

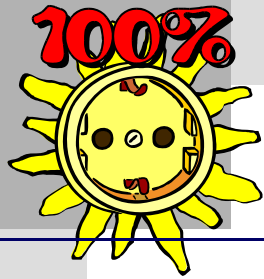
# 100% Erneuerbare Energien

**E. Waffenschmidt**

Aachen, 9. August 2007

**Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V.**

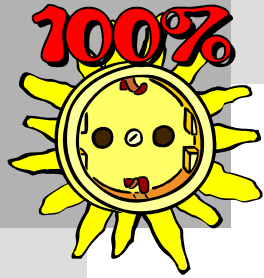




# Nachhaltige Energienutzung

- Größte technische Herausforderung unserer Zeit
- Umstellung auf **100% Erneuerbare Energien** ist einzige Lösung



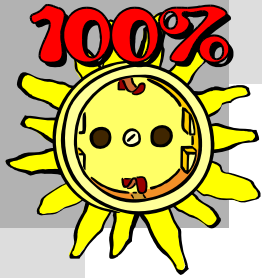


## Geht „100% Erneuerbare“?

# Ja!

Studien z.B.:

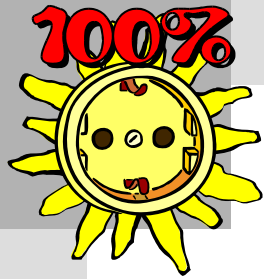
- Enquete-Kommission des Deutschen Bundestag 2002
- LTI-Research Team, 1998
- V. Quaschning, 2000 (100% Strom)
- **Unser Beispiel für Deutschland**



# Wie sieht eine Energieversorgung mit 100% Erneuerbaren Energien aus?

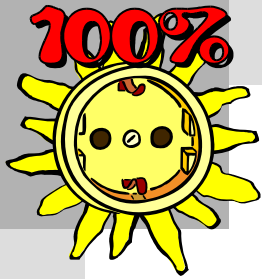
- Bei uns ?
- Mit heutigen Mitteln ?





# Übersicht

- Heutiger Verbrauch
- Einsparmöglichkeiten
- Erneuerbare Energien

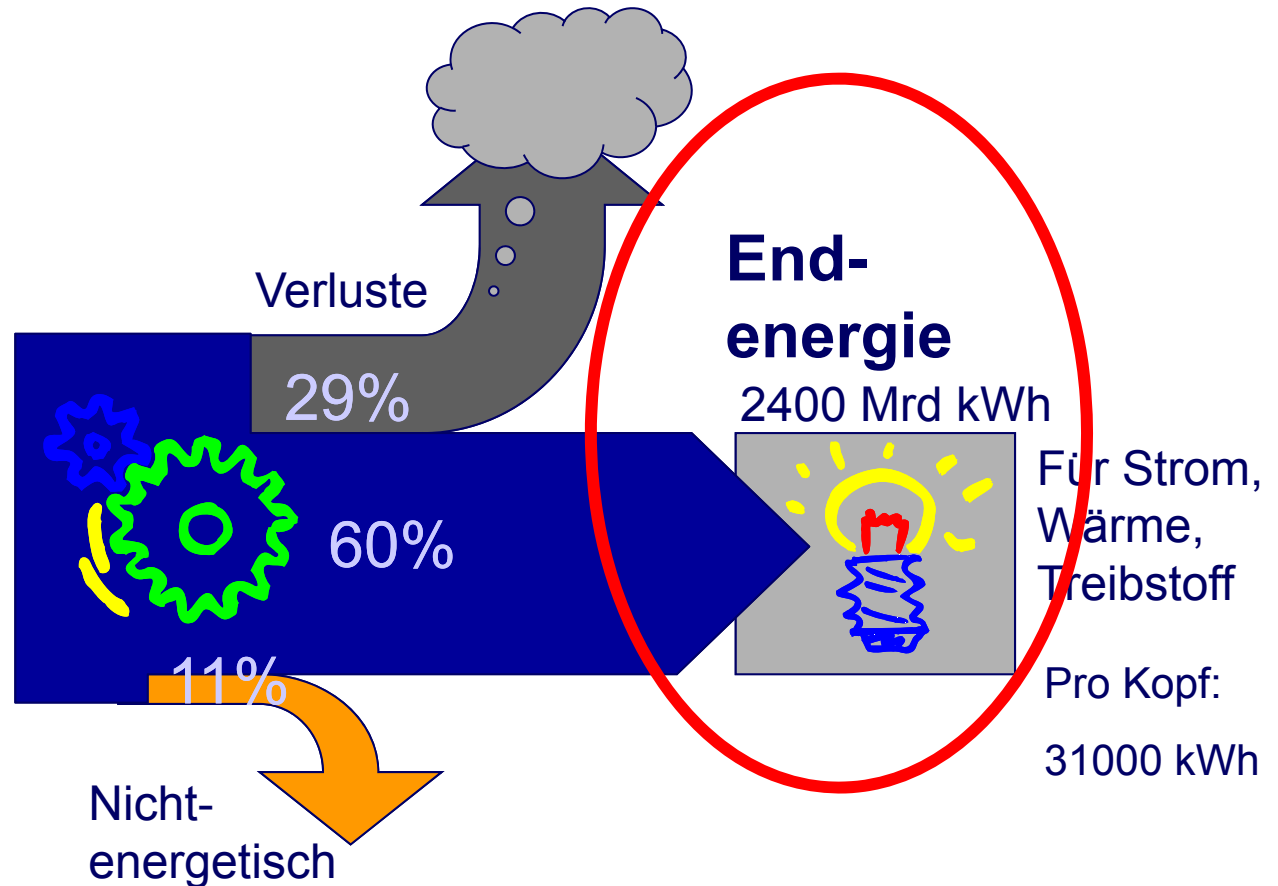


# Begriffserklärungen

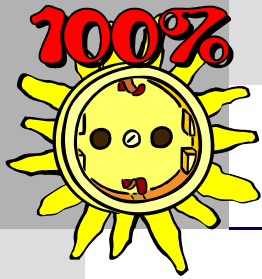
**Energie** als technischer Begriff, z.B. für:

- Wärme
- Bewegung
- Licht

## Primär- energie



Aus: „Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., „Energiebilanz der Bundesrepublik 2002“, <http://www.ag-energiebilanzen.de/daten/inhalt1.php#>



# Wofür „verbrauchen“ wir Energie?



## Elektrische Anwendungen

- Licht
- Maschinen
- Information



## Prozess-Hitze

- Temperaturen > 200°C
- Überwiegend in der Industrie
- Bsp: Glasherstellung, Metalle Schmelzen, Backen



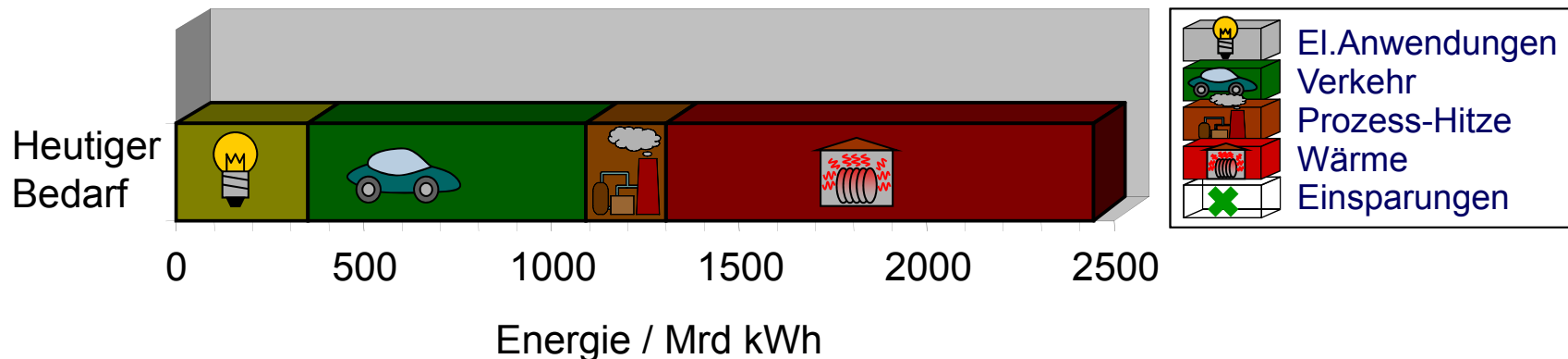
## Verkehr

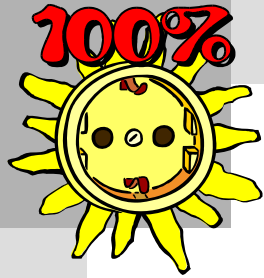
- Autos
- Lastwagen
- Eisenbahn
- Flugzeuge
- Schiffe



## Wärme

- Hauswärme
- Warmwasser
- Niedertemperatur Prozesse, z.B. Trocknen

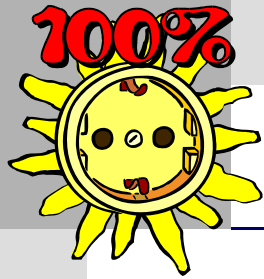




# Übersicht

- Heutiger Verbrauch
- **Einsparmöglichkeiten**
  - Strom-Sparen
  - Effizienz im Verkehr
  - Hausisolierung
- Erneuerbare Energien





# Energieeinsparung



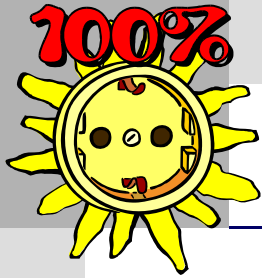
**-66% Heizwärme**  
durch Altbau-Wärmedämmung  
nach Neubauverordnung

**-50% Treibstoff**  
durch 3-Liter/100km-Autos und  
2/3 Güterfernverkehr auf die Bahn

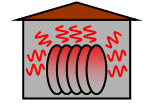


**-10% Strom**  
durch effiziente Beleuchtung  
und Verzicht auf Stand-By



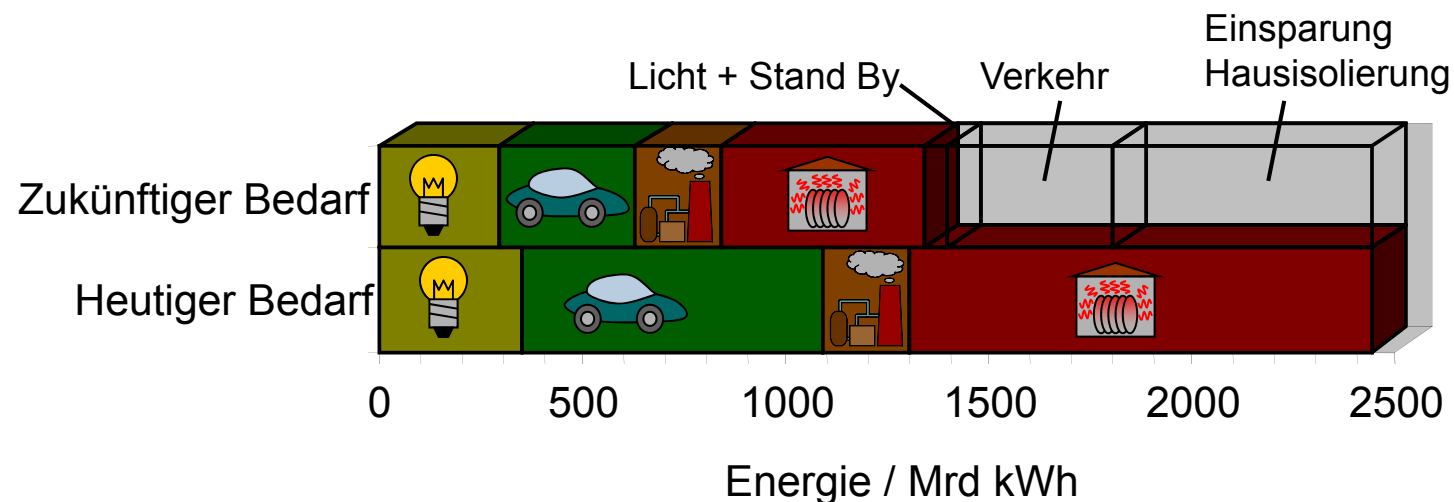


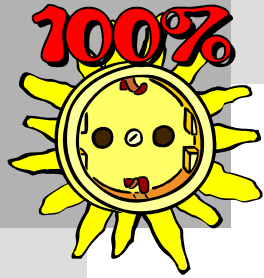
# Energieeinsparung



*Stell Dir vor:*

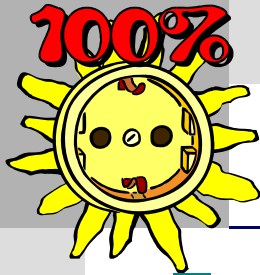
- Licht und Standby
- 3 l/100km-Autos *und* 2/3 der Fern-Güter auf die Bahn
- Alle Häuser wärmedämmen
- Sparen 45% des Energieverbrauchs





# Übersicht

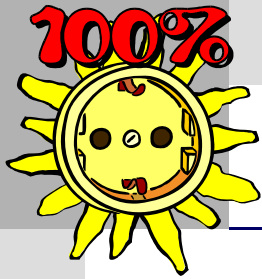
- Heutiger Verbrauch
- Einsparmöglichkeiten
- Erneuerbare Energien
  - Solarenergie
  - Windkraft
  - Wasserkraft
  - Geothermie
  - Bio-Wertstoffe



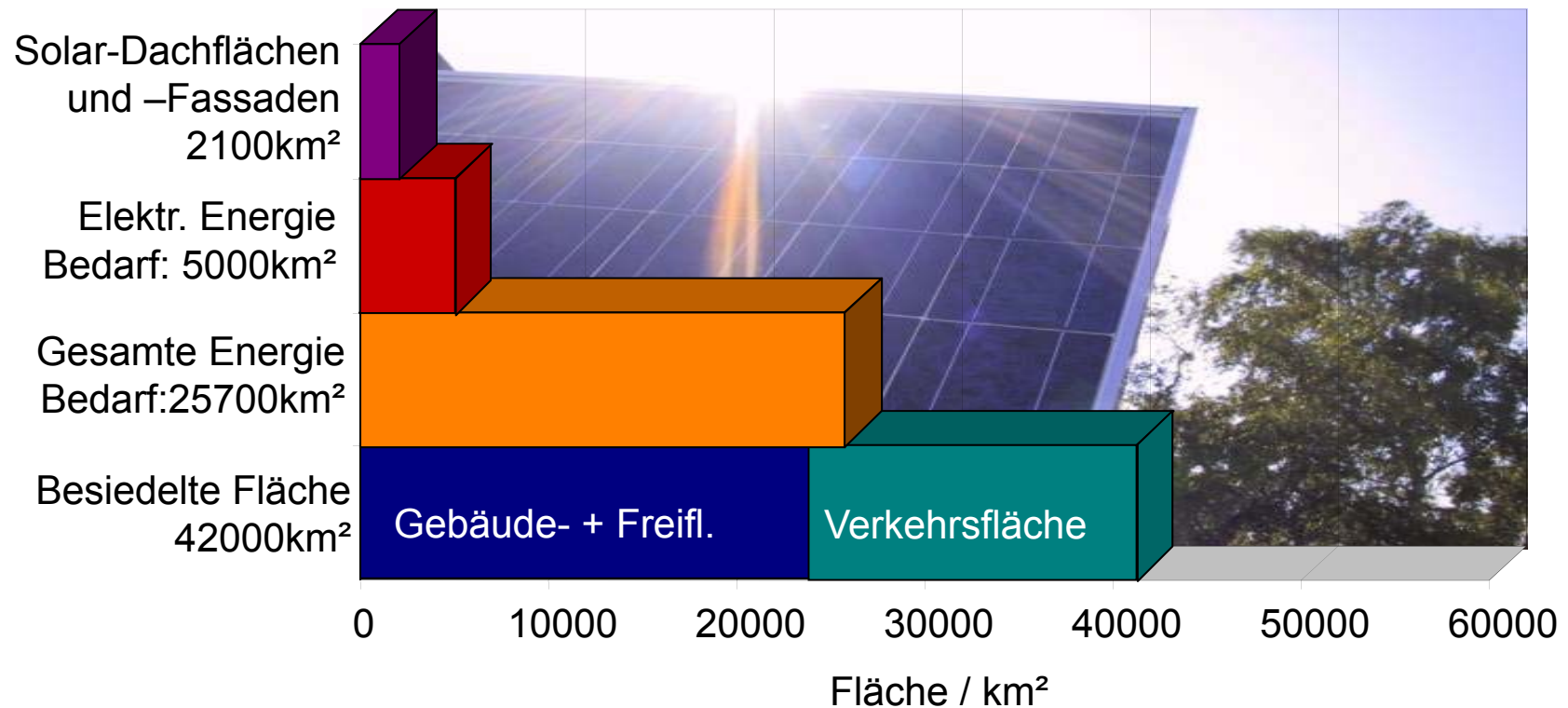
# Solarenergie

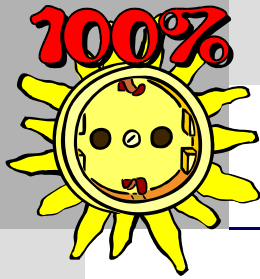
- Kritischer Parameter: Fläche, Sonneneinstrahlung
- Mit Photovoltaik pro m<sup>2</sup> im Jahr:  
ca. 100 kWh Stromerzeugung





# Flächenbedarf für Solarenergie

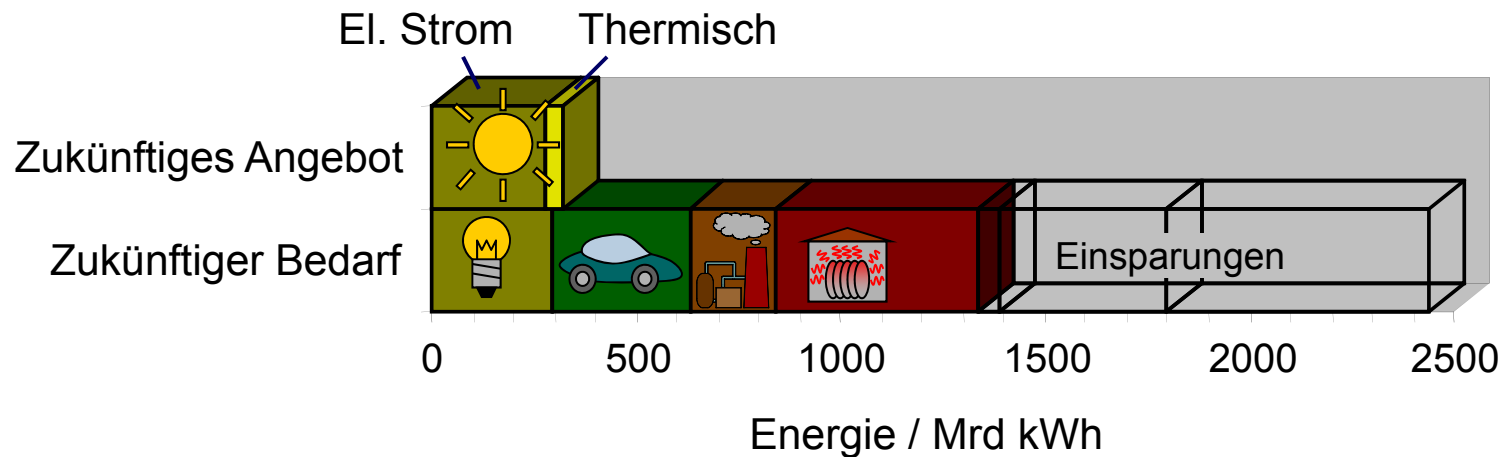


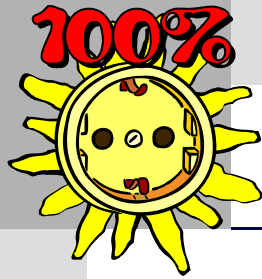


# Solarenergie

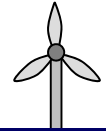
*Stell Dir vor:*

- Solaranlagen auf allen geeigneten Dächern und Fassaden
- Erzeugen fast die Hälfte des heutigen Stromverbrauchs





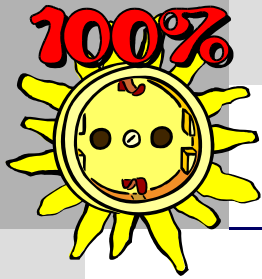
# Windkraft



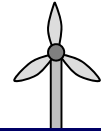
## Heute

- 20000 Windräder in Deutschland
- 1MW mittlere Leistung
- 20% mittlere Auslastung (auch im Binnenland)
- 33 Mrd. kWh pro Jahr





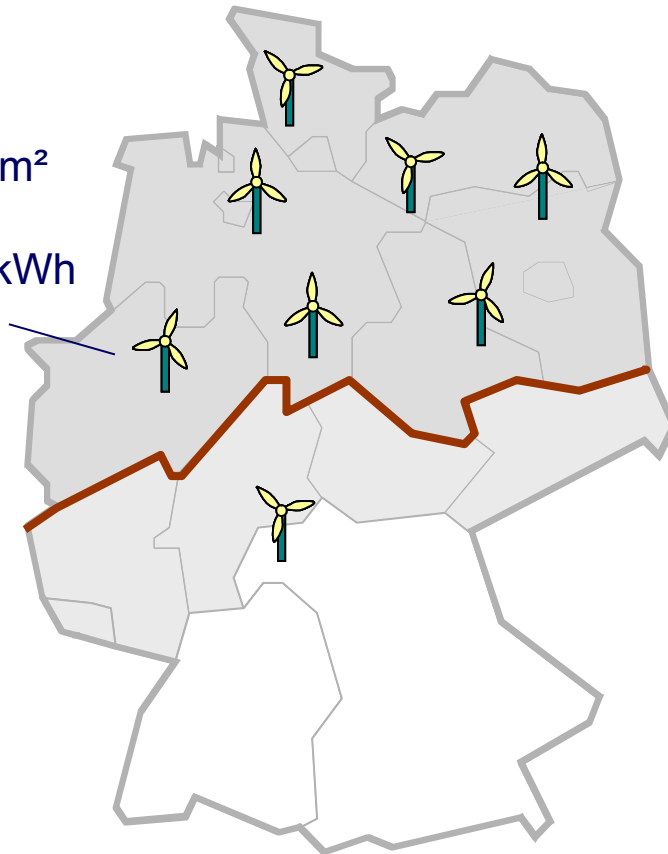
# Windkraft



## Heute

- 20000 Windräder in Deutschland
- 1MW mittlere Leistung

7 / 100km<sup>2</sup>  
x 1 MW:  
33 Mrd kWh



## Morgen

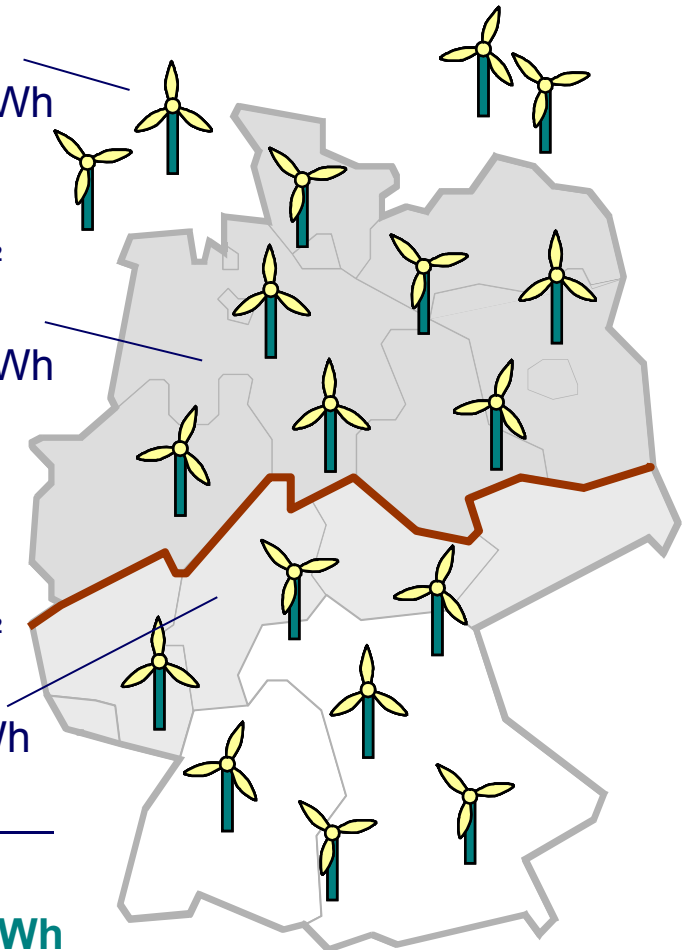
- 30000 Windräder + Offshore
- 3MW mittlere Leistung

Offshore  
110 Mrd kWh

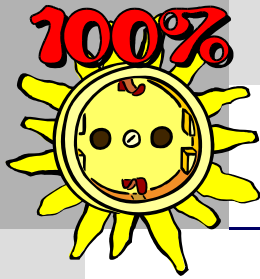
7 / 100km<sup>2</sup>  
x 3 MW  
100 Mrd kWh

7 / 100km<sup>2</sup>  
x 3 MW  
60 Mrd kWh

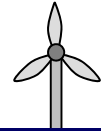
Summe  
**270 Mrd kWh**





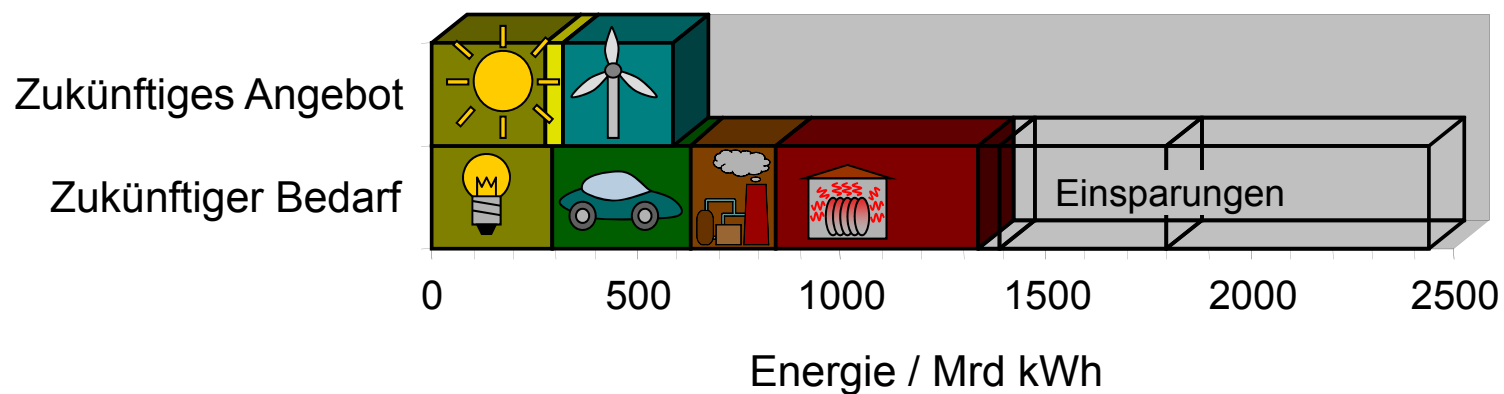


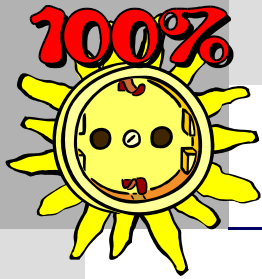
# Windkraft



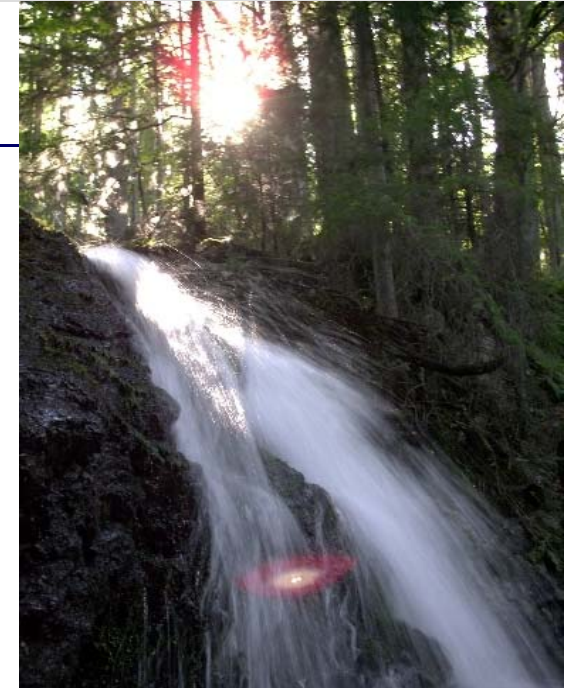
*Stell Dir vor:*

- Ersatz von Altanlagen
- Ausbau in Süddeutschland
- Offshore-Windparks
- Decken mehr als die Hälfte des heutigen Stromverbrauchs



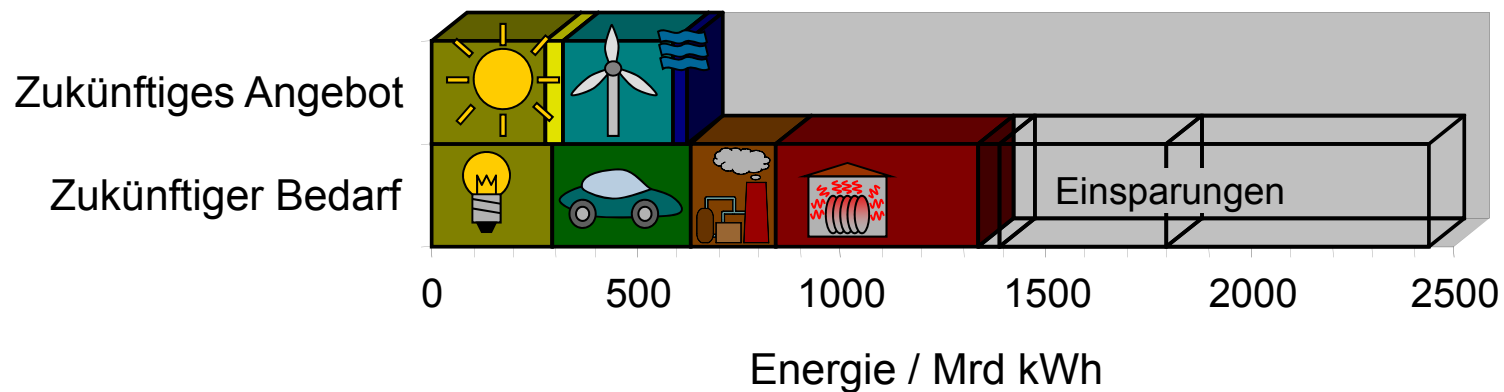


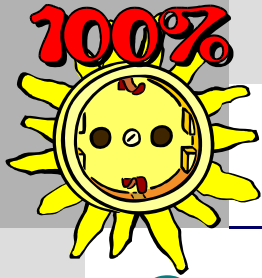
# Wasserkraft



*Stell Dir vor:*

- Alte Wasserkraftwerke werden reaktiviert
- Damit lässt sich die Energieerzeugung mit Wasserkraft um die Hälfte erhöhen
- Dann hat die Wasserkraft einen Anteil von 7% an der elektrischen Stromerzeugung





# Erdwärme

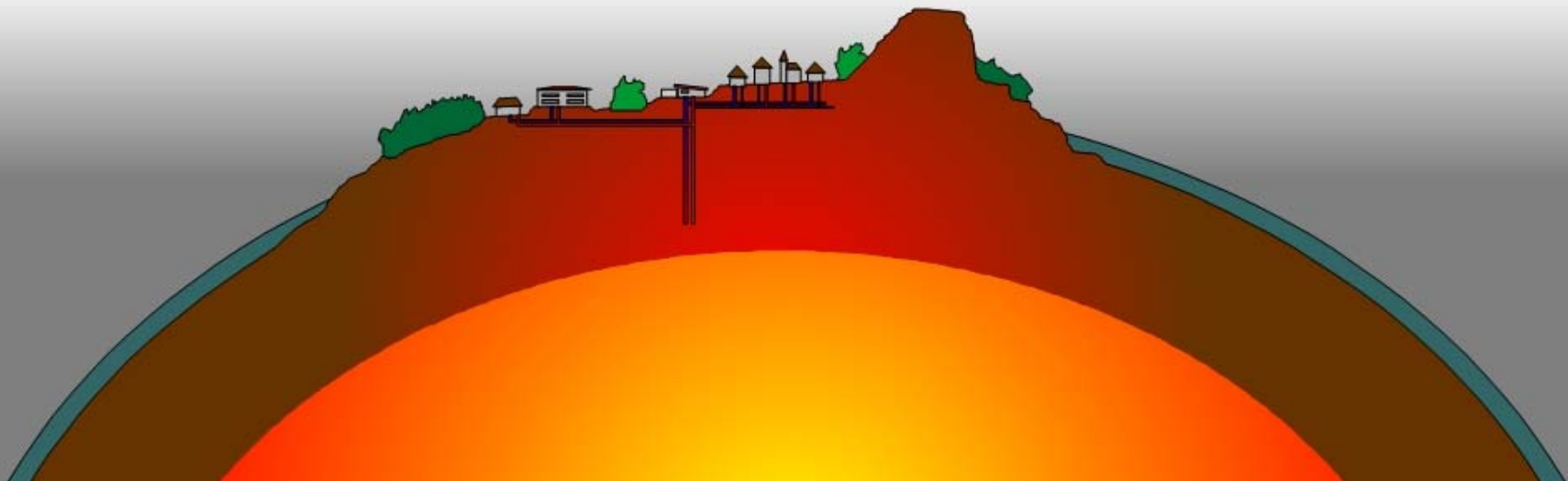


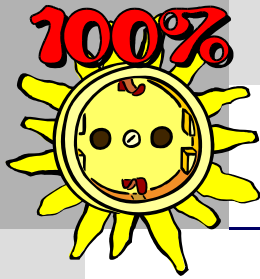
## Geothermie

- Tief in der Erde
- Über 100°C
- Fernwärme
- Erzeugt Strom
- Beschränkt: ~7000 Jahre

## Erdwärme

- An der Oberfläche
- ca. 12°C
- Wärmepumpen dezentral
- Benötigt Strom
- Unbeschränkt



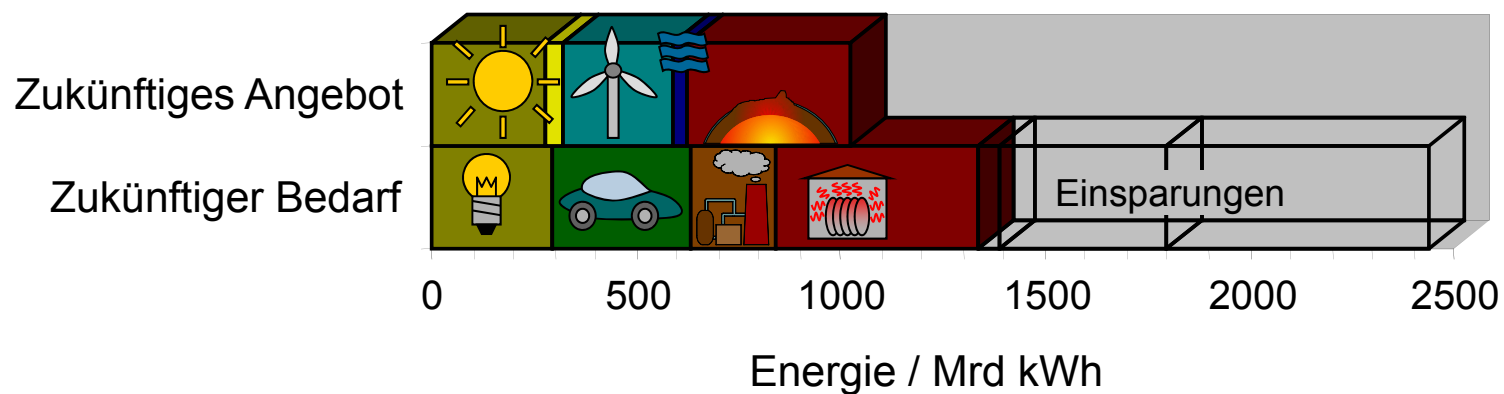


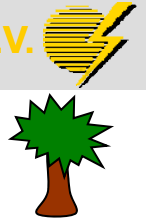
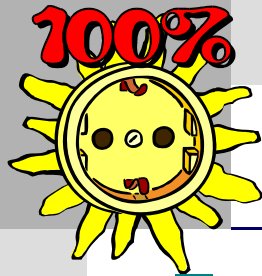
# Erdwärme



*Stell Dir vor:*

- Fernwärme mit Geothermie aus der Tiefe
- Dezentrale Wärme mit Wärmepumpen
- Erzeugen einen Großteil des zukünftigen Wärmebedarfs

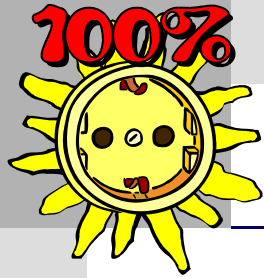




# Biomasse

- Waldholz
  - Brennholz
  - Resthölzer
- Reststoffe
  - Abfall (aber: Recycling hat Vorrang!)
  - Exkremete (z.B. Gülle, Klärschlamm)
  - Bio-Reste (z.B. Stroh, Gartenabfälle)
- Landwirtschaftlicher Anbauprodukte
  - 20% der landwirtschaftlichen Fläche





# Biomasse als Treibstoff

## Rapsöl

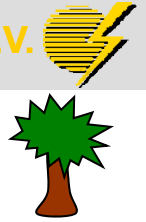
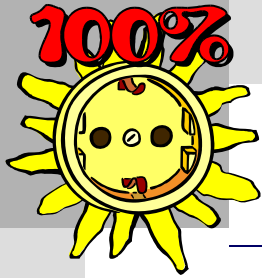
- ca. 1700l Treibstoff pro Hektar im Jahr ( $\cong 1.7 \text{ kWh/m}^2$ )
- Nur ca. 10% des Treibstoffbedarfs auf 20% der landw. Fläche
- Hoher Energieaufwand zur Erzeugung
- Nachhaltige Bodenbewirtschaftung schwierig

## BTL

- ca. 2000-4000l Treibstoff pro Hektar im Jahr ( $\cong 2...4 \text{ kWh/m}^2$ )
- Mäßige Energie-Effizienz (10...40%), keine Kraft-Wärme-Kopplung
- Zentrale Großanlagen -> Transportaufwand
- Keine nachhaltige Bodenbewirtschaftung

## Biogas

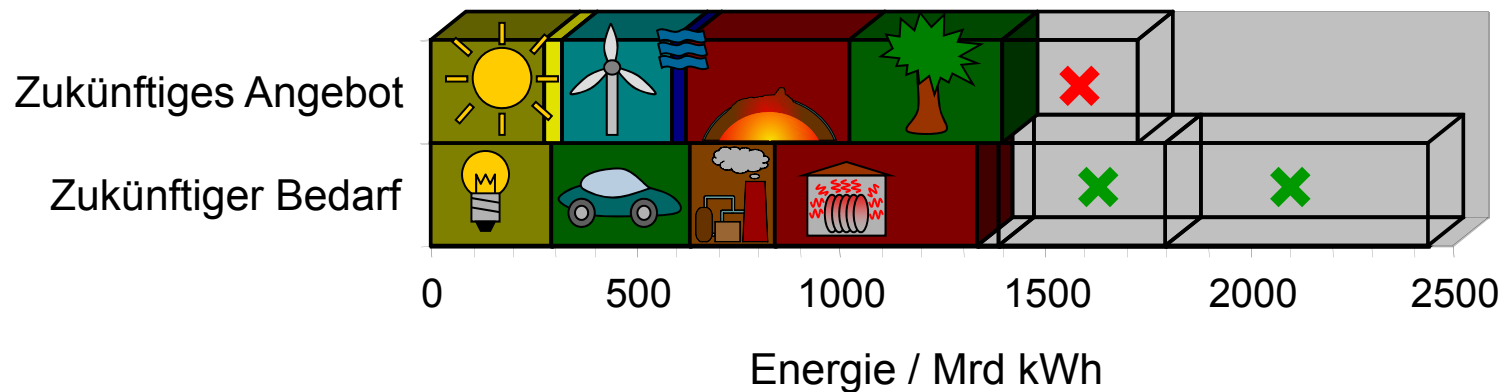
- ca. 5500l Treibstoffäquivalent pro Hektar im Jahr ( $\cong 5.5 \text{ kWh/m}^2$ )
- Akzeptable Energie-Effizienz (50%), Kraft-Wärme-Kopplung möglich
- Dezentrale Anlagen -> geringer Transportaufwand
- Nachhaltige Bodenbewirtschaftung vorstellbar

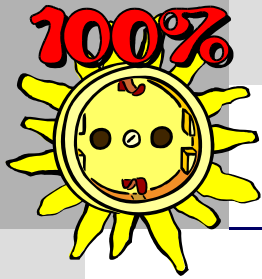


# Biomasse

*Stell Dir vor:*

- Waldholz
- Reststoffe
- Landwirtschaftliche Anbauprodukte
- Müssen umgewandelt werden
- Decken den zukünftigen Treibstoffbedarf

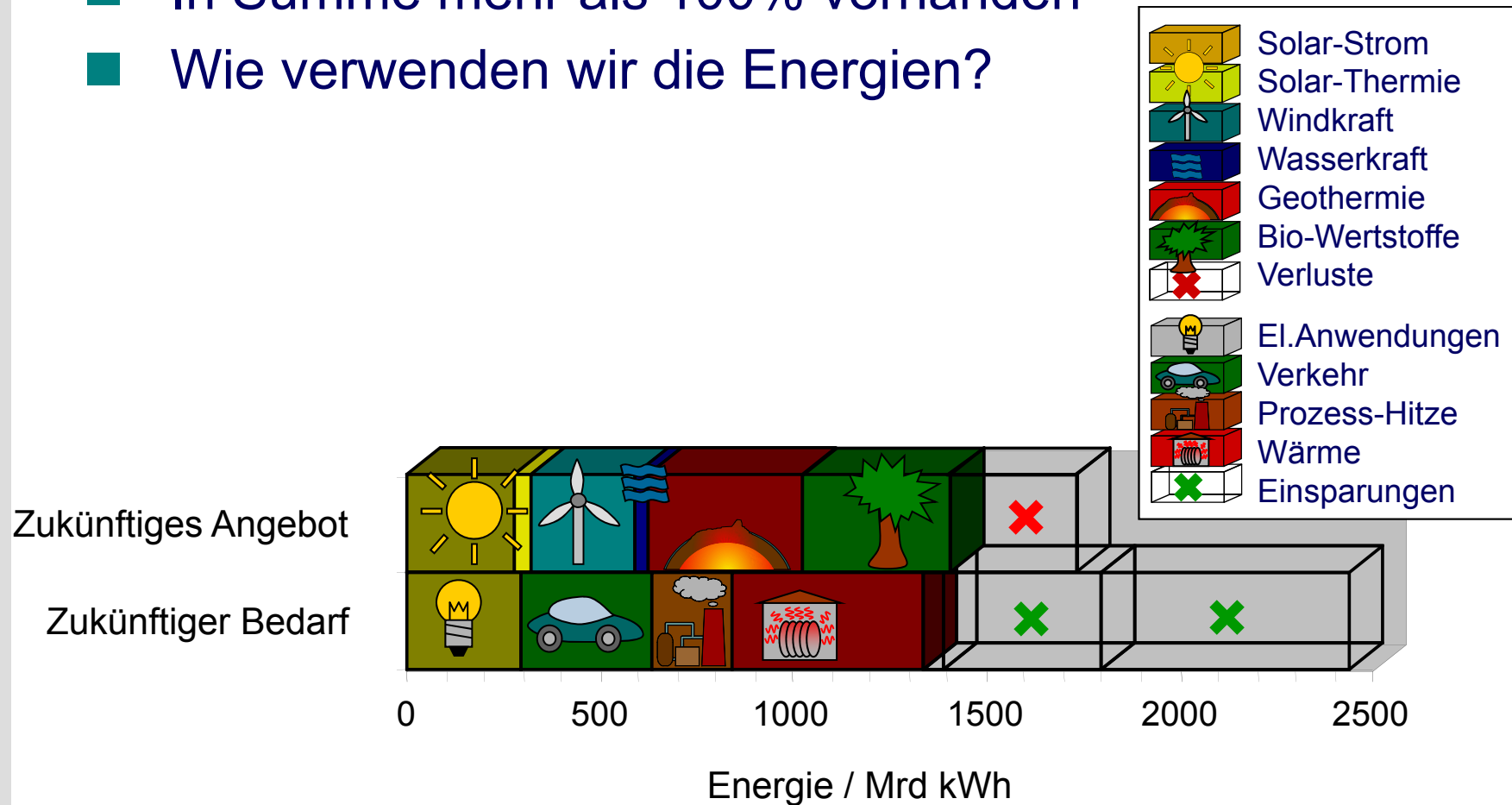




# Verwendung

*Fazit:*

- In Summe mehr als 100% vorhanden
- Wie verwenden wir die Energien?

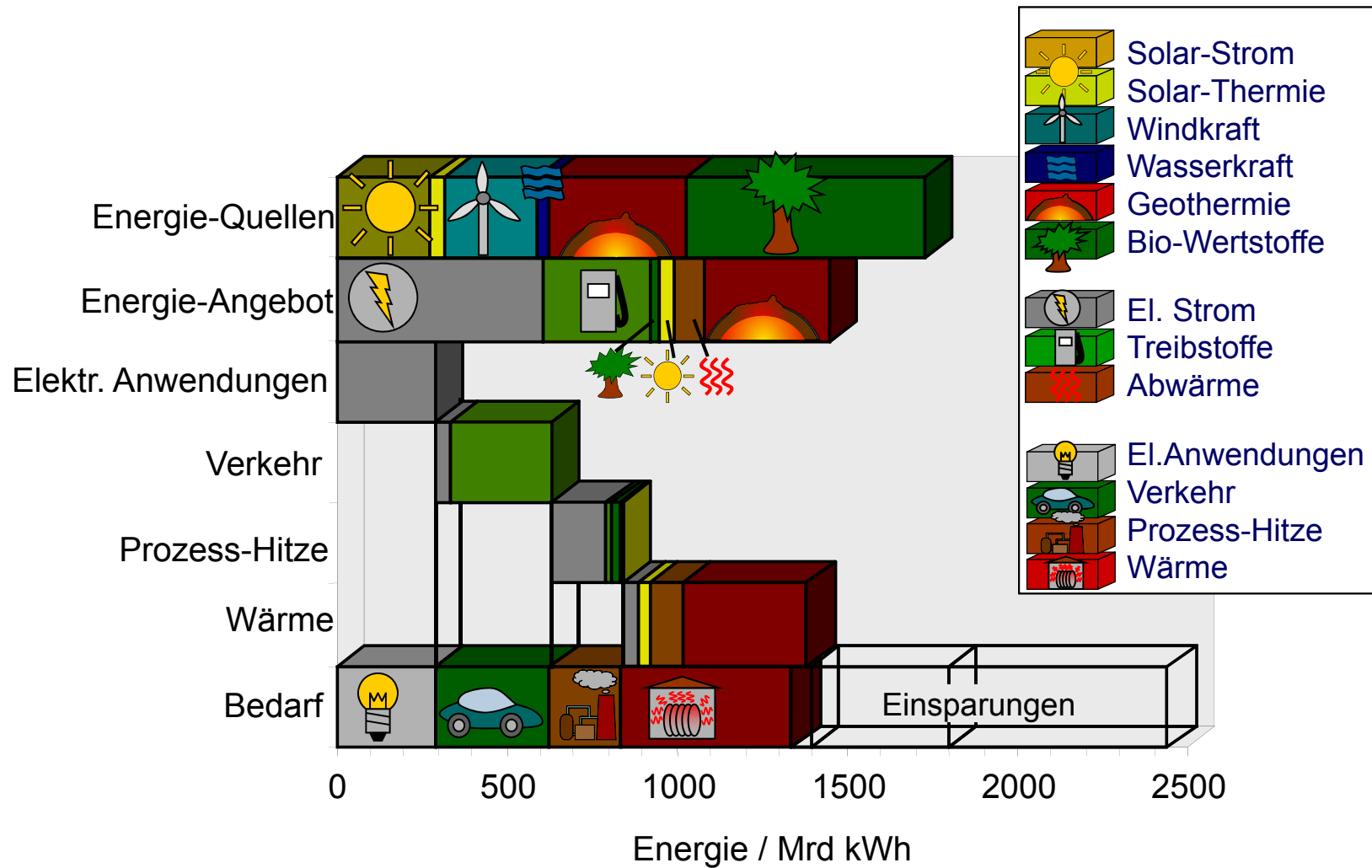


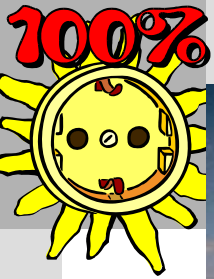


100%



# Verwendung



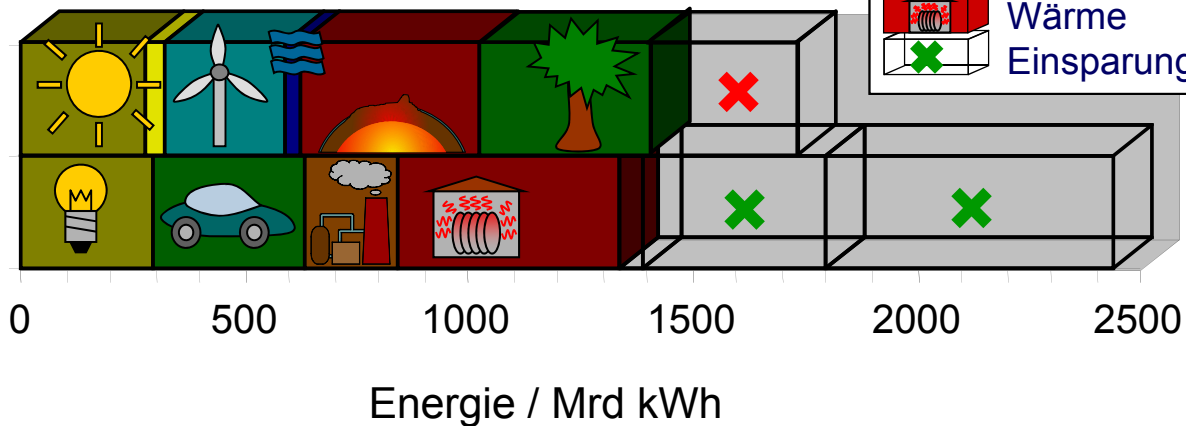


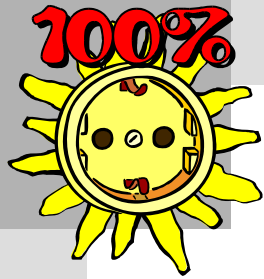
# 100% Erneuerbare Energien Sind möglich!

-  Solar-Strom
-  Solar-Thermie
-  Windkraft
-  Wasserkraft
-  Geothermie
-  Bio-Wertstoffe
-  Verluste
-  El.Anwendungen
-  Verkehr
-  Prozess-Hitze
-  Wärme
-  Einsparungen

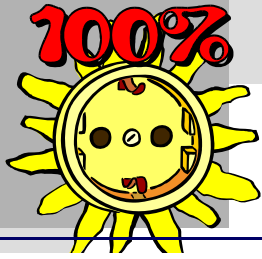
Zukünftiges Angebot

Zukünftiger Bedarf

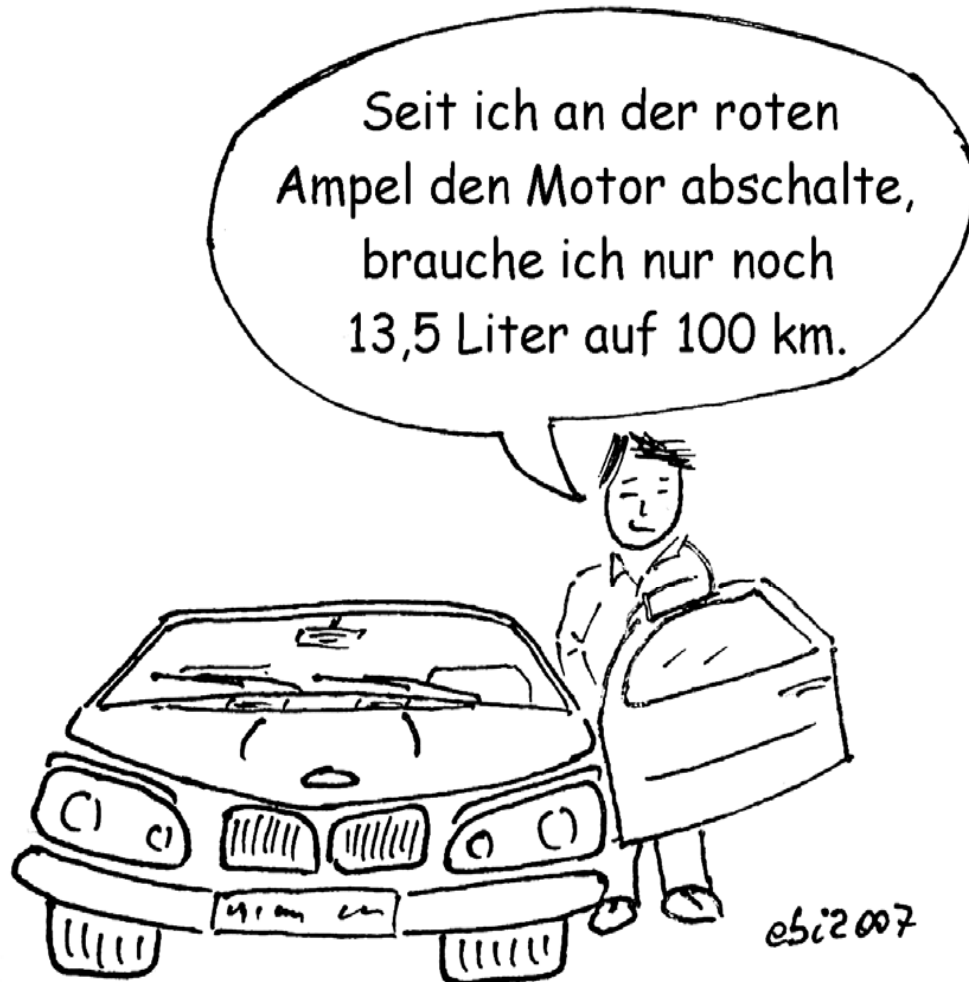




# Anhang

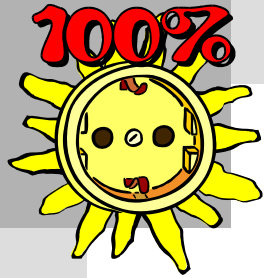


## Was ist zu tun?



Klimaschutz ist ja so einfach!

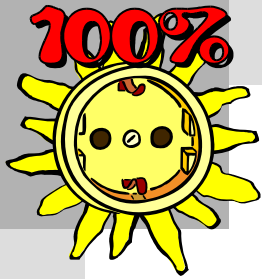
- Möglichkeiten des Einzelnen sind beschränkt
- Vertrauen auf Einsicht ist blauäugig
- Rahmenbedingungen müssen sich ändern:
  - Gesetze, Vorschriften
  - Kosten-Verteilung
- Vorbild und Forderungen von Organisationen
  - Verbände
  - Konzerne



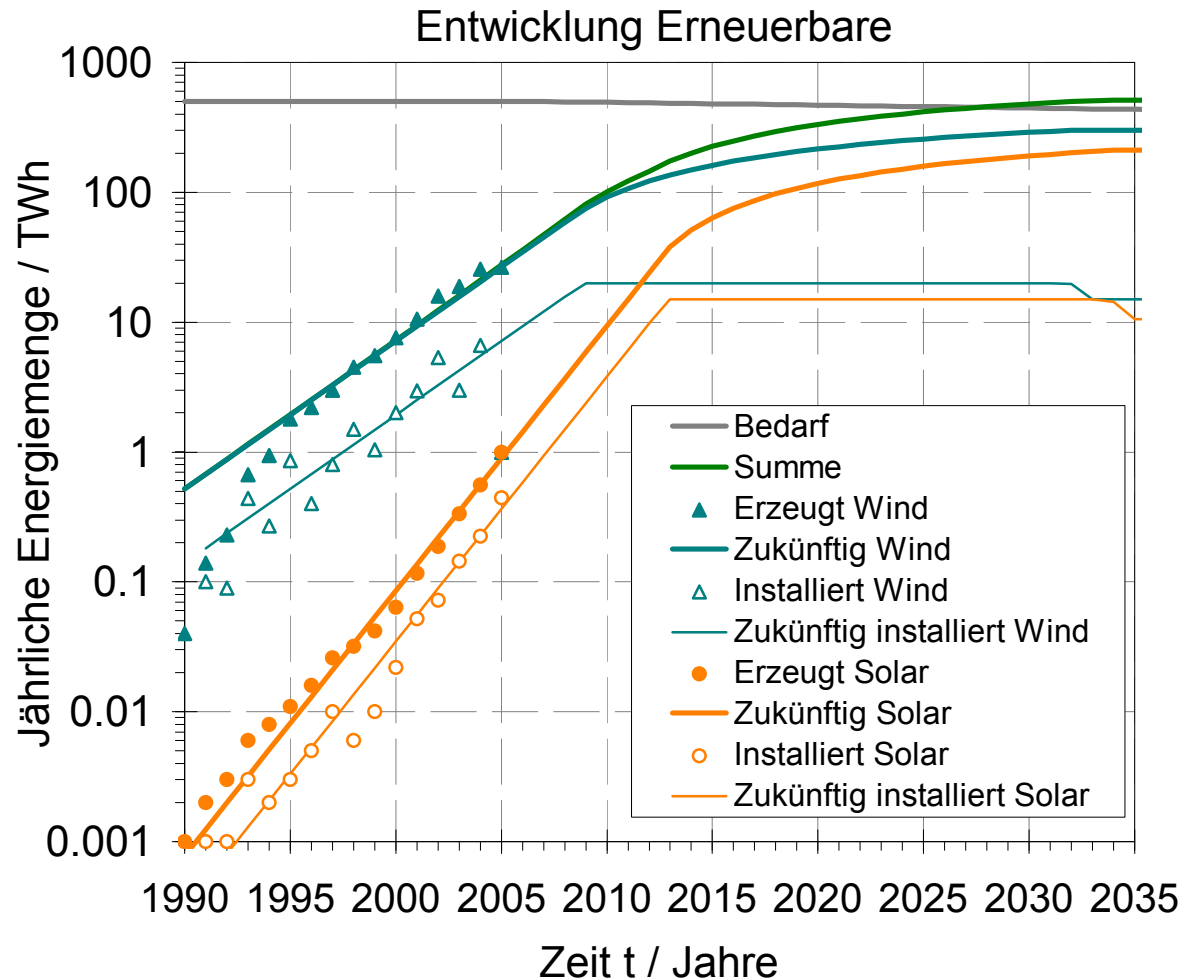
# Warum Erneuerbare Energien?

- Endliche Rohstoffe bewahren
- Klimawandel vermeiden
- Import-Abhängigkeit reduzieren
- Konfliktpotential vermeiden
- Langfristig kostengünstig
- Ungefährlich und ungiftig

→ Je mehr, desto besser!



# Wie lange dauert es?



## Betrachtung

■ Wind und Sonne

## Annahme

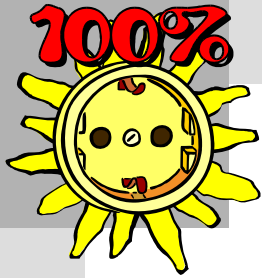
■ Fortschreibung der Wachstumsraten der letzten 10 Jahre

■ Limitierung:

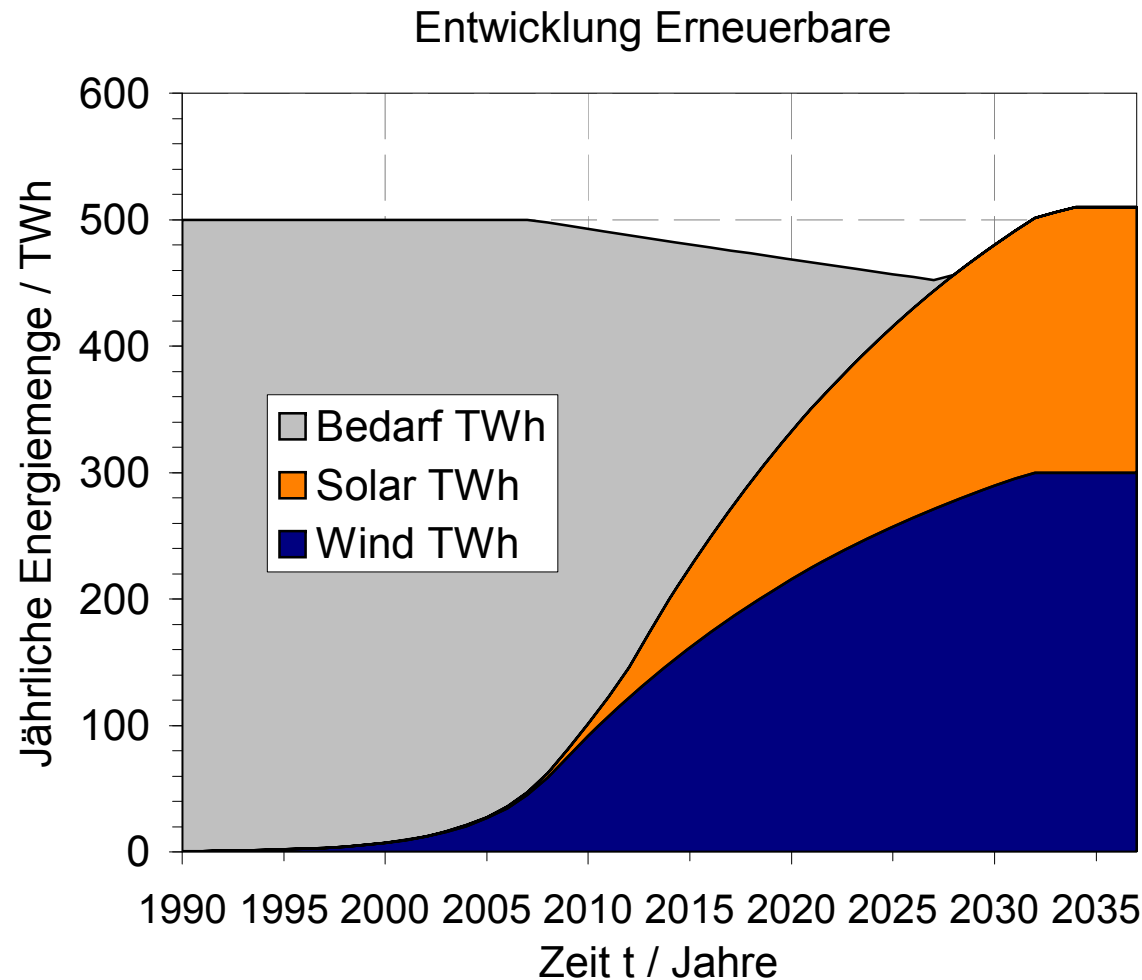
- Dachflächen
- Windraddichte
- Produktion nur wenig mehr als für Ersatz nötig

## Schlussfolgerung

- 50% Strom in 10 Jahren
- 100% in 20 Jahren
- Noch 10 Jahre Wachstum Solar-Produktion



# Wie lange dauert es?



## Betrachtung

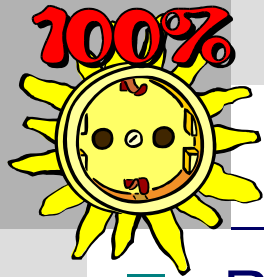
- Wind und Sonne

## Annahme

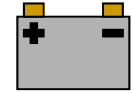
- Fortschreibung der Wachstumsraten der letzten 10 Jahre
- Limitierung:
  - Dachflächen
  - Windraddichte
  - Produktion nur wenig mehr als für Ersatz nötig

## Schlussfolgerung

- 50% Strom in 10 Jahren
- 100% in 20 Jahren
- Noch 10 Jahre Wachstum Solar-Produktion



# Energie-Speicher

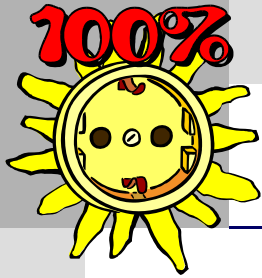


- Relevant für elektrische Energie
- Europäischer Stromverbund reduziert Speichergröße
- Zeitliche Verschiebung des Verbrauchs
- Speicher\*:
  - 3% der jährlich erzeugten Energie als Speichergröße
  - 16% der installierten Leistung als momentane Aufnahmeleistung
  - 18 % der jährlich erzeugten Energie wird zwischengespeichert

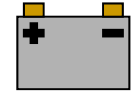
\* Nach: Volker Quaschnig, „Systemtechnik einer klimaverträglichen Elektrizitätsversorgung [...]“, VDI Verlag, 2000, ISBN 3-18-343706-6, <http://www.quaschnig.de/volker/publis/klima2000/index.html>





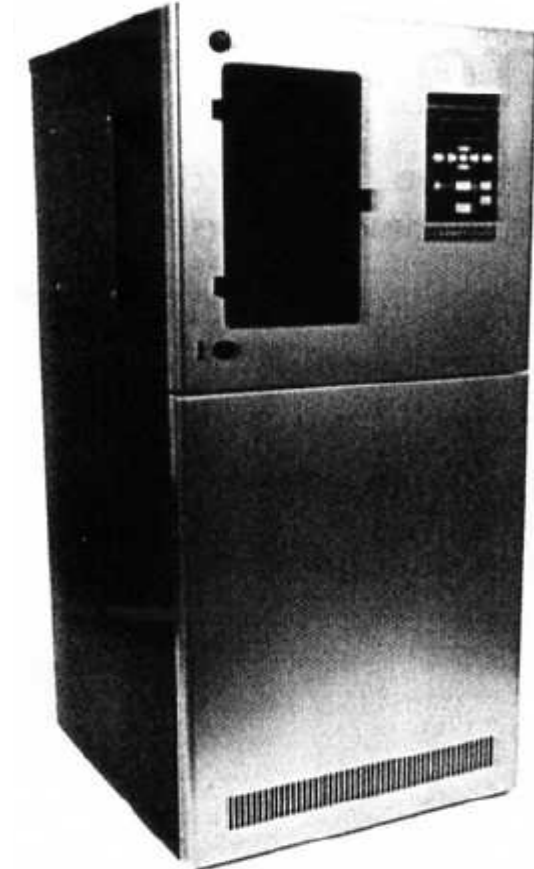


# Energie-Speicher

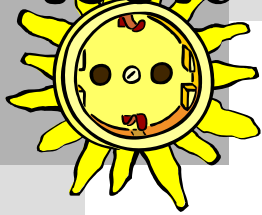


*Stell Dir vor:*

- Das europäische Stromverbundnetz wird ausgebaut
- Zusätzliche Großspeicher-Kraftwerke entstehen
- Kleinstanleger investieren in dezentrale Speicher
- Zu jeder Solaranlage wird eine Speicherbatterie von bis zu 3kWh pro m<sup>2</sup> Solarfläche installiert.

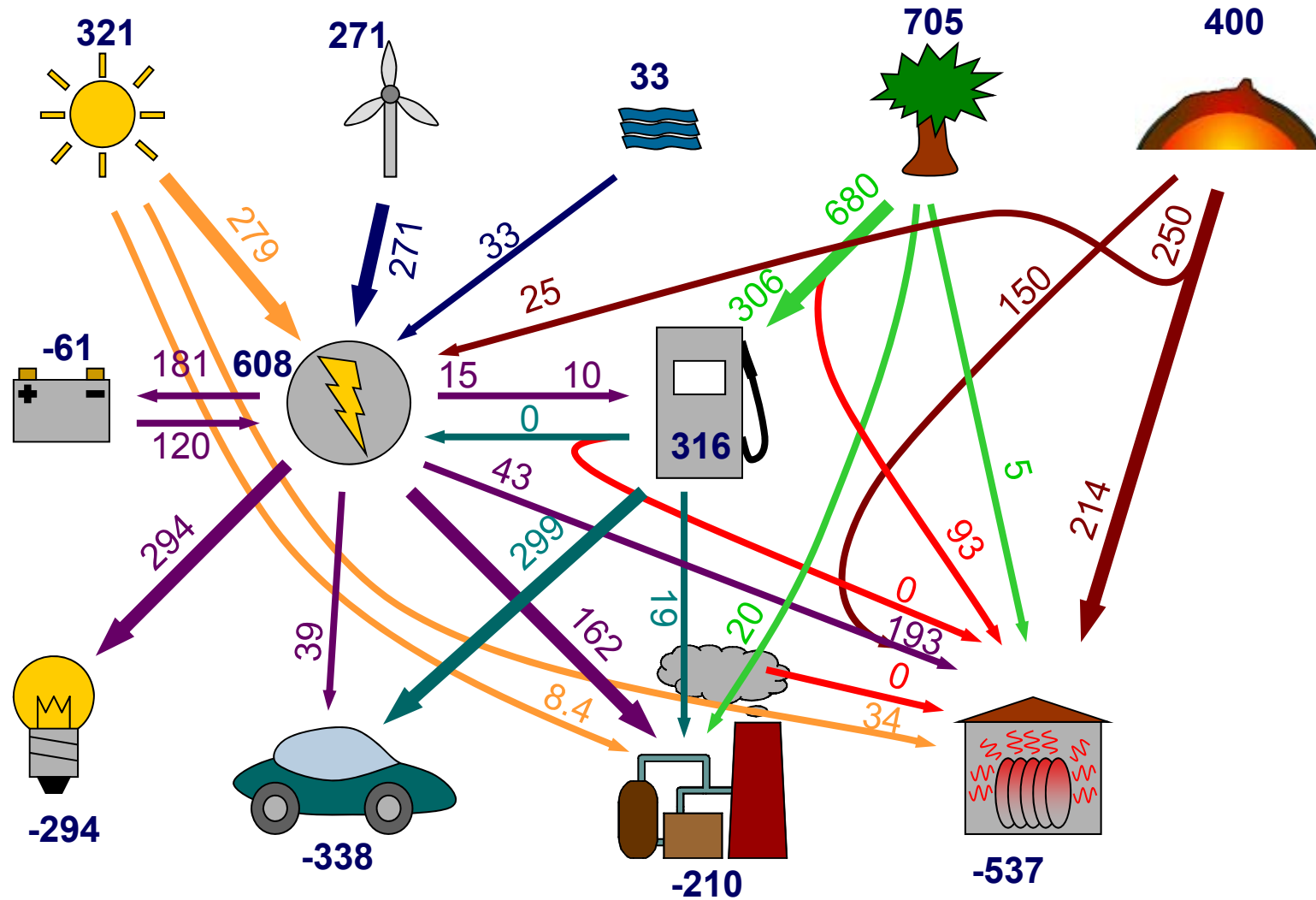


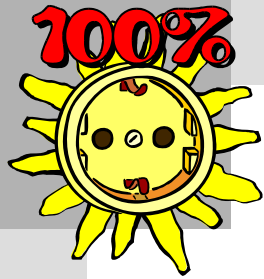
100%



# Energie-Ströme

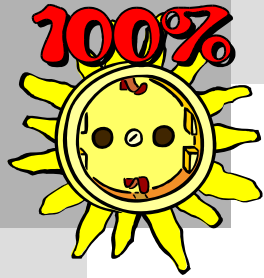
In Mrd. kWh





# Begriffserklärungen: Einheiten für Energie

<i>Einheit</i>		<i>Bedeutet</i>	<i>Zum Vergleich der Größenordnung</i>
J	Joule	Joule	1 Joule = 1 sec lang 1 Watt verbrauchen: z.B. Streichholz anzünden
kJ	Kilo-Joule	Tausend Joule	Batterie („Babyzelle“) (ca. 3 kJ)
MJ	Mega-Joule	Million Joule	Eine Stunde kochen 3.6 MJ = 1kWh
GJ	Giga-Joule	Milliarden Joule	Stromverbrauch einer Person im Jahr (ca. 3GJ)
TJ	Tera-Joule	Billionen Joule	Stromproduktion eines Kraftwerks pro Stunde (ca. 3 TJ)
PT	Peta-Joule	Billiarden Joule	Jahres-Stromproduktion eines Kraftwerks (ca. 30 PJ)

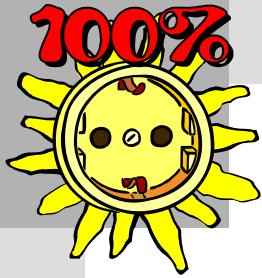


## Einheit für Energie:

Kilowattstunde (kWh) oder Petajoule (PJ)

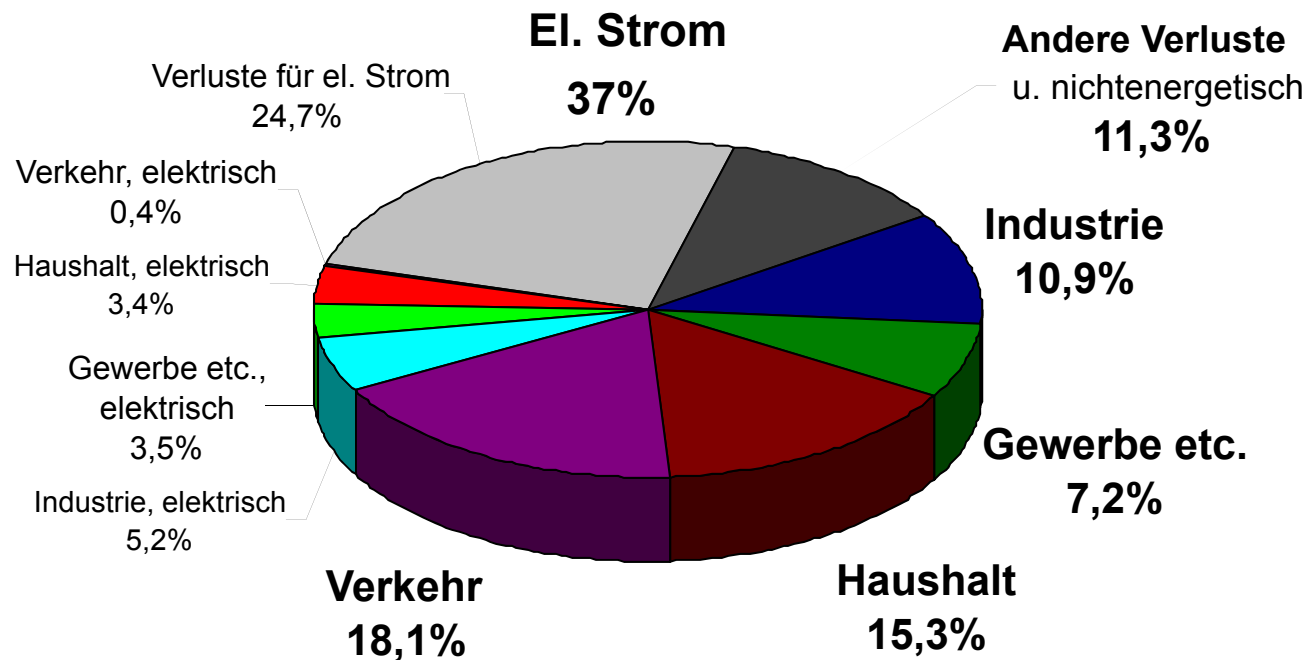
### Beispiele

- 1 kWh:  
1Std kochen  
auf mittlerer Kochplatte (1000 Watt)
- 10 Mrd kWh:  
Jahresproduktion  
eines Großkraftwerkes (etwa 1 Gigawatt)
- 1 PJ = 0.277 Mrd kWh

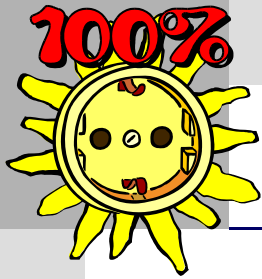


# Wofür „verbrauchen“ wir Energie?

Primärenergieverbrauch in 2002  
in Deutschland: 4000 Mrd kWh



Aus: „Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., „Energiebilanz der Bundesrepublik 2002“, <http://www.ag-energiebilanzen.de/daten/inhalt1.php#>



# Wege zu 100% Erneuerbare

