten Temperaturniveau geheizt werden kann. Die hydrothermale Geothermie zapft dabei direkt bestehende Heißwasserreservoirs an; bei der petrothermalen Geothermie wird Wasser von oben in heiße Gesteinsschichten gepumpt und nimmt dort die Wärme aus den Gesteinen auf. Das erhitzte Wasser wird an die Oberfläche gefördert und dient dort zur Energieerzeugung. In Sachsen käme aufgrund der geologischen Bedingungen nur Letzteres in Betracht.

Eine Besonderheit der Erdwärmegewinnung ist, dass ihre Quellen versiegen können, wenn sie zu stark ausgebeutet werden – zumindest zeitweise. Die Möglichkeit zur Regeneration ist also in eine Geothermie-Anlage mit einzuplanen. Die Errichtung von Geothermie-Anlagen ist also allemal Expertensache. Eine Grundberatung bei der SAENA kann dabei helfen das Projekt vorzustrukturieren.

## Wärme aus Sonnenlicht

Die Sonne wärmt – das weiß jedermann. Die Bemühungen, diese Wärme technisch auszunutzen, reichen bis in die Antike zurück. Aber irgendwie hatten die Menschen die Sache über die Jahrtausende hinweg ein wenig aus den Augen verloren. Im Jahre 1891 ließ der Unternehmer Clarence M. Kemp aus Baltimore in den USA seinen mit Sonnenwärme betriebenen Warmwasserkollektor patentieren. Doch solche Erfindungen führten lange ein Nischendasein. Erst die Ölkrise der 1970er Jahre brachte die Bemühungen um die Solarthermie („Sonnenwärme“) wieder auf den Stand der Technik.

Heute, im Zeitalter der Energiewende, ist ein regelrechter Solarthermie-Boom ausgebrochen, vor allem in Deutschland, wo diese Energieform wirkungsvoll staatlich gefördert wird. Nirgendwo sonst in Europa sind so viele Solarwärme-Anlagen entstanden wie hier. Allein im Rekordjahr 2008 kamen 1,9 Millionen Quadratmeter Solarfläche hinzu. Ein Jahr später waren es 1,7 Millionen Quadratmeter. In Sachsen sind derzeit 910.000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche installiert. Dabei gilt dasselbe wie für die Photovoltaik: Am meisten haben private Hausbauer mit ihren kleinen dezentralen Anlagen von der Entwicklung profitiert.

Die mit Hilfe von Solarenergie technisch am einfachsten zu bewerkstellende Heizleistung ist die Warmwasserbereitung. Sie ist daher am weitesten verbreitet. Etwas aufwendiger ist es, die gesamte Hausheizung einschließlich der Warmwasserversorgung von der Sonne besorgen zu lassen. Aber auch dies ist in unserer vergleichsweise sonnenarmen Gegend möglich – wenn zugleich für eine entsprechende Wärmedämmung des Hauses und niedrige Vorlauftemperaturen der Heizung gesorgt wird.

Die Maximallösung besteht im so genannten Sonnenhaus, das so viel wie möglich Sonnenenergie zur Wärmegewinnung nutzt und die unerwünschte Wärmeabgabe auf ein absolutes Minimum reduziert. Eine wichtige Grundvoraussetzung dafür ist eine Architektur, die zu allen Jahreszeiten dem Sonnenstand gerecht wird. Im Winter gilt es die Sonneneinstrahlung aktiv und passiv optimal zu nutzen. Im Sommer wird durch konstruktive Maßnahmen eine Überhitzung des Gebäudes und der Solaranlage vermieden.

In Kombination mit Kältemaschinen lässt sich Solarwärme auch zur Kühlung nutzen. Da der Kühlbedarf im Sommer besonders hoch und gleichzeitig auch der Ertrag einer solarthermischen Anlage am höchsten ist, wird der Kollektor in

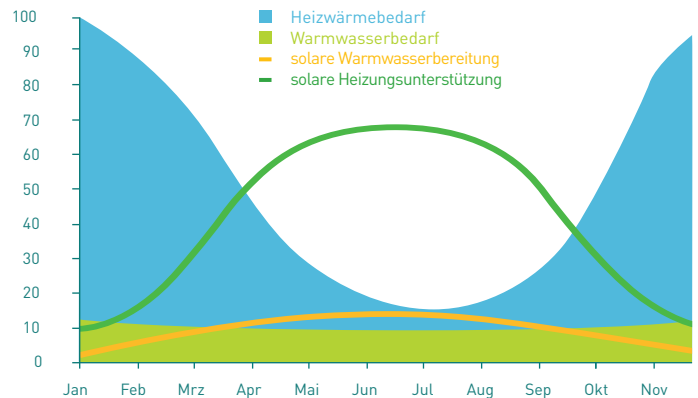
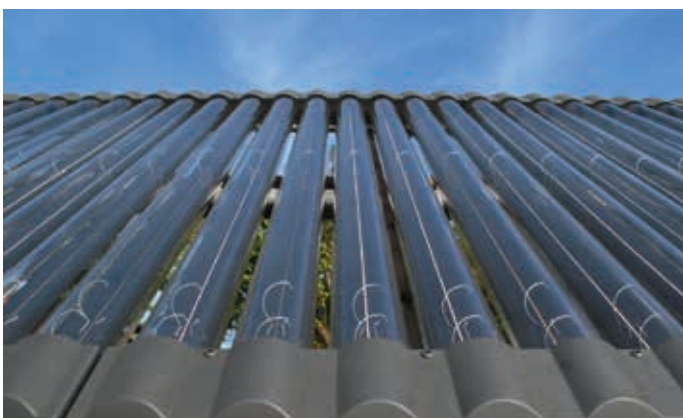


Abb.: Sonnenwärmeangebot und Wärmebedarf im Bestandsgebäude

Kombination mit einer Kältemaschine besonders gut ausgenutzt. Dies ermöglicht das umweltfreundliche Betreiben von Klimaanlage – Heizen im Winter, Kühlen im Sommer. Bisher wurden vorwiegend große Anlagen zur Klimatisierung von Kaufhäusern, Bürogebäuden oder Kongresszentren umgesetzt.

## In Kombination mit Kältemaschinen lässt sich Solarwärme auch zur Kühlung nutzen – der Ertrag der Solaranlage wird optimiert.

Wie aber funktioniert Solarthermie? Ganz ähnlich wie schwarze Kleidung, unter der es an sonnigen Tagen bekanntlich heiß werden kann. Dazu werden sogenannte Kollektorflächen benötigt, die mit Absorbermaterialien bestückt sind. Materialien also, die Sonnenstrahlen nicht reflektieren, sondern in maximalem Umfang aufnehmen und in Wärme verwandeln. Damit die Wärme nicht wieder unkontrolliert an die Umgebung abgegeben wird, sondern gezielt abgeleitet werden kann, müssen die Absorber zusätzlich in Isolationsschichten eingebettet sein. Über Rohrsysteme mit speziellen Transportflüssigkeiten wird die Wärme sodann einem Pufferspeicher zugeführt, der das Warmwassersystem und gegebenenfalls auch die Heizung permanent versorgt.

Weil Solarthermie-Module ähnlich installiert werden wie Photovoltaik-Solarmodule, verwechseln Nichtkundige beide gern miteinander. Derzeit gibt es drei Grundtypen: Flachkollektoren, Vakuumröhrenkollektoren und Parabolrinnenkollektoren.

Flachkollektoren ähneln Photovoltaikmodulen dabei noch am ehesten. Der Absorber aus Metall ist in ein gut isoliertes Gehäuse integriert. Auf der sonnenzugewandten Seite wird der Kollektor durch eine Glasscheibe abgedeckt. Auf der Unterseite befindet sich eine Dämmschicht. Dadurch lassen sich Wärmeverluste durch Konvektion und Wärmeleitung erheblich reduzieren. So erzeugen Flachkollektoren Temperaturen bis zu 80 °C. Die meisten Solarthermie-Anlagen zur Warmwasserversorgung und Heizungsunterstützung gehören zu diesem Typ. Am besten eignen sie sich für Niedrigtemperaturheizungen, also etwa Wandflächen- und Fußbodenheizungen oder Niedertemperaturanwendungen in der Industrie.

Vakuurröhrenkollektoren bestehen aus evakuierten Röhren, die – ähnlich wie eine Thermoskanne – Wärme besser im Kollektor halten. Sie erzeugen höhere Temperaturen, sind damit bei wenig Einstrahlung oder hohen Temperaturdifferenzen effizienter, aber auch teurer. Sie eignen sich auch für die Bereitstellung von Prozesswärme und benötigen für die Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung in Gebäuden weniger Fläche als Flachkollektoren.

Parabolrinnenkollektoren bündeln das Sonnenlicht mit Hilfe eines Spiegels und erzeugen damit weit höhere Temperaturen als die anderen beiden Kollektortypen. Sie werden für Solar-kraftwerke verwendet. Eine Spezialform ist der sogenannte Solarturm, bei dem durch maximale Strahlenkonzentration Temperaturen bis zu 5.000 °C erzeugt werden. Mit ihm lassen sich sogar metallurgische Schmelzprozesse bewerkstelligen. In unseren Breitengraden allerdings ist für den Einsatz solcher Kollektortypen der Anteil der direkten Sonneneinstrahlung zu gering.

## Solarthermie eignet sich besonders für die Bereitung von Warmwasser, Heizwärme und Prozesswärme.

Inzwischen ist die Kollektortechnik ausgereift, sodass ein zuverlässiger Betrieb über 20 Jahre möglich ist. Verfügbar sind auch Module, die Elemente der klassischen Dachdeckung oder Wandelemente ersetzen, sich also nahtlos in die Architektur einfügen.

Was die Umsetzung und Anwendung der Sonnenwärme angeht, gibt es hierzulande dennoch viel Potential freizulegen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Entwicklung solarthermischer Großanlagen, effizienter Anlagen zur solaren Prozesswärmegewinnung und neuer Wärmespeichermöglichkeiten. In Sachsen treibt die Sächsische Energieagentur - SAENA GmbH diese Entwicklungen voran, indem sie Hersteller und Bauplaner und Anwender an einen Tisch bringt. Die SAENA bietet kostenlose Beratungs- und Schulungsangebote an, bündelt Know-how, baut Netzwerke auf und begleitet konkrete Bauvorhaben.

Die SAENA informiert zu der Anwendung solarthermischer Anlagen zur Prozesswärmerezeugung in industriellen Unternehmen. Solare Prozesswärme eignet sich vor allem für Betriebe, die auch während der sonnenreichen Jahreszeiten, vorzugsweise täglich, Prozesswärme benötigen. Besonders geeignete Anwendungen sind Wasch- und Reinigungsprozesse, Trocknungsprozesse, das Temperieren von Bädern und Behältnissen sowie die Speisewasservorwärmung. Diese Prozesse finden in zahlreichen Branchen Anwendung, das erforderliche Temperaturniveau bewegt sich zwischen 20 °C und 100 °C. Die kostenfreie Wärme von der Sonne ersetzt in der Regel die Wärmeerzeugung mit konventionellen Energieträgern wie Erdgas, Heizöl, Fernwärme oder Strom und senkt damit die Betriebskosten. Dabei muss nicht zwingend der gesamte Prozesswärmebedarf über die solarthermische Anlage gedeckt werden. Eine anteilige Substitution oder eine solare Vorwärmung kann ebenso sinnvoll sein. Bei der Entscheidung, ob solare Prozesswärme eine Lösung ist, unterstützt die SAENA Unternehmen. Auch Planer, Installateure und Energieberater erhalten Informationen zur Auslegung solarthermischer Anlagen zur Prozesswärmebereitstellung.

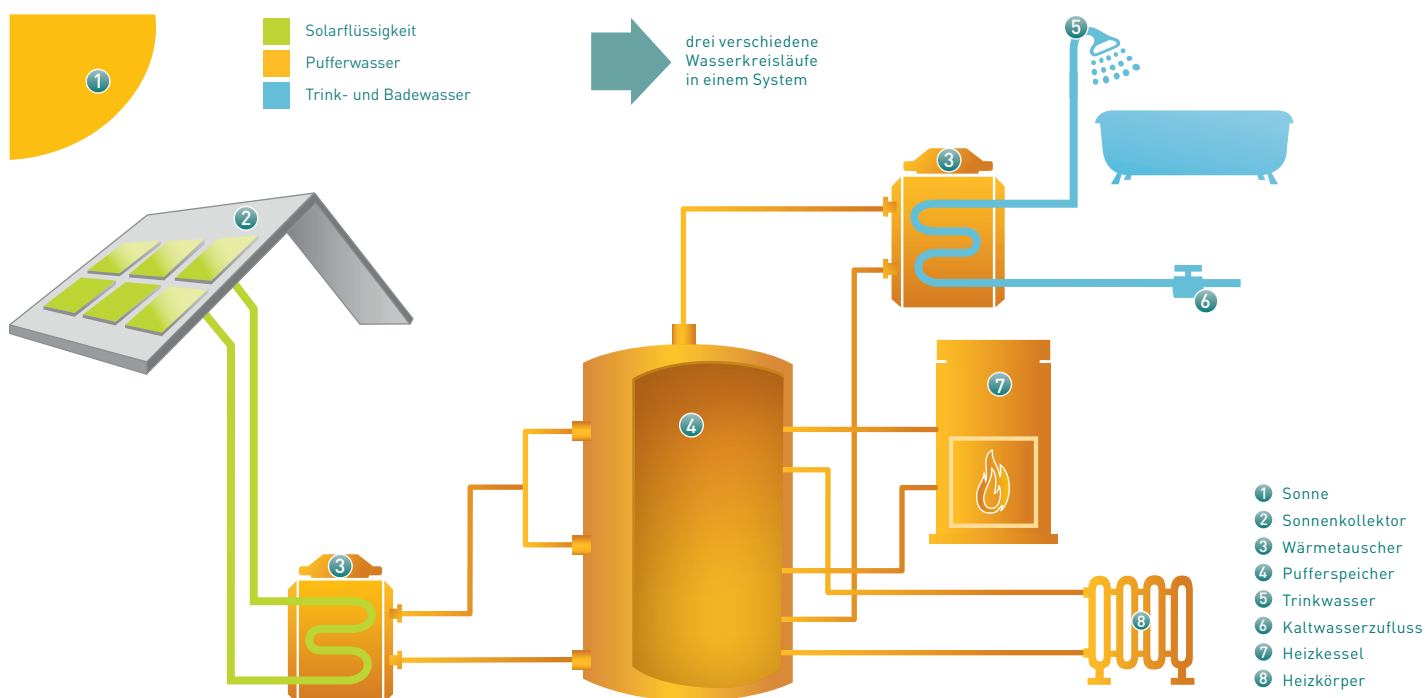


Abb.: Schematische Darstellung einer Solarthermieanlage



# Die neue Mobilität.

## Umweltfreundliche Treibstoffe und Antriebe

Die Treibstoffverbrennung der Kraftfahrzeuge trägt derzeit etwa ein Fünftel zur CO<sub>2</sub>-Emission in Deutschland bei. Es liegt also auf der Hand, auch dem Verkehr besondere Beachtung zu schenken. Nur Strom und Wärme auf „erneuerbar“ umzustellen, reicht nicht.

Die Tendenz der derzeitigen Bemühungen bei den Treibstoffen kann wie folgt beschrieben werden: „Weg vom Öl“. Das hört sich defensiver an, als die Ziele bei Strom und Wärme, und irgendwie stimmt es auch. Zum einen schwebt das Damoklesschwert der sich verknappenden Erdölvorräte besonders drohend über der Fahrzeugindustrie. Es müssen Alternativen zum klassischen Benzin (einschließlich Flugbenzin) und Diesel her.

Zum anderen ist es bei Treibstoffen gar nicht so einfach, lupenrein auf „erneuerbar“ umzustellen. Zwischen der primären Energiequelle und der Fahrzeugbewegung liegen zumeist lange Prozessketten von Stoff- und Energiewandlungen. Etwa 400 solcher Ketten sind derzeit bekannt. Bei manchen von ihnen, darunter auch bei solchen, die zeitweilig von den Medien gepriesen wurden, fällt die Energie- und Klimabilanz zum Schluss ernüchternd aus. Dennoch bieten diese langen Prozessketten auch zahlreiche Möglichkeiten, die Freisetzung klimaschädlicher Gase zu minimieren und Energie zu sparen.

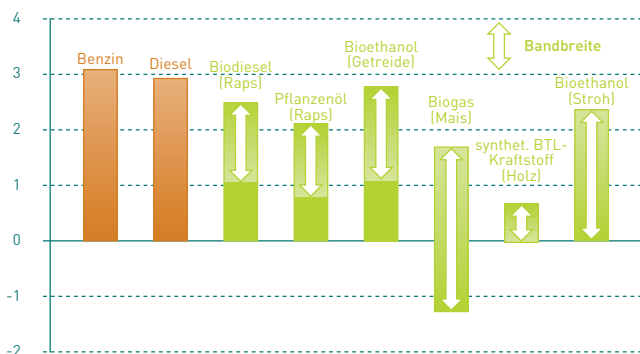
Die Entwicklungen, die aktuell von der EU gefördert und damit auch in Sachsen vorangetrieben werden, zielen deshalb nur zum Teil auf ausschließlich erneuerbare Energiequellen für Treibstoffe ab. Zumeist sind es Mischformen aus klassischen und erneuerbaren Quellen.

## Biotreibstoffe

### Ethanol (Alkohol) kann Benzin ersetzen.

Seit Januar 2011 wird Ethanol nun auch den Benzinkraftstoffen mit einem Anteil von 10 Prozent beigemischt. Bioethanol wird ähnlich wie Schnaps aus Zuckerrüben gewonnen. Auch Diesel lässt sich ersetzen: Biodiesel entsteht durch Veresterung aus Raps, Sonnenblumen oder Soja. Biodiesel macht dabei den größten Marktanteil an Biokraftstoff in Deutschland aus. Dabei unterscheidet man in den Dieselmotoren B7, bei dem herkömmlichem Diesel bis zu 7 Prozent Biodiesel beige-

Kilogramm CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Liter Kraftstoffäquivalent (inkl. Methan, Lachgas)



Die Bandbreite der Treibhausgasemissionen hängt von der Nutzung der Nebenprodukte der Biokraftstoffproduktion (Rapsschrot, Schlempe, Prozesswärme) und dem Anbauverfahren für die Energiepflanzen ab.

Abb.: Treibhausgasemissionen fossiler und erneuerbarer Kraftstoffe



mischt wird und dem B100, welches ein Reinkraftstoff ist und in landwirtschaftlichen Nutzfahrzeugen zum Einsatz kommt. Die so gewonnenen Treibstoffe werden Biotreibstoffe der ersten Generation genannt. Sie sind seit etwa einem Jahrzehnt auf dem Markt.

Zwar sind sie hundertprozentig „erneuerbar“, doch es ist möglich diese Energiebilanz zu verbessern, indem andere Technologien verwendet werden. Bei Biodiesel wird wie beim fossilen Dieselmotorkraftstoff, die gesundheitliche Unbedenklichkeit der Abgase bezweifelt, zumindest wenn er keine energieaufwendige Veredelung durchläuft, bevor er in den Tank gelangt. Hinzu kommen die bereits mehrfach erwähnten ethischen Bedenken: Kann beliebig viel landwirtschaftliche Nutzfläche von der Nahrungsmittelproduktion in Richtung Treibstoffherzeugung „abgezweigt“ werden? Der Abbau von Steuervergünstigungen für Biodiesel hat dazu geführt, dass Biodiesel dem klassischen Diesel an der Zapfsäule nunmehr regulär, aber lediglich in unbedenklichen Mengen beigefügt wird.

2017 konnten durch den Einsatz von Biotreibstoffen ca. 7,3 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart werden. Die Entwicklung der zweiten Generation von Biotreibstoffen mit besserer Energie- und Umweltbilanz läuft auf Hochtouren. In dieser Phase sollen flüssige Treibstoffe durch den Aufschluss von Biomasse gewonnen werden. Dazu gehören alle Kraftstoffe, welche aus den Nebenprodukten der Land- und Forstwirtschaft (Stroh, Holzabfälle, Energiepflanzen etc.) gewonnen werden. Zunächst entsteht hierbei eine Art Biogas. Allerdings wird der Prozess der Vergärung anders gesteuert als bei der gewöhnlichen Biogasproduktion, damit ein Gas mit optimaler chemischer Zusammensetzung entsteht. Dieses Synthesegas wird anschließend durch ein spezielles Verfahren, den Fischer-Tropsch-Prozess, verflüssigt und über ähnliche Destillations- und Raffinationsverfahren wie in der erdölverarbeitenden Industrie zu benzin- und dieselähnlichen Treibstoffen weiterverarbeitet. Dabei werden Kraftstoffe wie Biomasse-to-Liquid, Biomethanol oder Bioethanol aus Lignozellulose gewonnen. Diese Technologie der Kraftstoffgewinnung wird als zukunftsweisend bezeichnet, allerdings befindet sich die Herstellung und Anwendung der neuen Kraftstoffe noch im Versuchsstadium und sind noch nicht verfügbar. Welche Biokraftstoffe sich letztlich durchsetzen werden, hängt von vielen Faktoren ab. Der Flächenverbrauch, das CO<sub>2</sub>-Minderungspotential, die Kosten und der Technologiefortschritt sind die maßgeblichen Rahmenbedingungen. Derzeit wird an der dritten Generation von Biotreibstoff geforscht. Dabei wird Biowasserstoff als Energieträger verwendet.

## Erdgas

Im klassischen Sinne ist Erdgas keine erneuerbare Energieart, jedoch wird es uns länger erhalten bleiben als Öl. Hinsichtlich der Energiebilanz und der Reduzierung des Treibhauseffektes steht es derzeit selbst besser als Biotreibstoffe da. Zudem ist Erdgas für Europa politisch sicherer als Erdöl. Deswegen wird die Entwicklung des Einsatzes von Erdgas als Treibstoff vorangetrieben.

Um seine Energiedichte auf ein für herkömmliche Ottomotoren akzeptables Niveau zu heben, muss es entweder komprimiert (compressed natural gas, CNG) oder verflüssigt werden (liquified natural gas, LNG). Beides ist nicht zu verwechseln mit dem aus Erdöl hergestellten Flüssig-Autogas (liquified petroleum gas, LPG). In beiden Fällen müssen die Fahrzeuge mit einer speziellen Tanktechnik ausgerüstet sein.

Wer mit Erdgas (oder künftig auch einer Mischung aus Erdgas und Biosynthesegas) fährt, schont jedoch nicht nur die Umwelt, sondern auch den Geldbeutel. Die höhere Anfangsinvestition für den Erwerb eines mit Erdgastank ausgerüsteten Autos oder die Umrüstung ist schnell wieder reingeholt. Noch allerdings können Erdgasautos in ihrer Reichweite nicht mit Benzin- und Dieselfahrzeugen mithalten. Die meisten derzeitigen Modelle haben daher zumindest einen extra Tank für die klassischen Treibstoffe.

## Wer mit Erdgas fährt, schont nicht nur die Umwelt, sondern auch den Geldbeutel.

## Wasserstoffantrieb

Wasserstoff ist der dritte, zur Diskussion stehende Treibstoff der Zukunft. Für die breite Anwendung sind noch viele Entwicklungsschritte notwendig. Wasserstoff wird unter Energieverbrauch gewonnen, denn auf natürliche Weise kommt das Gas auf der Erde kaum vor. Dies ist beispielsweise durch Elektrolyse von Wasser möglich. Das Verfahren ist ausgereift. Stammt der dazu benötigte Strom aus rein erneuerbaren Quellen, dann ist der Ökobilanz auf den ersten Blick Genüge getan. In der Umwandlungskette treten aber nicht unerhebliche Verluste auf.



Wasserstoff als Kraftstoff muss gasförmig unter hohem Druck oder flüssig bei Temperaturen von  $-253\text{ °C}$  gespeichert werden. Dazu sind spezielle Speicher und Betankungstechniken notwendig. Die Sicherheit dieser Speicher wurde bereits umfangreich getestet und als unbedenklich eingestuft. Herausforderungen bereitet die geringere Reichweite der Fahrzeuge mit diesen Tanks. Bei der Technologie des Antriebs werden derzeit zwei Alternativen verfolgt: der Wasserstoffverbrennungsmotor und die Brennstoffzelle.

Der Wasserstoffverbrennungsmotor ist ein modifizierter Ottomotor. Was rein verbrennungstechnisch unproblematisch scheint, bringt aber in der Praxis eine Menge kleiner Probleme mit sich – von der Beherrschung des Zündzeitpunktes bis hin zum erhöhten Materialverschleiß – die viele Fahrzeugentwickler nach anfänglicher Euphorie haben zurückschrecken lassen.

Die Brennstoffzelle ist hingegen eine Art elektrochemischer Energiewandler, der auf der Basis von Wasserstoff und Sauerstoff funktioniert. Fahrzeuge mit Brennstoffzelle sind demzufolge strenggenommen Elektromobile. Im Unterschied zu herkömmlichen Autobatterien müssen die Brennstoffzellen permanent mit Wasserstoff aus dem mitgeführten Tank versorgt werden. Die Technologie ist aber noch nicht ausgereift, insbesondere was Kosten und Lebensdauer anbelangt.

Aufgrund dieser Entwicklungsschwierigkeiten gibt es über die Durchsetzung des Wasserstoffantriebs unterschiedliche Meinungen. Denkbar sind ökonomisch sinnvolle Insellösungen. ÖPNV-Unternehmen etwa können sie für ihre Busflotte schaffen. Die Markteinführung erster Fahrzeuge begann im Jahr 2015. Die Infrastruktur zum Tanken wird derzeit mit Hochdruck vorangetrieben.

In Sachsen gibt es mehrere Unternehmen, die die Brennstoffzellentechnik Richtung Praxisreife vorantreiben.

## Elektroantrieb

Für Elektromobilität gilt ähnliches wie für den Wasserstoffantrieb: Während der Fahrt wird keinerlei CO<sub>2</sub> ausgestoßen. Je nachdem mit welchen Ressourcen nun der Strom hergestellt wird, fallen unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Emissionen an.

Konkret: Moderne Elektroautos verbrauchen für eine Strecke von 100 Kilometern durchschnittlich etwa 10 bis 20 Kilowattstunden Strom. Das entspricht dem Energiegehalt von ca. 1 bis 2 Litern Benzin. Ein Elektroauto, das rund 15 Kilowattstunden Strom (ca. 1,5 Liter fossiler Kraftstoff) verbraucht, stößt somit 73 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer aus, wenn der durchschnittliche deutsche Strommix (überwiegend Kohle-, Erdgas- und Atomstrom, über 36 Prozent erneuerbare Energien, 489 Gramm CO<sub>2</sub>/kWh) zugrunde gelegt wird. Damit würde der von der EU für 2020 vorgegebene Grenzwert von 95 g CO<sub>2</sub> pro Kilometer schon um ca. ein Viertel unterschritten werden. Wird dasselbe Elektroauto statt mit konventionellem Strommix mit Strom aus Windkraftanlagen „betankt“, verringern sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf nur noch 3 bis 4 Gramm CO<sub>2</sub> je Kilometer.

**Wird das Elektroauto mit Strom aus Windkraftanlagen „betankt“, verringern sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf nur noch 3 bis 4 Gramm CO<sub>2</sub> je Kilometer.**

Wie beim Wasserstoffantrieb sind auch hier Schwierigkeiten in der Entwicklung vorhanden. Beispielsweise liegt die Reichweite der Fahrzeuge und auch die Dauer des Ladevorgangs immer noch nicht in einem Bereich, der mit Verbrennungsfahrzeugen vergleichbar ist. Auch die Anschaffungskosten sind derzeit aufgrund der teuren Batterien noch zu hoch.



[www.e-mobil-sachsen.de](http://www.e-mobil-sachsen.de)



Vorstellung des neuen Elektroautos als Dienstfahrzeug der SAENA

In Deutschland soll es bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge geben. Seit 2009 ist Sachsen bundesweit eine von acht Modellregionen und bis zum Jahr 2016 gemeinsam mit Bayern auch Schaufenster für Elektromobilität. In rund 40 teils gemeinsamen Projekten wurden rund 130 Millionen Euro Gesamtvolumen umgesetzt. Heute engagieren sich mehr als 100 Unternehmen und öffentliche Institutionen aus Sachsen für eine ganzheitliche und zukunftsfähige Elektromobilität. Darunter sind neben weltweit führenden Unternehmen wie VW, BMW, Porsche und die Deutsche Accumotive auch viele kleine und mittlere Unternehmen, Kommunen, regionale Energieversorger und Unternehmen aus dem Bereich Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) vertreten. Auch in der Elektromobilität gehen die öffentlichen Verkehrsmittel voran, beispielsweise beim Einsatz von seriellen Hybridbussen und auch reinen Batterie-Elektrobussen, die mittels Schnellladung unterwegs an Haltestellen nachgeladen werden. Doch nicht nur die Elektromobilität wird in den kommenden Jahren unser Straßenbild maßgeblich verändern. Auch werden neue Mobilitätskonzepte wie bspw. das Teilen eines Fahrzeuges mit Kollegen oder Nachbarn sowie das teilautonome oder sogar fahrerlose Fahren unsere Art der Fortbewegung weiterentwickelt. Die Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH spielt dabei die Rolle des Mittlers und Promotors für die einzelnen Förderprojekte aus Forschung und Industrie.

Hierzu findet man viele Informationen unter:  
[www.effiziente-mobilitaet-sachsen.de](http://www.effiziente-mobilitaet-sachsen.de).



[www.ivs-sachsen.de](http://www.ivs-sachsen.de)

# Die neuen Netze.

Auf den vorangegangenen Seiten haben wir die verschiedensten Möglichkeiten zur Erzeugung von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energieträgern vorgestellt und auf die neuen Treibstoffe geblickt. Es sind dies alles quasi „technologische Inseln“, die sich in unterschiedlichem Tempo und in unterschiedliche Richtungen weiterentwickeln.

Geht es aber darum, diese technologischen Inseln zu einem sinnvollen Gesamtkonstrukt zu verbinden und an den Verbraucher heranzutragen, also an Steckdose, Heizungsregler und Tanköffnung, dann kommen wir bei der Realität der Energienetze an. Es handelt sich um die größte technologische und infrastrukturelle Herausforderung auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien überhaupt.

Zum einen geht es um die netztechnische Bewältigung einer ständig wachsenden Komplexität von Prozessen zur Energieerzeugung. Sicher ist Ihnen in den vergangenen Kapiteln schon aufgefallen, dass manche Arten der Erzeugung von erneuerbaren Energien mit Umwandlungen von einer Energieart in die andere geradezu jonglieren müssen, damit die Energiequellen richtig ausgenutzt werden. Denken Sie an die Kraft-Wärme-Kopplung oder an die Kraftstoffe. Es ist ein ständiger Wechsel von Energiebedarf und Energiefreisetzung, auf den das bestehende Strom- und Wärmenetz in ihrer Betriebsweise angepasst werden müssen.

Noch viel größer aber ist die Herausforderung, die sich aus dem schwankenden Angebot der erneuerbaren Energien ergibt. Das bestehende Strom- und Gasnetz folgt in seinem Angebot so gut wie möglich dem Verbrauch: Wo viel Strom und Wärme gebraucht wird, wurden „fossile“ Kraftwerke gebaut, gleichfalls siedelten sich aber auch dort große Industriekerne an wo die Ressourcen zur Energieerzeugung in Form von Rohstoffen vorhanden waren. Sonne, Wind und Wasser aber tun uns diesen Gefallen nicht: Sie sind dort, wo sie sind. Auch wann sie in welcher Menge Energie liefern, können wir nicht beeinflussen. Sie bringen damit unsere auf gleichmäßige Auslastung und kurze Strecken angelegten Netze durcheinander.

## Erdgasnetz

Das Gasnetz, ist dabei das kleinere Problem. Das hängt mit dem Ausbau des klassischen Erdgasnetzes zusammen, insbesondere aufgrund der Verträge mit Russland. Die neuen und die bestehenden Pipelines – 2010 wurde „OPAL“, ein Ableger der Ostsee-Pipeline quer über sächsisches Territorium verlegt – werden auch größere Einspeisungen von Methangas aus erneuerbaren Quellen mühelos verkraften. Die Leitungsquerschnitte sind großzügig bemessen, neue Anschlüsse sind nicht so schwierig und mit dem wechselnden Leitungsdruck und den bestehenden Gasspeichern lässt sich einigermassen flexibel operieren.

## Nah- und Fernwärmenetze

Auch diese Netze sind, für eine sichere Energieversorgung, wichtig uns sollen ausgebaut werden. Dabei geht es darum die Wärme, die bisher aus fossilen Energieträgern erzeugt oder mit Wärme aus KWK-Prozessen gespeist wurde, mit erneuerbaren Energien zu betreiben oder für eine flexiblere Stromerzeugung der KWK-Anlage zu ertüchtigen. Dazu werden auch riesige Wärmespeicher eingebaut.

## Tankstellennetz

Auch die Verbreitung neuer Treibstoffe, sofern es denn gasförmige oder flüssige sind, stellt keine besondere logistische Herausforderung dar. Wesentliche Ausnahme in der Hinsicht stellt vor allem der Wasserstoff als besonders flüchtiges Gas mit geringer volumetrischer Energiedichte dar. Zum Verflüssigen braucht es sehr niedrige Temperaturen. Heute ist noch nicht entschieden, welche Treibstoffe sich durchsetzen werden. Dies ist letztlich eine Frage der Kosten-Nutzen-Rechnung bei den Mineralölkonzernen. Die neuen Treibstoffe nach und nach ins bestehende Tankstellennetz einzubinden, ist indes möglich.

## Stromnetz

Das Stromnetz, und hierzu gehört auch das Netz künftiger Stromtankstellen, ist hingegen eine wirkliche Herausforderung. Wie kann es an die von der Politik festgelegten Steigerungsraten des Anteils erneuerbarer Energien angepasst werden? Der Großteil des in Deutschland erzeugten erneuerbaren Stroms ist Windstrom. Er entsteht vor allem im Norden,

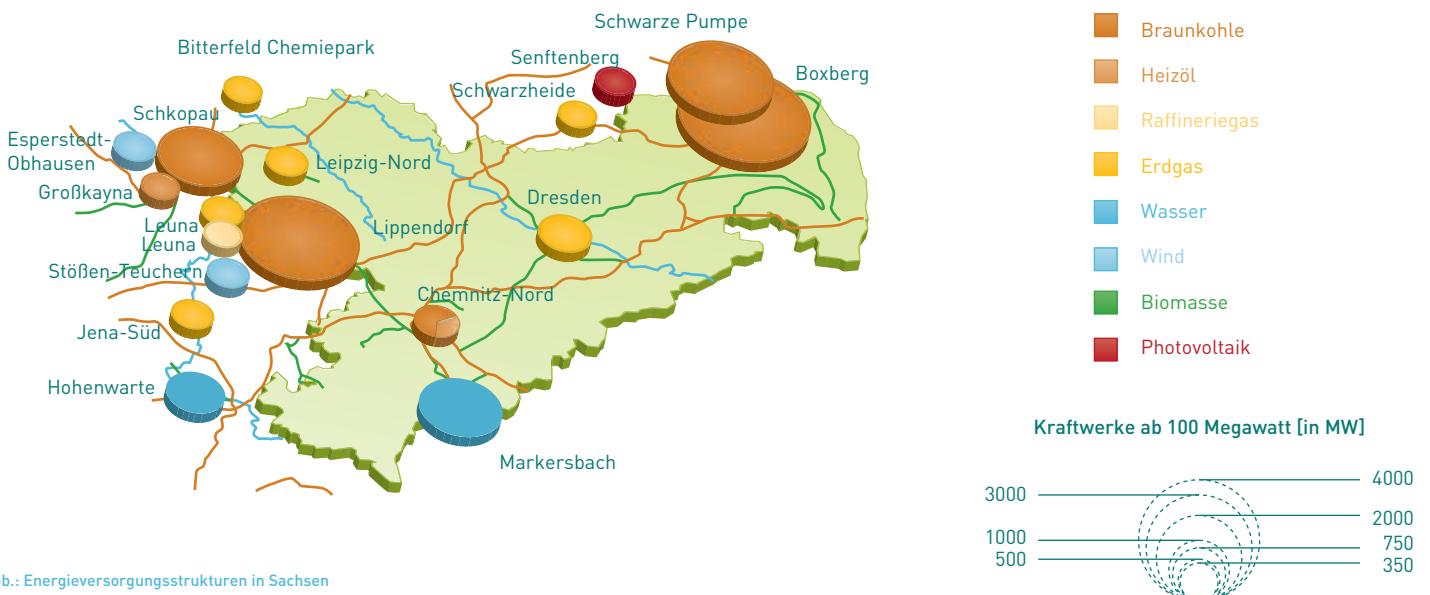


Abb.: Energieversorgungsstrukturen in Sachsen



neuerdings sogar vor der Küste auf hoher See. Strom aus Solar- und Windkraftanlagen wird nicht kontinuierlich erzeugt. An vielen Tagen wird zu wenig eingespeist.

An anderen Tagen muss das Netz hingegen so viel Windstrom aufnehmen, dass Leitungen überlastet wären. Das bringt die europaweite Netzbalance durcheinander und stört zusammen mit der zunehmenden Einspeisung von Solarstrom die Arbeit der auf Dauerbetrieb eingestellten klassischen Grundlastkraftwerke.

Die geplanten Kohlekraftwerke mit CCS Betrieb, bei denen das CO<sub>2</sub> in Gesteinsformationen gepresst und somit gespeichert werden soll, wurden eingestellt. Grund dafür ist zum einen, dass der Wirkungsgrad der Kraftwerke sinkt und somit ein höherer Anteil an CO<sub>2</sub> pro kWh produziert wird, als bei herkömmlichen Kraftwerken. Des Weiteren laufen die chemischen Reaktionen im Boden anders ab als gedacht.

Die Lastschwankungen im Stromnetz aufgrund ungleichmäßiger Einspeisung werden von Jahr zu Jahr ausgeprägter. Am 20. März 2015 gab es durch die Sonnenfinsternis eine Leistungsänderung bei der Erzeugung aus erneuerbaren Energien von ca. 15 GW in 1,5 Stunden. Das entspricht der Anzahl von ca. 10 Großkraftwerken.

Um Netzzusammenbrüche durch Überlastung zu verhindern, wird deshalb die Einspeisung von Windenergie ins Stromnetz derzeit ab bestimmten Windgeschwindigkeiten einfach reduziert. Das ist eine sehr ineffektive Methode, erneuerbare Energien zu nutzen.

Um die planmäßig steigende Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien ins deutsche Netz mit ihren Diskontinuitäten abzufedern, müssten nach verschiedenen Berechnungen bis 2020 zwischen 1.500 und 3.500 Kilometer Stromnetz erneuert werden – mit größeren Leitungsquerschnitten. Das ist nicht nur eine finanzielle Herausforderung, sondern auch eines der Raumplanung – Erdkabel sind sehr teuer und Hochspannungsmasten unbeliebt.

Das Diskontinuitätsproblem wird sich aber nicht ohne die zusätzliche Einrichtung puffernder Energiespeicher bewältigen lassen. Dabei ergibt sich wiederum ein deutschlandspezifisches Problem. Dort wo die Haupt-Quelle Windenergie anfällt, kann geografisch bedingt nicht mit dem einfachsten und besten Ener-

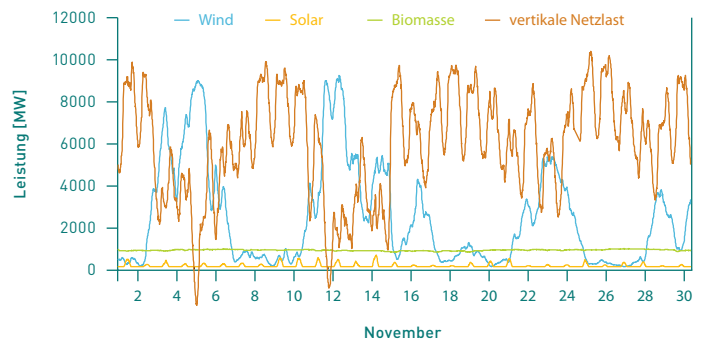


Abb.: Einspeisung aus EEG-Anlagen und vertikale Netzlast im Netzgebiet 50 Hertz Transmission im November 2010

giespeicher gearbeitet werden, dem Pumpspeicherwerk. Es bleibt dem Gebirge vorbehalten und auch dort sind die Potentiale in Deutschland nicht im nötigen Umfang vorhanden. Ergänzend könnte in einem transnationalen Netz auf Pumpspeicherkraftwerke in den Alpenländern und in Skandinavien zurück gegriffen werden. Konkrete Planungen für ein solches Supergrid in der Nordsee bestehen bereits. Des Weiteren bestehen Forschungen zu einem Meeresdruckspeicherkraftwerk (Stensea). Dabei wird die erzeugte Energie von Offshore Windkraftanlagen über ein Kabel in einen am Meeresboden befindlichen Hohlraum, beispielsweise eine Stahlbetonkugel, transportiert und gespeichert. Im Bodensee wurde dazu bereits ein Modellvorhaben im Maßstab 1:10 umgesetzt.

Eine derzeit aussichtsreiche Alternative bildet die Herstellung künstlichen Erdgases (Methan) aus CO<sub>2</sub> und Wasser mit Hilfe des Überflusses-Stroms über den Umweg der Wasserstoff-Elektrolyse. Das Methan kann im Gegensatz zu Wasserstoff dann auch in großen Mengen direkt ins vorhandene Gasnetz eingespeist oder aber gespeichert und bei Bedarf mittels Gasturbinen klimaneutral wieder in Elektroenergie zurückverwandelt werden.

Allerdings ist es nicht damit getan, das Stromnetz einfach nur „blind“ und damit ineffizient für den Extremfall aufzurüsten. Gearbeitet wird deshalb an einem computergestützten intelligenten Netz (Smart Grid), das unter Einberechnung der vielen dezentralen Erzeuger erneuerbarer Energien temporären und lokalen Energiebedarf (Spitzenlasten) vorausahnt und die Energie dann zielgerichtet zur Verfügung stellt. Auch die Elektromobilität, also das künftige Netz von öffentlichen Stromtankstellen und privaten Ladestationen für Autos, soll Bestandteil dieses intelligenten Netzes sein. Später soll auch das häusliche Energiemanagement hinzukommen, also der netzfreundlich und damit kostensparend zeitgesteuerte Betrieb bestimmter Elektrogeräte wie Gefrierschränke oder Wärmepumpen.

Für den Verbraucher kommen Smart Meters, sogenannte intelligente Messsysteme, zum Einsatz. Durch deren Nutzung kann ein transparenter Überblick über den eigenen Energieverbrauch und die Möglichkeit, die Energiekosten über den laufenden Stromverbrauch zu senken, gegeben werden. Ein flächendeckender Einsatz dieser Smart Meters ist derzeit allerdings noch nicht realisierbar. Eine Studie des BMVI aus dem Jahr 2014 zeigt, dass vor allem für Klein- und Durchschnittsverbraucher dieser Einbau noch unwirtschaftlich ist. Aus diesem Grund sieht die Einbauverordnung des BMVI aktuell einen stufenweisen Einbau von intelligenten Messsystemen vor allem

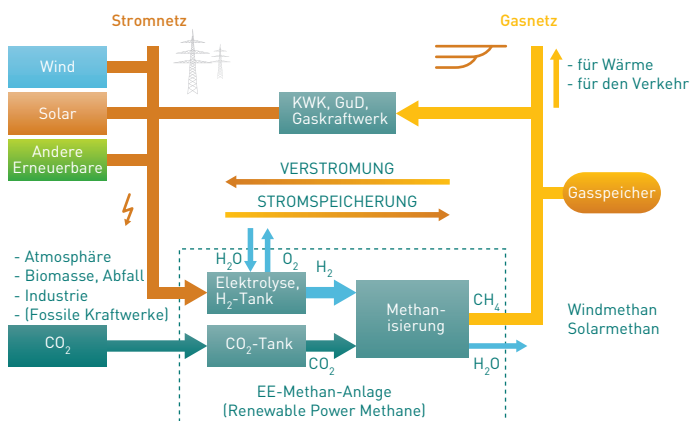


Abb.: Verknüpfung von Stromnetz und Gasnetz

bei Gruppen mit hohem Energieeffizienzpotential und hohen Netznutzen vor. Klein- und Durchschnittsverbraucher werden grundsätzlich erstmal von der Einbaupflicht ausgenommen.

Wie schon angedeutet sind Städte und Häuser nicht mehr nur Verbraucher sondern auch Erzeuger von Energie. Durch neue Techniken können mit Hilfe des Smart Homes private Haushalte in das Smart Grid integriert werden. Die Vernetzung ermöglicht, mittels einem effizienten Energiemanagementsystems, eine intelligente Steuerung verschiedener Geräte im Haushalt. Des Weiteren können mehrere Privathaushalte mit Anlagen zur Energieerzeugung zu einem virtuellen Kraftwerk zusammengeschlossen werden. Dies erfolgt mit Hilfe modernster Informations- und Kommunikationstechniken und kann über eine zentrale Leitstelle gesteuert werden. Somit kann in kürzester Zeit flexibel auf schwankende Netzfrequenzen reagiert werden. In einer höheren Ausbaustufe des intelligenten Netzes sollen Betreiber kleiner Photovoltaik-Anlagen und dezentrale Erzeuger anderer erneuerbarer Energien auch die Möglichkeit eines „Direktverbrauchs“ des von ihnen erzeugten Stroms erhalten. Wir erinnern uns: Derzeit speisen sie den Strom einfach ins Netz ein und erhalten dafür Geld.

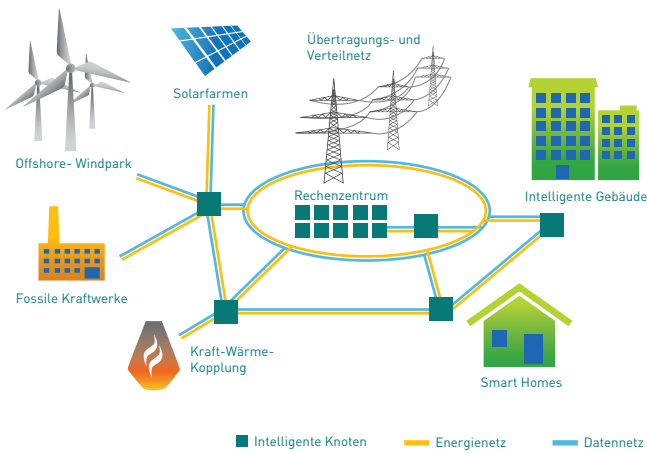


Abb.: Schematischer Aufbau - Smart Grid

Bislang haben wir immer vom Ausbau des bestehenden Stromnetzes gesprochen, bei dem es sich um ein Hochspannungs-Wechselstromnetz handelt. Im Zusammenhang mit den erneuerbaren Energien stehen aber auch Entfernungen auf der Tagesordnung, die mit diesem Netz überhaupt nicht mehr ökonomisch sinnvoll zu bewältigen sind. Zu groß sind die Leitungsverluste. Das gilt für den künftigen Import von Sonnenstrom aus der Wüste ebenso wie für den aktuellen Transport von Windstrom aus den Offshore-Windparks nach Norwegen und wieder zurück. Die Lösung hierfür sind Höchstspannungs-Gleichstromnetze (HGÜ), die über Wechselrichter-Stationen mit den klassischen Kurz- und Mittelstreckennetzen verbunden werden. Solche Systeme befinden sich in einigen Regionen der Welt bereits im praktischen Einsatz.

Auch in Deutschland sind solche Netze geplant um die benötigte Energie vom Produktionsort zu den Verbraucherzentren zu transportieren. Beispielweise kann somit der produzierte Strom von den Offshore-Anlagen der Nordsee in den Süden Deutschlands transportiert werden und beispielsweise in Städten wie München oder Stuttgart verbraucht werden.

HGÜ- Netze sind notwendig um eine Überlastung der heutigen Übertragungsnetze zu vermeiden, die Energieverluste beim Transport minimal zu erhalten und die Transportmenge zu erhöhen. 2014 wurde eine neue Technologie der HGÜ- Kabel mit einer Spannung von 525 kV vorgestellt, somit konnte die technisch sinnvolle Übertragungsbilanz von unter 1.000 auf über 1.500 Kilometern gesteigert werden.

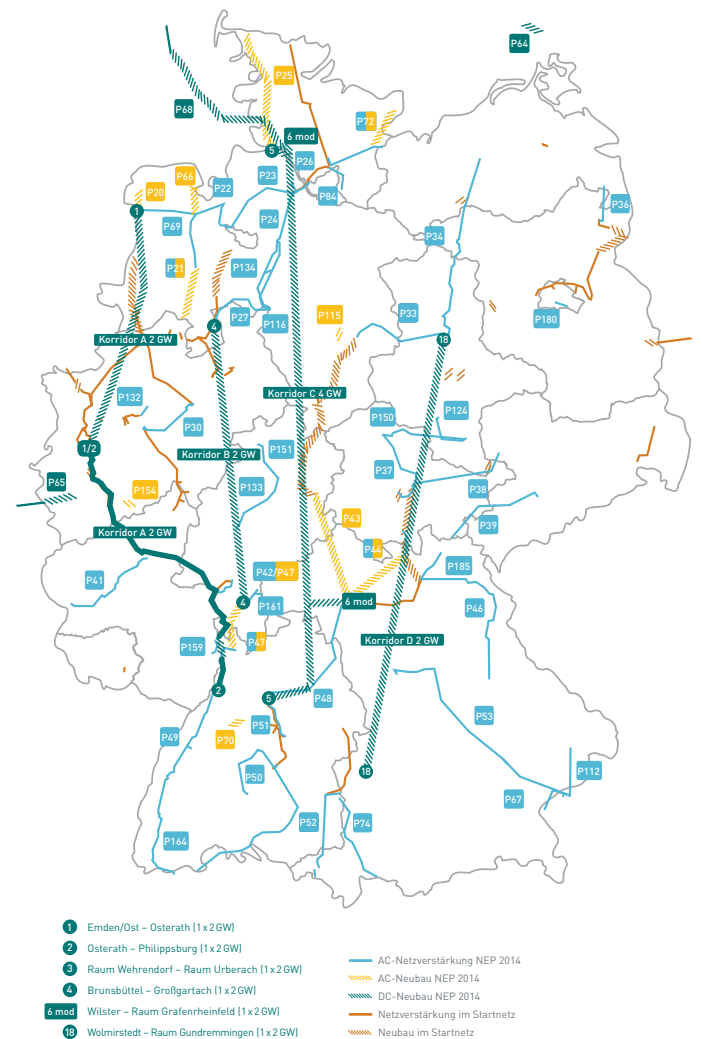


Abb.: geplante HGÜ- Übertragungsnetze Deutschland

# Energiespeicher

Wie schon beschrieben, stehen erneuerbare Energien nicht rund um die Uhr zur Verfügung. Für die Zukunft ist es wichtig, neue Wege zu finden, um Energie zu speichern und in das Netz zu integrieren. Dabei kann zwischen Strom- und Wärmespeicher unterschieden werden.

## Stromspeicher

Um den erzeugten Strom auch zu einem späteren Zeitpunkt nutzen zu können ist die Entwicklung von Stromspeichern von großer Bedeutung.

Derzeit existieren verschiedene Technologien hinsichtlich der Energieform, des Energieträgers bzw. der Art der Umwandlung. Dabei können Stromspeicher nach ihrer Haupt- und Nebenenergieform in mechanische, chemische, elektrische und thermische Energiespeicher klassifiziert werden. Zu den mechanischen Energiespeichern zählen bspw. die schon erwähnten Pumpspeicherkraftwerke. Weitere Formen sind Schwungräder, welche kinetische Energie speichern, oder Druckluftkraftwerke.

Batterien und Wasserstoffspeicher sind chemische Speichermedien. Dabei erfolgt die Speicherung von elektrischer Energie durch eine chemische Reaktion in chemischen Verbindungen, welche bei Bedarf rückgewandelt werden können. Batterien bilden dabei eine herkömmliches Speichermedium, welches uns alltäglich bspw. im Handy, Auto oder in der Fernbedienung begegnet. Die Wasserstoffspeicherung ist dagegen im Alltag noch nicht so weit verbreitet. Bekannt ist diese Technologie auch unter „Power to Gas“, dabei wird die elektrische Energie durch Elektrolyse in Wasserstoff oder Methan gespeichert und kann in der Gasinfrastruktur transportiert oder gespeichert und bei Bedarf rückgewandelt und genutzt werden. Aber auch der direkte Einsatz von Wasserstoff findet bereits im Bereich der Mobilität, Wärmeversorgung und Industrie Einsatz.

Eine weitere Form ist die elektrische Speicherung in einem sogenannten Doppelschichtkondensator. Dabei wird die elektrische Energie als potenzielle Energie eines elektrischen Feldes zweier Elektroden mit sehr großer Oberfläche gespeichert, und kann bei Bedarf wieder direkt genutzt werden. Diese Form findet beispielsweise Anwendung in einigen Hybridbussen, zur Abdeckung kurzzeitiger Leistungsspitzen.

## Wärmespeicher

Auch Wärme lässt sich mittels verschiedenster Techniken speichern. Eine Form sind sogenannte sensible Wärmespeicher, die Energieaufnahme und -abgabe erfolgt über die Temperaturänderung des Speichermediums. Aufgrund der Temperaturdifferenz zwischen geladenem Speicher und Umgebung, treten Wärmeverluste auf, die durch Dämmmaterialien minimiert, aber nicht verhindert werden können. Aus diesem Grund ist eine Installation in Räumen mit niedriger Umgebungstemperatur bzw. mit geringem Wärmebedarf, z. B. Keller, unvorteilhaft. Die Wärmeverluste verhalten sich dabei proportional zur Oberflächen, weswegen Formen mit möglichst kleiner Oberfläche (bspw. zylindrische Bauform) zum Einsatz kommen. Als Speichermedium können flüssige (bspw. Wasser), sowie feste Stoffe (Beton oder Erdreich) verwendet werden. Die Speicherkapazität verhält sich proportional zum Speichermedium.

Latente Wärmespeicher nutzen die Änderung des Aggregatzustandes von Stoffen unter spezifischen Bedingungen, um Wärme zu speichern. Bevorzugt wird die Umwandlung von festen in flüssige Stoffe. Der Einsatz des Speichermediums ist dabei abhängig von der spezifischen Schmelztemperatur sowie der gegebenen Arbeitstemperatur. Vorteil dieser Variante ist, dass die Aufnahme größerer Wärmemengen pro Speichervolumen bei weitgehend konstanter Betriebstemperatur ermöglicht wird. D. h. im Gegensatz zu den sensiblen Wärmespeichern bleiben hier die Wärmeverluste weitgehend aus.

Eine weitere Form der Wärmespeicherung bildet die thermochemische Speicherung. Durch die Nutzung umkehrbarer chemischer Prozesse kann Wärme gespeichert werden. Bei den sogenannten Sorptionsspeichern, welche eine Art der thermochemischen Speicherung ist, erfolgt dies durch die Anlagerung von Fremdmolekülen an Festkörpern oder Flüssig-molekülen. Das Beladen wird als Desorption und das Entladen als Adsorption bezeichnet. Als Speichermedium wird oftmals Wasser verwendet. Diese Art von Speicher befindet sich derzeit noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium.

Wärmespeicher finden derzeit vorrangig Anwendung in der Beheizung von Gebäuden.

Die Saena GmbH berät zum Einbau von Strom- und Wärmespeichern und deren Fördermöglichkeiten.

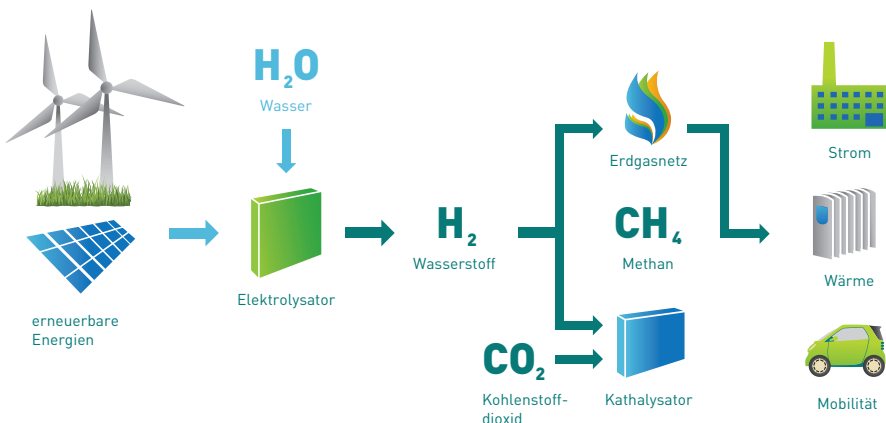


Abb.: Power to Gas

## Was bedeutet es für mich persönlich?

Energie war bisher etwas, das einfach da war, so wie die Luft zum Atmen. Doch damit ist es vorbei. Strom, Wärme und Treibstoff werden künftig so viel Platz in unserem Bewusstsein erfordern wie andere Waren auch, die wir kaufen und bei denen wir seit jeher abwägen, ob sie uns gut erscheinen.

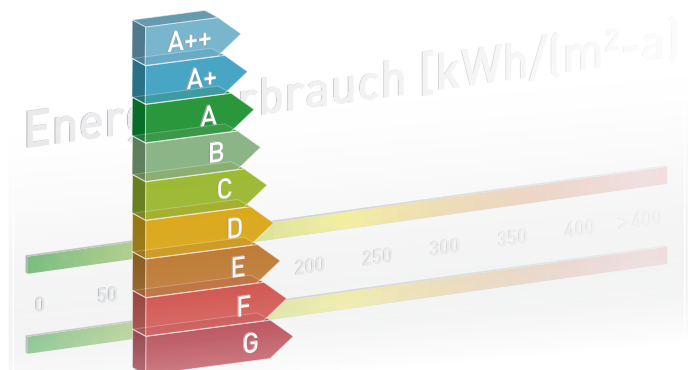
Beim Appell ans Gewissen bleibt es dabei allerdings nicht: Fehlverhalten in Sachen Energieverbrauch wird sich künftig einfach empfindlich im Geldbeutel bemerkbar machen. Wer mitdenkt, wird die Zusatzausgaben hingegen minimieren.

Ganz zu vermeiden sind sie nicht. Zu groß sind die Anstrengungen, die wir unternehmen müssen, um unsere Versorgungssysteme umzustellen. Der Staat hat zur Unterstützung der erneuerbaren Energien ein System aus Abgaben und Umlagen geschaffen, die diesen Umbau durch private Investoren ermöglicht. Private Investoren sind jedoch nicht nur Großkonzerne, sondern es sind vielmehr Mittelständler und privates Engagement einzelner Personen, denen damit Planungssicherheit gegeben wird. Das, was Sie heute etwas früher als andere investieren, wird Ihnen in Zukunft Ausgaben ersparen. Wir müssen als gutes Beispiel vorangehen. Die Alternativen zu diesem Vorgehen wären furchtbar – am Anfang dieser Broschüre haben wir sie aufgeführt.

Die Einführung der erneuerbaren Energien steht auch in Sachsen noch am Anfang. Abschließend wollen wir deshalb nur von den Dingen reden, die in diesem Zusammenhang demnächst in Ihr Leben treten werden.

Als Verbraucher werden Sie künftig beim Kauf von Haushaltsgeräten und Fahrzeugen noch mehr auf den Energieverbrauch schauen müssen. Aber die neuen Kennzeichnungsvorschriften machen Ihnen das viel leichter als früher. Darüber hinaus gibt es enorme Energiesparpotentiale beim Betreiben elektrischer Geräte, beim Heizen und überhaupt beim Wohnen. Erkennen und anzuwenden bedeutet langsam aber sicher bares Geld. Hierzu bietet die Internetseite der Sächsischen Energieagentur [www.saena.de](http://www.saena.de) eine Vielzahl an Informationen und Tipps.

Als Mieter sollten Sie sich künftig den Energieausweis des Hauses vorlegen lassen, in das Sie einziehen wollen. Er gibt einen deutlichen Fingerzeig auf die Höhe Ihrer Energieausgaben. Bei der SAENA erfahren Sie, wie Sie den Ausweis lesen müssen. Künftig wird es sich auch bezahlt machen, bestimmte Elektrogeräte nur an bestimmten Zeiten zu betreiben. Dabei helfen Ihnen die neuen intelligenten Stromzähler (Smart Meters), auf die die Bürger wie erwähnt seit Januar 2010 einen Anspruch



haben. Theoretisch jedenfalls: Die Stromanbieter müssen nun Tarife anbieten, die hierauf eingehen und eine monatliche Abrechnung ermöglichen. Bei der SAENA erfahren Sie ebenfalls mehr darüber, wie es um den Aufbau der neuen Tarifstruktur in Sachsen bestellt ist und wie der enorme zusätzliche Verwaltungsaufwand zum einen bewältigt werden kann und zum anderen sich auf die Kosten durchschlagen darf.

Als Hauseigentümer werden Sie Energiefragen in künftige Sanierungsvorhaben viel stärker einplanen müssen als bisher. Doch das stellt keine unüberwindliche Komplikation dar. Bei der SAENA erfahren Sie, welche Fragen Sie sich stellen müssen und wie Sie diese lösen. Das gilt auch für die Frage, ob sich unter Ihren ganz persönlichen Bedingungen ein direkter Einstieg in die erneuerbaren Energien lohnt – mit einer Photovoltaik-Anlage, einer Pelletsheizung oder anderen Möglichkeiten, von denen Sie in dieser Broschüre gelesen haben.

Natürlich erhalten Sie auch Rat zu neuen Treibstoffen und Elektromobilität. Letztere wird in Sachsen vermutlich früher eine Rolle spielen, als anderswo. Beispielsweise wird VW in Zwickau ab dem Jahr 2020 nur noch Elektrofahrzeuge herstellen. Sich gedanklich mit dem Thema Elektroauto auseinanderzusetzen, kann daher schon jetzt nicht schaden.

In jedem Fall ist es uneigennütziger Rat, den Sie bei der Sächsischen Energieagentur - SAENA GmbH bekommen, und das ist gut so. Denn natürlich wird in einer Marktwirtschaft mit erneuerbaren Energien auch Geld verdient. Unsere Internetseite einschließlich der herunterladbaren Themenbroschüren gibt Ihnen hierbei erste Orientierung. Sie können sie in einer persönlichen Beratung gerne vertiefen.

Zusammenfassend lässt sich das Angebot so beschreiben: Das Thema „Erneuerbare Energien in Sachsen“ ist zu komplex und schnelllebig, als dass der Blick in die Zeitung künftig ausreichen könnte, um das für das Leben Notwendige darüber zu erfahren. Aber es gibt eine Adresse, unter der das möglich ist:

[www.saena.de](http://www.saena.de)



# Notizen

Lined writing area on the left side of the page.

Lined writing area on the right side of the page.

# Impressum

## Herausgeber

**Sächsische Energieagentur - SAENA GmbH**

Pirnaische Str. 9  
01069 Dresden

Telefon: 0351 4910-3179  
Telefax: 0351 4910-3155

E-Mail: [info@saena.de](mailto:info@saena.de)  
Internet: [www.saena.de](http://www.saena.de)

## Redaktion

**Sächsische Energieagentur - SAENA GmbH**

**Schmidt & Schumann Gesellschaft für Kommunikation mbH,  
Dresden**

Redaktionsschluss: November 2020

## Layout

**media project GmbH creative network, Dresden**

## Druck

**SDV Direct World GmbH**

## Weitere Informationen unter:

[www.energieportal-sachsen.de](http://www.energieportal-sachsen.de)

[www.sachsen-erneuerbar.de](http://www.sachsen-erneuerbar.de)

[www.e-mobil-sachsen.de](http://www.e-mobil-sachsen.de)

[www.saena.de](http://www.saena.de)

[www.saena.de/beratung](http://www.saena.de/beratung)

[www.saena.de/broschüren](http://www.saena.de/broschüren)

[www.saena.de/veranstaltungen](http://www.saena.de/veranstaltungen)

[www.saena.de/fördermittelratgeber](http://www.saena.de/fördermittelratgeber)

[www.saena.de/digitale-bauherrenmappe](http://www.saena.de/digitale-bauherrenmappe)

[www.saena.de/energie-experten](http://www.saena.de/energie-experten)

Die Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH ist das unabhängige Kompetenz- und Beratungszentrum zu den Themen erneuerbare Energien, zukunftsfähige Energieversorgung und Energieeffizienz. Gesellschafter sind der Freistaat Sachsen und die Sächsische Aufbaubank – Förderbank –.

## Bildnachweis

Titel und Seite 4: © Maja Dumat / PIXELIO, Seite 5: © Andreas F. / Fotolia.com, Seite 9: © Bundesverband WindEnergie e. V., Seite 13: © drimi / Fotolia.com, Seite 15: © Berca / Fotolia.com, Seite 16: © Martin Büdenbender / PIXELIO, Seite 17: © Anthony Jay Villalon / Fotolia.com, Seite 18: © fotolinchen / iStockphoto.com, Seite 20: © Jutta Nowack / PIXELIO, Seite 21: © Heino Pattschull / Fotolia.com, Seite 22: © Daimler AG, © Thaut Images / Fotolia.com, weitere Fotos: Titel, Seite 7, 10, 11, 12, 14, 23: © SAENA

**Sächsische Energieagentur - SAENA GmbH**  
Pirnaische Straße 9, 01069 Dresden, [info@saena.de](mailto:info@saena.de)  
[www.saena.de](http://www.saena.de)