

WANDERAUSSTELLUNG ERNEUERBARE ENERGIEN

ZUM MITNEHMEN





Haftungsausschluss

Der Inhalt dieser Broschüre ist sorgfältig geprüft und nach bestem Wissen erstellt worden, jedoch übernimmt die Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH keinerlei Haftung für eventuell falsche oder missverständliche Texte bzw. Darstellungen und für die Vollständigkeit des Inhaltes. Aufgezeigte Abbildungen stellen keine Hersteller- und Qualitätsauswahl dar. Ebenso stellt diese Broschüre keine Planungs- und Rechtsgrundlage dar.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit und Verständlichkeit wird auf die Anwendung gendergerechter Sprache verzichtet. Personen- und Funktionsbezeichnungen gelten für alle Geschlechteridentitäten.

Wenn Sie der Redaktion Hinweise zu dieser Broschüre geben möchten, zögern Sie nicht, uns zu kontaktieren.



Abbildung 1: Wanderausstellung Erneuerbare Energien

Wanderausstellung Erneuerbare Energien

Die Energiewende ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung mit der neben großen Aufgaben auch ein wachsender Informationsbedarf einhergeht. Um alle Beteiligten auf diesem Weg mitzunehmen, wurde im Auftrag der sächsischen Staatsregierung die Dialog- und Servicestelle für erneuerbare Energien bei der SAENA eingerichtet.

Zum Angebot der Dialog- und Servicestelle gehört unter anderem die Wanderausstellung Erneuerbare Energien. Auf fünf verschiedenen Säulen wird den Besuchern ein Überblick zu den Themen Klimawandel, Energiewende und Erneuerbare-Energien-Anlagen mit besonderem Bezug zum Freistaat Sachsen gegeben. Wie der Name es bereits vermuten lässt, wechselt die Ausstellung dabei jeden Monat ihren Standort und reist durch den Freistaat. Interessierte Kommunen können die Wanderaus-

stellung in ihrer Stadt oder Gemeinde präsentieren. Die Wanderausstellung kann Teil eines (beginnenden) Dialogprozesses mit Bürgern vor Ort zum Thema sein.

Wenn auch Sie die Wanderausstellung in Ihrer Kommune kostenfrei aufstellen möchten, dann melden Sie sich gern unter sachsen-erneuerbar@saena.de.

Mit dieser Broschüre sind die Inhalte der Wanderausstellung nun auch zum Mitnehmen verfügbar. Auf den nachfolgenden Seiten erhalten Sie einen Überblick zu den angesprochenen Themenbereichen. Für besonders Wissbegierige haben wir zahlreiche QR-Codes mit Verlinkungen zu weiterführenden Informationsquellen eingefügt. Die Inhalte der Wanderausstellung sind im Verlauf des Jahres 2021 entstanden.

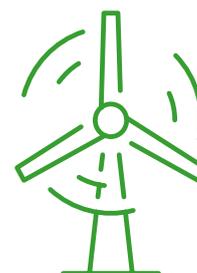


1. Klimawandel – Die Rolle der erneuerbaren Energien 6



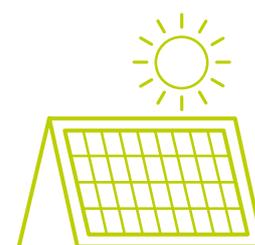
1.1	Klimawandel und seine Folgen	7
1.1.1	Klimaveränderung und der menschliche Einfluss	7
1.1.2	Treibhausgaseneffekt	7
1.1.3	Folgen des Klimawandels	8
1.2	Deutschland und Sachsen	9
1.2.1	Treibhausgasemissionen	9
1.2.2	Endenergie- und Stromverbrauch	10
1.3	Vergleich erneuerbare und fossile Energie	11
1.3.1	Fossile Energien	11
1.3.2	Kernenergie	11
1.3.3	Erneuerbare Energien	12
1.4	Politische Zielstellung	13
1.4.1	Übereinkommen von Paris	13
1.4.2	Europäisches Klimagesetz	13
1.4.3	Erneuerbare-Energien-Gesetz	13
1.4.4	Energie- und Klimaprogramm Sachsen	13
1.4.5	Bundes-Klimaschutzgesetz	13

2. Windenergie – Bewegungsenergie des Windes nutzen 14



2.1	Geschichte der Windenergie und die Situation in Sachsen	15
2.1.1	Geschichte der Windenergienutzung	15
2.1.2	Windenergieanlagentypen	16
2.1.3	Bestandsaufnahme Sachsen	16
2.2	Standortfestlegung von Windenergieanlagen (WEA)	17
2.2.1	WEA als privilegierte Vorhaben im Außenbereich	17
2.2.2	Regionalplanung in Sachsen	17
2.2.3	Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Planaufstellung	18
2.3	Häufige Fragen rund um das Thema Windenergie	19

3. Photovoltaik – Strom erzeugen aus Sonnenenergie 22



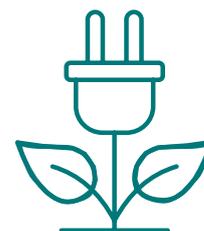
3.1	Was ist Photovoltaik?	23
3.1.1	Historische Entwicklung der Photovoltaik	24
3.1.2	Photovoltaik-Dachflächenanlagen	24
3.1.3	Photovoltaik-Freiflächenanlagen	25
3.2	Aufbau und Funktion einer Photovoltaikanlage	26
3.2.1	Aufbau eines Solarmoduls	26
3.2.2	Netzgekoppelte- und Inselssysteme	26
3.2.3	Funktionsweise der Solarzellen	27
3.3	Photovoltaik Sonderformen	28
3.3.1	Agri-Photovoltaik	28
3.3.2	Floating-Photovoltaik	28
3.3.3	Bauwerksintegrierte Photovoltaik	29
3.3.4	Weitere Einsatzgebiete	29
3.4	Häufige Fragen rund um das Thema Photovoltaik	30

4. Wärmeversorgung – Wärme aus erneuerbaren Energien 32



4.1	Wärmewende	33
4.1.1	Die Wärmewende als Teil der Energiewende	33
4.1.2	Erneuerbare Wärmequellen	33
4.1.3	Wärmeversorgung des Gebäudebestandes	33
4.2	Umgebungswärme	34
4.2.1	Was ist Umgebungswärme?	34
4.2.2	Wärmepumpen Energieeffizienz	34
4.2.3	Luftwärmepumpen	35
4.2.4	Erdwärmepumpen	35
4.2.5	Grundwasserwärmepumpen	35
4.3	Biomasse	36
4.3.1	Besonderheiten der Biomassenutzung	36
4.3.2	Heizen mit Biomasse	36
4.3.3	Anbaubiomasse	37
4.3.4	Biomasse aus Rest- und Abfallstoffen	37
4.4	Solarthermie	38
4.4.1	Solarthermische Anlagen	38
4.4.2	Wärmespeicher	38
4.4.3	Solarwärmekraftwerke	39

5. Sachsen erneuerbar – Energiewende gemeinsam gestalten 40



5.1	Beteiligung und Akzeptanz	41
5.1.1	Energiewende und Akzeptanz	41
5.1.2	Kommunikation und Dialog	41
5.1.3	Veranstaltungs- und Beteiligungsformate	42
5.1.4	Finanzielle Beteiligungsmöglichkeiten	42
5.2	Lebenswerte Zukunft	43
5.2.1	Generationengerechtigkeit	43
5.2.2	Klimaschulen in Sachsen	43
5.2.3	Schulenergieprojekte der SAENA	43
5.2.4	SAENA Veranstaltungen und Informationsmaterialien	44
TIPP:	Neun Schritte zur eigenen Solaranlage	45
	Abbildungsverzeichnis	46
	Impressum	47



Abbildung 2: Vertrockneter Boden

KLIMAWANDEL

DIE ROLLE DER ERNEUERBAREN ENERGIEN



Klimaveränderung und der menschliche Einfluss

Ein Blick in die Geschichte unserer Erde zeigt, dass Klimawandel bzw. Klimaveränderung keine neuen Phänomene sind. Neben **natürlichen Schwankungen** gab es auch in der Vergangenheit erhebliche Unterschiede bei der globalen Durchschnittstemperatur. Während in bestimmten Phasen Eiszeit herrschte, waren andere Zeiträume von extremen Hitzeperioden geprägt. Derartig drastische Umbrüche lassen sich auf den Einfluss von **externen Faktoren**, wie bspw. Vulkanausbrüche, zurückführen.

Im Vergleich zur jetzigen globalen Situation, waren die bisherigen externen Faktoren der Klimaveränderung stets natürlichen Ursprungs. Seit der Industrialisierung kommt es jedoch zu einer starken Zunahme von Treibhausgasen (z.B. CO_2) in der Atmosphäre, die auf die Verbrennung von fossilen Energieträgern wie Kohle, Erdöl oder Erdgas zurückzuführen ist. Aus diesem Grund wird heute von dem **menschengemachten (anthropogenen) Klimawandel** gesprochen.

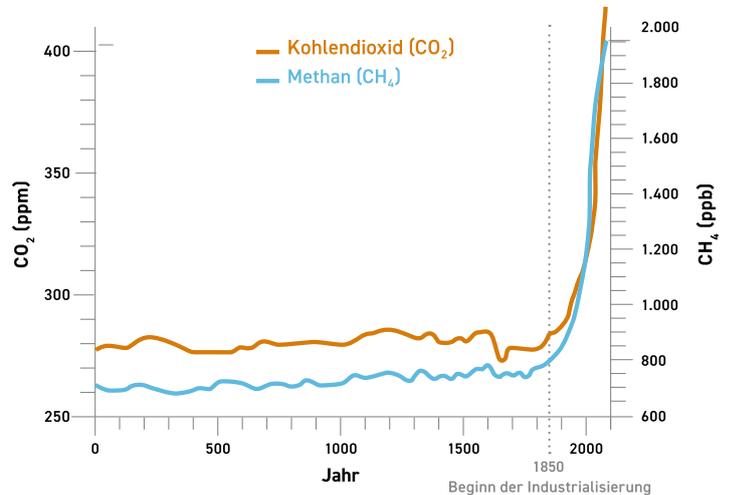


Abbildung 3: Entwicklung der Konzentration wichtiger Treibhausgase in der Atmosphäre, 0 bis 2020

Treibhausgaseneffekt

Das Vorhandensein von Treibhausgasen ist ein natürlicher und lebensnotwendiger Umstand. Ein Teil der abgegebenen **Sonnenstrahlung** wird auf der Erdoberfläche in Form von langwelliger Wärmestrahlung reflektiert. Die Treibhausgase in der Atmosphäre binden wiederum einen Teil dieser Wärme und geben sie an die Umgebung ab.

Ohne diesen natürlichen Treibhausgaseneffekt wäre ein Leben auf unserer Erde nicht vorstellbar, da die Temperatur weit unter dem Gefrierpunkt liegen würde. Eine unverhältnismäßig hohe Konzentration von Treibhausgasen in unserer Atmosphäre führt jedoch zu einem Anstieg der **globalen Durchschnittstemperatur**.

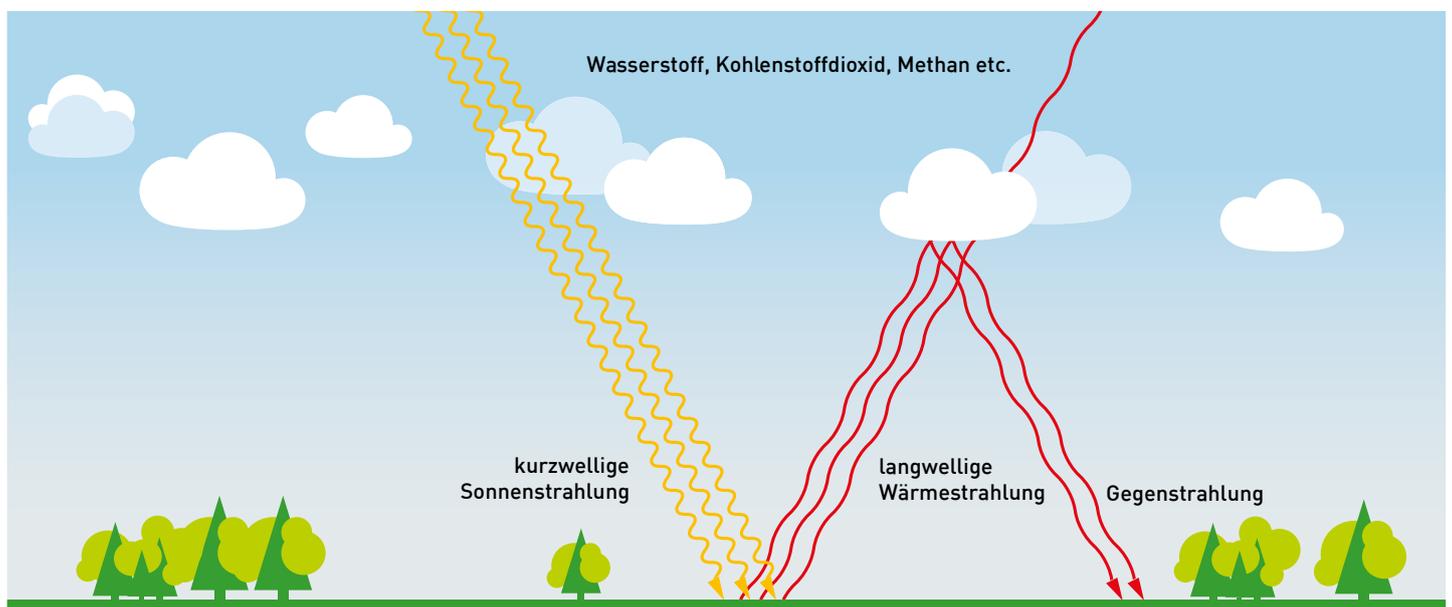


Abbildung 4: Darstellung des natürlichen Treibhauseffektes

Folgen des Klimawandels

Die Folgen des Klimawandels sind vielfältig. Insbesondere durch die verschiedenen **Wechselwirkungen** innerhalb des globalen Klimasystems sind sie nicht vollständig absehbar. Die steigenden Temperaturen beeinflussen beispielsweise:

- die Schmelze der Polkappen und Gletscher,
- den Meeresspiegelanstieg, was wiederum zu Überflutungen in Küstenregionen führen kann,
- die Zunahme von Extremwetterereignissen wie Hitze- oder Kältewellen und extremen Niederschlägen,
- die Gesundheit von Mensch und Tier,
- die Nahrungsmittel- und Frischwasserversorgung und
- die Lebensräume verschiedener Tier- und Pflanzenarten.

Am stärksten betroffen sind dabei vor allem die **Entwicklungs- und Schwellenländer**. Diese sind verstärkt auf die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen angewiesen und verfügen oft nicht über notwendige Mittel zur Anpassung an die Veränderungen. Eine weitere mögliche Konsequenz könnten daher verstärkte Wanderbewegungen sein, da bestimmte Regionen der Erde teilweise nicht mehr bewohnbar wären.

Auch in Sachsen sind die Folgen des Klimawandels schon jetzt spürbar. Seit 1961 ist eine kontinuierliche Erwärmung über alle Jahreszeiten hinweg messbar. Die Anzahl von **Starkregenerereignissen** hat zugenommen, was insbesondere nach längeren Trockenperioden zu einem erhöhten **Erosionsrisiko** führt. In Bezug auf die Grundwasserneubildung sind Rückgänge beobachtbar. Niederschlagsdefizite in den Vegetationsperioden führen zu erhöhtem Winderosionsrisiko, aber auch zu vermindertem Pflanzenwachstum und damit verbundenen **Ertragsrisiken** in der Landwirtschaft. In Städten bringen steigende Temperaturen erhöhte **gesundheitliche Belastungen**, insbesondere für Ältere, mit sich. Weiterhin führen unregelmäßige Niederschläge und steigende Temperaturen im Winter zu einem **wirtschaftlichen Risiko** für Wintersportgebiete im Freistaat, deren Betrieb ohne Beschneiungsanlagen nur noch selten möglich ist.

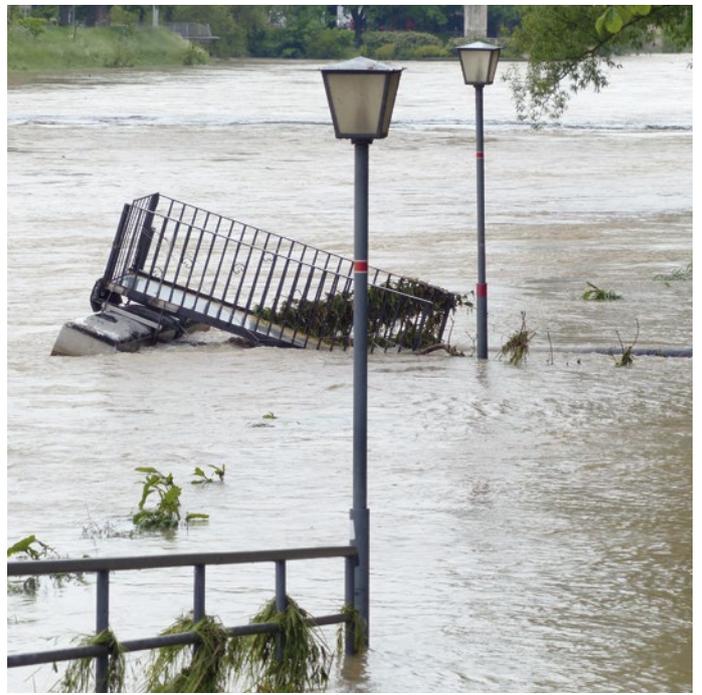


Abbildung 5: Überschwemmung



Abbildung 6: Dürre in der Landwirtschaft

➔ Laut Bericht des Weltklimarates ist im Vergleich zum Referenzzeitraum (1850 bis 1900) die globale Durchschnittstemperatur bisher um rund 1,1 Grad Celsius angestiegen.



➔ Weiterführende Informationen zum Thema **Klimaanpassung in Sachsen** finden Sie beispielsweise auf der Seite des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.



Treibhausgasemissionen

Im Jahr 2020 wurden in Deutschland Treibhausgasemissionen von **739 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente** emittiert. Das sind 2% des weltweiten Anteils, wobei die Einwohnerzahl Deutschlands nur 1% der Weltbevölkerung darstellt. Die größten Verursacher der deutschen Emissionen sind die Energiewirtschaft und die Industrie, gefolgt vom Verkehrsbereich, dem Gebäudesektor und der Landwirtschaft. Im Vergleich zum Jahr 1990 sind die Emissionen bereits um ca. 40 % gesunken. Die größten Einsparungen wurden im energiewirtschaftlichen Bereich erzielt. Dies ist unter anderem auf die Reform des europäischen Emissionshandelsystems, den Ausbau der erneuerbaren Energien und der Abschaltung erster Kohlekraftwerke zurückzuführen.

Hauptverursacher der Treibhausgasemissionen in Sachsen sind die **Kohlekraftwerke** in der Lausitz und dem Mitteldeutschen Revier, der Verkehrsbereich sowie Kleinf Feuerungsanlagen für die Wärmebereitstellung im Gebäudesektor. Im Vergleich zum Jahr 1990 haben sich die Emissionen in Sachsen bereits halbiert. Das ist vor allem dem wirtschaftlichen Umbruch nach der Wiedervereinigung Deutschlands sowie der Modernisierung der vorhandenen Kraftwerke in Ostdeutschland zuzuschreiben. Seit dem Jahr 2000 verharren die Emissionen in Sachsen auf einem relativ konstanten Niveau von rund **60 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente**. Umgerechnet auf die Bevölkerung ergibt sich damit ein Ausstoß von rund 12 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr und Einwohner. Dieser Wert liegt über dem deutschen, europäischen und weltweiten Schnitt.

→ CO₂-Äquivalente

Neben dem Kohlendioxid (CO₂) gibt es weitere Treibhausgase, die einen unterschiedlich starken Einfluss auf den Treibhausgaseffekt und eine unterschiedlich lange Verweilzeit in der Atmosphäre haben. Methan beispielsweise verbleibt weitaus weniger lang in der Atmosphäre als CO₂, hat aber pro Molekül einen ca. 25-mal so großen Einfluss auf den Treibhausgaseffekt. Die Einheit „CO₂-Äquivalente“ macht die verschiedenen Treibhausgase miteinander vergleichbar und fasst diese zusammen.

→ Bruttoendenergieverbrauch

Hierunter werden der Energieverbrauch der Endverbraucher, die Verluste bei der Energieübertragung und der Eigenverbrauch der Kraftwerke zusammengefasst.

→ Bruttostromverbrauch

Der Bruttostromverbrauch setzt sich zusammen aus der gesamten inländischen Stromerzeugung zuzüglich der Stromimporte und abzüglich der Stromexporte in bzw. aus dem Inland/Ausland. Verluste, die etwa beim Transport entstehen, sind inbegriffen.

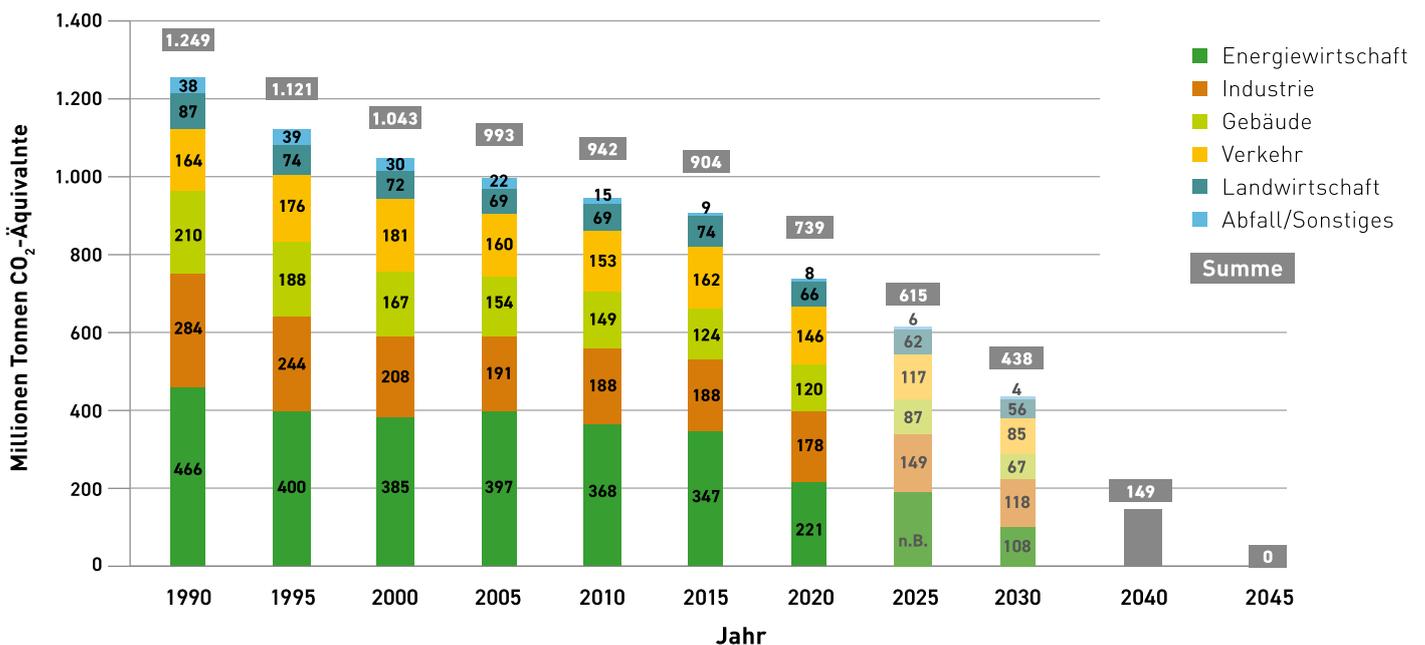


Abbildung 7: Treibhausgasemissionen in Deutschland – bisherige Entwicklungen und Ziele

Endenergie- und Stromverbrauch

Der gesamtdeutsche Endenergieverbrauch ist seit dem Jahr 1990 kaum gesunken. Zwar konnten durch Effizienzmaßnahmen und technische Weiterentwicklungen Einsparungen in verschiedenen Bereichen erzielt werden, gleichzeitig stieg jedoch der Energiebedarf durch das Wirtschaftswachstum, technische Neuentwicklungen und der allgemeinen Konsumsteigerung fortlaufend an. Eine **Entkopplung** dieser Faktoren ist daher für eine nachhaltige Entwicklung dringend notwendig und in Ansätzen bereits erkennbar. Bezogen auf den Anteil der erneuerbaren Energien am **Bruttoendenergieverbrauch** ist eine positive Entwicklung erkennbar. Im Jahr 2020 lag deren Anteil bei 19,6 %, wohingegen im Jahr 2004 nur 6,2 % aus erneuerbaren Quellen stammten.

Der Anteil der erneuerbaren Energien am deutschen **Bruttostromverbrauch** nimmt ebenfalls stetig zu. Während im Jahr 2000 lediglich 6,3 % des in Deutschland verbrauchten Stroms aus erneuerbaren Quellen stammten, stieg der Anteil bis zum Jahr 2020 auf 45,4 % an. Damit erfüllt bzw. übertrifft Deutschland seine Zielvorgaben für das Jahr 2020. Dies ist u.a. jedoch auch auf den stark gesunkenen Energieverbrauch in Folge der Corona-Pandemie zurückzuführen. Bezogen auf den Anteil der erneuerbaren Energien am sächsischen Bruttostromverbrauch ist ebenfalls ein Anstieg erkennbar, allerdings deutlich unter dem gesamtdeutschen Niveau.

Der Großteil des in Sachsen erzeugten Stroms stammt aus den Braunkohlekraftwerken. Während in Gesamtdeutschland lediglich rund 23 % in diesen Kraftwerken erzeugt werden, sind es in Sachsen ca. 75 % (Stand 2018). Da bis spätestens 2038 alle Kohlekraftwerke abgeschaltet werden, ergibt sich insbesondere für Sachsen ein großer Handlungsbedarf.

→ CO₂-Bilanz Rechner

Berechnen Sie hier Ihre persönliche CO₂-Bilanz:



→ Mehr Informationen über die **Energieversorgung im Freistaat Sachsen** finden Sie hier:

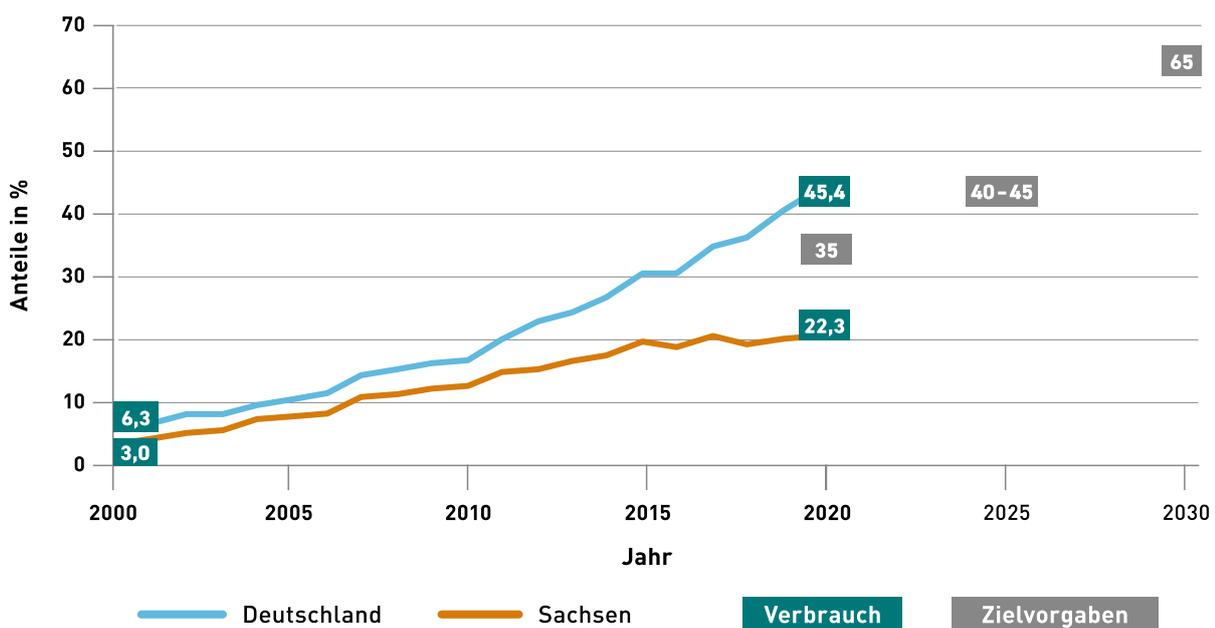


Abbildung 8: Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch in Deutschland und Sachsen



Abbildung 9: Kohlebergbau



Abbildung 10: Havariertes Kernkraftwerk Tschernobyl

Fossile Energien

Die Energiegewinnung erfolgte bisher größtenteils durch die Verbrennung von **fossilen Energieträgern**. Dazu zählen Stein- und Braunkohle, Erdöl, Erdgas und Torf. Diese Rohstoffe sind vor Millionen von Jahren aus Abbauprodukten toter Tiere und Pflanzen entstanden und nur in **begrenztem Umfang** verfügbar. Auch der Abbau bzw. die Förderung der Rohstoffe sind zumeist mit erheblichen Eingriffen in die Natur verbunden. Eine weitere Herausforderung liegt in der ungleichmäßigen Verteilung der weltweiten Lagerstätten. Dadurch entstehen lange Transportwege und eine gewisse Abhängigkeit der Importländer.

Das Hauptproblem bei der Nutzung fossiler Energieträger liegt in der Freisetzung verschiedener Stoffe bei deren Verbrennung. Für die Erderwärmung ist dabei insbesondere das entstehende **Kohlendioxid (CO₂)** relevant, aber auch andere Stoffe wie beispielsweise Schwefeldioxid, Feinstaub oder Schwermetalle stellen eine erhebliche Belastung für die Gesundheit und die Umwelt dar.

Auf Grundlage des Kohlekompromisses hat sich Deutschland dazu entschieden, bis 2038 vollständig aus der Kohleverstromung auszusteigen.

→ Terawattstunde

Die Einheit Wattstunde gibt an, wie viel Energie ein System mit einem Watt Leistung, innerhalb einer Stunde aufnimmt oder abgibt.

1 Terawattstunde entspricht
1.000.000.000 Kilowattstunden oder
1.000.000.000.000 Wattstunden

Kernenergie

Auch Uranvorkommen, als Grundlage zur Nutzung der Kernenergie, sind in ihrem Umfang begrenzt. Allerdings sind diese nicht aus natürlichen Abbauprodukten entstanden, weshalb die Kernenergie der Definition als fossiler Energieträger nicht entspricht. Beim Abbau von Uran kommt es zu Umweltbelastungen und die Endlagerung ist bis heute nicht abschließend geklärt. Im laufenden Betrieb eines Kernkraftwerkes wird kein CO₂ ausgestoßen. Die Gefahr dieser Energieform liegt jedoch bei möglichen Unfällen während des Betriebsprozesses. In Folge dessen kann es zur Freisetzung von radioaktivem Material kommen. Die bekanntesten Beispiele dafür sind die Nuklearkatastrophen von Tschernobyl 1986 und Fukushima 2011.

Als Reaktion auf die Nuklearkatastrophe von Fukushima beschloss die Bundesregierung im Jahr 2011 den Ausstieg aus der Kernenergienutzung bis zum Jahr 2022.

→ Tag der erneuerbaren Energien

Jedes Jahr findet am letzten Samstag im Monat April der „Tag der Erneuerbaren Energien“ statt. Neben Möglichkeiten zum Austausch öffnen Unternehmen, Anlagenbetreiber, Bürgerinitiativen uvm. ihre Türen und zeigen, was sie mit Hilfe des Einsatzes erneuerbarer Energien bereits erreicht haben.

Auch die SAENA bietet hierzu jährlich Informationsveranstaltungen und Aktionen an. Der Tag ist dabei nicht willkürlich gewählt, sondern erinnert an die Nuklearkatastrophe von Tschernobyl im April 1986.

Energietag online:





Abbildung 11: Windenergieanlagen



Abbildung 12: Photovoltaikanlage

Erneuerbare Energien

Die **erneuerbaren Energien** stehen im Rahmen des menschlichen Zeithorizonts praktisch unbegrenzt zur Verfügung. Zu ihnen gehören die Solarenergie, Windenergie, Bioenergie, Meeresenergie, Wasserkraft und Geothermie. Abgesehen von der Bioenergie werden im Betrieb keine Treibhausgase oder sonstigen Schadstoffe ausgestoßen. Da diese Energiequellen direkt vor Ort nutzbar sind, entfallen lange Transportwege und politische Abhängigkeiten können reduziert werden.

Aus diesen Gründen gelten die erneuerbaren Energien als Grundpfeiler für eine **nachhaltige Energieversorgung** und als **Antwort auf den fortschreitenden Klimawandel**. Gleichwohl bestehen auch hier einige Herausforderungen und Problemfelder:

- Beim Abbau der für die Anlagen notwendigen Rohstoffe kommt es zu einem Eingriff in die Natur, welcher mit Umweltbelastungen einhergehen kann.
- Auch bei der Produktion und Entsorgung der Anlagen wird Energie benötigt und CO₂ ausgestoßen. In Abhängigkeit von der konkreten Anlage wird der Energieeinsatz jedoch bereits nach kurzer Zeit ausgeglichen.
- Das Stromnetz in Deutschland ist aktuell auf eine zentrale und regelbare Energieproduktion durch Kraftwerke ausgelegt. Da die erneuerbaren Energien jedoch wesentlich dezentraler und unregelmäßiger gewonnen werden, sind in diesem Bereich Anpassungen notwendig. Immer öfter wird in Frage gestellt, ob die Versorgungssicherheit bei einem zunehmenden Anteil erneuerbaren Energien im Energiemix gewährleistet werden kann.
Aktuelle Studien haben durch Simulationen nachgewiesen, dass dies möglich ist. Hierfür sind insbesondere ein koordinierter Ausbau und die intelligente Vernetzung von Erzeugern, Infrastruktur und Speichern notwendig. Auch die Einbindung in das europäische Stromnetz muss verbessert werden.



Abbildung 13: Pumpspeicherwerk

→ Auf der Seite des **Umweltbundesamtes** finden sich viele weitere spannende Informationen rund um die erneuerbaren Energien.

Das Scrollytelling-Tool „**Die Energiewende vor Ort**“ fasst verschiedene Informationen zur Windenergie kompakt zusammen und bietet Kommunen einen einfachen Einstieg in das Thema:



Auch die erneuerbaren Energien verursachen CO₂-Emissionen, etwa bei der Herstellung der entsprechenden Anlagen.

Eine **Übersicht zu den Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen** finden Sie hier:



Übereinkommen von Paris

Im Dezember 2015 wurde im Rahmen der UN-Klimakonferenz in Paris das erste rechtsverbindliche und umfassende weltweite Klimaabkommen geschlossen. Die 197 Unterzeichnerstaaten verpflichteten sich im sogenannten Übereinkommen von Paris, den Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 Grad Celsius gegenüber der vorindustriellen Zeit zu halten und besondere Anstrengungen zu unternehmen, um den Anstieg auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen.



Abbildung 14: Flagge der Europäischen Union

Europäisches Klimagesetz

Mit dem Europäischen Green Deal bekennen sich die europäischen Staats- und Regierungschefs zu dem Ziel, bis zum Jahr 2050 keine Netto-Treibhausgase mehr auszustoßen. Das heißt, dass bis dahin noch anfallende Restemissionen vollständig durch Reduktionsmaßnahmen aus der Atmosphäre entfernt werden müssen. Als Zwischenziel wurde bis zum Jahr 2030 eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 55 % gegenüber dem Jahr 1990 festgelegt. Rechtsverbindlich festgeschrieben wurden diese Ziele 2021 mit dem Europäischen Klimagesetz.

Energie- und Klimaprogramm Sachsen

Die Ausrichtung der sächsischen Energie- und Klimapolitik ist im Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021 (EKP) dargestellt. Das Programm umfasst zwei Teile. Im ersten werden die Rahmenbedingungen und die strategische Ausrichtung bis zum Jahr 2030 festgelegt. Der zweite Teil umfasst eine Darstellung der verschiedenen Herausforderungen und unterschiedlichen Handlungsansätze für die Bereiche Klimaschutz, Energiewende und Klimaanpassung.

Das EKP sieht einen Zubau von 10 Terawattstunden Jahreserzeugung aus erneuerbaren Quellen bis zum Jahr 2030 vor. Das Zwischenziel bis zum Jahr 2024 liegt bei zusätzlichen 4 Terawattstunden. Der Großteil davon soll aus dem Zubau von Windenergieanlagen, gefolgt von der Solarenergie, gedeckt werden. Im Wärme- und Kältebereich liegt der Anteil der erneuerbaren Energien in Sachsen bei 14 % und damit nur leicht unter dem bundesdeutschen Durchschnitt. Bis zum Jahr 2030 ist bundesweit ein Anteil von 27 % notwendig.

Erneuerbare-Energien-Gesetz

Auf nationaler Ebene wird der Ausbau der erneuerbaren Energien durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gesteuert. Ziel ist es, eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen, die im Sinne des Klima- und Umweltschutzes ist. Bis zum Jahr 2030 soll demnach der deutsche Bruttostromverbrauch zu 65 % aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. 2050 soll dann der gesamte erzeugte und verbrauchte Strom aus treibhausgasneutralen Quellen stammen. Die rechtliche Grundlage für Zielvorgaben im Bereich der erneuerbaren Wärme- und Kälteversorgung bei Gebäuden bildet das Gebäudeenergiegesetz.

Bundes-Klimaschutzgesetz

Nachdem das Bundesverfassungsgericht das deutsche Klimaschutzgesetz aus dem Jahr 2019 in Teilen für verfassungswidrig erklärte, verschärfte Deutschland seine nationalen Zielsetzungen. Mit dem im Jahr 2021 beschlossenen Bundes-Klimaschutzgesetz sieht die Bundesregierung eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis 2030 um 65 %, bis 2040 um 88 % (jeweils gegenüber 1990) und das Erreichen der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 vor. Der Ausbau der erneuerbaren Energien ist ein wesentlicher Teil zur Erreichung dieser Zielstellung. Der Nationale Energie- und Klimaplan sieht daher u.a. eine Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch auf 30 % bis zum Jahr 2030 vor.

→ 2. Windenergie



Abbildung 15: Windenergieanlagen

WINDENERGIE
BEWEGUNGSENERGIE
DES WINDES NUTZEN



Geschichte der Windenergienutzung

Bereits seit mehreren tausend Jahren bedient sich die Menschheit an der Energie des Windes. Überlieferungen legen nahe, dass die ersten Windmühlen bereits vor über 4.000 Jahren errichtet wurden. Die ersten dokumentierten Windmühlen wurden von den Persern im **7. Jahrhundert** zum Getreidemahlen errichtet.



Abbildung 16: Persische Windmühle

In Europa wurden die ersten Windmühlen im **12. Jahrhundert** erbaut. Die Funktionsweise beruhte damals wie heute auf dem Auftriebsprinzip. Dieses macht sich, ähnlich wie Vögel oder Flugzeuge, den dynamischen Auftrieb zu Nutze. Mit der Zeit wurden die Mühlen weiter verbessert und konnten neben dem Mahlen auch zum Pumpen, Hämmern oder Sägen eingesetzt werden.



Abbildung 17: Bockwindmühle

Auch noch im **19. Jahrhundert** wuchs die Bedeutung und Anzahl der Windmühlen in Europa weiter an. Mehr als 100.000 Anlagen prägten damals das Landschaftsbild.

Zum Ende des Jahrhunderts wurden diese jedoch von den fossilen Energien und der zunehmenden Elektrifizierung abgelöst.



Abbildung 18: Erdölpumpe

Erst nach der ersten Ölpreiskrise im Jahr **1973** wurde die Forschung und Entwicklung zur industriellen Windenergienutzung weltweit intensiviert.

1978 wurde vom Bundesforschungsministerium eine Versuchsanlage mit dem Namen „Growian“ oder „Große Windenergie-Anlage“ in Auftrag gegeben. Die Anlage mit einer Nennleistung von 3 Megawatt wurde 1983 errichtet und war zum damaligen Zeitpunkt die mit Abstand größte Windenergieanlage (WEA) der Welt. Auf Grund verschiedener technischer Probleme war ein Betrieb jedoch nahezu unmöglich und die Anlage wurde 1988 wieder abgebaut.

Erst mit der **ab 1991** einsetzenden Förderung durch das Strom-einspeisungsgesetz begann der breitere Ausbau der Windenergie zur Stromerzeugung in Deutschland. Verstärkt wurde diese Entwicklung im Jahr **2000** durch das Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG).

Windenergieanlagentypen

Technisch gesehen haben sich mittlerweile **dreiblättrige Auftriebsläufer mit horizontaler Achse** etabliert. Der Rotor befindet sich dabei auf der Luv- also der windzugewandten Seite. In den letzten Jahren sind die am Markt angebotenen und errichteten Anlagen immer höher geworden. Dies hat im Wesentlichen zwei Gründe:

- In größeren Höhen weht der Wind gleichmäßiger und mit einer höheren Windgeschwindigkeit. Je höher die Anlage ist, desto mehr und gleichmäßiger kann Strom erzeugt werden. Eine moderne WEA mit einer Gesamthöhe von mehr als 200 Metern, kann daher mehr Strom erzeugen, als zwei bis drei Altanlagen.
- Um eine WEA zu errichten ist es seit 2017 weiterhin notwendig, mit der Anlage an einer Ausschreibung der Bundesnetzagentur teilzunehmen. Zuschläge erhalten nur die Anlagen, die den Strom zu möglichst günstigen Konditionen anbieten können. Dementsprechend wird es zunehmend schwieriger, mit kleineren und leistungsschwächeren Anlagen einen Zuschlag zu erhalten.

Die großen WEA kommen an Land (Onshore) sowie auf See (Offshore) zum Einsatz. Neben den „klassischen“ dreiblättrigen WEA gibt es verschiedene weitere Formen zur Nutzung der Windenergie, wie etwa Flugwindkraftwerke, die sich jedoch nicht durchsetzen konnten. Auch für die private Anwendung existieren sogenannte **Kleinwindenergieanlagen**. Deren Energieerträge sind jedoch sehr gering und können in der Regel keinen konkurrenzfähigen Strompreis ermöglichen.

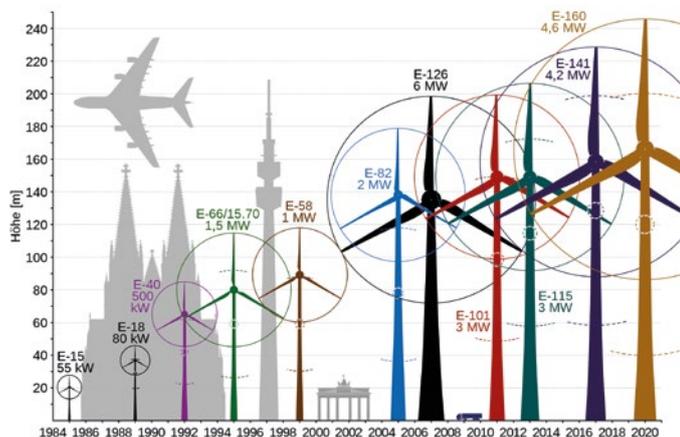


Abbildung 19: Größenentwicklung der Windenergieanlagen des Anlagenherstellers Enercon

Bestandsaufnahme Sachsen

Die ersten kommerziell betriebenen WEA im Freistaat Sachsen wurden Anfang der 1990er Jahre errichtet. In Sachsen sind derzeit 930 WEA mit einer Nennleistung von insgesamt knapp 1.260 Megawatt installiert (Stand Ende 2021). Zum Vergleich: Das Braunkohlekraftwerk in Boxberg hat eine installierte Nennleistung von 2.575 Megawatt.

Der Ausbau der Windenergie ist in den letzten Jahren ins Stocken geraten, sodass im Jahr 2020 lediglich drei neue WEA mit einer Nennleistung von insgesamt 8 Megawatt zugebaut wurden. Gleichzeitig erfolgte jedoch auch der Rückbau von vier Anlagen, sodass der jährliche Nettozubaue bei nur 5 Megawatt lag. Beim Ausbau der Windenergie ist Sachsen im bundesweiten Vergleich stark im Rückstand.



Abbildung 20: Windpark in Sachsen

Windenergieanlagen als privilegierte Vorhaben im Außenbereich

Flächen, für die kein Bebauungsplan existiert und die nicht zu einem zusammenhängend bebauten Ortsteil gehören, werden im Bauplanungsrecht als **Außenbereich** definiert. Auf diesen Flächen sind nur bestimmte bauliche Vorhaben zulässig. Diese werden in § 35 BauGB geregelt.

WEA zählen zu den **privilegierten Vorhaben** im Außenbereich. Das heißt, sie sind prinzipiell zulässig, sofern dem Vorhaben keine anderen öffentlichen Belange entgegenstehen und eine ausreichende Erschließung gesichert ist.

Eine Abweichung hiervon ist möglich, sofern an anderer Stelle Flächen für die Windenergienutzung ausgewiesen werden. Dies erfolgt über die Aufstellung von Flächennutzungs- oder Raumordnungsplänen und der damit verbundenen Ausweisung von Konzentrationszonen für die Windenergienutzung. Um der Privilegierung hierbei ausreichend Rechnung zu tragen, ist es notwendig, dass der Windenergie damit „substanzieller Raum“ geschaffen wird. Eine genaue Definition des Begriffs „**substanzieller Raum**“ existiert nicht, verschiedene Gerichte haben sich in der Vergangenheit häufig mit dieser Thematik beschäftigt.



Abbildung 21: Windenergieanlagen

Regionalplanung in Sachsen

Im Landesentwicklungsplan (2013) des Freistaats Sachsen ist festgelegt, dass die **Regionalen Planungsverbände** die Konzentrationsflächen für die Windenergienutzung ausweisen sollen. Konkret wird dies über die Aufstellung von **Regionalplänen** geregelt. Der Freistaat ist in vier Planungsregionen aufgeteilt und die Aufstellung der Regionalpläne obliegt dem zuständigen Planungsverband: Leipzig-West Sachsen, Region Chemnitz, Oberes Elbtal / Osterzgebirge und Oberlausitz-Niederschlesien.



Abbildung 22: Planungsregionen in Sachsen

→ Planungsverband Oberes Elbtal / Osterzgebirge



→ Planungsverband Leipzig-West Sachsen



→ Planungsverband Region Chemnitz



→ Planungsverband Oberlausitz-Niederschlesien



Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Planaufstellung

Die **Aufstellung eines Regionalplans** ist ein langwieriger und komplexer Prozess. Die Ausweisung von Konzentrationszonen für die Windenergienutzung ist dabei nur eine von vielen Aufgaben. Der Ablauf zur Identifikation entsprechender Flächen gliedert sich wie folgt:

Im ersten Schritt werden sogenannte Tabuzonen bestimmt, in denen die Errichtung von WEA ausgeschlossen wird. Hierbei wird unterschieden zwischen den harten und den weichen Tabuzonen.

Harte Tabuzonen sind Bereiche, in denen aus tatsächlichen oder rechtlichen Gründen keine WEA errichtet werden können. Das heißt, auch ohne die regionalplanerischen Festlegungen könnten in diesen Bereichen keine WEA errichtet werden. Beispiele für harte Tabuzonen sind u.a.: Siedlungsgebiete und Einzelbebauungen, Straßen zzgl. des gesetzlich vorgeschriebenem Mindestabstands für bauliche Anlagen oder Naturschutzgebiete.

Weiche Tabuzonen wiederum sind Bereiche, in denen die Errichtung und der Betrieb von WEA zwar prinzipiell möglich wäre, der Plangeber dies jedoch anhand selbst festgelegter Kriterien ausschließen will. Beispiele für weiche Tabuzonen können u.a. zusätzliche Vorsorgeabstände zu harten Tabuzonen, Abstände zu Radaranlagen oder Waldflächen sein.

Nachdem die Tabuzonen ermittelt wurden, sind die verbleibenden Potentialflächen mit den anderen öffentlichen Belangen **abzuwägen**, die gegen eine Nutzung der Windenergie an dieser Stelle sprechen.

Nachfolgend ist zu prüfen, ob mit den verbleibenden Konzentrationszonen der Windenergie substanzieller Raum geschaffen wurde.

Kommt die Prüfung zu dem Schluss, dass dies nicht der Fall ist, so muss die Abwägung unter dieser Maßgabe wiederholt werden oder ggf. sind die weichen Tabuzonen anzupassen.

Die damit erarbeiteten Flächen werden dann als **Vorrang- und Eignungsgebiet** für die Windenergienutzung festgelegt und entfalten zumeist eine Ausschlusswirkung. Das heißt, dass im Gebiet des jeweiligen Regionalplanes **außerhalb dieser Flächen keine WEA errichtet werden dürfen**.

Die **Beteiligung der Öffentlichkeit** nimmt innerhalb des Verfahrens eine bedeutende Rolle ein. Nach Fertigstellung des Regionalplanentwurfes liegt dieser öffentlich aus und jeder kann innerhalb einer Frist eine Stellungnahme abgeben. Da Regionalpläne mit einer voraussichtlichen **Gültigkeit von 10 Jahren** aufgestellt werden, ist es umso wichtiger, dass die Möglichkeit der Beteiligung in diesem Prozess wahrgenommen wird.

Im Anschluss setzt sich der Plangeber mit jeder Stellungnahme auseinander und passt die Inhalte des Plans in begründeten Fällen an. Sollten sich dabei wesentliche Änderungen ergeben, erfolgt eine erneute Auslegung und der beschriebene Prozess wird wiederholt.



Abbildung 23: Windenergieanlagen

2.3 Häufige Fragen rund um das Thema Windenergie ←



Abbildung 24: Nachtkennzeichnung von Windenergieanlagen

Gibt es gesetzliche Vorschriften für die Schallemissionen von WEA?

WEA verursachen während des Betriebs wahrnehmbare Geräusche, die neben mechanischen insbesondere auf aerodynamische Ursachen zurückzuführen sind. Die Schallwellen entstehen durch Druckschwankungen in der Luft und breiten sich gleichmäßig von der Quelle aus. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens müssen die Schallemissionen ermittelt und beurteilt werden. Hierbei spielt insbesondere die „**Technische Anleitung Lärm**“ eine große Rolle. Diese legt unter anderem Grenzwerte für verschiedene Gebietskategorien fest. Für Dorf- und Mischgebiete gilt beispielsweise ein Grenzwert von 60 dB(A) bei Tag und 45 dB(A) bei Nacht. Gemessen wird hier jeweils außerhalb der Gebäude.

Zur Ermittlung der potentiellen Schallimmissionsbelastung ist im Rahmen des Genehmigungsverfahrens eine **Schallimmissionsprognose** zu erstellen. Die angewandte Systematik zur Berechnung der Schallausbreitung wird als **Interimsverfahren** bezeichnet. Ergibt die Berechnung, dass die Grenzwerte nicht eingehalten werden können, besteht die Möglichkeit, die Anlage in den kritischen Zeiträumen in einem **geräuschreduzierten Betriebsmodus** laufen zu lassen. Dies hat jedoch auch eine Reduzierung des Energieertrags zur Folge.

Durch technische Weiterentwicklungen bestehen verschiedene Möglichkeiten, um die Geräuschemissionen der Anlagen zu verringern. Beispielsweise durch den Einsatz von **Trailing-Edge-Serrations** (gezackte Bauteile an der Blatthinterkante) können die Luftverwirbelungen reduziert werden.

Warum blinken die Anlagen in der Nacht?

Um eine Kollision von Luftfahrzeugen mit WEA zu verhindern, ist ab einer Gesamtanlagenhöhe von 100 Metern deren Kennzeichnung als **Luftfahrthindernis** vorgeschrieben.

Die Tageskennzeichnung wird über farbliche Markierungen an der Anlage realisiert, die teilweise durch ein weißes Blitz- bzw. Blinklicht (Befeuerung) ergänzt werden. Die Nachtkennzeichnung erfolgt durch rote Blitz- bzw. Blinklichter an der Anlage. Insbesondere die Nachtkennzeichnungen werden von einigen Anwohnern als störend empfunden, so dass verschiedene Regelungen umgesetzt wurden, um die Akzeptanz zu steigern. Dazu gehört beispielsweise die Synchronisierung der Schaltzeit und Blinkfolge.

Mittlerweile schreibt das EEG eine „Bedarfsgerechte Nachtkennzeichnung“ vor. Das bedeutet, dass die nächtliche Befeuerung nur aktiviert wird, wenn sich ein Luftfahrzeug in der Nähe des Windparks befindet.

→ Bei Windenergieanlagen (WEA) mit einer Gesamthöhe größer 50 Meter ist eine Genehmigung nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) notwendig. Ziel des Gesetzes ist der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräuschen, Erschütterungen und ähnlichen Vorgängen.

Erzeugen WEA Infraschall und ist dieser schädlich?

Im Kontext der Schallbelastung durch WEA wird auch das Thema tieffrequenter Schall, bzw. Infraschall, zunehmend diskutiert. Infraschall liegt im Frequenzbereich unter 20 Hertz und ist damit für den Menschen im eigentlichen Sinne nicht hörbar. Eine Wahrnehmung ist bei hinreichender Intensität trotzdem möglich und wird als eine Art Pulsation oder Druckgefühl beschrieben.

Bei sehr hoher Intensität kann Infraschall zu gesundheitlichen Problemen beim Menschen führen und beispielsweise Erschöpfung, Kurzatmigkeit oder Kopfschmerzen auslösen. Quellen von Infraschall sind unter anderem Wind, Gewitter, Meeresbrandung, Klima- und Lüftungsanlagen oder der Straßenverkehr. Auch WEA zählen zu den Emittenten von Infraschall. Die Intensität ist jedoch vergleichsweise gering und liegt **unterhalb der menschlichen Wahrnehmungsschwelle**.

Auch bei Messungen in der Nähe von WEA wird der emittierte Infraschall bereits nach wenigen hundert Metern von den Umgebungsgeräuschen überlagert. Verschiedene Studien haben sich mit dem durch WEA emittierten Infraschall und möglichen Effekten auf die menschliche Gesundheit beschäftigt. Diese konnten keine gesundheitlichen Gefahren feststellen. Nichtsdestotrotz fehlt es derzeit noch an Langzeitstudien zum Thema.

→ Unter dem **Diskoeffekt** sind Lichtreflexionen auf den Rotorblättern zu verstehen. Durch die Verwendung mittelreflektierender Farben und matter Glanzgrade spielt dieser Effekt heutzutage jedoch keine Rolle mehr, da Belästigungen so weitestgehend vermieden werden können.



Abbildung 25: Windenergieanlagen im Wald

Gibt es Grenzwerte für den Schattenwurf von WEA?

Durch die drehenden Rotorblätter verursachen WEA einen beweglichen Schattenwurf. Dieser wird im Wesentlichen beeinflusst von der Anlage selbst, dem Sonnenstand und den Wetterbedingungen. Auch der Schattenwurf wird im Genehmigungsverfahren geprüft. Die Grenzwerte für die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer jedes Immissionsortes (Wohngebäude) liegt bei **30 Stunden pro Jahr und 30 Minuten pro Tag**. Wirken mehrere WEA auf einen Immissionsort ein, so darf dieser Grenzwert in Summe nicht überschritten werden.

Die Einhaltung dieser Vorgaben wird im Rahmen des Genehmigungsverfahrens durch eine **Schattenwurfprognose** geprüft. Werden die Grenzwerte überschritten, dann wird die Anlage mit einem System ausgestattet, welches bei Überschreitung die Anlage abschaltet. Da es sich bei der astronomischen Beschattungsdauer um einen theoretischen Wert im Sinne einer „worst case Betrachtung“ handelt, die Abschaltautomatik jedoch die reale Beschattungsdauer berücksichtigt, ist an jedem Immissionsort ein tatsächlicher Höchstwert von **8 Stunden pro Jahr** sichergestellt.

Sollten WEA im Wald errichtet werden?

Insbesondere in waldreichen Bundesländern wie Baden-Württemberg oder Rheinland-Pfalz wurde eine Vielzahl von Anlagen innerhalb von Wäldern errichtet. Die Nutzung der Windenergie im Wald ist dann relativ konfliktfrei umsetzbar, wenn es sich um intensiv genutzte forstwirtschaftliche Flächen (zumeist Monokulturen) handelt. Auch in Sachsen bestehen vereinzelte WEA-Standorte in Waldgebieten. Nach Maßgabe des sächsischen Landesentwicklungsplans (2013) sollen diese jedoch grundsätzlich vermieden werden. „Der Grundsatz gilt insbesondere für Waldflächen mit Schutzstatus nach Naturschutzrecht und mit ausgewählten Waldfunktionen.“ (EKP 2021)

→ Mehr Informationen rund um das Thema Windenergie finden Sie hier:

Fachagentur Windenergie an Land



Welchen Einfluss haben WEA auf die Tierwelt?

Grundsätzlich ist es nach § 44 Abs. 1 Bundesnaturschutzgesetz verboten, wild lebende Tiere besonders geschützter Arten zu stören, zu verletzen, zu töten oder ihre Fortpflanzungs- und Ruhestätten zu zerstören. Das gilt selbstverständlich auch für WEA und wird im Rahmen des Genehmigungsverfahrens u.a. durch Kartierungen der Gebiete geprüft.

Nicht alle Vogelarten sind dabei gleich gefährdet. Der **„Leitfaden Vogelschutz an Windenergieanlagen im Freistaat Sachsen“** listet die kollisionsgefährdeten Vogelarten im Freistaat auf und gibt Sicherheitsabstände bzw. Prüfbereiche zwischen den Brutplätzen und den Anlagenstandorten sowie weitere Vermeidungsmaßnahmen zur einheitlichen Bewertung an. Eine etablierte Maßnahme, die wesentlich zum Artenschutz beiträgt ist etwa die **Abschaltung der Anlage während Feldumbrucharbeiten oder der Mahd** von landwirtschaftlichen Flächen, da diese Ereignisse eine Vielzahl von Vögeln anlocken. In Deutschland sterben jährlich rund 100.000 Vögel auf Grund von Kollisionen mit WEA; durch Vogelschlag an Glas (z. B. Fensterscheiben) sterben jährlich bis zu 100 Mio. Vögel. Auch für Fledermäuse stellen WEA eine potentielle Gefahr dar. Aus diesem Grund müssen die Anlagen häufig abgeschaltet werden, wenn die äußeren Faktoren (Zeit, Temperatur, Windgeschwindigkeit) eine hohe Aktivität der Tiere zur Folge haben. Immer öfter wird eine Genehmigung für eine WEA nur dann erteilt, wenn ein sogenanntes **Gondelmonitoring** durchgeführt wird. Dabei werden die Aktivitäten der Tiere dokumentiert, um den Abschaltalgorithmus noch spezifischer an die Situation vor Ort anzupassen.

Wie viel Fläche nimmt eine WEA in Anspruch?

Verglichen mit anderen erneuerbaren und fossilen Energiequellen ist der **Flächenbedarf von WEA relativ gering**. Während des Aufbaus wird eine Fläche von ca. 0,9 Hektar beansprucht. Dauerhaft benötigt werden etwa 0,5 Hektar, davon entfallen ca. 500 Quadratmeter auf das Fundament. Lediglich für die Zuwegung zur Anlage kommt es zu einer weiteren Flächeninanspruchnahme. Die Wege weisen eine Breite von ca. 5 Metern auf. Gegebenenfalls können bereits bestehende Wege genutzt werden. Die damit verbundene Flächeninanspruchnahme hängt wesentlich von der Entfernung zum nächstgelegenen Anschlusspunkt an das öffentliche Straßennetz ab. Durch den Eingriff in die Natur und die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes verpflichtet das Genehmigungsverfahren zur Umsetzung von **Kompensationsmaßnahmen**. Solche können etwa Flächenentsiegelungen, die Pflanzung von Gehölzen oder die Renaturierung von Teichen sein.

Wie werden die Anlagen zurückgebaut und was passiert danach damit?

Vom Deutschen Institut für Normung wurde im Jahr 2020 die **„DIN SPEC 4866 - Nachhaltiger Rückbau, Demontage, Recycling und Verwertung von Windenergieanlagen“** veröffentlicht. Diese wurde von verschiedenen Experten entwickelt und soll sich zum Branchenstandard etablieren. Der Rückbau erfolgt in der umgekehrten Reihenfolge zum Aufbau. Zuerst wird die Anlage vom Netz getrennt und trockengelegt, dann werden die Rotorblätter sowie die Nabe und anschließend das Maschinenhaus sowie der Turm demontiert. Abschließend werden die Fundamente und ggf. die Zuwegungen entfernt. Die in der Erde verlegten Kabel verbleiben häufig im Boden.

Die weitere Verwendung der Anlagenbestandteile hängt im wesentlichen von deren technischem Zustand ab. Ist eine weitere Nutzung der Anlage oder bestimmter Bestandteile möglich, dann werden diese nach der Demontage, ggf. überholt und anschließend **weiterverkauft**. Abnehmer für die gebrauchten Anlagen finden sich vor allem im Ausland wie etwa in Süd- und Osteuropa, Russland und Nordafrika. Ist eine weitere Verwendung nicht möglich, müssen die einzelnen Bestandteile verwertet werden. Die **Recyclingquote** von WEA liegt derzeit bei rund 80 bis 90 %. Den anspruchsvollsten Bestandteil stellen die aus glasfaserverstärkten Verbundwerkstoffen bestehenden Rotorblätter dar. Eine thermische Verwertung ist auf Grund der Bestandteile nur in spezialisierten Betrieben möglich. Mittlerweile kann die dabei entstehende Asche in der Zementindustrie als Ersatz für andere Rohstoffe eingesetzt werden.

Wie wird sichergestellt, dass die Anlagen zurückgebaut werden und was passiert mit den alten Fundamenten?

Hat die WEA das Ende ihrer technischen oder wirtschaftlichen Lebenszeit erreicht, dann erfolgt der Rückbau der Anlage. Dies ist häufig nach rund 20 Jahren der Fall. § 35 Abs. 5 des Baugesetzbuches schreibt vor, dass im Rahmen des Genehmigungsverfahrens eine **Verpflichtungserklärung** abzugeben ist, welche nach dauerhafter Aufgabe der zulässigen Nutzung zum Rückbau der WEA und zur Beseitigung der Bodenversiegelungen verpflichtet. Möglichkeiten zur Sicherstellung des Rückbaus sind beispielsweise die Abgabe einer selbstschuldnerischen **Bank- oder Konzernbürgschaft** oder die Hinterlegung einer **Sicherheitsleistung**.

→ 3. Photovoltaik



Abbildung 26: Photovoltaikanlage

PHOTOVOLTAIK
STROM ERZEUGEN
AUS SONNENENERGIE

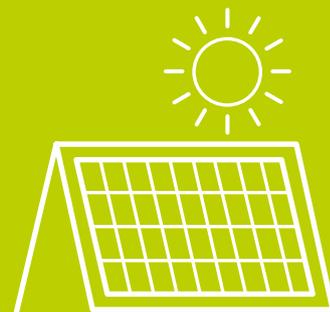




Abbildung 27: Installation einer Photovoltaikanlage



Abbildung 28: Solarthermieanlage

Was ist Photovoltaik?

Im Allgemeinen Sprachgebrauch wird oft der Begriff „Solaranlage“ für technische Anlagen, die Solarstrahlung der Sonne nutzen, verwendet. Grundsätzlich wird zwischen photovoltaischen und solarthermischen Anlagen unterschieden.

Mit **Photovoltaikanlagen** (kurz PV-Anlagen) wird die Sonnenstrahlung direkt in elektrische Energie umgewandelt.

Bei **Solarthermieanlagen** hingegen wird ein (flüssiges) Medium, meist ein Wasser-Frostschutzgemisch erhitzt, um die so erzeugte Wärme für die anteilige Beheizung und Warmwasserbereitung für Gebäude und Prozesse nutzbar zu machen.

Weitere Informationen zu Solarthermieanlagen finden sich auf Seite 40.

→ Mit dem Solarpotenzialkataster der SAENA ermitteln, ob sich eine PV-Anlage lohnt.

Über eine einfache Kartenanwendung im Informationsportal können Interessierte sich Dachflächen von Häusern oder Freiflächen anschauen und erhalten eine Einschätzung zu Eignung und Ertrag der jeweiligen Fläche. Mithilfe eines im Portal integrierten Rechenmoduls ist es möglich, belastbare Informationen über die zu erwartenden energetischen und finanziellen Erträge einer Photovoltaikanlage zu berechnen und weitere Schritte für Ihr Projekt einzuleiten.

Ein 10-Schritte-Plan beschreibt Schritt für Schritt den Weg zur eigenen PV-Anlage.

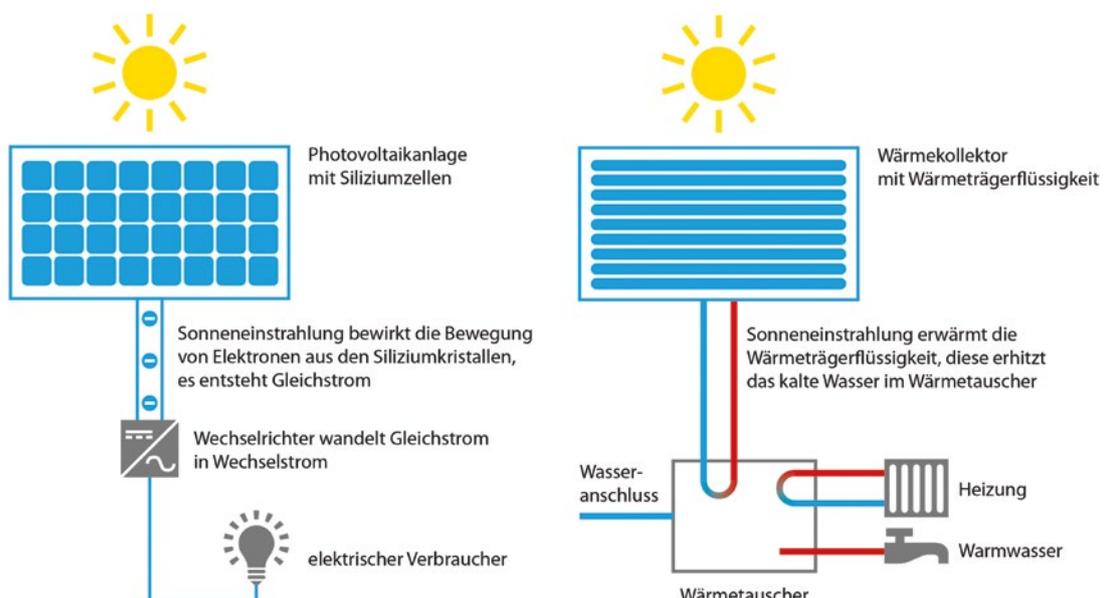


Abbildung 29: links: Photovoltaikanlage, rechts: Solarthermieanlage

Historische Entwicklung der Photovoltaik

Entgegen häufiger Erwartungen handelt es sich bei PV-Anlagen keineswegs um eine neue Erfindung. Bereits **1839** entdeckte der französische Physiker Alexandre Edmond Becquerel den photoelektrischen Effekt, den Albert Einstein 65 Jahre später theoretisch erklärte und dafür mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet wurde.

Ab **1958** kamen die entwickelten Solarzellen erstmals zur Nutzung, wobei das Haupteinsatzgebiet in der Stromversorgung von Satelliten im Weltall lag.

Mit den **Ölpreiskrisen von 1973 und 1979** intensivierten sich Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet. In Folge dessen kam es zu einem deutlichen Preisverfall und damit auch zu einem verstärkten Einsatz auf der Erde.

In Deutschland wurde mit dem Stromeinspeisegesetz **1990** der private Betrieb und die Einspeisung des erzeugten Stroms in das öffentliche Netz ermöglicht.

Die Einführung des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG) im Jahr **2000** beförderte mit höheren Vergütungssätzen und einem Einspeisevorrang gegenüber fossilen Energiequellen den Ausbau weiter. Mit der Novelle des EEG im Jahr **2004** vervielfachte sich die installierte Leistung in den Folgejahren.

Erst mit einer weiteren Novelle des EEG im Jahr **2011** und einer damit verbundenen Reduzierung der Einspeisevergütung stoppte dieser Trend und der Ausbau brach ein. Seit wenigen Jahren steigt der Ausbau wieder, wobei neben der Netzeinspeisung insbesondere auch auf den Eigenverbrauch des erzeugten Stroms gesetzt wird.

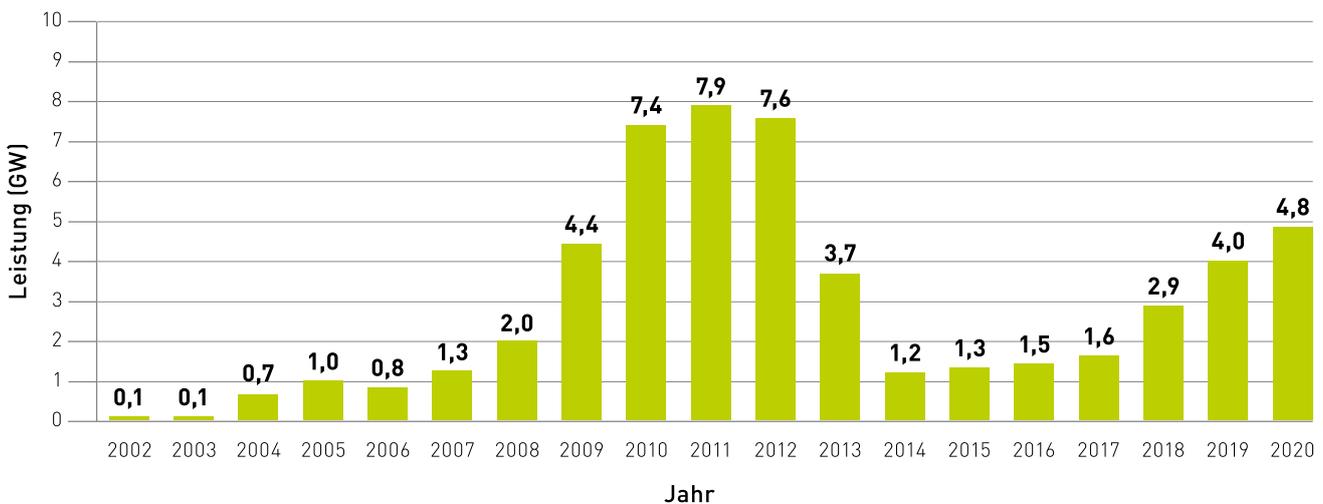


Abbildung 30: Photovoltaik Netto-Zubau installierter Nennleistung in Deutschland

Photovoltaik-Dachflächenanlagen

Bei Photovoltaik-Dachflächenanlagen kann ein großer Teil des erzeugten Stroms direkt im Gebäude oder für Betriebsprozesse genutzt und der nicht benötigte Strom ins öffentliche Stromnetz für andere Stromkunden eingespeist werden. Die Praxis zeigt, dass bei Gebäuden in Deutschland bis zu 30 % des jährlichen Stromverbrauchs über PV-Anlagen direkt gedeckt werden können. Mit einem guten Energiemanagement oder Speichersystem ist eine **Stromautarkie bis zu 80 %** und eine **Wärmeautarkie bis zu 60 %** möglich.



Abbildung 31: Installation PV-Anlage



Abbildung 32: PV-Freiflächenanlage

Photovoltaik-Freiflächenanlagen

Während Dachflächenanlagen häufig von Privatpersonen betrieben werden, werden Photovoltaik-Freiflächenanlagen zunehmend im industriellen Maßstab errichtet. Das EEG sieht als Standorte für solche Solarparks vornehmlich **Konversionsflächen, Gewerbe- und Industriegebiete und Seitenrandstreifen** von Autobahnen und Schienenwegen vor.

In Sachsen besteht zudem die Möglichkeit, Anlagen auf **Landwirtschaftsflächen in benachteiligten Gebieten** zu errichten. Auch außerhalb dieser Flächen können prinzipiell Solarparks errichtet werden. Der dort erzeugte Strom hat jedoch keinen Anspruch auf eine geregelte EEG-Förderung und muss dementsprechend selbst verbraucht oder an einen externen Abnehmer direkt verkauft werden.

Für kleinere Photovoltaik-Freiflächenanlagen mit einer Höhe bis zu 3 Meter und einer Gesamtlänge bis zu 9 Meter ist in Sachsen keine Baugenehmigung erforderlich.

→ Weitere ausführlichere Informationen:

„Leitfaden Photovoltaik“
SAENA-Broschüre zum Download



→ Konversionsflächen

Das sind Brachflächen, deren Nutzung geändert oder umgewidmet werden soll. Hierunter sind insbesondere ehemals militärisch oder wirtschaftlich genutzte Flächen zu verstehen, bei denen es durch die vorherige Nutzung zu einer schwerwiegenden ökologischen Belastung des Bodens gekommen ist. Beispiele für eine derartige Belastung sind der Verdacht auf verbliebene Kampfmittel oder schädliche Bodenveränderungen, wie etwa durch den Eintrag von Chemikalien.

→ Landwirtschaftsflächen in benachteiligten Gebieten

Die Einordnung von Landwirtschaftsflächen als benachteiligtes Gebiet erfolgt durch das EU-Recht. Diese Flächen liefern vergleichsweise schlechte Erträge, was beispielsweise auf die Bodenqualität oder auf ungünstige klimatische Bedingungen zurückzuführen ist. Als benachteiligtes Gebiet können außerdem Flächen gewertet werden, die auf Grund einer Hanglage o.ä. nur schwer bewirtschaftbar sind.

Eine Karte mit den entsprechenden Gebieten in Sachsen finden Sie, wenn Sie den QR-Code scannen.



→ 3.2 Aufbau und Funktion einer Photovoltaikanlage

Aufbau eines Solarmoduls

Ein Solarmodul besteht aus mehreren **Solarzellen**, die elektrisch miteinander verschaltet sind. Die Solarzellen werden auf der Ober- und Unterseite von einer Kunststoffschicht fixiert. Das Frontglas schützt die Zellen vor äußeren Einflüssen wie beispielsweise Hagel. Eine Kunststofffolie oder Glasplatte auf der Rückseite sorgt für zusätzliche Stabilität. Das gesamte Konstrukt ist in einen Aluminiumrahmen eingefasst. Die Module werden mit einem Montagesystem u.a. an Gebäuden oder im Gelände befestigt. Es gibt verschiedene Modularten und -größen, die sich entsprechend ihrer Zell-Technologien unterscheiden. **Kristalline Module** (monokristallin, polykristallin) werden am häufigsten verwendet. Sie werden nach der Stärke der eingebetteten Solarzellen in Dickschicht- und Dünnschichtmodule unterschieden.



Abbildung 33: PV-Freiflächenanlage

Netzgekoppelte- und Inselssysteme

Grundsätzlich werden Photovoltaikanlagen in **netzgekoppelte Systeme** und **Inselssysteme** (Autarke Systeme) unterschieden. Ein Inselsystem dient der autarken Energieerzeugung und kommt dort zum Einsatz, wo keine (öffentliche) Energieversorgung vorhanden ist und eine Erschließung unmöglich oder un-

wirtschaftlich wäre. Bei dem Großteil der Anlagen handelt es sich jedoch um netzgekoppelte Systeme. Die PV-Anlage wird hierbei mit dem **öffentlichen Stromnetz** verbunden. Damit kann Strom bei Bedarf aus dem Netz bezogen und überschüssiger Strom eingespeist werden.

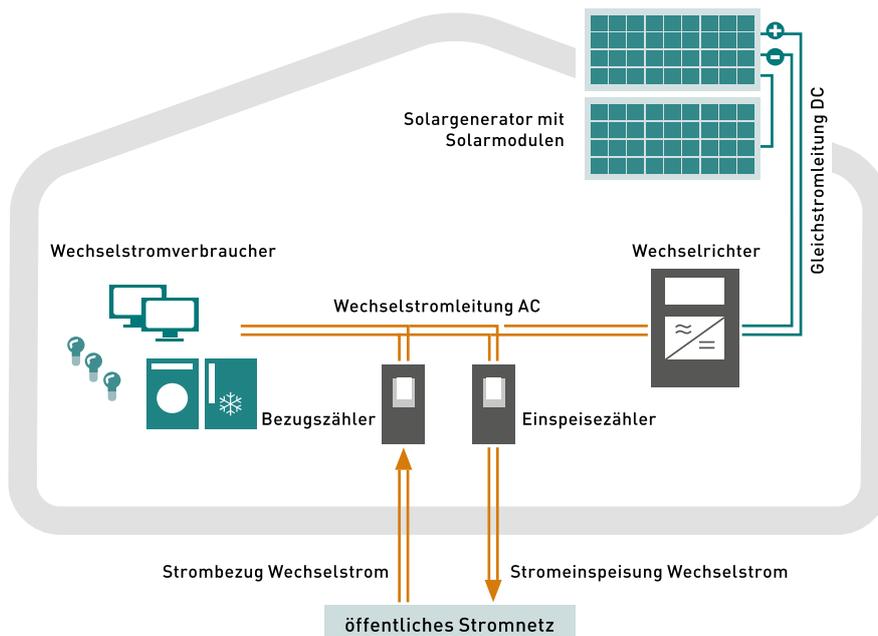


Abbildung 34: Aufbau einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage

Funktionsweise der Solarzellen

Die heute am häufigsten eingesetzten Solarzellen bestehen entweder aus besonders reinem **monokristallinen oder polykristallinen Silizium**. Solarzellen wandeln Sonnenlicht in elektrische Energie um. Im Prinzip sind sie großflächige Photodioden. Wird ihnen Energie in Form von Lichtstrahlung zugeführt, lösen sich im Halbleitermaterial freie Ladungsträger (**Photovoltaischer Effekt**). Die Ladungsverschiebung bewirkt eine Spannung, die sogenannte Photospannung. Wird an eine solche Zelle ein äußerer Stromkreis angelegt, fließt durch diesen ein Gleichstrom. Der Stromfluss ist abhängig von der Stärke der Lichteinstrahlung, wobei Solarzellen sowohl das direkte als auch das diffuse Sonnenlicht nutzen können.

Auch durch künstliches Licht z.B. durch Scheinwerfer wird eine Spannung erzeugt. Der **Wirkungsgrad** von polykristallinen Zellen liegt derzeit bei 17–21 % und der von monokristallinen Zellen bei 19–23 %. Polykristalline Module haben somit einen geringeren Wirkungsgrad, sind aber auch preiswerter. Je besser der Wirkungsgrad der Solarzellen, desto geringer ist auch der Flächenbedarf für den Solargenerator bzw. die gewünschte Erzeugungleistung. Aufgrund von Forschung und Weiterentwicklung in verschiedensten Zelltechnologien werden die Wirkungsgrade von Solarzellen und somit auch von Solarmodulen immer besser.

Wie wirkungsvoll eine Photovoltaikanlage Strom erzeugen kann, hängt zu allererst von der jährlichen **Globalstrahlung** bzw. Bestrahlungsstärke am Standort der geplanten Anlage ab. Von der auf die Erdatmosphäre auftreffenden Sonnenstrahlung kommt nur ein Teil als **Direktstrahlung** auf der Erdoberfläche an. Der restliche Teil wird in der Atmosphäre reflektiert oder dort absorbiert bzw. zerstreut. Diese zerstreuten Strahlungsanteile (**Diffusstrahlung**) können auf das Jahr gesehen in manchen Regionen einen höheren Beitrag zur Solarstromerzeugung leisten als die Direktstrahlung.

Photovoltaikanlagen erzeugen den höchsten Ertrag, wenn das Sonnenlicht im 90 Grad-Winkel auf die Solarmodule trifft. Das ist allerdings in der Praxis sehr selten der Fall. Maximalen Stromertrag erreicht eine PV-Anlage in Sachsen durch Ausrichtung nach Süden mit einem Neigungswinkel von ca. 30 Grad. Auch Anlagen mit einer Ost/West Ausrichtung und abweichender Neigung sind heute, bei nur geringen Ertragseinbußen, gängige Praxis.



Abbildung 35: PV-Dachanlage

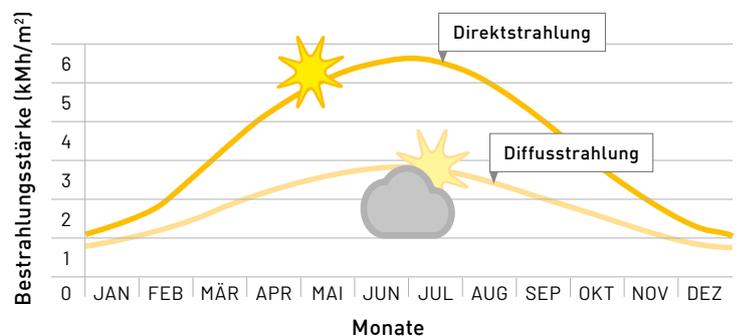


Abbildung 36: Direkt- und Diffusstrahlung im Jahresverlauf

→ SolardachCheck

Wollen Sie herausfinden ob sich Ihr Dach für eine PV-Anlage eignet? Dann schauen Sie sich doch mal den SolardachCheck der SAENA an.



→ 3.3 Photovoltaik Sonderformen



Abbildung 37: Agri-Photovoltaikanlage



Abbildung 38: Floating-Photovoltaikanlage

Agri-Photovoltaik

PV-Freiflächenanlagen, insbesondere auf nicht durch das EEG geförderten Flächen, stehen auf Grund ihrer Dimension zunehmend in **Konkurrenz mit der landwirtschaftlichen Bodennutzung**. Für Nischenanwendungen kann unter bestimmten Voraussetzungen die kombinierte Nutzung von Photovoltaik und intensiver Landwirtschaft eine Option sein. Dazu werden mittlerweile verschiedene Konzepte erprobt. Häufig werden die Anlagen hoch aufgeständert und mit relativ großen Abständen errichtet, um die landwirtschaftliche Nutzung auch mit den dafür entsprechenden Fahrzeugen zu ermöglichen. Daneben gibt es aber auch Konzepte, bei denen die Module zwischen den Kulturreihen senkrecht aufgestellt werden.

Wirtschaftliche Aspekte stellen derzeit die größten Hemmnisse bei der verstärkten Umsetzung von Agri-PV-Projekten dar. Der Flächenbedarf und die Stromerzeugungskosten von Agri-PV-Anlagen sind derzeit deutlich größer als bei reinen PV-Freiflächenanlagen ohne landwirtschaftliche Nebennutzung.

→ Um trotz der „Überdachung“ für einen ausreichenden Lichteinfall zu sorgen, können beispielsweise größere Teile des Moduls transparent gehalten werden. Möglich ist auch, eine ein- oder zweiachsige Nachführung der Systeme vorzusehen oder bifaziale Module zu verwenden, die auf der Rückseite des Moduls vom Boden reflektiertes Sonnenlicht in Strom umwandeln können.

Floating-Photovoltaik

Mit **schwimmenden Photovoltaikanlagen** oder auch Floating-PV genannt, wird auf die energetische Nutzung von Wasseroberflächen, wie etwa in stillgelegten Braunkohletagebauen oder auf Stauseen abgezielt. Dieses Konzept bietet einen weiteren Ansatzpunkt zur Reduzierung der Konkurrenz zwischen der Flächennutzung zur Energieerzeugung und anderen Nutzungsarten.

Schwimmende PV-Anlagen sind ein noch relativ neues Feld, weshalb derzeit verschiedene Studien zu deren ökologischen und (sozio)ökonomischen Aspekten durchgeführt werden. Erste Ergebnisse lassen jedoch darauf schließen, dass durch die Module die Wasserverdunstung der Seen reduziert werden kann und zudem ein erhöhter Energieertrag ermöglicht wird, da die verbleibende Wasserverdunstung einen kühlenden Effekt auf die Anlagen hat. Besonders herausfordernde Felder beim Betrieb dieser Anlagen liegen in der Wartung, der Verankerung und der Sicherstellung der elektrischen Betriebssicherheit.



Abbildung 39: Bauwerkintegrierte Photovoltaikanlage



Abbildung 40: Solar-Carport

Bauwerksintegrierte Photovoltaik

Bauwerksintegrierte Photovoltaik (BiPV) ist die Integration von Solarmodulen in die **Gebäudehülle**. Dabei steht nicht nur die klassische Energiegewinnung, sondern auch weitere Funktionen wie Wärmedämmung, Sonnen- und Wetterschutz oder architektonische Funktionen im Vordergrund.

Eine Möglichkeit zur Umsetzung der BiPV ist zum Beispiel die **Indach-Montage**. Bei dieser ersetzen die Solarmodule bzw. Solardachziegel oder -paneele die Dacheindeckung. Die **Fassadenmontage** ist eine weitere Form der BiPV, bei der die Solarmodule vor oder direkt in die Fassade montiert werden.

Außerdem gibt es auch größere **Glaselemente** mit integrierten Solarzellen. Diese können zur Verschattung von Aufenthaltsbereichen hinter größeren Glasfassaden, als Glasüberdachungen oder als Balkonelemente verwendet werden. Auch der Einsatz von Solarmodulen zur bewussten Verschattung zählt zur Gruppe der BiPV.

Weitere Einsatzgebiete

Solar-Carports gehören mittlerweile zum Stand der Technik. Hier gibt es bereits sehr viele Konstruktionsarten, vorgefertigte Bausätze und vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, z.B. zum direkten Laden von Pedelecs, E-Bikes oder Elektroautos.

Eine **steckerfertige PV-Anlage** besteht aus einem oder mehreren Solarmodulen und einem Mikrowechselrichter. Sie sind geeignet, um auf kleinen Flächen, wie z.B. Balkonen oder Fassaden, Strom zu erzeugen und diesen direkt im eigenen Haushalt zu verbrauchen. Der Anschluss an den Haus- oder Wohnungsstromkreis erfolgt über Energiesteckdosen.

Mit zunehmender Dynamik beim Thema Elektromobilität wächst auch das Interesse an der **fahrzeugintegrierten Photovoltaik (ViPV)**. Wie der Name sagt, werden die Solarmodule beim PKW im Dach, der Motorhaube oder dem Kofferraum integriert. Ziel ist es, während des Parkens oder auch der Fahrt zusätzliche Reichweite zu gewinnen. Weitere Einsatzgebiete der ViPV sind neben LKW, Bussen und Wohnmobilen beispielsweise auch Züge, Straßenbahnen, Schiffe, Flugzeuge oder Drohnen.

→ 3.4 Häufige Fragen rund um das Thema Photovoltaik



Abbildung 41: Zweiachsig nachgeführte PV-Anlage

Können Solarmodule recycelt werden?

Solar- bzw. Photovoltaikmodule fallen in die EU-Richtlinie zum Recycling von Elektroschrott (2002/96/EG). Diese verlangt, dass 85 % aller verkauften Module eingesammelt und insgesamt 80 % der Module recycelt werden müssen. Tatsächlich werden mehr als **95 % wiederverwertet**.

Die Rücknahme erfolgt über ein Sammelstellensystem, das eine Trennung von Solarmodulen und anderem Elektroschrott ermöglicht. Verantwortlich für diese Recycling-Systeme und die Einhaltung der Recycling-Quote sind alle Hersteller. Die Recyclingquote, also der Anteil der enthaltenen Rohstoffe die wiederverwendet werden können, liegt bei Silizium-basierten PV-Modulen bei 90 % und bei Modulen ohne Silizium-Basis bei 97 %.

Verdrängen PV-Freiflächenanlagen andere Nutzungsformen?

Auf Grund ihrer Größe stehen PV-Freiflächenanlagen durchaus in Konkurrenz mit anderen Nutzungsformen der Flächen wie etwa der landwirtschaftlichen Nutzung. Um dem entgegenzuwirken sieht das EEG eine **Einspeisevergütung nur auf bestimmten Flächen** vor (siehe Seite 25). Zudem wurden in den letzten Jahren verschiedene Konzepte entwickelt, um die unterschiedlichen Nutzungsformen der Flächen zusammenzuführen und im Optimalfall miteinander zu verbinden. Im Vergleich zum Energieertrag aus dem Anbau von Biomasse ist der Energieertrag aus PV-Freiflächenanlagen allerdings um ein Vielfaches höher, da Photovoltaik Sonnenlicht weitaus effizienter in nutzbare Energie umwandelt als Photosynthese.

Welchen Einfluss haben Freiflächenanlagen auf Natur und Umwelt?

Verglichen mit anderen technischen Anlagen zur Nutzung der erneuerbaren Energien sind die Einflüsse von PV-Freiflächenanlagen auf Natur und Umwelt relativ gering. Wenn die Anlagen errichtet worden sind, müssen diese im Regelfall nur von Zeit zu Zeit gewartet werden.

Um für den eingespeisten Strom eine EEG-Vergütung zu erhalten, muss sich die PV-Anlage im Geltungsbereich eines Bebauungsplanes befinden. Diese werden für gewöhnlich vorhabenbezogen aufgestellt. Teil der Aufstellung ist eine **Umweltprüfung**, in deren Rahmen die potentiellen Einflüsse ermittelt und bewertet werden. Die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen geht in den meisten Fällen mit der Schaffung von extensiv genutzten **Grünlandflächen** einher. Wurde die Fläche vorher intensiv landwirtschaftlich genutzt, hat dies im Regelfall sogar einen positiven Effekt und schafft **neue Lebensräume** für verschiedene Pflanzen- und Tierarten. Davon profitieren auch umgebende landwirtschaftlich genutzte Flächen, da beispielsweise die Anzahl bestäubender Insekten zunimmt. Auch für den Boden kann eine solche Umnutzung sinnvoll sein, da Humus gebildet wird und die Fruchtbarkeit der Böden mit der Zeit steigt.



Abbildung 42: PV-Dachanlage

Stellen PV-Dachanlagen ein erhöhtes Brandrisiko dar?

PV-Anlagen können - wie alle elektrischen Anlagen - bei nicht fachgerechter Montage auch Brände auslösen. Im Vergleich zu anderen technischen Anlagen stellen PV-Anlagen allerdings **kein besonderes erhöhtes Brandrisiko** dar. PV-Module können allerdings nicht abgeschaltet werden, denn solange Licht auf die Module fällt, liegt an den Strangleitungen eine Spannung von bis zu 1.000 Volt an. Brandursachen sind hauptsächlich nicht fachgerechte und den Regeln der Technik entsprechende Installation und Leitungsverlegung.

Für die elektrische Sicherheit gibt es ausreichend vorhandene Regeln – wichtig ist, dass sie auch eingehalten werden. Der beste Brandschutz ist also die **Einhaltung der Regeln und die ordnungsgemäße Installation.**

Die Norm DIN VDE 0132 regelt, wie sich Feuerwehren bei der Brandbekämpfung im Zusammenhang von elektrischen Anlagen verhalten sollen. So sind entsprechende Sicherheitsabstände beim Löschen einzuhalten. Das größte Risiko besteht bei der Brandbekämpfung im Gebäude, wenn Räume betreten werden, wo spannungsführende Leiter der PV-Anlage mit Wasser bzw. der Löschkraft selbst in Kontakt kommen. Deshalb wurde in der Anwendungsregel als Schutzziel die Vermeidung von gefährlichen berührbaren DC-Spannungen im Gebäude im Brandfall formuliert.

Wird der Boden durch PV-Freiflächenanlagen versiegelt?

Wenn der Boden durch Schotter, Asphalt oder Ähnliches luft- und wasserdicht bedeckt wird, spricht man von einer Bodenversiegelung. Dies hat negative Auswirkungen auf die Bodenfunktion, da das Regenwasser nicht mehr ungehindert versickern kann und der Gasaustausch des Bodens mit der Luft gestört wird. In der Folge kommt es zu einer starken Abnahme der Bodenfruchtbarkeit.

Die Module einer PV-Freiflächenanlage werden mit Hilfe einer Unterkonstruktion aus Metall installiert. Für die Ständer sind keine Fundamente notwendig. Diese werden lediglich in den Boden gerammt, wodurch es nur **punktuell** zu einer **Versiegelung des Bodens** kommt. Überschlägig bleiben also rund 99 % des Bodens, die die Anlage in Anspruch nimmt, unversiegelt.

→ 4. Wärmeversorgung



Abbildung 4.3: Solarthermie

WÄRMEVERSORGUNG
WÄRME ERZEUGEN AUS
ERNEUERBAREN ENERGIEN



Die Wärmewende als Teil der Energiewende

Die bisherigen Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Nutzung der erneuerbaren Energien waren vor allem auf den Strombereich fokussiert. Nach aktuellem Stand entfällt jedoch **mehr als 50 % des gesamten deutschen Endenergieverbrauchs** auf die Wärme- und Kältebereitstellung. In Sachsen liegt der Anteil geringfügig niedriger. Inbegriffen sind hierbei die Raumwärme und Klimatisierung, die Warmwasserbereitung sowie Prozesswärme- und Kälteerzeugung. Im bundesdeutschen Durchschnitt liegt der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch dieser Gruppe bei 15,2 %. In Sachsen ist der Wert mit rund 14 % geringfügig niedriger. Bezogen auf die privaten Haushalte hat die Wärmebereitstellung einen Anteil von rund 90 % am gesamten Endenergieverbrauch.

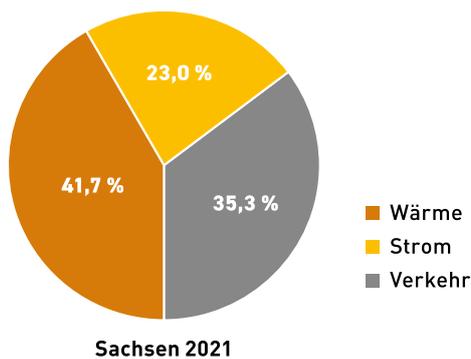


Abbildung 44: Sächsischer Endenergieverbrauch im Jahr 2021 in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr

Erneuerbare Wärmequellen

Es gibt verschiedene Möglichkeiten Wärme aus erneuerbaren Energien zu gewinnen. Die wichtigsten Energiequellen sind die Biomasse, die Geothermie, die Solarthermie und die Nutzung der Umgebungswärme. In Sachsen ist die Biomasse mit 79,5 % die mit Abstand wichtigste erneuerbare Energiequelle in diesem Feld, gefolgt von der Solarthermie, der Umgebungswärme und der Tiefengeothermie. Bezogen auf Gesamtdeutschland befinden sich die Anteile auf einem ähnlichen Niveau.

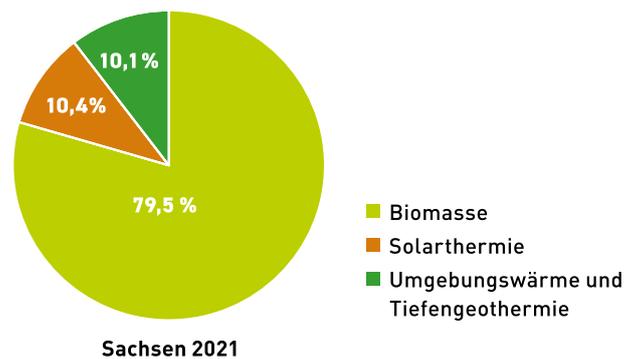


Abbildung 45: Wärme- und Kältebereitstellung in Sachsen aus erneuerbaren Energien 2021

Wärmeversorgung des Gebäudebestandes

Grundlegend ist die Wärmeversorgung des Gebäudebestandes entweder zentral oder dezentral möglich. Wird die Wärme im Gebäude durch bspw. eine Wärmepumpe oder einen Gas-Brennwertkessel erzeugt und anschließend im Haus verteilt, wird von **dezentraler Wärmeversorgung** gesprochen. Bei der **zentralen Wärmeversorgung** hingegen wird die Wärme in einem Heizwerk oder Heizkraftwerk erzeugt und über ein **Nah- oder Fernwärmenetz** zu den angeschlossenen Gebäuden transportiert. Eine verbaute Übergabestation führt die Wärme dem Heizungssystem des Gebäudes zu. Der Großteil der Wärmeversorgung erfolgt in Deutschland und Sachsen über dezentrale Systeme. Mit einem Anteil von knapp 30 % ist die zentrale Versorgung in Sachsen jedoch im bundesdeutschen Vergleich überdurchschnittlich stark ausgeprägt.

Bei dezentralen Wärmeversorgern ist Gas der mit Abstand wichtigste Energieträger. Gefolgt von Heizöl, Feststoffen, wie Holz und Pellets, und Strom. Wärmepumpen kommen insbesondere bei Neubauten verstärkt zum Einsatz. Im Jahr 2020 wurde fast jeder zweite Neubau mit einer Wärmepumpenheizung ausgestattet.

Bis zum Jahr 2045 soll der deutsche **Gebäudebestand nahezu klimaneutral** werden. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen im Wesentlichen zwei Voraussetzungen erfüllt werden:

1. Der Energiebedarf der Bestandsgebäude muss durch Sanierungen und Modernisierung bestmöglich gesenkt und die Energieeffizienz der Heizungsanlagen gesteigert werden.
2. Der dann noch verbleibende Energiebedarf muss vollständig aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden.

→ 4.2 Umgebungswärme

Was ist Umgebungswärme?

Unter dem Begriff der Umgebungswärme wird die **Wärme in bodennahen Luftschichten, Oberflächengewässern und dem oberflächennahen Erdreich** zusammengefasst. Da die dort vorhandene Wärme nicht für die Gebäudeheizung oder die Warmwassererzeugung ausreicht, ist eine Erhöhung notwendig. Technisch umgesetzt wird dies durch sogenannte **Wärmepumpen**.

Eine Wärmepumpe ähnelt in ihrem grundlegenden Funktionsprinzip dem eines Kühlschranks. Innerhalb der Wärmepumpe wird ein Arbeitsmedium im Kreislauf geführt. Im **Verdampfer** wird dieses durch die Umgebungswärme vom flüssigen in den gasförmigen Zustand überführt. Anschließend wird im **Verdichter** die Dichte des gasförmigen Arbeitsmediums erhöht. Hierfür ist der Einsatz extern zugeführten Stroms notwendig. Durch die Verdichtung steigt die Temperatur auf ein nutzbares Niveau an. Im **Verflüssiger** wird die Wärme des Arbeitsmediums an das Heizungswasser abgegeben. Dabei verflüssigt sich dieses wieder und wird über das **Expansionsventil**, welches den Druck reduziert, zurück zum Verdampfer geführt. Neben der Bereitstellung von Wärme kann mit einer Wärmepumpe auch Kälte erzeugt werden. Das macht den Einsatzbereich für diese Technologie noch breiter.

→ Sektorenkopplung

Erneuerbare Wärme aus Biomasse und Solarthermie kann zur Deckung des Wärmebedarfs direkt eingesetzt werden. Jedoch sind deren Potentiale begrenzt, sodass eine vollständige Versorgung aus diesen Energiequellen nicht möglich ist.

Die gleiche Situation findet sich im Verkehrssektor. Auch hier können Biokraftstoffe zwar direkt eingesetzt werden, allerdings kann der vollständige Bedarf damit nicht gedeckt werden. Um die Energiewende also in Gänze bewältigen zu können ist es notwendig, den Wärme-, Verkehrs- und Stromsektor intelligent miteinander zu verbinden. Diese Sektorenkopplung ist insbesondere auch für den Stromsektor von Bedeutung, da so zumindest teilweise die fluktuierende Stromerzeugung ausgeglichen werden kann.

In Bezug auf die Wärmeversorgung von Gebäuden stellen Wärmepumpen also ein Instrument dar, um den Wärme- mit dem Stromsektor zu verbinden.

Wärmepumpen Energieeffizienz

Die Energieeffizienz der Wärmepumpe wird mit der **Jahresarbeitszahl (JAZ)** dargestellt. Diese gibt das Verhältnis der über ein Jahr abgegebenen Wärmemenge zur eingesetzten elektrischen Energie an. Je höher die JAZ ist, desto energieeffizienter arbeitet die Wärmepumpe. Die JAZ 4 bedeutet beispielsweise, dass mit 1 eingesetzten kWh Strom, 4 kWh Wärme erzeugt werden können. Eine Wärmepumpe arbeitet besonders effizient, wenn die Wärmequelle möglichst konstant und ergiebig ist, die für das Heizungssystem benötigte Vorlauftemperatur möglichst gering ist und alle Komponenten der Anlage optimal dimensioniert und aufeinander abgestimmt sind. Der Einsatz bietet sich aus diesen Gründen vor allem im Neubaubereich an. Eine Nachrüstung bei energetisch nicht sanierten Altbauten ist schwieriger umsetzbar.

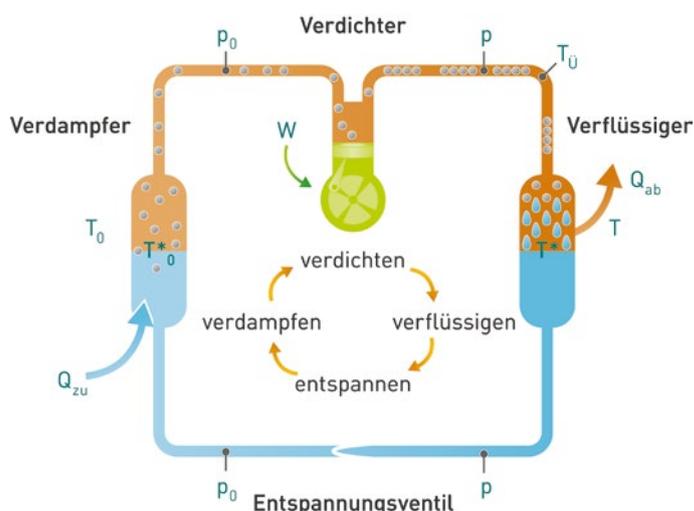


Abbildung 46: Funktionsprinzip einer Wärmepumpe

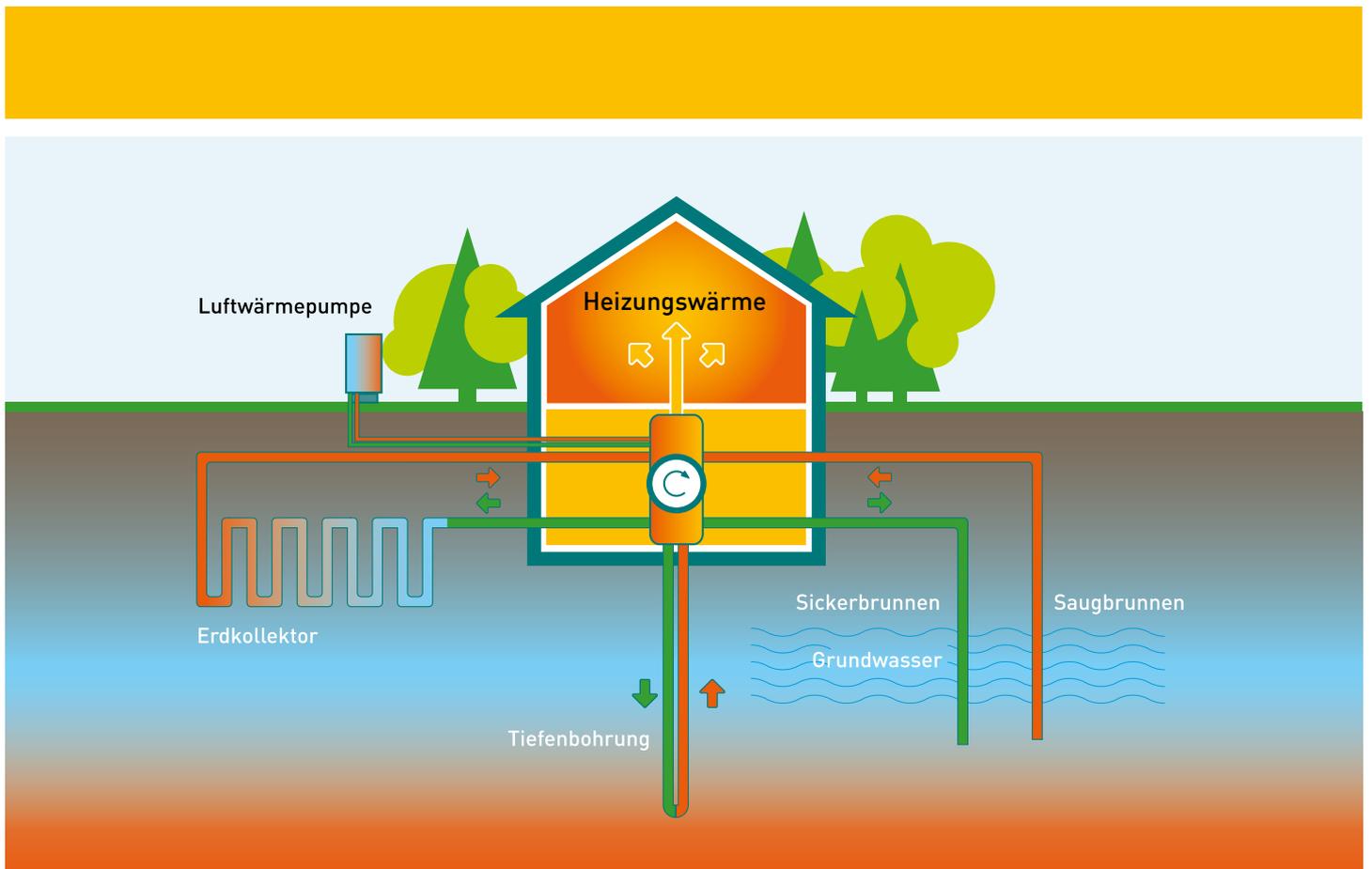


Abbildung 47: Nutzung verschiedener Wärmequellen durch Wärmepumpen

Luftwärmepumpen

Bei Luftwärmepumpen wird zumeist die **Außenluft als Wärmequelle** genutzt. Jedoch ist auch die Nutzung der Innenraum- oder Abluft möglich. Da die Erschließung dieser Wärmequelle einfach ist und keine weiteren Infrastrukturen (z.B. Erdkollektoren) benötigt werden, ist sie die in der Anschaffung **günstigste Wärmepumpenform**. Problematisch ist die über das Jahr stark schwankende Temperatur der Außenluft. Insbesondere im Winter, wenn die meiste Heizenergie benötigt wird, die Außenluft jedoch am kältesten ist, muss die Luftwärmepumpe mit voller Leistung arbeiten. Essenziell für einen wirtschaftlichen Betrieb ist daher die optimale Planung, Auslegung und Abstimmung der Anlage.

Grundwasserwärmepumpen

Ein Saugbrunnen befördert das Grundwasser zur **Grundwasserwärmepumpe**, wo die enthaltene Wärme abgegeben wird. Anschließend wird das abgekühlte Wasser über die Sickerpumpe zurückgeführt. Da das Grundwasser ganzjährig nahezu konstante Temperaturen hat, eignet es sich gut als Wärmequelle. Voraussetzung ist jedoch eine gewisse Qualität und Menge an Grundwasser. Weiterhin ist ein vergleichsweise hoher Planungs- sowie Kostenaufwand zu berücksichtigen.

Erdwärmepumpen

Erdwärmepumpen **nutzen die im oberflächennahen Erdreich gespeicherte Wärme**. Um diese nutzbar zu machen, müssen **Erdkollektoren** oder **Erdsonden** in den Boden eingebracht werden. Die Rohrschlangen der Erdkollektoren werden unterhalb der Frostgrenze, meist in 1 bis 1,5 Meter Tiefe, horizontal verlegt. Die Erdsonde besteht aus zwei Rohren, die in eine Tiefe von typischerweise ca. 100 Meter vertikal in den Boden gebracht werden. Beide führen ein **Wasser-Frostschutzgemisch**, welches die im Boden gespeicherte Wärme aufnimmt und über einen Wärmetauscher an die Erdwärmepumpe abgibt. Die Wärmeausbeute ist bei Erdsondenanlagen auf Grund der geringeren Temperaturschwankungen größer, die Kosten für die notwendigen Bohrungen machen sie jedoch bei den Anschaffungskosten zur teureren Alternative.

➔ Weitere ausführlichere Informationen:

„Wärmepumpen - Heizen mit Wärme aus der Umwelt“

SAENA-Broschüre zum Download



Besonderheiten der Biomassenutzung

Die Biomasse liefert derzeit in Deutschland und weltweit den größten Anteil der Endenergie aus dem Bereich der erneuerbaren Energien. Auf Grund der Vielfältigkeit dieser erneuerbaren Energie kann sie **praktisch in jedem Sektor zur Substitution fossiler Energieträger** eingesetzt werden. Im Verkehrssektor als Biokraftstoff, im Gebäudebereich und der Industrie zur Wärmeerzeugung oder zur Stromproduktion. Verglichen mit anderen erneuerbaren Energien bestehen bei der Biomassenutzung einige Besonderheiten.

Während des Wachstums wird durch die **Photosynthese** CO_2 aus der Atmosphäre in der Pflanze gespeichert. Bei der Verbrennung bzw. Zersetzung des Energieträgers kommt es wieder zur Freisetzung des gebundenen CO_2 . Da immer nur so viel emittiert werden kann, wie vorher gebunden wurde, wird die Biomassenutzung als CO_2 -neutral eingestuft. Man spricht auch vom sogenannten **Kohlenstoffkreislauf**.

Auch bei den fossilen Energieträgern wird bei der Verbrennung CO_2 freigesetzt, welches vorher aus der Atmosphäre aufgenommen wurde. Der wesentliche Unterschied liegt in dem zeitlichen Verhältnis, da das hier freigesetzte CO_2 bereits vor Millionen von Jahren aus der Atmosphäre entzogen und gespeichert wurde.

Heizen mit Biomasse

Zum Heizen mit Biomasse im Gebäudebereich sind insbesondere Holz und Holzpellets relevant. Holzheizungen können Wärme für ein ganzes Haus oder einzelne Räume erzeugen. Teilweise dienen sie auch der Unterstützung der Heizung und werden nur gelegentlich betrieben (bspw. Kaminöfen). Als (Holz)-Heizwerk werden dagegen Anlagen bezeichnet, die sehr große Häuser oder kleine Siedlungen versorgen. Je nach Anwendungsbereich gibt es hinsichtlich ihrer Funktionsweise und der Brennstoffe unterschiedliche Holzheizungen am Markt. Dazu zählen **Holzvergaserkessel, Pelletkessel, Hackschnitzelkessel und Kaminöfen**. Holzheizungen sind in der Anschaffung vergleichsweise teuer und für die Lagerung der Holzscheite bzw. Pellets wird relativ viel Platz beansprucht. Dafür sind aber die Brennstoffpreise relativ niedrig und stabil.

→ Als **Biomasse** werden organische Stoffe bezeichnet die als Energieträger verwendet werden und pflanzlichen oder tierischen Ursprungs sind. Diese können gasförmige, flüssige oder feste Form haben. Typische Beispiele sind etwa Holz oder Holzpellets, Biomüll und Gülle, Energiepflanzen wie Raps, Mais oder Zuckerrüben u.v.m.

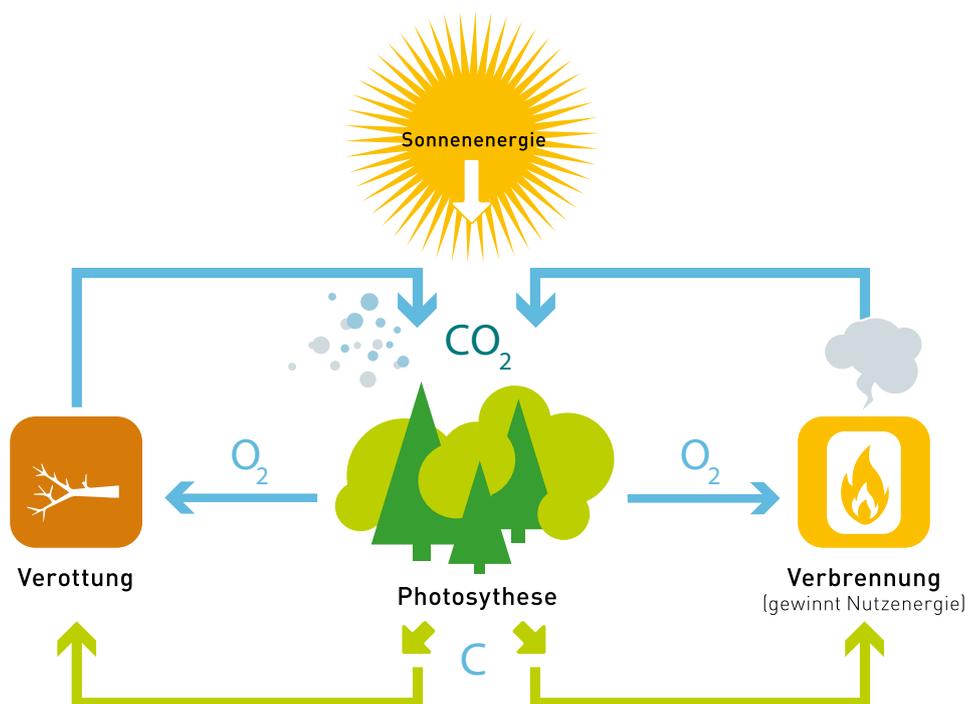


Abbildung 48: Kohlenstoffkreislauf



Abbildung 49: Biogasanlage

Anbaubiomasse

Als Anbaubiomasse werden Energiepflanzen bezeichnet, die bewusst zur späteren energetischen Nutzung kultiviert werden. Diese Nutzung der fruchtbaren Böden steht in **direkter Konkurrenz zur Nahrungsmittel- und Futterproduktion**. Weiterhin besteht eine Konkurrenz zu anderen stofflichen Nutzungsformen der Energiepflanzen, wie etwa für die Chemikalien- oder biobasierte Kunststoffherstellung. Verglichen mit anderen erneuerbaren Energien schneidet die Anbaubiomasse in Bezug auf die Flächeninanspruchnahme daher mit Abstand am schlechtesten ab. Aus diesen Gründen kann Biomasse auch langfristig nur einen Teil zur Energieversorgung beitragen. Insbesondere wenn ökologisch wertvolle Flächen zum Anbau von Biomasse umgenutzt werden, ist dies als kritisch zu betrachten.



Abbildung 50: Anbaubiomasse - Maisfeld

Biomasse aus Rest- und Abfallstoffen

Die Nutzung von biogenen Rest- und Abfallstoffen zur Energiegewinnung stellt sich als vorteilhaft dar. So können teilweise Synergien genutzt werden und beispielsweise bei der Vergärung von Gülle neben der Energiegewinnung auch ein bodenverträglicherer Dünger generiert werden. Die Bundesregierung will den **Ausbau der Bioenergienutzung** folglich **auf diese Kategorie konzentrieren**.

In **Biogasanlagen** wird unter Sauerstoffausschluss und mit der Hilfe von Bakterien pflanzliches oder tierisches Material abgebaut. Bei diesem Prozess entsteht Biogas, welches häufig direkt vor Ort in einem Blockheizkraftwerk zur Strom- und Wärmeenergiegewinnung eingesetzt wird. Auch die weitere Aufbereitung des Biogases zu Biomethan und die Einspeisung in das bestehende Gasnetz ist möglich.



Abbildung 51: Rest- und Abfallstoffe - Biotonne

→ 4.4 Solarthermie



Abbildung 52: Kollektoren einer Solarthermieanlage

Solarthermische Anlagen

Die solarthermische Anlage besteht aus **Kollektoren** und der notwendigen Systemtechnik. Hierzu zählt der **Speicher**, ein **Wärmeübertrager**, ein **Regler** für Pumpen und Ventile sowie das **Zusatzheizgerät**. Die Kollektoren fangen das Licht der Sonne ein, wandeln es in Wärme um und reichen sie über einen Wärmeübertrager an den Speicher. Der Regler steuert diesen Austausch ebenso wie die Nutzung der Speicherwärme, das Zuschalten des Heizkessels sowie die Erhitzung des Trinkwassers. Er sorgt für die optimale Nutzung aller Energiequellen im System.

Im System sind drei verschiedene Flüssigkeiten vorhanden. Die Kollektoren erhitzen die Solarflüssigkeit. Sie besteht aus Wasser und einem Frostschutzmittel, damit im Winter keine Schäden auftreten. Die Pufferflüssigkeit im Speicher zählt zum Kreislauf des „toten Wassers“ in den Heizkörpern oder den Heizschlangen der Flächenheizung. Das Trink- und Badewasser kommt mit beiden Flüssigkeiten nicht in Berührung.

Die in Mitteleuropa wichtigsten Kollektortypen für Hausbau und Gewerbe sind **Flachkollektoren** und **Vakuumröhrenkollektoren**. Gegen Wärmeverluste sind die Flachkollektoren mit herkömmlichem Dämmmaterial isoliert, die Röhren durch ein Vakuum gedämmt. Die Röhrenkollektoren haben einen höheren Wirkungsgrad als Flachkollektoren, sind aber teurer in der Anschaffung.

Wärmespeicher

Die Sonne scheint am stärksten im Sommer und nur tagsüber. Der Wärmebedarf im Haushalt ist aber am höchsten im Winter, insbesondere abends und frühmorgens. Dementsprechend spielt der **Speicher** eine zentrale Rolle bei der sinnvollen Nutzung einer Solarthermieanlage. Am Markt für heizungsunterstützende Anlagen sind Varianten des **Kombispeichers mit Innenleben** bisher am weitesten verbreitet – als Tank-im-Tank-Lösung oder mit innenliegenden Rohrschlangen. Der Kombispeicher kann dabei die Wärme aus der Solarthermieanlage sowohl für das Brauch- als auch für das Heizungswasser speichern. Die innenliegenden Teile dienen dabei der Trinkwassererwärmung.

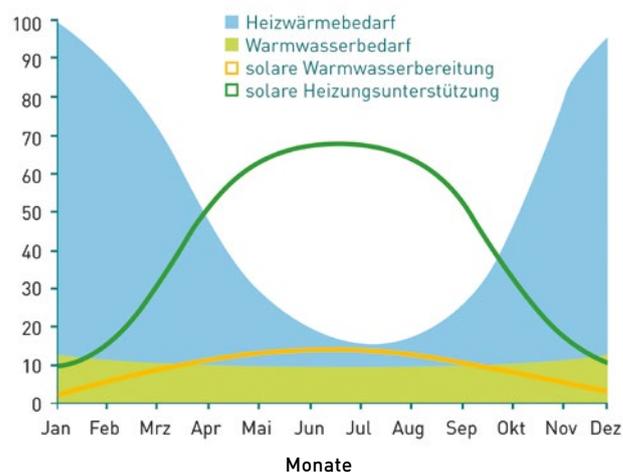


Abbildung 53: Sonnenwärmeangebot und Wärmebedarf im Bestandsgebäude



Abbildung 54: Solarturmkraftwerk

Solarwärmekraftwerke

Neben den klassischen Solarthermieanlagen, die die Wärme direkt nutzen, gibt es auch Anlagen im industriellen Maßstab, die für die Stromerzeugung verwendet werden. Solche **Solarwärmekraftwerke** bündeln das einfallende Sonnenlicht und erhitzen eine Flüssigkeit oder Dampf, um Turbinen anzutreiben und mit Hilfe eines Generators Strom zu erzeugen. Es gibt verschiedene Bauarten derartiger Kraftwerke. Bei dem so genannten Solarturmkraftwerk lenken tausende von Spiegeln das einfallende Sonnenlicht auf einen hoch gelagerten Absorber. Dabei entstehen Temperaturen von über 1.000 Grad Celsius.

Die Wirkungsgrade von Solarwärmekraftwerken sind höher als die von PV-Anlagen. Der Wartungsaufwand ist allerdings intensiver und der Einsatz eignet sich nur an sehr sonnenreichen Standorten. In Deutschland existieren, abgesehen von Testanlagen, keine Solarwärmekraftwerke.

→ Im 18. Jahrhundert erfand **Horace-Bénédict de Saussure** den Vorläufer des Solarkollektors. In einem Holzkasten mit schwarzem Boden und Glasabdeckung erreichte er 87 Grad Celsius. Im nächsten Jahrhundert kombinierte **Augustin Mouchot** diese Solarkollektoren mit Brennsiegeln. Auf der Pariser Weltausstellung 1878 stellte er eine Solardampfmaschine vor, die zum Betrieb eines Kühlschranks für das Speiseeis der Besucher diente.

→ Neben der Erzeugung von Strom (Photovoltaik) kann die Strahlungsenergie der Sonne auch zur Erzeugung von Wärme bzw. Kälte (Solarthermie) genutzt werden. Am häufigsten werden Solarthermieanlagen in privaten Haushalten eingesetzt und dienen zur **Brauchwassererwärmung** oder der **Heizungsunterstützung**. Im größeren Maßstab können **Nahwärmenetze** von einer oder mehreren

Solarthermieanlagen mit Wärme versorgt werden, um so ganzen Siedlungen die benötigte Wärme zur Verfügung zu stellen. Auch im industriellen Bereich finden sich Einsatzgebiete für Solarthermieanlagen. In Unternehmen mit einem großen Wärmebedarf wie Brauereien oder Wäschereien kann die **solare Prozesswärme** die Abläufe unterstützen.

→ 5. Sachsen Erneuerbar



Abbildung 55: Nachhaltigkeit

SACHSEN ERNEUERBAR
ENERGIEWENDE
GEMEINSAM GESTALTEN





Abbildung 56: Windpark

Energiewende und Akzeptanz

Energie, Energiewende und erneuerbare Energien sind Begriffe, die als Schlagworte täglich in den Medien zu hören sind. Die einen reden von Unbezahlbarkeit der erneuerbaren Energien, die anderen von Investitionen in die Zukunft.

Die **Energieversorgung** in Deutschland befindet sich im **Wandel**. Neue Energieanlagen prägen zunehmend das Landschaftsbild. Für einige Menschen ist dies das Sinnbild für Zukunft und Fortschritt. Für andere stellen sie einen Einschnitt in ein vertrautes Landschaftsbild dar. Die Energiewende bringt, wie jeder Wandel, gesamtgesellschaftliche **Konfliktfelder** mit sich. Um **Akzeptanz** in der Gesellschaft zu schaffen, ist es wichtig die Chancen und Herausforderungen die mit den erneuerbaren Energien verbunden sind zu betrachten. Dafür stehen vielfältige Partizipations- und Informationsmöglichkeiten zur Verfügung. Wichtig ist es, den **Dialog** zu suchen und eine gemeinsame Kommunikationsebene vor Ort zu finden.

→ Dialog- und Servicestelle für erneuerbare Energien

Die SAENA unterstützt Sie mit der Dialog- und Servicestelle für erneuerbare Energien bei diesen Herausforderungen. Wir stellen ein unabhängiges, fachlich fundiertes und kostenfreies Beratungs- und Informationsangebot zur Verfügung und unterstützen Sie bei der Lösung von Konflikten vor Ort. Weitere Informationen finden sich auf unserer Internetseite.



Kommunikation und Dialog

In einer Demokratie sind Konflikte normal. Der gesellschaftliche **Verständigungsprozess** zu erneuerbaren Energien sollte sich dadurch auszeichnen, dass möglichst viele Bürger, kommunale Vertreter und weitere Anspruchsgruppen zusammengebracht werden. Ihre Meinungen und Wünsche müssen **transparent** abgebildet werden. Flankierend sollten den Akteuren **Sachinformationen** zur Verfügung gestellt werden, um gemeinsam eine mehrheitsgetragene Lösung zu finden.

Wichtig ist eine möglichst **frühzeitige Einbindung der Öffentlichkeit** bei erneuerbaren Energien-Projekten. Dafür gibt es eine Vielzahl von möglichen Informations- und Dialogveranstaltungs-konzepten. Deren Einsatz sollte stets von der konkreten Situation abhängig gemacht werden.

→ Digitaler Werkzeugkasten für Kommunen

In unserem digitalen Werkzeugkasten haben wir einige wichtige Informationen rund um das Thema „erneuerbare Energien“ für Kommunen zusammengefasst. Erfahren Sie beispielsweise welche konkreten Handlungsmöglichkeiten bei geplanten Projekten bestehen oder wie Kommunen finanziell an den Anlagen teilhaben können.



Veranstaltungs- und Beteiligungsformate

Um Informationen zur Verfügung zu stellen und Fragen zu beantworten, eignen sich sogenannte **Infomärkte**. An verschiedenen Ständen kann jeder seine Fragen stellen und eine Antwort bekommen. Neben dem Betreiber der Anlage und kommunalen Mitarbeitern können beispielsweise auch Vertreter der regionalen Planungsverbände oder einer unabhängigen Einrichtung, wie der SAENA, zum Gespräch eingeladen werden. In Formaten wie **Bürgerforen** oder **Zukunftswerkstätten** können Gestaltungsspielräume genutzt werden. Hier können Ideen und Wünsche, aber auch Bedenken zum geplanten Projekt diskutiert und einbezogen werden, um so eine noch bessere Lösung zu finden.

Nicht nur zu Beginn des Projektes ist die Kommunikation und Einbeziehung der Öffentlichkeit von großer Relevanz, sondern auch während des gesamten Verlaufs. Auf Grund der komplexen Genehmigungsverfahren dauert es häufig Jahre, bis die geplanten Anlagen errichtet werden. **Regelmäßige Informationen** für die Bürger zum aktuellen Stand des Projektes sind daher sinnvoll. Diese können beispielsweise über eine eigens angelegte **Projektseite** oder das **Amtsblatt** verteilt werden.



Abbildung 57: Dialogveranstaltung

Ist das Vorhaben realisiert, bieten sich gemeinsame Veranstaltungen von Bürgern, Kommunen und Projektvertretern vor Ort an, um die **Identifikation nachhaltig zu stärken**. Unter Einbeziehung der ansässigen Vereine und öffentlichen Einrichtungen wie beispielsweise der Feuerwehr und dem Kindergarten, können die erneuerbaren Energien so hautnah für jeden erlebbar gemacht werden. Auch während der Betriebszeit sollten regelmäßig Informationen verteilt werden. Beispielsweise wie viel Strom die Anlagen im letzten Jahr produziert haben oder in welche Vorhaben die Kommune die Einnahmen aus den Anlagen investiert hat.

Finanzielle Beteiligungsmöglichkeiten

Mit dem **§ 6 EEG** sieht der Gesetzgeber seit dem Jahr 2021 eine Möglichkeit vor, wie Kommunen direkt an dem Gewinn des erzeugten Stroms beteiligt werden können. Für die Anlagenbetreiber besteht die Möglichkeit, den Gemeinden im Umkreis von 2.500 Metern um eine Windenergieanlage oder den Gemeinden mit einer Photovoltaik-Freiflächenanlage auf ihrem Gebiet, bis zu 0,2 Cent pro eingespeister Kilowattstunde zu zahlen. Bei einer modernen Windenergieanlage kommen so beispielsweise schnell zwischen 20.000 und 40.000 Euro pro Jahr zusammen. Werden diese Einnahmen eingesetzt, um die **Lebensverhältnisse vor Ort zu verbessern**, profitieren alle von den Anlagen. Im Optimalfall sollte gemeinsam mit den Bürgern entschieden werden, für was das Geld verwendet werden soll.

Häufig gibt es auch direkte Beteiligungsmöglichkeiten für Bürger. So können beispielsweise private Investitionen in das Projekte ermöglicht werden, indem eine **Bürgerenergiegesellschaft** gegründet wird oder **Eigenkapitalbeteiligungen** angeboten werden. Zudem werden immer öfter **vergünstigte Ökostromtarife** für Anwohner ermöglicht.



Abbildung 58: Finanzielle Beteiligung



Abbildung 59: Fridays for Future Bewegung



Abbildung 60: Klimaschulteam

Generationengerechtigkeit

Immer mehr Jugendliche interessieren sich für den Klimawandel. Sie setzen sich kritisch mit den aktuellen politischen Entscheidungen auseinander und stellen Fragen zur Energiewende. Für ihre lebenswerte Zukunft engagieren sich junge Menschen immer mehr. Dies ist deutlich an der weltweiten Fridays for Future Bewegung zu erkennen. Sie wollen und sind Teil der Energiewende!

Schulenergieprojekte der SAENA

Die SAENA arbeitet sachsenweit mit allen Schultypen zusammen, um ENERGIE in den Schulalltag und im Unterricht als interessantes Element, das jeder benötigt und dessen Verbrauch jeder beeinflussen kann, zu einem Erlebnis werden zu lassen. Mit kostenfreien Unterrichtsmodulen und Beratung zu Energieprojekten wird eine Physikstunde oder ein Projekttag besonders. Energie und Klimaschutz stehen in engem Zusammenhang, deshalb ist Wissensvermittlung eine Investition in die Zukunft.

Unsere Angebote für Sie!

Sie suchen nach interessanten Möglichkeiten sich dem Thema Energie an Ihrer Schule zu nähern? Ob als „Unterricht einmal anders“, als Projekttag oder als Projekt für die ganze Schule, können Energiesparen, erneuerbare Energien und die Mobilität zu neuen Denkansätzen bei Schülern, Eltern und Lehrkräften führen. Der Kreativität sind dabei keine Grenzen gesetzt und wir freuen uns, Sie mit folgenden kostenfreien Angeboten unterstützen zu können.

Klimaschulen in Sachsen

Es handelt sich dabei um eine gemeinsame Initiative des Sächsischen Staatsministeriums für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft und des Sächsischen Staatsministeriums für Kultus. Ziel ist es an sächsischen Schulen die Themen Klimawandel, Klimafolgen und Klimaschutz langfristig zu etablieren. Die Schulen entwickeln einen eigenen Klimaschwerpunkt und handeln nach diesem.

→ Werden Sie Klimaschule

Haben Sie Interesse Klimaschule zu werden? Auf dieser Internetseite finden Sie weitere Informationen.



→ Unserer Schulplattform

Auf unserer Schulplattform finden Kinder, Jugendliche und Lehrende eine Vielzahl an Aufgaben zum Download rund um das Thema Energie. In Form von Experimenten, Forscheraufträgen, Projektbeispielen, Arbeitsblättern, Rätseln, Filmen und Infoseiten gibt es Spannendes zum Ausprobieren und Lernen.



→ Unterricht einmal anders

Wir bringen die Themen rund um die erneuerbaren Energien an die sächsischen Schulen. Ob erneuerbare Energien oder Elektromobilität, Energieeinsparung in Schule oder zu Hause. Diese und andere Fragen beantworten interessante **Unterrichtsmodule**, die unkompliziert und kostenfrei bei uns gebucht werden können.



TIPP: Neun Schritte zur eigenen Solaranlage

1. Ergebnisse der Computerauswertung überprüfen

Überprüfen Sie auf der Website **solarkataster-sachsen.de** wie Sie das Potenzial Ihres Daches auf unterschiedliche Weise nutzen können.



2. Fachberatung vor Ort

Die SAENA berät kostenfrei und kompetent zum Energiesparen, Bauen, Mobilität oder erneuerbaren Energien. Energie-Beratung erhalten Sie durch unser Team aus Architekten, Ingenieuren und Verkehrs- und Wirtschaftsexperten.

3. Örtliche Bauvorschriften prüfen

Eine mögliche Baugenehmigungsfreiheit für Solaranlagen regelt die Bauordnung. Anlagen auf privaten Dach- und Fassadenflächen sind in der Regel genehmigungs-/ verfahrensfrei. Bei denkmalgeschützten Gebäuden oder Ensembles sowie einer Lage im Geltungsbereich von Denkmalschutz-, Erhaltungs-, Gestaltungs- und Sanierungsgebietsatzungen muss eine Genehmigung eingeholt werden, bzw. sind die entsprechenden Regelungen zu beachten. Ebenso kann durch Festsetzungen in Bebauungsplänen der Bau von Solaranlagen eingeschränkt sein. Freiflächen-Solaranlagen bedürfen dagegen in den meisten Fällen einer Genehmigung. In diesen Fällen sollten die örtlichen Bauämter oder versierte Energieberater bzw. Handwerksbetriebe kontaktiert werden.

4. Zustand des Dachs prüfen

Vor dem Einbau einer Solarstromanlage sollte die Lebensdauer des Daches geprüft werden. Solaranlagen haben eine Laufzeit von mindestens 20 Jahren. Steht in den nächsten Jahren eine Dachsanierung an, sollte diese vor dem Einbau der Solaranlage vorgenommen werden. Nicht jede Dacheindeckung eignet sich allerdings für eine Solaranlage. Bei einer dachintegrierten Solarstromanlage wird die Anlage in die Dachhaut eingearbeitet, wodurch Kosteneinsparungen im betreffenden Dachbereich möglich sind.

5. Kompetenten Fachbetrieb finden

In der Region finden Interessierte viele Fachfirmen für Beratung, Angebotserstellung, wirtschaftliche Bewertung und Durchführung der Installation. Einen guten Fachbetrieb erkennt man an seinen Referenzen. zu nehmen.

6. Angebote einholen

Wenn Sie sich dazu entschlossen haben, eine Solaranlage zu bauen, sollten Sie von mehreren Fachbetrieben detaillierte Angebote einholen. Man prüft alle Angebote auf Vollständigkeit und Vergleichbarkeit. Im Zweifelsfall können Sie die Angebote von einem unabhängigen Energieberater prüfen lassen.

Falls Sie sich bezüglich der Wirtschaftlichkeit eines Stromspeichers in Kombination mit Ihrer Anlage unsicher sind, holen Sie sich vergleichbare Angebote mit und ohne Stromspeicher ein.

7. Die Auftragserteilung

Achten Sie bei der Vergabe des Auftrages unbedingt auf die Zahlungsmodalitäten und beziehen Sie sich immer auf das zu Grunde liegende Angebot. Falls Sie mit der Solarfirma spezielle Vereinbarungen zum Ausführungstermin und/oder dem spätesten Inbetriebnahmezeitpunkt haben, sollten nicht nur diese, sondern auch die Konsequenzen bei einer Überschreitung schriftlich mit der Auftragsvergabe formuliert sein. Lassen Sie sich eine schriftliche Auftragsbestätigung geben.

8. Inbetriebnahme der Anlage

Der Handwerker wird nach Aufbau der Anlage die Inbetriebnahme zusammen mit dem Energieversorger durchführen. Sie erhalten ein Inbetriebnahmeprotokoll, in dem unter anderem der Zählerstand des Einspeisezählers festgehalten wird. Seit dem ersten Januar 2009 besteht für Betreiber von Solarstromanlagen eine besondere Meldepflicht als Voraussetzung für die Zahlung der Einspeisevergütung. Der Betrieb der Anlage muss der Bundesnetzagentur über das Marktstammdatenregister gemeldet werden.

Informationen erhalten Sie unter **www.marktstammdatenregister.de**



9. Von nun an ist man Stromproduzent

Der zuständige Stromversorger wird mit dem Betreiber einen entsprechenden Vertrag schließen und den eingespeisten Strom nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz vergüten. Spätestens jetzt sollten Sie der Gebäudeversicherung die Photovoltaik-Anlage als neuen Bestandteil des Gebäudes anzeigen, damit diese z. B. bei Sturmschäden abgesichert ist. Eventuell ist die Anlage aber schon über die bestehende Versicherung abgedeckt. Dazu sollten Sie sich bei Ihrem Versicherungsanbieter erkundigen. Auch in der nächsten Steuererklärung ist die Photovoltaik-Anlage zu berücksichtigen. Dies wirkt sich in der Regel positiv aus und verringert die Steuerlast. Es lohnt sich unter Umständen zu diesen Fragen eine Beratung in Anspruch zu nehmen.

→ Abbildungsverzeichnis

Titelbild:	links: Windenergieanlagen (© iStock.com, ljubaphoto)	1
	rechts oben: Kollektoren einer Solarthermieanlage (© depositphotos, Florina Chetreau)	1
	rechts mitte: Anbaubiomasse - Rapsfeld (© Pixabay, Michael Schwarzenberger)	1
	rechts unten: Agri-Photovoltaikanlage (© iStock.com, Jenson)	1
Abbildung 1:	Wanderausstellung Erneuerbare Energien (© SAENA)	3
Abbildung 2:	Vertrockneter Boden (© pixabay, Henrikas Mackevicius)	6
Abbildung 3:	Entwicklung der Konzentration wichtiger Treibhausgase in der Atmosphäre (© büro quer dresden, Datenquelle: IPCC 2007, NOAA 2021)	7
Abbildung 4:	Darstellung des natürlichen Treibhauseffektes (© büro quer dresden)	7
Abbildung 5:	Überschwemmung (© Pixabay, Hans Braxmeier)	8
Abbildung 6:	Dürre in der Landwirtschaft (© Pixabay, Erwin Nowak)	8
Abbildung 7:	Treibhausgasemissionen in Deutschland – bisherige Entwicklungen und Ziele (© büro quer dresden, Datenquelle: BMU 2021, KSG 2021)	9
Abbildung 8:	Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch in Deutschland und Sachsen (© büro quer dresden, Datenquelle: AGEE-Stat 02/2021, eigene Prognoserechnungen SAENA)	10
Abbildung 9:	Kohlebergbau (© Pixabay, S. Hermann & F. Richter)	11
Abbildung 10:	Havariertes Kernkraftwerk Tschernobyl (© Pixabay, Denis Resnik)	11
Abbildung 11:	Windenergieanlagen (© Pixabay, Pexels)	12
Abbildung 12:	Photovoltaikanlage (© Pixabay, atimedia)	12
Abbildung 13:	Pumpspeicherwerk (© Pixabay, Cornell Frühauf)	12
Abbildung 14:	Flagge der Europäischen Union (© iStock.com, artJazz)	13
Abbildung 15:	Windenergieanlagen (© iStock.com, ljubaphoto)	14
Abbildung 16:	Persische Windmühle (© iStock.com, Abdolhamid Ebrahimi)	15
Abbildung 17:	Bockwindmühle (© Pixabay, lapping)	15
Abbildung 18:	Erdölpumpe (© Pixabay, John R Perry)	15
Abbildung 19:	Größenentwicklung der Windenergieanlagen des Anlagenherstellers Enercon (© Wikipedia, Jahobr)	16
Abbildung 20:	Windpark in Sachsen (© SAENA)	16
Abbildung 21:	Windenergieanlagen (© Pixabay, Hans Braxmeier)	17
Abbildung 22:	Planungsregionen in Sachsen (© Logos: Regionale Planungsverbände Sachsen Geodaten: GeoSN 2021, dl-de/by-2-0)	17
Abbildung 23:	Windenergieanlagen (© Pixabay, Henning Westerkamp)	18
Abbildung 24:	Nachkennzeichnung von Windenergieanlagen (© iStock.com, sandsun)	19
Abbildung 25:	Windenergieanlagen im Wald (© Pixabay, andreas160578)	20
Abbildung 26:	Photovoltaikanlage (© iStock.com, Adam Smigielski)	22
Abbildung 27:	Installation einer Photovoltaikanlage (© Pixabay, Como una Reina)	23
Abbildung 28:	Solarthermieanlage (© iStock.com, KangeStudio)	23
Abbildung 29:	links: Photovoltaikanlage, rechts: Solarthermieanlage (© IWB (Industrielle Werke Basel), 2021, www.iwb.ch/Themen/solar-magazin/Artikel/Was-ist-der-Unterschied-zwischen-Photovoltaik-und-Solarthermie.html)	23
Abbildung 30:	Photovoltaik Netto-Zubau installierter Nennleistung in Deutschland (© büro quer dresden, Datenquelle: Fraunhofer ISE Energy-Charts 2021)	24
Abbildung 31:	Installation PV-Anlage (© Pexels, Los Muertos Crew)	24
Abbildung 32:	PV-Freiflächenanlage (© Pixabay, Samuel Faber)	25
Abbildung 33:	PV-Freiflächenanlage (© Pixabay, PublicDomainPictures)	26
Abbildung 34:	Aufbau einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage (© büro quer dresden)	26
Abbildung 35:	PV-Dachanlage (© SAENA)	27
Abbildung 36:	Direkt- und Diffusstrahlung im Jahresverlauf (© büro quer dresden)	27
Abbildung 37:	Agri-Photovoltaikanlage (© iStock.com, Jenson)	28
Abbildung 38:	Floating-Photovoltaikanlage (© iStock.com, Tomwang112)	28
Abbildung 39:	Bauwerkintegrierte Photovoltaikanlage (© iStock.com, t_kimura)	29
Abbildung 40:	Solar-Carport (© iStock.com, imagedepotpro)	29
Abbildung 41:	Zweiachsig nachgeführte PV-Anlage (© Pixabay, Sebastian Ganso)	30
Abbildung 42:	PV-Dachanlage (© Pixabay, Manfred Antranias Zimmer)	31
Abbildung 43:	Solarthermie (© iStock.com, KangeStudio)	32
Abbildung 44:	Sächsischer Endenergieverbrauch im Jahr 2021 in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr (© büro quer dresden, Datenquelle: eigene Prognoserechnung SAENA)	33
Abbildung 45:	Wärme- und Kältebereitstellung in Sachsen aus erneuerbaren Energien 2021 (© büro quer dresden, Datenquelle: eigene Prognoserechnung SAENA)	33
Abbildung 46:	Funktionsprinzip einer Wärmepumpe (© media project GmbH)	34
Abbildung 47:	Nutzung verschiedener Wärmequellen durch Wärmepumpen (© büro quer dresden)	35
Abbildung 48:	Kohlenstoffkreislauf (© büro quer dresden)	36
Abbildung 49:	Biogasanlage (© SAENA)	37
Abbildung 50:	Anbaubiomasse - Maisfeld (© Pixabay, Nicole Pankalla)	37
Abbildung 51:	Rest- und Abfallstoffe - Biotonne (© Manfred Richter)	37
Abbildung 52:	Kollektoren einer Solarthermieanlage (© depositphotos, Florina Chetreau)	38
Abbildung 53:	Sonnenwärmeangebot und Wärmebedarf im Bestandsgebäude (© Heimrich & Hannot GmbH)	38
Abbildung 54:	Solarturmkraftwerk (© iStock.com, Mlenny)	39
Abbildung 55:	Nachhaltigkeit (© iStock.com, miakiev)	40
Abbildung 56:	Windpark (© Pixabay, Tomasz Jagla)	41
Abbildung 57:	Dialogveranstaltung (© Weisflog.net)	42
Abbildung 58:	Finanzielle Beteiligung (© Pixabay, Nattanan Kanchanaprat)	42
Abbildung 59:	Fridays for Future Bewegung (© Pixabay, Dominic Wunderlich)	43
Abbildung 60:	Klimaschulsteam (© SAENA)	43



Impressum

Herausgeber

Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH

Pirnaische Straße 9
01069 Dresden

Telefon: 0351 4910-3152
Telefax: 0351 4910-3155

E-Mail: info@saena.de
Internet: www.saena.de

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 (SAB).

Redaktion

Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH

Auflage

1. Auflage | Dezember 2022

Gestaltung

Grafik-Springer, Dresden

Weitere Informationen unter:

Beratertelefon: 0351 4910-3179

www.sachsen-erneuerbar.de

www.saena.de/beratung

www.saena.de/broschüren

www.saena.de/veranstaltungen

www.saena.de/fördermittelratgeber

www.saena.de/energieportal-sachsen

www.saena.de/digitale-bauherrenmappe

www.saena.de/energie-experten

