



Virtuelle Akademie **Nachhaltigkeit**

# Technisch-ökologische Bewertung von erneuerbaren Energien

## Episode 2: Flächenbedarfe für erneuerbare Energien

Prof. Dr. Stefan Göbbling-Reisemann  
Universität Bremen

 Universität Bremen\*  
\*EXZELLENT.

**ZMML**  
Zentrum für Multimedia  
in der Lehre

gefördert durch



Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt

[www.dbu.de](http://www.dbu.de)

Veranstaltung: Technik, Energie und Nachhaltigkeit *erstellt und gefördert durch*





## Übersicht der Lerneinheit

Episode 1: Energetische Amortisation und Erntefaktoren

**Episode 2: Flächenbedarfe für erneuerbare Energien**

Episode 3: Interview mit dem Referenten



## Lernziele dieser Episode

### Lernziel 1:

Sie kennen die grundsätzlichen Flächenbedarfe der erneuerbaren Energien und die daraus erwachsenden Konflikte.

### Lernziel 2:

Sie kennen Ansätze zur Reduktion von Flächenbedarfen.

### Lernziel 3:

Sie verstehen, dass die Flächenproblematik sehr stark von den länderspezifischen Gegebenheiten abhängt und nicht von Deutschland auf die Welt übertragbar ist.



## Einführung

- Erneuerbare Energien lösen zwei Probleme
  - **Abhängigkeit** von endlichen und knappen fossilen Rohstoffen, sowie von Rohstoffimporten
  - **Klimawandel** durch Verbrennung von fossilen Rohstoffen und Freisetzung von CO<sub>2</sub>
- Erneuerbare Energien bringen aber auch neue Probleme mit sich
  - Hohe Investitionsbedarfe und anfangs höhere Kosten
  - Fluktuierende Erzeugung und potenzielle Netzinstabilität
  - Umbau der Infrastrukturen, gekoppelt mit unklarer Teilhabe der Bürger
  - **Größere Flächenbedarfe und daraus resultierende Konflikte**



## Flächen als neue „knappe Ressource“

- Bisherige Situation:
  - Erdöl- und Kohleförderung brauchen verhältnismäßig kleine Flächen
    - Ausnahme: offener Braunkohletagebau!
  - Gas- und Kohlekraftwerke sind ebenfalls relativ klein (auf ihre Leistung bezogen)
  - Dasselbe gilt für fossil basierte Wärmeerzeugung und für Kraftstoffe auf fossiler Basis



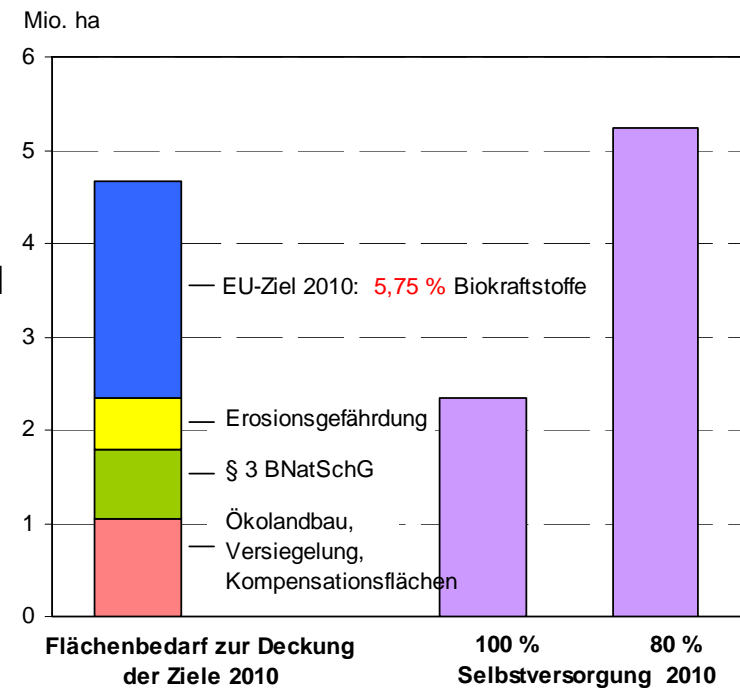
Greenpeace



## Flächen als neue „knappe Ressource“

### Bisherige Situation:

- Flächen sind quasi vollständig in Benutzung
  - Landwirtschaft, Wohnen, Industrie+Gewerbe, Verkehr
- Weitere Bedarfe durch
  - Naturschutzverpflichtungen
  - Ausgleichsmaßnahmen
  - Ausbau biologischer Landbau
  - Gestiegene Wohnansprüche
  - Neue Verkehrswege
  - ...

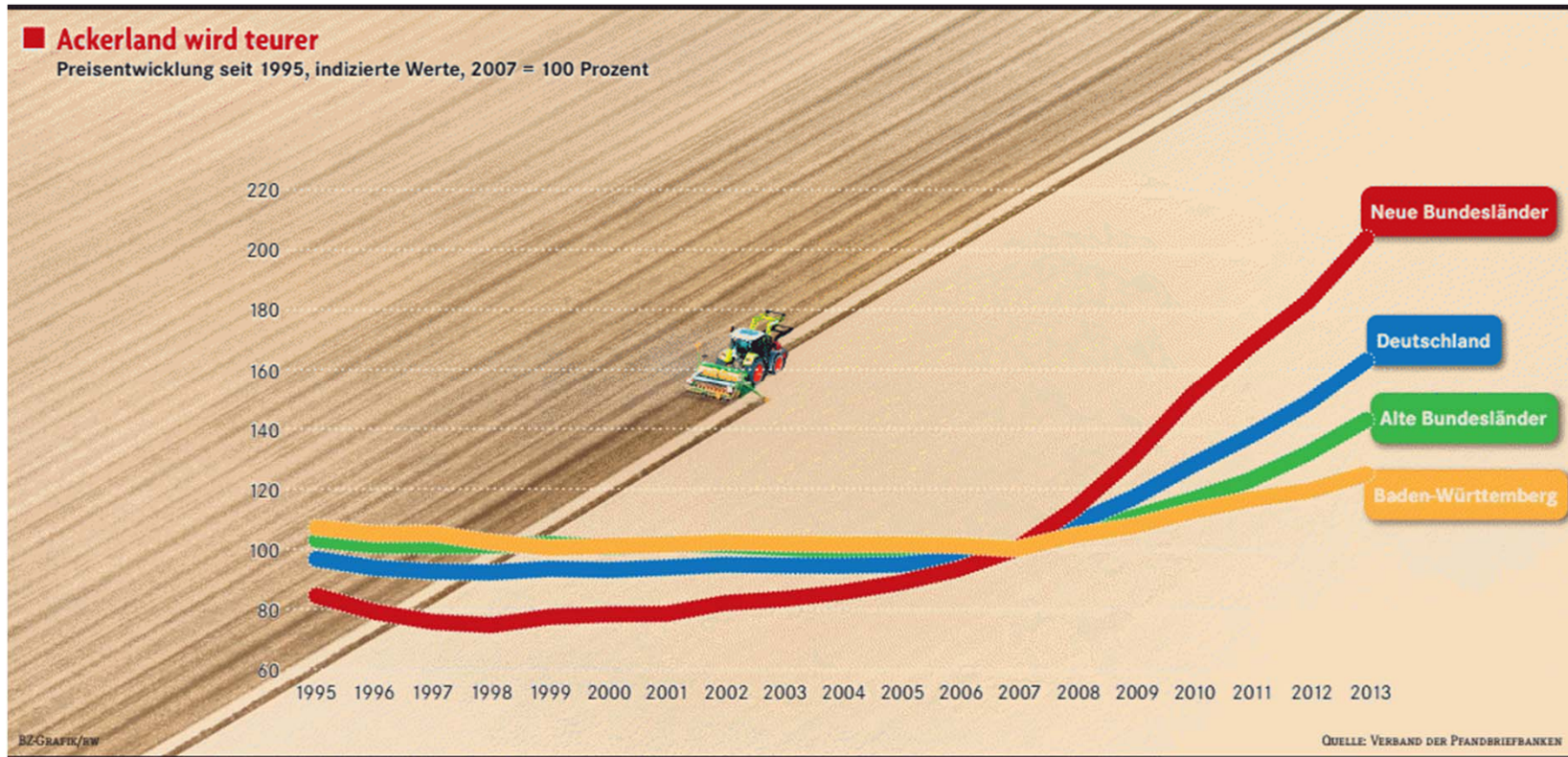


IFEU 2005





## Flächen als neue „knappe Ressource“



Quelle: Badische Zeitung / Verband der Pfandbriefbanken



## Flächenbedarfe erneuerbare Energien

- Erneuerbare Energien haben unterschiedlich hohe **Flächenbedarfe**
- Wind:
  - Fundamentflächen, Trafostationen und Verkehrswege
  - gesetzliche geregelte Abstände zu
    - Siedlungen und Wohngebäuden
    - Naturschutzgebieten und Wasserflächen
- Photovoltaik
  - Größtenteils auf Dächern: keine gesonderten Flächen
  - Freiflächenanlagen auf Konversionsflächen, Mülldeponien, ...
- Biomasse
  - Geringste Energiedichte: große Flächen nötig
  - Konkurrenz zu Nahrungsmittelproduktion





## Flächenbedarfe erneuerbare Energien

- Erneuerbare Energien haben unterschiedlich hohe **Flächenbedarfe**
- Geothermie
  - Nur teilweise überirdischer Flächenbedarf
  - Zur Wärmeversorgung: kaum zusätzlicher Flächenbedarf
  - Zur Stromerzeugung: durch Generatoren, Trafostationen, etc
- Wasserkraft
  - Stark abhängig von lokalen Gegebenheiten
  - Laufwasserkraftwerke: oberhalb von Gewässern
  - Pumpspeicher: großer Flächenbedarf
- Zusätzliche Flächen für alle EE:
  - Netzausbau
  - Speicher



# Flächenbedarfe erneuerbare Energien

Flächenbedarf zur Erzeugung einer Gigawattstunde Strom bzw. Wärme pro Jahr (in ha)

Versorgung eines 4-Personen Haushalts mit Elektrizität erfordert etwa 0,4 ha

Fläche wird aber gleichzeitig für andere Zwecke genutzt!

4-Personen Haushalt (el. Energie): 0,03 ha = 280 m<sup>2</sup>

4-Personen Haushalt (Wärme): 0,04 ha = 400 m<sup>2</sup>

Erneuerbare Energie-Optionen	Flächenbedarf	
	Stromerzeugung (ha je GWh <sub>el</sub> /a)	Wärmebereitstellung (ha je GWh <sub>th</sub> /a)
Biomasse – Anbau	98	49
Biomasse – Reststoffe	148	74
Geothermie	18	2
Windenergie	7	–
Photovoltaik	6	–
Wasserkraft	n.b.*	–
Solarthermie	–	3
Umgebungswärme	–	3
Erdwärmesonden	–	11
Abwasserwärme	–	53

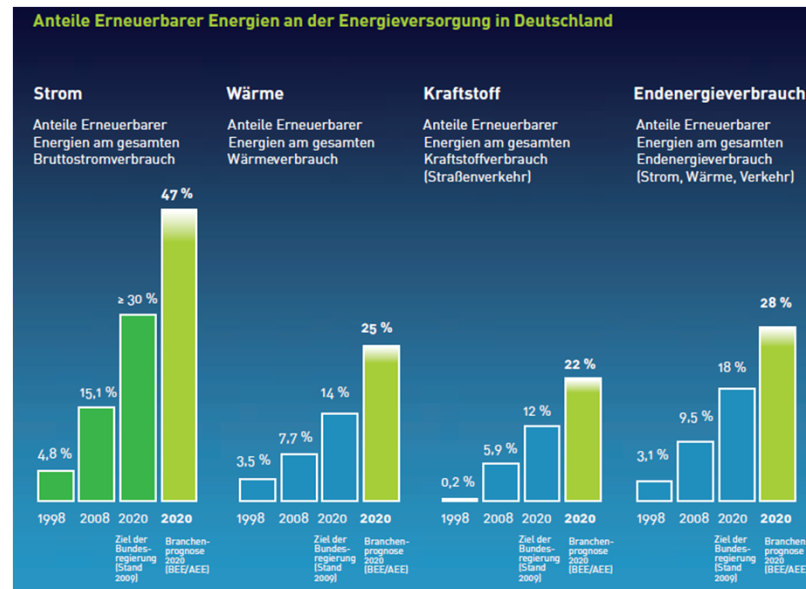
\*) Wert nicht bekannt, da abhängig von lokalen Druck- und Durchflussvorgaben

Quelle: BBSR 2010



## Flächenbedarfe bis 2020

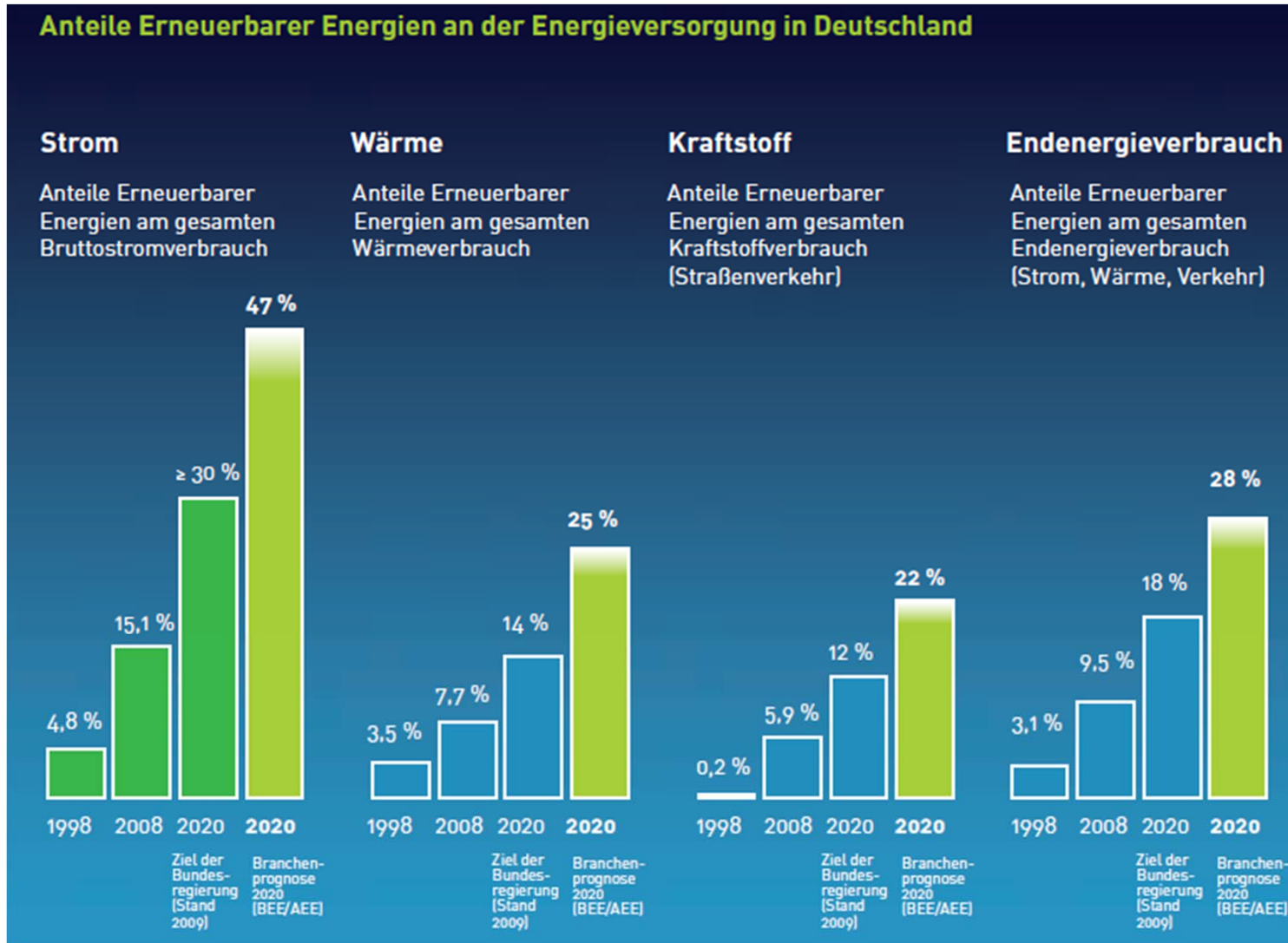
- Studie zu Flächenbedarfen für die Energiewende
  - Agentur für Erneuerbare Energien 2010
- Grundlage: Ziele der Bundesregierung und Branchenprognose





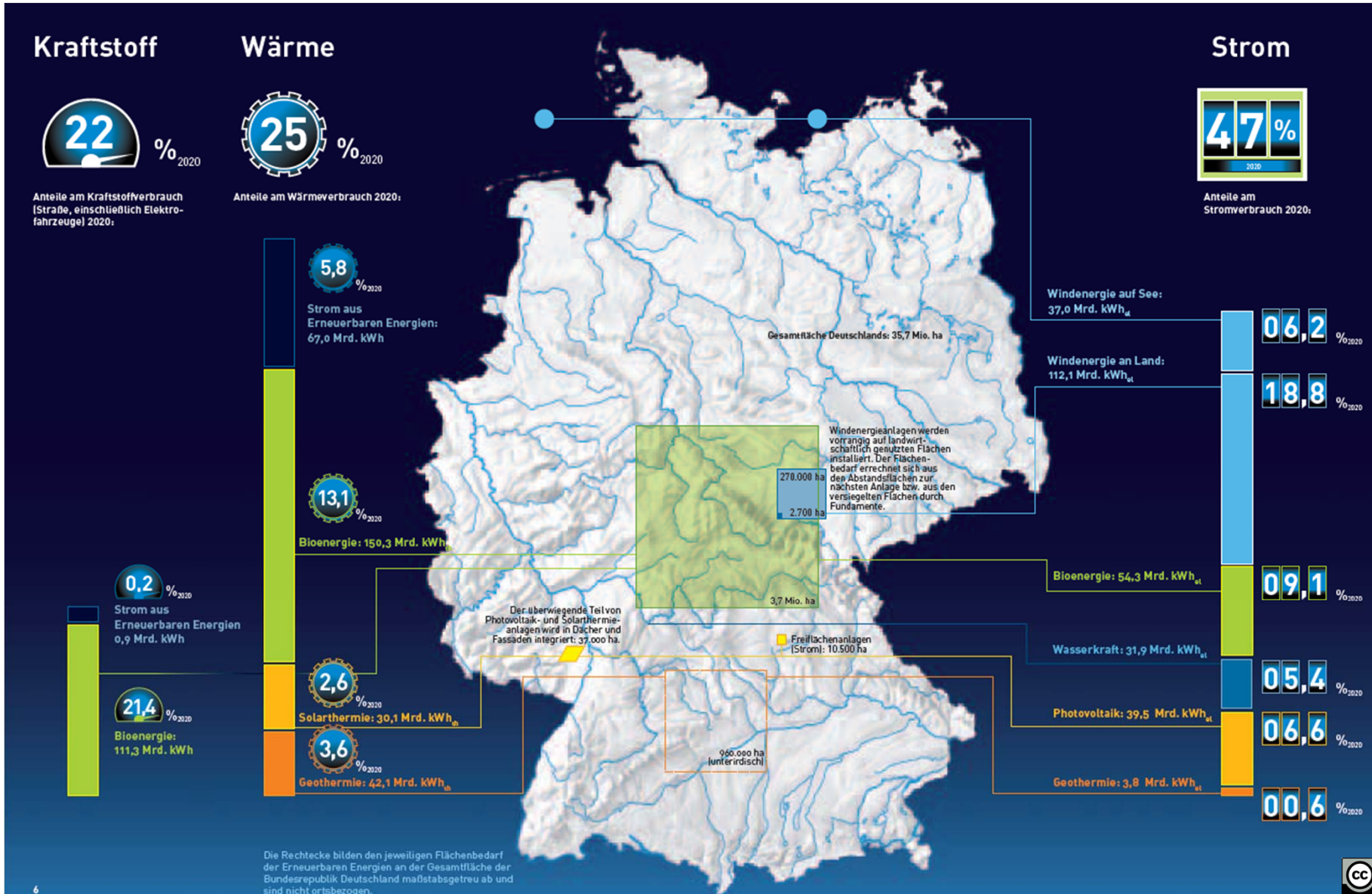
# Flächenbedarfe bis 2020

## Anteile Erneuerbarer Energien an der Energieversorgung in Deutschland





# Flächenbedarfe bis 2020



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien 2010







## Kritisch I: Windenergie (onshore)

- Wind braucht relativ gesehen wenig Fläche, aber Ausbauziele sind sehr hoch (112Mrd kWh onshore)
- Fundamentflächen und Wege eher geringer Anteil
- Hauptbedarf durch Abstandsflächen
  - Da ist aber multiple Nutzung möglich!
- Entlastung durch Repowering
  - Nutzung vorhandener Standorte mit größeren Anlagen
- Ca. 2% der Landesfläche würden benötigt



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien 2010





## Kritisch I: Windenergie (onshore)

- Aber: im Vergleich ist Wind weniger flächenintensiv als Braunkohle (in Bezug auf exklusive/versiegelte Fläche!)

Tagebau Garzweiler II	2008	2008	Windpark Bergheim/Rheidt
Jährlicher potenzieller Ertrag pro Hektar	ca. 7,3 Mio. kWh	ca. 22,5 Mio. kWh	Jährlicher Ertrag pro Hektar
		ca. 225.000 kWh	nur Fundamentsfläche
			inkl. Abstandsflächen

Deutschland	2008	2008	2020	Deutschland (nur Onshore-Windenergie)
Stromerzeugung	150 Mrd. kWh	40,6 Mrd. kWh	112,1 Mrd. kWh	Stromerzeugung
Flächenbedarf	48.300 ha	1.700 ha	2.700 ha	Flächenbedarf
		170.000 ha	270.000 ha	nur Fundamentsfläche
				inkl. Abstandsflächen
Jährlicher Ertrag pro Hektar	3,1 Mio. kWh	24 Mio. kWh	41,5 Mio. kWh	Jährlicher Ertrag pro Hektar
		240.000 kWh	415.000 kWh	nur Fundamentsfläche
				inkl. Abstandsflächen

4-Personenhaushalt (el. Energie): Braunkohle 13m<sup>2</sup> / Windenergie (2020): 1m<sup>2</sup>

Quelle: DEBRIV (2009)

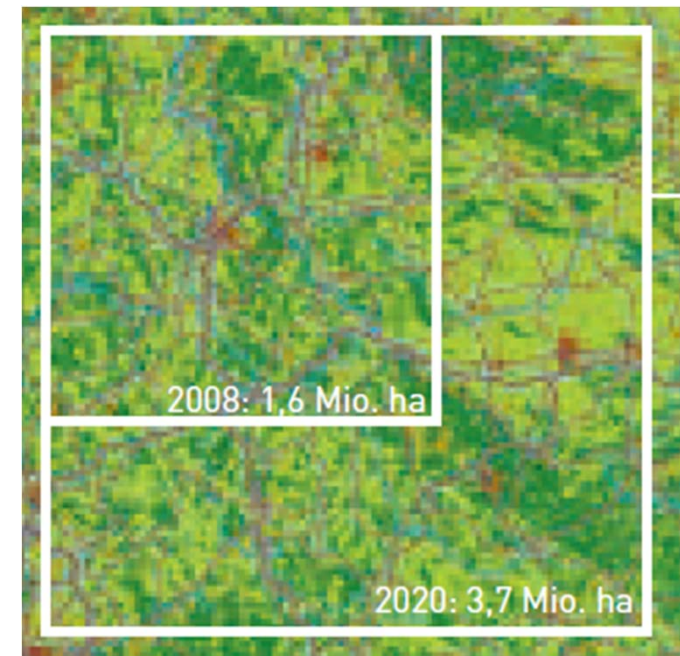
Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien 2010





## Kritisch II: Biomasse

- Schon heute etwa 10% der landwirtschaftlich genutzten Fläche für energetische Biomasse
  - Auswirkungen auf Pachtpreise!
- Ausbau 2020 bis auf 22%
- Die Nutzung von Reststoffen bringt weitere Erträge
  - Entsprechen etwa 4 Mio ha
- Hoffnung auf Nutzung cellulosehaltiger Reststoffe
  - Stroh, Laub, Heckenschnitt, ...
  - Weitere Entlastung der Flächen



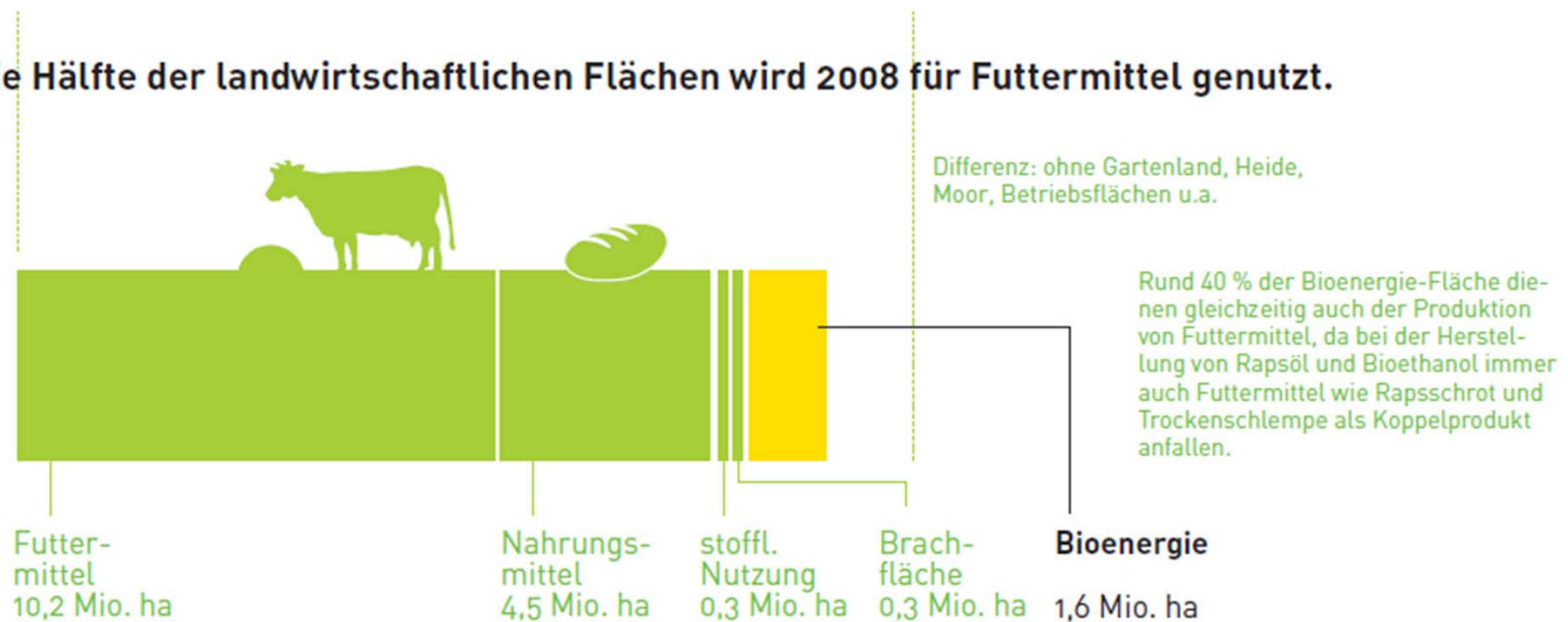
Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien 2010



## Kritisch II: Biomasse

- Weitere Entlastung der Flächen möglich durch
  - Rückgang in Viehzucht und Fleischkonsum
  - Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge

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



landwirtschaftlich genutzte Flächen: 16,9 Mio. ha

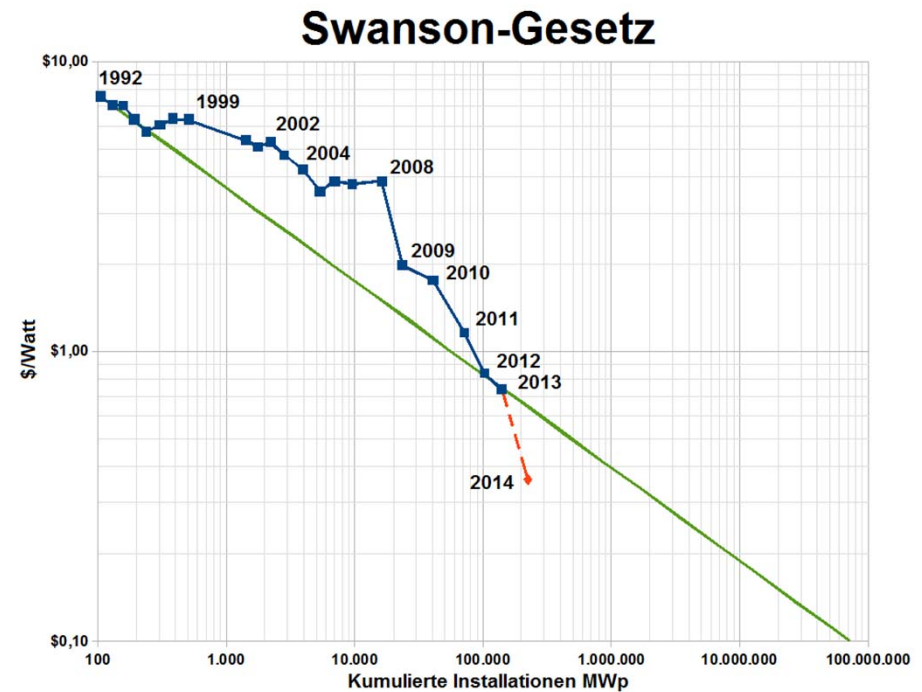
Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien 2010



## Globale Flächenbedarfe für Photovoltaik

### Ausblick global:

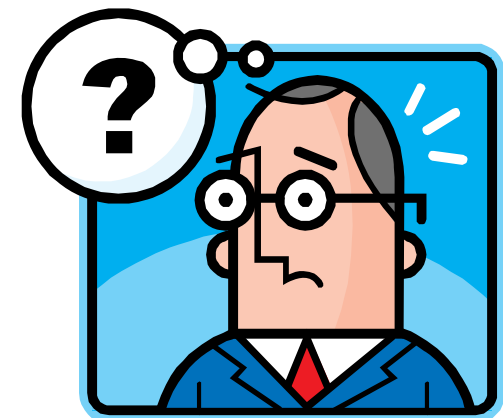
- Globale Energieversorgung mit Photovoltaik scheint derzeit ökonomisch noch nicht realistisch
  - Starker Preisverfall
- Flächenmangel ist kein Hindernis





## Frage

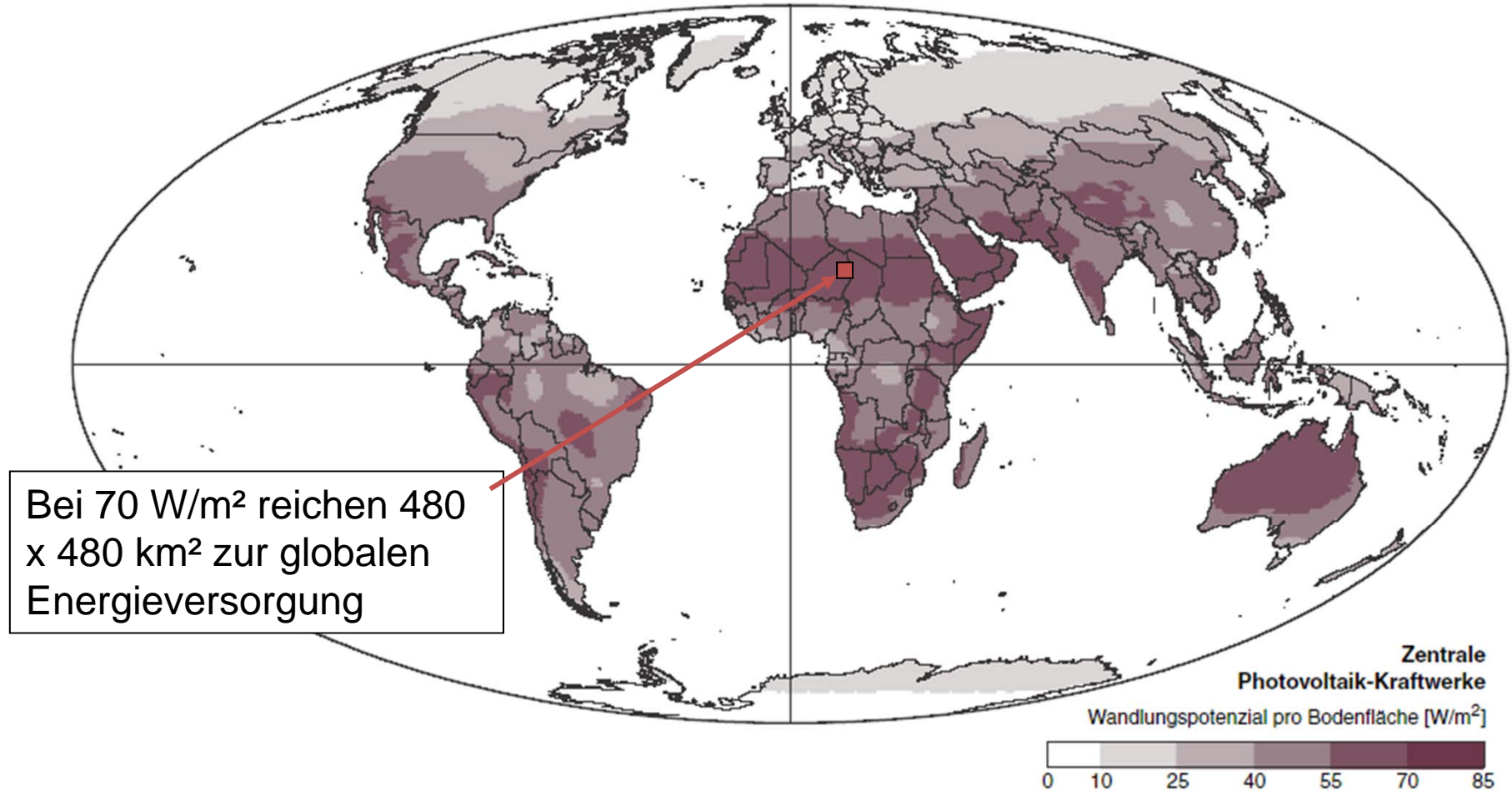
Raten Sie die Fläche für die Vollversorgung der Weltbevölkerung mit Energie durch Photovoltaik (heute)?







# Globale Flächenbedarfe für Photovoltaik



Quelle: WBGU 2010





## Zusammenfassung

- Erneuerbare Energien haben fast durchgehend einen **höheren Flächenbedarf** als fossile Energien.
- In Deutschland sind freie Flächen fast nicht verfügbar, immer tritt eine **Nutzungskonkurrenz** auf.
- Am deutlichsten bei der **Biomasse**, da hier die **Nahrungsmittelproduktion** betroffen ist.
- Lösungen sind möglich, erfordern aber hohe **Koordinationsaufgaben**
  - Interessensausgleich
  - Ausgehandelte Leitplanken und Kriterien
  - Partizipation bei Flächenausweisung
- Weniger kritisch ist der Flächenbedarf bei Wind und Photovoltaik
  - Weitere Nutzung der Abstandsflächen
  - Nutzung von ungenutzten Dach- und Brachflächen



## Aufgaben für das Selbststudium

1. Vergleichen Sie die Vor- und Nachteile von erneuerbaren Energien untereinander in Bezug auf Flächenverbrauch und mögliche Konflikte mit anderen Nutzungen der Flächen!
2. Recherchieren Sie die Verfahren, mit denen Flächen für bestimmte Nutzungen ausgewiesen werden!
3. Vergleichen Sie die Abhängigkeiten und Knappheiten, die sich aus einer fossilen Energieversorgung ergeben mit denen, die sich aus einer erneuerbaren Energieversorgung ergeben!



## Literatur und weiterführende Quellen

- Agentur für Erneuerbare Energien (2010): Erneuerbare Energien 2020 – Potenzialatlas Deutschland
- Bundesinstitut für Bau, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2010): Genügend Raum für den Ausbau erneuerbarer Energien? BBSR-Berichte KOMPAKT 13/10
- WBGU (2003): Energiewende zur Nachhaltigkeit
- WBGU (2009): Factsheet Bioenergie

**Anmerkung zu den rechtlichen Grundlagen:** Die Rechte der Bilder und Graphiken liegen, sofern nicht anders angegeben, beim Verfasser der Folien. Die Folientexte beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf eigene Forschungs-, Lehr- und Praxistransfer-Tätigkeiten und sind deshalb bei deren Verwendung zu zitieren.