



deutschland  
hat  
unendlich  
viel  
energie

# ERNEUERBARE ENERGIEN 2020 POTENZIALATLAS DEUTSCHLAND



Agentur für  
Erneuerbare  
Energien

# **ERNEUERBARE ENERGIEN 2020**

## POTENZIALATLAS DEUTSCHLAND

<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>5</b>
<b>2. FLÄCHENBEDARF FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN 2020</b>	<b>6</b>
<b>3. WINDENERGIE - RÜCKENWIND FÜR DIE STROMVERSORGUNG</b>	<b>8</b>
Mehr Ertrag mit weniger Anlagen	10
Windenergie holt mehr Strom aus der Fläche als Braunkohle	14
Offshore-Windenergie: Energie vom stürmischen Meer	16
<b>4. SOLARENERGIE – SONNIGE AUSSICHTEN FÜR STROM UND WÄRME</b>	<b>18</b>
Strom aus Solarenergie	20
Dachanlagen für Solarenergie	22
Freiflächenanlagen für Solarenergie	24
Solarthermie: Heizen und Kühlen mit Sonne	26
<b>5. GEOTHERMIE – ENERGIE AUS DER TIEFE</b>	<b>28</b>
Nutzungstiefen Geothermie	30
Geothermische Kraft –und Heizwerke	32
Oberflächennahe Geothermie	34
<b>6. BIOENERGIE – VIEL ERTRAG VON WENIG FLÄCHE</b>	<b>36</b>
Woher die Bioenergie kommt: Acker- und Grünland	40
Woher die Bioenergie kommt: Reststoffe	42
Selbstversorgung mit Bioenergie	44
<b>7. WASSERKRAFT – QUELLE FÜR SAUBERE ENERGIE</b>	<b>46</b>
Wasserkraftpotenzial: Bestehende Querverbauungen	49
Ausbaupotenzial der kleinen Wasserkraft	50
Ausbaupotenzial der großen Wasserkraft	52
<b>8. DATEN KOMPAKT</b>	<b>54</b>
<b>GLOSSAR</b>	<b>56</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>61</b>
<b>LITERATUR- UND ABBILDUNGSNACHWEIS, IMPRESSUM</b>	<b>62</b>





47 Prozent regenerativer Strom in Deutschland bis 2020 – das prognostiziert die Erneuerbare-Energien-Branche

Eine zukunftsfähige Energiepolitik muss Umwelt- und Klimaschutz, Wirtschaftlichkeit sowie Versorgungssicherheit gleichermaßen verfolgen. Erneuerbare Energien leisten hierzu einen erheblichen Beitrag.

Anders als fossile Energiequellen verursachen Strom, Wärme und Kraftstoffe aus Erneuerbaren Energien kaum Treibhausgase wie Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). So wirken sie dem Klimawandel entgegen, der mit erheblichen wirtschaftlichen Folgekosten verbunden ist.

Gleichzeitig reduzieren Erneuerbare Energien die Importkosten für Erdöl, Erdgas und Kohle (BEE: 8,3 Mrd. Euro im Jahr 2008). Drei Viertel der in Deutschland genutzten Energie wird importiert. Durch den Ausbau von Erneuerbaren Energien kann die Importabhängigkeit verringert und gleichzeitig die Versorgungssicherheit gesteigert werden.

Zukunftsfähig ist deshalb nur eine Energieversorgung aus Wind-, Solar-, Wasser-, Bioenergie und Geothermie. Sie stehen weltweit unendlich zur Verfügung. Ihr Potenzial ist bei Weitem noch nicht ausgeschöpft.

Auch die Europäische Union (EU) hat dies erkannt und beschlossen, den Anteil Erneuerbarer Energien in der EU bis 2020 auf 20 Prozent zu steigern. Dabei ist für Deutschland ein nationales Ziel von 18 Prozent am gesamten Endenergieverbrauch vorgesehen.

Aber Deutschland hat das Potenzial zu viel mehr. Bis 2020 werden nach Branchenberechnungen 28 Prozent des Endenergieverbrauchs durch Erneuerbare Energien gedeckt. Dieser Ausbau geht einher mit enormen volkswirtschaftlichen Gewinnen. So können im Jahr 2020 Kosten für fossile Brennstoffimporte in Höhe von 50 Mrd. Euro durch die Nutzung von Erneuerbaren Energien eingespart werden. Zudem können sie den Ausstoß von 287 Mio. Tonnen Treibhausgasen vermeiden und somit zukünftige Umwelt- und Klimaschäden in Höhe von etwa 20 Mrd. Euro verhindern.

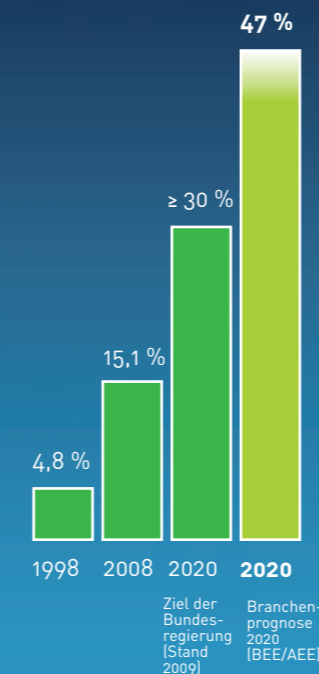
Deutschland hat in den vergangenen 10 Jahren gezeigt, dass ein starker Ausbau der Erneuerbaren Energien in kurzer Zeit möglich ist und gilt international als Vorbild. Und Deutschland hat das Potenzial, diesen starken Ausbau auch in den kommenden 10 Jahren fortzuführen. Die Branche prognostiziert für das Jahr 2020 einen Anteil der Erneuerbaren Energien von 47 Prozent am Stromverbrauch, 25 Prozent am Wärmeverbrauch und von 22 Prozent am Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr.

Die Fläche, die hierfür benötigt wird, ist gering. Das zeigt dieser „Potenzialatlas der Erneuerbaren Energien 2020“. Je nach Klima, Landschaft, Siedlungs- und Agrarstruktur bietet jede Region ihre eigenen, unterschiedlichen Potenziale. Überall liegen ungenutzte Chancen, die nur darauf warten, ergriffen zu werden. Denn eines ist gewiss: Deutschland hat unendlich viel Energie.

**Anteile Erneuerbarer Energien an der Energieversorgung in Deutschland**

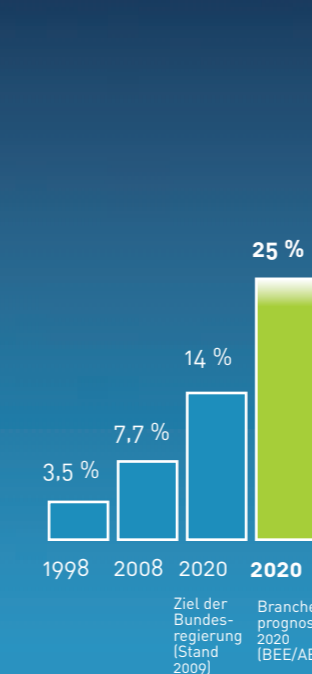
**Strom**

Anteile Erneuerbarer Energien am gesamten Bruttostromverbrauch



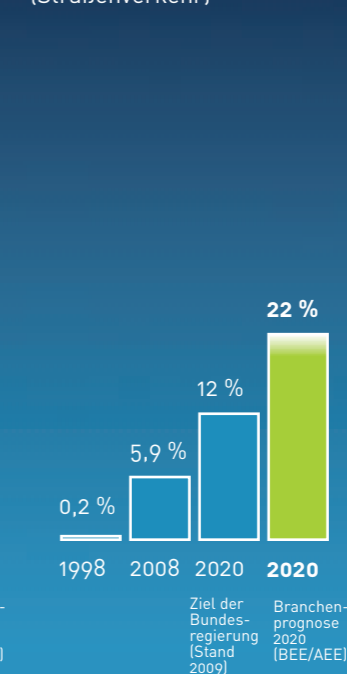
**Wärme**

Anteile Erneuerbarer Energien am gesamten Wärmeverbrauch



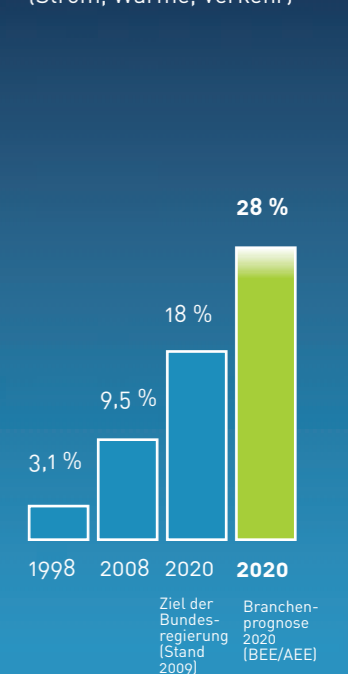
**Kraftstoff**

Anteile Erneuerbarer Energien am gesamten Kraftstoffverbrauch (Straßenverkehr)



**Endenergieverbrauch**

Anteile Erneuerbarer Energien am gesamten Endenergieverbrauch (Strom, Wärme, Verkehr)



## Kraftstoff



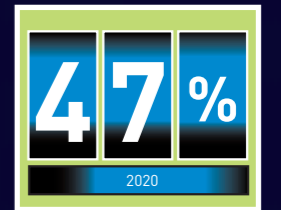
Anteile am Kraftstoffverbrauch (Straße, einschließlich Elektrofahrzeuge) 2020:

## Wärme

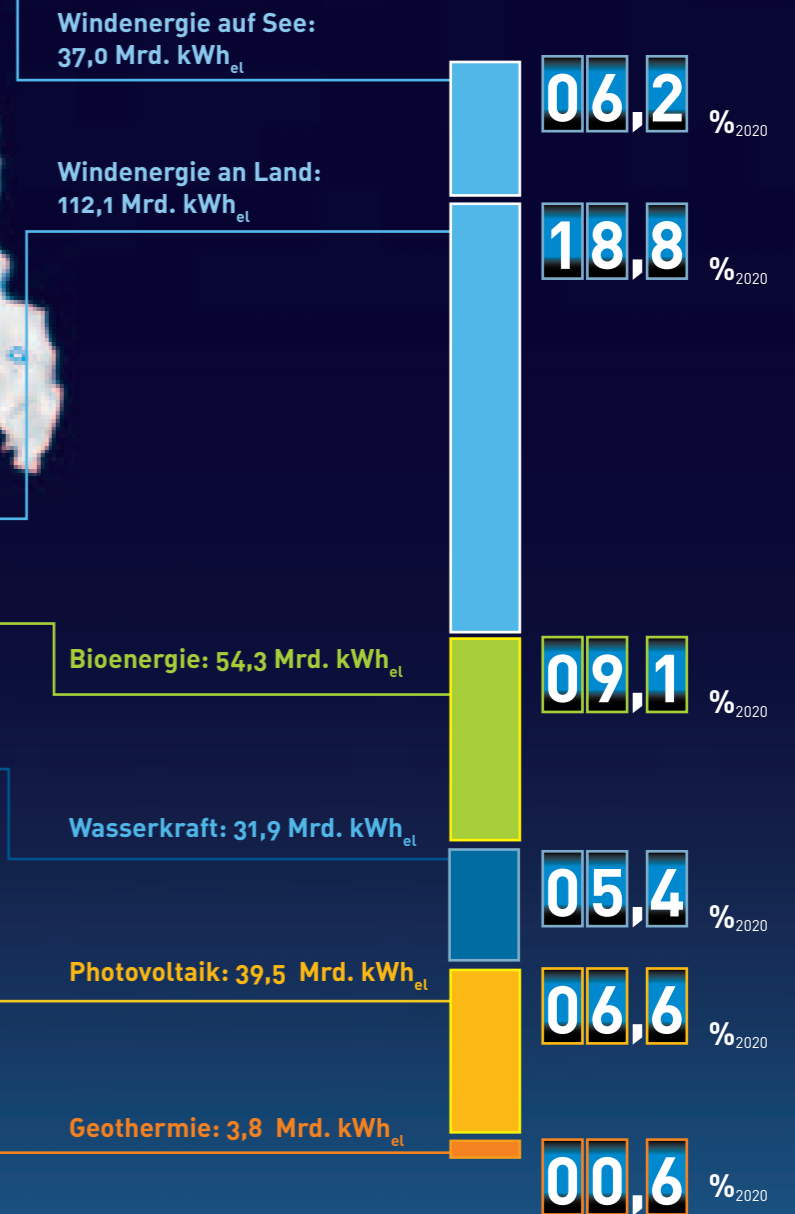
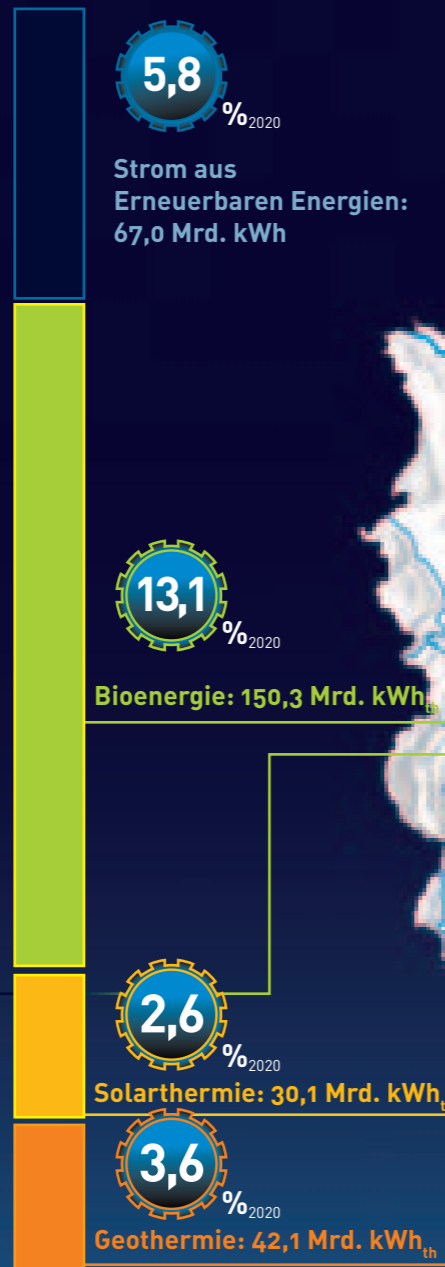
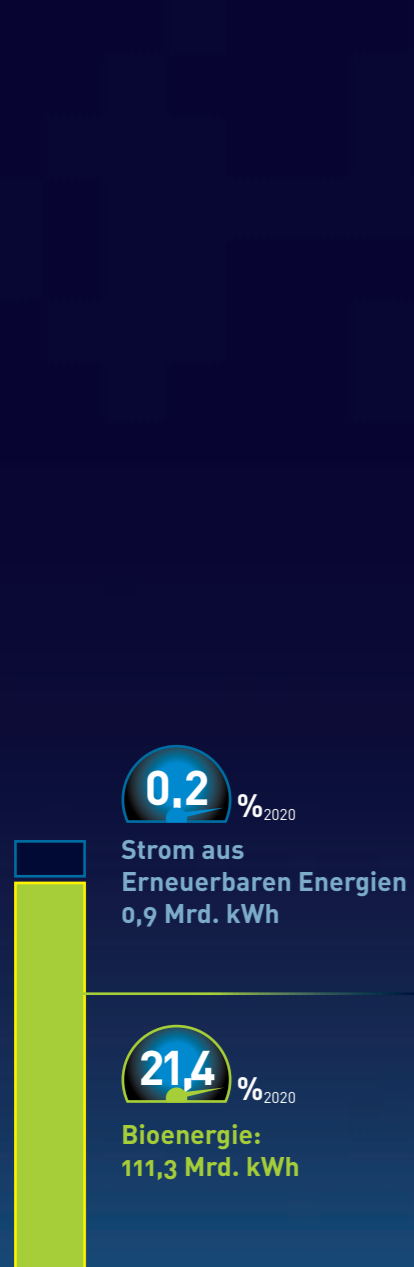


Anteile am Wärmeverbrauch 2020:

## Strom



Anteile am Stromverbrauch 2020:



Die Rechtecke bilden den jeweiligen Flächenbedarf der Erneuerbaren Energien an der Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland maßstabsgetreu ab und sind nicht ortsbezogen.

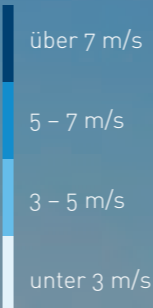
Windgeschwindigkeiten in 120 m Höhe



**nur Fundamentsflächen**  
 2008: 1.700 ha  
 2020: 2.700 ha

**inkl. Abstandsflächen**  
 2008: 170.000 ha  
 2020: 270.000 ha

In 120 m Höhe weht der Wind durchschnittlich mit einer Geschwindigkeit von



Dass der Wind an der Küste am stärksten weht, ist keine Überraschung. Trotzdem lohnt es sich auch in Süddeutschland, auf Windenergie zu setzen. Denn es gibt für jeden Wind die passende Anlage.

# RÜCKENWIND FÜR DIE STROMVERSORGUNG WINDENERGIE

Die Windenergie liefert zwar heute schon den größten Anteil erneuerbaren Stroms, ihr Potenzial ist jedoch noch längst nicht ausgeschöpft. Das liegt in erster Linie an der rasanten Leistungssteigerung der Technik. Der stärkere Wind in großen Höhen kann fast überall in Deutschland genutzt werden, und viele alte können durch wenige moderne leistungsstarke Anlagen ersetzt werden. Das bedeutet, dass immer weniger, aber leistungsstärkere Windenergieanlagen immer mehr Strom erzeugen werden.

Seit August 2009 erzeugen auch Windenergieanlagen vor der deutschen Küste (sog. Offshore-Windenergie) Strom. Sie werden zukünftig in erheblichem Maße zur Stromversorgung beitragen.

## Anteil an der Energieversorgung 2008 und 2020

(nur Onshore-Windenergie)



## Flächenbedarf 2008 und 2020



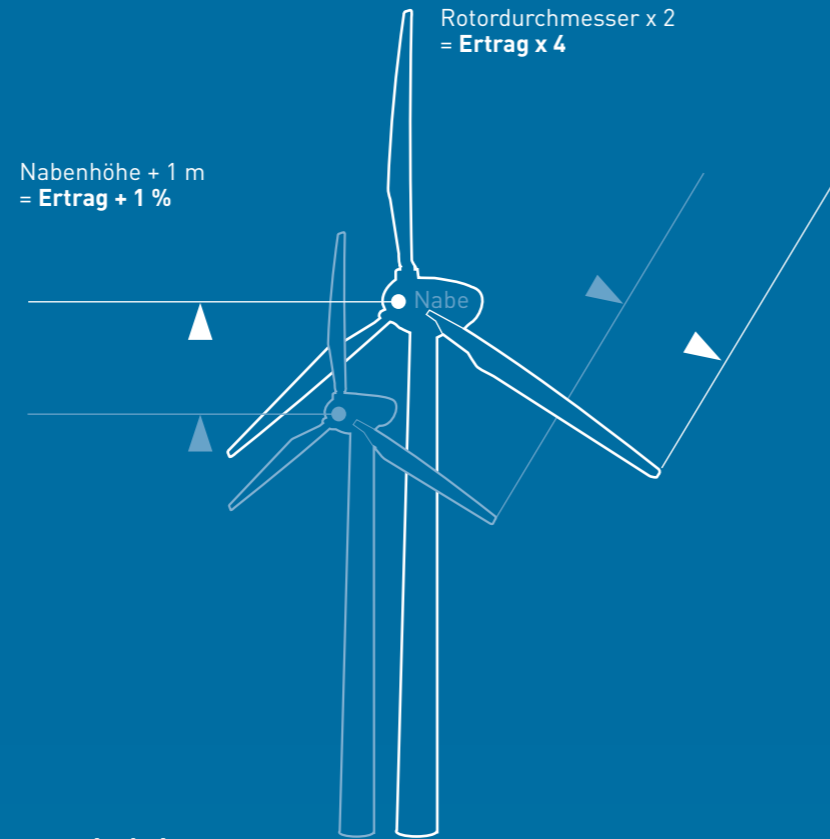
Um die gegenseitige Beeinflussung zu minimieren, müssen Windenergieanlagen einen Mindestabstand zueinander einhalten. Dieser ist abhängig von der vorherrschenden Windrichtung und der Anlagengröße. Der rechnerische Wert für das Jahr 2008 beträgt eine Abstandsfläche von 7 Hektar pro MW. Da immer weniger, aber leistungsstärkere Windenergieanlagen immer mehr Strom produzieren, fällt der rechnerische Wert für das Jahr 2020 mit 6 Hektar pro MW geringer aus.

Die Fundamentsfläche einer Windenergieanlage beträgt maximal ein Prozent der Abstandsfläche und versiegelt den Boden. Die Abstandsflächen können aber z.B. für die Landwirtschaft genutzt werden.

Technische Entwicklungen in der Windenergieindustrie führen zu größeren und leistungsfähigeren Anlagen. Mehrere alte Windenergieanlagen können durch eine moderne Anlage ersetzt werden. Im Zuge des sogenannten Repowering kann mehr Strom mit weniger Anlagen erzeugt werden.

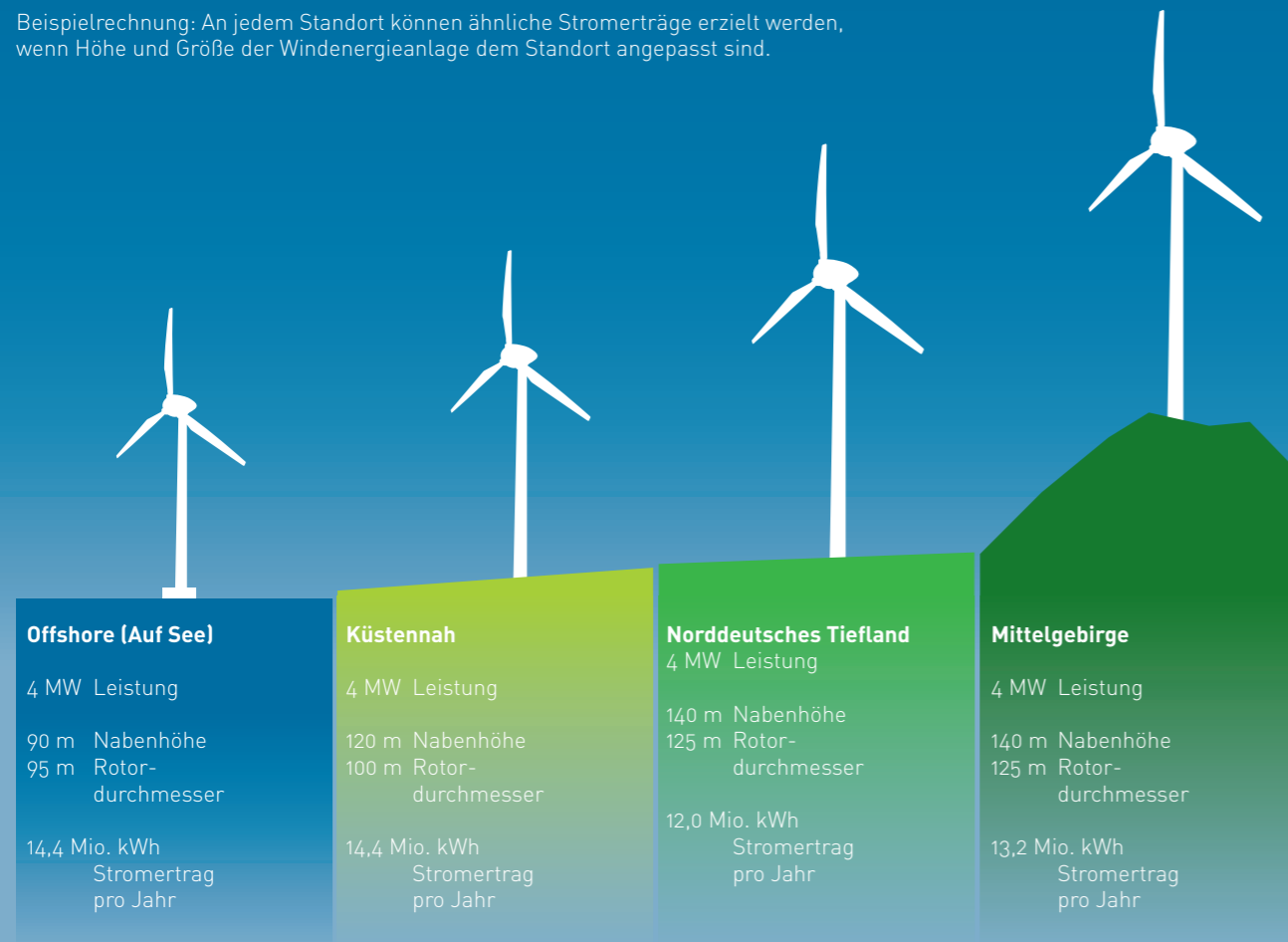
In höheren Bereichen weht der Wind nicht nur stärker, sondern auch regelmäßiger. Durch eine Steigerung der Nabenhöhe können deshalb selbst Anlagen an durchschnittlichen Standorten im Binnenland die Erträge eines Küstenstandorts erreichen.

Als Faustregel gilt: pro Meter höherer Nabe steigert sich der Ertrag der Windenergie bis zu einem Prozent.



**Es gibt überall Wind und für jeden Wind die passende Anlage.**

Beispielrechnung: An jedem Standort können ähnliche Stromerträge erzielt werden, wenn Höhe und Größe der Windenergieanlage dem Standort angepasst sind.

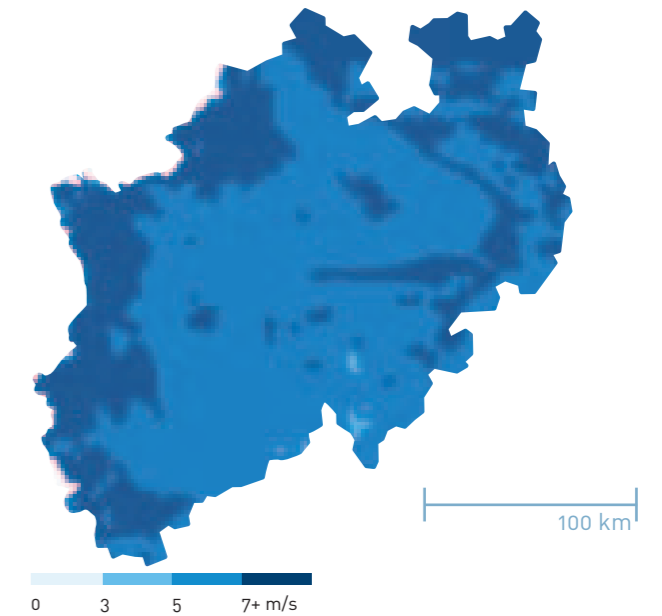


**BEISPIEL NORDRHEIN-WESTFALEN: DAS WINPOTENZIAL WÄCHST MIT DER HÖHE**

**Windgeschwindigkeiten in 60 m Höhe**



**Windgeschwindigkeiten in 120 m Höhe**



**Höhenbegrenzungen schmälern das Repowering-Potenzial.**

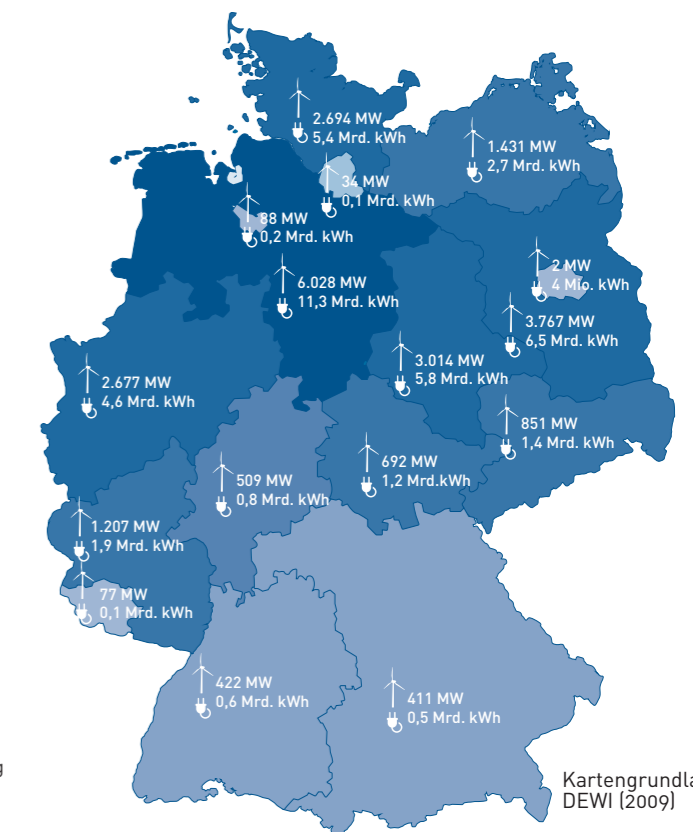
Der Einsatz moderner Anlagen scheitert häufig an den Vorgaben für Höhenbegrenzungen der Länder und Gemeinden. Dadurch bleibt viel Potenzial ungenutzt.

In Nordrhein-Westfalen ist die Höhe von Windenergieanlagen pauschal auf 100 m beschränkt (Stand 2009). 2.700 Anlagen (insgesamt rund 2.700 MW) haben 2008 ca. 4,6 Mrd. kWh Strom produziert. Allein der Ersatz von schwachen Altanlagen mit einer geringeren Leistung als 1 MW durch Anlagen der 2 MW-Klasse mit einer maximalen Höhe von 150 m könnte diesen Ertrag auf 10,2 Mrd. kWh mehr als verdoppeln – bei deutlich verringerter Anlagenzahl.

Nordrhein-Westfalen wäre ohne Höhenbeschränkungen bundesweit in der Spitzengruppe in Sachen Windenergie.

Quelle: BWE (2009)

**Installierte Leistung und potenzieller Jahresenergieertrag 2008**





BEISPIEL SCHLESWIG-HOLSTEIN: WINDPARK SIMONSBERG

**vorher**

13 Windenergieanlagen  
42 m Nabenhöhe  
5,5 MW gesamte installierte Leistung



Stromerzeugung pro Jahr: 14,4 Mio. kWh



**nachher**

5 Windenergieanlagen  
120 m Nabenhöhe  
15 MW gesamte installierte Leistung



Stromerzeugung pro Jahr: 48 Mio. kWh







Braunkohletagebau Garzweiler II (NRW)

Windpark Bergheim/Rheidt

12 km

### Braunkohle

Das Abbaufeld Garzweiler II umfasst eine Fläche von 4.800 Hektar und beinhaltet rund 1,3 Mrd. Tonnen Braunkohle. Die Laufzeit des Tagebaus beträgt 40 Jahre. Im Schnitt könnten 32,5 Mio. Tonnen pro Jahr gefördert werden. Ein modernes Braunkohlekraftwerk mit einem Wirkungsgrad von 43 Prozent kann mit dieser Menge pro Jahr etwa 35 Mrd. kWh Strom produzieren. Daraus ergibt sich ein Stromertrag pro Hektar und Jahr von ca. 7,3 Mio. kWh.

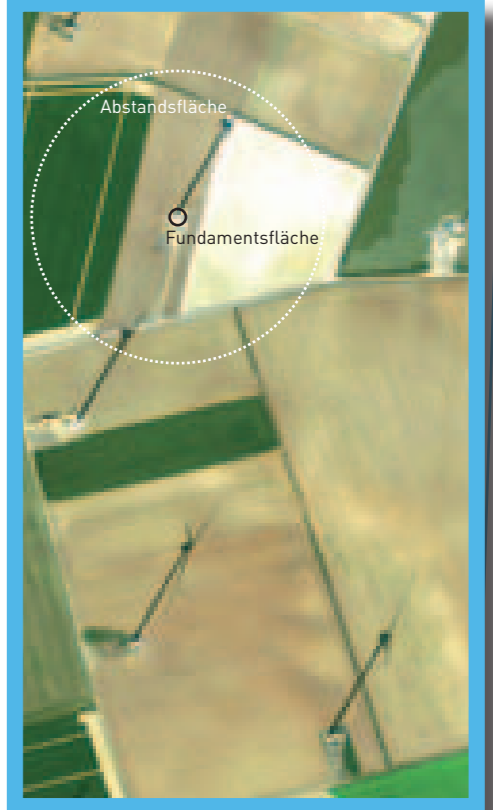
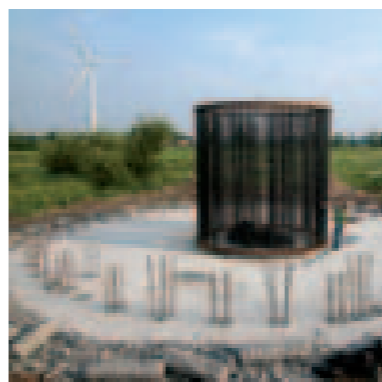
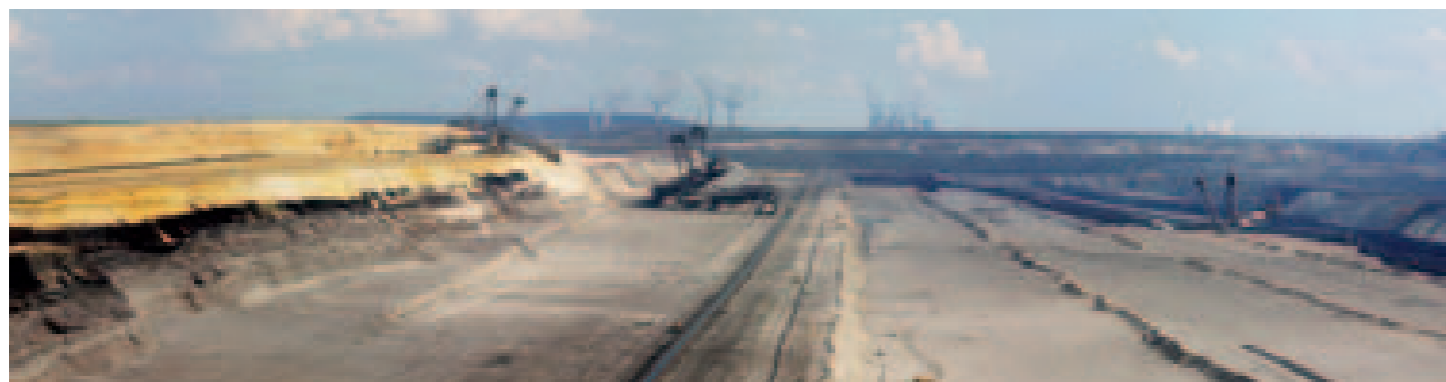
Vergleicht man diesen Wert mit dem Stromertrag pro Hektar versiegelter Fläche einer Windenergieanlage des benachbarten Windparks Bergheim/Rheidt, so zeigt sich, dass schon eine Anlage mit einer installierten Leistung von zwei Megawatt mehr Strom aus der Fläche holt als Braunkohle.

Braunkohle ist ein äußerst problematischer Energieträger, denn im Vergleich zu Steinkohle und Erdgas setzt sie besonders viel Kohlendioxid frei und trägt somit wesentlich zum Klimawandel bei. Für den Abbau wird zudem großflächig das Grundwasser abgesenkt und gesamte Dörfer werden umgesiedelt. Für den Tagebau Garzweiler II müssen insgesamt 7.600 Einwohner aus 13 Ortschaften ihr Heim verlassen.

### Windenergie

	Tagebau Garzweiler II		2008		2020		Windpark Bergheim/Rheidt	
Jährlicher potenzieller Ertrag pro Hektar	ca. 7,3 Mio. kWh		ca. 22,5 Mio. kWh		ca. 225.000 kWh		nur Fundamentsfläche	Jährlicher Ertrag pro Hektar
							inkl. Abstandsflächen	
Deutschland			2008		2020		Deutschland (nur Onshore-Windenergie)	
Stromerzeugung	150 Mrd. kWh		40,6 Mrd. kWh		112,1 Mrd. kWh		nur Fundamentsfläche	Stromerzeugung
Flächenbedarf	48.300 ha		1.700 ha		2.700 ha		inkl. Abstandsflächen	Flächenbedarf
							nur Fundamentsfläche	
Jährlicher Ertrag pro Hektar	3,1 Mio. kWh		24 Mio. kWh		41,5 Mio. kWh		inkl. Abstandsflächen	Jährlicher Ertrag pro Hektar

Quelle: DEBRIV (2009)



500 m

Offshore-Windparks

Auf dem Meer weht der Wind stärker und stetiger. Deshalb ist die Energieausbeute von Windenergieanlagen auf See etwa 40 Prozent höher als die an Land. Die Herausforderungen des Ausbaus in deutschen Gewässern liegen vor allem darin, die Anlagen in großer Entfernung von der Küste (30-100 km) und in großen Wassertiefen (20-40 m) zu installieren.



Deutschlands erster Offshore-Windpark alpha ventus wurde im November 2009 nach sieben Monaten Bauzeit fertig gestellt. Zum jetzigen Zeitpunkt ist alpha ventus der erste Offshore-Windpark weltweit, in dem ein Dutzend Windkraftanlagen der 5-Megawatt-Klasse zum Einsatz kommen.



	Bau	Anzahl der Anlagen (erste Baustufe/Endausbau)	Leistung je Anlage (MW)
<b>Windparks in Betrieb</b>			
01 Alpha Ventus	2009	12 / 12	5
02 Dollart (Emden)*	2004	1 / 1	4,5
03 Hooksiel*	2008	1 / 1	5
04 Rostock*	2006	1 / 1	2,5
<b>Genehmigte Windparks (erste Baustufe)</b>			
05 Sandbank 24	2010	80 / 980	3-5
06 Nördlicher Grund	k.A.	80 / 402	3-5
07 Dan Tysk	2011	80 / 300	5
08 Butendiek	2012	80 / 80	3,6
09 Bard Offshore I	2009	80 / 320	5
10 Hochsee Windpak Nordsee	k.A.	80 / 508	k.A.
11 Global Tech I	2011	80 / 320	5
12 Nordsee Ost	2010	8 / 8	4-5
13 Amrumbank West	2011	80 / 80	3,5-5
14 Meerwind	2010	80 / 270	5
15 Borkum Riffgrund West	2011	80 / 458	2,5-5
16 Borkum West II	2012	80 / 80	5
17 Borkum Riffgrund West	2011	77 / 180	3-5
18 Delta Nordsee	2012	36 / 80	4-5
19 Gode Wind	2011	80 / 224	3-5
20 Nordergründe	2010	18 / 18	5
21 Geofree	k.A.	5 / 5	5
22 Baltik I	2010	21 / 21	2,3
23 Kriegers Flak	2011/2012	80 / 80	3-3,5 und 5
24 Ventotec Ost 2	2012	50 / 200	3
25 Arkona Becken Südost	2012	80 / 201	4-5

- Windpark in Betrieb (white circle)
- genehmigt (blue circle)
- Wassertiefe:
  - unter 5 m (lightest blue)
  - 5 - 10 m (light blue)
  - 10 - 20 m (medium blue)
  - 20 - 30 m (dark blue)
  - über 30 m (darkest blue)



Anteil an der Energieversorgung 2008 und 2020 (nur Offshore-Windenergie)



Die Windenergie auf hoher See wird zukünftig in erheblichem Maß zur erneuerbaren Energieversorgung beitragen. Etwa 20 Windparks mit einer gesamten installierten Leistung von 20.000 MW sind genehmigt. Zwölf weitere Windparks mit insgesamt ca. 5.000 MW sind im fortgeschrittenen Genehmigungsverfahren.

Ausbaupotenzial



\* Offshore-Testanlage in Ufernähe

Quelle: BSH (2009)

# SONNIGE AUSSICHTEN FÜR STROM UND WÄRME SOLARENERGIE

In Deutschland liegt die jährliche Sonneneinstrahlung pro Quadratmeter zwischen 900 und 1.200 kWh. Das ist zwar weniger als in Südeuropa oder Afrika, jedoch ausreichend, einen wichtigen Beitrag zur Strom- und Wärmeversorgung in Deutschland zu leisten. 234.400 Hektar Gebäudeflächen sind für die solare Nutzung geeignet. Bisher wurden hiervon nur 2,5 Prozent genutzt. Das zeigt: Es gibt noch sehr viel Potenzial zu erschließen.



Jährliche Sonneneinstrahlung



Im Durchschnitt jährlich erzeugte Strommenge einer 1 kW<sub>peak</sub>-Photovoltaikanlage mit südwärts ausgerichteten PV-Modulen im Winkel von 35 Grad und einem Performance Ratio von 0,85.

**Beispielrechnung:**

In Kiel beträgt die jährliche Sonneneinstrahlung 1.100 kWh/m<sup>2</sup>. Eine südlich ausgerichtete und um 35 Grad geneigte Photovoltaikanlage mit 1 kW<sub>p</sub> installierter Leistung auf ca. 10 m<sup>2</sup> erzeugt 935 kWh im Jahr. Dies entspricht 27 Prozent des jährlichen Stromverbrauchs eines Durchschnittshaushaltes. In München erzeugt 1 kW<sub>peak</sub> 1.170 kWh Strom pro Jahr und deckt somit 33 Prozent des Stromverbrauchs.

**Anteil an der Energieversorgung 2008 und 2020**



**Flächenbedarf 2008 und 2020**



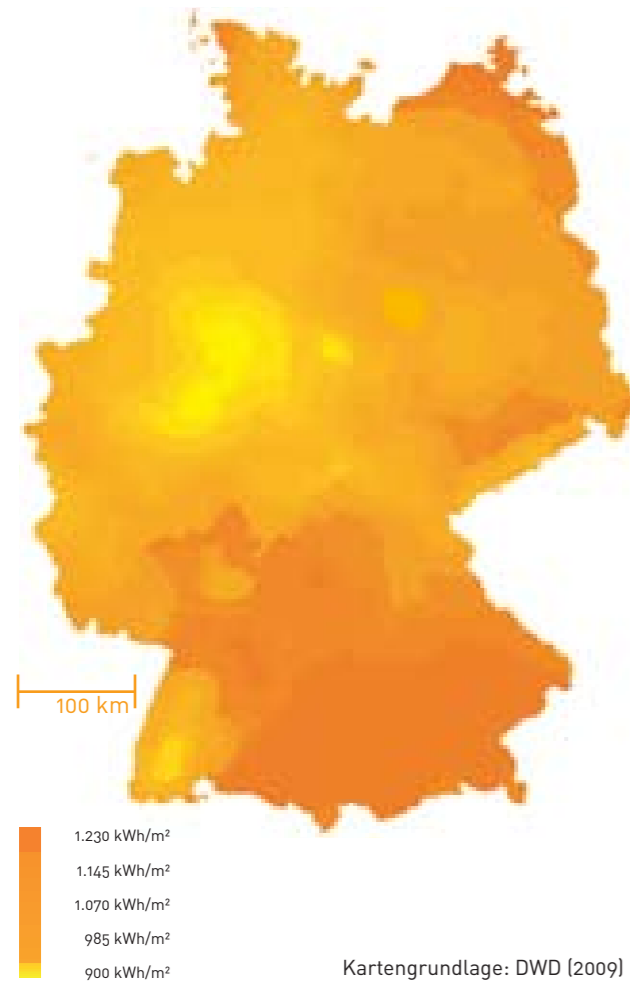
Potenzial geeigneter Gebäudeflächen: 234.400 ha



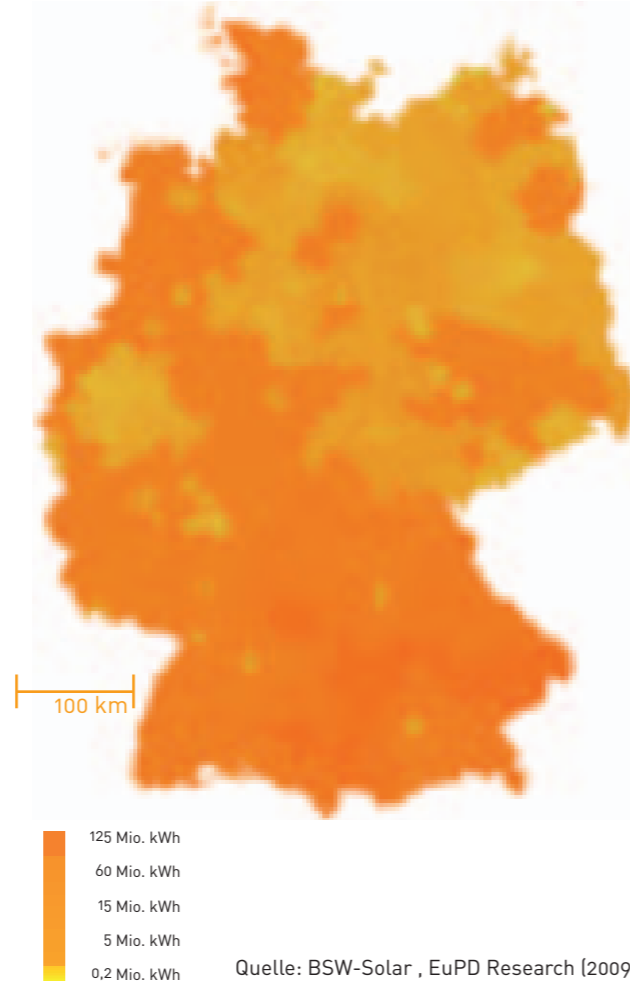
100 km

## So viel Strom wurde 2008 aus der Sonneneinstrahlung in Deutschland erzeugt:

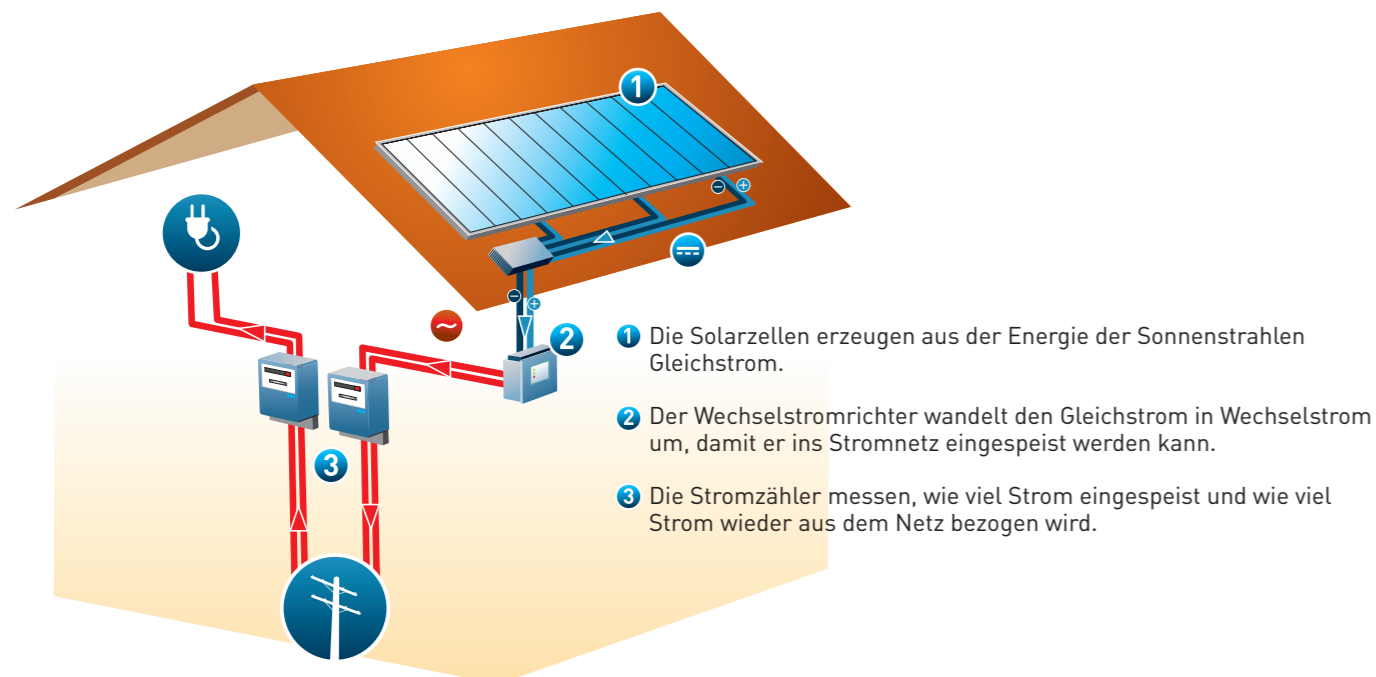
Sonneneinstrahlung 2008



Stromerzeugung je Wahlkreis in kWh 2008



## So wird die Sonneneinstrahlung zur Stromerzeugung genutzt:

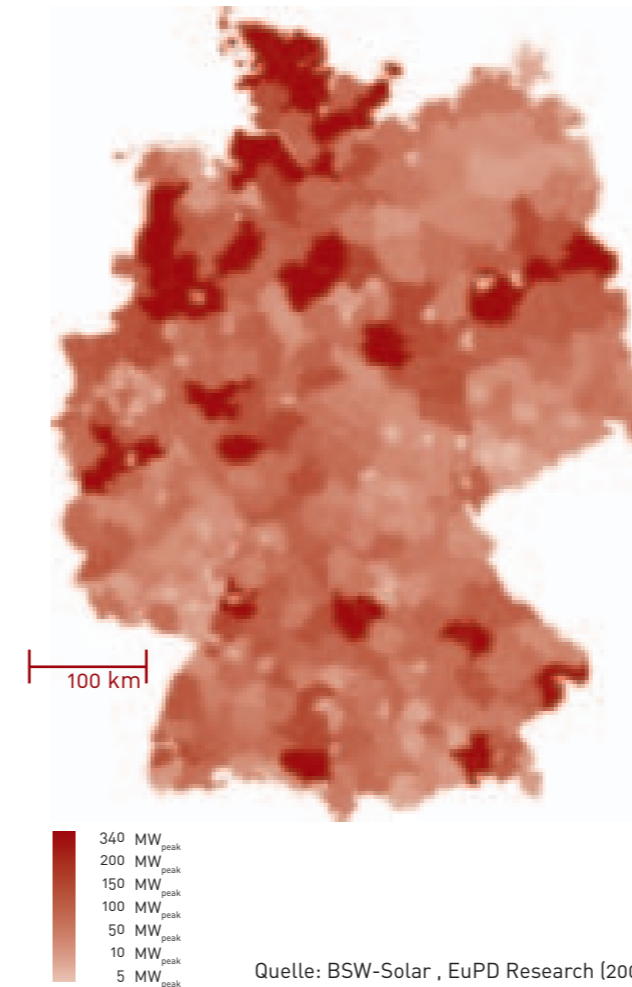


## Es gibt noch viel Potenzial für Photovoltaik auf privaten Dächern.

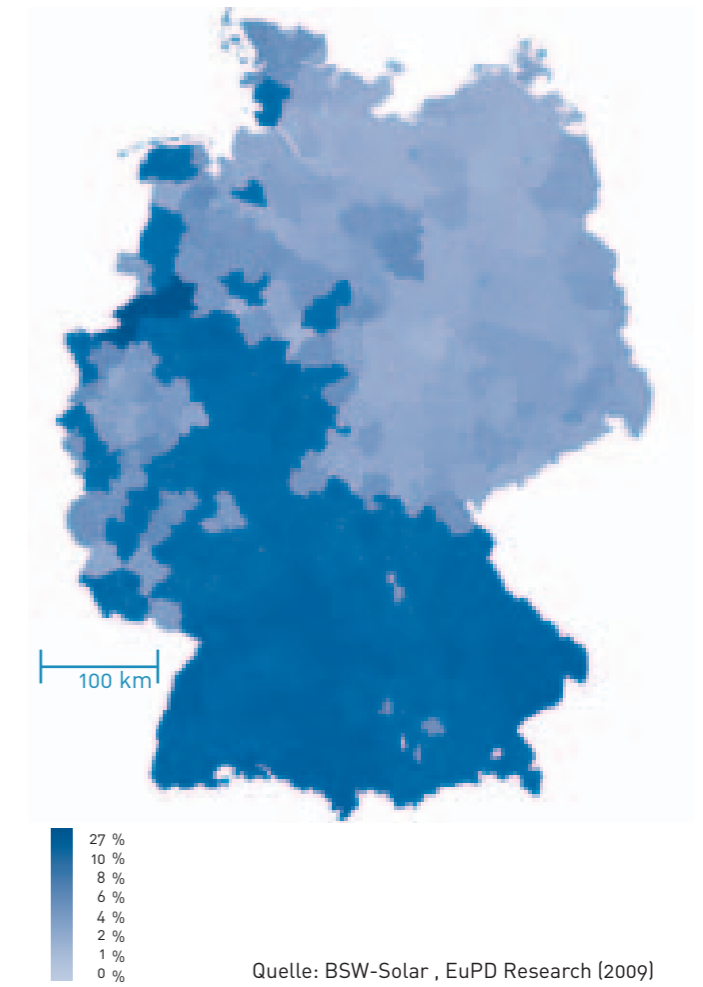
Schon 10 m² Dachfläche reichen aus, um ca. ein Viertel des Stromverbrauchs eines Durchschnittshaushaltes zu decken. Viele Haushalte nutzen die Chance, Strom auf dem eigenen Dach zu produzieren.

Das Potenzial, das die Dachflächen von Ein- und Zweifamilienhäusern in Deutschland zur Stromerzeugung bieten, ist jedoch noch bei Weitem nicht ausgeschöpft.

Potenzial für Dachflächen-Photovoltaik je Landkreis in MW<sub>peak</sub>



Ausschöpfung des Potenzials für Dachflächen-Photovoltaik je Landkreis in Prozent 2008



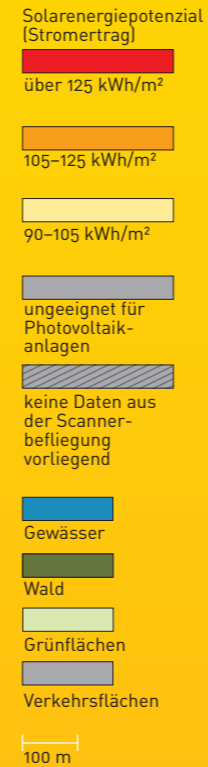
## BEISPIEL BERLIN: DACHFLÄCHENPOTENZIAL

Dachflächenpotenzial privater Wohnhäuser: 340 MW<sub>peak</sub>  
Bisherige Potenzialausschöpfung: 3,2 %

So wurde gerechnet:  
Die Potenzialberechnung basiert auf der Anzahl der Ein- und Zweifamilienhäuser. Dabei wird davon ausgegangen, dass im ländlichen Raum aufgrund geringerer Verschattung ein höherer Anteil der Wohnhäuser für Photovoltaik geeignet ist als im städtischen Raum.



## BEISPIEL OSNABRÜCK: DURCH SOLARENERGIE KÖNNEN OSNABRÜCKS DÄCHER MEHR ALS 100 PROZENT DES STROMBEDARFS ALLER HAUSHALTE DECKEN



**Maschstr. 20**  
max. installierbare Modulfläche: 13 m<sup>2</sup>  
Stromertrag: 1.314 kWh/a  
**bedingt geeignet**

**Augustenburger Str. 32**  
max. installierbare Modulfläche: 13 m<sup>2</sup>  
Stromertrag: 1.681 kWh/a  
**sehr gut geeignet**

Osnabrück ist ein Beispiel dafür, wie die Nutzung der Solar-energie optimiert werden kann. Die Stadt gab eine so genannte Laserbefliegung in Auftrag, mit der die Eignung der Osnabrücker Dächer für Solarenergie überprüft werden konnte.

Dabei sind Spezialflugzeuge im Einsatz, an deren Rumpf ein Sensor angebracht ist. Dieser Sensor scannt das gesamte Gelände hochauflösend ab. Auf Grund des hohen Detaillierungsgrades sowie der großflächigen Erfassung von Laser-scannerdaten sind erstmals kleinräumige Analysen wie die Bestimmung der Dachneigung über große Untersuchungsgebiete möglich gewesen.

Für diese Methode zur Erfassung des solaren Ertragspotenzials diente Osnabrück 2005 als Pilotregion. Bei fast 70.000 Gebäuden konnte die Dachform, -neigung, -ausrichtung und -verschattung ermittelt und somit das Solarenergiepotenzial aller Dächer erfasst werden. Inzwischen folgten mehrere Städte dem Beispiel Osnabrücks.

### So wurde gerechnet:

- Erfasste Gebäude: 69.759 von 73.430 Gebäuden
- Gut und sehr gut geeignete Gebäude: 27.500
- Bei der Berechnung wurde von einem Modulwirkungsgrad von 15 Prozent ausgegangen, wie ihn gute mono- und polykristalline Solarzellen aus Silizium heute erreichen (Stand 2009).
- 1 kWp Nennleistung erzeugt in Osnabrück pro Jahr 650- 900 kWh Strom. Dafür ist eine PV-Anlage mit einer Modulfläche von 6,7 m<sup>2</sup> notwendig.

Der Ertrag ist abhängig von Neigung, Ausrichtung und Verschattung des Moduls. Die höchsten Erträge werden bei genauer Südausrichtung und 35 Grad Dachneigung erzielt.

37 % der Dachflächen Osnabrücks sind sehr gut oder gut für die Nutzung der Solarenergie geeignet.



Wären alle sehr gut und gut geeigneten Dächer im Stadtgebiet mit Photovoltaikanlagen belegt, könnte mehr Strom produziert werden, als alle Privathaushalte zusammen verbrauchen.

Stromverbrauch der Privathaushalte von Osnabrück in 2008 **231 Mio. kWh**

Stromproduktion von allen sehr gut und gut geeigneten Dachflächen (37%)

**249 Mio. kWh**

BEISPIEL BRANDENBURG: KONVERSIONSFLÄCHE LIEBEROSE



**Solarpark Lieberose**

Der Solarpark Lieberose produziert nicht nur saubere Energie, sondern sorgt auch dafür, dass gefährliche Munition von dem ehemaligen Truppenübungsplatz entfernt wird. Die dafür notwendigen fünf Millionen Euro konnten durch eine Einmalzahlung der Investoren des Solarkraftwerks und durch die Pachteinahmen für das Gelände finanziert werden. Lieberose ist damit ein Paradebeispiel für die gelungene Verbindung von Hightech und aktivem Naturschutz.

Baubeginn/Inbetriebnahme: Januar bis Dezember 2009  
(in mehreren Bauabschnitten)

Grundfläche: 162 ha  
(über 210 Fußballfelder)

Modulfläche: ca. 50 ha  
ca. 700.000 Dünnschicht-Module

**Leistung: ca. 53 MW**

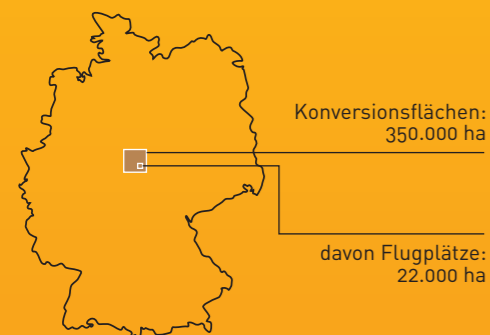
**Ertrag pro Jahr: rund 53 Mio. kWh**  
(entspricht dem Jahresbedarf von rund 15.000 Haushalten)

**Konversionsflächen**

In Deutschland gibt es rund 350.000 Hektar ehemaliger Militärflächen bzw. Militärflächen, die in Kürze aus der Nutzung gehen. Zwar ist nur ein Teil dieser Flächen für Photovoltaik nutzbar, denn oft handelt es sich bei Konversionsflächen um Naturschutzgebiete. Dahinter verbirgt sich jedoch trotzdem ein hohes Flächenpotenzial für Freiflächenanlagen. Dies zeigt das Praxisbeispiel aus Brandenburg:

Mit einer Fläche von 27.000 Hektar war der Truppenübungsplatz Lieberose der größte in der ehemaligen DDR. Nach dem Abzug der Sowjetarmee im Jahr 1992 ging er in den Besitz des Bundeslandes Brandenburg über – mit allen Altlasten. Neben scharfer Munition auf einer Fläche von rund 400 Hektar sorgten vor allem Chemikalien für Gefahr und verunreinigten den Boden sowie das Grundwasser. Heute wird das Gelände zur umweltfreundlichen Stromerzeugung genutzt.

Quelle: Naturstiftung David (2005)





Solarthermische Anlagen wandeln mit Hilfe von Kollektoren die Sonnenenergie in Wärmeenergie um. In Deutschland wird die Solarwärme überwiegend zur Erwärmung von Wasser zum Waschen und Duschen oder zur Raumheizung genutzt.

Es ist jedoch auch möglich, mit Solarwärme zu kühlen. Die Nutzung von solarthermisch angetriebenen Kältemaschinen ist eine zukunftsweisende Möglichkeit, um den Strombedarf für die Klimatisierung zu reduzieren. Der große Vorteil bei der Technik ist die zeitliche Übereinstimmung von Kühlbedarf und Sonneneinstrahlung. Denn je sonniger es ist, desto höher ist auch der Kühlbedarf. So bietet es sich an, die gleiche Anlage im Sommer zur Kühlung und im Winter als Heizung einzusetzen.

Bisher wird jedoch nur ein Bruchteil der Gebäudeflächen, die für die Nutzung der Solarenergie geeignet sind, genutzt.

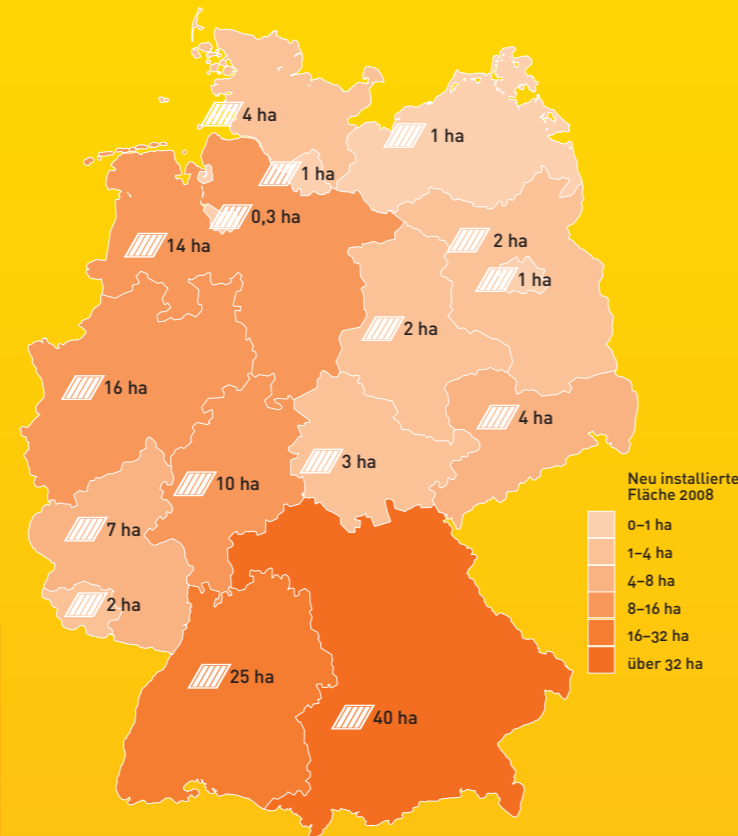
Gebäudeflächenpotenzial  
234.400 ha

Bis 2008 mit  
Solarkollektoren belegt:  
1.100 ha



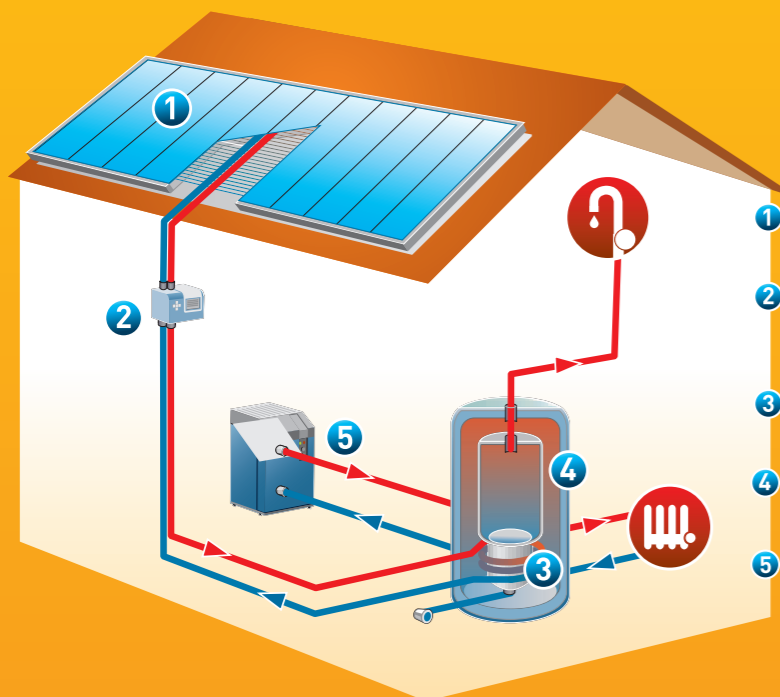
**Solarkollektoren**

Neu installierte Fläche nach Bundesländern 2008



Quelle: BSW-Solar (2009)

**So funktioniert Solarthermie:**

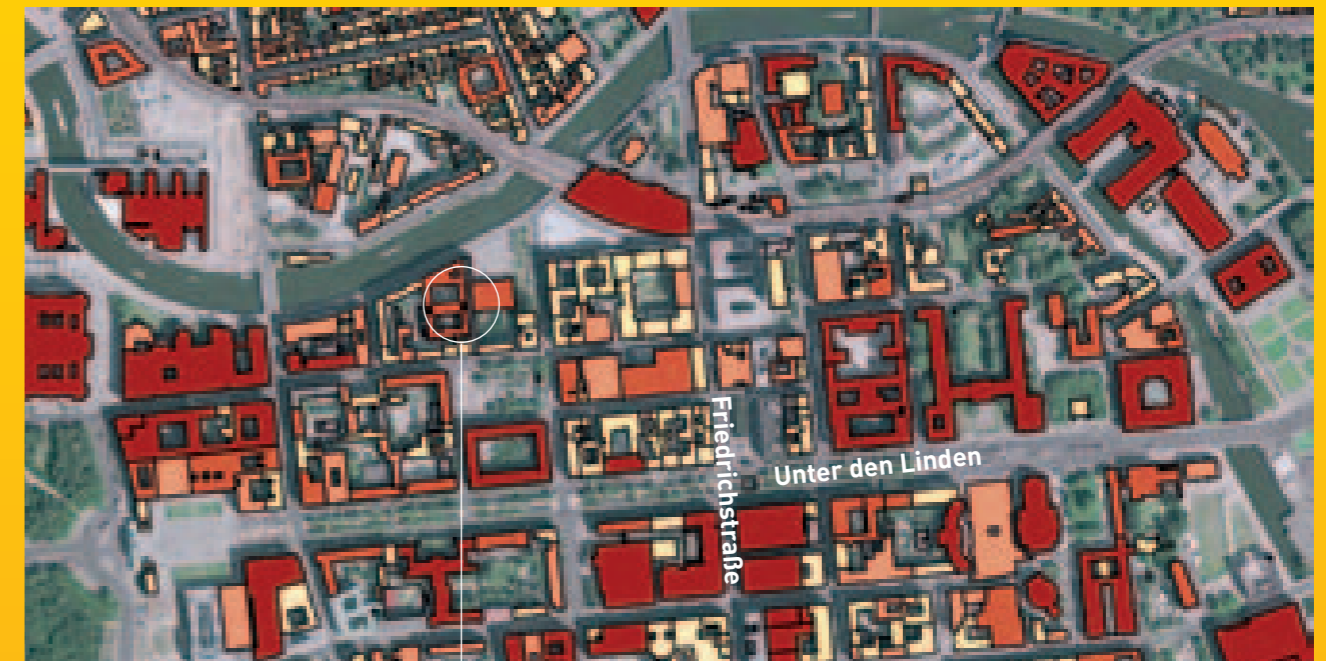


- 1 Sonnenstrahlen erwärmen die Wärmeträgerflüssigkeit im Kollektor.
- 2 Ist die Temperatur der Flüssigkeit höher als die Temperatur im Speicher, startet der Solarregler die Zirkulation.
- 3 Der Wärmetauscher gibt Solarwärme an das Wasser im Pufferspeicher ab.
- 4 Der Pufferspeicher stellt die Wärme auch nachts und an kalten Tagen zur Verfügung.
- 5 Reicht die Kollektorwärme nicht aus, wird eine Zusatzheizung (z.B. Holzpellettheizung) aktiviert.

BEISPIEL BERLIN:  
SOLARTHERMISCHES POTENZIAL IN DER BUNDESHAUPTSTADT

Berlins Dächer sind voller Energie. Vor allem für Solarthermieanlagen besteht ein großes Potenzial. Bisher wurden seit 2001 nur 24,5 Hektar Solarkollektoren in der Bundeshauptstadt installiert. Zwar ist die Tendenz steigend – fast ein Viertel der Anlagen wurden 2008 errichtet – jedoch ist das Dachflächenpotenzial bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. Dies zeigt das Pilotprojekt „Solaratlas Berlin“. Das öffentlich zugängliche Internetportal informiert den Nutzer nicht nur über die mögliche Stromerzeugung, CO<sub>2</sub>-Einsparung und Investitionskosten

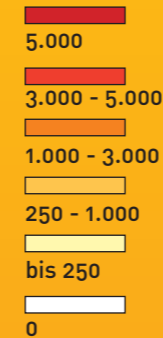
einer Photovoltaikanlage, sondern auch über das Solarthermiepotenzial in den ausgewählten Pilotregionen. Eine davon ist das Projektgebiet „Friedrichstraße“, das auf einem Gebiet von 1.000 Hektar über 5.837 Gebäude verfügt. Für die Nutzung der Solarthermie eignen sich 3.926 Gebäude mit einer Dachflächengröße von 71 ha. Schon 10 m<sup>2</sup> Solarkollektoren erzeugen ca. 4.500 kWh Wärme pro Jahr. Das entspricht ca. einem Fünftel des jährlichen Wärmebedarfs eines Durchschnittshaushaltes.



100 m

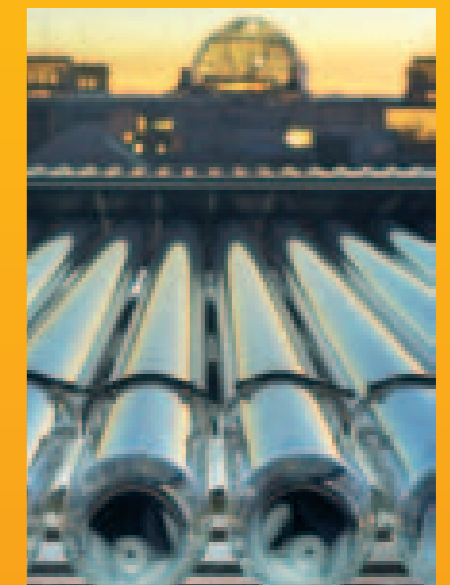
Quelle: Berlin Partner GmbH (2009)

Nutzbare Fläche in m<sup>2</sup>  
pro Gebäude

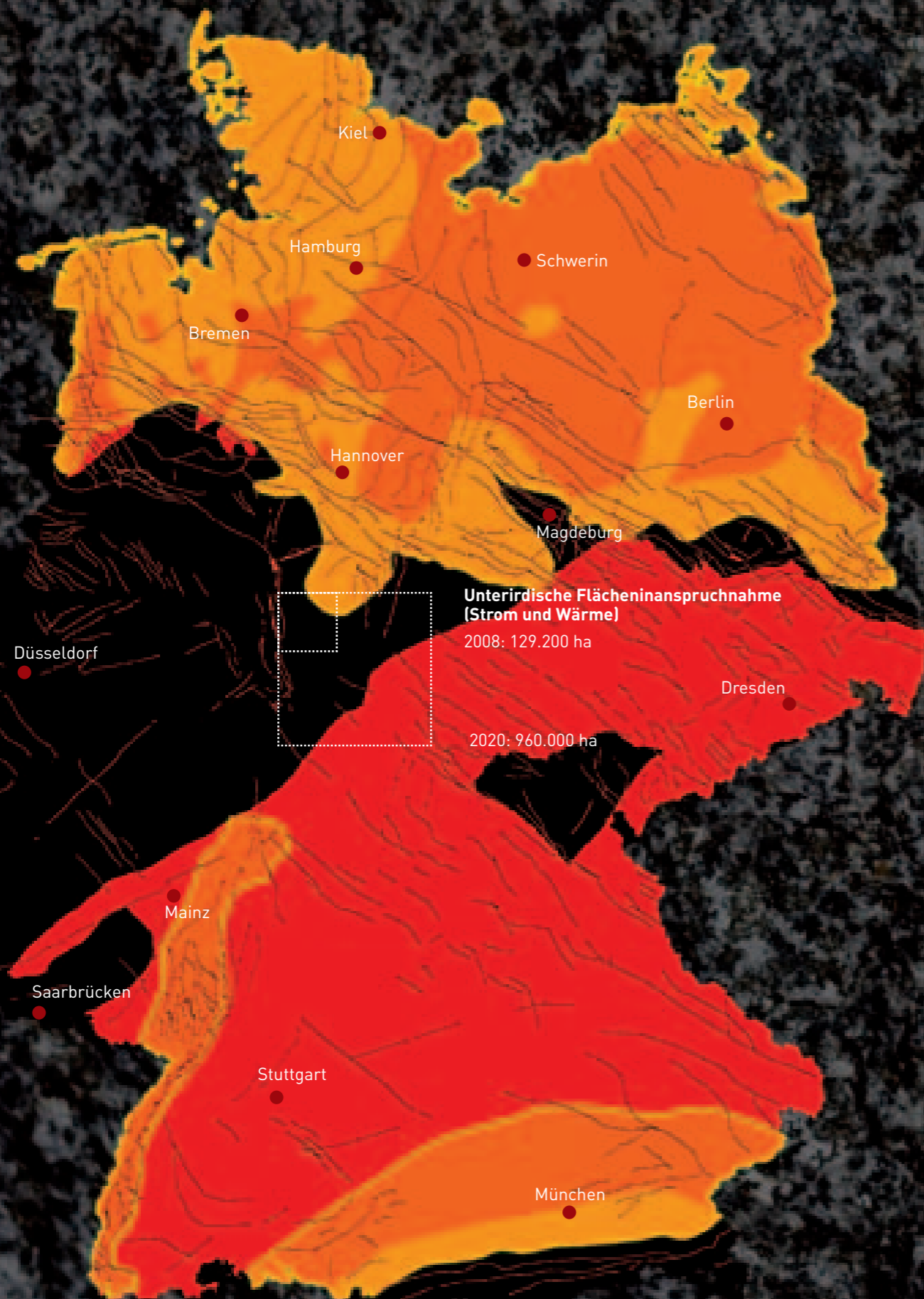


**Bundespresseamt**

Die Solarthermieanlage hat eine Fläche von 348 m<sup>2</sup> und ist mit Vakuumröhren bestückt. Die Solarwärme wird im Sommer genutzt, um zwei Absorptionskältemaschinen zu betreiben, die das Gebäude teilweise kühlen. Im Winter wird die Wärme zur Heizungsunterstützung benötigt.



# ENERGIE AUS DER TIEFE GEOTHERMIE



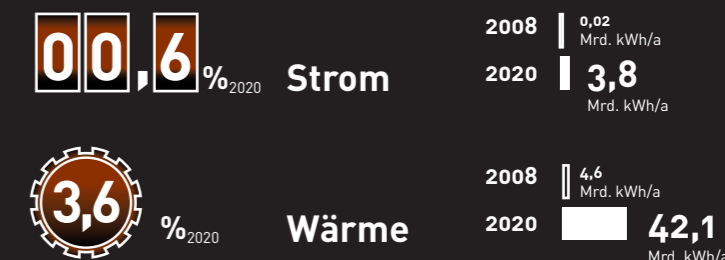
- Hydrothermale Geothermie
- Petrothermale Geothermie
- Hydrothermale und petrothermale Geothermie
- Tiefenstörungen (Hydrothermale Geothermie)

Die Geothermie ist nach menschlichem Ermessen eine unerschöpfliche Energiereserve. Sie ist die erneuerbare Energiequelle, die grundsätzlich an fast jedem Standort genutzt werden kann. Auch in Deutschland gibt es ein beachtliches geothermisches Potenzial, welches den Energiegehalt aller konventionellen Energieträger um ein Vielfaches übersteigt.

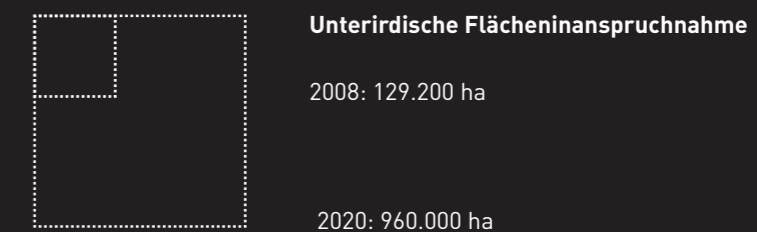
Bei der oberflächennahen Geothermie wird die Erdwärme aus Tiefen bis 400 Metern mit Hilfe von Wärmepumpen zur Wärmeversorgung eingesetzt. Die Tiefengeothermie (> 400 m) wird sowohl zur Wärme- als auch zur Stromerzeugung genutzt. Wirtschaftlich interessant für die geothermische Stromerzeugung sind insbesondere die Bereiche in Deutschland, deren geologische Formationen Schichten mit heißem Wasserangebot führen. Sie finden sich vor allem in den oberrheinischen und norddeutschen Tiefebene sowie im süddeutschen Molassegebiet. Neben dieser so genannten hydrothermalen Geothermie gibt es die petrothermale Geothermie. Mit diesem Verfahren kann Strom und Wärme auch dort erzeugt werden, wo es kein heißes Wasser im Untergrund gibt. Um dennoch die hohe Temperatur des trockenen Gesteins nutzen zu können, wird dabei Wasser in das Gestein gepresst.

100 km

## Anteil an der Energieversorgung 2008 und 2020



## Flächenbedarf 2008 und 2020





## Potenziale der geologischen Formationen

### Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie nutzt die Energie, die in Erdschichten bis 400 Meter Tiefe oder im Grundwasser gespeichert ist. Die hier herrschenden Temperaturen von 8 bis 12 °C lassen sich mit Hilfe von Wärmepumpen, Erdwärmekollektoren oder Erdwärmesonden zur Bereitstellung von Raumheizung und Warmwasser nutzen. Zunehmend werden Wärmepumpen auch zur Kühlung von Gebäuden verwendet und die überschüssige Wärme in der Erde für den Winter gespeichert.

### Tiefengeothermie

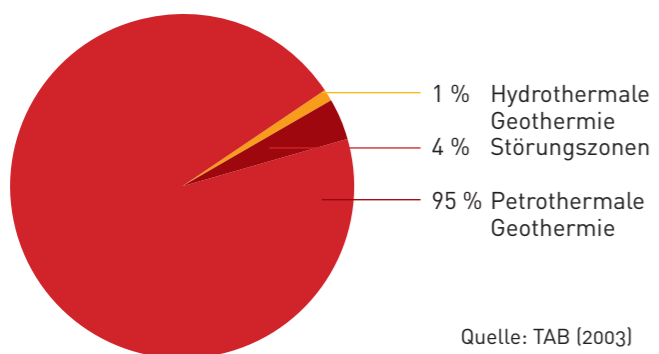
Als Tiefengeothermie bezeichnet man die Nutzung der Erdwärme in Tiefen zwischen 400 und 6.000 Metern. Die Temperaturen sind im Vergleich zur oberflächennahen Geothermie weitaus höher. Neben der Wärmeversorgung ist die Tiefengeothermie deshalb auch für die Stromerzeugung nutzbar. Ab einer Temperatur von etwa 90 °C ist eine wirtschaftliche Stromerzeugung möglich.

Während die **hydrothermale Geothermie** heißes Thermalwasser zur Strom- und Wärmeenergiegewinnung nutzt, stützt die **petrothermale Geothermie** „auf dem Trockenen“. Aus diesem Grund wird unter hohem Druck Wasser in das trockene Gestein in ca. 2.000 bis 6.000 m Tiefe gepresst. Hierdurch entstehen Risse mit einer Breite von weniger als einem Millimeter. Diese werden als Transportweg genutzt, um kalte Flüssigkeiten mit Hilfe der natürlichen Wärme des heißen Gesteins zu erhitzen. Die hohen Temperaturen können dann zur Strom- und Wärmeenergiegewinnung genutzt werden.

**Tiefenstörungen** sind natürliche Risse im Erdreich. Diese Bruchzonen haben ein höheres Leitvermögen von Flüssigkeiten als das benachbarte Gestein. Aufsteigendes Thermalwasser konzentriert sich deshalb auf diese Bruchzonen, so dass Wärme in geringere Tiefen transportiert wird. Dies macht Tiefenstörungen für eine geothermische Nutzung interessant. Störungszonen werden bisher in Deutschland noch nicht für die Erdwärmeenergiegewinnung genutzt.

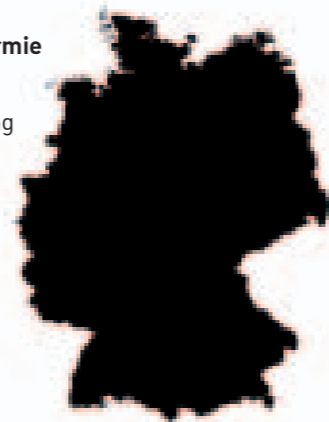
### Geothermische Ressourcen für die Stromerzeugung

Selbst das Potenzial der kleinsten Ressource (hydrothermale Geothermie) entspricht noch ungefähr dem Fünffachen des deutschen Jahresstrombedarfs.



### Oberflächennahe Geothermie

mit Wärmepumpen für Wärmeenergiegewinnung geeignet



### Hydrothermale Geothermie

geeignet für Strom- und Wärmeenergiegewinnung  
vorrangig geeignet für Wärmeenergiegewinnung



Quelle: TAB (2003)

### Petrothermale Geothermie

geeignet für Strom- und Wärmeenergiegewinnung



Quelle: TAB (2003)

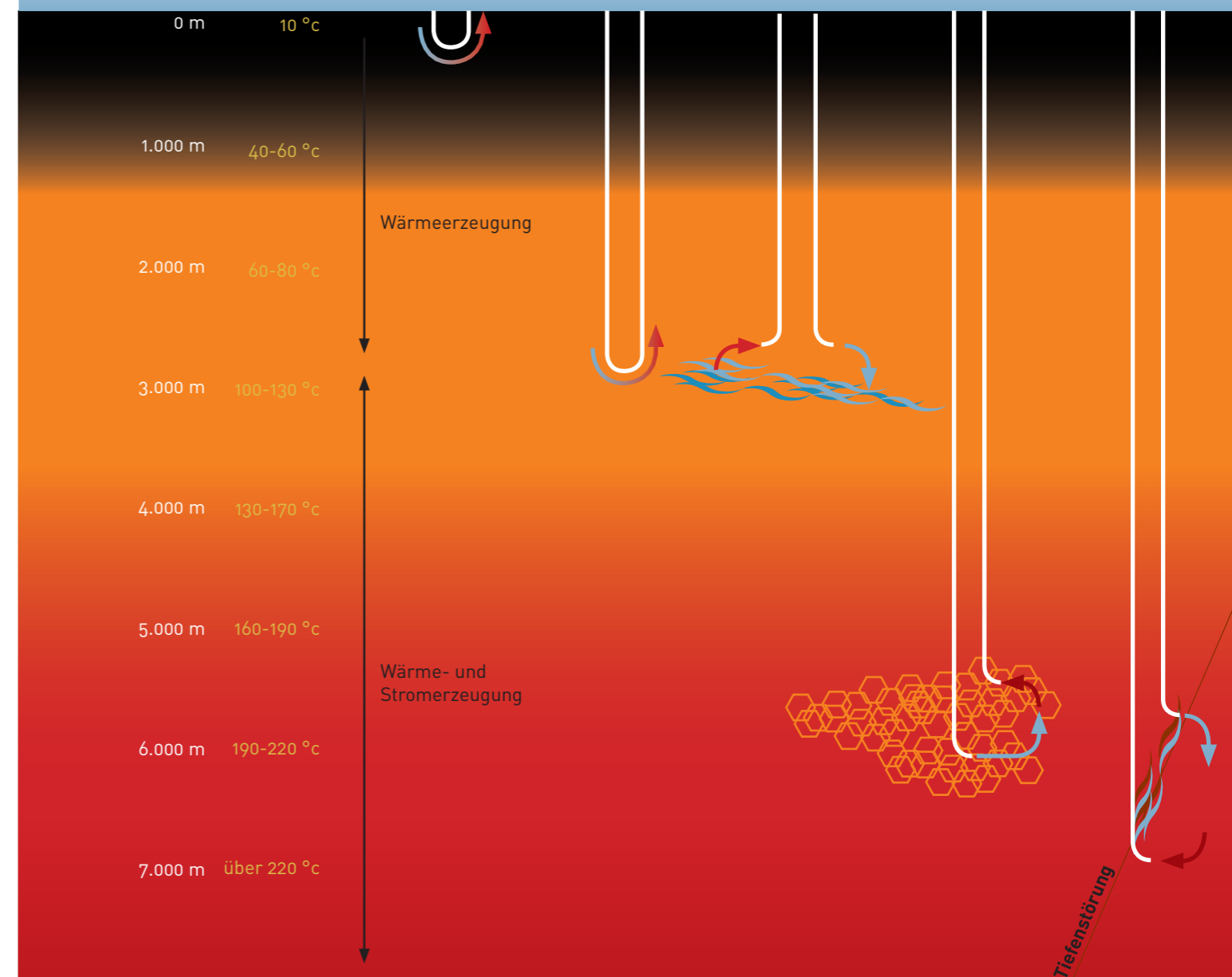
### Tiefenstörungen (Hydrothermale Geothermie)

geeignet für Strom- und Wärmeenergiegewinnung



Quelle: BGR

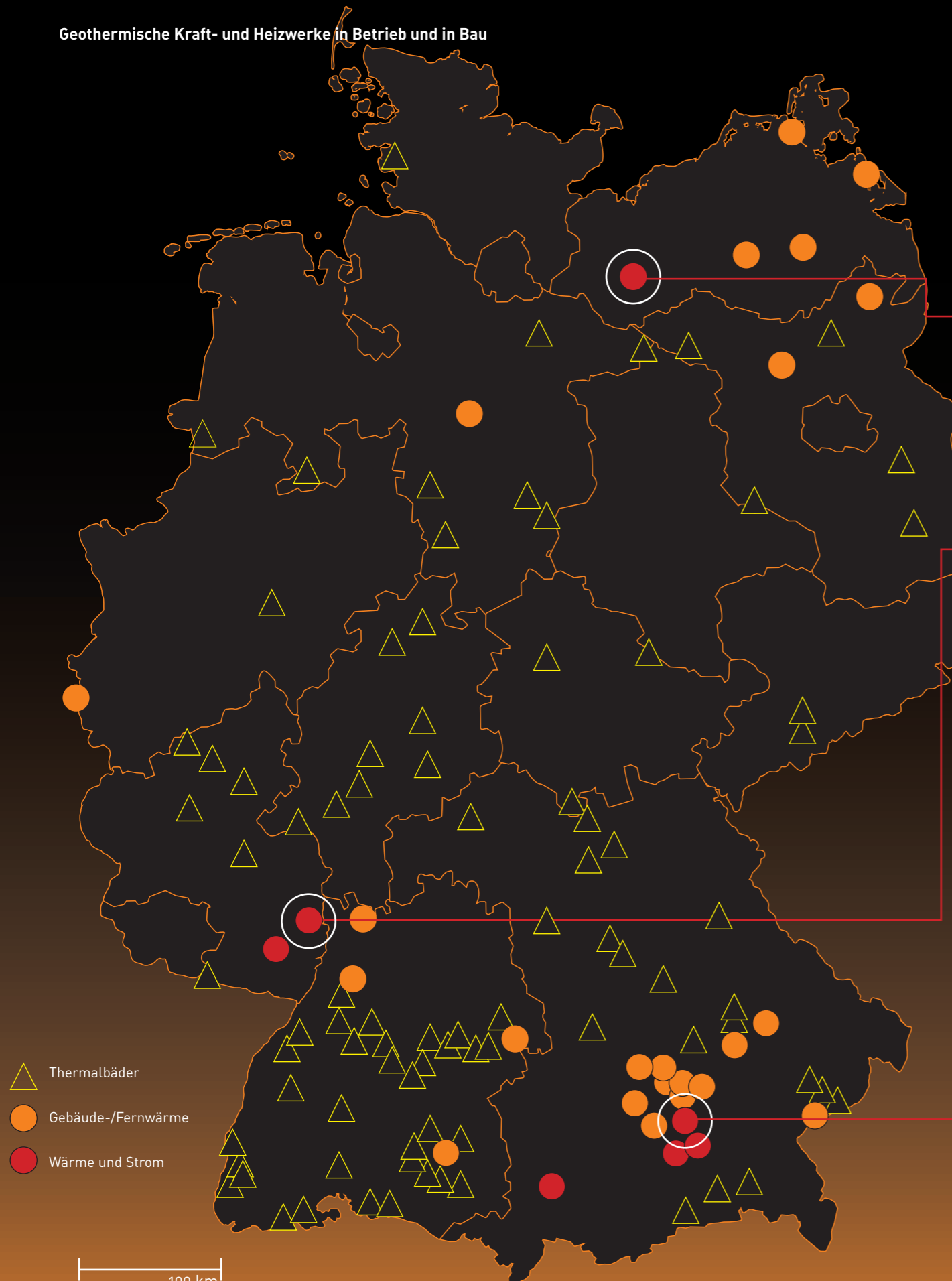
Erdwärmesonde (mit Wärmepumpe)    Erdwärmesonde (ohne Wärmepumpe)    Hydrothermale Geothermie    Petrothermale Geothermie    Hydrothermale Geothermie



Je tiefer man in das Innere der Erde vordringt, desto wärmer wird es. In Deutschland nimmt die Temperatur im Mittel um etwa 30 °C pro Kilometer zu. Das heißt, dass in 1.000 m Tiefe 40 °C, in 2.000 m Tiefe 70 °C und in 3.000 m Tiefe 100 °C erreicht werden. Diese Werte schwanken regional jedoch oft stark. Abweichungen vom Standard werden als Wärmeanomalien bezeichnet. Energetisch interessant sind besonders Gebiete mit deutlich höheren Temperaturen. Hier steigt das Thermometer schon in geringer Tiefe auf mehrere hundert Grad Celsius.

Nicht nur die Temperatur ist für die geothermische Nutzung relevant, sondern auch die geologischen Bedingungen. Je nach Bodenbeschaffenheit werden verschiedene technische Verfahren zur Strom- und Wärmeenergiegewinnung genutzt.

## Geothermische Kraft- und Heizwerke in Betrieb und in Bau



- ▲ Thermalbäder
- Gebäude-/Fernwärme
- Wärme und Strom

In Deutschland wird in rund 170 größeren geothermischen Anlagen Wärme und teilweise Strom produziert. Die Leistung dieser Anlagen erreicht insgesamt rund 100 Megawatt. Vor allem Thermalbäder und Gebäudekomplexe werden mit Tiefengeothermie beheizt. 13 geothermische Heizkraftwerke speisen Wärme in ein Nahwärmenetz ein und 3 geothermische Kraftwerke produzieren Strom. Zwei weitere Kraftwerke, in Bruchsal und Simbach am Inn, sind im Probetrieb. Ende 2008 waren nach Schätzungen des Bundesumweltministeriums und der Branche rund 15 Projekte zur geothermischen Strom- und Wärmeerzeugung in Planung. An 180 Standorten wurden bei den Bergämtern Aufsuchungserlaubnisse beantragt.

### BEISPIELE: WÄRME- UND STROM AUS GEOTHERMISCHEN KRAFTWERKEN IN DEUTSCHLAND

#### Geothermiekraftwerk Neustadt-Glewe

Inbetriebnahme	1994 (Heizwerk), 2003 (Kraftwerk)
Erschließungskonzept	Hydrothermal
Stromerzeugungsverfahren	Organic Rankine Cycle (ORC)
Tiefe der Bohrung	2.455 m
Fördertemperatur des Thermalwassers	92 – 97 °C
Abstand der Bohrungen übertage	1.500 m
Abstand der Bohrungen untertage	1.500 m
Elektrische Leistung	0,2 MW <sub>el</sub>
Thermische Leistung	5,5 MW <sub>th</sub>

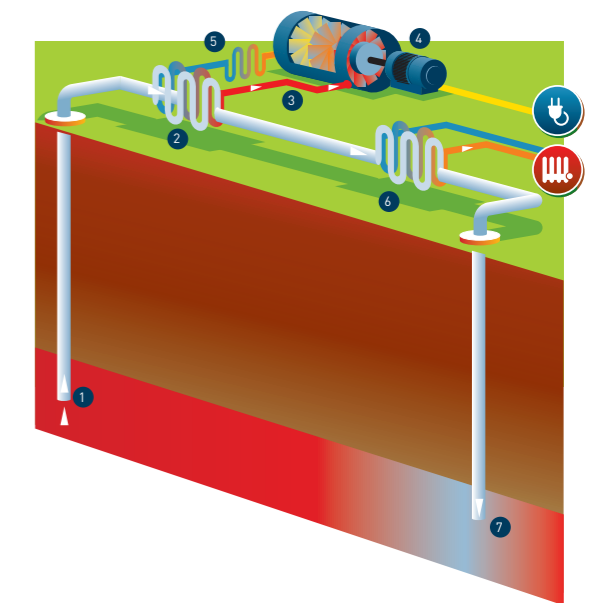
#### Geothermiekraftwerk Landau

Inbetriebnahme	2007
Erschließungskonzept	Hydrothermal
Stromerzeugungsverfahren	Organic Rankine Cycle (ORC)
Tiefe der Bohrung	ca. 3.000 m
Fördertemperatur des Thermalwassers	155 °C
Abstand der Bohrungen übertage	6 m
Abstand der Bohrungen untertage	1.300 m
Elektrische Leistung	3 MW <sub>el</sub>
Thermische Leistung	5 MW <sub>th</sub>

#### Geothermiekraftwerk Unterhaching

Inbetriebnahme	2008
Erschließungskonzept	Hydrothermal
Stromerzeugungsverfahren	Kalina Cycle
Tiefe der Bohrung	ca. 3.400 m
Fördertemperatur des Thermalwassers	122 °C
Abstand der Bohrungen übertage	3.500 m
Abstand der Bohrungen untertage	4.500 m
Elektrische Leistung	3,4 MW <sub>el</sub>
Thermische Leistung	38 MW <sub>th</sub>

### So funktioniert die hydrothermale Geothermie:



Aus 2.000 bis 4.000 Meter Tiefe ① wird vorhandenes Thermalwasser mit einer Temperatur von 90 bis 150°C an die Oberfläche gepumpt.

In einem ersten Wärmetauscher ② gibt das Thermalwasser seine Wärme an einen schnell verdampfenden Wärmeträger ab ③. Der Dampf treibt über eine Turbine den Generator zur Stromerzeugung an ④, ehe er kondensiert und wieder abkühlt ⑤.

Das Thermalwasser ist danach noch immer heiß genug, um in einem zweiten Wärmetauscher Wärme an den Kreislauf eines Nahwärmenetzes abzugeben ⑥. Das abgekühlte Wasser wird wieder in die Tiefe gepumpt, wo es sich erneut erhitzt ⑦.



## Mit Hilfe von Wärmepumpen kann jeder Haushalt seinen Wärmebedarf selbst decken

Die Funktionsweise der Wärmepumpe ist im Prinzip identisch mit der eines altbekannten Alltagsgerätes: dem Kühlschrank. Während der Kühlschrank allerdings seinem Innenraum die Wärme entzieht und nach draußen abgibt, entzieht die Wärmepumpe dem Außenbereich die Wärme und gibt sie als Heizenergie an das Haus ab. Die Funktion läuft also genau umgekehrt ab. Eine Wärmepumpe erzeugt aus rund 75 Prozent natürlich vorhandener Umweltwärme und 25 Prozent Antriebsenergie (d.h. Strom) die Wärme, die man zum Heizen und zur Warmwasserbereitung benötigt. Sie kann aber auch sehr effektiv zum Kühlen eingesetzt werden.

Insgesamt sind in Deutschland rund 350.000 Wärmepumpen installiert – Tendenz weiter steigend. Im Vergleich

zum Vorjahr nahm der Absatz um mehr als ein Drittel zu. Wärmepumpen, die die Umgebungsluft nutzen, hatten 2008 einen Marktanteil von ca. 45 Prozent aller neu installierten Anlagen. Erdwärmepumpen haben somit einen etwas höheren Marktanteil.

Der Wärmebedarf eines Haushaltes kann komplett durch eine Erdwärmepumpe gedeckt werden. Das Nutzungspotenzial der oberflächennahen Geothermie ist abhängig von

- der Gesteinswärmeleitfähigkeit und
- der spezifischen Entzugsleistung. Diese gibt an, wieviel Erdwärme dem Erdreich nachhaltig entzogen werden kann, ohne dass zu viel oder zu wenig Wärme entnommen würde, um den jeweiligen Wärmebedarf zu decken.

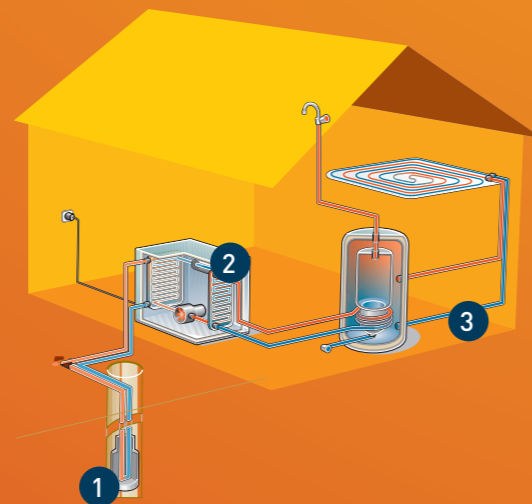
## So funktioniert oberflächennahe Geothermie:

In einer Erdsonde **1** in ca. 10 Meter Tiefe erwärmt sich eine Flüssigkeit (z.B. Wasser) auf rund 10 °C.

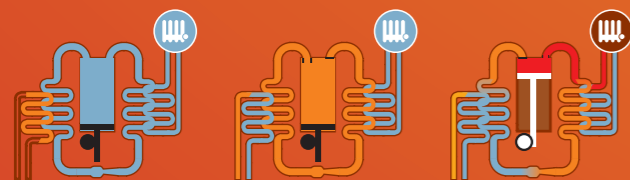
Die Erdwärmepumpe **2** überträgt die Erdwärme aus der Erdsonde auf einen Wärmeträger. Dieser wird durch Druckerhöhung erhitzt – die Erdwärmepumpe funktioniert also wie ein umgekehrter Kühlschrank. Für eine Heizleistung von 3 – 5 Kilowattstunden Wärme benötigt sie ca. 1 Kilowattstunde Strom.

Der Pufferspeicher **3** sammelt die Erdwärme, um sie zum Heizen und zur Warmwasserbereitung nutzen zu können.

Eine Erdwärmepumpe kann den Wärmebedarf eines Gebäudes zu 100 Prozent decken.



## Prinzip der Erdwärmepumpe



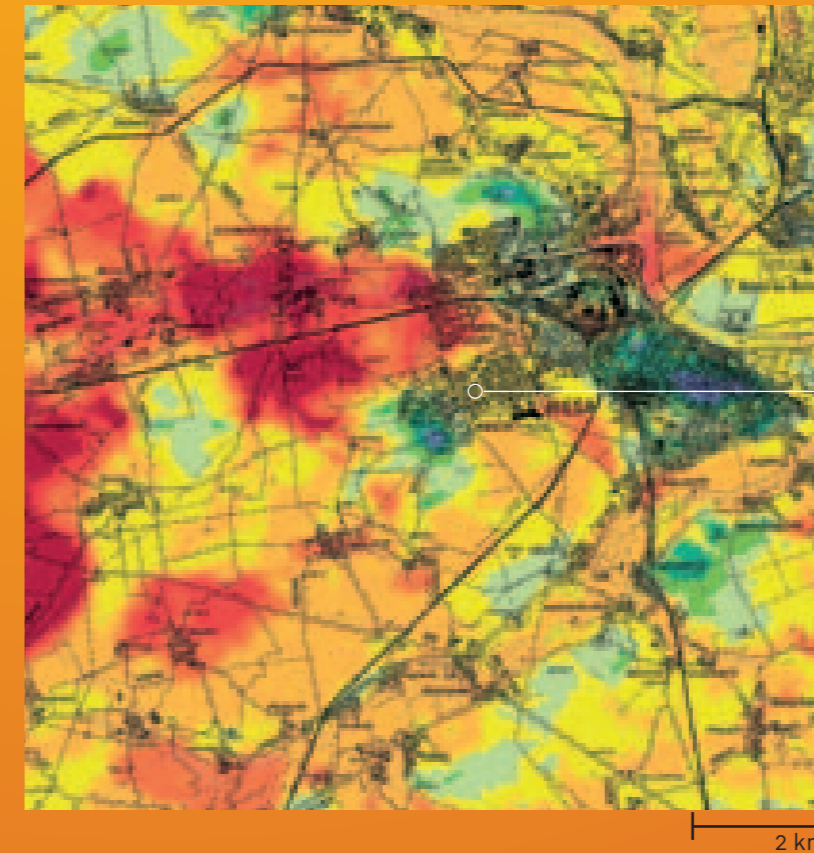
Die Erde erwärmt die Flüssigkeit in der Sonde auf 10 °C.

Der Wärmeträger der Erdwärmepumpe nimmt diese Wärme auf und verdampft schnell.

Der elektrische Kompressor der Erdwärmepumpe verdichtet den Dampf. Dadurch steigt dessen Temperatur. Die Wärme kann dann zum Heizen und für die Warmwasserbereitung genutzt werden.

## BEISPIEL RIESA: ERDWÄRME DECKT DEN WÄRMEBEDARF EINES EINFAMILIENHAUSES

### So viel Wärme steckt in 40 m Tiefe



Der Wärmebedarf eines durchschnittlichen Einfamilienhauses kann durch eine Erdwärmepumpe mit einer Leistung von rund 12 kW gedeckt werden.

### Erdwärme am Standort in bis zu 40 m Tiefe

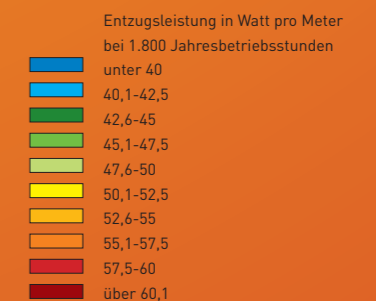
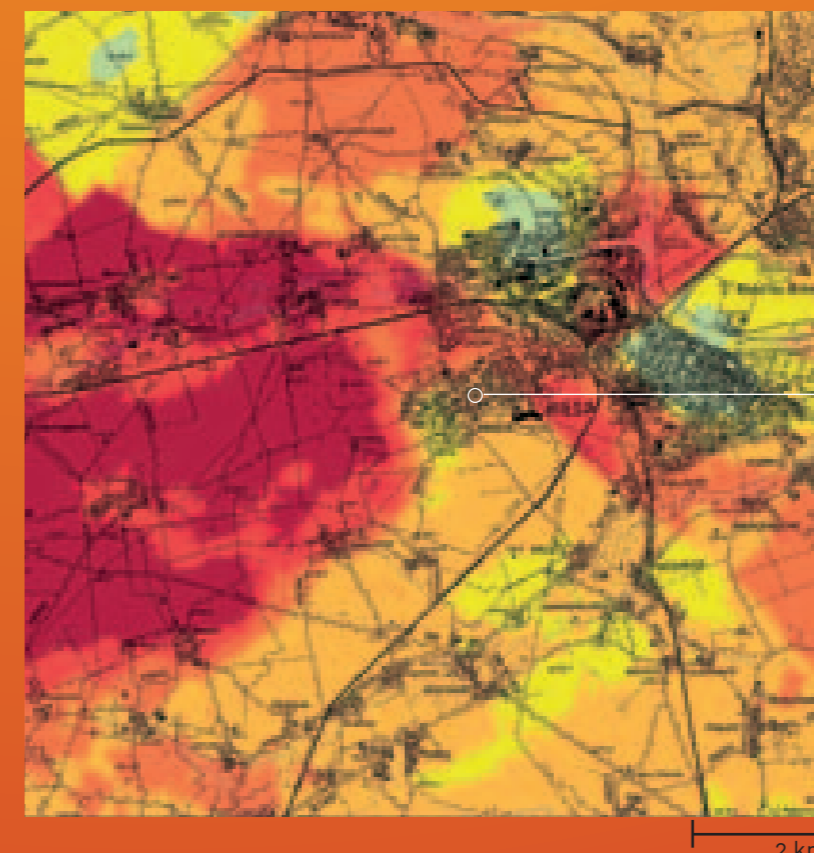
50,1 – 52,5 W/m Entzugsleistung x 40 m

= 2.004 bis 2.100 W  
= 2,0 bis 2,1 kW

Die benötigte Heizleistung von 12 kW kann beispielsweise durch sechs Erdsondenbohrungen à 40 m Tiefe erreicht werden (6 x 2,0 kW = 12 kW). In den meisten Fällen ist es sinnvoll, statt vieler kleiner Bohrungen nur eine oder zwei tiefe Erdsonden anzulegen, um eine stetige, gleichmäßige Wärmequelle zu erschließen.

Quelle: LfULG (2009)

### So viel Wärme steckt in 100 – 130 m Tiefe



### Erdwärme am selben Standort in 100-130 m Tiefe

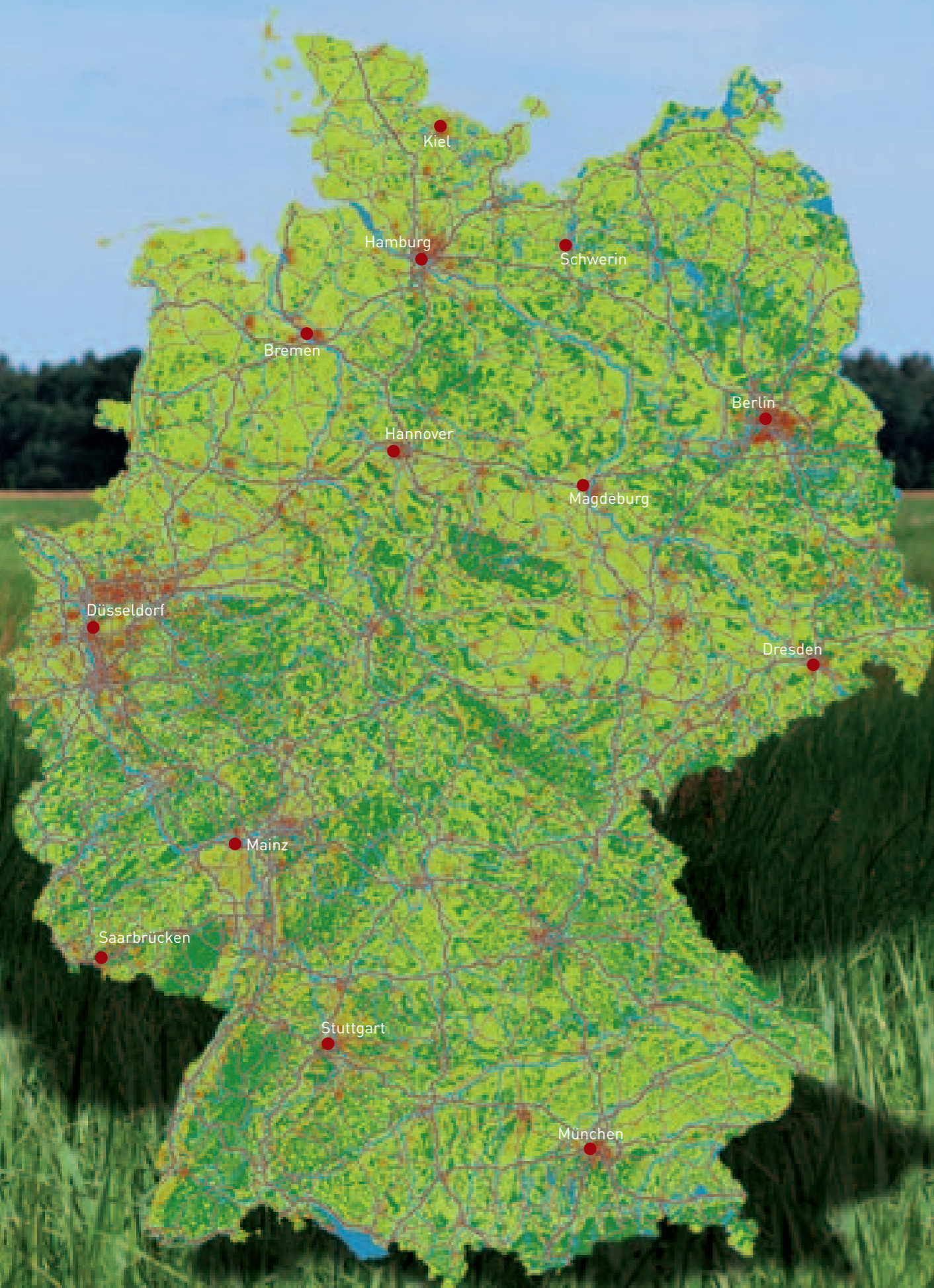
52,6 – 55 W/m Entzugsleistung x 130 m

= 6.838 bis 7.150 W  
= 6,8 bis 7,1 kW

Somit kann mit zwei 130 m tiefen Sonden eine Heizleistung von 13,6 kW bereitgestellt werden (2 x 6,8 kW = 13,6 kW). Da im Durchschnitt aber nur eine Heizleistung von 12 kW benötigt wird, würde es ausreichen, zwei Sonden à 115 m Tiefe zu installieren (52,6 W/m x 115 m = 6,05 kW; 2 x 6,05 kW = 12,1 kW).

Quelle: LfULG (2009)

# VIEL ERTRAG VON WENIG FLÄCHE BIOENERGIE



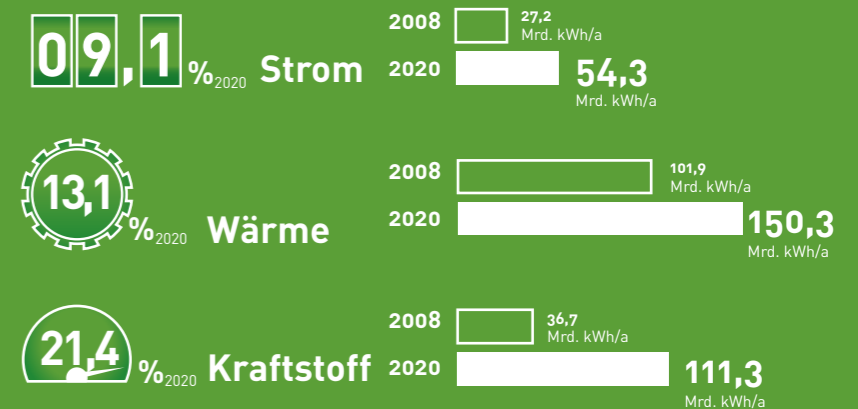
Deutschland benötigt nur einen geringen Teil seiner landwirtschaftlich genutzten Flächen für den Ausbau der Bioenergie. Für den Ausbau bis 2020 wird nur eine Fläche von 3,7 Mio. Hektar in Anspruch genommen. Das entspricht 21,9 Prozent der heutigen landwirtschaftlich genutzten Flächen. Bioenergie nutzt 2008 eine Fläche von 1,6 Mio. Hektar (9,5 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Flächen).

Diese Fläche für den Anbau von Energiepflanzen liefert jedoch nur einen Teil des Potenzials der Bioenergie. Bioenergie nutzt für die Strom-, Wärme- und Kraftstoffproduktion auch Reststoffe (z.B. Gülle, Restholz, Bioabfall), die in der Land- und Forstwirtschaft sowieso anfallen. Die für Bioenergie eingesetzte Menge Reststoffe würde 2020 theoretisch dem Ertrag von einer zusätzlichen Fläche von 4,1 Mio. Hektar entsprechen.

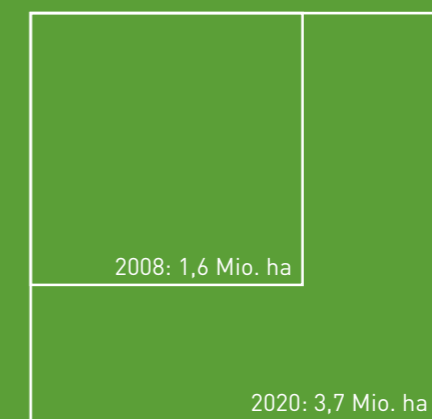
Deutschland importiert für Futter- und Nahrungsmittel sowie als Rohstoff Produkte aus Raps, Sojabohnen und Ölpalmen. Auch in Zukunft wird nur ein Teil davon für Bioenergie genutzt. Diese Menge würde 2020 dem Ertrag von einer Fläche von ca. 2-3 Mio. Hektar entsprechen.



## Anteil an der Energieversorgung 2008 und 2020



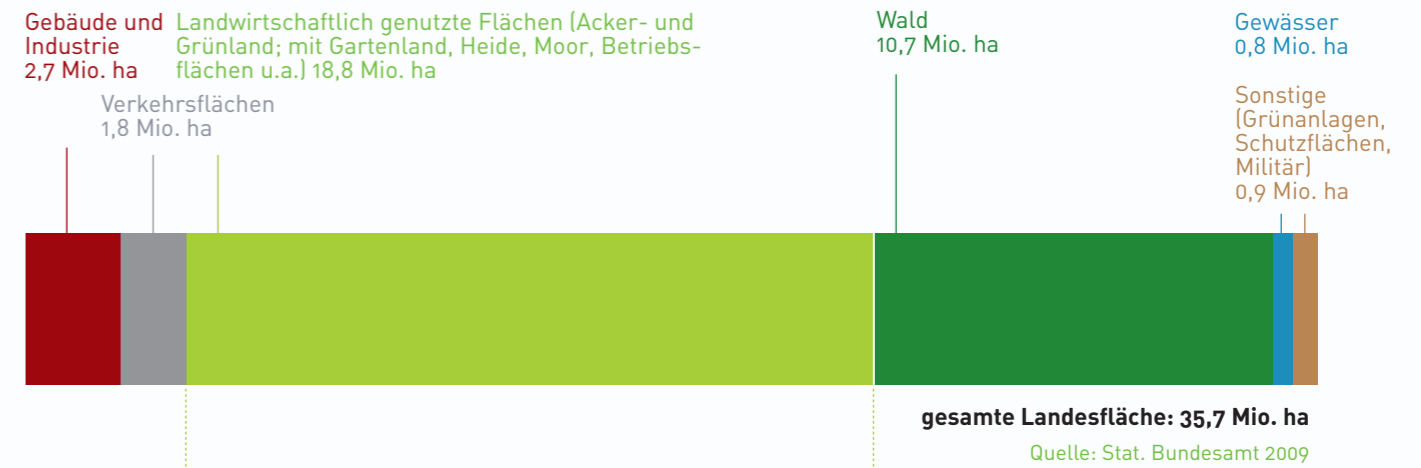
## Flächenbedarf 2008 und 2020



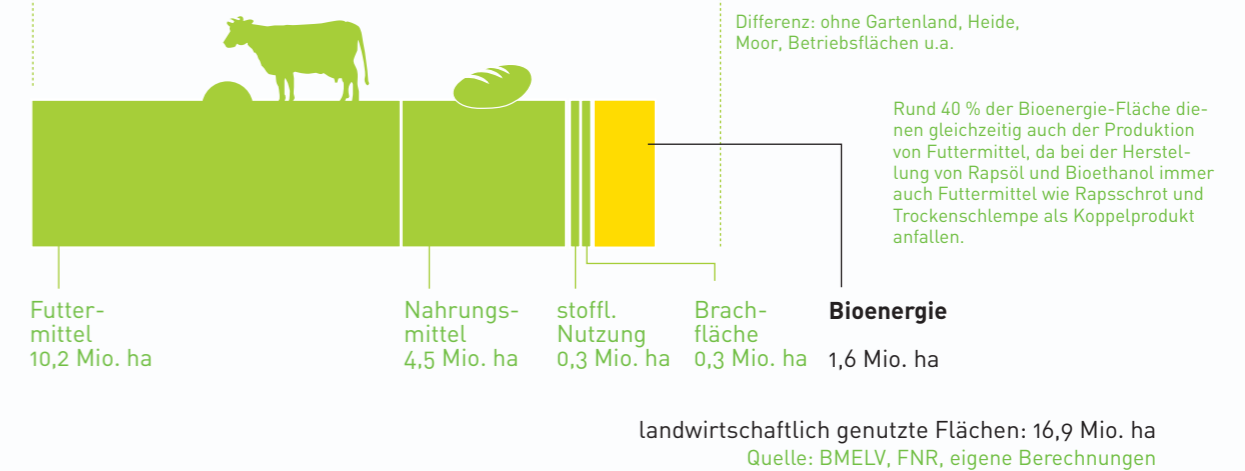


Quellen: DLR 2004, Leibniz-Institut

## Die deutsche Landesfläche ist vor allem von Ackerland, Grünland und Wald belegt.



## Mehr als die Hälfte der landwirtschaftlichen Flächen wird 2008 für Futtermittel genutzt.



## Bioenergie belegt heute und in Zukunft nur einen kleinen Teil der landwirtschaftlichen Flächen.

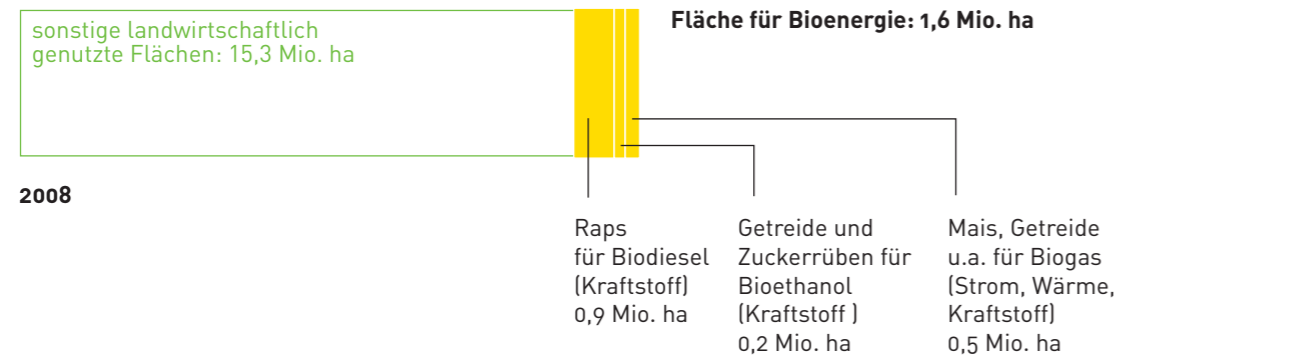


Auf **1,6 Mio. Hektar** der landwirtschaftlich genutzten Flächen Deutschlands wuchsen 2008 Energiepflanzen wie Raps, Mais und andere Getreide, die Strom, Wärme und Kraftstoffe lieferten. Das sind 9,5 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Flächen.

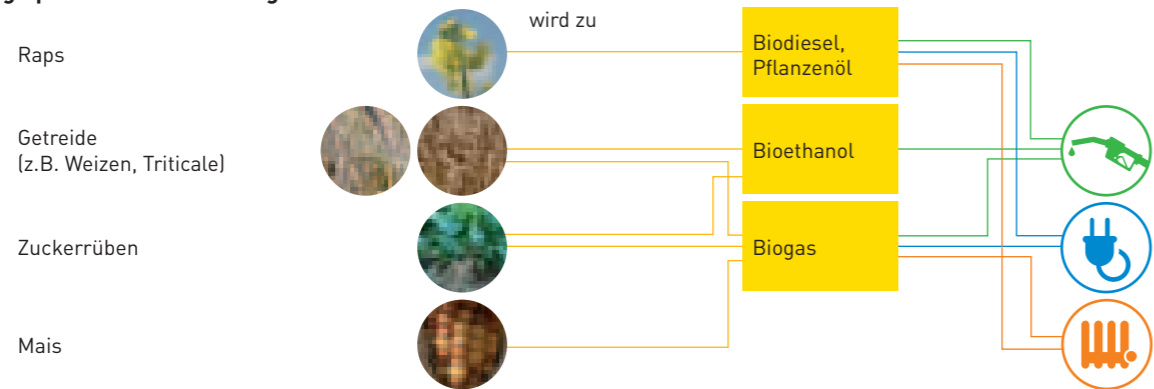
Bis zum Jahr 2020 kann die Anbaufläche für Energiepflanzen auf ca. **3,7 Mio. Hektar** mehr als verdoppelt werden. Dann würde die Bioenergie **21,9 Prozent** der landwirtschaftlich genutzten Flächen belegen.

## Woher die Bioenergie kommt: Acker- und Grünland

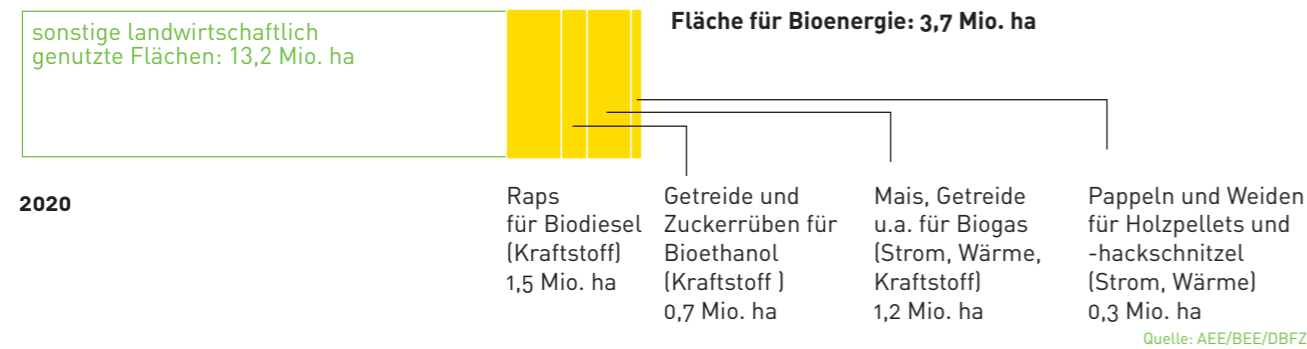
### Was wächst heute wofür auf den Flächen für Bioenergie?



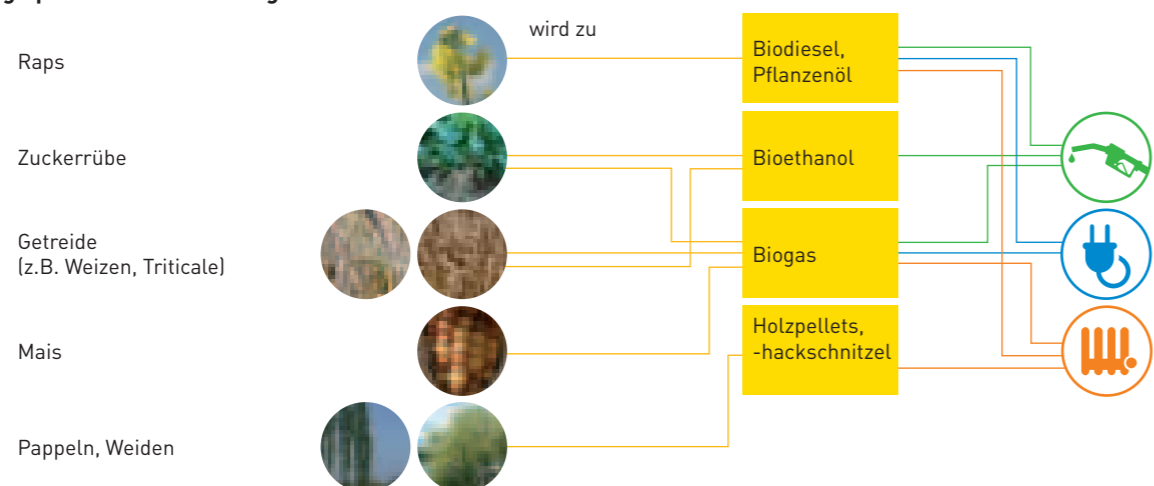
### Welche Energiepflanzen werden wie genutzt?



### Was wächst 2020 wofür auf den Flächen für Bioenergie?

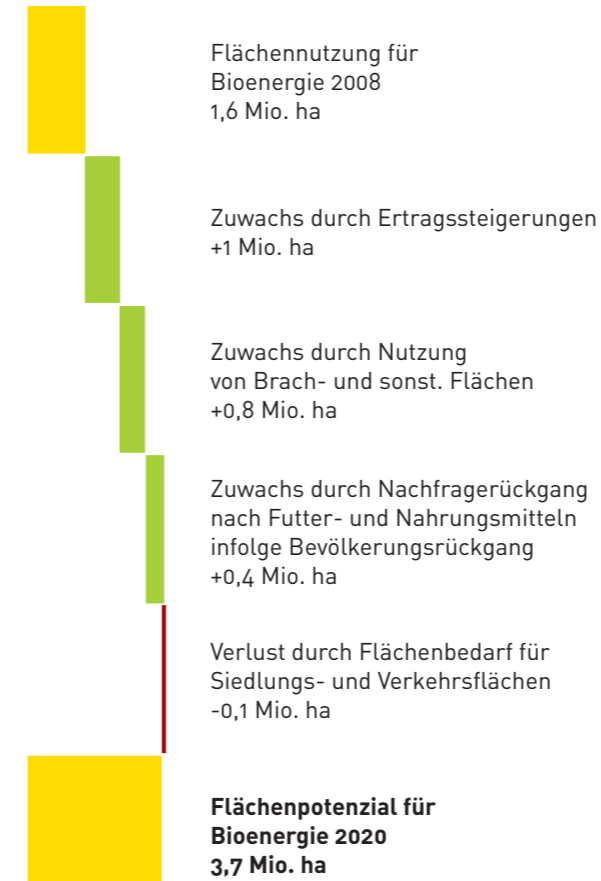


### Welche Energiepflanzen werden wie genutzt?



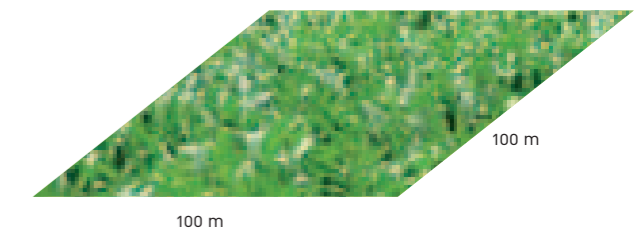
## Woher kommen die zusätzlichen Flächen für Bioenergie?

### Flächenpotenzial für Bioenergie bis 2020



Durch den Bevölkerungsrückgang in Deutschland sinkt auch der Bedarf nach Futter- und Nahrungsmitteln sowie nach Siedlungsflächen. Gleichzeitig steigen die Ernteerträge weiterhin leicht an. So werden zusätzliche Flächen für den Anbau von Energiepflanzen frei, ohne dass die Selbstversorgung Deutschlands mit Nahrungsmitteln in Frage gestellt würde. Trotz des steigenden Anteils der Bioenergie gab es 2008 einen deutlichen Überschuss bei der Getreideernte in Deutschland und der EU.

### So viel Energie kommt von einem Hektar:

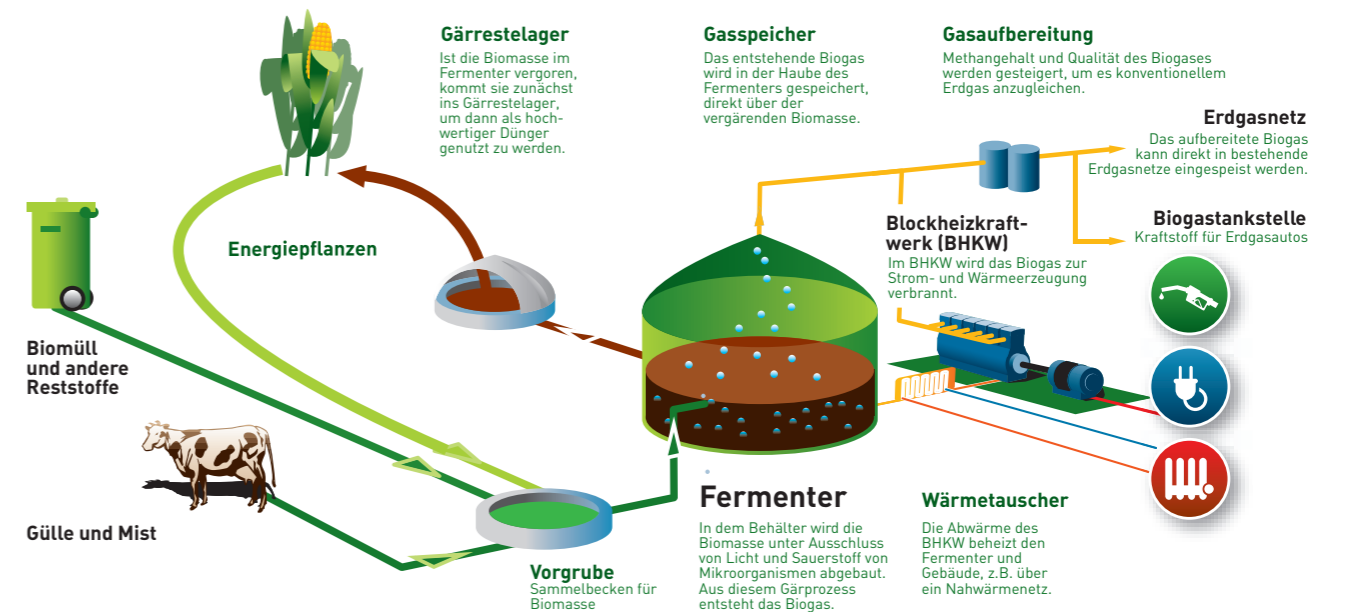


1 ha Mais  
= ca. 45 t Ernteertrag  
= ca. 9.000 m<sup>3</sup> Biogas

---

= 18.000 kWh<sub>el</sub> = **Strom für 5 Haushalte**  
+ 12.000 kWh<sub>th</sub> = **Wärme für 0,6 Haushalte**

## So funktioniert eine Biogasanlage: Strom, Wärme und Kraftstoff aus Energiepflanzen und Reststoffen



## Woher die Bioenergie kommt: Reststoffe

Die für Bioenergie genutzte Menge Reststoffe würde heute einer Fläche von 2,6 Mio. Hektar entsprechen, wenn diese Biomasse eigens angebaut werden müsste. Dabei bleibt noch fast ein Drittel der verfügbaren Reststoffe ungenutzt.



Die für Bioenergie genutzte Menge Reststoffe würde 2020 einer Fläche von 4,1 Mio. Hektar entsprechen. Fast alle verfügbaren Reststoffe werden dann für Bioenergie genutzt.



## Welche Reststoffe werden wie genutzt?



## Woher kommen die zusätzlichen Reststoffe?

### Potenzial für Stroh

Das Potenzial für die energetische Nutzung von Stroh liegt in mehreren Regionen Nordost- und Mitteldeutschlands bei über 1.000 kWh pro Person. Wird es in Biogasanlagen eingesetzt, ließe sich damit z.B. ein Drittel ihres jährlichen Stromverbrauchs abdecken.

### Potenzial für Gülle

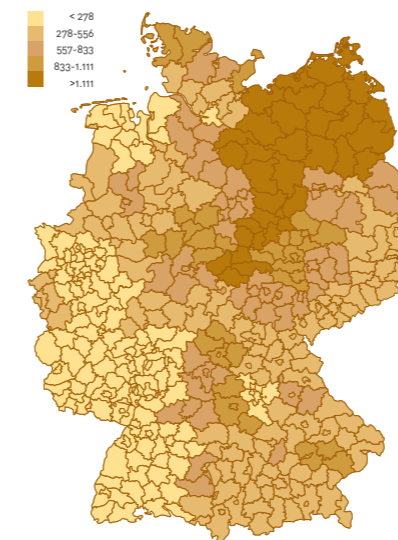
Das Potenzial für die energetische Nutzung von Gülle und anderen tierischen Exkrementen liegt in mehreren Regionen Norddeutschlands bei über 1.000 kWh pro Person. Werden diese in Biogasanlagen eingesetzt, ließe sich damit ein Drittel ihres jährlichen Stromverbrauchs abdecken.

### Potenzial für Waldrestholz

Das Potenzial für die energetische Nutzung von Waldrestholz liegt in mehreren Regionen Nordost- und Süddeutschlands bei über 2.000 kWh pro Person. Wird es in Holzkraftwerken eingesetzt, ließen sich damit – neben Wärme – zwei Drittel ihres gesamten jährlichen Stromverbrauchs abdecken. Dabei ist das Potenzial von Altholz und Industrierestholz noch nicht berücksichtigt.

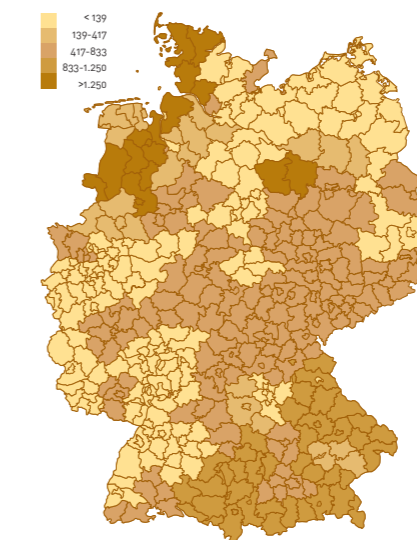
### Reststroh

Jährliches Potenzial/Person in kWh



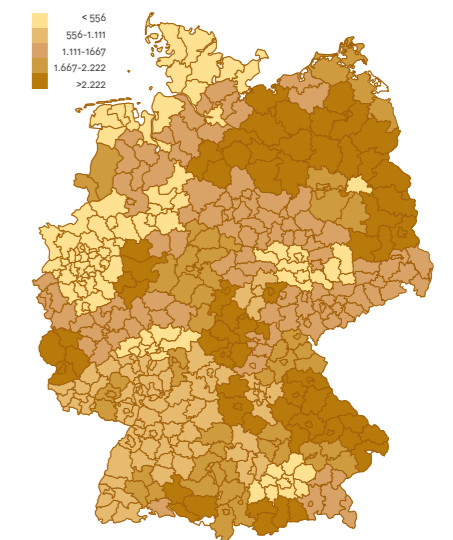
### Tierische Exkremente

Jährliches Potenzial/Person in kWh



### Schwach- und Restholz

Jährliches Potenzial/Person in kWh



Quelle: BBSR

## So viel Energie steckt in einem Kuhstall.



30 Rinder  
= ca. 540 t Rindergülle  
= ca. 13.500 m<sup>3</sup> Biogas

= 31.500 kWh<sub>el</sub> = **Strom für 9 Haushalte**  
+ 20.000 kWh<sub>th</sub> = **Wärme für 1 Haushalt**

## So viel Holz wächst jede Sekunde nach.



Im Jahr wachsen in Deutschland etwa 120 Mio. m<sup>3</sup> Holz hinzu, das sind 4 m<sup>3</sup> Holz pro Sekunde, was einem Würfel mit 1,6 m Kantenlänge gleichkommt.

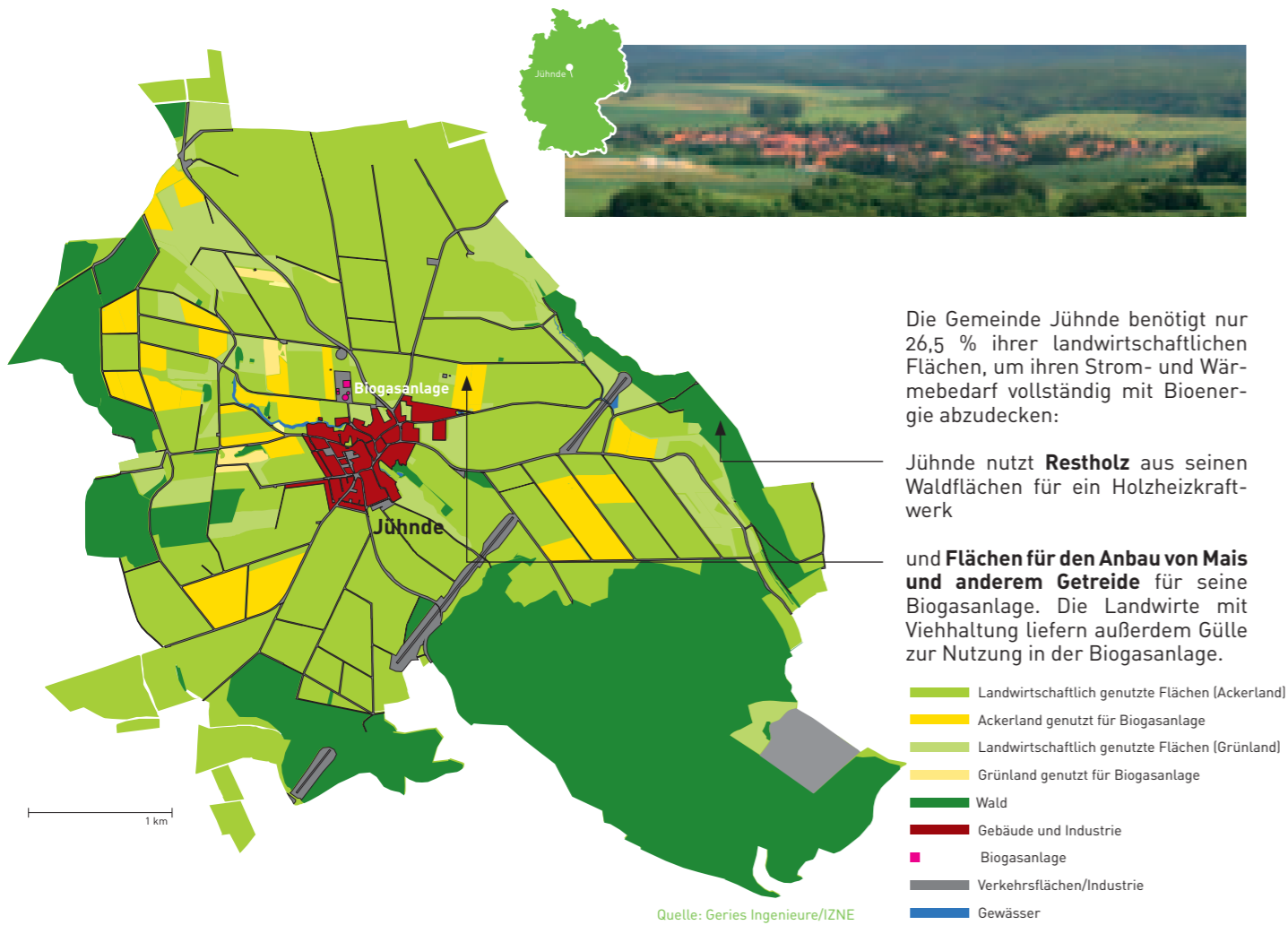
## Holzenergie – ausreichender Vorrat für viel Wärme

Mit über 75 Prozent macht Holz heute schon den größten Anteil der erneuerbaren Wärme aus. Der Ausbau der Holzenergie ist darum unerlässlich, um Treibhausgase und die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu reduzieren. Genormte Holzbrennstoffe wie Holzpellets für die Wärmeversorgung von Ein- und Mehrfamilienhäusern oder zunehmend für Nahwärmenetze sind mit Wirkungsgraden von über 90 Prozent äußerst effizient. Sie werden mittelfristig einen deutlich höheren Anteil an der regenerativen Wärme ausmachen.

Holz ist – wie Biomasse von Energiepflanzen – ein nachwachsender Rohstoff. Die Entwicklung des Holzvorrats in den deutschen Wäldern zeigt, dass ausreichende Potenziale vorhanden sind, um die energetische Holznutzung auszuweiten. Trotz Orkanshäden (Kyrill 2007) wuchs auch im vergangenen Jahr rund 10 Prozent mehr Holz hinzu, als eingeschlagen wurde. Der deutsche Holzvorrat stieg von rund 3,4 Mrd. m<sup>3</sup> im Jahr 2004 auf mehr als 3,6 Mrd. m<sup>3</sup> (2008).

Quelle: vTI-Inventarstudie 2008

## BEISPIEL NIEDERSACHSEN: JÜHNDE VERSORGT SICH SELBST MIT STROM UND WÄRME



Die Gemeinde Jühnde benötigt nur 26,5 % ihrer landwirtschaftlichen Flächen, um ihren Strom- und Wärmebedarf vollständig mit Bioenergie abzudecken:

Jühnde nutzt **Restholz** aus seinen Waldflächen für ein Holzheizkraftwerk

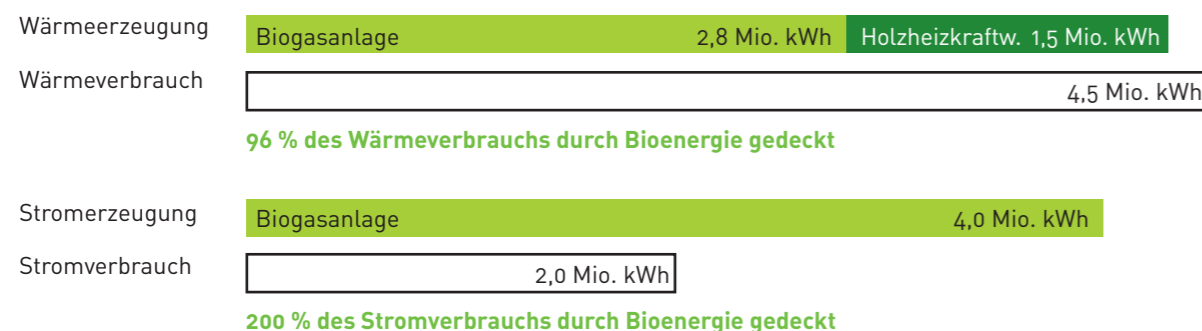
und **Flächen für den Anbau von Mais und anderem Getreide** für seine Biogasanlage. Die Landwirte mit Viehhaltung liefern außerdem Gülle zur Nutzung in der Biogasanlage.

- Landwirtschaftlich genutzte Flächen (Ackerland)
- Ackerland genutzt für Biogasanlage
- Landwirtschaftlich genutzte Flächen (Grünland)
- Grünland genutzt für Biogasanlage
- Wald
- Gebäude und Industrie
- Biogasanlage
- Verkehrsflächen/Industrie
- Gewässer

Jühnde ist eine Gemeinde im Süden Niedersachsens mit rund 1.000 Einwohnern. Die Jühnder haben sich 2005 entschlossen, ihre Strom- und Wärmeversorgung vollständig auf Bioenergie umzustellen. Dazu wurden ausschließlich die Potenziale für Bioenergie erschlossen, die das Gemeindegebiet selbst bietet. Die Abwärme der Biogasanlage und das Heizkraftwerk decken den Wärmebedarf von Jühnde fast vollständig.

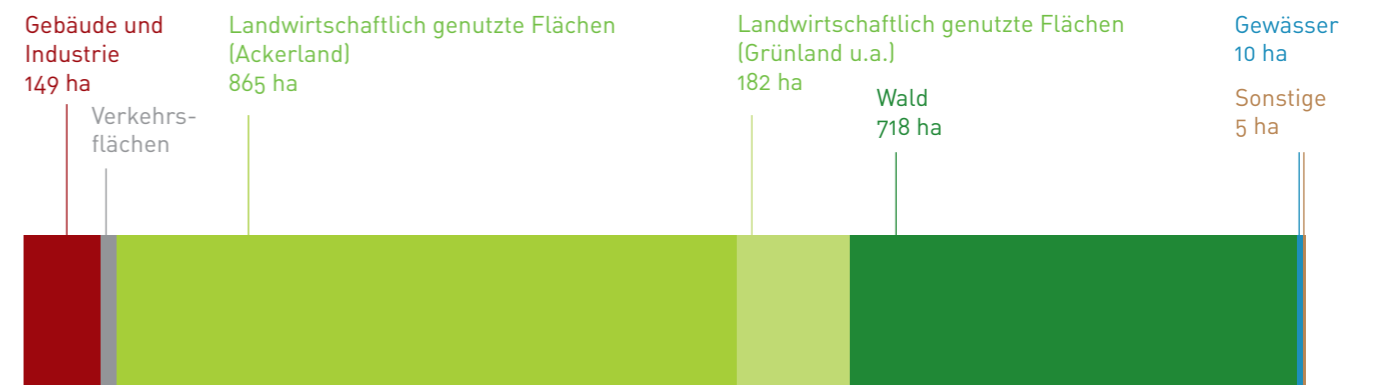
Die Wärme wird über ein Nahwärmenetz besonders effizient verteilt. Fast alle Haushalte in Jühnde sind an das Nahwärmenetz angeschlossen. Die genossenschaftlich betriebene Biogasanlage liefert mit ihrem Blockheizkraftwerk nicht nur Abwärme, sondern erzeugt auch doppelt so viel Strom wie die Einwohner von Jühnde verbrauchen. Der Strom wird in das lokale Stromnetz eingespeist und regional weitergeleitet.

### Strom- und Wärmeversorgung aus Bioenergie in Jühnde



Quelle: Geries Ingenieure/IZNE

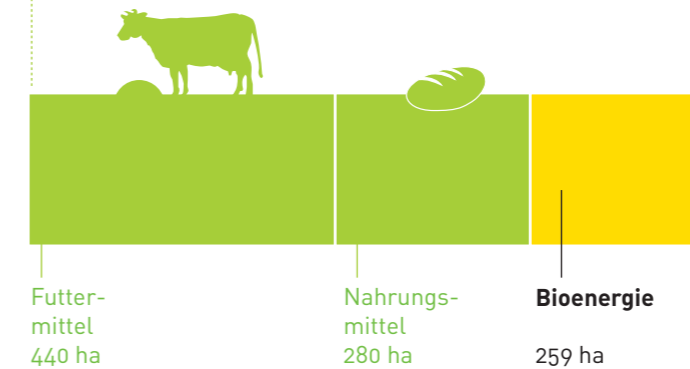
## Die Fläche von Jühnde ist vor allem von Ackerland, Grünland und Wald belegt.



**Gesamtfläche von Jühnde: 1.929 ha**

Quelle: Geries Ingenieure/IZNE/ Bioenergiedorf Jühnde

## Futter- und Nahrungsmittel dominieren weiterhin die Flächennutzung in Jühnde.



Differenz: 68 Hektar Flächen auswärtiger Landwirte in Jühnde

Quelle: Geries Ingenieure/IZNE/ Bioenergiedorf Jühnde

landwirtschaftlich genutzte Flächen in Jühnde: 979 ha

## Bioenergie belegt heute und in Zukunft nur einen kleinen Teil der landwirtschaftlichen Flächen.



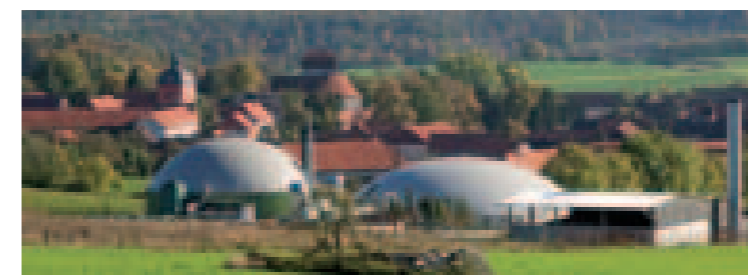
**Jühnde 2008**

**Fläche für Bioenergie: 259 ha**  
= 26,5 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen von Jühnde



**Deutschland 2020**

**Fläche für Bioenergie: 3,7 Mio. ha**  
= 21,9 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen von Deutschland (16,9 Mio. ha)



Trotz des Anbaus von Energiepflanzen dominiert sowohl in Jühnde als auch in Deutschland 2020 weiterhin die Produktion von Futter- und Nahrungsmitteln. Der Anteil der Flächen für Bioenergie ist zwar auf rund ein Viertel der landwirtschaftlichen Flächen gestiegen. Damit ist jedoch ein Niveau erreicht, das weiterhin die Selbstversorgung Deutschlands mit Futter- und Nahrungsmitteln erlaubt.



# QUELLE FÜR SAUBERE ENERGIE WASSERKRAFT

Standorte von Laufwasserkraftwerken mit mehr als 5 MW Leistung und Speicherwasserkraftwerken mit mehr als 10 MW Leistung



- Laufwasserkraftwerke
- 5-10 MW
  - 10-25 MW
  - 25-100 MW
  - mehr als 100 MW
- Speicherwasserkraftwerke
- ▽ 10-100 MW
  - ▽ mehr als 100 MW

Bei einem Laufwasserkraftwerk wird ein Fluss gestaut und mit dem abfließenden Wasser elektrischer Strom produziert.

Ein Speicherkraftwerk speichert das Wasser über einen Zeitraum (mehrere Stunden bis mehrere Monate) in einem Becken, um bei Bedarf die gespeicherte Energie in Strom umzuwandeln.

Die Wasserkraftnutzung ist technisch ausgereift und hat eine lange Tradition. Dennoch gibt es noch Ausbaupotenzial. Denn die Mehrzahl der Wasserkraftanlagen mit einer installierten Leistung von mehr als 1 MW wurde vor 1960 gebaut. Zuwachsmöglichkeiten bestehen deshalb vor allem in der Modernisierung von bestehenden Anlagen und der damit verbundenen Chance höhere Leistungen zu erzielen.

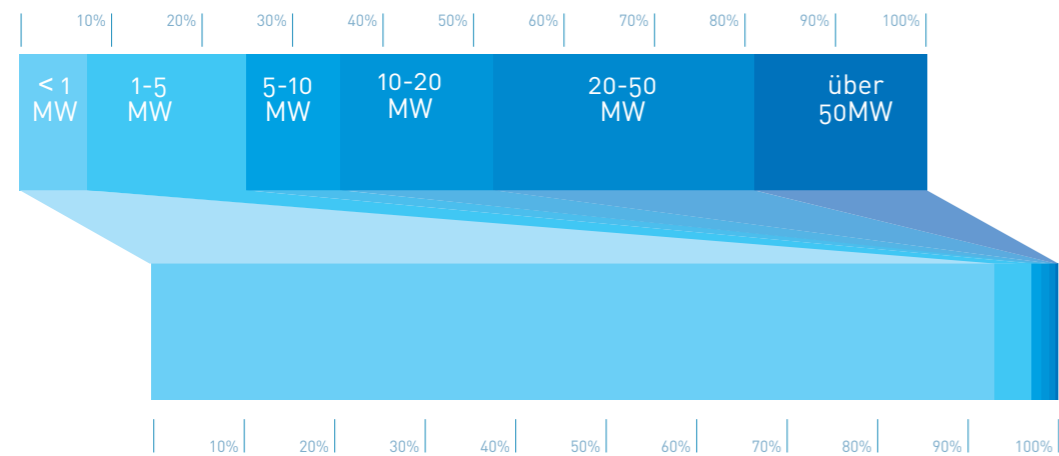
Potenzial steckt auch in der Reaktivierung von Anlagen, die im Zweiten Weltkrieg zerstört oder in den 1960er und 70er Jahren stillgelegt wurden. Diese können mit moderner Technik wieder in Betrieb genommen werden und haben gleichzeitig die Möglichkeit, den Schutz von Natur und Gewässern zu erhöhen.

## Anteil an der Energieversorgung 2008 und 2020



100 km

## Anteil an der Stromerzeugung aus Wasserkraft je Leistungsklasse in Deutschland (%)



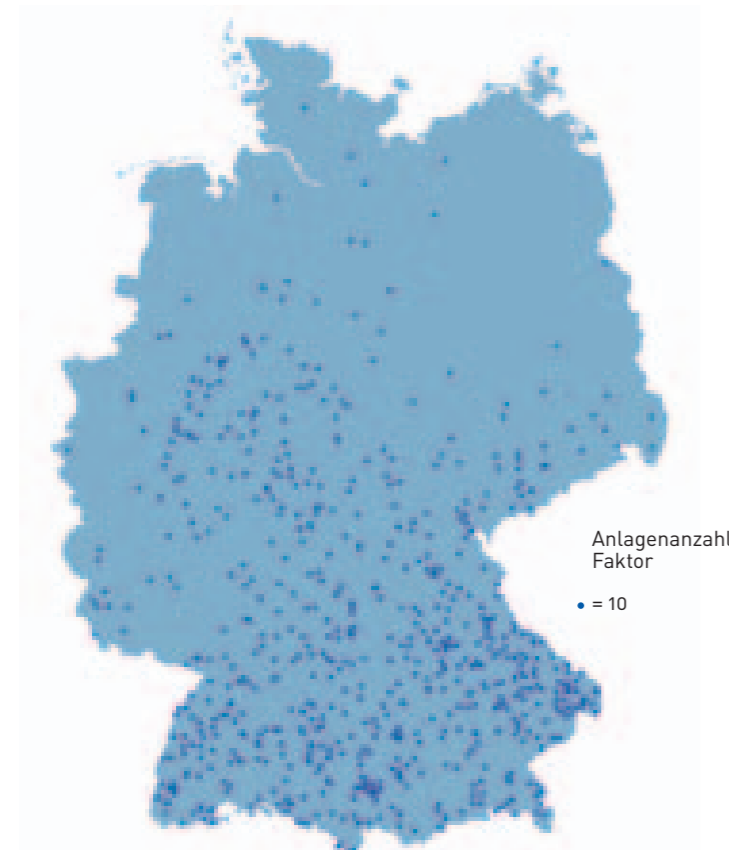
## Anteil der in Deutschland installierten Wasserkraftanlagen je Leistungsklasse (%)

Quelle: UBA (2008)

Kleine Wasserkraftanlagen mit einer Leistung bis 5 Megawatt machen rund ein Viertel der gesamten installierten Leistung und der Stromproduktion aus (1.200 MW bzw. 5,5 Milliarden Kilowattstunden). Der Ausbau und die Modernisierung der Kleinwasserkraft bleibt aus Sicht des Klimaschutzes weiterhin bedeutsam. Ziel muss sein, alle Möglichkeiten der CO<sub>2</sub>-freien Energiebereitstellung zu fördern, die im Einklang mit den Belangen des Gewässer- und Naturschutzes stehen.

Für das Wasserkraftpotenzial eines Standorts sind geografische Faktoren wie die Höhendifferenz und Abflussmenge entscheidend. Die meisten Wasserkraftwerke nutzen daher die Seen und Flüsse der Gebirge und Mittelgebirge. Das wird besonders bei der regionalen Verteilung der Laufwasserkraftwerke unter 5 MW deutlich: Diese Anlagen sind hauptsächlich in den Ländern Bayern, Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz und Thüringen zu finden.

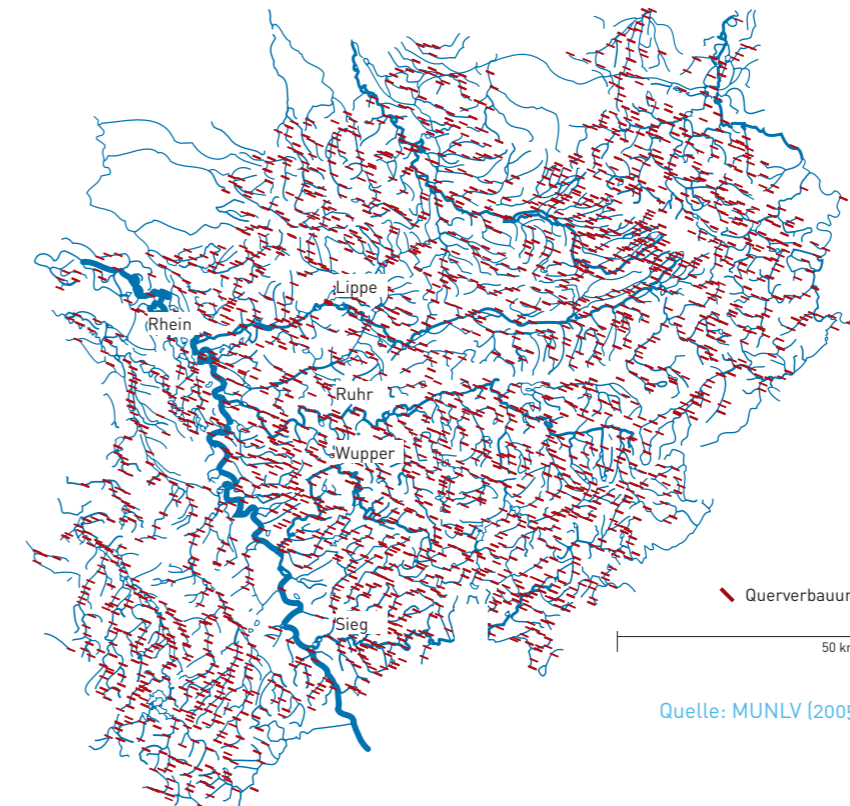
## Regionale Verteilung der Laufwasserkraftwerke unter 5 MW in Deutschland (2007)



Quelle: EEG -Planen & Beraten GmbH  
Datenbasis: Veröffentlichungen der Netzbetreiber gemäß § 15 Abs. 2 EEG 2004 (Datenaggregation auf PLZ-Ebene zweistellig)

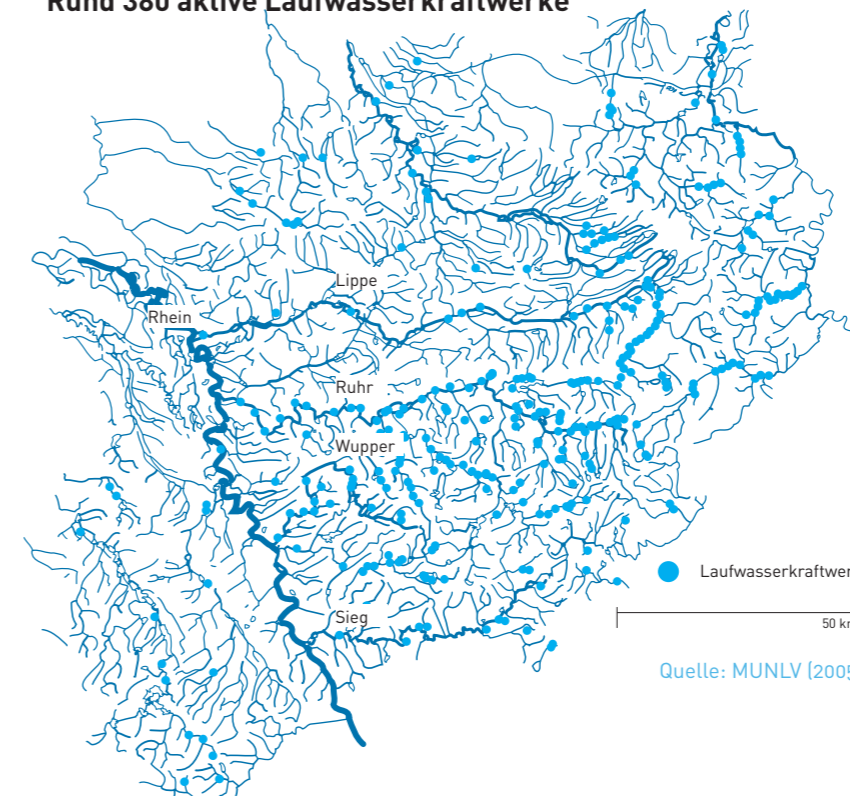
## BEISPIEL NORDRHEIN-WESTFALEN: BESTEHENDE QUERVERBAUUNGEN BILDEN EIN GROSSES POTENZIAL FÜR DIE NUTZUNG DER WASSERKRAFT

### Mehr als 14.000 bestehende Querverbauungen



In Nordrhein-Westfalen gibt es ca. 14.000, in ganz Deutschland ca. 60.000 Querverbauungen an Gewässern. Querverbauwerke wurden zur Trink- und Brauchwassergewinnung, zur Bewässerung benachbarter Flächen, für die Schifffahrt oder zur Wasserkraftnutzung errichtet. Die künstlich in Wasser eingebrachten baulichen Strukturen können die Durchgängigkeit der Gewässer negativ beeinflussen.

### Rund 380 aktive Laufwasserkraftwerke



Weniger als 15 Prozent der Querverbauungen in Deutschland werden durch Wasserkraftwerke beansprucht. Mehr als 85 Prozent der fehlenden Durchgängigkeit von Gewässern ist also nicht durch die Wasserkraft bedingt.

In Nordrhein-Westfalen werden sogar nur 3 Prozent der Querverbauungen von aktiven Laufwasserkraftwerken genutzt.

Wo bereits Querverbauungen bestehen, kann der Einsatz zur Stromerzeugung zusätzlichen ökologischen Nutzen bringen. Mit dem EEG 2009 besteht die Möglichkeit, an bestehenden Querverbauungen Wasserkraftanlagen zu errichten und gleichzeitig durch Fischtrepfen die biologische Durchgängigkeit wiederherzustellen.

Quelle: UBA (2008)

## BEISPIELE RUDOLFZELLER AACH, LENNE UND ALB: REAKTIVIERUNG UND MODERNISIERUNG ERMÖGLICHEN NATURSCHUTZ DURCH KLEINE WASSERKRAFT

Menschen nutzen seit Jahrhunderten die Kraft der Bäche und Flüsse zur Energiegewinnung. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts wird die Wasserkraft auch zur Stromerzeugung genutzt. Viele Wasserräder und -mühlen wurden jedoch im Zweiten Weltkrieg zerstört. Außerdem wurden in den 1960er und 70er Jahren viele Anlagen stillgelegt. In ihrer Reaktivierung und Modernisierung steckt großes Potenzial.

Die Nutzung der kleinen Wasserkraft wird von Fischern und Naturschützern kritisiert. Folgende Beispiele zeigen, dass sich der Ausbau der Kleinwasserkraft und Naturschutz nicht ausschließen – vielmehr gehen Naturschutz und moderne Wasserkraftanlagen zusammen.

### Radolfzeller Aach, Baden Württemberg

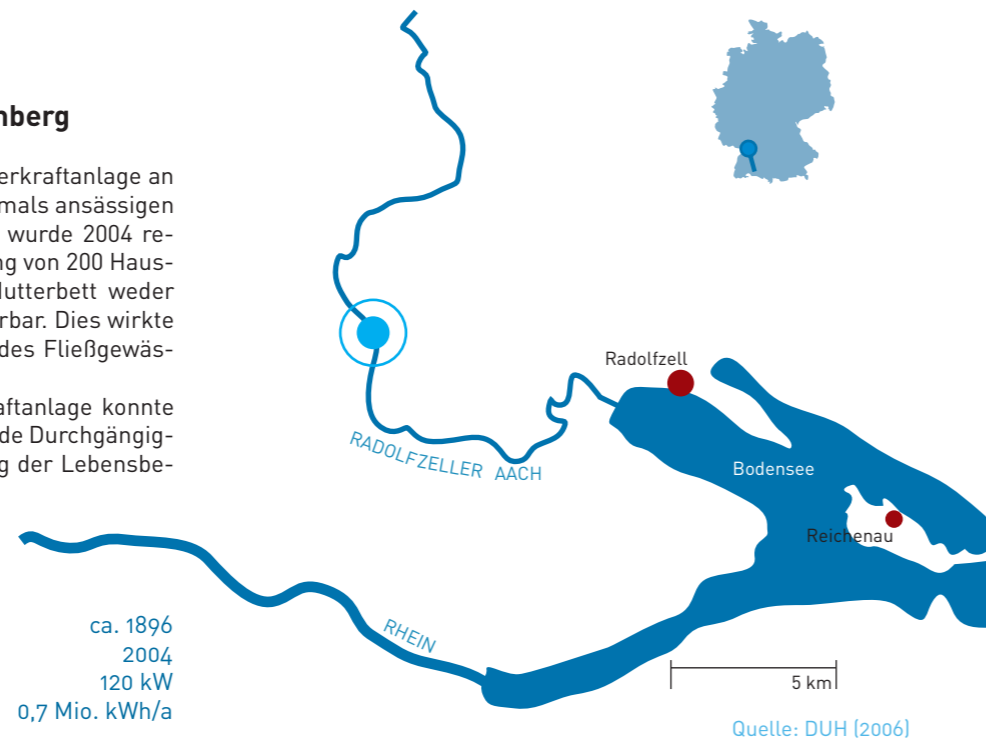
Die in den 1970er Jahren stillgelegte Wasserkraftanlage an der Radolfzeller Aach wurde von einer ehemals ansässigen Spinnerei genutzt. Die Wasserkraftanlage wurde 2004 reaktiviert und dient nun zur Stromversorgung von 200 Haushalten. Vor der Reaktivierung war das Mutterbett weder für Fische noch für Kleinlebewesen passierbar. Dies wirkte sich negativ auf die gesamte Lebenswelt des Fließgewässers aus.

Im Zuge der Reaktivierung der Wasserkraftanlage konnte u.a. durch eine Fischtreppe eine weitgehende Durchgängigkeit des Gewässers und eine Verbesserung der Lebensbedingungen erreicht werden.

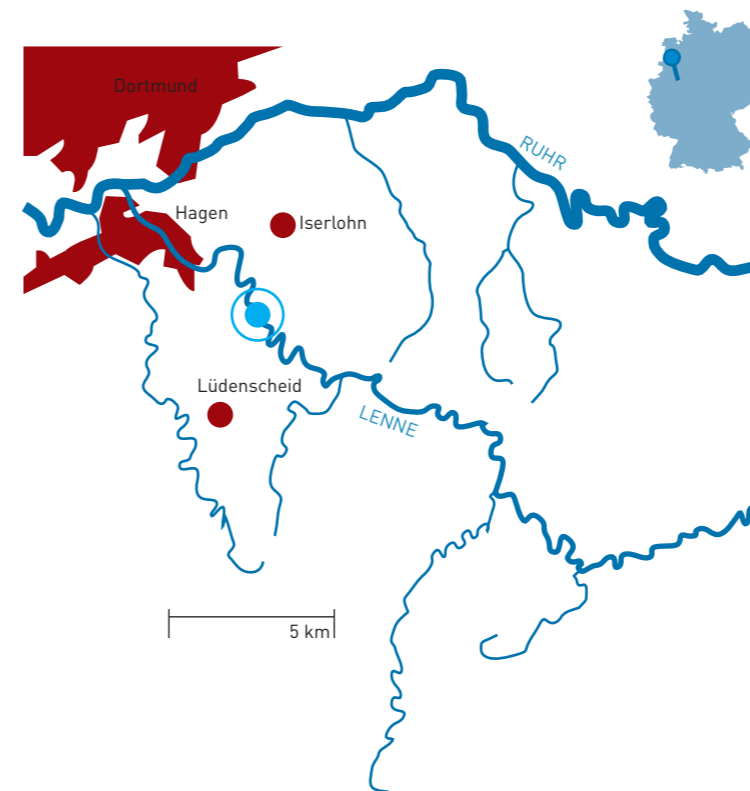
#### Daten und Fakten

Baujahr  
Jahr der Modernisierung  
Installierte Leistung  
Stromproduktion

ca. 1896  
2004  
120 kW  
0,7 Mio. kWh/a



50 Reaktivierte Wasserkraftanlage an der Radolfzeller Aach



### Lenne, Nordrhein-Westfalen

Die Wehre an der Lenne zwischen Altena und Nachrodt (Sauerland) haben seit über 350 Jahren Wasserkraftbetrieb eine einzigartige Naturlandschaft entstehen lassen. Zwischen dem ursprünglichen Lenneverlauf und der Lenneumleitung zum Obergraben hat sich eine 1,1 Hektar große Insel gebildet, die zum Naturschutzgebiet erklärt wurde. Ein Beweis, dass sich Wasserkraftnutzung und Naturschutz nicht nur ergänzen können, sondern sich manchmal auch ursächlich bedingen. Mit der Modernisierung der Wasserkraftanlage, aus der eine Ertragsteigerung von 50 Prozent resultierte, war keinerlei Eingriff in die Natur verbunden. Die Arbeiten wurden im Gegenteil dazu genutzt, Fischwanderhilfen zu installieren.

#### Daten und Fakten

Seit 1635 Wasserkraftnutzung am Standort  
Jahr der Modernisierung  
Installierte Leistung  
Stromproduktion

1998-2001  
400 kW  
2,4 Mio. kWh/a

Quelle: DUH (2006)

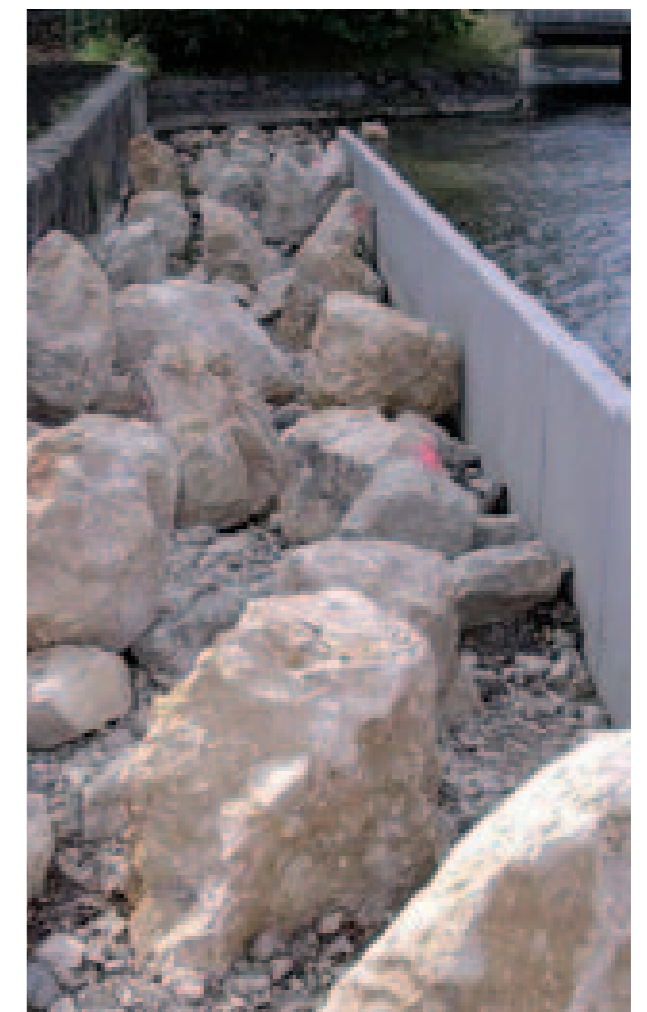
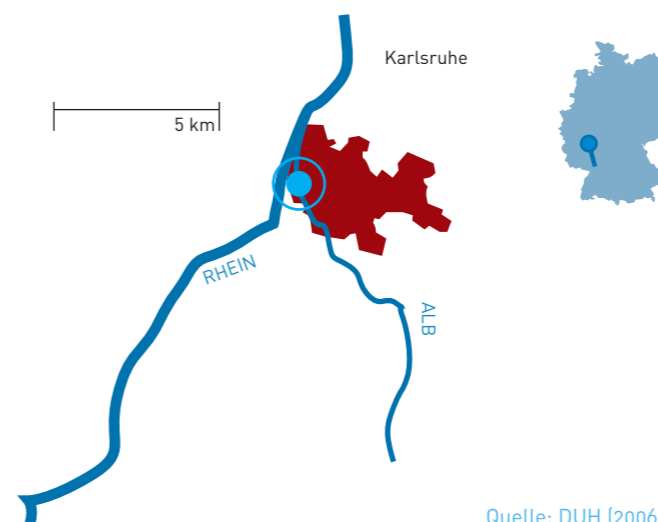
### Alb, Baden-Württemberg

Mit dem Neubau des Wasserkraftwerkes an der Alb können an diesem Standort rund 500 Haushalte mit sauberen Strom versorgt werden. Der Neubau führte zudem zu einer Verbesserung der ökologischen Situation: Das vorhandene Stauwehr wurde durch einen sehr aufwändigen Fischpass durchgängig gestaltet und der nicht mehr benötigte Triebwasserkanal wurde in ein naturnahes Fließgewässer mit neuem Lebensraum für Pflanzen und Tiere umgewandelt.

#### Daten und Fakten

Baujahr  
Installierte Leistung  
Stromproduktion

2001-2002, Wehr von 1905  
420 kW  
1,8 Mio. kWh/a



Ein aufwändiger Fischpass verbesserte die ökologische Situation der Alb.

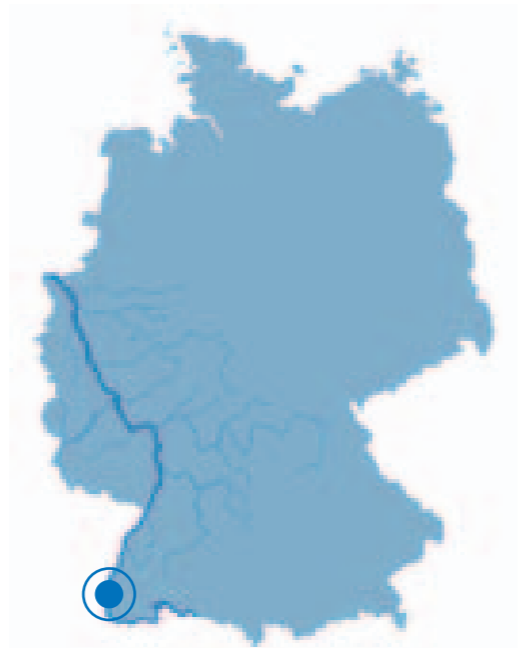
## BEISPIELE RHEIN, WESER UND MULDE: POTENZIALNUTZUNG DURCH MODERNISIERUNG, NEUBAU UND INNOVATION

### Beispiel für Modernisierungspotenzial: Wasserkraftwerk Rheinfelden

Im bestehenden Wasserkraftwerk arbeiten 20 Turbinen - einige zum Teil schon länger als 100 Jahre. Mit dem Ersatz der alten Turbinen durch vier moderne Maschinen kann mehr als dreimal so viel Strom erzeugt werden - nämlich rund 600 Millionen Kilowattstunden pro Jahr. Durch die Erneuerung der bestehenden Anlage hat sich die installierte Leistung vervierfacht. Zwar bringt das neue Wasserkraftwerk Veränderungen in Natur und Landschaft. Doch aufgrund der zahlreichen Ausgleichsmaßnahmen wird der Raum ökologisch aufgewertet. Eingebunden in das Projekt sind Maßnahmen wie ein Fischpass und ein lachsgängiges Laich- und Aufstiegsgewässer anstelle des heutigen Kraftwerkskanals.

#### Daten und Fakten

	bestehend	Im Bau
Leistung	25,7 MW	100 MW
Stromproduktion	185 Mio. kWh/a	600 Mio. kWh/a
Inbetriebnahme	1898	2010



Wasserkraftwerk Rheinfelden am Oberrhein

### Beispiel für Neubaupotenzial: Weserkraftwerk Bremen

Für die Wasserkraftanlage in Bremen wurde kein neues Wehr errichtet, sondern ein vorhandenes Wehr genutzt. Bei dem Weserkraftwerk handelt es sich um das größte Neubauprojekt Norddeutschlands zur Nutzung der Wasserkraft. Die Anlage wird zudem das größte Wasserkraftwerk an der Weser werden. In ökologischer Hinsicht setzt das Projekt Maßstäbe: Geplant ist ein für diese Kraftwerksgröße bisher einmaliges, innovatives Fischschutzkonzept aus umfangreichen Auf- und Abstiegshilfen in Verbindung mit einem wirksamen Schutz vor der Passage durch die Turbinen.

#### Sauberer Strom vom Weserwehr

- 1906-12 Bau einer Schleusenanlage, des Wehres und eines Wasserkraftwerks am Standort Bremen-Hemelingen
- 1912 Das einzige deutsche Wasserkraftwerk am Unterlauf eines Flusses geht in Betrieb
- 1981 Schweres Hochwasser der Weser (rund 25 Millionen Euro Schaden)
- 1987-93 Abriss des alten und Bau des neuen Wehres
- 2003-06 Planung eines neuen Kraftwerks
- 2007 Bewilligung der Planung
- 2008 Baubeginn
- 2010/11 Geplante Inbetriebnahme des neuen Wasserkraftwerks

#### Daten und Fakten

Leistung	10 MW
Stromproduktion	42 Mio. kWh/a
Inbetriebnahme	Ende 2009



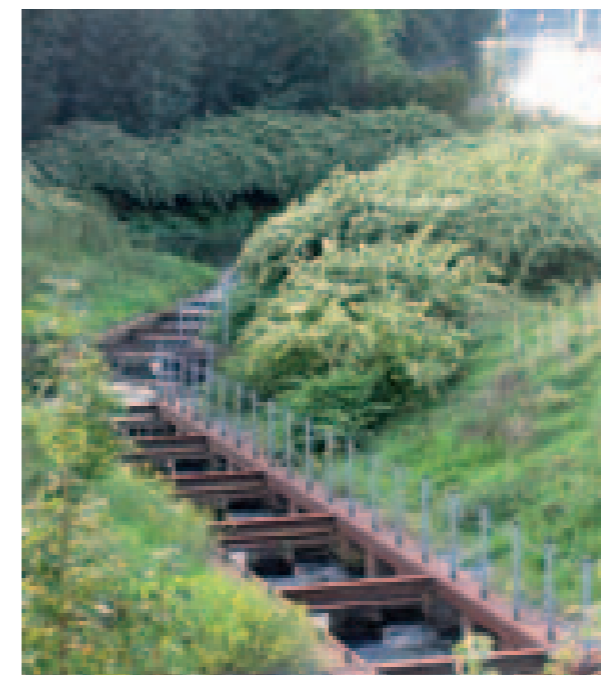
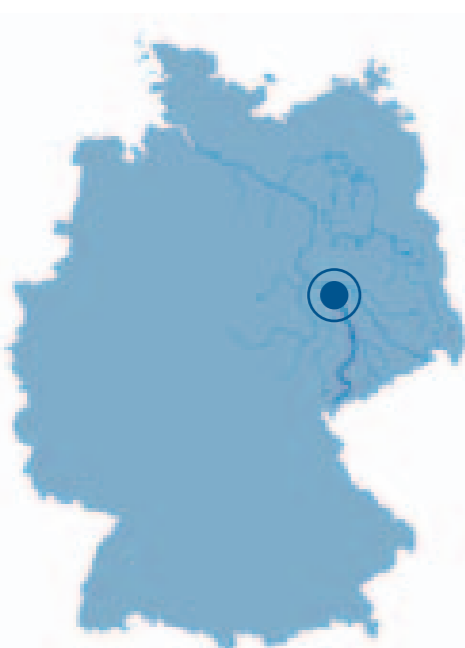
Fotomontage des neuen Weserkraftwerks (nach Fertigstellung)

### Beispiel für Innovationspotenzial: Wasserkraftwerk Raguhn

Wasserräder gibt es schon seit 2.500 Jahren. Dennoch besteht immer noch technologisches Entwicklungspotenzial für die Wasserkraft. Jüngstes Beispiel: Das Wasserkraftwerk Raguhn (Sachsen-Anhalt) nutzt neue Turbinen, die einen besonders hohen Wirkungsgrad erreichen. Die Wasserkraft profitierte hier von den technischen Weiterentwicklungen bei Windenergieanlagen. Deren Fortschritte lassen sich erfolgreich in den Bau von Turbinen für Wasserkraftwerke übertragen. Dadurch können nun auch Standorte mit niedrigen Fallhöhen erschlossen werden. Zudem handelt es sich beim Wasserkraftwerk Raguhn um eine äußerst fischfreundliche Bauart. Begleitet wird es von einem umfassenden Fischmonitoring. Das Ergebnis: Tiere und Pflanzen nehmen das seit Januar installierte Wasserkraftwerk als Teil ihres Lebensraumes sehr gut an.

#### Daten und Fakten

Leistung	2,1 MW
Stromproduktion	9,3 Mio. kWh/a
Inbetriebnahme	Juni 2009



Die neu angelegte Fischtreppe am Wasserkraftwerk

## Windenergie in Deutschland 2008

Installierte Gesamtleistung:	23.895 MW
Neu installierte Leistung:	1.665 MW
Erzeugte Strommenge:	40,6 Mrd. kWh
Anteil am Stromverbrauch:	6,6 %
CO <sub>2</sub> -Vermeidung:	30,3 Mio. t
Arbeitsplätze:	ca. 85.100 – 98.300*

\* Angabe Bundesverband Windenergie

## Solarenergie in Deutschland 2008

Installierte Leistung (Strom):	5.877 MW
Neu installierte Leistung (Strom):	1.900 MW
Erzeugte Strommenge:	4,4 Mrd. kWh
CO <sub>2</sub> -Vermeidung:	2,6 Mio. t
Installierte Gesamtleistung (Wärme):	7.919 MW
Neu installierte Leistung (Wärme):	1.325 MW
Erzeugte Wärmemenge:	4,1 – 5,3* Mrd. kWh
Anteil am Wärmeverbrauch:	0,3 %
CO <sub>2</sub> -Vermeidung:	0,9 – 1,2* Mio. t
Arbeitsplätze:	74.400 – 78.000*

\* Angabe Bundesverband Solarwirtschaft

## Erdwärme in Deutschland 2008

Erzeugte Wärmemenge:	4,6 Mrd. kWh
Anteil am Wärmeverbrauch:	0,3 %
Installierte Gesamtleistung (Strom):	6,6 MW
Erzeugte Strommenge:	18 Mio. kWh
Arbeitsplätze:	9.100

## Bioenergie in Deutschland 2008

Installierte Gesamtleistung (Strom):	3.996 MW
Erzeugte Strommenge (inkl. biogener Abfall):	27,2 Mrd. kWh
Anteil am Stromverbrauch:	4,4 %
CO <sub>2</sub> -Vermeidung:	20,7 Mio. t
Erzeugte Wärmemenge:	101,9 Mrd. kWh
Anteil am Wärmeverbrauch:	7,1 %
CO <sub>2</sub> -Vermeidung:	29,1 Mio. t
Biokraftstoffnutzung:	3,7 Mio. t
davon:	
Biodiesel	2,7 Mio. t
Bioethanol	0,6 Mio. t
Pflanzenöl	0,4 Mio. t
Anteil am Kraftstoffverbrauch:	5,9 %
CO <sub>2</sub> -Vermeidung:	8,3 Mio. t
Arbeitsplätze:	ca. 95.800

## Wasserkraft in Deutschland 2008

Installierte Gesamtleistung:	4.740 MW
Erzeugte Strommenge:	20,8 Mrd. kWh
Anteil am Stromverbrauch:	3,4 %
CO <sub>2</sub> -Vermeidung:	17,7 Mio. t
Arbeitsplätze:	ca. 9.300

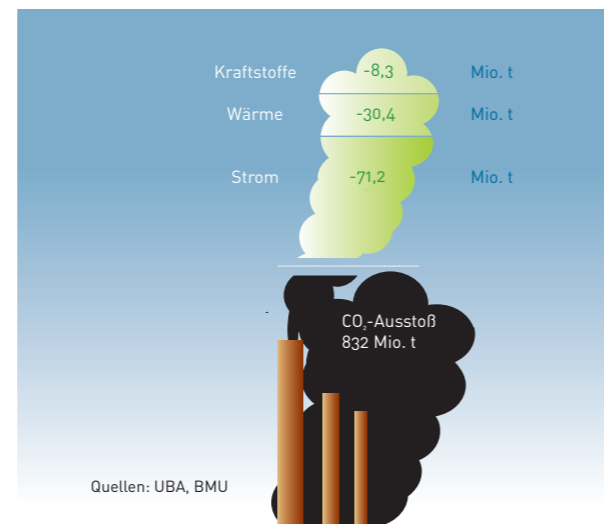
Quelle: BMU

## Klimaschützer Erneuerbare Energien

Die Nutzung Erneuerbarer Energien anstelle von Erdöl, Kohle und Erdgas ist der wichtigste Weg zur Erreichung der Reduktionsziele für klimaschädliche Treibhausgase. Allein 2008 vermieden Erneuerbare Energien CO<sub>2</sub>-Emissionen von insgesamt 110 Mio. Tonnen. Allein 53 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Einsparung bewirkte das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das die Erhöhung des Anteils Erneuerbarer Energien an der Stromversorgung zum Ziel hat.

Wird das Ausbaupotenzial im Strom-, Wärme- und Mobilitätssektor weiterhin gezielt erschlossen und bis zum Jahr 2050 mindestens 50 Prozent der in Deutschland benötigten Energie durch Erneuerbare Energien gedeckt, können rund 370 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> jährlich vermieden werden. Dies entspricht bereits rund 45 Prozent des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes, der derzeit durch die gesamte Energieerzeugung in Deutschland verursacht wird. Geht man davon aus, dass durch Energieeinsparung und -effizienzmaßnahmen der Energiebedarf bis 2050 erheblich gesenkt wird, steigt der Beitrag der CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch Erneuerbare Energien entsprechend.

## 110 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch Erneuerbare Energien in Deutschland 2008



**Deutschland hat unendlich viel Energie. Uns steht die gesamte Palette der Erneuerbaren Energien zur Verfügung – von Sonne, Wind und Wasser bis zu Biomasse und Erdwärme. Erneuerbare Energien können nicht aufgebraucht werden. Sie warten nur darauf, intelligent genutzt zu werden. Angesichts schwindender fossiler Energieträger bieten Erneuerbare Energien heute zuverlässige Lösungen für Strom, Wärme und Mobilität.**

Die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten der Erneuerbaren Energien werden in Deutschland gerade erst erschlossen. Dennoch ist ihr Ausbau eine weltweit einmalige Erfolgsgeschichte, die zeigt, wie Schutz vor Klimaschäden und teuren Brennstoffimporten möglich ist.

### Erneuerbarer Strom

Erneuerbare Energien deckten 2008 rund 15 Prozent des deutschen Strombedarfs. Sie haben damit bereits drei Jahre im Voraus die politische Zielmarke von 12,5 Prozent übertroffen, die von der Europäischen Union für das Jahr 2010 vorgesehen war. Noch bis Mitte der 1990er Jahre waren alte Wasserkraftwerke nahezu die einzige Quelle für erneuerbaren Strom in Deutschland. Seitdem hat sich die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien mehr als verdreifacht. Ausbauziel der Bundesregierung ist ein Anteil am Stromverbrauch von mindestens 30 Prozent bis 2020. Die Branche der Erneuerbaren Energien prognostiziert einen Anteil von 47 Prozent.

### Erneuerbare Wärme

Auch der Wärmebedarf wird in Deutschland zunehmend durch Erneuerbare Energien gedeckt (Anteil 2008: 7,7 %). Bisher stammt die erneuerbare Wärme überwiegend aus Bioenergie in Form von Holz. Neben dem Heizen mit Holzpellets bieten solarthermische Anlagen sowie Erdwärmepumpen kostengünstige Wärmequellen. Mit steigenden Heizöl- und Erdgaspreisen ist eine verstärkte Nutzung zu erwarten. Ausbauziel der Bundesregierung ist ein Anteil am Wärmeverbrauch von 14 Prozent im Jahr 2020. Die Leitstudie des Bundesumweltministeriums hält eine Steigerung des Anteils auf über 50 Prozent bis 2050 für möglich. Schon für 2020 erwartet die Branche der Erneuerbaren Energien einen Anteil von 25 Prozent.

### Erneuerbare Mobilität

Zu Lande, zu Wasser und in der Luft können Personen und Güter mit Erneuerbaren Energien bewegt werden. In weniger als zehn Jahren ist der Anteil der Erneuerbaren Energien am Kraftstoffverbrauch von Null auf 5,9 Prozent im Jahr 2008 gestiegen. Dieser Beitrag wird bisher fast ausschließlich von Biokraftstoffen geliefert, die in Verbrennungsmotoren von Autos und Lkw, in Bahnen, Schiffen und Flugzeugen zum Einsatz kommen können.

Einen steigenden Anteil wird in Zukunft die Elektromobilität bestreiten: Strom aus Erneuerbaren Energien treibt sauber und effizient Elektromotoren in Autos und Motorrädern, in Bussen und Bahnen an. Bis 2050 kann der Anteil der Erneuerbaren Energien im Verkehrsbereich nach der Leitstudie des Bundesumweltministeriums auf über 50 Prozent steigen. Die Erneuerbare-Energien-Branche prognostiziert bereits für 2020 einen Anteil von 19 Prozent.

## Beschäftigungsmotor Erneuerbare Energien

Erneuerbare Energien schaffen Arbeit. Ende 2008 waren ca. 278.000 Menschen mit der Planung, Montage und dem Betrieb von Anlagen in Deutschland beschäftigt. Damit hat sich die Zahl der Arbeitsplätze seit 1998 mehr als vervierfacht und ist allein 2008 um 28.000 gestiegen. Aufgrund der weltweit steigenden Nachfrage nach Erneuerbaren Energien rechnet die Branche damit, im Jahr 2020 in Deutschland über 500.000 Menschen Arbeit zu geben. Ein Großteil wird direkt für den Export von Anlagen und Zubehör arbeiten, um die steigende Nachfrage nach deutscher Erneuerbare-Energien-Technik im Ausland zu erfüllen.

Dabei kommt der Branche die jahrelange erfolgreiche Entwicklung auf dem Heimatmarkt zugute, die sie zu einem weltweiten Technologieführer gemacht hat. Rund 60 Prozent der Unternehmen, so das Ergebnis einer Studie des Wissenschaftsladens (WiLa) Bonn, sind auf der Suche nach zusätzlichen Fachkräften.

### Vorteile vor Ort

Zahlreiche Kommunen und Regionen vor allem im ländlichen Raum machen den Aufbau einer Energieversorgung durch heimische Erneuerbare Energien zum Drehpunkt ihrer wirtschaftlichen Entwicklung. Am dezentralen Ausbau der Erneuerbaren Energien kann sich jeder beteiligen, z.B. mit Bürgerwindparks oder Solaranlagen. Bürger, Kommunen, Landwirte sowie kleine und mittelständische Unternehmen fördern so die regionale Wertschöpfung: Installation, Wartung und Betrieb Erneuerbarer-Energien-Anlagen werden meist von lokalen Betrieben wie z.B. Handwerkern und Technikern sowie Land- und Forstwirtschaft getragen. Eine stärkere Eigenversorgung mit Erneuerbaren Energien verringert die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffimporten und ihren steigenden Preisen. Kommunen und Stadtwerke können als Nutzer von Erneuerbaren Energien effektiv Kosten reduzieren, z.B. durch solarthermische Anlagen für ihre Schwimmbäder oder durch die energetische Nutzung von Bioabfällen in Biogasanlagen. Statt die Energierechnung bei russischen Erdgas-Konzernen oder arabischen Ölscheichs zu bezahlen, bleiben die Ausgaben für Energie dann in der Region. Werden lokale Synergien geschaffen und Kreisläufe geschlossen, sind Erneuerbare Energien ein wichtiger Motor wirtschaftlicher Entwicklung.

Mehr Informationen:  
[www.kommunal-erneuerbar.de](http://www.kommunal-erneuerbar.de)



## Ausblick

Geplante Investitionen 2005-2020: 200 Mrd. Euro  
Zum Vergleich: angekündigte Investitionen der konventionellen Energieversorger in neue Kraftwerke bis 2020: rund 40 Mrd. Euro

	2008	Prognose 2020
CO <sub>2</sub> -Vermeidung:	110 Mio. Tonnen	287 Mio. Tonnen
Arbeitsplätze:	278.000	500.000
Einsparung Energieimporte:	8,3 Mrd. Euro	50 Mrd. Euro
Exportvolumen:	12 Mrd. Euro	80 Mrd. Euro

**Blockheizkraftwerk (BHKW)**

Ein Blockheizkraftwerk ist eine Anlage zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung.

Siehe auch →Kraft-Wärme-Kopplung

**Biodiesel**

Biodiesel ist der in Deutschland am weitesten verbreitete Biokraftstoff. Biodiesel wird mittels eines chemischen Prozesses, der Umesterung, aus Pflanzenöl von Ölpflanzen unter Einsatz von Alkohol gewonnen. In Deutschland kommt hauptsächlich Raps zum Einsatz. Auch Sonnenblumenöl, Soja- und Palmöl können verarbeitet werden, wenn Produzenten nachweislich bestimmte ökologische Mindestkriterien einhalten. Neben der Nutzung von Pflanzenölen zur Kraftstoffherstellung können auch Reststoffe wie Fritier- oder Bratfett für die Biodieselproduktion genutzt werden. Nebenprodukt der Produktion von Biodiesel ist Glycerin, das in der chemischen Industrie zum Einsatz kommt. Rapsschrot, ein weiteres Koppelprodukt der Biodieselproduktion, dient als Futtermittel. Biodiesel kann sowohl als Reinkraftstoff getankt werden oder fossilem Dieselkraftstoff in Deutschland bis zu einem Anteil von 7 Prozent beigemischt werden.

**Bioethanol**

Im Gegensatz zu Biodiesel findet Bioethanol bei Ottomotoren Anwendung. Als Rohstoffe für die Herstellung von Bioethanol eignen sich stark zucker- und stärkehaltige Pflanzen wie Zuckerrüben, Zuckerrohr, Roggen, Weizen, Mais und Kartoffeln. In Deutschland kommen hauptsächlich Getreide und Zuckerrüben zum Einsatz. Wie herkömmlicher Alkohol wird Bioethanol durch alkoholische Gärung aus Zucker mit Hilfe von Mikroorganismen gewonnen und anschließend durch thermische Trennverfahren gereinigt. Bioethanol kann sowohl als Reinkraftstoff (sog. E85) getankt werden oder fossilem Ottokraftstoff in Deutschland bis zu einem Anteil von mindestens 5 Prozent beigemischt werden.

Siehe auch →Trockenschlempe

**Biogas**

Biogas entsteht, wenn Biomasse unter Ausschluss von Licht und Sauerstoff in einem Gärbehälter, dem Fermenter einer Biogasanlage, durch bestimmte Bakterien abgebaut wird. Biogas besteht aus Methan, Kohlendioxid sowie Sauerstoff, Stickstoff und Spurengasen (u.a. Schwefelwasserstoff). Der Hauptbestandteil, das Methan, ist energetisch nutzbar. Biogas kann aus Energiepflanzen (z.B. Mais, Getreide) als auch aus Reststoffen wie Biomüll, Ernteresten und Stroh sowie tierischen Exkrementen wie Gülle und Mist gewonnen werden. Das in einer Biogasanlage erzeugte Biogas kann in einem Blockheizkraftwerk zu Strom und Wärme umgewandelt werden. Wird Biogas aufbereitet und gereinigt (sog. Biomethan), kann es auch direkt in bestehende Erdgasnetze eingespeist und fossilem Erdgas beigemischt werden oder in Fahrzeugen mit Gasmotor als Kraftstoff genutzt werden.

Siehe auch →Blockheizkraftwerk, →Kraft-Wärme-Kopplung, →Biomasse

**Biokraftstoff**

Aus Biomasse gewonnener Kraftstoff für den Betrieb von Verbrennungsmotoren (z.B. in Fahrzeugen oder Blockheizkraftwerken) oder Heizungen. Zu Biokraftstoffen zäh-

len Biodiesel, Bioethanol, Biomethan (aus Biogas), reine Pflanzenöle und die synthetischen Biomass-to-Liquid (BtL) - Kraftstoffe.

Siehe auch →Biodiesel, →Bioethanol, →Biogas, →Biomasse, →Koppelprodukt

**Biomasse**

Biomasse dient als Oberbegriff für alle Stoffe organischer Herkunft, die ihr Wachstum letztlich der Nutzung der Sonnenenergie verdanken. Aus Sicht der Bioenergie kann unterschieden werden zwischen

- den in der Natur lebenden Pflanzen und Tieren,
- deren Rückständen (z.B. abgestorbene Pflanzen wie Stroh) und deren Nebenprodukte (z.B. Exkremente wie Gülle),
- im weiteren Sinne allen organischen Stoffe, die durch eine technische Umwandlung entstanden sind (z.B. Papier, Zellstoff, Pflanzenöl) oder die durch eine andere Nutzung entstanden sind (z.B. Biomüll, Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie).

Siehe auch →Energiepflanzen, →Koppelprodukt, →Nachwachsende Rohstoffe, →Reststoffe, →Triticale

**Endenergie**

Als Endenergie bezeichnet man denjenigen Teil der Primärenergie, welcher dem Verbraucher, nach Abzug von Transport- und Umwandlungsverlusten, zur Verfügung steht.

Siehe auch →Primärenergie

**Energiepflanzen**

Energiepflanzen sind Pflanzen, die gezielt für die energetische Nutzung angebaut werden. Kulturpflanzen, die sich besonders gut für die energetische Nutzung eignen, sind in Deutschland z.B. Getreide wie Mais, Weizen, Roggen oder Triticale, neben weiteren Gräsern wie Chinaschilf (*Miscanthus*) und Weidelgras. Als Energiepflanzen werden auch Ölsaaten wie z.B. Raps und Sonnenblumen sowie außerhalb Deutschlands Ölpalmen und Soja genutzt. Heimische Energiepflanzen sind außerdem schnell wachsende Hölzer wie Pappeln und Weiden; ferner z.B. Rüben sowie Hanf. Ob eine Kulturpflanze als Energiepflanze genutzt wird, entscheidet sich möglicherweise erst nach der Ernte, da die meisten der in Deutschland angebauten Energiepflanzen gleichzeitig auch als Rohstoff für Futtermittel, für Nahrungsmittel oder für die stoffliche Nutzung z.B. in der chemischen Industrie in Frage kommen.

Siehe auch →Biomasse, →Nachwachsende Rohstoffe, →Reststoffe, →Triticale

**Erdwärmekollektoren**

Erdwärmekollektoren werden in 80-160 cm Tiefe horizontal verlegt. In den Kollektoren befindet sich eine Wärmeträgerflüssigkeit, die die von Regen und Sonne ins Erdreich eingebrachte Wärme aufnimmt und der Wärmepumpe zuführt. Nachdem diese die Temperatur erhöht hat, kann die Wärme zum Heizen und für die Warmwasserbereitung genutzt werden.

Siehe auch →Wärmepumpe

**Erdwärmesonden**

Erdwärmesonden werden in senkrechten Bohrungen mit einer Tiefe von wenigen Metern bis über 100 Metern installiert. Im Sondenkreislauf zirkuliert eine Wärme-

trägerflüssigkeit, die die im Untergrund gespeicherte Wärme aufnimmt. Über eine Wärmepumpe wird die Temperatur weiter erhöht und die so gewonnene Wärme zum Heizen und für die Warmwasserbereitung verwendet.

Siehe auch →Wärmepumpe

**Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)**

Das EEG setzt in Deutschland die Rahmenbedingungen für den Ausbau der Erneuerbaren Energien. Neben einem Beitrag zum Klimaschutz dient es der Markteinführung Erneuerbarer Energien und der Erfüllung der europäischen und deutschen Zielvorgaben für den Anteil Erneuerbarer Energien am Stromverbrauch. Durch garantierte Abnahmepreise für den erzeugten Strom bekommen Anlagenbetreiber und die -hersteller eine langfristige Planungs- und Investitionssicherheit. Die Förderung der Technologien ist degressiv aufgebaut, so dass ein kontinuierlicher Anreiz zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung besteht. Die Vergütungssummen werden in Form eines Umlageverfahrens auf alle Stromverbraucher verteilt. Da keine staatlichen Mittel betroffen sind, handelt es sich nicht um Subventionen.

**Fernwärme**

Fernwärme ist thermische Energie, die durch ein System isolierter Rohre zum Endverbraucher gelangt. Die Energie wird überwiegend zur Heizung von Gebäuden genutzt. Das heiße Wasser, das in das Fernwärmenetz eingespeist wird, stammt aus Heizwerken oder Heizkraftwerken. Letztere gewinnen mittels Kraft-Wärme-Kopplung gleichzeitig Strom und nutzbare Abwärme. Die meisten Anlagen werden noch mit Kohle oder Erdgas betrieben, es gibt aber auch Anlagen, die Biomasse (z.B. Holzhackschnittel) oder Erdwärme nutzen.

Siehe auch →Kraft-Wärme-Kopplung, →Nahwärme

**Fossile Energieträger**

Fossile Energieträger sind durch biologische und physikalische Vorgänge im Erdinneren und auf der Erdoberfläche über lange Zeiträume entstanden. Zu ihnen zählen Erdöl und Erdgas sowie Braun- und Steinkohle. Ihre Nutzung setzt Treibhausgase wie Kohlenstoffdioxid frei, das wesentlich zum Klimawandel beiträgt.

Siehe auch →Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)

**Geothermie**

Wärmeenergie unterhalb der Erdoberfläche. Bei der Tiefengeothermie (ab 400 Meter Tiefe) wird Energie, die aus dem Erdinneren nach außen aufsteigt, zur Strom- und/oder Wärmeenergie genutzt. Die Tiefengeothermie wird nach hydrothermalen Geothermie und petrothermalen Geothermie unterschieden.

Unter oberflächennaher Geothermie versteht man die Nutzung der Energie, welche in den obersten Erdschichten oder dem Grundwasser gespeichert ist. Auch die hier herrschenden geringen Temperaturen lassen sich auf verschiedene Arten nutzen. Sie können je nach Temperatur und Bedarf sowohl zur Bereitstellung von Wärme als auch zur Erzeugung von Klimakälte dienen. Um die vorhandene Energie im flachen Untergrund nutzen zu können, werden Wärmepumpen, Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden eingesetzt.

Siehe auch →Erdwärmekollektoren, →Erdwärmesonden, →hydrothermale Geothermie, →petrothermale Geothermie

**Holzenergie**

Neben Reststoffen und Energiepflanzen ist Holz der wichtigste Pfeiler der Bioenergie in Deutschland. Bei der Verarbeitung von Waldholz fällt Waldrestholz an sowie anschließend Industrierestholz, wie z.B. Nebenprodukte von Sägewerken. Althölzer (z.B. gebrauchte Lagerpaletten aus Holz, alte Holzmöbel) sind zuvor bereits für andere Zwecke genutzt worden und können energetisch weiterverwertet werden. Genutzt werden z.B. auch Hölzer aus der Landschaftspflege.

Siehe auch →Holzpellets, →Holzhackschnitzel

**Holzpellets**

In Stäbchenform gepresstes Brennmaterial aus Holz. Mit Holzpellets können moderne vollautomatische Heizungsanlagen betrieben werden. Für Holzpellettheizungen gibt es Zuschüsse aus dem Marktanreizprogramm. Holzpellets werden ohne chemische Bindemittel aus getrocknetem, naturbelassenem Restholz (Sägemehl, Hobelspäne, Waldrestholz) gepresst.

Siehe auch →Holzenergie, →Holzhackschnitzel

**Holzhackschnitzel**

Holzhackschnitzel sind maschinell zerkleinertes Holz. Die Normen geben eine maximale Größe von ca. 3 - 5 cm<sup>2</sup> vor. Nicht jede moderne vollautomatische Heizungsanlage, die mit Holzpellets befeuert wird, ist auch für die Verbrennung von Holzhackschnitzeln ausgelegt. Für Holzschnitzelheizungen gibt es Zuschüsse aus dem Marktanreizprogramm.

Siehe auch →Holzenergie, →Holzpellets

**Hot-Dry-Rock-Verfahren (HDR)**

Das Hot-Dry-Rock-Verfahren macht die Nutzung von Tiefengeothermie möglich, wenn in der Tiefe kein Thermalwasser vorhanden ist. Der Oberbegriff für Stimulationsverfahren, die bei fehlenden oder zu geringen Thermalwassermengen eingesetzt werden, lautet Enhanced Geothermal Systems (EGS), wobei der Begriff HDR in der Öffentlichkeit bekannter ist. Bei EGS oder HDR wird mit hohem Druck Wasser durch ein Bohrloch in mehr als 3.000 Meter Tiefe in den Untergrund gepresst, wodurch Risse im Gestein entstehen. Anschließend wird Wasser durch das Bohrloch in das unterirdische Rissystem geleitet, wo es sich erwärmt und durch ein anderes Bohrloch wieder hoch gepumpt wird. Das mittels HDR geförderte Wasser erreicht Temperaturen, die eine Stromerzeugung ermöglichen.

Siehe auch →Geothermie, →Petrothermale Geothermie

**Hydrothermale Geothermie**

Hydrothermale Geothermie bezeichnet die Strom- und bzw. oder Wärmeenergieerzeugung mit Thermalwasser. Die Temperatur des Wassers muss mindestens 80-100°C betragen, damit eine Stromerzeugung möglich ist. Bei Temperaturen ab 80°C kommen neu entwickelte Organic-Rankine-Cycle-Anlagen (ORC) oder das Kalina-Verfahren zum Einsatz. Bei beiden Verfahren werden an Stelle von Wasser Stoffe genutzt, die bereits bei geringeren Temperaturen verdampfen (zum Beispiel Pentan oder Ammoniak). Thermalwasser kann gleichzeitig oder ausschließlich für die Wärmeversorgung genutzt werden. Die thermische Energie des geförderten Wassers wird dazu über einen Wärmetauscher in ein Wärmenetz abgegeben. Siehe auch →Fernwärme, →Geothermie, →Nahwärme, →Petrothermale Geothermie

**Installierte Leistung**

Die installierte Leistung kennzeichnet die maximale elektrische Leistung eines Kraftwerks oder des gesamten Kraftwerksparks. Sie wird bei kleineren Anlagen in Kilowatt (kW), sonst in Megawatt (MW) oder auch Gigawatt (GW) angegeben. Ein Megawatt sind 1.000 kW. Ein GW sind 1.000 MW oder so viel Leistung wie der Betrieb von 1 Million Wasserkochern oder Haarföhnen benötigt.

**Kalina-Verfahren**

Ein Verfahren zum Betrieb von Dampfturbinen zur geothermischen Stromerzeugung bei relativ niedrigen Temperaturen. Herkömmliche Wasserdampfturbinen benötigen Temperaturen von weit über 100°C. Um auch Temperaturen um 90°C zur geothermischen Stromerzeugung nutzen zu können, wird die Wärme des Tiefenwassers an ein Ammoniak-Wasser-Gemisch mit einem wesentlich niedrigeren Siedepunkt abgegeben. Der entstehende Dampf wird dann an Stelle von reinem Wasserdampf zum Antrieb von Turbinen genutzt. Siehe auch →Geothermie, →Hydrothermale Geothermie, →Organic-Rankine-Cycle

**Kilowattstunde**

Einheit zur Messung von Energiemengen. Dabei entspricht eine Wattstunde (1 Wh) ca. 3,6 Kilojoule (kJ). 1.000 Wh sind eine Kilowattstunde (1 kWh) und 1.000 kWh sind eine Megawattstunde (MWh). Der Stromverbrauch in Deutschland liegt bei ungefähr 615 Terawattstunden (TWh), das sind 615 Milliarden Kilowattstunden. Ein durchschnittlicher 3-Personen-Haushalt verbraucht etwa 3.500 Kilowattstunden Strom im Jahr. Mit einer Kilowattstunde kann man beispielsweise 15 Stunden Radio hören, einmal mit der Waschmaschine Wäsche waschen, oder Mittagessen für vier Personen kochen.

**Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)**

Kohlenstoffdioxid ist ein farbloses, geruchsneutrales Gas aus Sauerstoff und Kohlenstoff. Es entsteht bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe, insbesondere der fossilen Energieträger. Kohlenstoffdioxid trägt erheblich zum Klimawandel bei, der zu einer durchschnittlichen Erwärmung der Erdatmosphäre um 0,8 Grad Celsius im vergangenen Jahrhundert geführt hat. Die Folgen davon sind unter anderem der Anstieg des Meeresspiegels, die Zunahme von Stürmen und Dürren und das Abschmelzen der Gletscher.

**Konversionsflächen**

Der Begriff Konversion beschreibt in der Stadtplanung die Wiedereingliederung von Brachflächen in den Wirtschafts- und Naturkreislauf. Der Begriff entstand im Zuge der Umnutzung ehemaliger militärischer Anlagen (Konversionsflächen) und wurde speziell für diese verwendet. Im Laufe der Jahre fand der Begriff auch bei anderen Entwicklungsflächen Anwendung.

**Koppelprodukte**

Koppelprodukte fallen während der Produktion z.B. von Biokraftstoffen als Nebenprodukte an. Rund 40 Prozent der Bioenergie-Flächen dienen daher gleichzeitig auch der Produktion von Futtermittel, da bei der Herstellung von Rapsöl und Bioethanol immer auch Futtermittel wie Rapsschrot und Trockenschlempe anfallen. Das ebenfalls im Produktionsprozess anfallende Glycerin wird in der

chemischen Industrie als Rohstoff eingesetzt.

Siehe auch →Biokraftstoffe, →Biomasse, →Trockenschlempe

**Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)**

Bei der Stromerzeugung in thermischen Kraftwerken entsteht immer auch Wärme. Bei herkömmlichen Kraftwerken wird diese Abwärme ungenutzt über Kühltürme an die Umwelt abgegeben, wohingegen sie bei der KWK ausgekoppelt und über ein Wärmenetz als Nah- oder Fernwärme nutzbar gemacht wird. Das steigert den Wirkungsgrad und bedeutet somit eine wesentlich höhere Energieeffizienz.

Siehe auch →Blockheizkraftwerk, →Fernwärme, →Nahwärme

**Nachwachsende Rohstoffe (Nawaro)**

Holz und Energiepflanzen sind Nachwachsende Rohstoffe (Nawaro). Diese werden im Gegensatz zu Energiepflanzen zusätzlich aber auch für eine stoffliche Nutzung angebaut, z.B. als Baumaterial, als Zellstoff für die Papierindustrie, als Schmierstoff, Farbstoff oder als sonstige Rohstoffe für die chemische Industrie. Siehe auch →Biomasse, →Energiepflanzen

**Nahwärme**

Nahwärme ist die Übertragung von Wärme über verhältnismäßig kurze Strecken durch ein Nahwärmenetz zwischen Gebäuden zu Heizzwecken. Rechtlich wird zwischen Nah- und Fernwärme nicht unterschieden. Nahwärme wird im Unterschied zur Fernwärme in kleinen, dezentralen Einheiten realisiert und bei relativ niedrigen Temperaturen übertragen. Daher lässt sich Wärme aus Blockheizkraftwerken, aber auch aus Solarthermieanlagen oder Erdwärmeanlagen verwerten. Im Zuge der verstärkten Nutzung Erneuerbarer Energien spielt der Ausbau von Nahwärme daher eine große Rolle.

Siehe auch →Blockheizkraftwerk, →Fernwärme, →Solarthermie

**Offshore-Windenergie**

Die Stromerzeugung aus Windenergie auf dem Meer. Strom aus Offshore-Windenergieanlagen soll einen wichtigen Beitrag zur zukünftigen Energieversorgung Deutschlands leisten. Die hohen durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten auf dem Meer versprechen eine hohe Stromausbeute. Offshore-Windparks stehen z.B. schon vor Dänemark, Großbritannien und den Niederlanden.

**Onshore-Windenergie**

Die Windenergienutzung an Land. Die Onshore-Windenergie ist in Deutschland die Erneuerbare Energie, die den größten Anteil an der erneuerbaren Stromproduktion hat (ca. 6,5 Prozent des gesamten deutschen Stromverbrauchs im Jahr 2008).

**Organic-Rankine-Cycle (ORC)**

Ein Verfahren, bei dem Dampfturbinen in Kraftwerken mit einem anderen Arbeitsmittel als Wasserdampf betrieben werden. Ausschlaggebend ist der niedrigere Siedepunkt von organischen Stoffen, wodurch man den Dampfdruck bei relativ geringen Temperaturen erhöhen kann. Das Verfahren kommt bei der Stromerzeugung aus Geothermie zum Einsatz, z.B. im ersten geothermischen Kraftwerk Deutschlands in Neustadt-Glewe. Siehe auch →Geothermie, →hydrothermale Geothermie

**Peakleistung**

Die Nennleistung von Photovoltaikanlagen wird in kW<sub>p</sub> (Kilowattpeak) angegeben. Dabei bezieht sich „peak“ (engl. Höchstwert, Spitze) auf die Leistung, die unter internationalen Standard-Testbedingungen erzielt wird. Dieses Vorgehen dient zur Normierung und zum Vergleich verschiedener Solarzellen. Als Faustregel gilt in unseren Breitengraden ein Stromertrag von mindestens 800 kWh pro kW<sub>p</sub> installierter Leistung der Anlage und Jahr. Siehe auch →Performance Ratio, →Photovoltaik

**Performance Ratio**

Den angegebenen Nennwirkungsgrad, der unter Standard-Testbedingungen ermittelt wird, erreichen Solarmodule in der Realität kaum. Denn hier reduzieren Widrigkeiten wie Staub, Vogeldreck, Reflexionen, Erwärmung, Leitungs- und Wechselrichterverluste den realen Ertrag. Deshalb spricht man auch vom realen Wirkungsgrad. Das Verhältnis von realem Wirkungsgrad zum Nennwirkungsgrad nennt man Performance Ratio (PR). Dieser wird auch als Qualitätsfaktor bezeichnet. Neue Anlagen, die optimal auf dem Dach installiert und wenig verschmutzt sind, haben einen PR-Wert von 0,85. Das heißt, dass 85 Prozent des vom Generator erzeugten Stroms real zur Verfügung steht. Eine durchschnittliche Anlage mit kleineren Verlusten durch Verschattung hat einen PR-Wert von ca. 0,7.

Siehe auch →Peakleistung, →Photovoltaik, →Wirkungsgrad

**Petrothermale Geothermie**

Im Gegensatz zur hydrothermalen Geothermie kann die petrothermale Geothermie nicht auf natürlich vorhandenen Dampf oder Thermalwasser zurückgreifen. Die petrothermale Geothermie „sitzt auf dem Trockenen“ und nutzt die natürliche Wärme des heißen Gesteins in ca. 2.000 - 6.000 Meter Tiefe. Die Verfahren werden daher auch als „Hot-Dry-Rock-Verfahren“ bezeichnet. Mit hydraulischen und chemischen Stimulationsverfahren können Risse und Klüfte im Gestein erzeugt oder erweitert werden. In diese Risse und Klüfte wird per Injektionsbohrung dann unter hohem Druck Wasser eingepresst. Das Wasser erhitzt sich im ca. 200°C heißen Gestein. Eine Förderbohrung pumpt das ca. 90 - 150°C heiße Wasser dann wieder an die Erdoberfläche. Dort kann es wie bei der hydrothermalen Geothermie mit den ORC- (Organic Rankine Cycle) und Kalina-Verfahren genutzt werden: Das heiße Wasser gibt seine Wärme an einen schnell verdampfenden Wärmeträger ab. Dieser treibt wiederum über einen separaten Kreislauf eine Turbine zur Stromerzeugung an. Auch der Anschluss eines Nahwärmenetzes ist möglich.

Siehe auch →Hot-Dry-Rock-Verfahren, →Hydrothermale Geothermie, →Kalina-Verfahren, →Organic-Rankine-Cycle

**Photovoltaik**

Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie. Bei der Photovoltaik wird in Solarzellen durch einfallendes Licht (Photonen) ein elektrisches Feld erzeugt. Elektronen können über elektrische Leiter abfließen. Der Strom kann direkt verwendet werden oder in das Stromnetz eingespeist werden.

Siehe auch →Peakleistung, →Performance Ratio

**Potenzieller Jahresenergieertrag**

Der potenzielle Jahresenergieertrag gibt an, wie viel Strom alle am Ende eines Jahres in Deutschland installierten Windenergieanlagen produzieren würden, wenn sie unter durchschnittlichen Bedingungen ein Jahr lang Strom produzierten. Er weicht insofern von der tatsächlichen Einspeisung ab, da die meisten Neuanlagen erst im Laufe des Jahres in Betrieb genommen werden und jährlich schwankende Windverhältnisse vorliegen.

**Primärenergie**

Energie, die in Form von natürlich vorkommenden Energieträgern zur Verfügung steht. Primärenergie wird durch verschiedene Verfahren in nutzbare Energie, d.h. in Endenergie umgewandelt. Ein Beispiel ist die Erzeugung von Strom und Wärme in Holzheizkraftwerken aus dem Primärenergieträger Holz oder die Umwandlung von Rapsöl in Kraftstoff, der wiederum für den Antrieb von Fahrzeugen genutzt wird. Die Umwandlung ist immer auch mit Energieverlusten verbunden, die umso geringer ausfallen, je höher der Wirkungsgrad der eingesetzten Technik ist.

Siehe auch →Endenergie, →Wirkungsgrad

**Repowering**

Ersatz alter Anlagen zur Stromerzeugung durch neue, leistungsstärkere Anlagen am selben Standort. Der Begriff Repowering wird vor allem im Zusammenhang mit dem Ersatz von alten Windenergieanlagen verwendet.

Siehe auch →Onshore-Windenergie

**Reststoffe**

Reststoffe werden, im Gegensatz zu Energiepflanzen, nicht eigens für die energetische Nutzung angebaut, sondern sind bei einer anderen, vorherigen Nutzung von Biomasse angefallen. Was auf den ersten Blick als überflüssiger Abfall erscheint, ist aber ein wertvoller Reststoff, der auch energetisch genutzt werden kann. Für Bioenergie werden biogene Reststoffe wie Erntereste, Biomüll, Stroh sowie tierische Exkremente (z.B. Gülle, Mist) genutzt.

Siehe auch →Biomasse, →Energiepflanzen, →Nachwachsende Rohstoffe

**Solare Kühlung**

Raumkühlung mit Solarenergie. Bei der solaren Kühlung wird als Antriebsenergie für Kältemaschinen, wie etwa eine Klimaanlage, nicht elektrischer Strom genutzt, sondern Solarthermie.

Siehe auch →Solarthermie

**Solarthermie**

Nutzung der Solarenergie zur Erzeugung von Wärme. Eine typische Nutzung der Solarthermie läuft über Sonnenkollektoren. In diesen wird Wasser erwärmt, das zur Raumheizung oder für den direkten Bedarf genutzt werden kann.

**Tiefenstörungen**

Tiefenstörungen entstehen in der Erdkruste, wenn dortige Gesteine auf einwirkende tektonische Kräfte – meist bruchhaft – reagieren. Störungen können deutlich größere Durchlässigkeiten als benachbarte Gesteine haben. Aufsteigendes Thermalwasser konzentriert sich deshalb auf diese Bruchzonen, so dass Wärme in geringere Tiefen transportiert wird. Dies macht Tiefenstörungen für eine geothermische Nutzung interessant. Störungszonen werden bisher in Deutschland noch nicht für die Erdwärmegewinnung genutzt.

Siehe auch →Geothermie, →hydrothermale Geothermie

## Triticale

Triticale ist ein Getreide. Es ist eine Kreuzung aus Weizen und Roggen. Seine Körner sind ca. 3–5 cm lang und vierkantig. Triticale verbindet hohe Erträge mit geringen Ansprüchen an Klima und Bodenqualität.

## Trockenschlempe

Trockenschlempe fällt in einer Anlage zur Herstellung von Bioethanol auf Basis von stärkehaltigen Getreiden an. Während der Produktion entstehen Dämpfe, die nach Abkühlung Rückstände hinterlassen. Dieses Nebenprodukt heißt Schlempe. Nach der Trocknung wird die so genannte Trockenschlempe pelletiert und als lagerfähiges Futtermittel verwendet.

Siehe auch →Bioethanol

## Versiegelung von Flächen

Flächenversiegelung oder Bodenversiegelung bezeichnet das Bedecken des natürlichen Bodens durch Bauwerke des Menschen. Von Flächenversiegelung wird deshalb gesprochen, weil in den Boden kein Niederschlag mehr eindringen kann und so viele der dort normalerweise ablaufenden Prozesse gestoppt werden.

## Wärmepumpe

Eine Wärmepumpe hebt die natürliche Wärme in ihrer Umgebung (z.B. aus dem Erdreich, Grundwasser oder aus der Luft) auf ein höheres Temperaturniveau. Sie nutzt dazu den Effekt, dass sich Gase unter Druck erwärmen (wie z.B. bei einer Fahrrad-Luftpumpe).

Siehe auch →Geothermie

## Wasserkraft

Energie, die mit Hilfe von Wasserrädern oder Wasserturbinen aus fließendem Wasser gewonnen wird. Wasserkraft ist eine natürliche Energiequelle, die überall dort verfügbar ist, wo eine ausreichende Menge Wasser und/oder Fallhöhe von stetig fließendem Wasser vorhanden ist. Eine Wasserturbine treibt einen Generator an, der Strom aus Wasserkraft erzeugt.

## Wirkungsgrad

Verhältnis von Energieeinsatz und erhaltener Leistung (z.B. Strom oder Wärme). Der Gesamtwirkungsgrad von Anlagen zur Stromproduktion setzt sich zusammen aus dem elektrischen und dem thermischen Wirkungsgrad. So kann man den Wirkungsgrad erhöhen, indem man auch die Wärme, die bei der Stromerzeugung entsteht, nutzt.

Siehe auch →Kraft-Wärme-Kopplung

## Wirtschaftlichkeit

Das Verhältnis von Aufwand und Ertrag. Die Wirtschaftlichkeit ist ein Maß für Effizienz. Sie entscheidet darüber, ob ein Produkt oder eine Technologie im Wettbewerb bestehen kann.

## Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AEE	Agentur für Erneuerbare Energien
BEE	Bundesverband Erneuerbare Energie
BtL	Biomass-to-Liquid
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EGS	Enhanced Geothermal Systems
ha	Hektar
HDR	Hot-Dry-Rock-Verfahren
kJ	Kilojoule
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
kWh <sub>el</sub>	Kilowattstunde elektrisch
kWh <sub>th</sub>	Kilowattstunde thermisch
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MW	Megawatt (1.000 Kilowatt)
Nawaro	Nachwachsende Rohstoffe
PR	Performance Ratio
PV	Photovoltaik
ORC	Organic-Rankine-Cycle



## Literatur

[AEE / BEE 2009] Agentur für Erneuerbare Energien e.V. / Bundesverband Erneuerbare Energie e.V.: Strom-Ausbauprognose der Erneuerbare-Energien-Branche, Stromversorgung 2020 - Wege in eine moderne Energiewirtschaft, Berlin, Januar 2009.

[BBSR] Bundesinstitut für Bau, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR): Energetische Biomassenutzung. Daten, Karten, Graphiken, [http://www.bbsr.bund.de/cln\\_016/nn\\_116204/BBSR/DE/Fachthemen/Fachpolitiken/EnergieUmwelt/RegenerativeEnergie/Fachbeitraege/EnergetischeBiomassenutzung/03\\_DatenKartenGraphiken.html](http://www.bbsr.bund.de/cln_016/nn_116204/BBSR/DE/Fachthemen/Fachpolitiken/EnergieUmwelt/RegenerativeEnergie/Fachbeitraege/EnergetischeBiomassenutzung/03_DatenKartenGraphiken.html) [Zugriff: 20.10.2009].

[BEE 2009a] Bundesverband Erneuerbare Energie e.V.: Wege in die moderne Energiewirtschaft, Ausbauprognose der Erneuerbare-Energien-Branche, Teil 2: Wärmeversorgung 2020, Berlin, Oktober 2009.

[BEE 2009b] Bundesverband Erneuerbare Energie e.V.: Wege in die moderne Energiewirtschaft, Ausbauprognose der Erneuerbare-Energien-Branche, Teil 3: Verkehr 2020, Berlin, Oktober 2009.

[Berlin Partner GmbH 2009] Berlin Partner GmbH: Solaratlas Berlin - Pilotprojekt, <http://www.3d-stadtmodell-berlin.de/3d/C/seite0.jsp> [Zugriff: 20.10.2009].

[BMELV] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Bodennutzung 2008, Bonn/Berlin, 2009.

[BMU 2009] Bundesumweltministerium: Erneuerbare Energien in Zahlen - Nationale und internationale Entwicklung, Berlin, Dezember 2009.

[BMVBS / BBSR 2009] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung / Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung: Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien, Bonn, 2009.

[BSH 2009] Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie: Genehmigung von Offshore Windenergieparks, <http://www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Wirtschaft/Windparks/index.jsp> [Zugriff: 20.10.2009].

[BSW-Solar 2009] Bundesverband Solarwirtschaft e.V.: Solaratlas - Vertriebskompass für die Solarbranche, <http://www.solaratlas.de> [Zugriff: 20.10.2009].

[BWE 2009] Bundesverband WindEnergie e.V.: Repowering von Windenergieanlagen Effizienz, Klimaschutz, regionale Wertschöpfung, Berlin.

[DBFZ] Deutsches Biomasse-Forschungszentrum/Institut für Umweltplanung, Universität Hannover: Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenzen beim weiteren Ausbau der energetischen Biomassenutzung. 1. Zwischenbericht, Leipzig/Hannover, 2009.

[DEBRIV 2009] Deutscher Braunkohlen- Industrie-Verein e.V.: Braunkohle in Deutschland 2009 - Profil eines Industriezweiges, Köln, 2009.

[DEWI 2009] Deutsches Windenergie-Institut: Status der Windenergienutzung in Deutschland - Stand 31.12.2008, Wilhelmshaven, Januar 2009.

[DLR] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Technische Thermodynamik / Institut für Energie- und Umweltforschung (IfEU) / Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie: Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland, Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal, 2004.

[DLR 2004] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt [http://www.dlr.de/PortalData/1/Resourcen/portal\\_news/newsarchiv2004/corine\\_clc\\_bg\\_hires.jpg](http://www.dlr.de/PortalData/1/Resourcen/portal_news/newsarchiv2004/corine_clc_bg_hires.jpg) [Zugriff am 20.10.2009]

[DUH 2006] Deutsche Umwelthilfe e.V.: Lebendige Flüsse & Kleine Wasserkraft - Konflikt ohne Lösung?, Berlin, 2006.

[DWD 2009] Deutscher Wetterdienst: Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland, Jahressummen 2008, [http://www.dwd.de/bvbw/generator/Sites/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU1/KU12/Klimagutachten/Solarenergie/Globalkarten\\_\\_entgeltfrei/JahressummenAbweichung/2008,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/2008.pdf](http://www.dwd.de/bvbw/generator/Sites/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU1/KU12/Klimagutachten/Solarenergie/Globalkarten__entgeltfrei/JahressummenAbweichung/2008,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/2008.pdf) [Zugriff: 20.10.2009].

[DWD 2008] Deutscher Wetterdienst: Karte der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in Deutschland in einer Höhe von 80 m über Grund, [http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=\\_dwdwww\\_klima\\_umwelt\\_klimadaten\\_deutschland&T169000247481244102242349gsbDocumentPath=Content%2FOeffentlichkeit%2FKU%2FKU1%2FKU12%2FKlimagutachten%2FWindenergie%2FDownload\\_Karte\\_D\\_80m.html](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_klima_umwelt_klimadaten_deutschland&T169000247481244102242349gsbDocumentPath=Content%2FOeffentlichkeit%2FKU%2FKU1%2FKU12%2FKlimagutachten%2FWindenergie%2FDownload_Karte_D_80m.html) [Zugriff: 20.10.2009].

[Ecofys 2007] Ecofys Germany GmbH: Pressemitteilung August 2007: "Mehr als 2300 km<sup>2</sup> Gebäudefläche für PV und Solarthermie nutzbar", <http://www.ecofys.de/de/news/pressemitteilungen/solarstadt.htm> [Zugriff: 20.10.2009].

[Fichtner 2003] Fichtner: Die Wettbewerbsfähigkeit von großen Laufwasserkraftwerken im liberalisierten deutschen Strommarkt. Endbericht (Langfassung) für das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Stuttgart, November 2003.

[FNR] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: Anbau Nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. [http://www.nachwachsenderrohstoffe.de/fileadmin/fnr/images/aktuelles/medien/RZ\\_Grafik\\_Anbau\\_09\\_rgb\\_300\\_DE.jpg](http://www.nachwachsenderrohstoffe.de/fileadmin/fnr/images/aktuelles/medien/RZ_Grafik_Anbau_09_rgb_300_DE.jpg) [Zugriff: 20.10.2009].

[Geries Ingenieure] Stietenroth / Bode / Geries Ingenieure GmbH: Erhebung zur Flächennutzung im Bioenergieort Jühnde, Gleichen-Reinhausen, 2009.

[IZNE] Karpenstein-Machan / Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung, Universität Göttingen: Umsetzung eines umweltfreundlichen Energiepflanzenbaus im Bioenergieort Jühnde. In: Fachverband Biogas (Hg.): 18. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas, Tagungsband, Hannover, 2009.

[Leibniz] Leibniz-Institut für Länderkunde: Germany in Maps. <http://map-service.de/gim> [Zugriff am 12.09.2009]

[LIAG 2009] Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik: Geothermisches Informationssystem für Deutschland, [www.geotis.de](http://www.geotis.de) [Zugriff: 20.10.2009].

[MUNLV 2005] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Handbuch Querbauwerke, Aachen, 2005.

[Naturstiftung David 2005] Naturstiftung David: „Naturschutzrelevante Militärflächen“, <http://www.naturgebiete.de/04datenbank/0401datenbank.html> [Zugriff: 20.10.2009].

[LfULG 2009] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Abteilung 10 Geologie, Projektgruppe Geothermie: Interaktive Geothermische Potenzialkarte, <http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/infosysteme/arcims/website/gtk50/viewer.htm> [Zugriff: 20.10.2009].

[Stat. Bundesamt] Statistisches Bundesamt: Nutzung der Bodenfläche. In: Wirtschaft und Statistik, 3/2006.

[SUN-AREA 2008] SUN-AREA / Fachhochschule Osnabrück: Dachflächen für Photovoltaik (PV) in Osnabrück, <http://geodaten.osnabrueck.de/website/SunArea/viewer.htm> [Zugriff: 20.10.2009].

[TAB 2003] Büro für Technikfolgenabschätzung des deutschen Bundestages: Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland, Berlin, 2003.

[UBA 2008] Umweltbundesamt: Bedeutung der Wasserkraft in Deutschland, <http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/oberflaechengewaesser/wasserkraft.htm> [Zugriff: 20.10.2009].

[UBA 2005] Umweltbundesamt: Bundesweites Kataster der ökologisch wirksamen, funktional differenzierten Querverbauungen der Fließgewässer, Dessau-Roßlau, 2005.

## Fotonachweis

S. 4/5 IStockphoto.com, Montage BBGK  
 S. 8/9 IStockphoto.com  
 S. 12/13 Windpark Simonsberg  
 S. 14/15 o. ESA, GoogleEarth, Landsat, Montage BBGK  
 S. 14 u. Raimond Spekking  
 S. 15 o. Luftbild.de  
 S. 15 u. WikiCommons, Hannes Grobe, Agentur für Erneuerbare Energien/André Forner  
 S. 16/17 ESA  
 S. 24 Norbert Guthier (2)  
 S. 25 juwi / First Solar  
 S. 27 BSW-Solar/Langrock  
 S. 28/29 IStockphoto.com  
 S. 33 Thomas Imo  
 S. 37 SXC.hu  
 S. 40 Andre Karwath, Damon Lich, Friedrich Böhringer, Jan Rehschuh, Marcus Hagenlocher (2), Stan Shebs  
 S. 41 SXC.hu  
 S. 42 Chiemseman, Tobias Metoc, Moros, Reiner Zenz, Andre Praefcke, wikicommons (3), Dschwen, W. Beisert  
 S. 44 IStockphoto.com  
 S. 45 solarcomplex.de  
 S. 46/47 Stadtwerke Karlsruhe  
 S. 51 Wasserkraftwerke Bremen GmbH (2)  
 S. 52 Naturenergie GmbH  
 S. 53

## Impressum

Herausgeber:  
 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.  
 Reinhardtstr. 18, 10117 Berlin  
 Tel.: 030-200 535-50  
 Fax: 030-200 535-51  
 E-Mail: [kontakt@unendlich-viel-energie.de](mailto:kontakt@unendlich-viel-energie.de)  
 Internet: [www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)

Autoren:  
 Janine Schmidt, Jörg Mühlenhoff (Kapitel Bioenergie)

Gestaltung: BBGK Berliner Botschaft GmbH  
 Druck: DMP-Berlin

V.i.S.d.P.: Jörg Mayer

Stand: Februar 2010  
 2. Auflage: 7.000 Stück

**Dieser Atlas und die Beschreibung von lokalen Verhältnissen ist nach den besten vorliegenden Daten erstellt worden. Er kann jedoch selbstverständlich für die Realisierung konkreter Projekte keine spezifische Potenzialanalyse durch Fachleute am jeweiligen Standort ersetzen.**

