

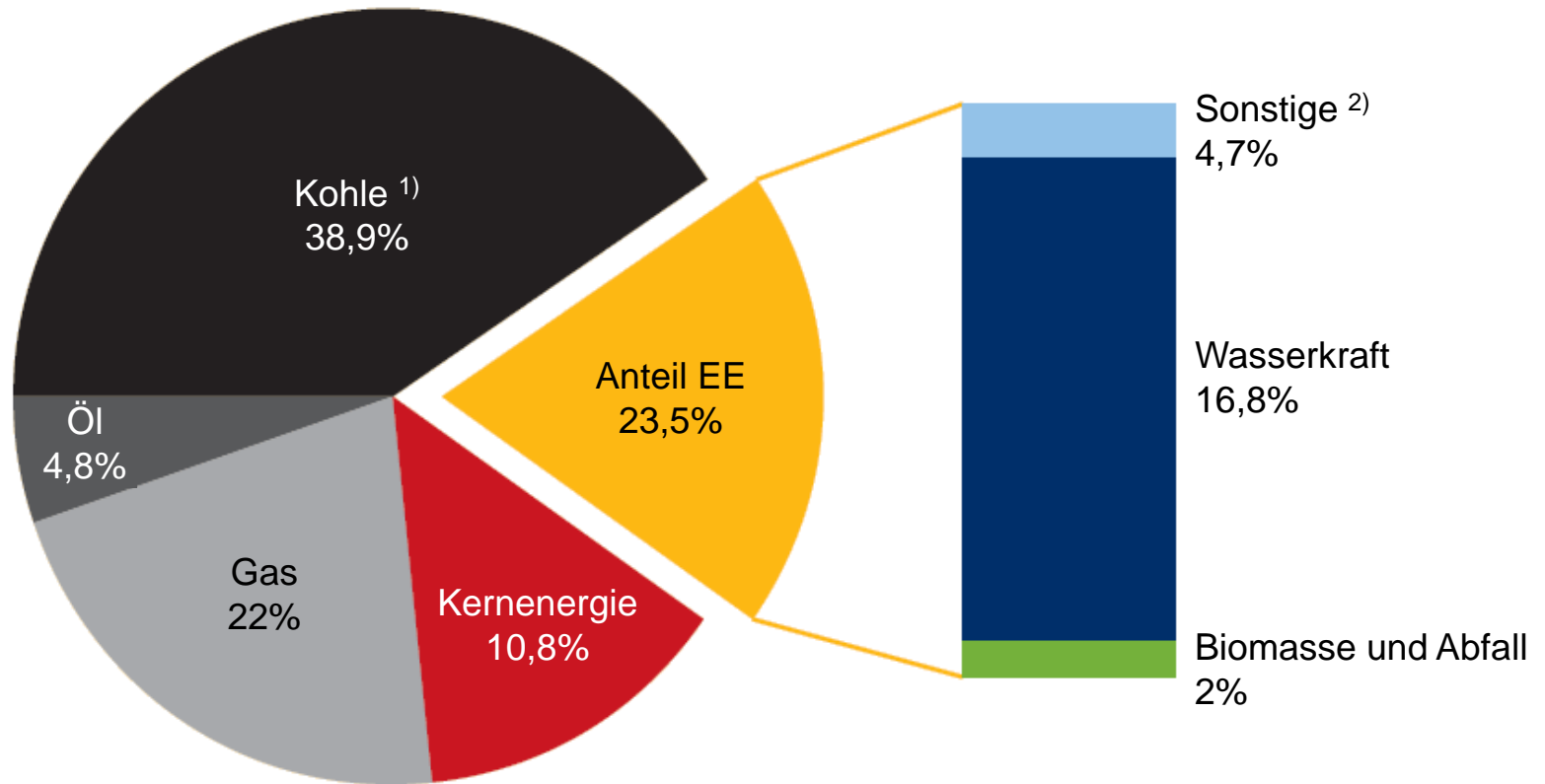
# Wie hoch ist das technische Ausbaupotenzial der Wasserkraft in Hessen, Deutschland und europaweit? Welche anderen Faktoren begrenzen diese Potenziale?

**Prof. Dr. Stephan Theobald**

Universität Kassel, Wasserbau und Wasserwirtschaft

# Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

## Anteile der Energieträger an der globalen Stromerzeugung in 2014



1) enthält den Anteil von sonstigen nicht erneuerbaren Energieressourcen (gesamt 0,3 Prozent) zum Beispiel nicht erneuerbarer kommunaler Abfall

2) Geothermie, Sonne-, Wind-, Meeresenergie

Quelle: IEA, The World Bank, modifiziert

# Kernenergie

## Harrisburg

- März 1979 - Ursache: Wartungsarbeiten → Fehlfunktion der Steuerung



## Tschernobyl

- April 1986 - Ursache: Simulation eines Stromausfalls am Kernreaktor
- 40 % der Gesamtfläche Europas wurden kontaminiert
- 30 km Sperrzone



## Fukushima

- März 2011 - Ursache: Erdbeben und Tsunami
- Kernschmelze von 3 Reaktorblöcken
- 20 km Sperrzone



## Endlagerproblematik Deutschland

- Morsleben, Asse II, Schacht Konrad, Salzstock Gorleben



# Erdöl

## Nigerdelta

- 8. größter Öl-Exporteur
- 7.000 km veraltete Ölpipelines
- 40.000 t Rohöl/a laufen aus oder werden gestohlen



## Exxon Valdez

- 24.03.1989 vor Alaska auf Grund gelaufen
- 37.000 t Rohöl ausgelaufen und 2.000 km Küste verseucht



# Erdöl

## Ölschiefer

- Gewinnung im Tagebau bis 40m Tiefe
- Größten Vorkommen in der Green-River-Formation, USA
- Nicht immer wirtschaftlich Förderbar

Quelle: greenpeace.de



Quelle: focus.de

## Ölsand

- Gewinnung im Tagebau und durch in-situ-Verfahren
- Größten Vorkommen in Venezuela und Kanada
- Nicht immer wirtschaftlich Förderbar



Quelle: goldinvest.de

# Kohle

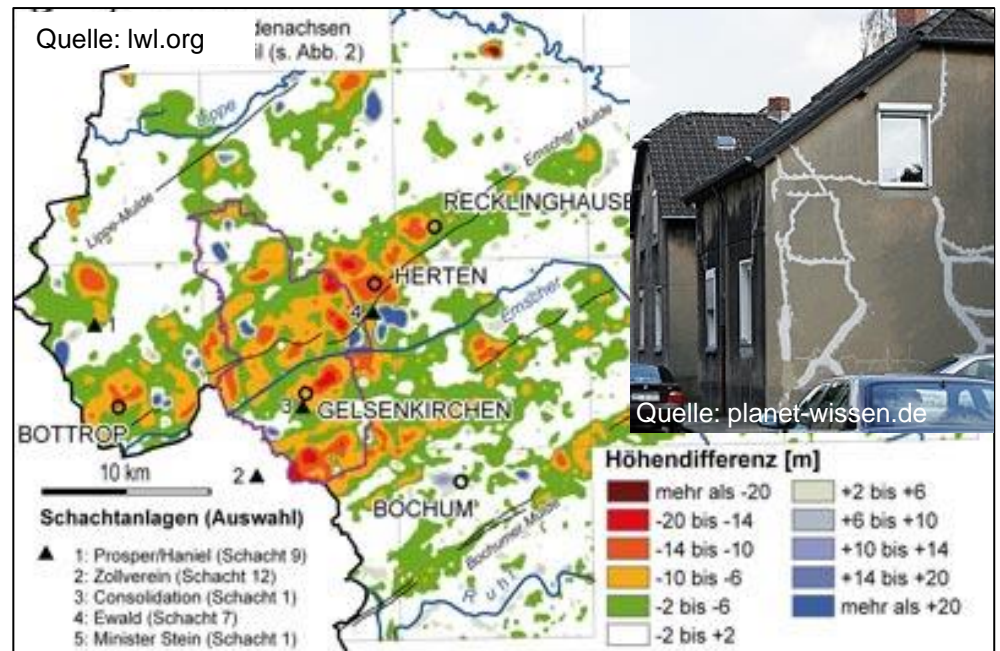
## Braunkohle

- Gewinnung im Tagebau
- Zwangsumsiedlung Garzweiler, Deutschland: 12 Dörfer 7.600 Bürger



## Steinkohle

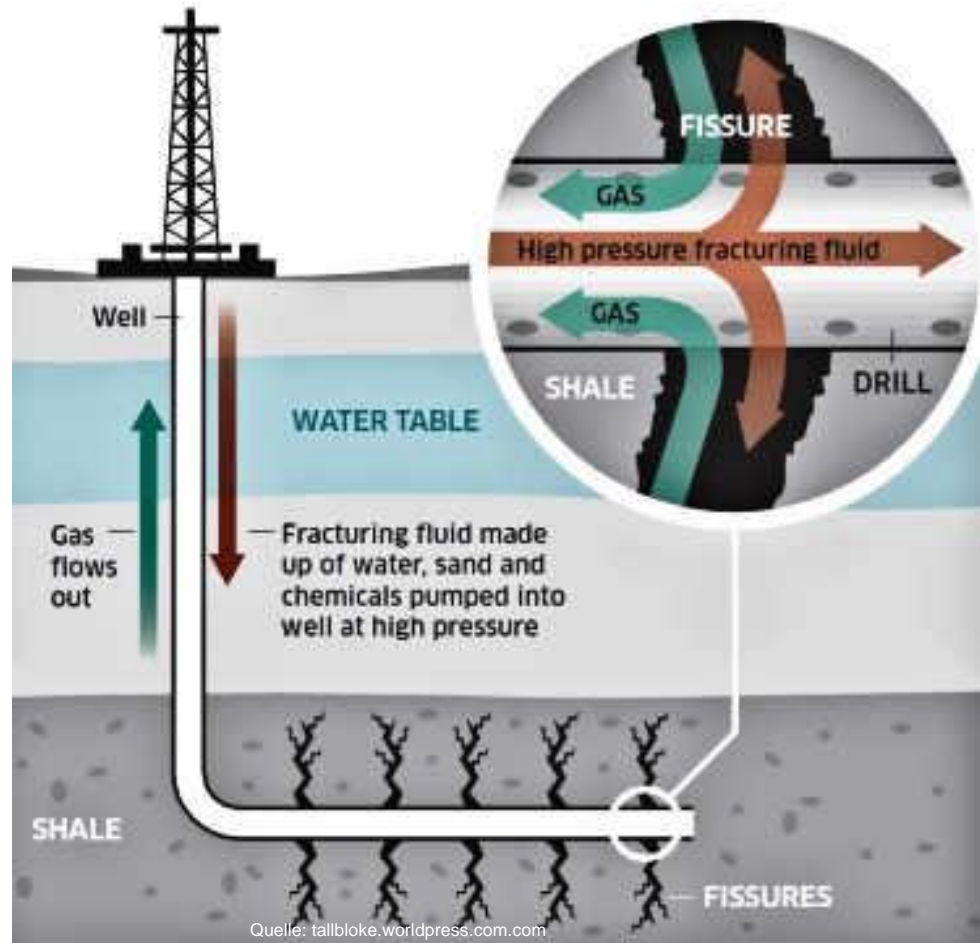
- Gewinnung Untertage
- Bodensenkungen in Gelsenkirchen von bis zu 20m



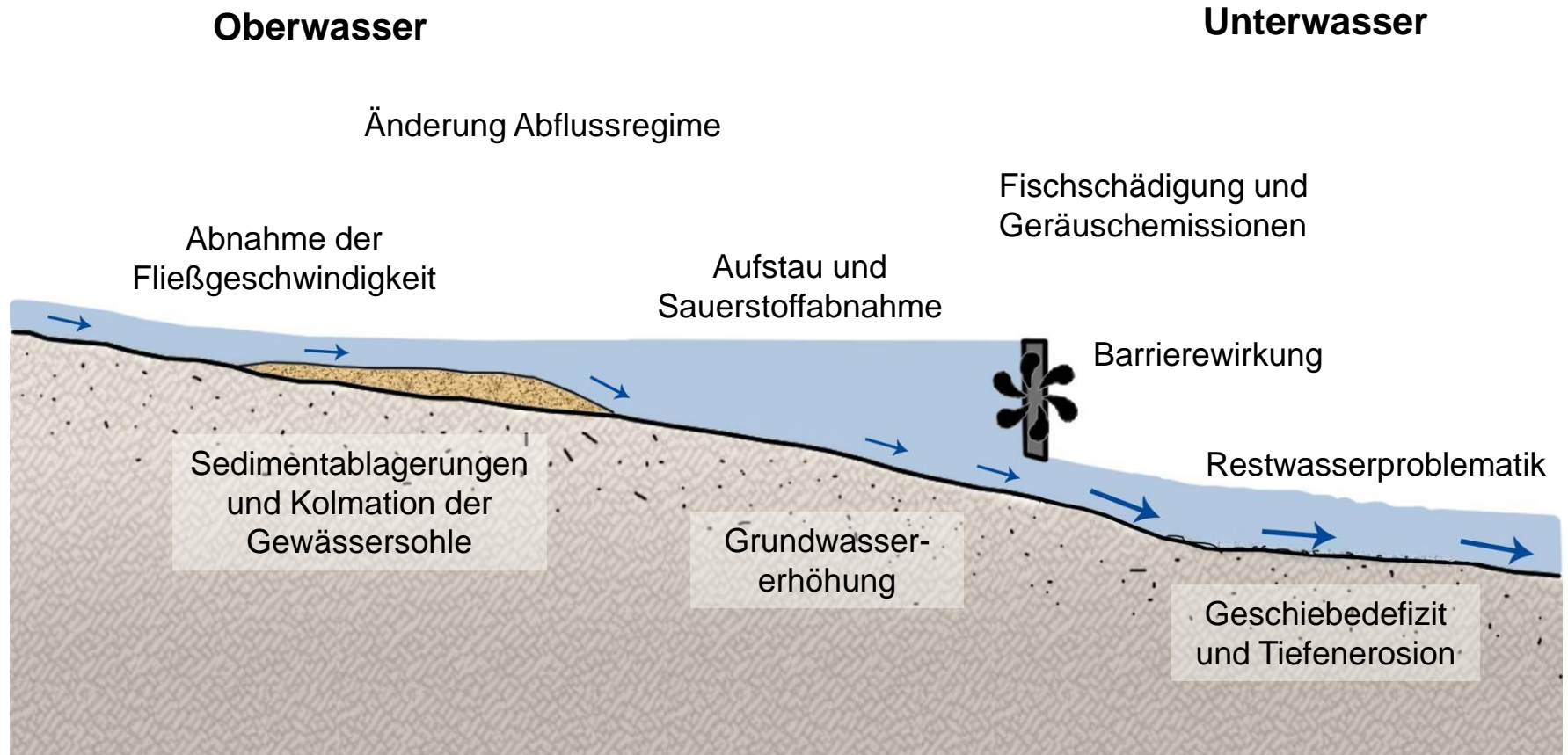
# Erdgas

## Unkonventionelle Lagerstätten

- Gewinnung durch Fracking
- Gas gelagert in Gesteinsporen in Tiefen bis 5.000 m
- Methode ist sehr umstritten
- Mögliche Gefahren von Grundwasserverunreinigung, Erdbeben sind ungewiss



# Umweltbelastungen infolge Wasserkraftnutzung



→ Abhängig von Fließgewässer und Dimension der Staubauwerkes



# Umweltbelastungen infolge Wasserkraftnutzung



Barrierewirkung



Fischschädigung



Verändertes  
Abflussregime und  
Ausleitungsstrecken

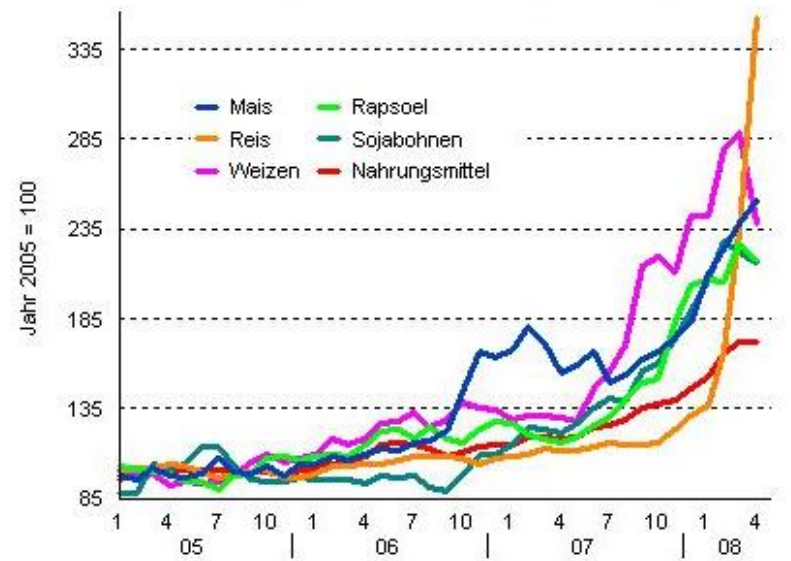
# Erneuerbare Energien

## Biomasse

- Biogas zur Strom und Wärmeerzeugung
- Biodiesel als Treibstoff
- Für manche Energie, für andere Nahrung



07255: Entwicklung von Nahrungsmittelpreisen



Quelle: IWF



# Erneuerbare Energien

---

## Solarenergie

- Verfügbarkeit
- Solarparks verändern Landschaftsbild
- Herstellungskosten führen zu hohen Co2-Bilanzen
- Zukünftige Entsorgung bisher unklar



# Erneuerbare Energien

## Windkraft

- Verfügbarkeit
- Beeinflussung des Landschaftsbildes („Verspargelung“) und der Umwelt
- Räumliche Begrenzung der nutzbaren Flächen durch Abstandsregelung
- Verbraucherferne Produktion
- Netzproblematik bei Offshore



Quelle: offshorepark Lillgrund, conradgroupinc.com

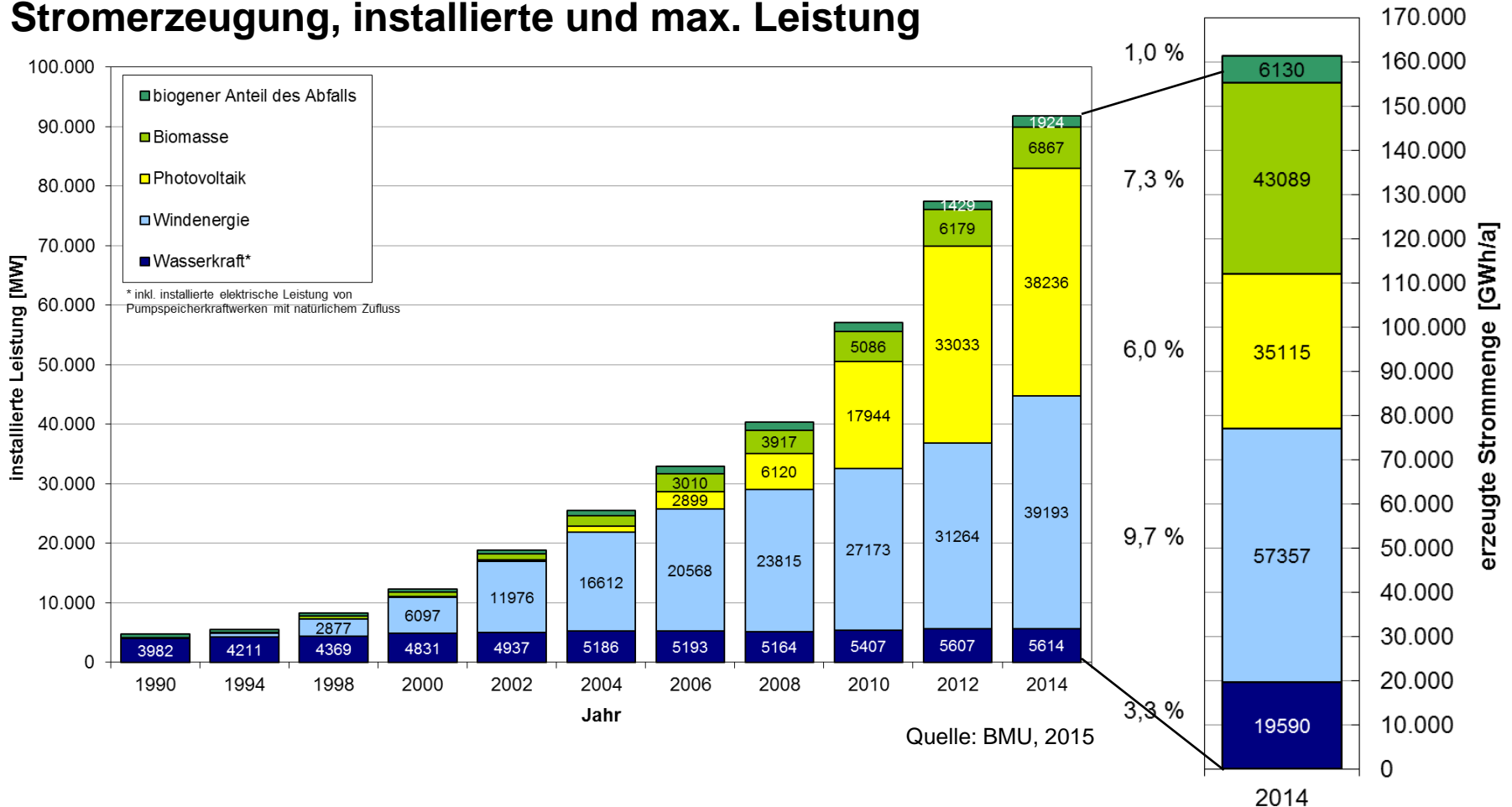


Quelle: onshorepark Heltershain, conradgroupinc.com

# Regenerative Stromerzeugung in Deutschland

Anteil EE an Gesamterzeugung: 27,4 %

## Stromerzeugung, installierte und max. Leistung



Rekordtage Wind + Solar (2015): (Daten: agora-energiewende)

min. 0,5 GW (03.11.)

max. 42,8 GW (23.08.)

Auslastung:

Biomasse ~ 6.400 h/a

Wasserkraft ~ 4.000 h/a

Windenergie ~ 1.500 h/a

Photovoltaik ~ 820 h/a



# CO<sub>2</sub>-Bilanz

## CO<sub>2</sub>-Bilanzen verschiedener Energieträger

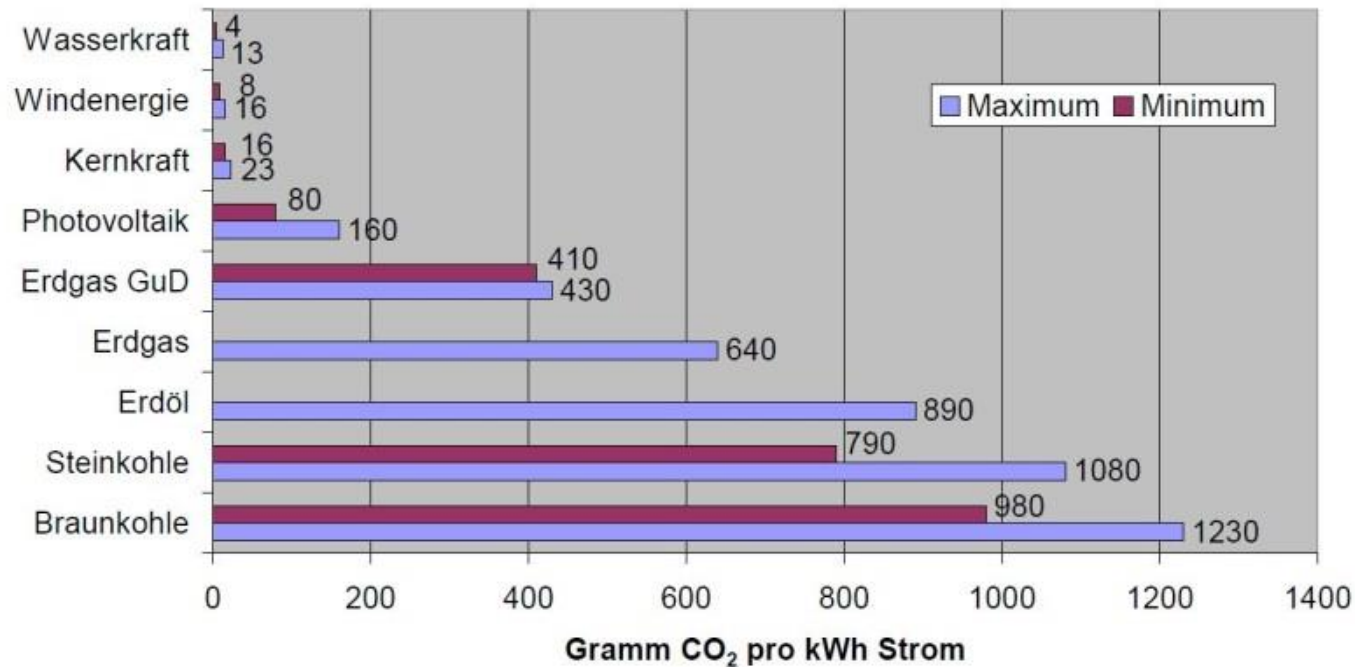


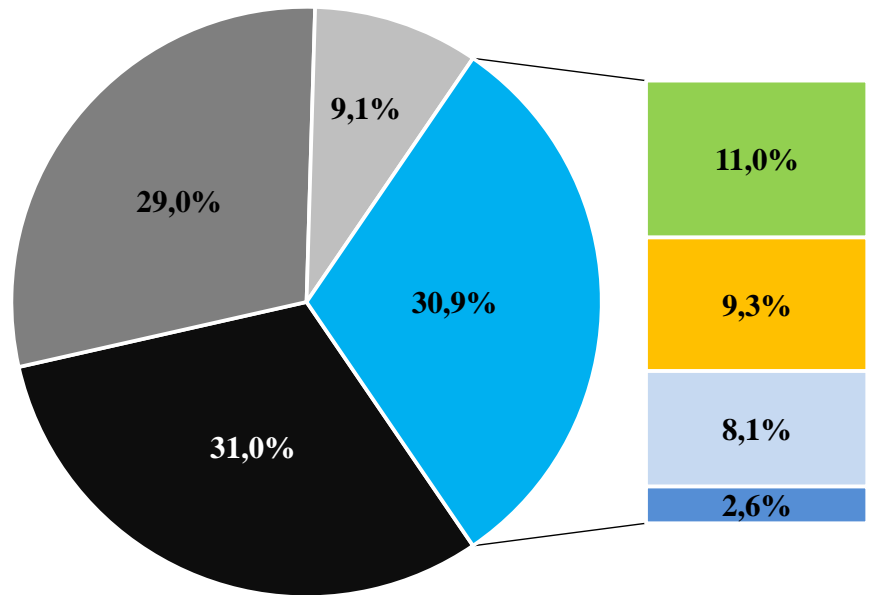
Abbildung 1: Erste Überblicksdarstellung der CO<sub>2</sub>-Bilanzen verschiedener Energieträger. (Datenquelle: SZ 2007).

→ Fazit: Politik und Gesellschaft entscheiden über die zu nutzenden Energieträger

# Stromerzeugung aus Wasserkraft

## regionale Gegenüberstellung

Stromerzeugung in Hessen 2013  
(Gesamt: 14,9 TWh)

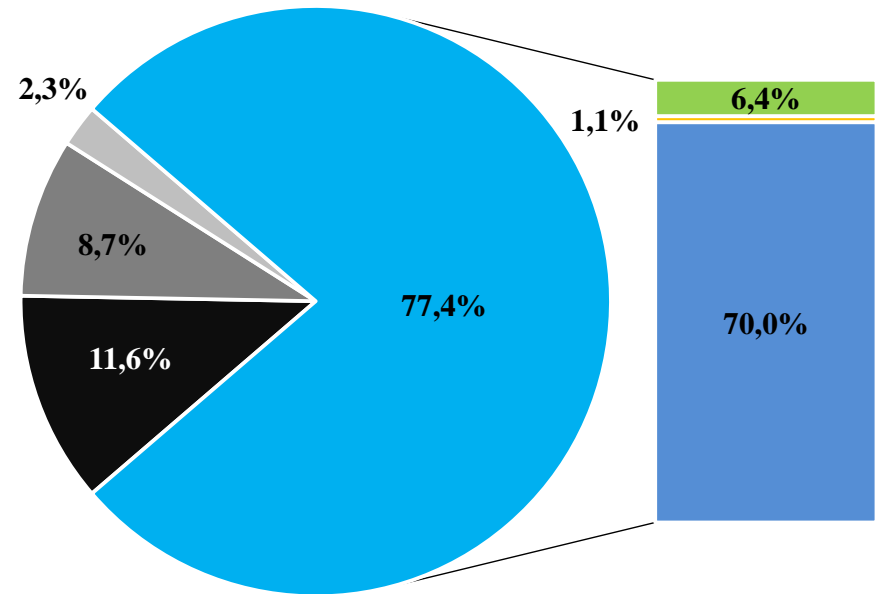


- Kohle
- Erdgas
- sonstige
- Biomasse, Biogas und Biogen
- Photovoltaik
- Windenergie
- Wasserkraft

Quelle: Zahlen aus Monitoringbericht 2015, HVWVL

**Brutto-Stromverbrauch 2013: 37,9 TWh**

Stromerzeugung in Oberösterreich 2013  
(Gesamt: 15,13 TWh)



- Kohle
- Erdgas
- sonstige
- Biomasse, Biogas und Biogen
- Wind und Photovoltaik
- Wasserkraft

Quelle: Energiebericht Land Oberösterreich

**Brutto-Stromverbrauch 2013: 14,5 TWh**



# Stromerzeugung aus Wasserkraft

---

- Mehrfachnutzungen an Stauanlagen (z. B. Schifffahrt, Bewässerung, Hochwasserschutz)
- Große Spannweite und Individualität des jeweiligen Anlagenstandortes
- Autarke Energieerzeugung, Energiespeicher (PSW) zur Netzstabilisierung und Versorgungssicherheit
- Auch Technik schafft Natur:  
Große Staubeiche entwickelten sich z. T. zu Natur- und Vogelschutzgebieten (Affoldener See, Inn-Stauseen am unteren Inn)





# Ansatzpunkte zur Reduktion der Umweltbelastungen

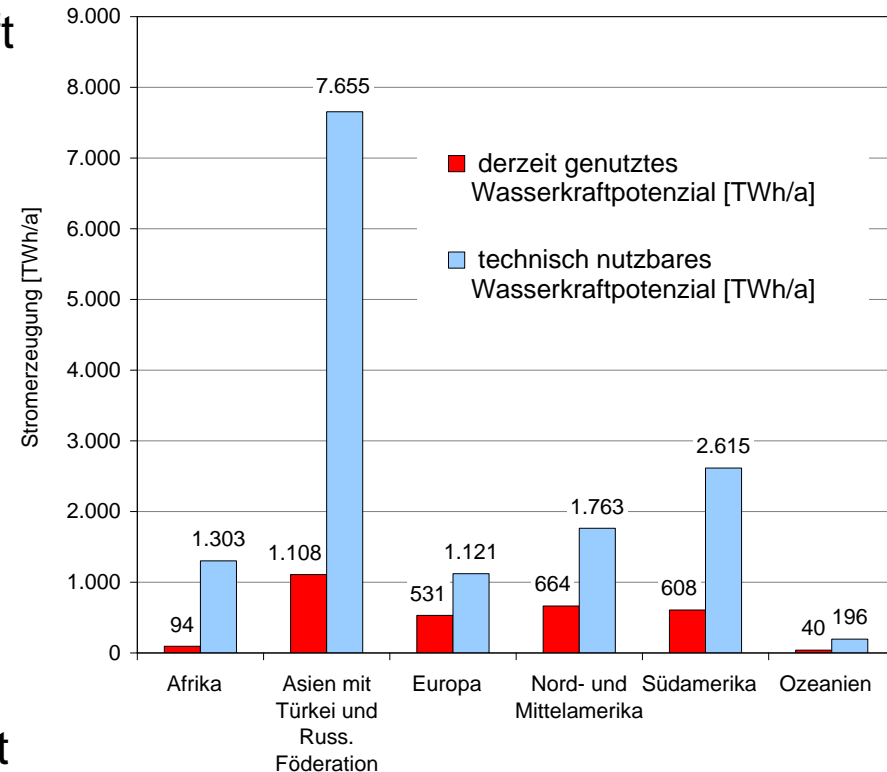
## Gewässerökologische Anforderungen zur Reduktion der Umweltbelastungen

- Abgabe von Restwasser in die Ausleitungsstrecken
- Bau von Fischaufstiegsanlagen
- Maßnahmen zum Fischschutz und Fischabstieg



# Stromerzeugung aus Wasserkraft

- Weltweit forcierter Ausbau der Wasserkraft (z. B. Asien, Südamerika, Afrika)
- Länder mit großen Anteilen Wasserkraft bei der Stromerzeugung (z. B. Norwegen, 99 %, Brasilien 76 %) bezeichnen die Wasserkraft als „Umweltfreundliche Energieerzeugung“
- Förderung eines Ausbaus der Wasserkraft



## Beispiel:

Reaktivierung von Standorten in Baden-Württemberg

Erteilung einer Bewilligung von 60 Jahren → Planungssicherheit

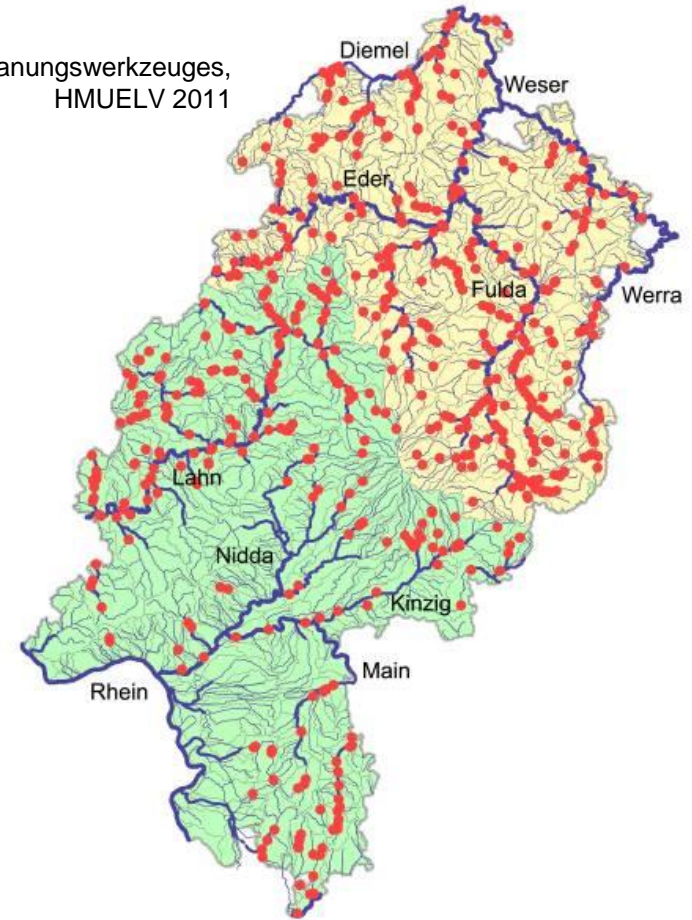
Keine Grundsatzdiskussionen über Wasserrechte (Altrechte)

Finanzielle Förderungen möglich

# Wasserkraftpotenzial in Hessen, Deutschland und Europa?

**Hessen** Quelle: Analyse der hessischen Wasserkraftnutzung und Entwicklung eines Planungswerkzeuges, HMUELV 2011

- 621 Wasserkraftanlagen in Betrieb
- 609 Kleinwasserkraftanlagen ( $P < 1 \text{ MW}$ )
- Standortbezogene Ermittlung des Wasserkraftpotenzials in Hessen
- Neubaustandorte an bestehenden Anlagen mit mind. 50 kW Ausbauleistung
- Berücksichtigung einer Restwasserabgabe
- ca. 23 % zusätzliches Potenzial



	Istzustand	Neubau / Reaktivierung	Ausbau/ Modernisierung	Summe
Leistung [MW]	92	8	16	116
Jahresarbeit [GWh]	425	39	57	521

# Wasserkraftpotenzial in Hessen, Deutschland und Europa?

## Deutschland Quelle: Potentialermittlung für den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland, BMWi 2010

	Istzustand	Neubau	Mittleres Zubaupotenzial	Summe
Jahresarbeit [TWh]	20,9	1,3 + 0,44	2,7 + 0,56	~ 25,9

- Berücksichtigung von Restriktionen bzw. Schutzvorschriften und ökologischer Abflüsse

## Europa Quelle: The hydropower sector's contribution to a sustainable and prosperous Europe, DNV GL 2015

	Istzustand	Ausbaupotenzial bis 2030	Ausbaupotenzial bis 2050
Jahresarbeit EU-28 [TWh]	380	7%	19%
Jahresarbeit Europa [TWh]	600	20%	31%

# Welche Wirkungen haben Wasserkraftanlagen auf das Stromnetz?

**Prof. Dr. Stephan Theobald**

Universität Kassel, Wasserbau und Wasserwirtschaft

# Welche Wirkungen haben Wasserkraftanlagen dabei im Netz?

---

- Grundlastfähigkeit (>4.500 Volllaststunden pro Jahr) und Hochverfügbar (>8.000 Betriebsstunden pro Jahr)
- Autarke, verbrauchsnahe und stetige Erzeugung (→ Reduzierung des Netzausbau auf Verteilernetzebene)
- Regelbarkeit zur lokalen Spannungshaltung bis hin zum Inselbetrieb → Sonderfall: Bereitstellung von neg. Regelleistung
- Spitzenlast (Pumpspeicherkraftwerke)
  - wachsender Anteil der erneuerbaren Energien → volatile Stromerzeugung
  - flexible und schnell regelbare Leistung (Versorgungssicherheit)
  - Europa: 220 TWh Speicherkapazität und 150 GW gesicherte Leistung (Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke)

# Welche ökonomischen Potenziale hat die Wasserkraft in einer zukünftigen Energieversorgung?

**Prof. Dr. Stephan Theobald**

Universität Kassel, Wasserbau und Wasserwirtschaft

# Welche ökonomischen Potentiale hat damit die Wasserkraft?

---

- 24 Mrd. € Ersparnis aufgrund vermiedener Importe fossiler Energieträger in die EU-28
- Beitrag von 25 Mrd. € zum BIP der EU-28 und 38 Mrd. € zum BIP Europas
- rund 80.000 Arbeitsplätze in EU-28 (120.000 in Europa)

Quelle: The hydropower sector's contribution to a sustainable and prosperous Europe, DNV GL 2015





A scenic view of a river with a dam. The water is flowing over the dam, creating white foam. In the background, there is a large, multi-story building with a red roof and many windows. The sky is blue with some clouds. The foreground shows a grassy bank with a small yellow tree.

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**