ulm university universität ulm

# Folienteil 7:
## Energie

Prof. Dr. Dr. F. J. Radermacher | 16.01.2012|
Datenbanken/Künstliche Intelligenz

franz-josef.radermacher@uni-ulm.de

# Inhalt

- Energieverbrauch
- Windeinspeisung
- TREC (Trans-MediterraneanRenewableEnergyCooperation)
- Bilanzierung
- Biomassenutzung
- Geothermie

# Energieverbrauch

Energieverbrauch (Welt, 2002): ca. 113.000 TWh/a

$$1TWh = 10^{12}Wh = 10^{9}kWh$$

Energieverbrauch, (primär, Deutschland, 2002): ca. 4.000 TWh/a
(ca. 3,5% bei ca. 1,23% der Weltbevölkerung)

Energieverbrauch, (Endenergie, Deutschland, 2002): ca. 2.500 TWh/a
(ca. 3,5% bei ca. 1,23% der Weltbevölkerung)

(Verluste, Energie zur Bereitstellung von Energie etc. erzeugen Differenz zwischen Primär-und Endenergie)

## Einheiten

$$1J = 1Ws$$

$$1GJ = 10^9\ J$$

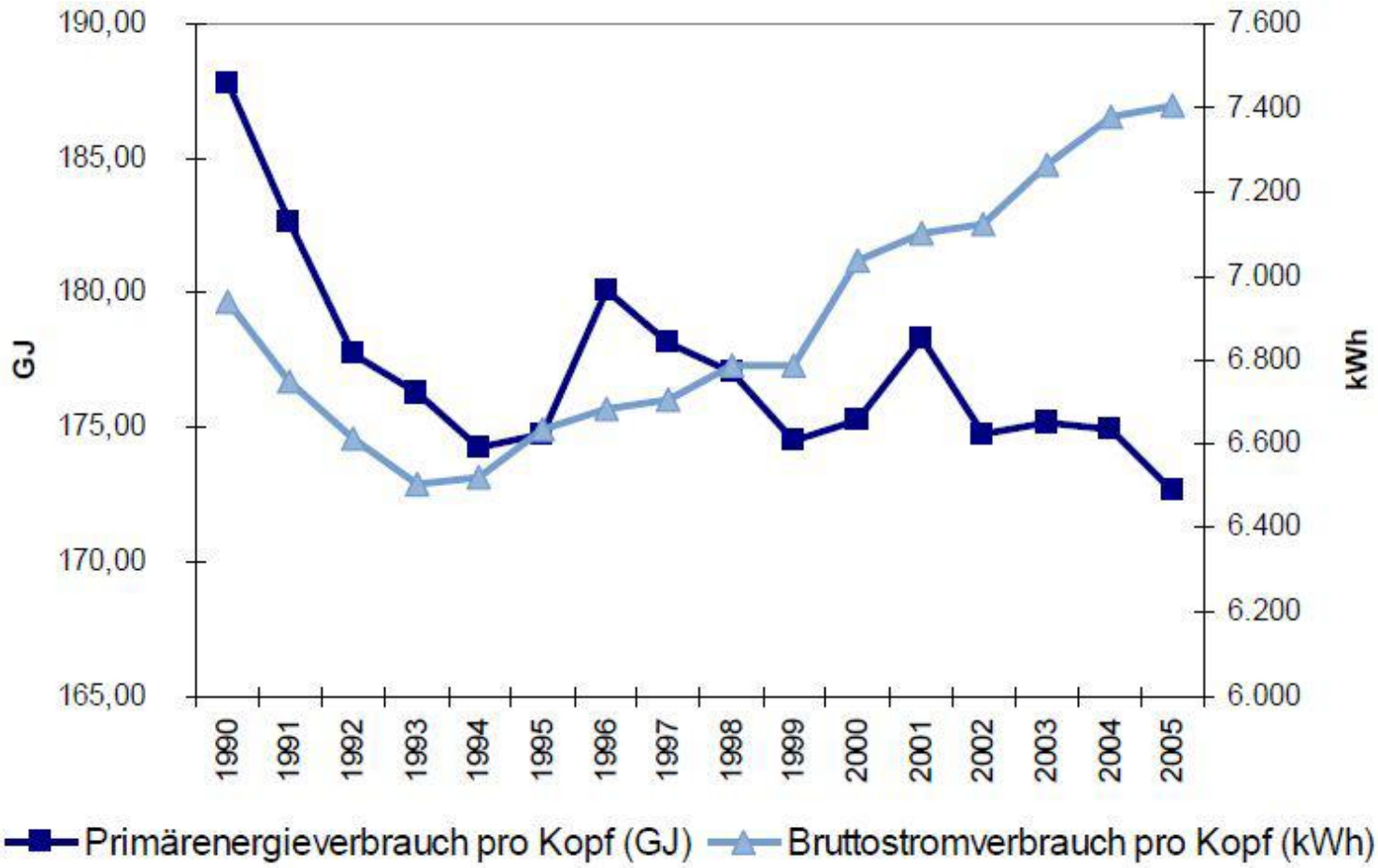
$$1PJ = 10^{15}\ J$$

$$1KWh = 3{,}6 \cdot 10^6\ J$$

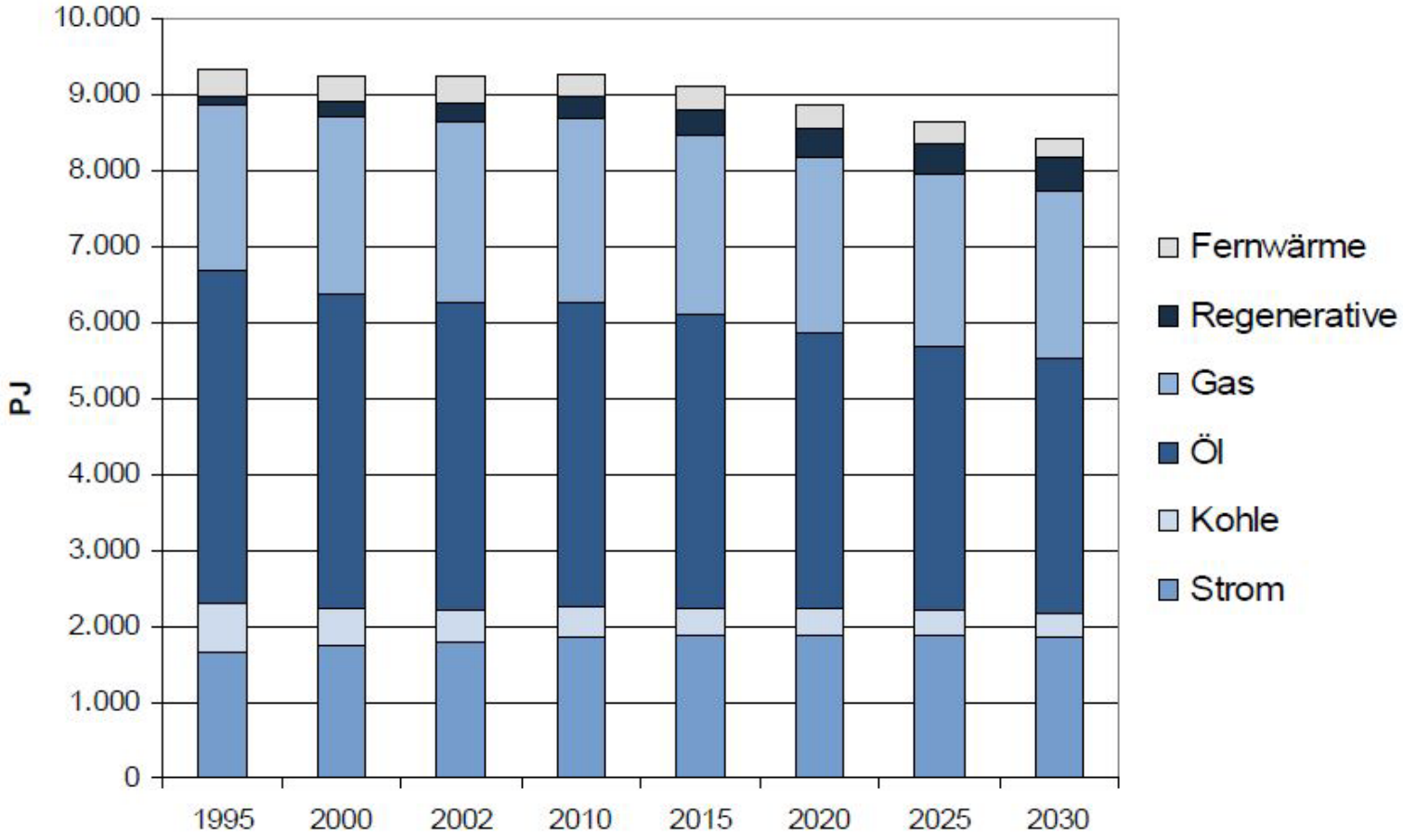
„2.000W Gesellschaft“ (Zürich)

⟶ Derzeitiger pro Kopf Verbrauch an Energie global

# Energieverbrauch je Kopf der Bevölkerung in Deutschland



# Endenergieverbrauch nach Energieträgern1995-2030in Deutschland

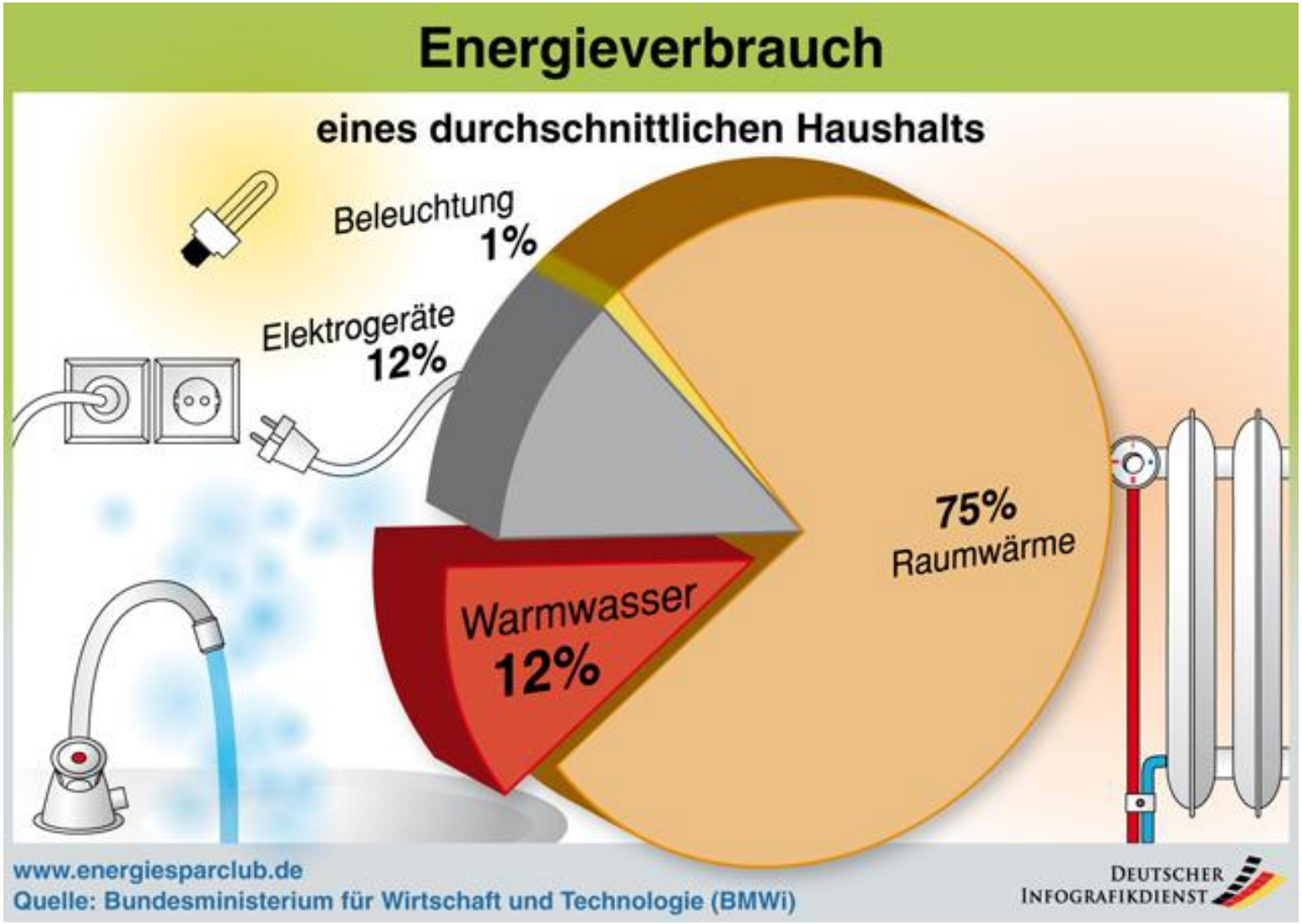


# Energieprognosen

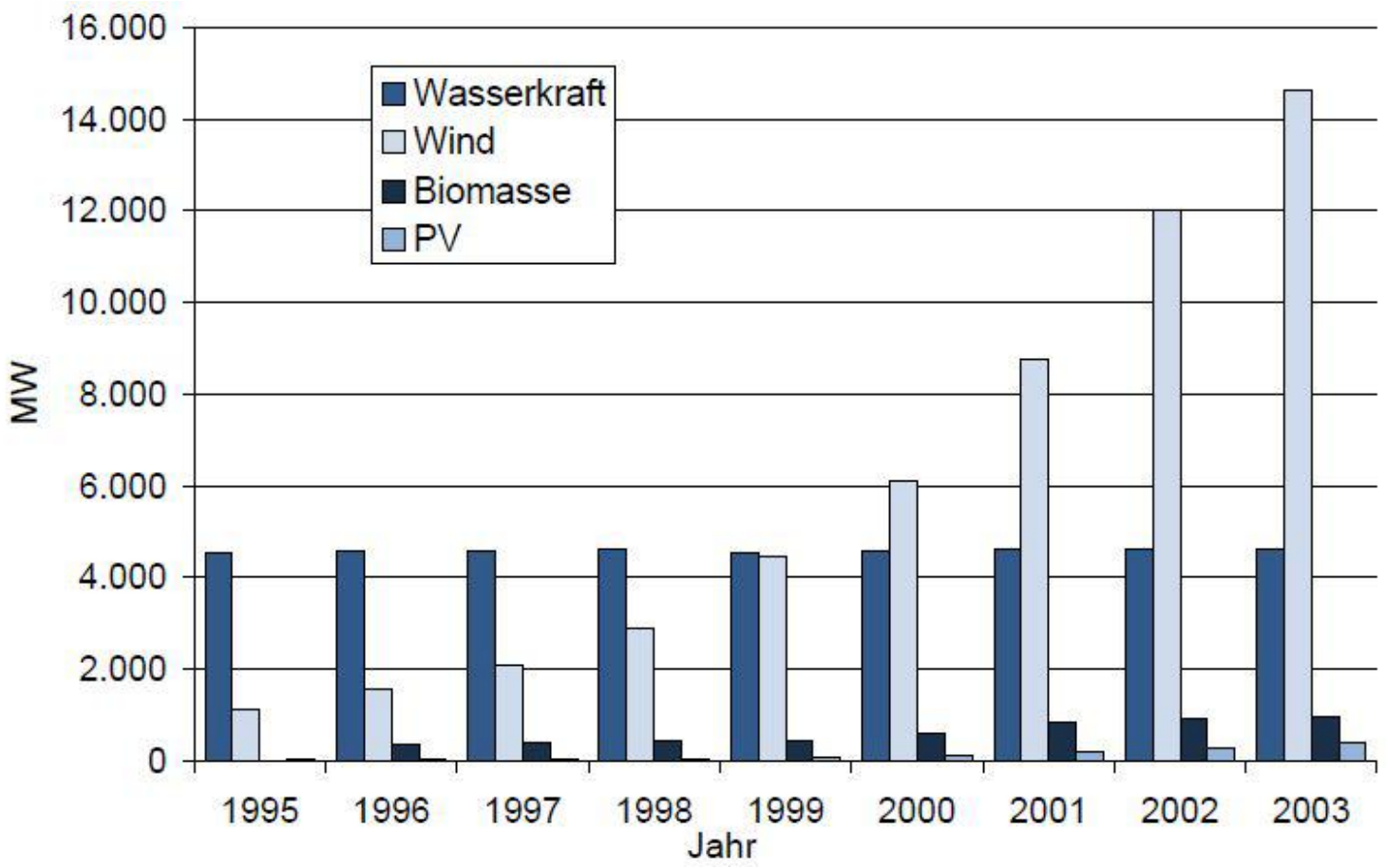
Steigerung: Jahr 2000 ⟶ 2020 (+60%)

Steigerung. Jahr 2000 ⟶ 2050 (+120%)

Fokus auf Strom (generell)
Fokus auf Biomasse, Solarenergie, Wind (regenerativ)


Energieverbrauch
eines durchschnittlichen Haushalts
Beleuchtung
1%
Elektrogeräte
12%
Warmwasser
12%
75%
Raumwärme
www.energiesparclub.de
Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
Deutscher
Infografikdienst

# Energieverbrauch je Kopf der Bevölkerung in Deutschland



# Vergleich mit anderen Energiearten

## Energieerzeugungskosten

| | Cent/kWh | Euro/Monat |
|---|---|---|
| Meereswellenstrom | 3 | 486 |
| Erdöl-Wärmeenergie (60$/Barrel) | 3 | 486 |
| Wasserkraftstrom | 3,5 | 567 |
| Kohlekraftwerk | 3,5 | 567 |
| Atomstrom ohne Versicherung | 3,5 | 567 |
| Windkraftstrom | 8 | 1.296 |
| Kernfusionsstrom | 10 | 1.620 |
| Erdwärmestrom | 12 | 1.943 |
| Solarstrom (Photovoltaik) | 50 | 8.098 |

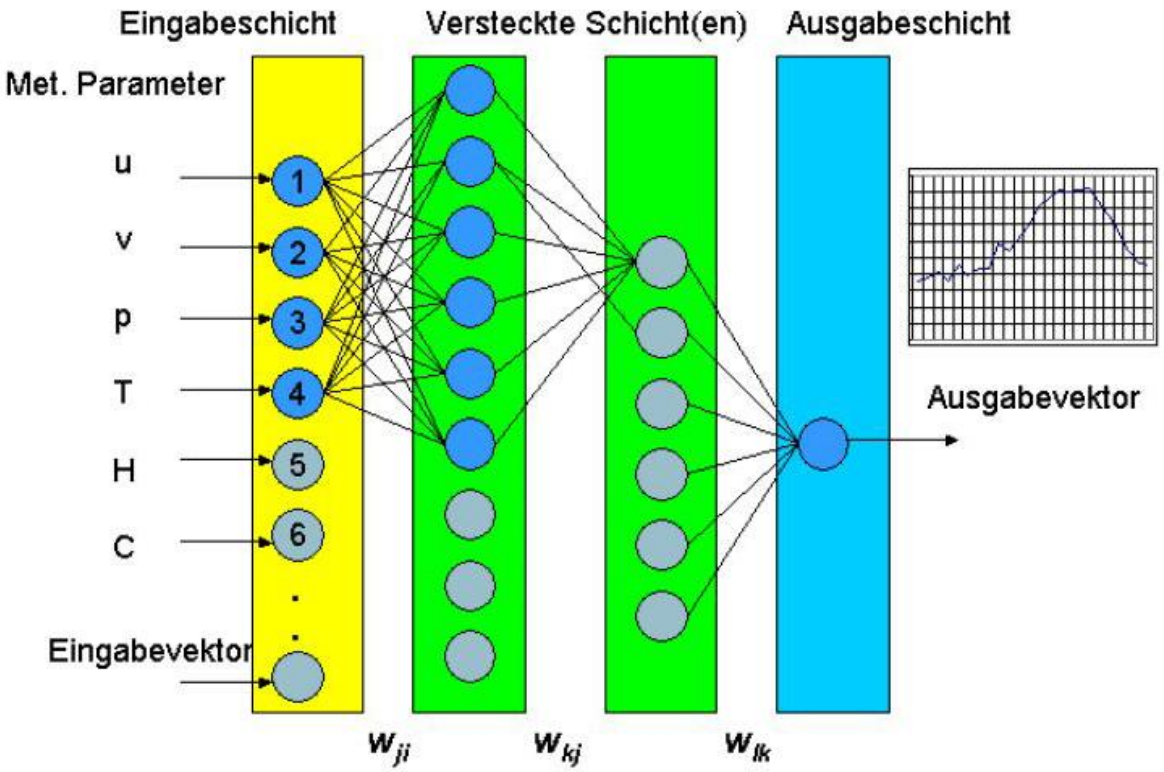
# Windeinspeisung

## Istwert-Bestimmung und Prognose der Windenergieeinspeisung

- Online-Modell berechnet den Istwert aus repräsentativen Messungen
- Prognosemodell berechnet die zu erwartende Windenergieeinspeisung auf Basis von Leistungsmessungen und Wetterprognosen
- Genauigkeit:
  - 94% für die Folgetagsprognose
  - 96% für die 4-Stunde-Prognose

- Einsatz:
  - E.ON-Netz
  - Vattenfall Europe Transmission
  - RWE Transportnetz Strom
  - EnBW Transportnetze

# Berechnung der Windparkleistung mit KNN




## Eingangsdaten

u, v: Wind 10, 100m

p: Luftdruck

T: Temperatur

H: Luftfeuchtigkeit

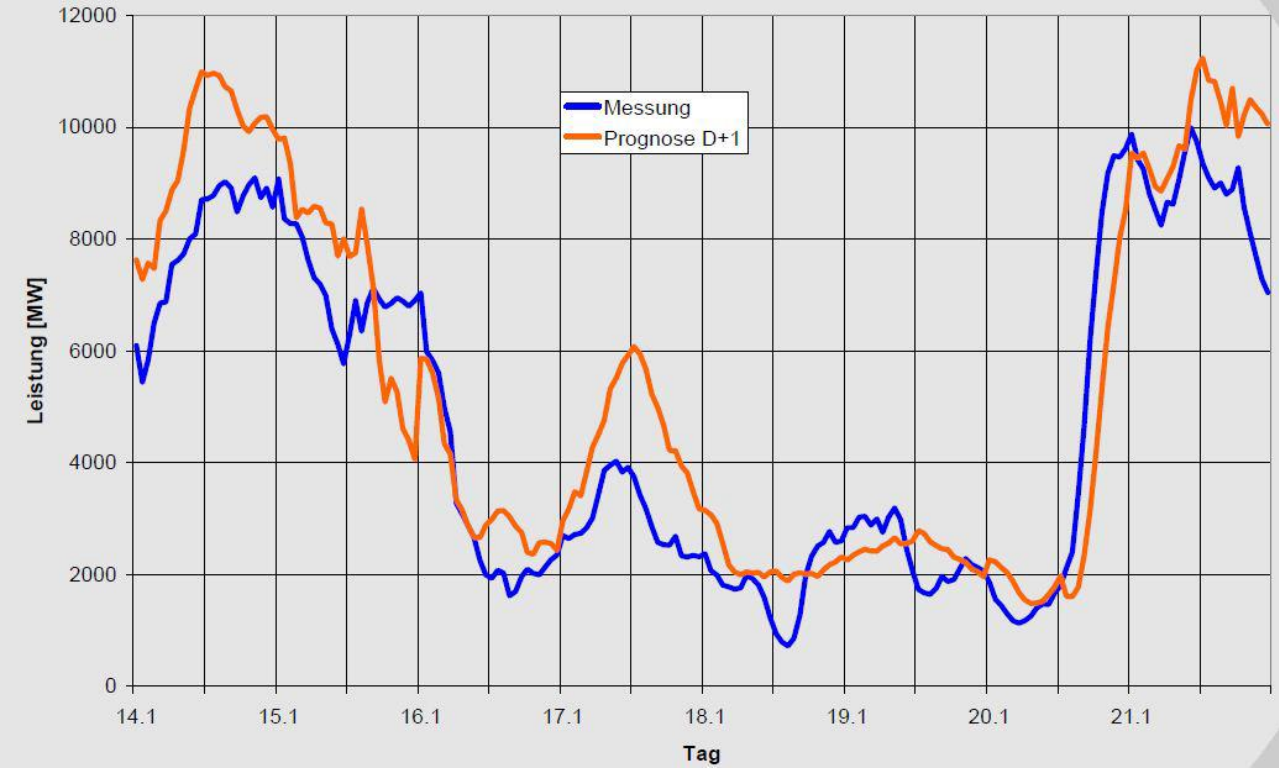
C: Bedeckungsgrad

## Ausgangsdaten

normierte Leistung

# Windenergieeinspeisung Deutschland

## Istwert und Folgetagsprognose



# **eNERGY** (Zukunft?)

„electronic energy“, Forschungsprogramm des BMBF
(=Bundesministerium für Bildung und Forschung)

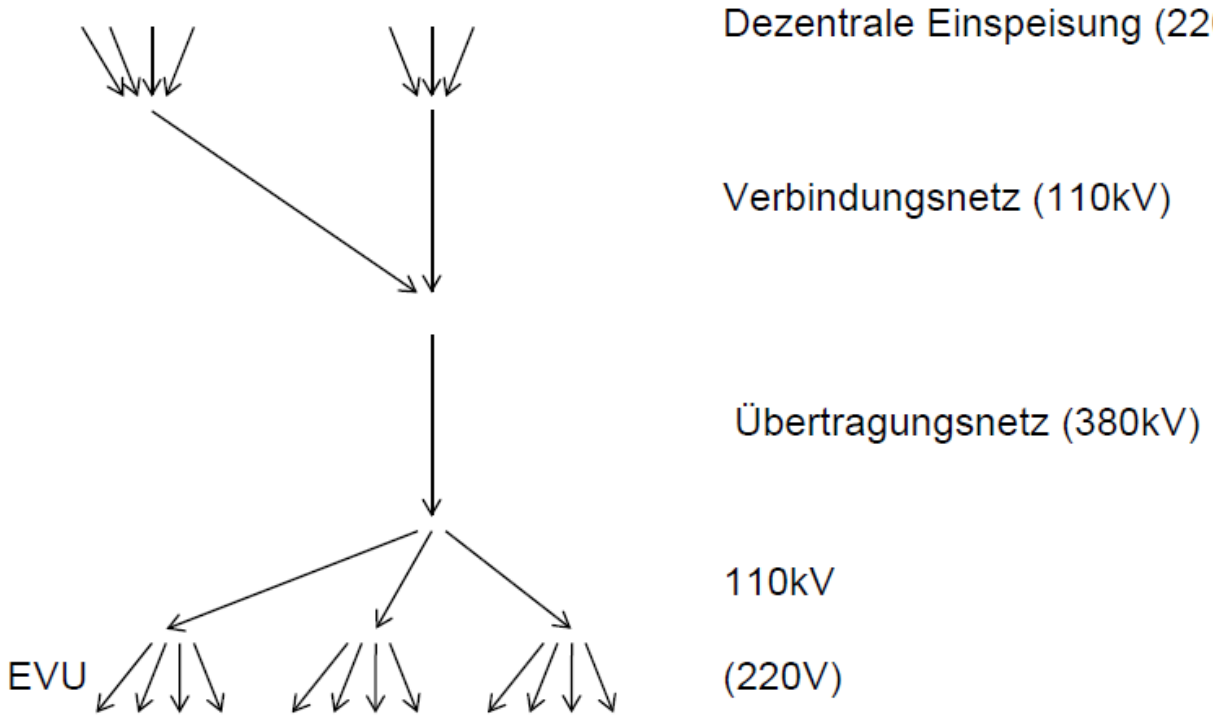
Ziel:

- Alle dezentralen Einspeisungen kommunizieren (über Stromnetz?) ihr derzeitige Leistung
- In Energiezentralen wird aktuelle Einspeisung berücksichtigt und Kraftwerke mit fossilen Energien werden gedrosselt !

# Weiterleitung in Deutschland

Novelle des EEG 2010

- Einspeisevergütung bleibt
- Weiterleitung in Übertragungsnetz kann unterbleiben



# **TREC** (Trans-MediterraneanRenewableEnergy Cooperation)

Ziel:

Europäische Energieversorgung (□Stromversorgung) undMittlerer Osten und Nordafrika („MENA“)

1. Wüstenstrom als Ergänzung in europäisches Stromnetz einspeisen!

2. Nutzen für MENA:

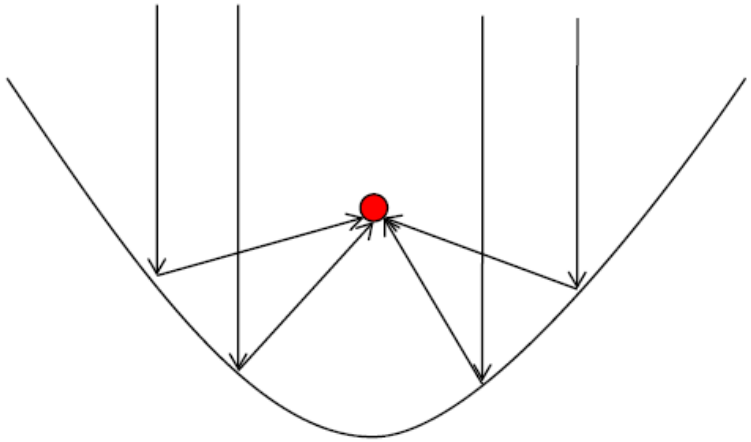
   Einkommen/Arbeitsplätze
   $CO_2$-freie Meerwasserentsalzung
   Infrastruktur

# **TREC** (Trans-MediterraneanRenewableEnergy Cooperation)

Basistechnik „Parabolrinnenkraftwerk“

Erwärmung einer durch Rohre fließenden Speicherflüssigkeit

Warum Parabel?



Parallel einfallende Lichtstrahlen werden in dem Brennpunkt einer Parabel konzentriert

# Elektrizitätsnetzwerk

Bisher: „zentrale“ Einspeisung durch überschaubare Zahl von Kraftwerken

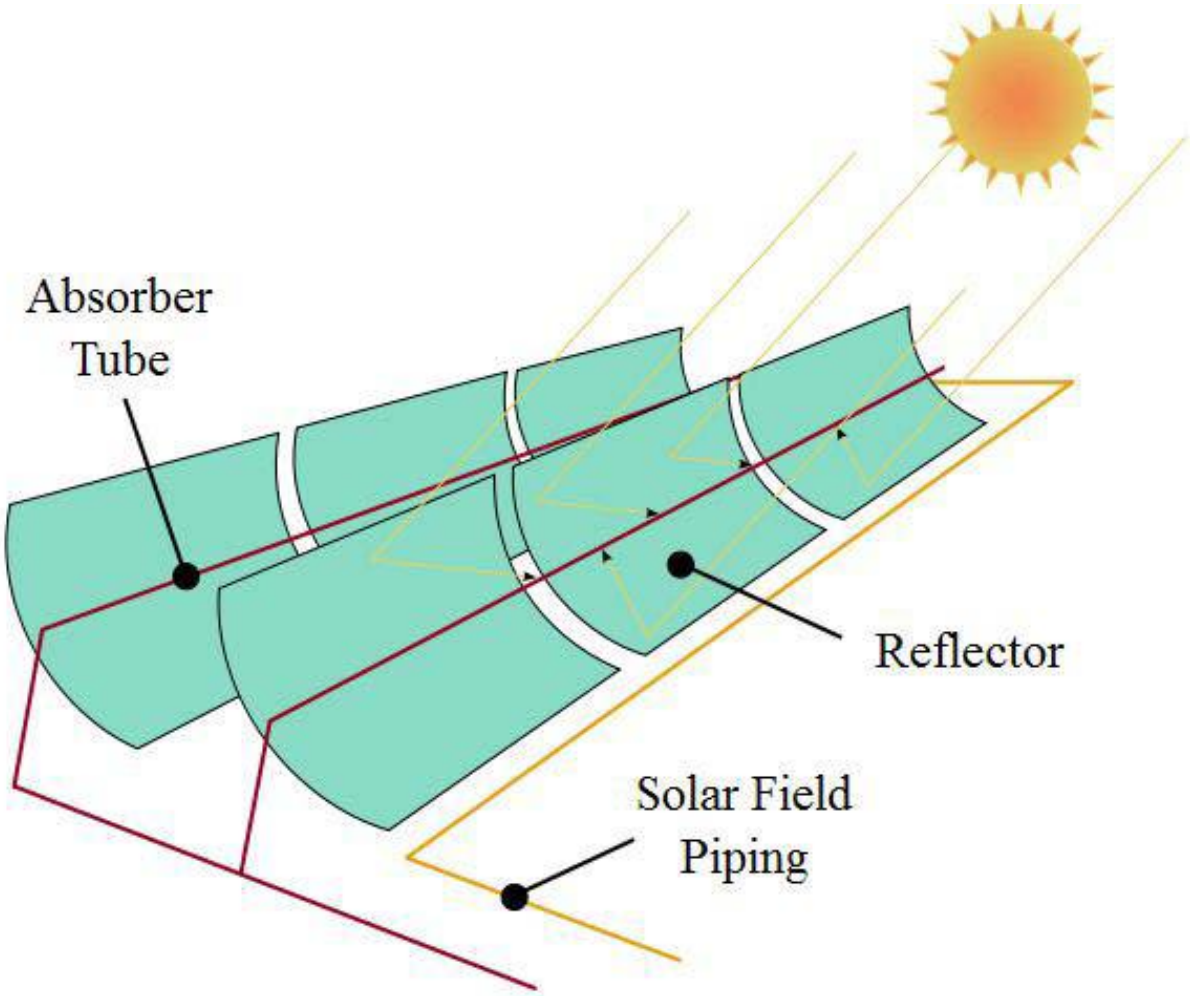
Trend: dezentrale Einspeisung wegen Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) (Windstrom, Solarstrom, Strom aus Kraft-Wärme Kopplung)

Situation: um Spitzenlasten abzufangen, wird dir sog. Regelenergie vorgehalten. Dadurch wird „wesentlich“ mehr Strom erzeugt als abgenommen (mehr als durch viele Kleinerzeuger eingespeist)

Problem: Dezentral eingespeister Strom wird **systemisch** nicht/kaum genutzt, d.h. konv. Kraftwerke werden nicht/kaum heruntergefahren. (Ausnahme: Windenergie)

# Skizze eines Parabolrinnenkollektors

(Eine technisch weniger aufwendige Alternative zu Parabolrinnen bieten sog. Fresnelspiegel)



# Parabolrinnenkollektorfeld

für Solarthermische Kraftwerke in Kramer Junction, Kalifornien

- 6m breite und bis zu 180m lange Parabolrinnen mit Temperaturen von bis zu 400°C, 354 MW Leistung, Wirkungsgrad: 14%
- 200.000 Haushalte werden mit Strom versorgt

DESERTEC–EUMENA
Concentrating Solar Power
Hydro
Photovoltaics
Biomass
Wind
Geothermal
DESERTEC
CSP collector areas for electricity
World 2005
EU-25 2005
MENA 2005
TRANS-CSP Mix EUMENA 2050

# Engl.: CSP-plant (concentrating solar thermalpower)

- Stromerzeugung mittels Dampfturbinen, auch nachts und bei Spitzennachfrage
  (keine direkte Umwandlung von Strahlung in elektr. Strom)
- Nebeneffekt: Kraft-Wärme-Kopplung bzw. Kraft-Kälte-Kopplung
- Zusätzlich Windkraft (Marokko)
- Realisierung bis 2020 wird als möglich angesehen
- Stromtransport mittels Hochspannungsgleichstromleitung
- Vorschlag EU finanziert ein Einspeiseprogramm für Nordafrika

- Derzeit weltweiter Stromverbrauch 17.000 TWh/a
  - Deutschland: 500 TWh/a (2,94%)

$$1TWh = 10^{12}Wh = 10^{9}kWh$$

- Überschlagsprognose:
  - Alle Wüsten der Erde zusammen bieten das 700fache des Weltverbrauchs
  - Naher Osten und Nordafrika bieten das 37fache des Weltverbrauchs
  - Übertragungsverlust: ca. 3% je 1.000km.

→ zu ≥ 90% Weltbevölkerung kann Wüstenstrom ökonomisch sinnvoll geliefert werden

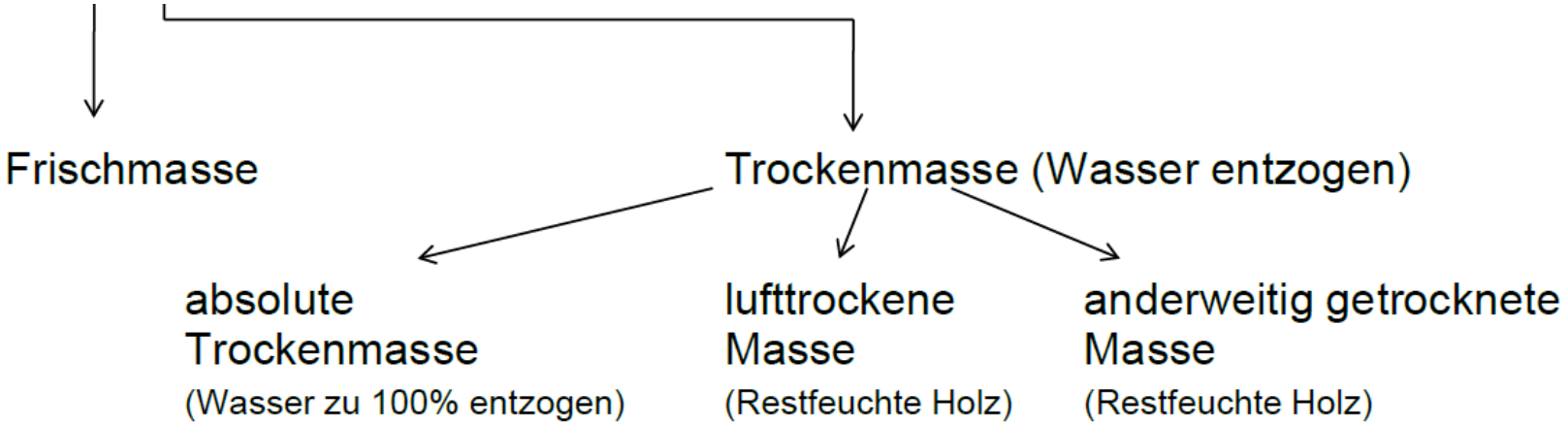
# Biomassenutzung für Treibstoffe

- Bio Ethanol (Benzin bzw. Benzinersatz bzw. Benzinzusatz):
  aus Biomasse mittels Gärung

- Bio Diesel:
  aus Rapskernen oder Sonnenblumenkernen gepresst
  Nachteil: hoher Anteil an ungenutzter Biomasse

- Btl („biomass to liquid“, Dieser oder Dieselersatz):
  aus getrockneter Biomasse

# Biomasse (Masse an organischem Material)




Fossile Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas) werden ausgenommen

Einsatz von Biomasse zur Energiegewinnung über

- Biogas (Faulung in Kläranlagen)
- Treibstoffe (aktuell)

# Chorenverfahren (1. Stufe)

- Erzeugung von Synthesegas in 3 Schritten („Biomassevergasung“) aus Biomasse mit 15-20% Feuchtigkeitsanteil
- Jede Art Biomasse verwendbar
  - Energiepflanzen statt Nahrungspflanzen, wie z.B. Chinaschilf (= Elefantengras)
  - Energiepflanzen benötigen weniger Dünger und Pflanzenschutzmittel als Nahrungspflanzen, da sie nach dem größten Wachstumsschub von der Blüte „geerntet“ werden
  - (fast) CO2neutral?

# Fischer Tropsch Verfahren (2. Stufe)

- Umwandlung von Synthesegas (Gemenge aus CO und H2) in flüssige Kohlenwasserstoffe (Alkane, Alkene, Alkohole,…), als Treibstoff
- In Deutschland während dem 2. Weltkrieg
- In Südafrika z.Zt. des Embargos während Apartheid
  → Verfahren in großem Stil funktionsfähig
- Synthesegas entsteht aus Kohleverbrennung (bisher) und aus „Chorenverfahren“

# Generelles ethisches Problem

Energiepflanzen verdrängen Nahrungspflanzen über Preis

- Getreide in Deutschland nur 1/3 des Erzeugerpreises seiner Energie als Heizöl (seit 2006)
  (Vergleich hinkt, da Erzeugerpreis mit Endpreis vergleichbar)

- Mischkulturen von Energiepflanzen (trotz Fruchtfolgen)

# Geothermie

Ursachen:

- Bewegungsenergie während Erdentstehung in Wärme umgewandelt und bis heute vorhanden und
- Folge natürlicher, radioaktiver Zerfälle

Unterscheidung:

- Oberflächengeothermie: Warmwassergewinnung durch Wärmepumpen
- Tiefengeothermie: Strom-und Warmwassergewinnung

# Geothermie

Durchschnittlicher Temperaturzuwachs ≥ 35°C pro 1.000m Tiefe, aber starke Abweichungen vom Durchschnitt (analog hydraulische Leitfähigkeit: fast 10 Zehnerpotenzen)

Wasser bzw. Wasserdampf in Lockergestein (wegen Hohen Drucks Wasser bei≥ 100°C flüssig) oder Gestein warm und trocken!

# Geothermie

Hydrothermale Geothermie: unterirdische Warmwasserspeicher

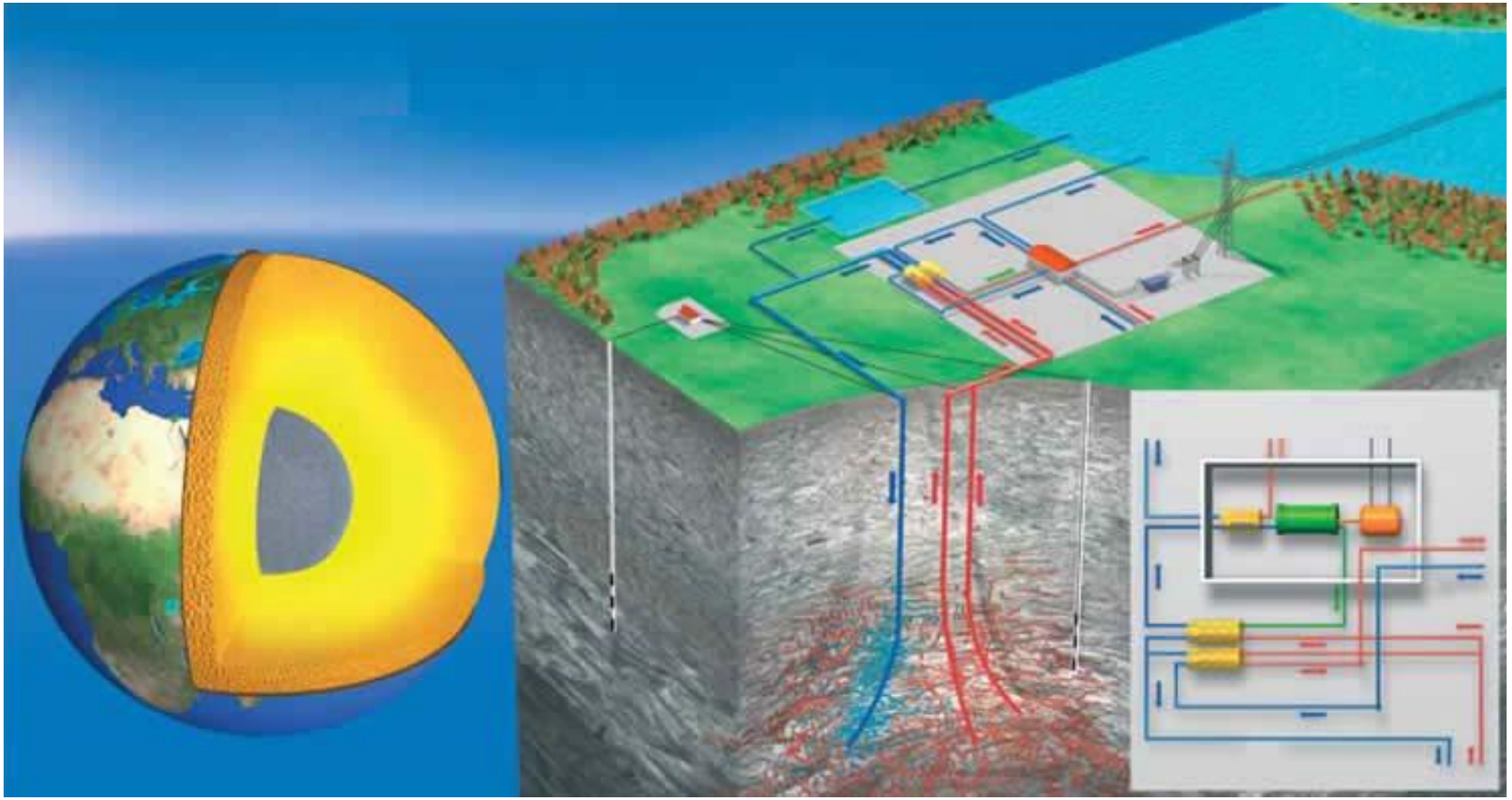
Geothermiestreng genommen nicht regenerativ, aber Schätzung Weltenergiebedarf dank Erdwärme in obersten 3km für 100.000 Jahre abzudecken!

Prinzip: zwei getrennte Bohrungen je für Entnahme und Verpressungbis in 3.500m Tiefe

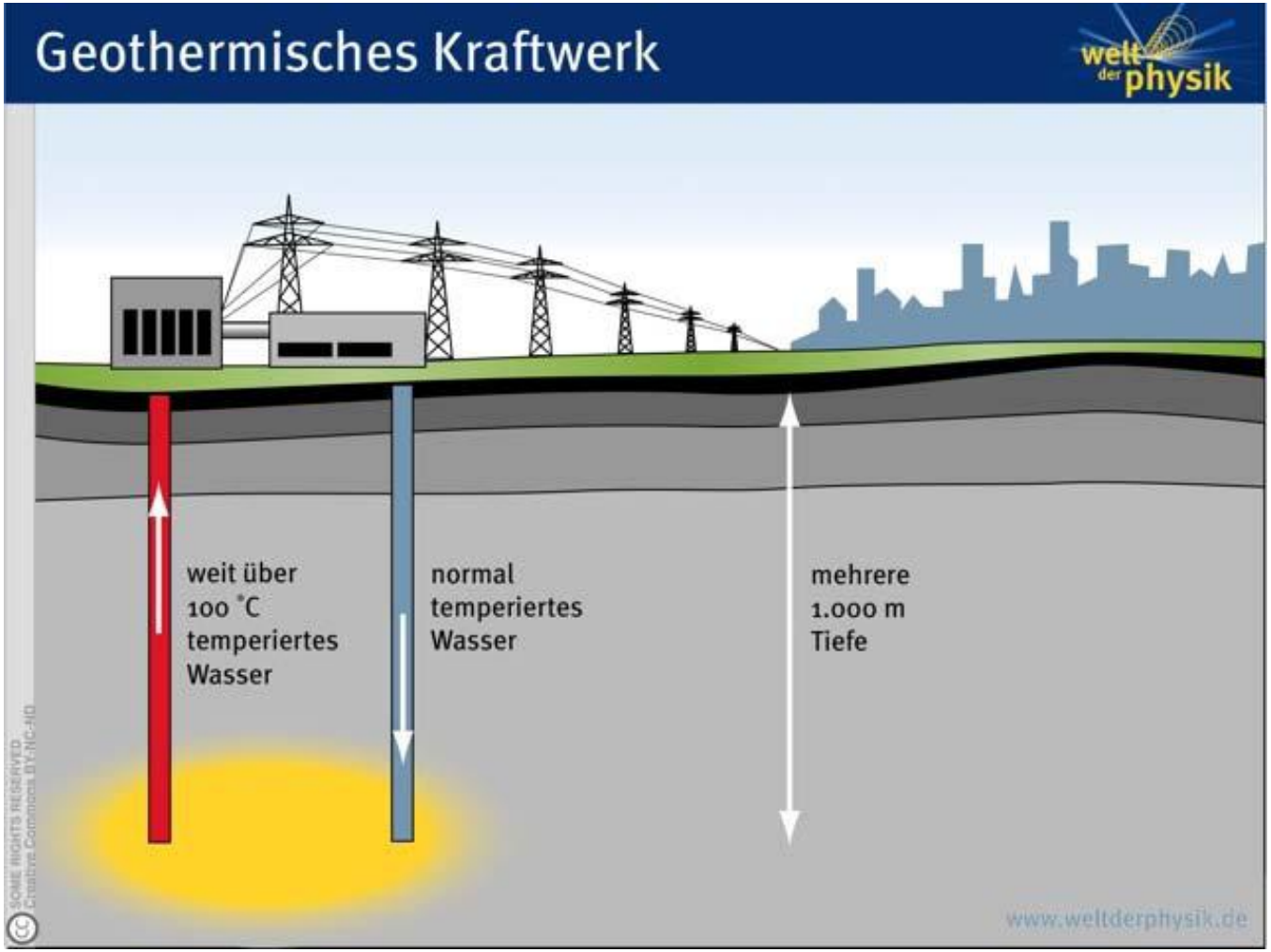
Normalverfahren: Warmwasserentnahme, dann „unterstromig“ Verpressung

HDR Verfahren (hotdry rock Verfahren):
Kaltes Wasser verpresst, „unterströmig“ Entnahme als angewärmtes Wasser

# Geothermie



# Geothermie


Geothermisches Kraftwerk
welt der physik
weit über
100 °C
temperiertes
Wasser
normal
temperiertes
Wasser
mehrere
1.000 m
Tiefe
www.weltderphysik.de
SOME RIGHTS RESERVED
Creative Commons BY-NC-ND

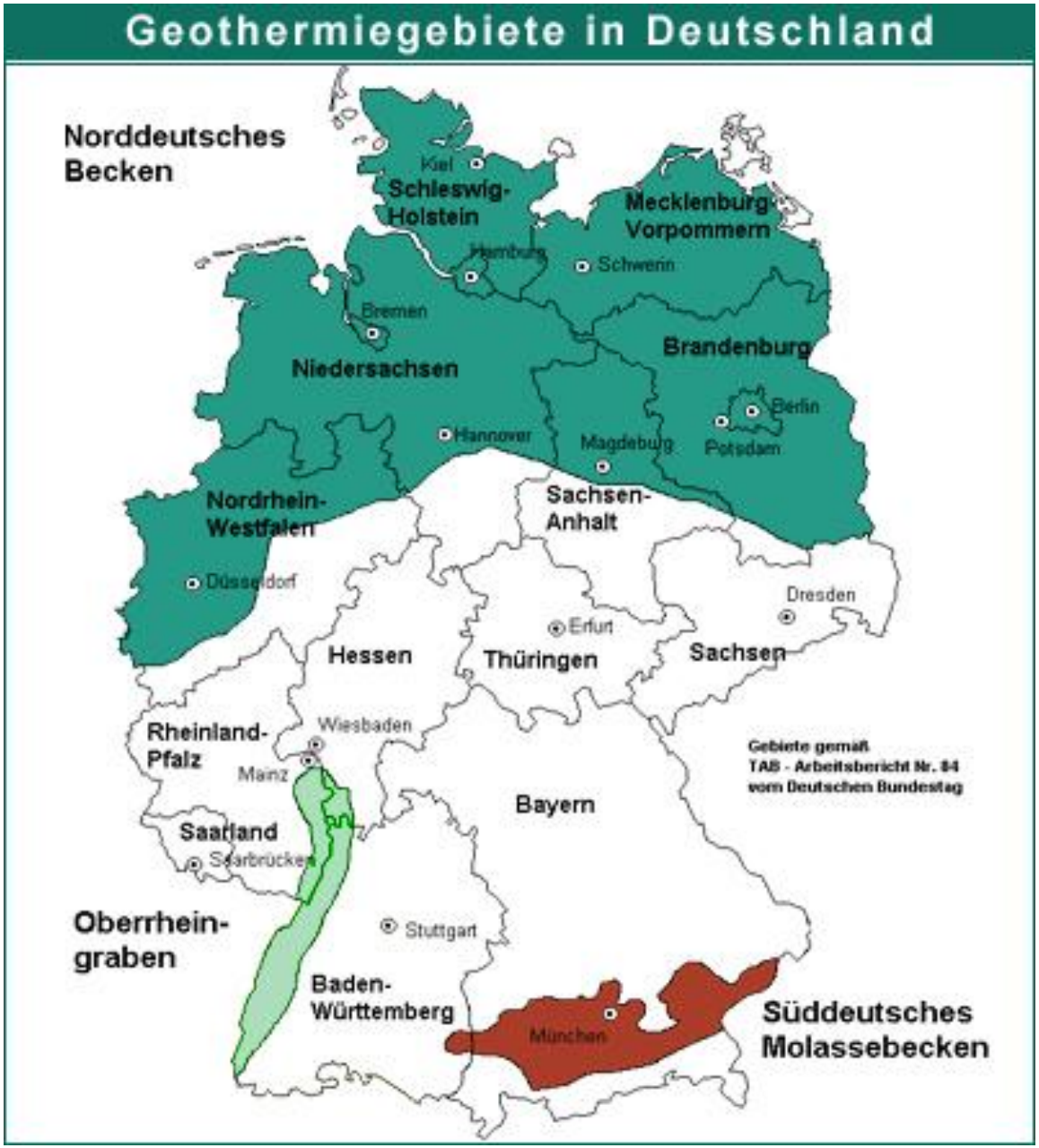
# Geothermie

Problem beim HDR: Zusätzliches Wasser schmiert, so dass sich Gesteinsspannungen entladen können

→ Erdbeben (Basel, Kalifornien „bigone“)

Energiegewinnung durch Geothermie
≤ 5% aller alternativ gewonnenen Energie („Liebhaberei“)

In Deutschland:
- Oberrhein
- Norddeutschland Mecklenburg-Vorpommern
- Bayern


Geothermiegebiete in Deutschland
Norddeutsches Becken
Kiel
Schleswig-Holstein
Mecklenburg-Vorpommern
Hamburg
Schwerin
Bremen
Niedersachsen
Brandenburg
Berlin
Potsdam
Hannover
Magdeburg
Nordrhein-Westfalen
Sachsen-Anhalt
Düsseldorf
Dresden
Erfurt
Hessen
Thüringen
Sachsen
Rheinland-Pfalz
Wiesbaden
Mainz
Bayern
Saarland
Saarbrücken
Stuttgart
Oberrhein-graben
Baden-Württemberg
München
Süddeutsches Molassebecken
Gebiete gemäß TAB - Arbeitsbericht Nr. 84 vom Deutschen Bundestag

# Silanwirtschaft

„Treibstoff“, der ca. 80% der Energiedichte von Benzin besitzt