

# 100 Prozent Erneuerbare Energien

## Vortrag für die Grüne Jugend

Lukas Emele

Stuttgart, 19. Dezember 2009

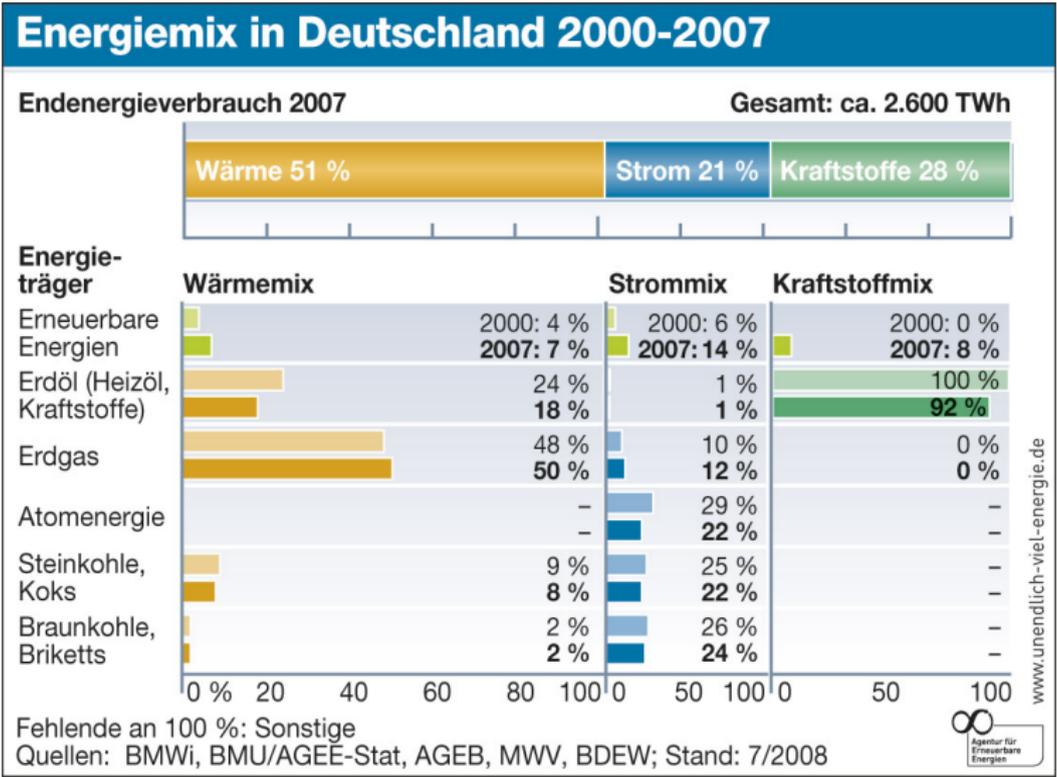


# Gliederung

- 1 Warum brauchen wir Erneuerbare Energien?
- 2 Unterschiedliche Technologien Erneuerbarer Energie
- 3 Entwicklung und Zukunft der Erneuerbaren Energien



# Energiebedarf in Deutschland und derzeitige Deckung

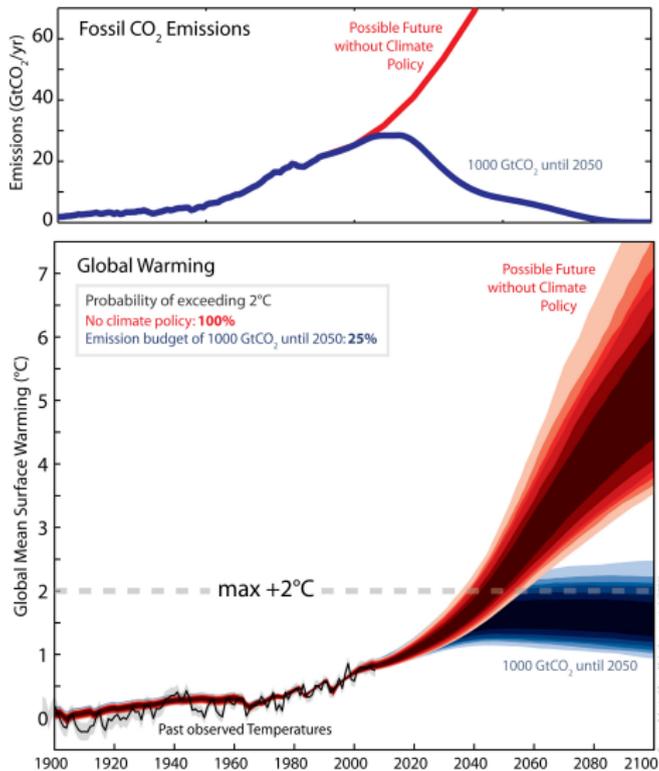








# Zwei-Grad-Ziel

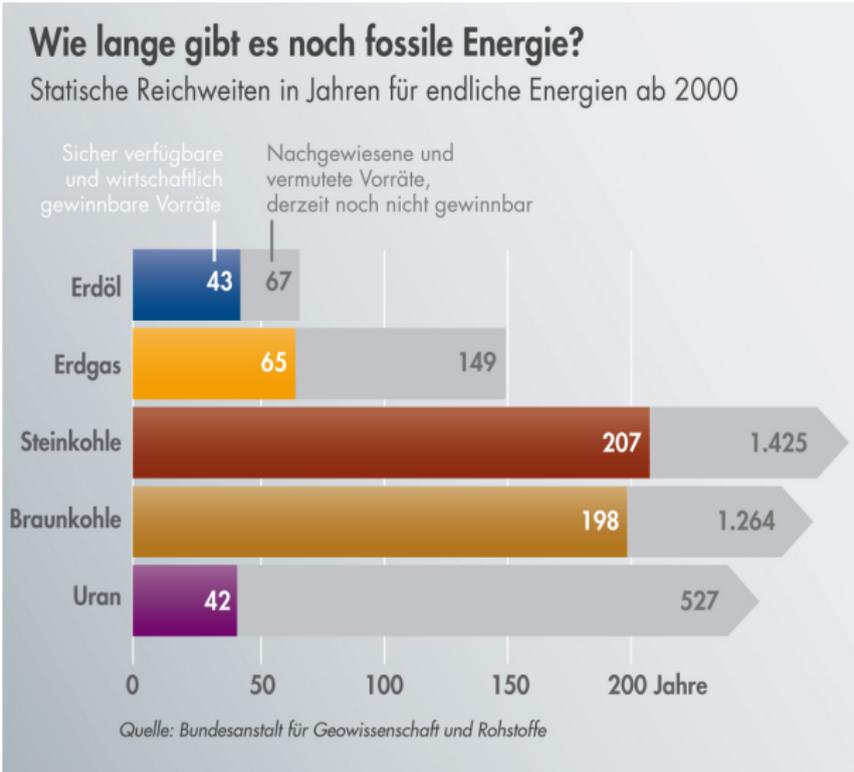


Quelle: PRIMAT/Meinshausen et al.





# Statistische Reichweite von Energieträgern



Quelle: ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.







# Unterschiedliche Arten Erneuerbarer Energie

## Unterscheidung nach

verwendeter Energieträger	erzeugte Nutzenergie
<ul style="list-style-type: none"><li>• Sonnenenergie</li><li>• Windenergie</li><li>• Wasserkraft</li><li>• Bioenergie</li><li>• Geothermie</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Strom</li><li>• Wärme</li><li>• Strom <i>und</i> Wärme</li><li>• Kraftstoffe</li></ul>

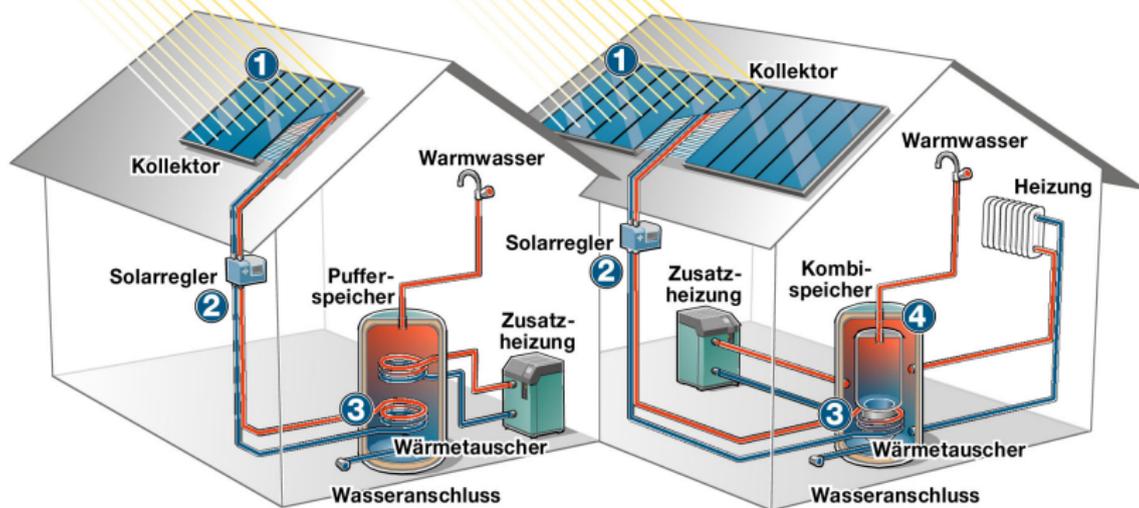


# Solarthermie – Technik

## Wärme von der Sonne ...

**A** ... für heißes Wasser

**B** ... und zum Heizen



① Sonnenstrahlen erwärmen den Kollektor und die darin enthaltene Wärmeträgerflüssigkeit.

② Die bis zu 90°C heiße Flüssigkeit zirkuliert zwischen Kollektor und Pufferspeicher.

③ Der Wärmetauscher gibt Solarwärme an das Wasser im Pufferspeicher ab.

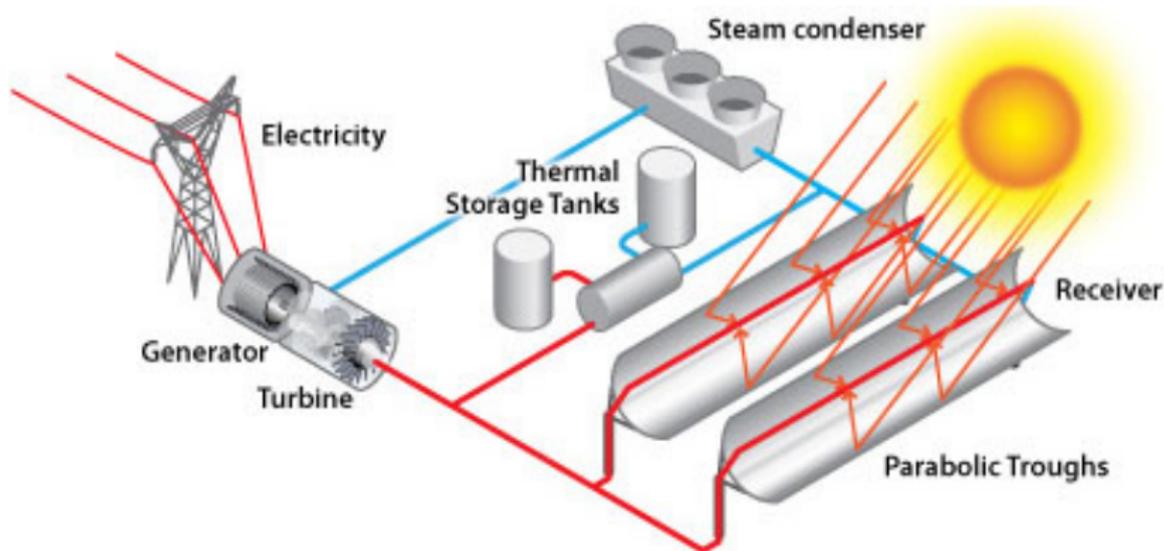
④ Der Pufferspeicher stellt die Wärme auch nachts und an kalten Tagen zur Verfügung.

Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien





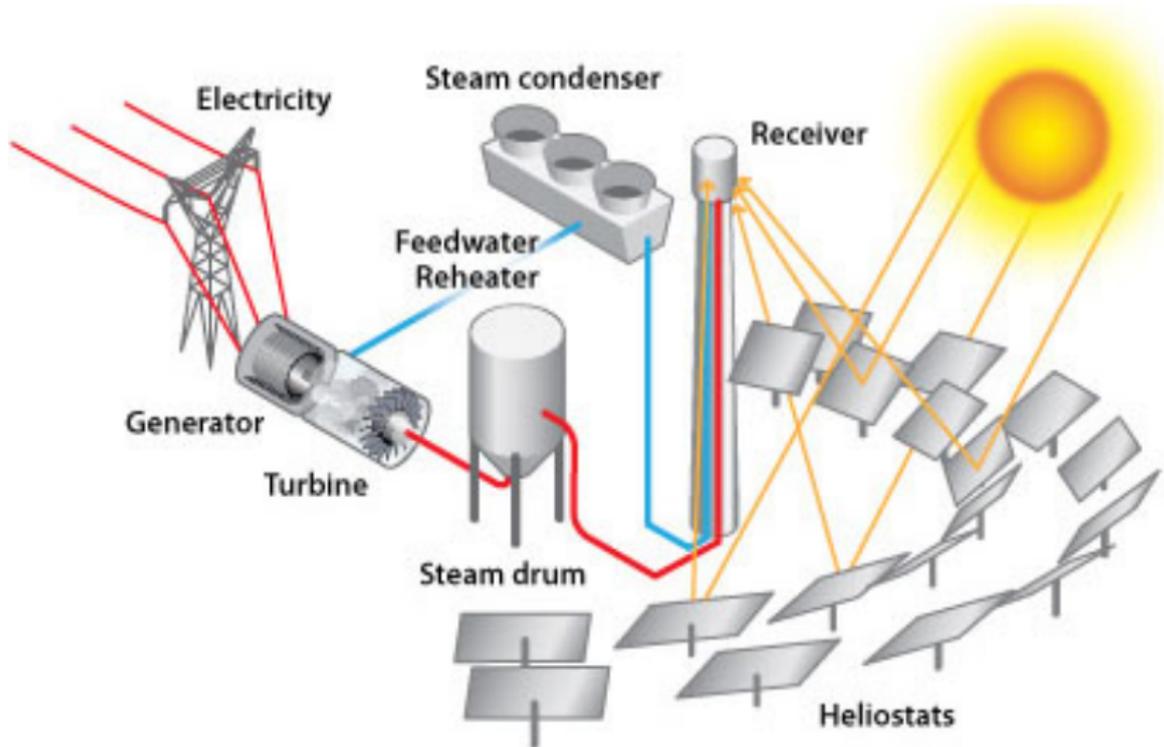
# Solarthermische Kraftwerke – Parabolrinnenkraftwerk



Quelle: U.S. Department of Energy



# Solarthermische Kraftwerke – Solarturmkraftwerk



Quelle: U.S. Department of Energy



# Solarthermische Kraftwerke – Vor- und Nachteile

## Vorteile:

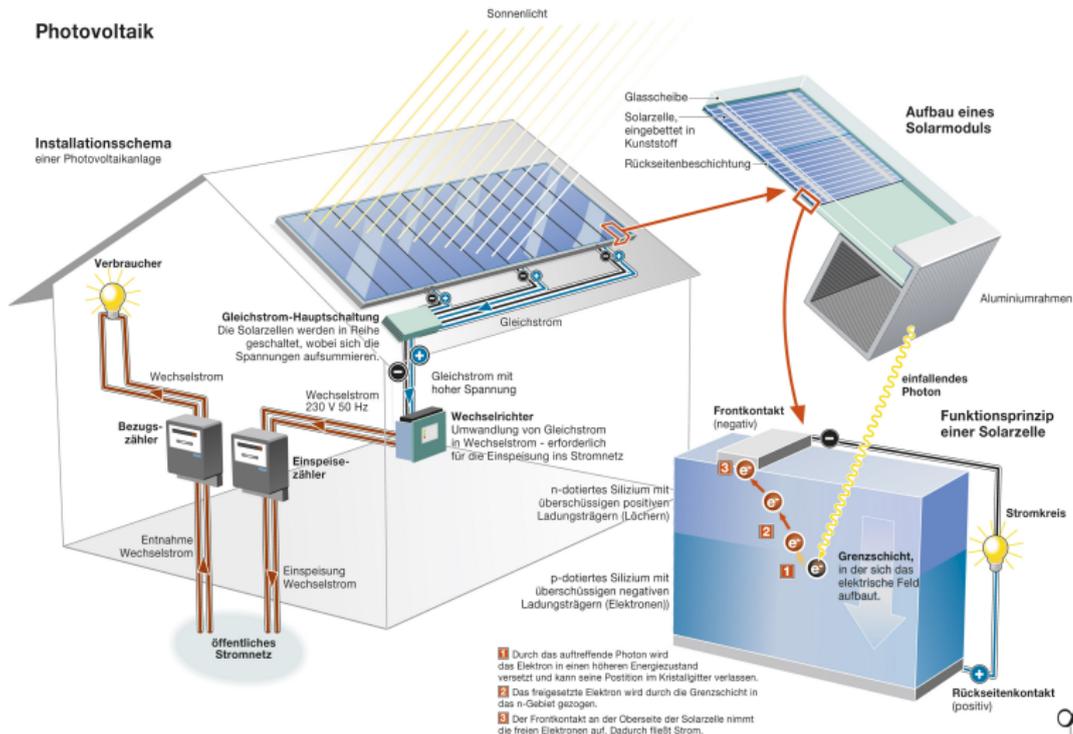
- mittels Wärmespeicher grundlastfähig
- viele Teile im konventionellen Kraftwerksbau erprobt
- höherer Wirkungsgrad als Photovoltaik

## Nachteile:

- benötigt direkte Sonneneinstrahlung  
→ für Deutschland kaum geeignet, dafür aber für Südeuropa und Nordafrika



# Photovoltaik – Technik



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

# Photovoltaik – Vor- und Nachteile

## Vorteile:

- direkte Stromerzeugung
- geringe Betriebskosten

## Nachteile:

- stark schwankendes Dargebot (sowohl kurz- als auch langfristig)
- sehr hohe Investitionskosten
- ohne EEG wäre PV derzeit noch unwirtschaftlich



# Photovoltaik – Zahlen und Daten

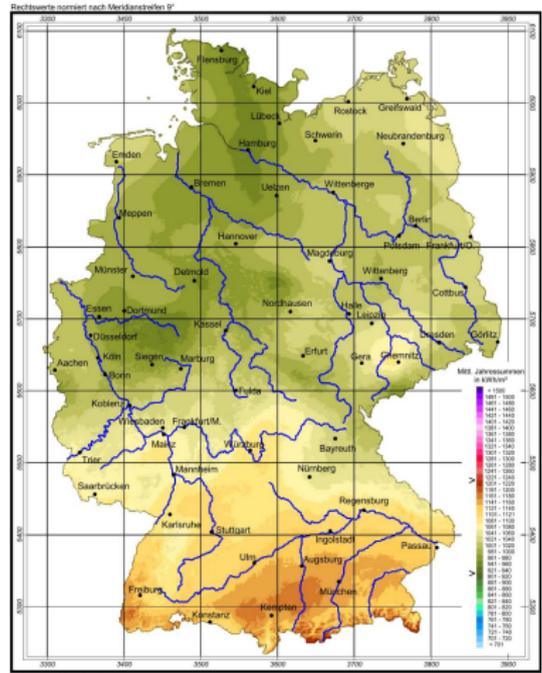
Installierte Leistung:	6.782 MW <sub>el</sub>	≅ 5 AKWs
Stromerzeugung 2008:	4.000 GWh/a	≅ 0,4 AKWs
Anteil am Stromverbrauch:	0,7 %	
Potential:	105.000 GWh/a	≅ 10 AKWs

Quellen: Bundesumweltministerium, Bundesnetzagentur und eigene Berechnung



# Solarstrahlung – regionale Verfügbarkeit

### Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland Mittlere Jahressummen, Zeitraum: 1981 - 2000



Wissenschaftliche Bearbeitung:  
 DWD, Geschäftsbereich Klima- und Umweltberatung, Pl 65-01 90, 22361 Hamburg  
 Tel.: 0410390-2888, eMail: klima.hamburg@dwd.de  
 Diese Karte ist gesetzlich geschützt. Vervielfältigungen  
 jeder Art sind nur mit Erlaubnis des Herausgebers zulässig.

Deutscher Wetterdienst



Quelle: Deutscher Wetterdienst

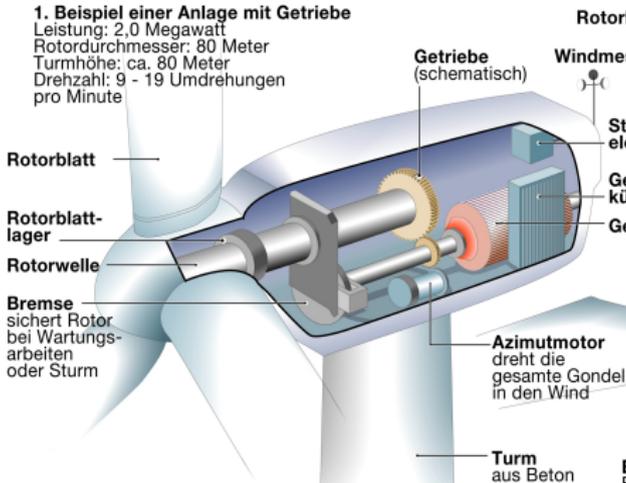
# Windenergie – Technik

## Windenergie

Bei Windkraftanlagen haben sich zwei verschiedene Konstruktionsprinzipien durchgesetzt: Anlagen mit Getriebe (1.) erhöhen die niedrige Drehzahl des Generators auf eine für den Generator günstige Drehzahl. Bei getriebelosen Anlagen (2.) sitzt der Rotor des Generators direkt auf der Rotorwelle.

### 1. Beispiel einer Anlage mit Getriebe

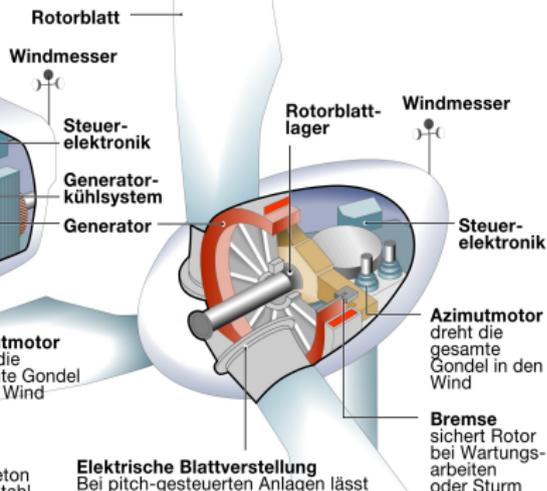
Leistung: 2,0 Megawatt  
 Rotordurchmesser: 80 Meter  
 Turmhöhe: ca. 80 Meter  
 Drehzahl: 9 - 19 Umdrehungen pro Minute



**Der Netzanschluss** der Windkraftanlage erfolgt über einen zwischengeschalteten Gleichstromkreis. Der vom Generator erzeugte Wechselstrom wird zunächst in Gleichstrom und anschließend wieder in Wechselstrom mit der richtigen Frequenz und Spannung umgewandelt. Dadurch ist ein drehzahlvariabler Betrieb der Windkraftanlage möglich und die mechanischen Belastungen werden minimiert.

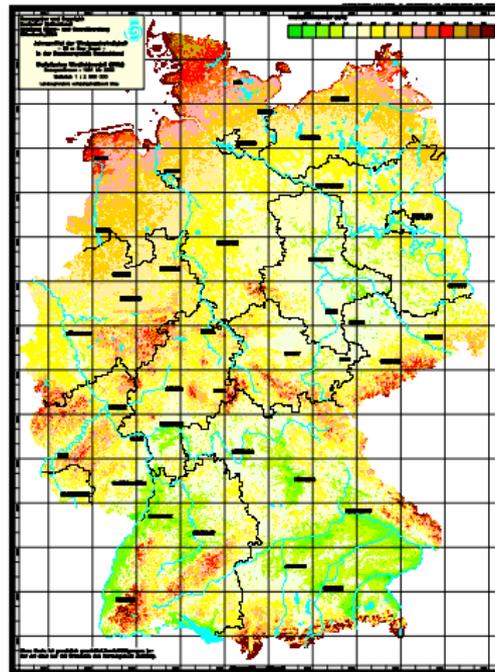
### 2. Beispiel einer getriebelosen Anlage

Leistung: 5,0 Megawatt  
 Rotordurchmesser: 114 Meter  
 Turmhöhe: ca. 124 Meter  
 Drehzahl: 8 - 13 Umdrehungen pro Minute



**Elektrische Blattverstellung**  
 Bei pitch-gesteuerten Anlagen lässt sich der Anstellwinkel verändern, um bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten eine gleichbleibende Umdrehungsgeschwindigkeit zu erzielen.

# Windenergie – regionale Verfügbarkeit



Quelle: Deutscher Wetterdienst

Lukas Emele

100 Prozent Erneuerbare Energien

# Windenergie – Vor- und Nachteile

## Vorteile:

- direkte Stromerzeugung
- sehr geringer Flächenbedarf
- an der Strombörse teilweise schon konkurrenzfähig

## Nachteile:

- schwankendes Dargebot (sowohl kurz- als auch langfristig)
- Potential in Norddeutschland bereits relativ weit ausgebaut



# Windenergie – Zahlen und Daten

Anzahl Anlagen:	20.674	
Installierte Leistung:	24.694 MW <sub>el</sub>	≅ 19 AKWs
Stromerzeugung 2008:	40.400 GWh/a	≅ 4 AKWs
Anteil am Stromverbrauch:	6,6 %	
Potential:		
• an Land	100.000 GWh/a	≅ 10 AKWs
• Off-shore	135.000 GWh/a	≅ 13 AKWs

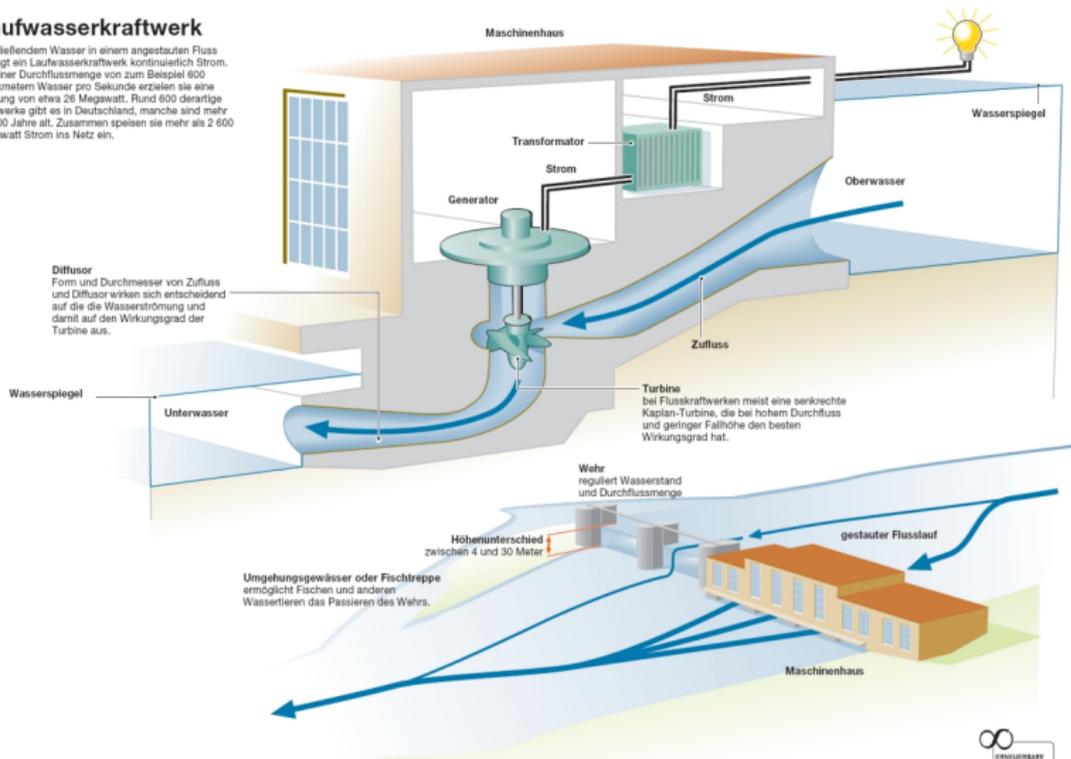
Quellen: Bundesumweltministerium, DEWI GmbH und eigene Berechnung



# Wasserkraft – Technik

## Laufwasserkraftwerk

Aus fließendem Wasser in einem angestauten Fluss erzeugt ein Laufwasserkraftwerk kontinuierlich Strom. Bei einer Durchflussmenge von zum Beispiel 600 Kubikmetern Wasser pro Sekunde erzielen sie eine Leistung von etwa 26 Megawatt. Rund 600 derartige Kraftwerke gibt es in Deutschland, manche sind mehr als 100 Jahre alt. Zusammen speisen sie mehr als 2 600 Megawatt Strom ins Netz ein.



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

# Wasserkraft – Vor- und Nachteile

## Vorteile:

- direkte Stromerzeugung
- geringe Betriebskosten
- Laufwasserkraft ist grundlastfähig
- Energiespeicherung als (Pump-)Speicherkraftwerk

## Nachteile:

- großer Landschaftseingriff
- in Deutschland Potential größtenteils erschöpft



# Wasserkraft – Zahlen und Daten

Installierte Leistung:	4.740 MW <sub>el</sub>	≙ 4 AKWs
Stromerzeugung 2008:	21.300 GWh/a	≙ 2 AKWs
Anteil am Stromverbrauch:	3,5 %	
Potential:	25.000 GWh/a	≙ 2,5 AKWs

Quellen: Bundesumweltministerium und eigene Berechnung

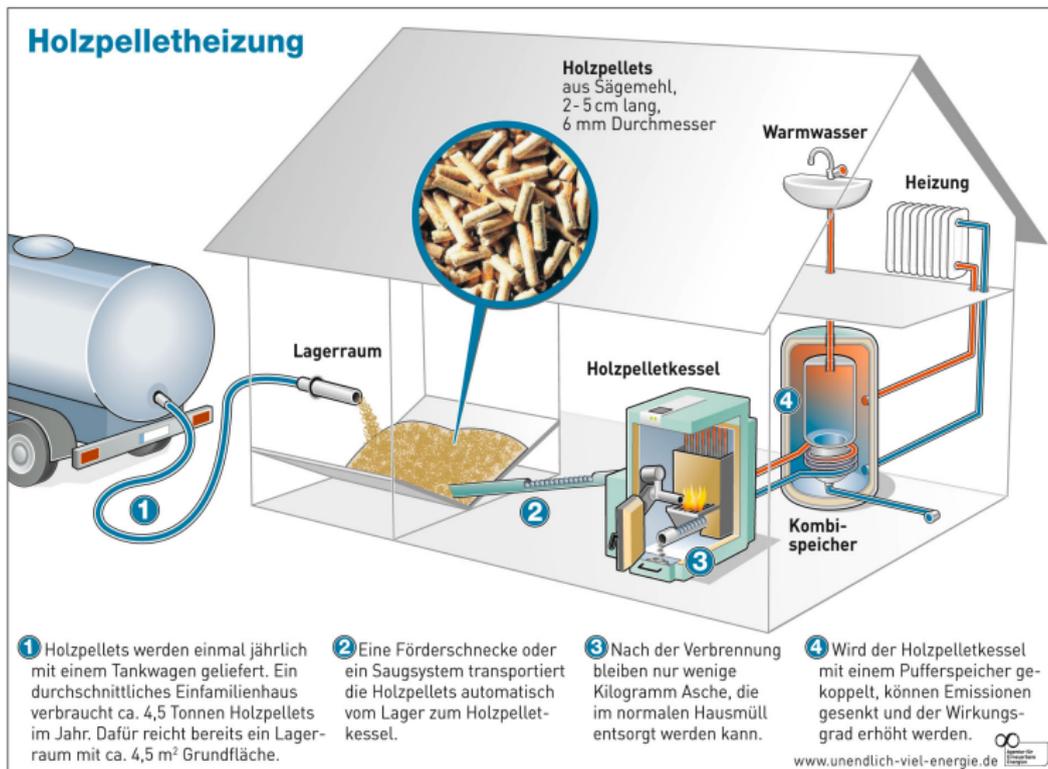


# Bioenergie – Technologien

- **direkte Verbrennung**
- physikalische Umwandlung
  - Pressung
  - Extraktion
- thermochemische Umwandlung
  - Verkohlung bzw. Verschwelung
  - Pyrolyse
  - Vergasung
- biologisch-chemische Umwandlung
  - aerobe bzw. alkoholische Vergärung
  - **anaerobe Vergärung**



# Holzpellets – Technik



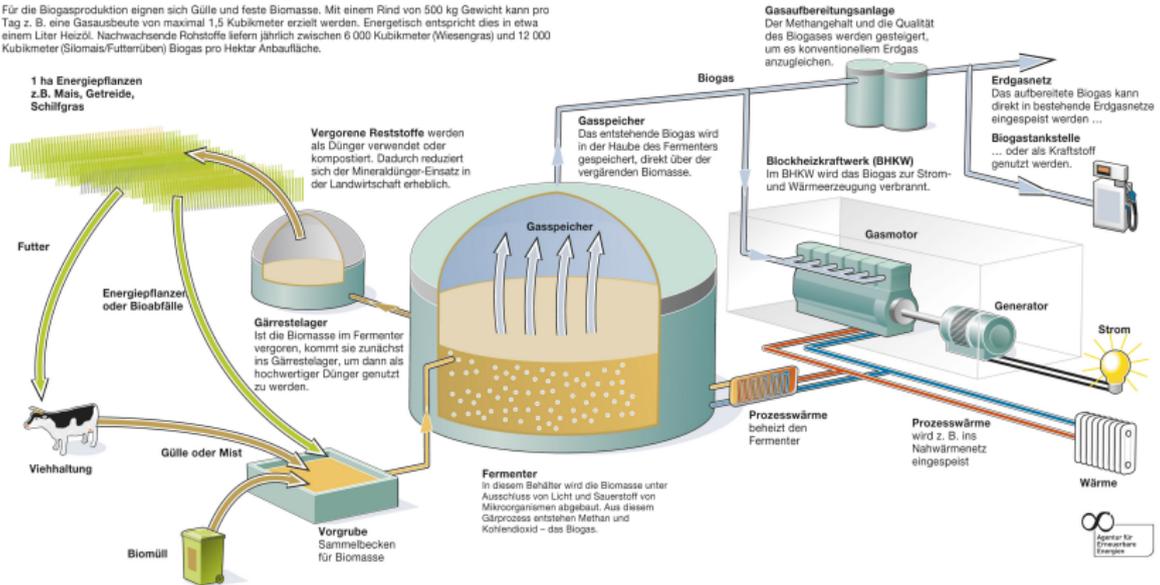
Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien



# Biogas – Technik

## Biogas-Anlage

Für die Biogasproduktion eignen sich Gülle und feste Biomasse. Mit einem Rind von 500 kg Gewicht kann pro Tag z. B. eine Gasausbeute von maximal 1,5 Kubikmeter erzielt werden. Energetisch entspricht dies in etwa einem Liter Heizöl. Nachwachsende Rohstoffe liefern jährlich zwischen 6 000 Kubikmeter (Wiesengras) und 12 000 Kubikmeter (Silomais/Futterrüben) Biogas pro Hektar Anbaufläche.



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien



# Bioenergie – Vor- und Nachteile

## Vorteile:

- Bioenergie ist einfach speicherbar
- grund- und spitzenlastfähig
- vielseitig erprobte und preisgünstige Technologien

## Nachteile:

- großer Flächenbedarf zum Anbau von Energiepflanzen
- Emissionen (Feinstaub, Asche, ...)
- derzeit meist unabhängig vom Strombedarf eingesetzt



# Bioenergie – Zahlen und Daten

Anzahl Anlagen: 105.000 Pelletheizungen  
> 1.300 Biomasse(heiz)(kraft)werke  
4.000 Biogasanlagen

Installierte Leistung:	3.453 MW <sub>el</sub>	≙ 3 AKWs
Stromerzeugung 2008:	27.061 GWh <sub>el</sub> /a	≙ 2-3 AKWs
Anteil am Stromverbrauch:	3,7 %	
Wärmebereitstellung 2008:	97.108 GWh <sub>th</sub> /a	≙ 6,5 Mio. Haush.
Anteil Wärmebereitstellung:	6,9 %	
Potential:	50.000 GWh <sub>el</sub> /a	≙ 5 AKWs
	150.000 GWh <sub>th</sub> /a	≙ 10 Mio. Haush.

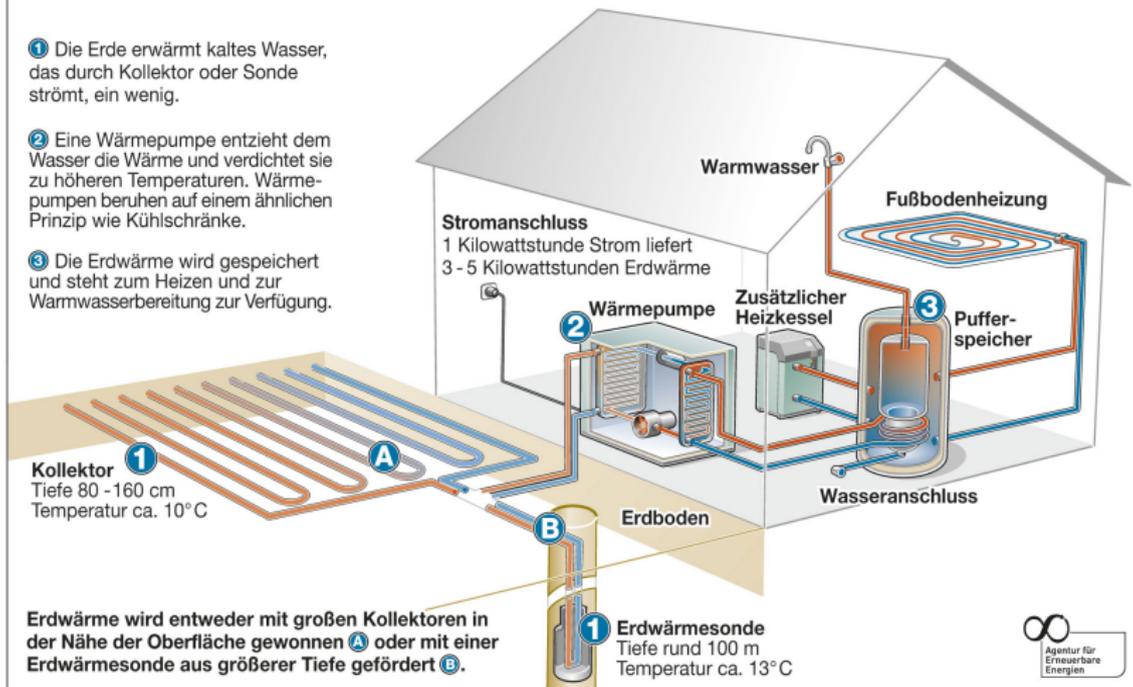
Quellen: Bundesumweltministerium, Bundesverband Biomasse e.V. und eigene Berechnung



# Oberflächennahe Geothermie – Technik

## Wärme aus der Erde: Wie man mit oberflächennaher Geothermie heizen kann

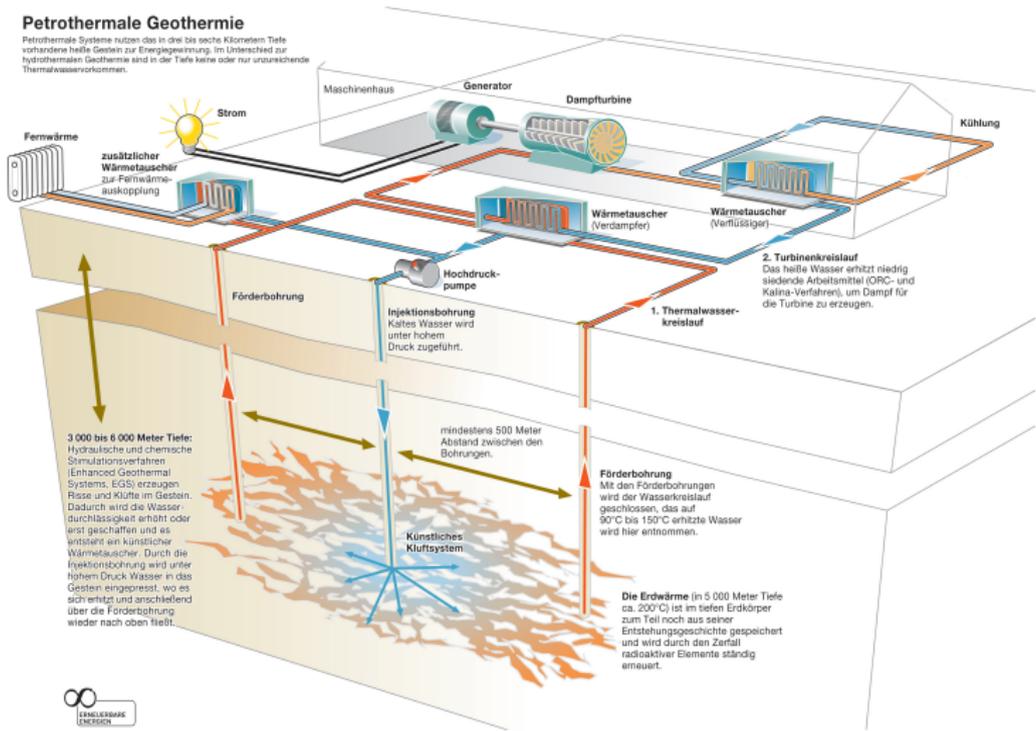
- 1 Die Erde erwärmt kaltes Wasser, das durch Kollektor oder Sonde strömt, ein wenig.
- 2 Eine Wärmepumpe entzieht dem Wasser die Wärme und verdichtet sie zu höheren Temperaturen. Wärmepumpen beruhen auf einem ähnlichen Prinzip wie Kühlschränke.
- 3 Die Erdwärme wird gespeichert und steht zum Heizen und zur Warmwasserbereitung zur Verfügung.



# Tiefe Geothermie – Technik

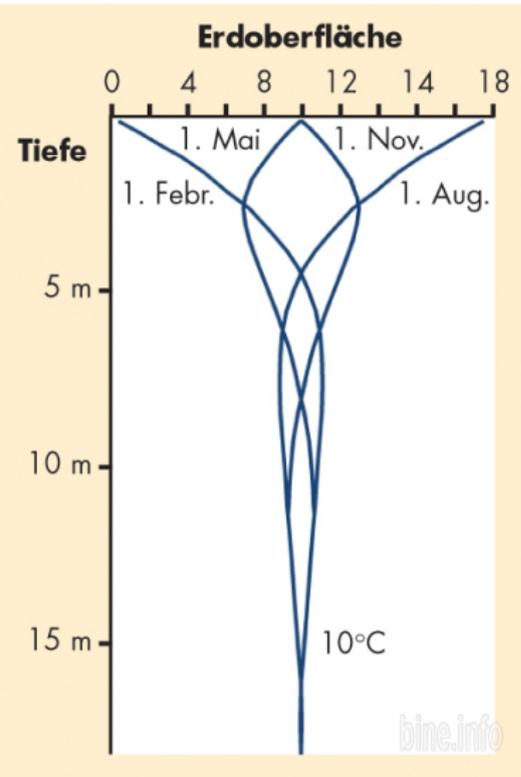
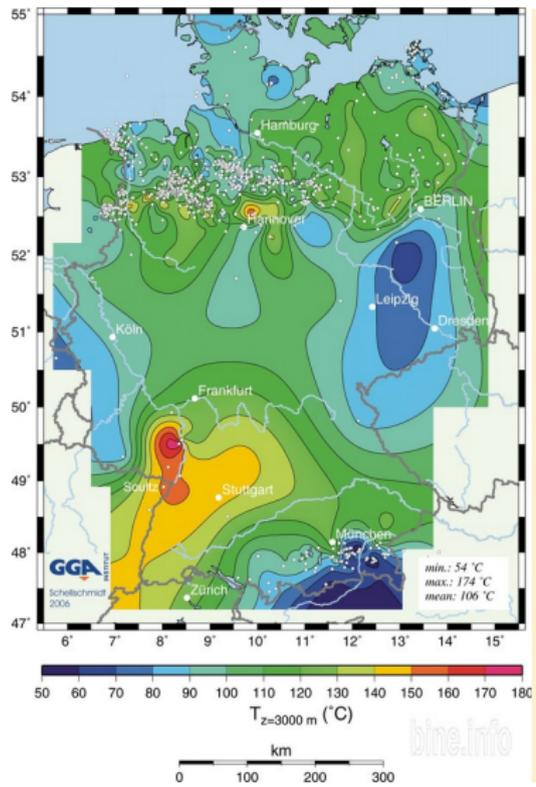
## Petrothermale Geothermie

Petrothermale Systeme nutzen das in drei bis sechs Kilometern Tiefe vorkommende heiße Gestein zur Energiegewinnung. Im Unterschied zur hydrothermalen Geothermie sind in der Tiefe keine oder nur unzureichende Thermalwasservorkommen.



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

# Geothermie – regionale Verfügbarkeit



Quellen: BINE Informationsdienst

Lukas Emele

100 Prozent Erneuerbare Energien



# Geothermie – Vor- und Nachteile

## Vorteile:

- grundlastfähig
- oberflächennahe Geothermie sehr einfache Technik

## Nachteile:

- tiefe Geothermie sehr aufwendige Technik



# Geothermie – Zahlen und Daten

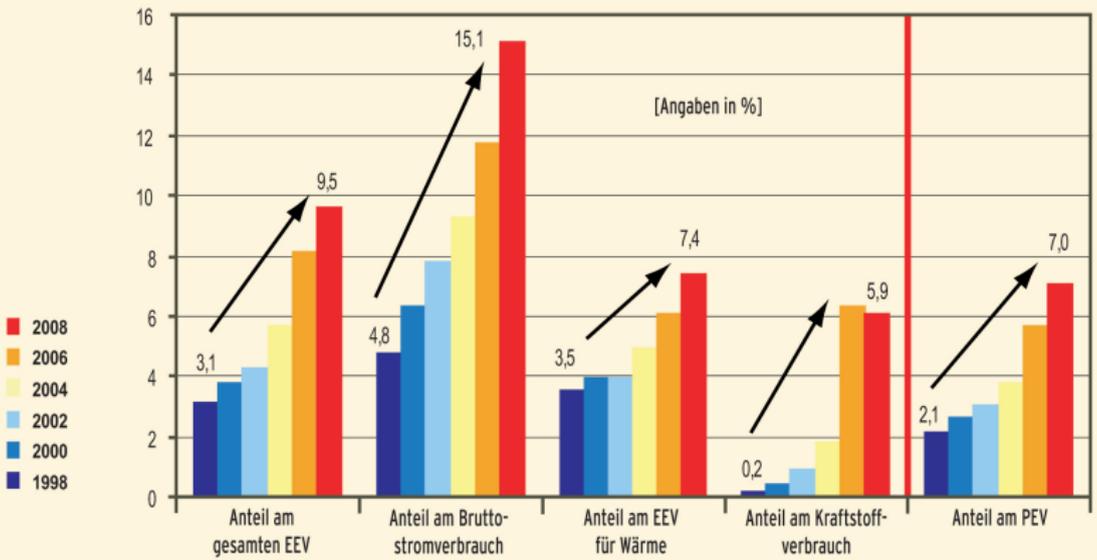
Installierte Leistung:	6,6 MW <sub>el</sub>	≙ 3 Windräder
Stromerzeugung 2008:	18 GWh <sub>el</sub> /a	
Anteil am Stromverbrauch:	0,003 %	
Wärmebereitstellung 2008:	2.516 GWh <sub>th</sub> /a	≙ 170.000 Haush.
Anteil Wärmebereitstellung:	0,2 %	
Potential	150.000 GWh <sub>el</sub> /a	≙ 15 AKWs
	330.000 GWh <sub>th</sub> /a	≙ 22 Mio. Haush.

Quellen: Bundesumweltministerium und eigene Berechnung



# Energiebereitstellung durch Erneuerbare Energien

Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland



EEV Endenergieverbrauch

PEV Primärenergieverbrauch, berechnet nach Wirkungsgradmethode

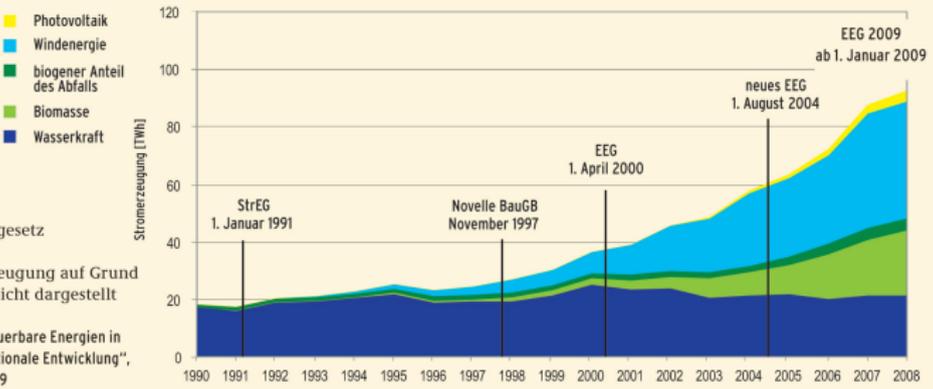
Quelle: BMU-Publikation „Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung“, Referat KI III 1, Stand: Juni 2009

Quelle: Bundesumweltministerium



# Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien

Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990



StrEG Stromeinspeisungsgesetz

Geothermische Stromerzeugung auf Grund geringer Strommengen nicht dargestellt

Quelle: BMU-Publikation „Erneuerbare Energien in Zahlen - nationale und internationale Entwicklung“, Referat KI III 1, Stand: Juni 2009

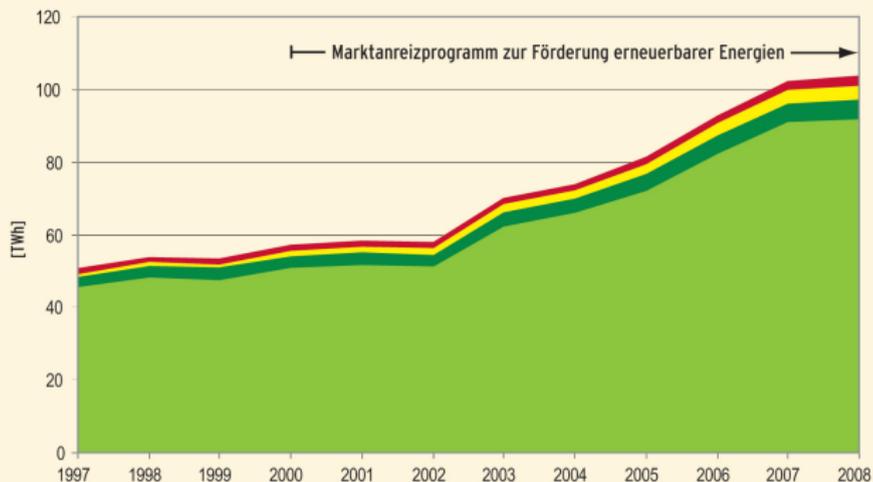
Quelle: Bundesumweltministerium



# Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien

## Entwicklung der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1997

- Geothermie
- Solarthermie
- biogener Anteil des Abfalls
- Biomasse

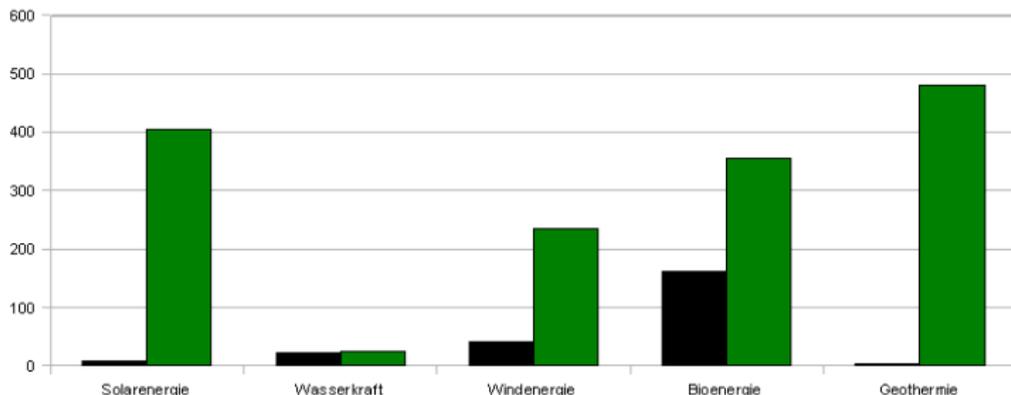


Quelle: BMU-Publikation  
„Erneuerbare Energien in Zahlen -  
nationale und internationale  
Entwicklung“,  
Referat KI III 1, Stand: Juni 2009

Quelle: Bundesumweltministerium



# Potentiale der EEs und möglicher Ausbau

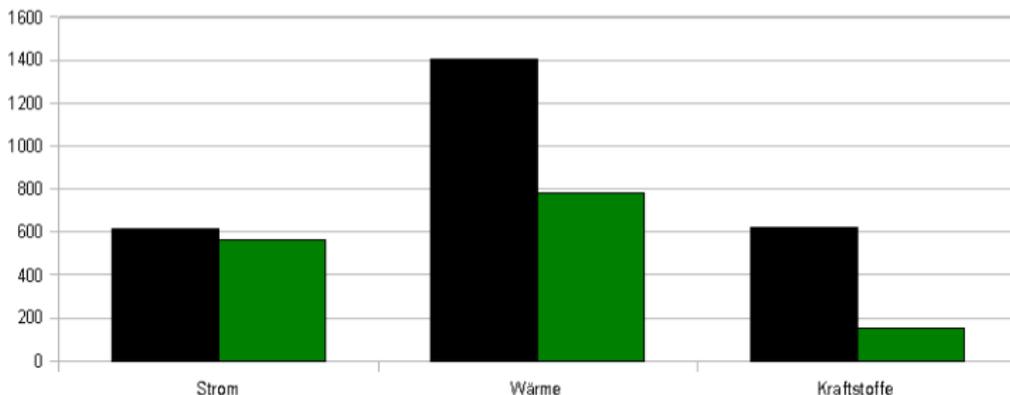


Energiequelle	Nutzung	Potential	mögl. Ausbau
Solarenergie	8,1 TWh/a	405 TWh/a	50fach
Wasserkraft	21,3 TWh/a	25 TWh/a	1,2fach
Windenergie	40,4 TWh/a	235 TWh/a	5,7fach
Bioenergie	160,9 TWh/a	355 TWh/a	2,2fach
Geothermie	2,5 TWh/a	480 TWh/a	190fach
gesamt	233,2 TWh/a	1.500 TWh/a	6,4fach

Quelle: Bundesumweltministerium und eigene Berechnung



# Potentiale in den Sektoren und nötige Energieeinsparungen



Sektor	Endenergieverbrauch 2008	Potential	nötige Einsparung
Strom	614 TWh/a	565 TWh/a	8 %
Wärme	1.402 TWh/a	780 TWh/a	44 %
Kraftstoffe	621 TWh/a	155 TWh/a	75 %
gesamt	2.637 TWh/a	1.500 TWh/a	43 %

Quelle: Bundesumweltministerium und eigene Berechnung



# Zukunft des Stromsektors

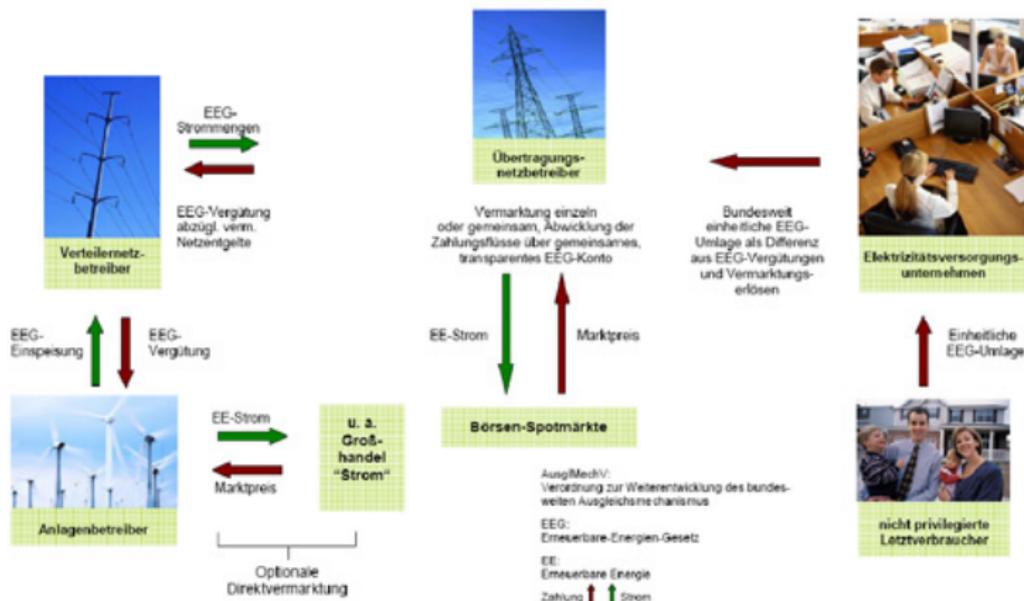
- nötige Einsparungen 8 bis 10 % → machbar
- Zukünftig zusätzlicher Strombedarf für
  - Wärmepumpen
  - Elektromobilität (Straßen und Schienenverkehr)
- Netzausbau und intelligente Netze nötig
- Förderung Erneuerbarer Energien im Stromsektor
  - Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) hat sich bewährt
  - Anreize im EEG zur besseren Netzintegration müssen weiterentwickelt werden
- Anreize und Vorschriften zur Stromeinsparung



# Energie-Einspeise-Gesetz (EEG)

## EEG: Bundesweiter Ausgleichsmechanismus nach AusgIMechV

für Strommengen und Vergütungszahlungen ab 01.01.2010



Quelle: Heider Energie



# EEG-Umlage im Strompreis

## Haushaltsstrompreis 2009

Die Förderung Erneuerbarer Energien hat nur einen geringen Anteil am Strompreis.



Wie der Strompreis\*  
von **ca. 23 ct** (2009)  
zusammengesetzt ist

6,89 ct	Erzeugung
5,92 ct	Netzentgelt
3,71 ct	Mehrwertsteuer
2,05 ct	Stromsteuer
1,79 ct	Konzessionsabgabe
<b>1,13 ct</b>	<b>EEG<sup>2</sup>-Umlage</b>
0,75 ct	Messung
0,75 ct	Vertrieb
0,23 ct	KWKG <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

<sup>2</sup> Erneuerbare-Energien-Gesetz

\* Durchschnittspreis für Privatkunden.

Quelle: BDEW, BMU; Stand: 4/2009

[www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)

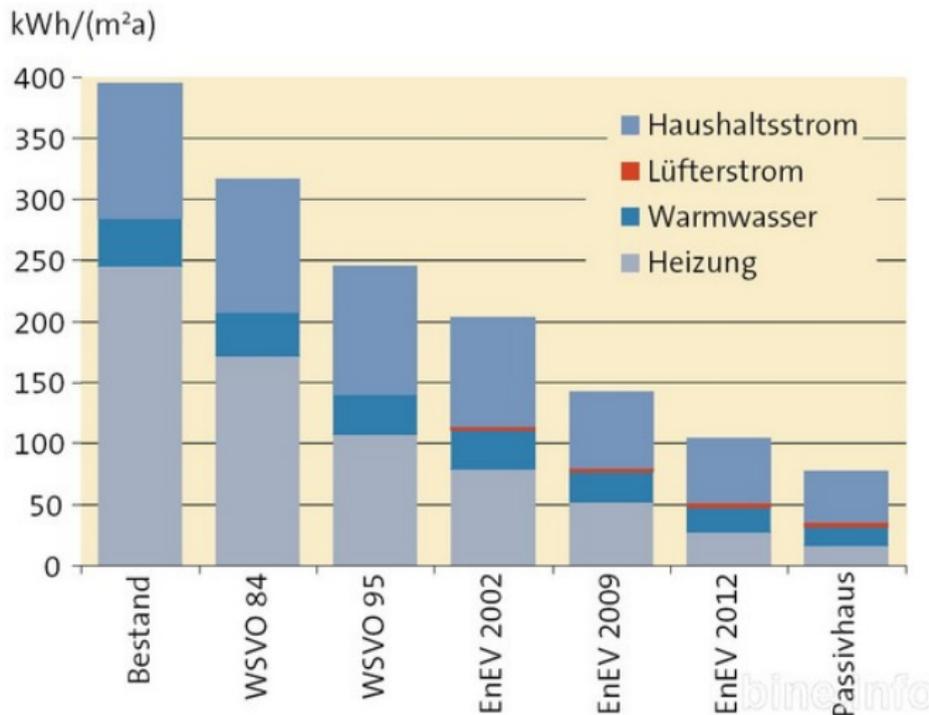


Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

Lukas Emele

100 Prozent Erneuerbare Energien

# Standards Energieverbrauch in Gebäuden



Quelle: BINE Informationsdienst



# Zukunft des Wärmesektors

- nötige Einsparungen 44 bis 50 %  
→ herausfordernd, aber dennoch machbar
- Steigende Anforderungen für Neubauten  
(Energieeinsparverordnung, EnEV)
- Probleme Bestandsgebäude
  - 40 Millionen Bestandsgebäude gegenüber einigen Tausend Neubauten
  - Mieter-Vermieter-Dilemma



# Zukunft des Kraftstoffsektors

So nicht!



Quelle: NZZ/Grüne Aargau



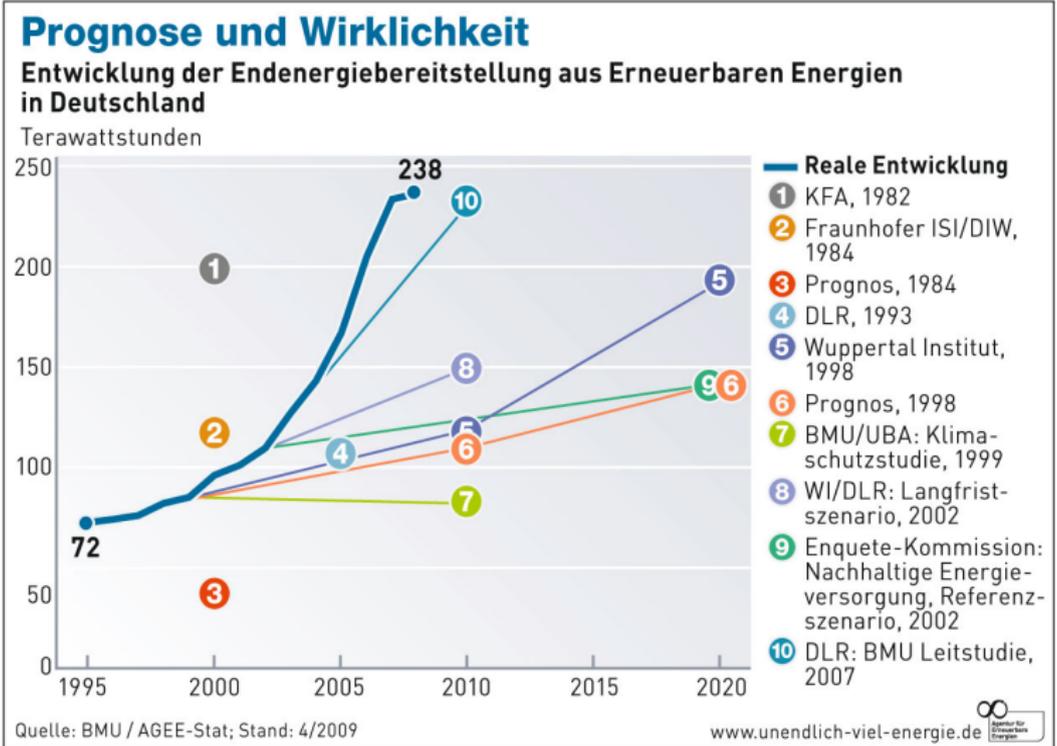
# Zukunft des Verkehrssystems

Nötige Einsparungen von 75 % bei den Kraftstoffen  
→ kompletter Umbau der Verkehrssysteme notwendig

- ÖPNV
- Güter auf Schiene und Schiff
- Elektromobilität (auch E-Bikes)
- Schienenverkehr weiter elektrifizieren
- Starke Reduzierung des Flugverkehrs
- ...



# Pronose und Wirklichkeit



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien



## Links zum Weiterlesen

- <http://www.unendlich-viel-energie>  
Informationsportal der Agentur für Erneuerbare Energien
- <http://www.erneuerbare-energien.de>  
Extra-Webseite des Bundesumweltministeriums



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Gibt es Fragen?

Kontakt: [mail@lukas-emele.de](mailto:mail@lukas-emele.de)

Vortrag online unter: [lukas-emele.de](http://lukas-emele.de) → Publikationen → Vorträge



Schöne Feier(tage)!

