

Jahrestagung der DPG, Arbeitskreis Energie (AKE)  
Erlangen, 5.-7. März 2018

# **(K)eine Wende ohne Bioenergie?**

## **Die Rolle der Biomasse in unserer künftigen Energiewirtschaft**

Jürgen Karl  
Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

der Holzweg

Potentiale

Challenges

PV oder Biomasse

Fazit

# 1. Der Holzweg – Klimaretter oder ökologisches Desaster?

- Warum die Politik sich von der Bioenergie abwendet
- Die Rolle der Bioenergie in der Stromversorgung

# 2. Kosten und Potentiale – welchen Beitrag leistet die Bioenergie heute?

- Bioenergie im Strom- und Wärmemarkt
- Kostenstruktur von Bioenergie-Anlagen

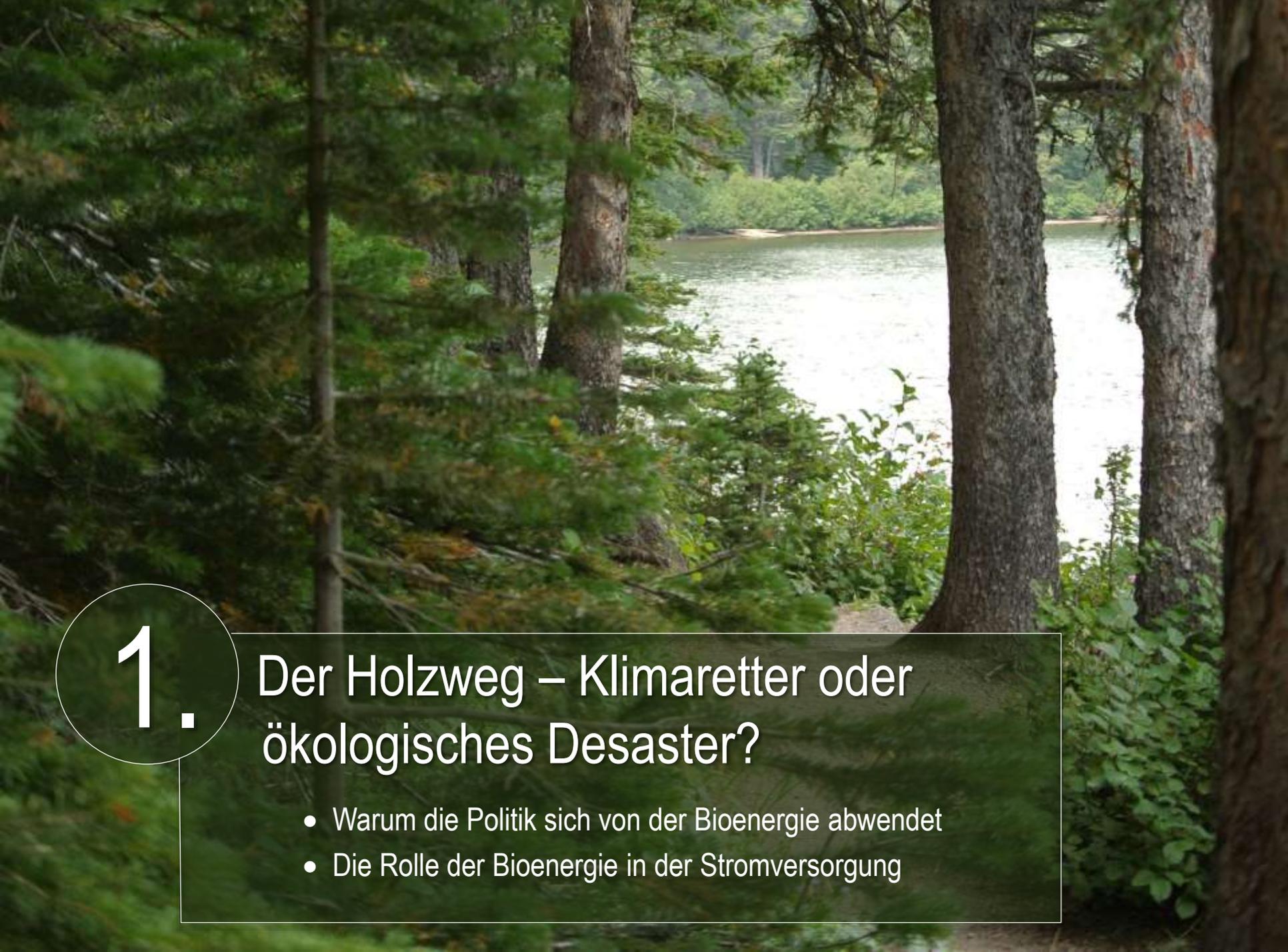
# 3. Biomasse für chemische Speicher

- Speicheraufgaben für Energiewende und Mobilität
- Designerkraftstoffe und chemische Speicher aus Biomasse

# 4. Biomasse oder Wind & PV?

- Power-to-Gas und Power-to-Liquids
- Die Globalisierung der Energiewende





1.

## Der Holzweg – Klimaretter oder ökologisches Desaster?

- Warum die Politik sich von der Bioenergie abwendet
- Die Rolle der Bioenergie in der Stromversorgung

# Aus der Geschichte der der Energiewende

der Holzweg

Potentiale

Challenges

PV oder Biomasse

Fazit

- Biomasse galt lange als die **wichtigste** und **richtigste** Energieform für die Energiewende

1992



1994



# Aus der Geschichte der der Energiewende

der Holzweg

Potentiale

Challenges

PV oder Biomasse?

2006



Diskussionspunkt

## Nahrungsmittel-Konkurrenz („Teller oder Tank?“)

- Biomassenutzung führt zu steigenden Lebensmittelpreisen...
- „Nahrungsmittel“-Konkurrenz reduziert die für die Lebensmittel verfügbaren Flächen...
- ...

# Aus der Geschichte der der Energiewende

der Holzweg

Potentiale

Challenges

PV oder Biomasse

Fazit

- Abholzung führte bereits im Mittelalter zum Verlust der Wälder Europas

Diskussionspunkt  
Abholzung der  
Wälder der Erde

- **Palmölimporte** forcierten die Brandrodung in Malaysia...

2009

## Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung - BioSt-NachV)

BioSt-NachV

Ausfertigungsdatum: 23.07.2009

Vollzitat:

"Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung vom 23. Juli 2009 (BGBl. I S. 2174), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 70 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044) geändert worden ist"

**Stand:** Zuletzt geändert durch Art. 2 Abs. 70 G v. 22.12.2011 I 3044

\*) Diese Verordnung dient der Umsetzung der Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG (ABl. L 140 vom 5.6.2009, S. 16). Die Verpflichtungen aus der Richtlinie 98/34/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der Normen und technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. L 204 vom 21.7.1998, S. 37), die zuletzt durch die Richtlinie 2006/96/EG (ABl. L 363 vom 20.12.2006, S. 81) geändert worden ist, sind beachtet worden.

# Aus der Geschichte der der Energiewende

der Holzweg

Potentiale

Challenges

PV oder Biomasse

Fazit

„Leopoldina“-Studie

## „Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen“

„Um den Verbrauch von fossilen Brennstoffen und die Emissionen von Treibhausgasen zu reduzieren, **solte Deutschland nicht den weiteren Ausbau von Bioenergie anstreben...**“

2012



aber:

„Bioenergie“ meint nicht (nur) Energiepflanzen...

der Holzweg

Potentiale

Challenges

PV oder Biomasse

Fazit

# Das Erneuerbare-Energien-Gesetz

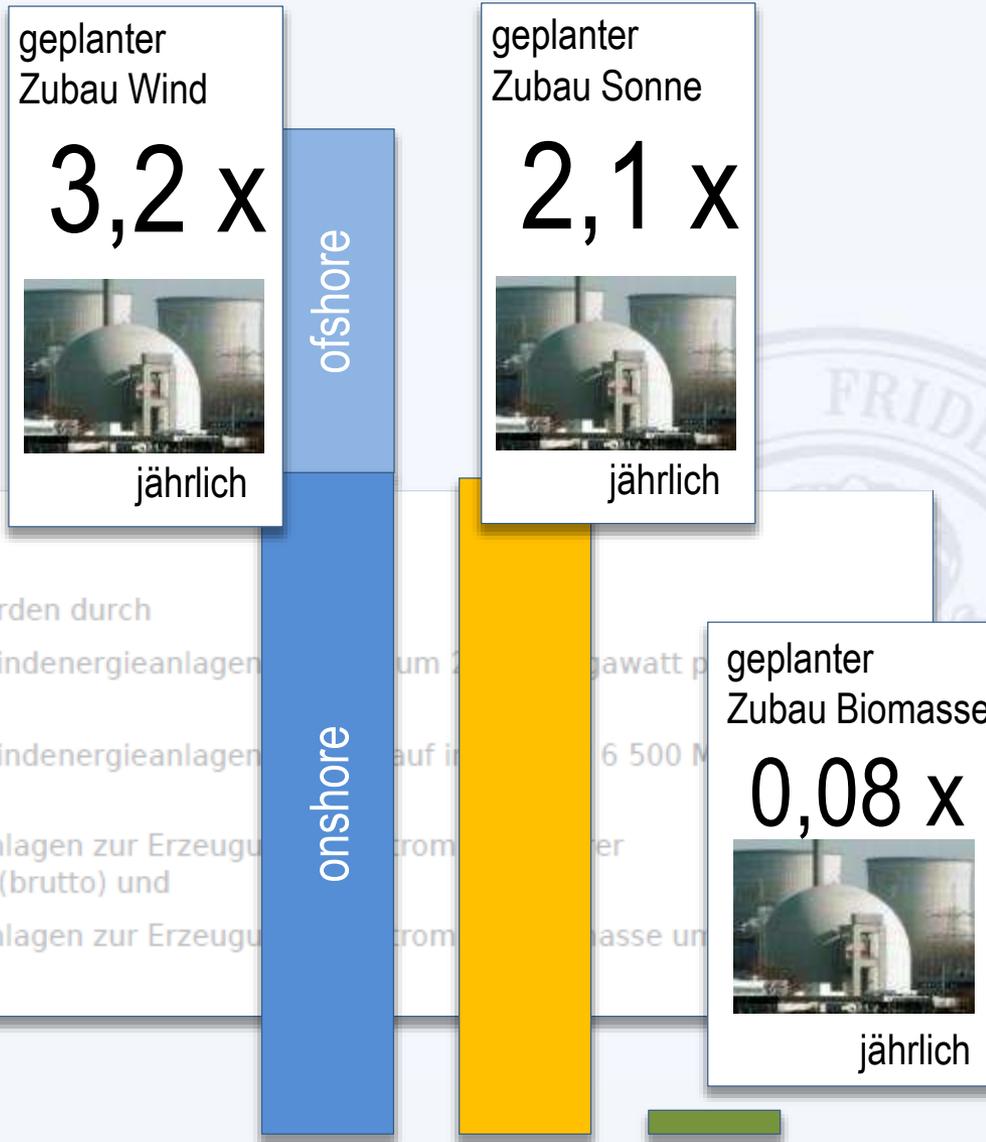
## Novelle des EEG 2014:

- Gesetz definiert einen „Ausbaukorridor“

### § 3 Ausbaupfad

Die Ziele nach § 1 Absatz 2 Satz 2 sollen erreicht werden durch

1. eine Steigerung der installierten Leistung der Windenergieanlagen (netto),
2. eine Steigerung der installierten Leistung der Windenergieanlagen im Jahr 2020 und 15 000 Megawatt im Jahr 2030,
3. eine Steigerung der installierten Leistung der Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Biomasse um 2 500 Megawatt pro Jahr (brutto) und
4. eine Steigerung der installierten Leistung der Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Biomasse um 2 500 Megawatt pro Jahr (brutto).



1.

Fluktuierende politische Einschätzungen bremsen die Bioenergie derzeit massiv

# Bioenergie in der Stromversorgung? - unser Kraftwerkspark

geschätztes Defizit **500 TWh**  
in den nächsten 10 Jahren?



- der Holzweg
- Potentiale
- Challenges
- PV oder Biomasse
- Fazit

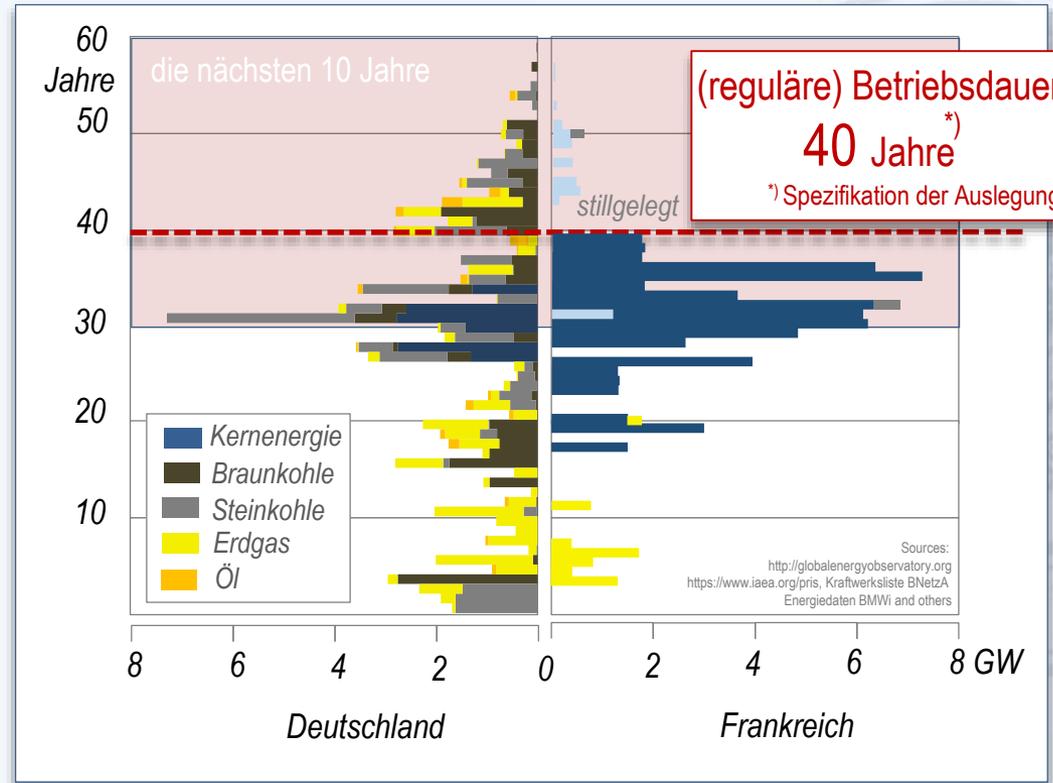
regulären  
✓

Defizite aufgrund von Stilllegungen  
in den nächsten 10 Jahren:

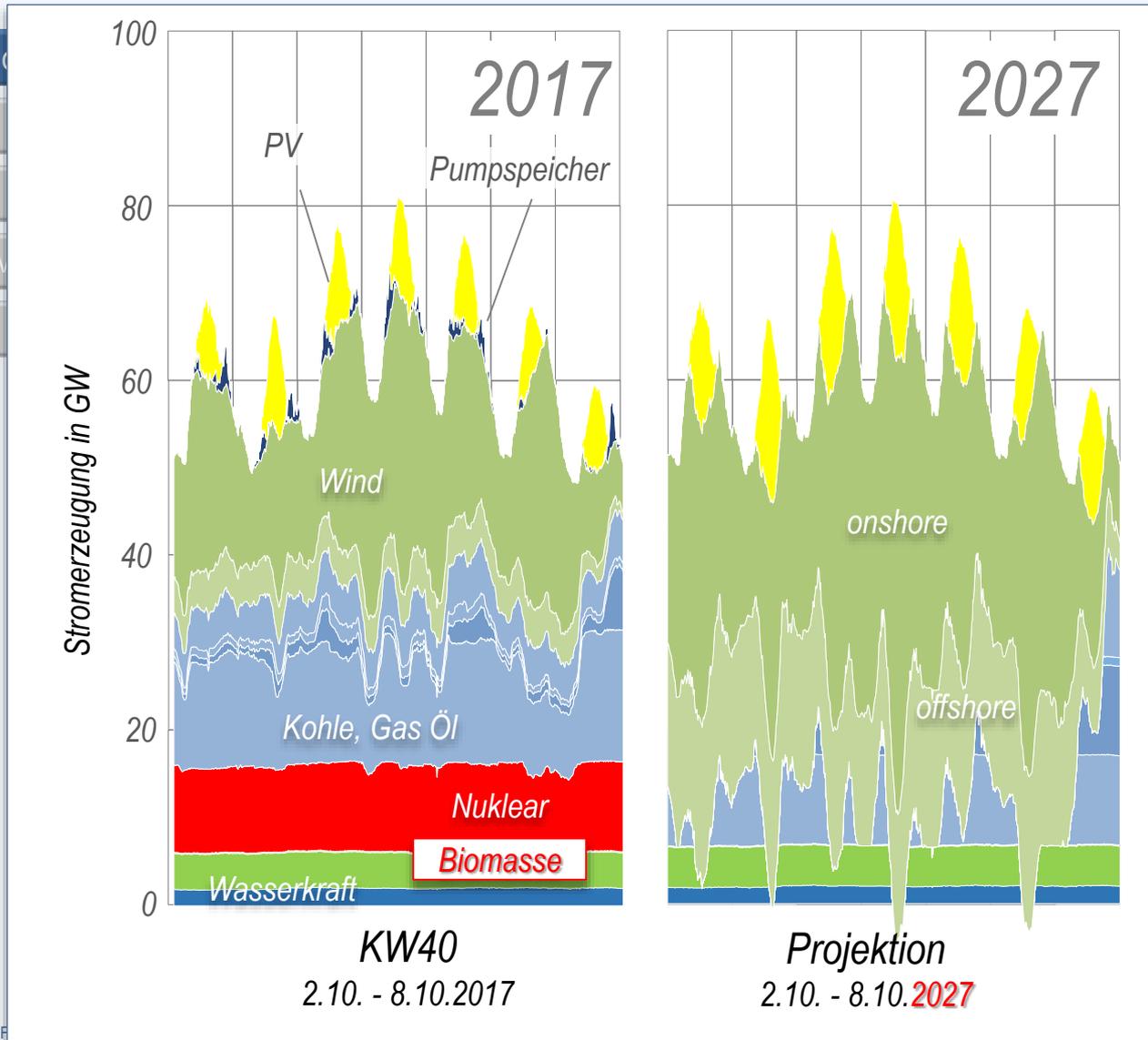
- Deutschland - 257 TWh (42%)
- Frankreich - 360 TWh (66%)

in Bau (Gas, Kohle, Kernenergie)

- Deutschland ca. + 9 TWh
- Frankreich ca. + 16 TWh
- „Ausbaukorridor“ erneuerbare Energien + 113 TWh (18%)



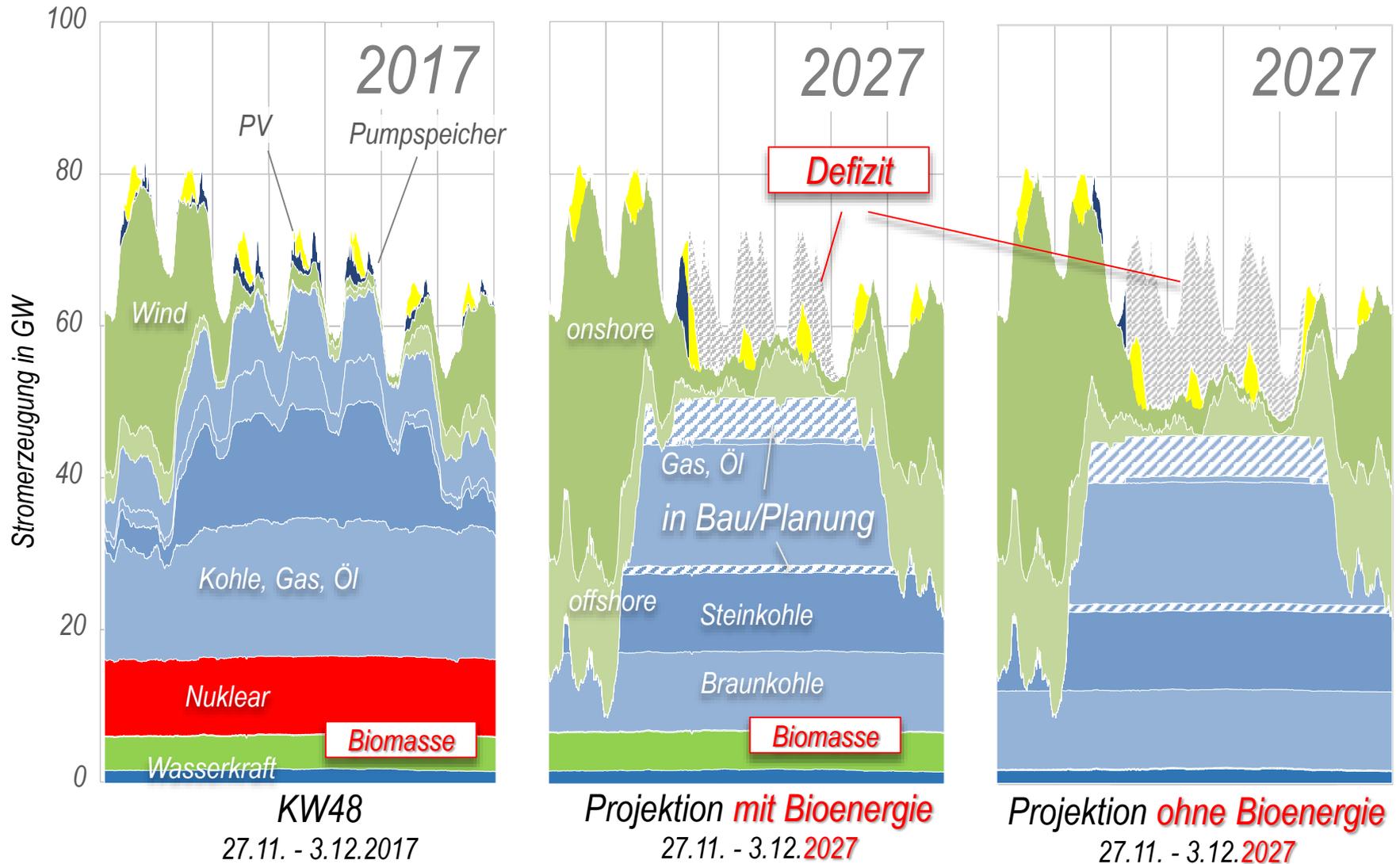
# Unsere Stromerzeugung im Jahr 2027



## Annahmen:

- Zubau Erneuerbare lt. "Ausbaukorridor" der Bundesregierung
- Zeitverfügbarkeit konventionelle Kraftwerke 90%
- „Rentenalter“ konventioneller Kraftwerke 40 Jahre
- „Merit-Order“ gilt weiter
- **Keine Steigerung des Stromverbrauchs**

# Unsere Stromerzeugung im Jahr 2027



# Unsere Stromerzeugung im Jahr 2027

der Holzweg

Potentiale

Challenges

PV oder Biomasse

Fazit

- Die noch verfügbaren konventionellen Kraftwerke laufen kontinuierlich in Vollast
- Strombedarf kann trotzdem nicht mehr gedeckt werden...

**max. Leistungsdefizit:**

mit Bioenergie

**-16,5 GW**

ohne Bioenergie

**- 21,6 GW**

**Arbeitsdefizit:**

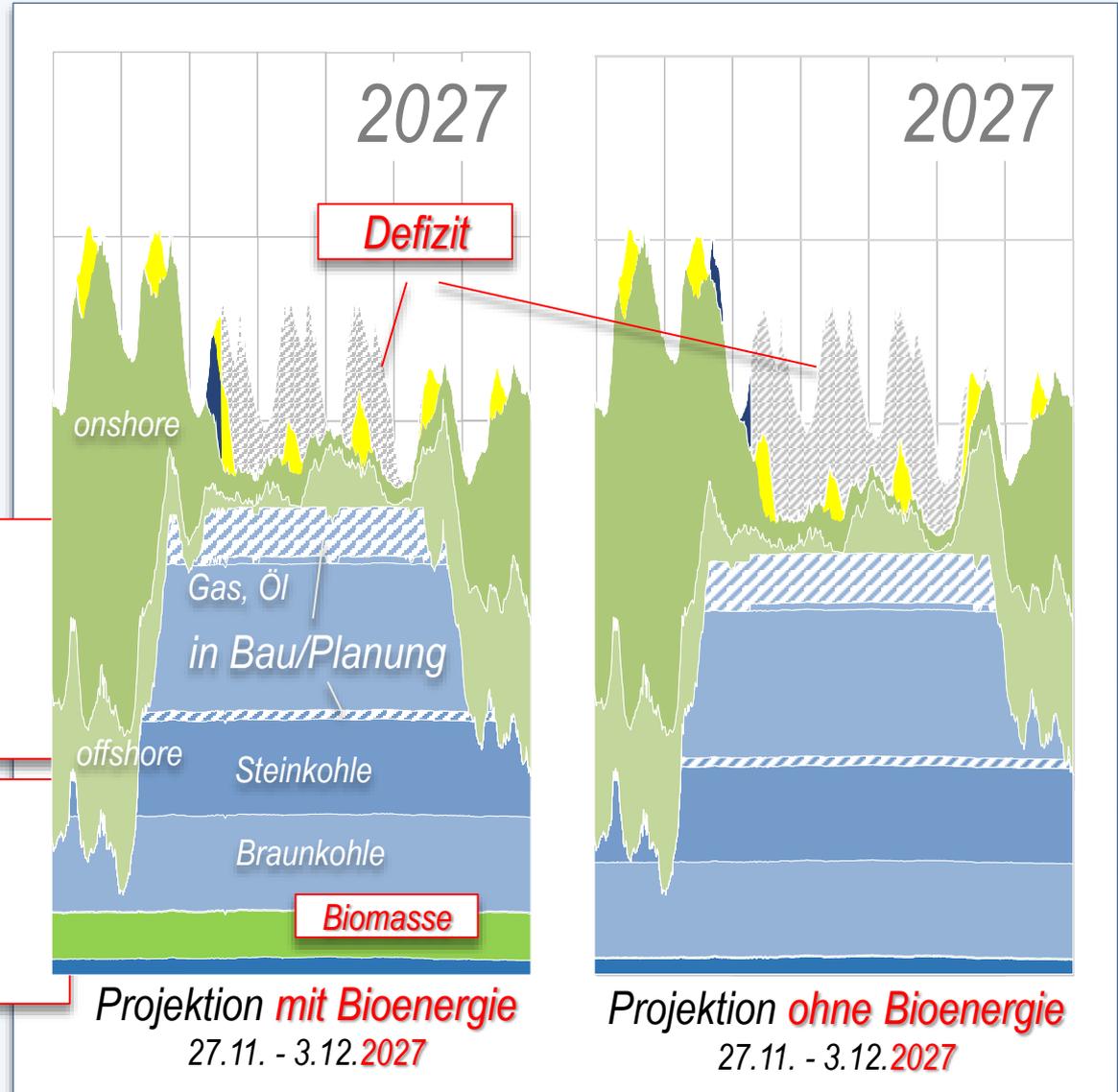
mit Bioenergie

**- 452 GWh**

ohne Bioenergie<sup>\*)</sup>

**- 862 GWh**

<sup>\*)</sup> ca. 10 Mio. Tesla S Batterien  
ca. 23 x alle dt. Pumpspeicherkraftwerke



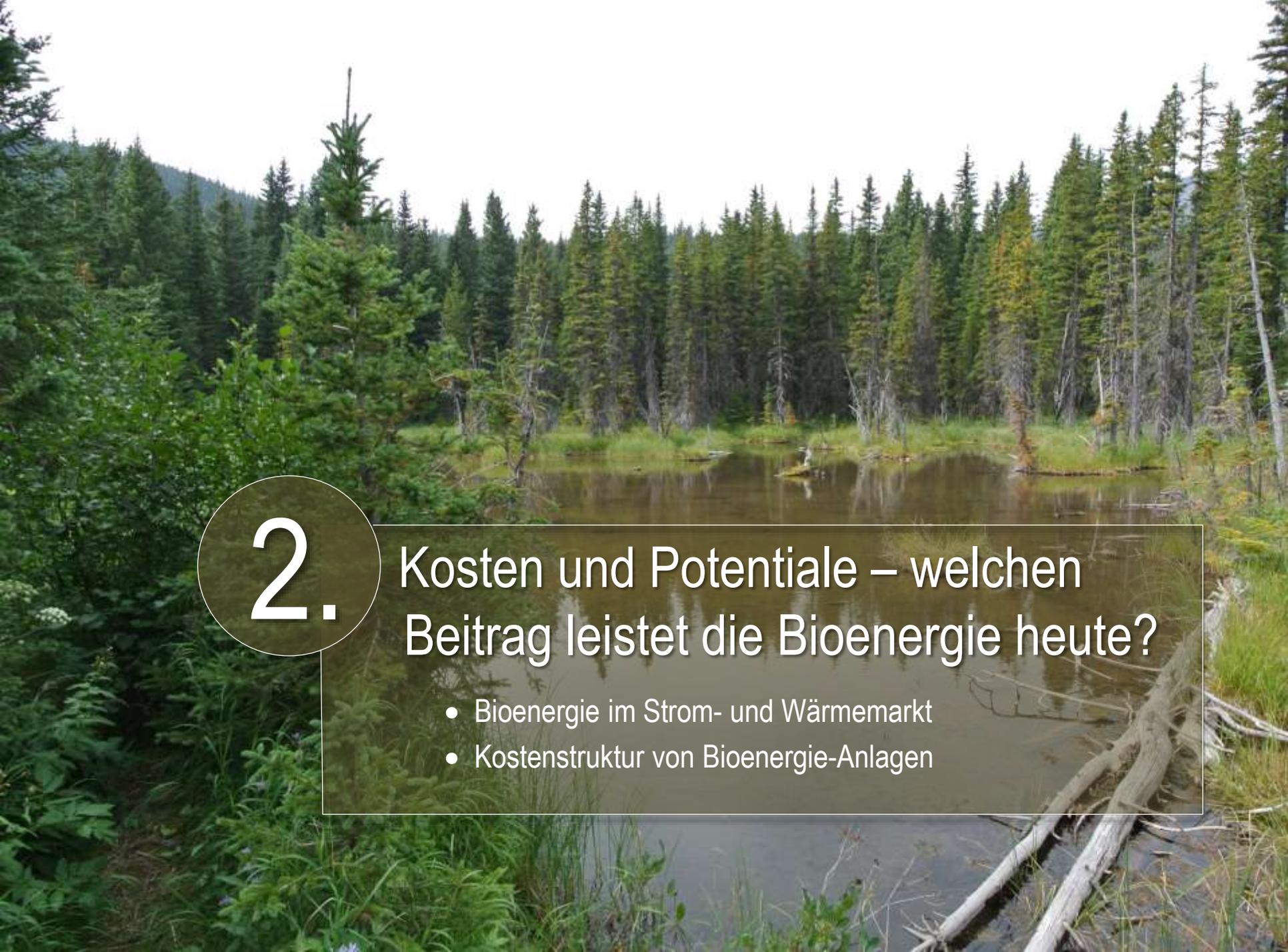
# Fazit

1.

Fluktuierende politische Einschätzungen bremsen die Bioenergie derzeit massiv

2.

Ohne Biomasse wird die Versorgungssituation in ein paar Jahren noch deutlich spannender...



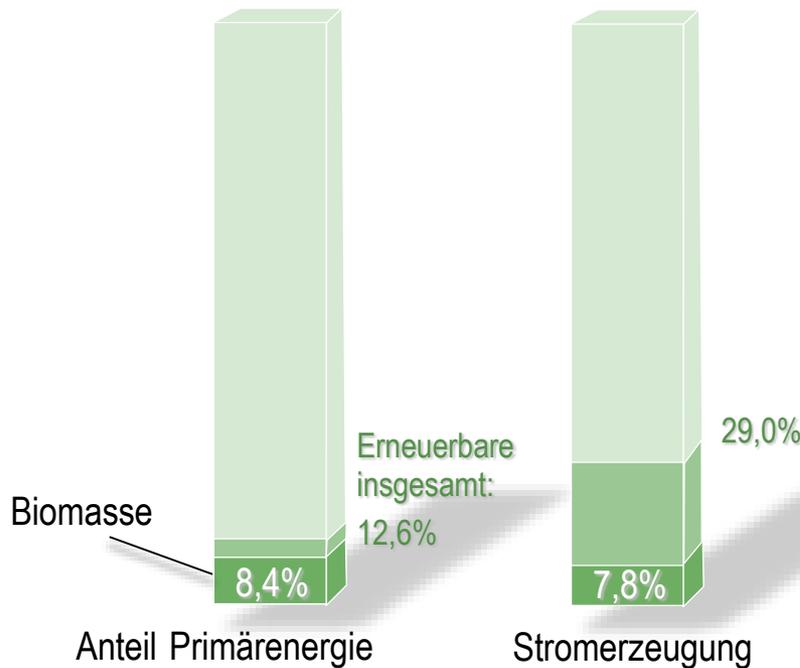
## 2.

# Kosten und Potentiale – welchen Beitrag leistet die Bioenergie heute?

- Bioenergie im Strom- und Wärmemarkt
- Kostenstruktur von Bioenergie-Anlagen

# Was leistet Bioenergie heute?

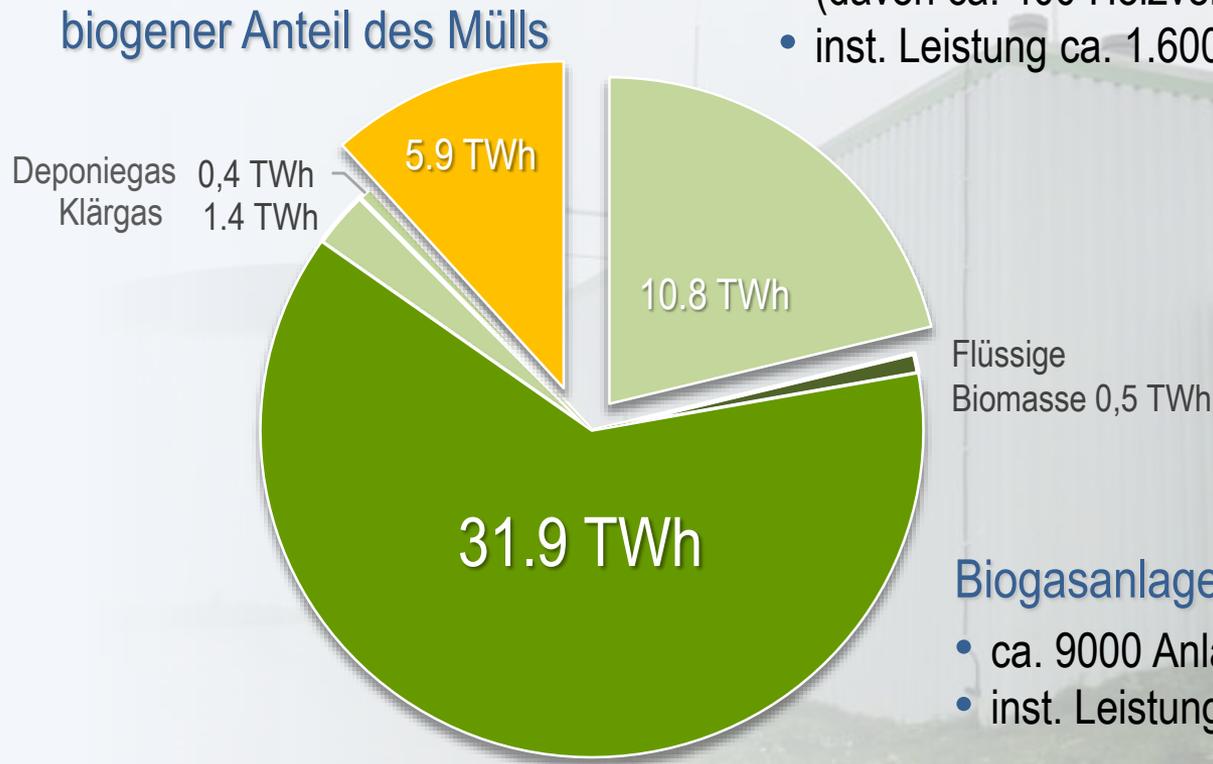
Deutschland  
 Stand 2016



Quelle BMWI Energiedaten, Stand 23.1.2018, <http://www.bmwi.de/Navigation/DE/Themen/energiedaten.html>

- Biomasse liefert heute in Deutschland den größten Primärenergie-Beitrag aller Erneuerbaren Energien
- Grund: der hohen Anteil an der Wärmeerzeugung

# Status Quo - Stromerzeugung mit Biomasse im Jahr 2016



## Biomasse (Heiz-)kraftwerke

- ca. 700 Anlagen (davon ca. 400 Holzvergaser)
- inst. Leistung ca. 1.600 MW<sub>el</sub>

Flüssige Biomasse 0,5 TWh

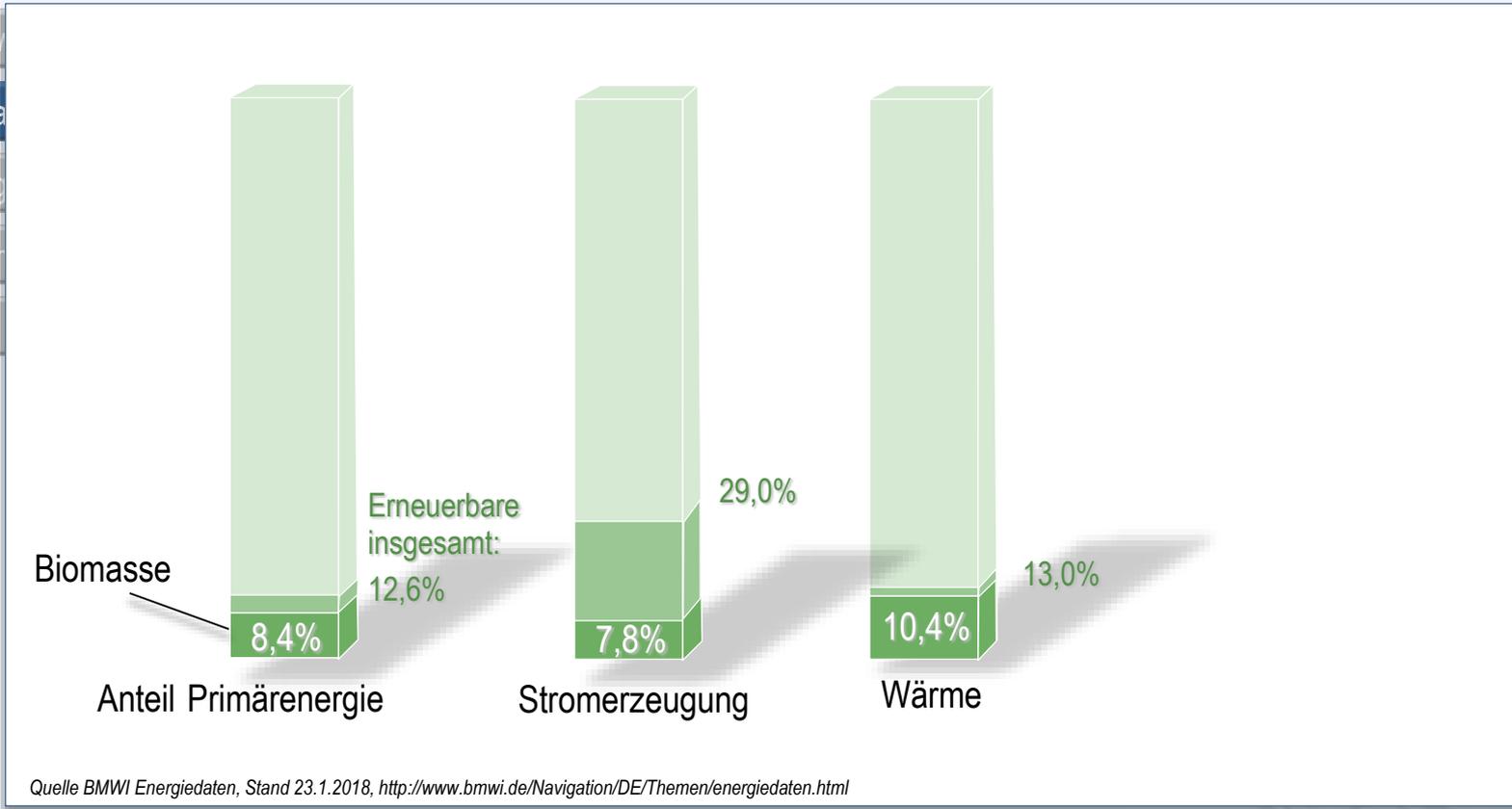
## Biogasanlagen

- ca. 9000 Anlagen
- inst. Leistung 5.400 MW<sub>el</sub>

- Im Jahr 2016 wurden 50,9 TWh (von 649 TWh) Strom aus Biomasse produziert
- 2/3 des Stroms stammt aus Biogasanlagen

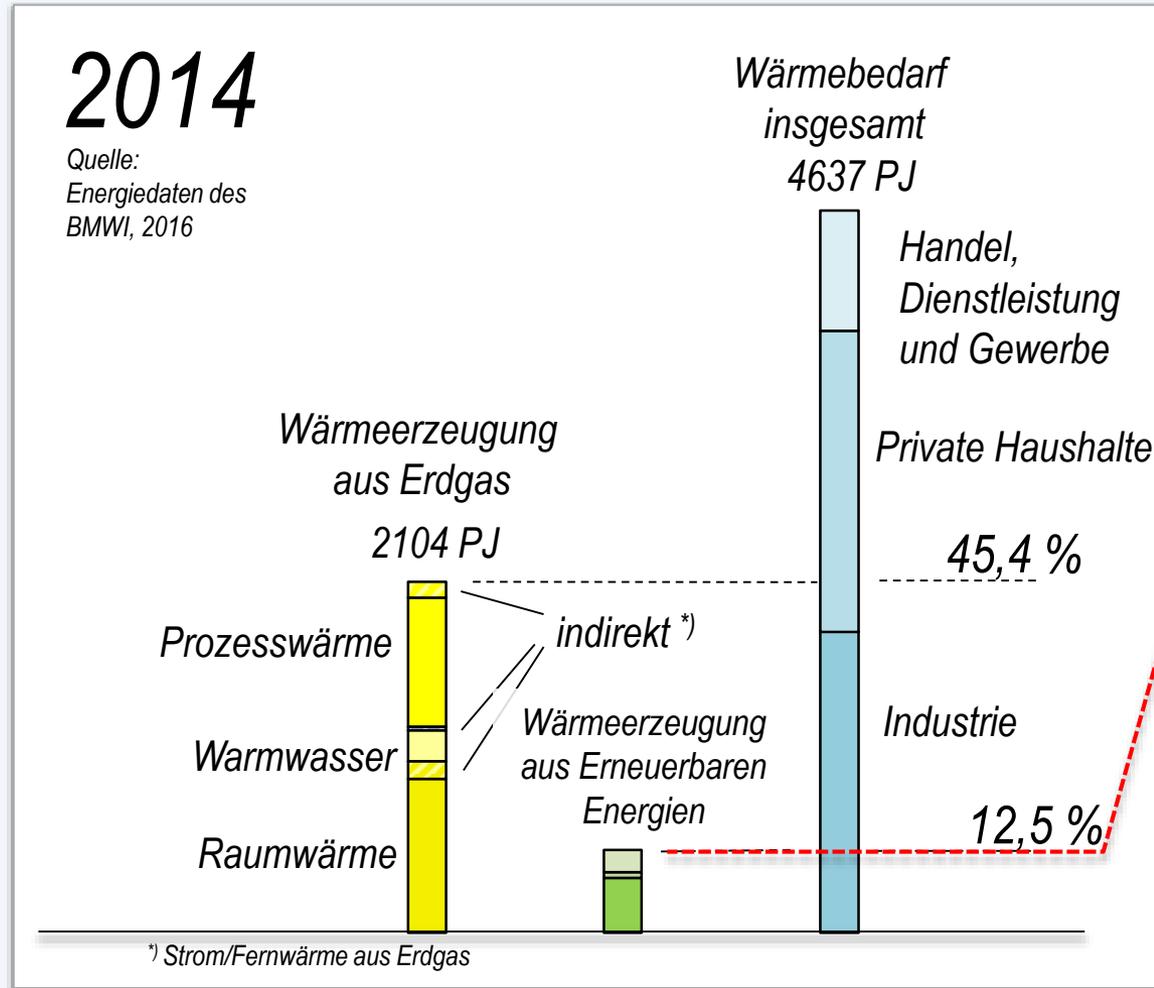
# Was leistet Bioenergie heute?

Deutschland  
 Stand 2016



- Biomasse liefert heute in Deutschland den größten Primärenergie-Beitrag aller Erneuerbaren Energien

# Anteil Erneuerbarer Energieträger für die Bereitstellung von Nutzwärme in Deutschland



11,6%

489 PJ  
 in 2015

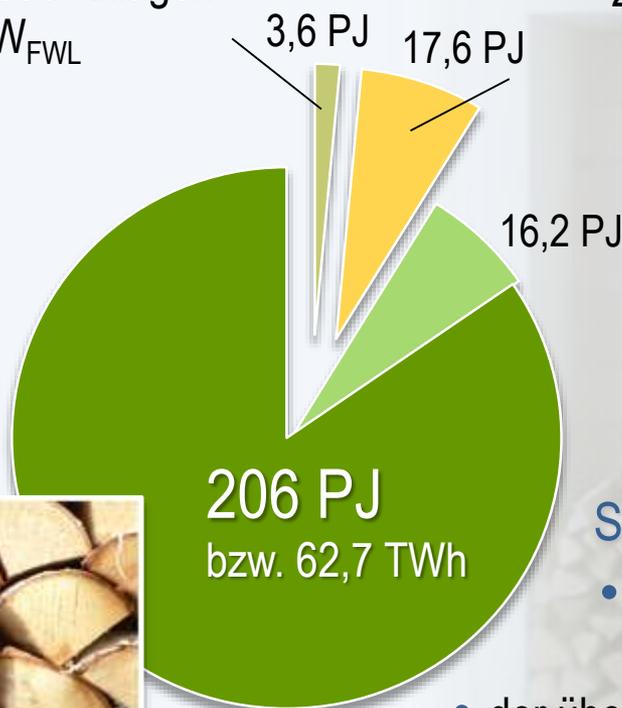
davon

- ca. 23% Großfeuerungen und KWK-Anlagen
- ca. 54% Kleinfeuerungen

# Kleinfeuerungen < 100 kW

## Hackschnitzelheizungen

- ca. 11.000 Anlagen
- 565 MW<sub>FWL</sub>



## Pelletheizungen

- ca. 155.000 Anlagen
- 2.900 MW<sub>FWL</sub>



## Scheitholzheizungen

- ca. 90.000 Anlagen
- 2.650 MW<sub>FWL</sub>

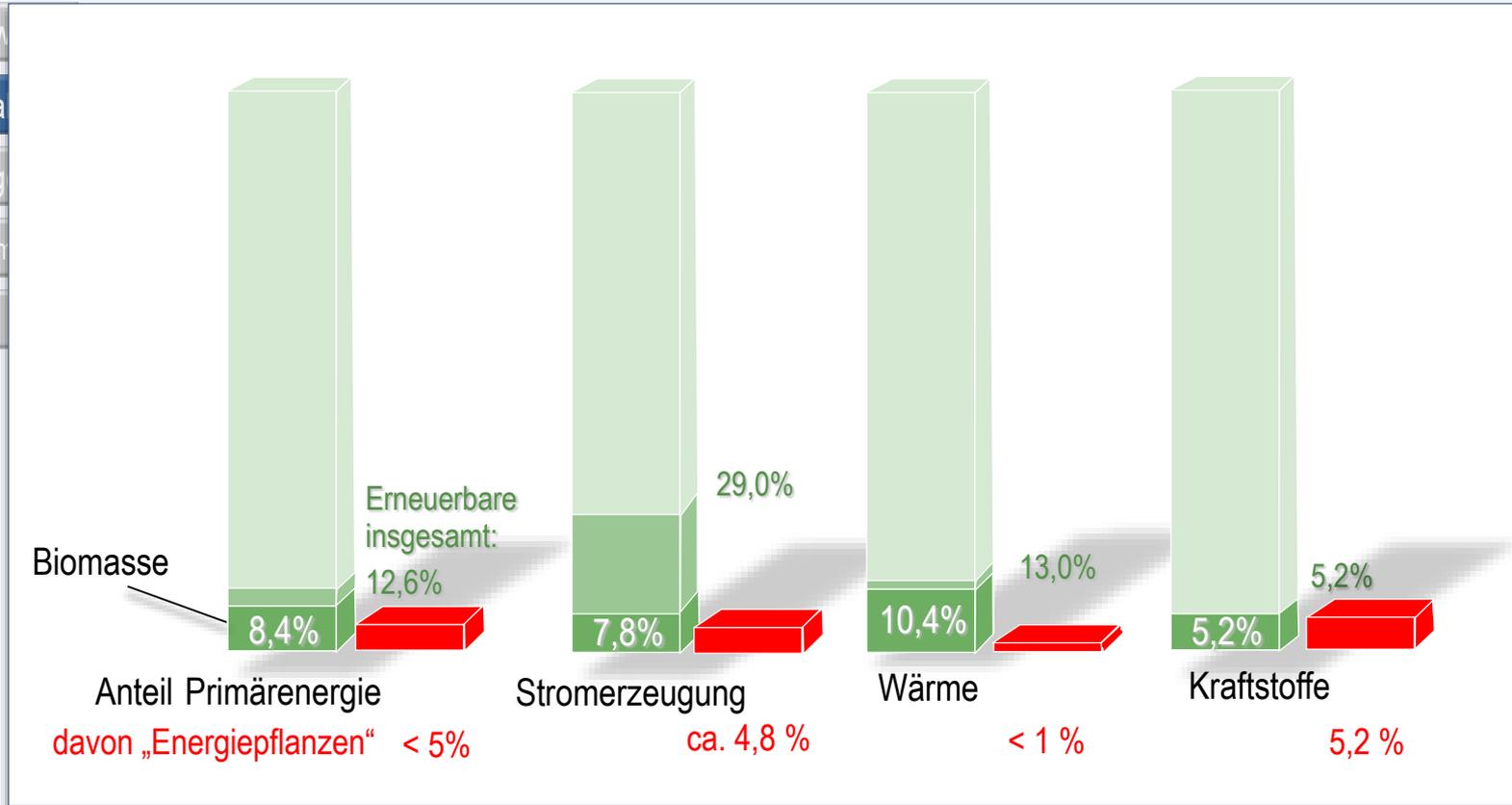
## Scheitholz-Kaminöfen

- ca. 15 Mio. Anlagen

- der überwiegende Anteil der Einzelfeuerungen sind nach wie vor Scheitholzöfen
- Mit Pellets könnten noch große Potentiale erschlossen werden

# Was leistet Bioenergie heute?

Deutschland  
Stand 2016



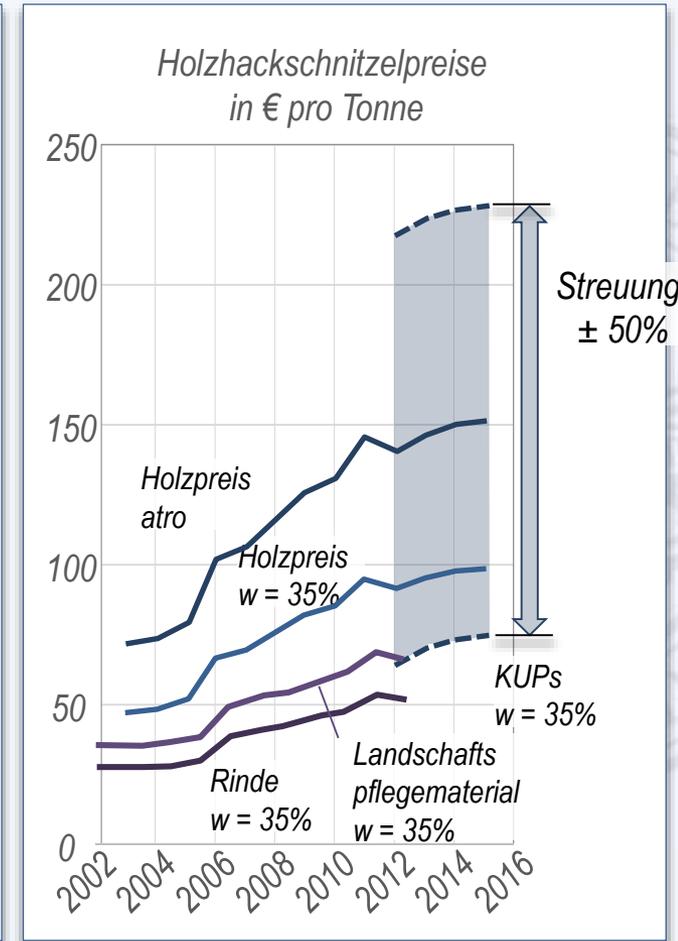
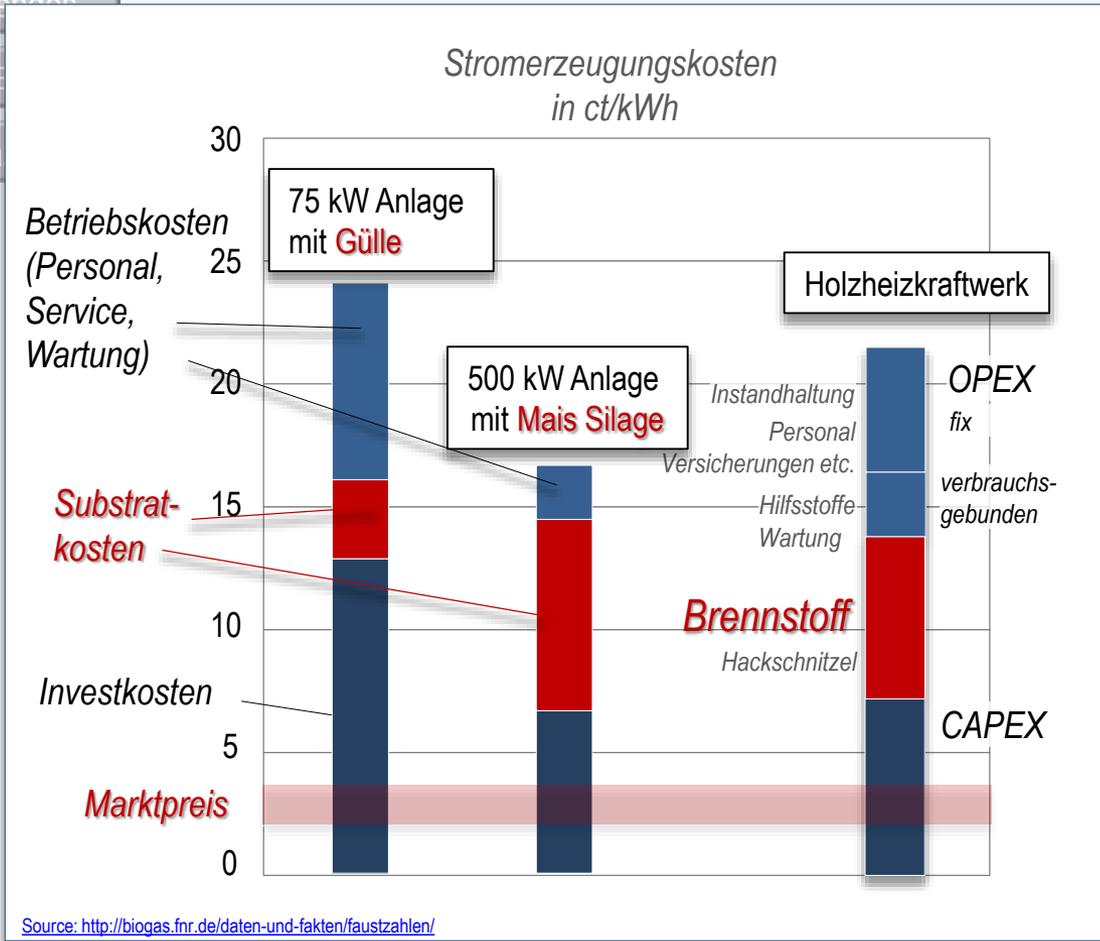
Quelle BMWI Energiedaten, Stand 23.1.2018, <http://www.bmwi.de/Navigation/DE/Themen/energiedaten.html>

- Biomasse liefert heute in Deutschland den größten Primärenergie-Beitrag aller Erneuerbaren Energien
- **ca. 2/3 der Bioenergie stammt derzeit aus „Energiepflanzen“**, ca. 1/3 aus Holz und Abfällen

# Kernproblem

## Wirtschaftlichkeit und Biomassepreise

- Wirtschaftlichkeit hängt entscheidend von **steigenden** Substrat/Holzpreisen ab
- ohne Förderung sind Bioenergieanlagen aufgrund hoher Biomassepreise nicht wettbewerbsfähig
- 2027 erhalten etwa 50% der Anlagen keine Förderung mehr ...





# 3.

## Biomasse für chemische Speicher

- Speicheraufgaben für Energiewende und Mobilität
- Designerkraftstoffe und chemische Speicher aus Biomasse

# Herausforderung Mobilität

der Holzweg

Potentiale

Challenges

PV oder Biomasse

Fazit

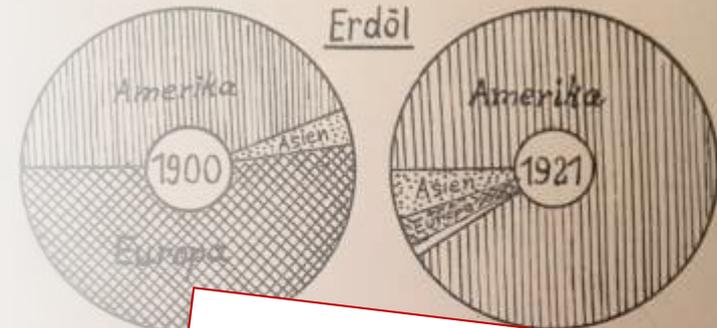


Professor Franz Fischer

Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohlenforschung in  
Mülheim an der Ruhr

Bohrungen ist kaum möglich, so daß man mit Überraschungen rechnen muß. Dagegen existiert eine allerdings nur rohe Schätzung<sup>2)</sup> der wahrscheinlichen Kohlenvorräte, die aus Tafel 1 ersichtlich ist.

Der große Vorteil, den der Besitz flüssiger Betriebsstoffe, also des Erdöles und der aus ihm herstellbaren Produkte für die



**gilt leider heute  
(und morgen wohl) auch noch...**

„Der große Vorteil, den der Besitz flüssiger Betriebsstoffe, also des Erdöles und der aus ihm herstellbaren Produkte für die wirtschaftliche und politische Überlegenheit des betreffenden Staates bietet, hat zu einem intensiven Wettbewerb um die Erdölquellen der Welt geführt. Es ist anzunehmen, daß die Sieger in diesem Kampfe um das Erdöl anderen Ländern nicht mehr davon abgeben werden als von ihrem jeweiligen Überfluß. **Letztere sind deshalb in erster Linie erzwungen, Wege zu suchen, auf denen sie sich das Erdöl und seine Bestandteile ersetzen können.**“

(Franz Fischer, in „Die Umwandlung der Kohle in Öle“, 1923)

# Herausforderung Stromspeicherung

der Holzweg

Potentiale

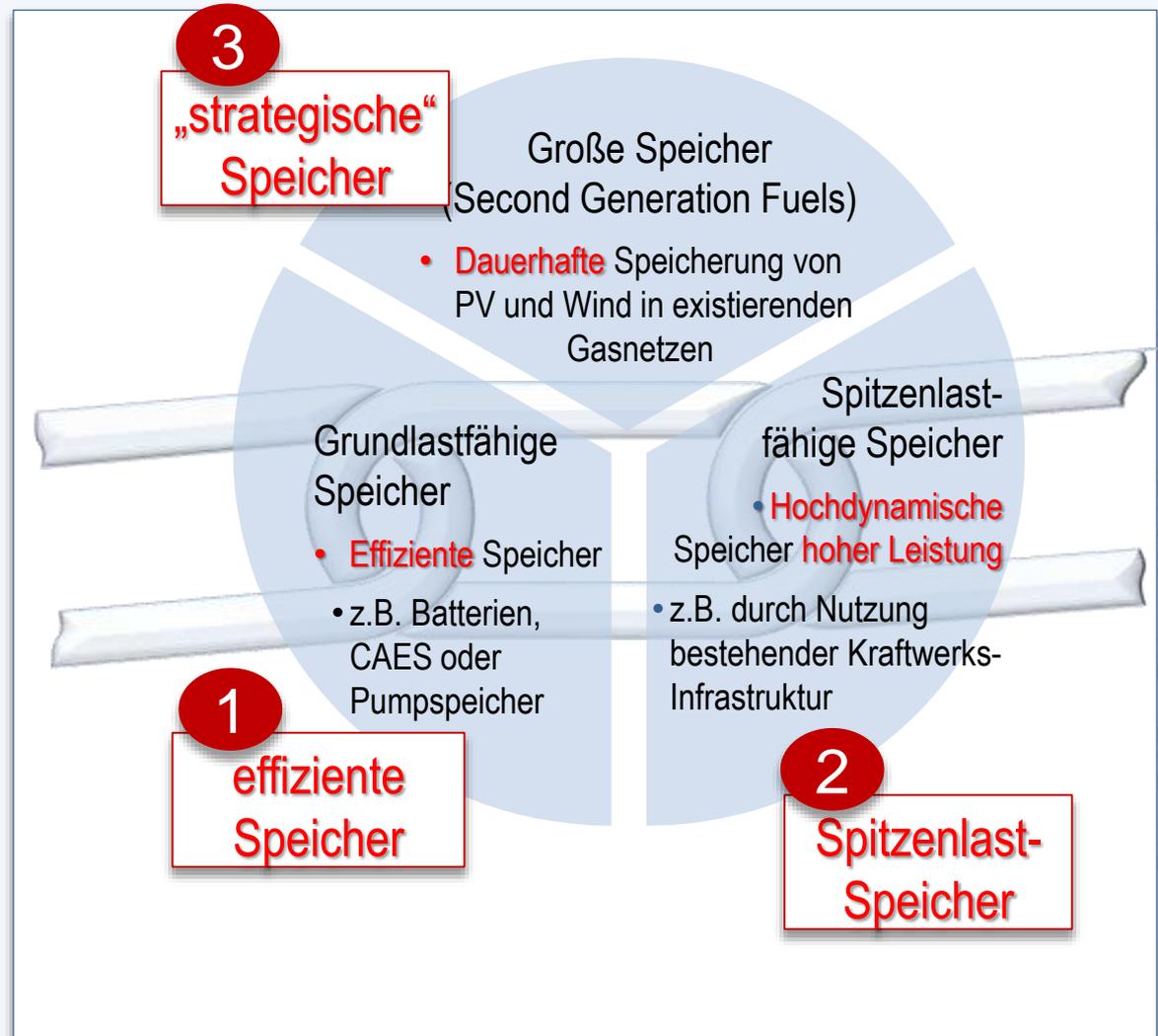
Challenges

PV oder Biomasse

Fazit

## Speicheraufgaben:

- Grundlastfähige Speicher (z.B. Batterien)
- Spitzenlastfähige Speicher (z.B. Hochtemperaturspeicher, Pumpspeicherkraftwerke)
- Systeme mit großen Speicherkapazitäten (Second Generation Fuels bzw. Chemische Speicher)



# Herausforderung Stromspeicherung

der Holzweg

Potentiale

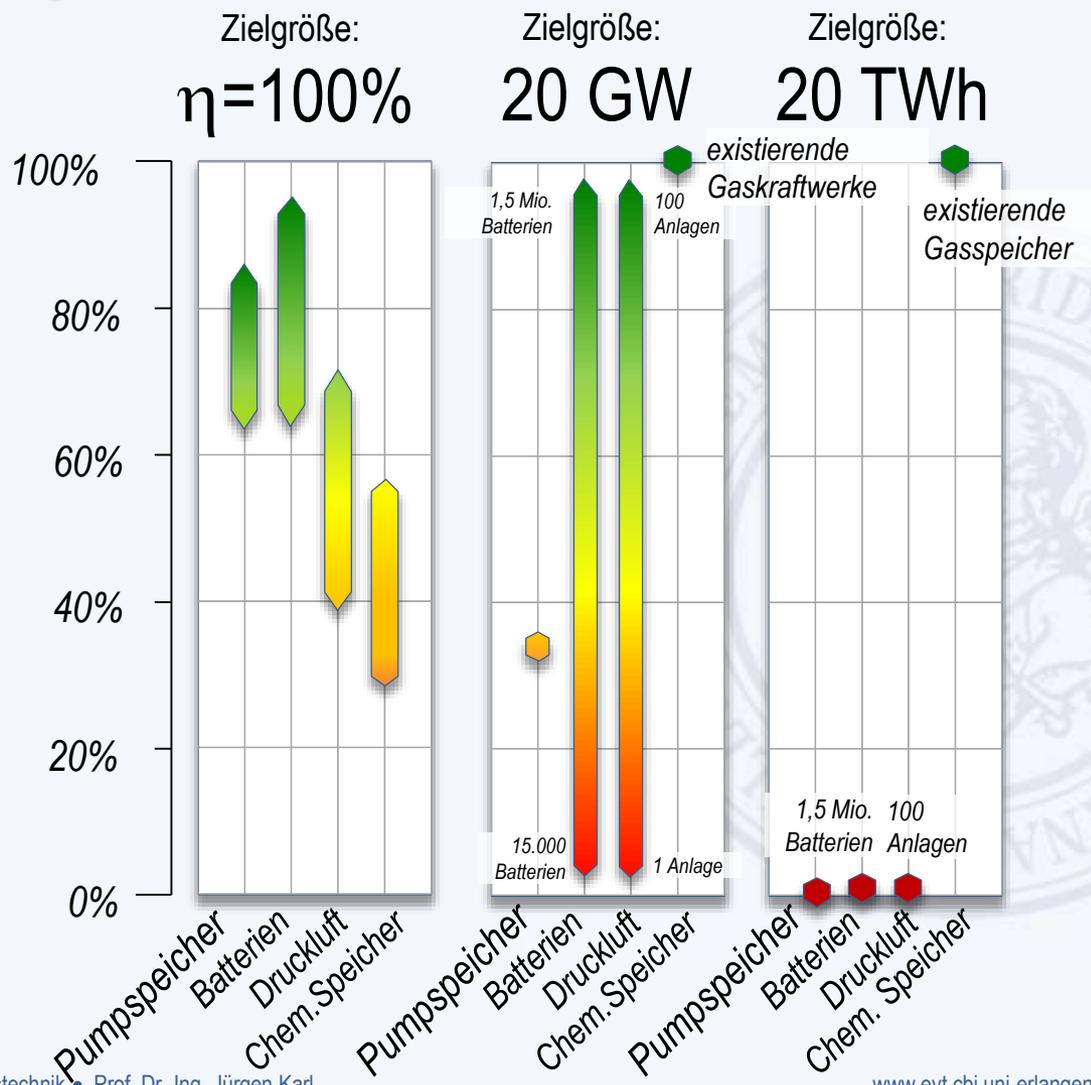
Challenges

PV oder Biomasse

Fazit

## Speicheraufgaben:

- Grundlastfähige Speicher (z.B. Batterien)
- Spitzenlastfähige Speicher (z.B. Hochtemperaturspeicher, Pumpspeicherkraftwerke)
- Systeme mit großen Speicherkapazitäten (Second Generation Fuels bzw. Chemische Speicher)



# Fazit

1.

Fluktuierende politische Einschätzungen bremsen die Bioenergie derzeit massiv

2.

Ohne Biomasse wird die Versorgungssituation in ein paar Jahren noch deutlich spannender...

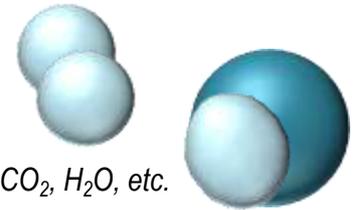
3.

Synthetische Treibstoffe / chemische Energiespeicher sind Schlüsseltechnologien für Energiewende und Mobilität

# Beispiele für Second Generation Fuels:

## Substitute Natural Gas (SNG)

1. Step:  
Thermsiche  
Vergasung



CO



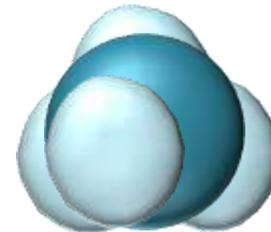
+ 3



hydrogen

hydrogenation

CH<sub>4</sub>



+

H<sub>2</sub>O,  
CO<sub>2</sub>, ...  
**heat**

2. Step:  
Methanisierung

- Erzeugung von synthetischem Erdgas ("Methanisierung")

# Prozesskette zur Erzeugung synthetische Treibstoffe

der Holzweg

Potentiale

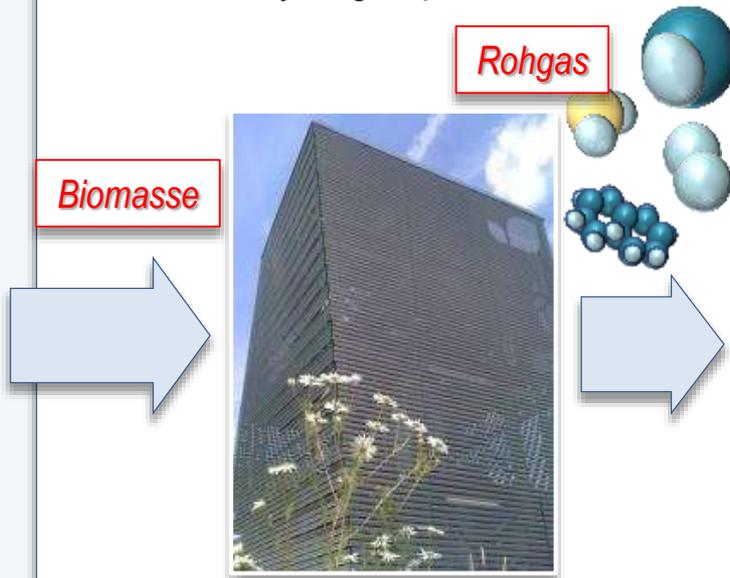
Challenges

PV oder Biomasse

Faz

## 1. Vergasung

- Syngas production
- Hydrogen production



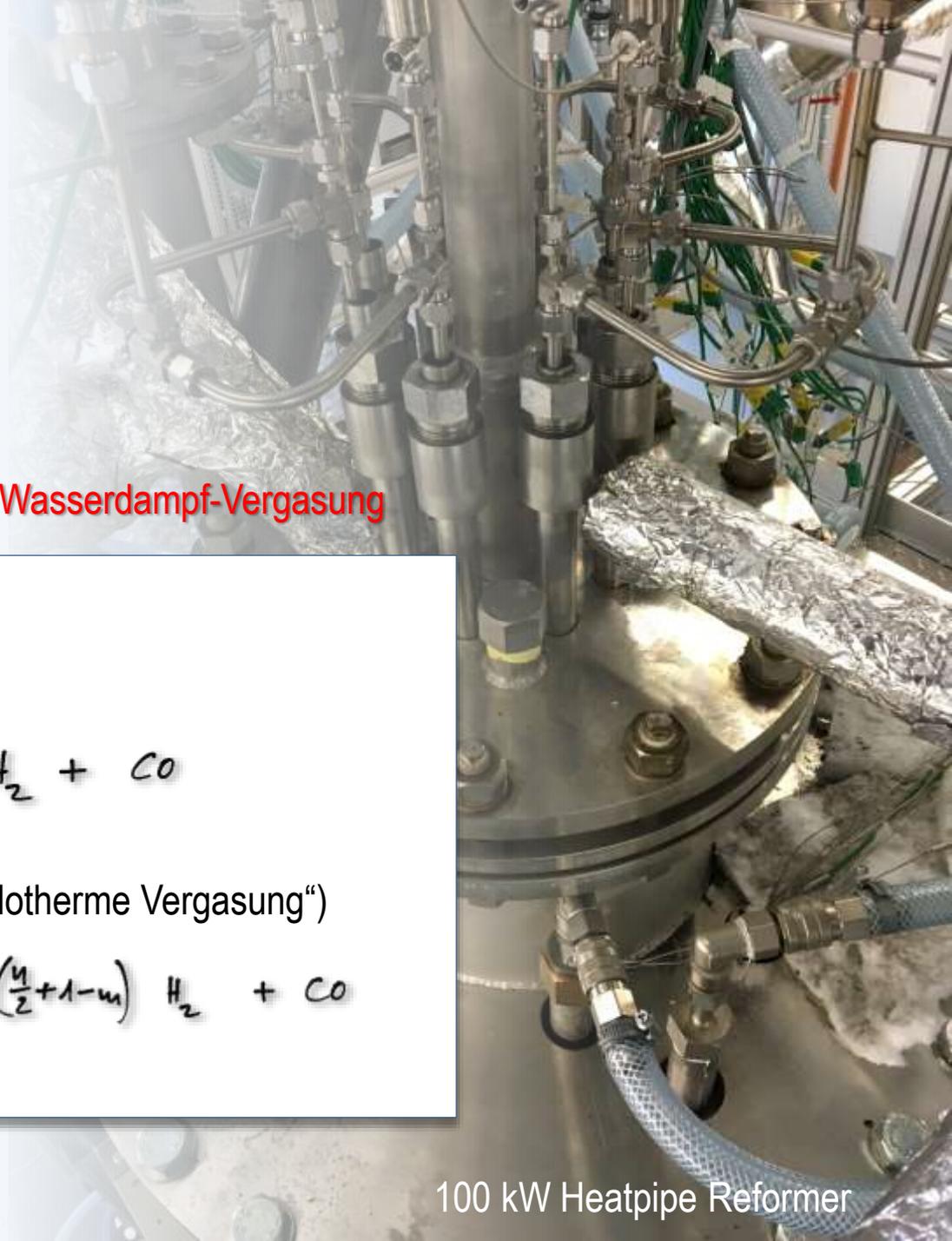
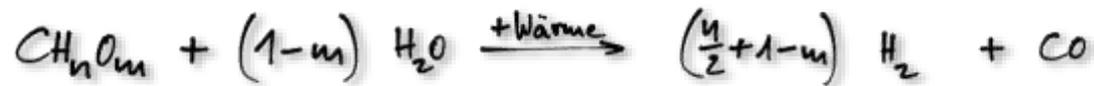
# Forschungsfragen Holz-Vergasung

- Notwendig sind kleine, dezentral nutzbare Vergasungstechnologien
- idealerweise mit (druckaufgeladener) **Wasserdampf-Vergasung**

- **Holz**vergasung mit Sauerstoff („partielle Oxidation“)



- **Holz**vergasung mit Wasserdampf („allotherme Vergasung“)



100 kW Heatpipe Reformer

# Prozesskette zur Erzeugung synthetische Treibstoffe

der Holzweg

Potentiale

Challenges

PV oder Biomasse

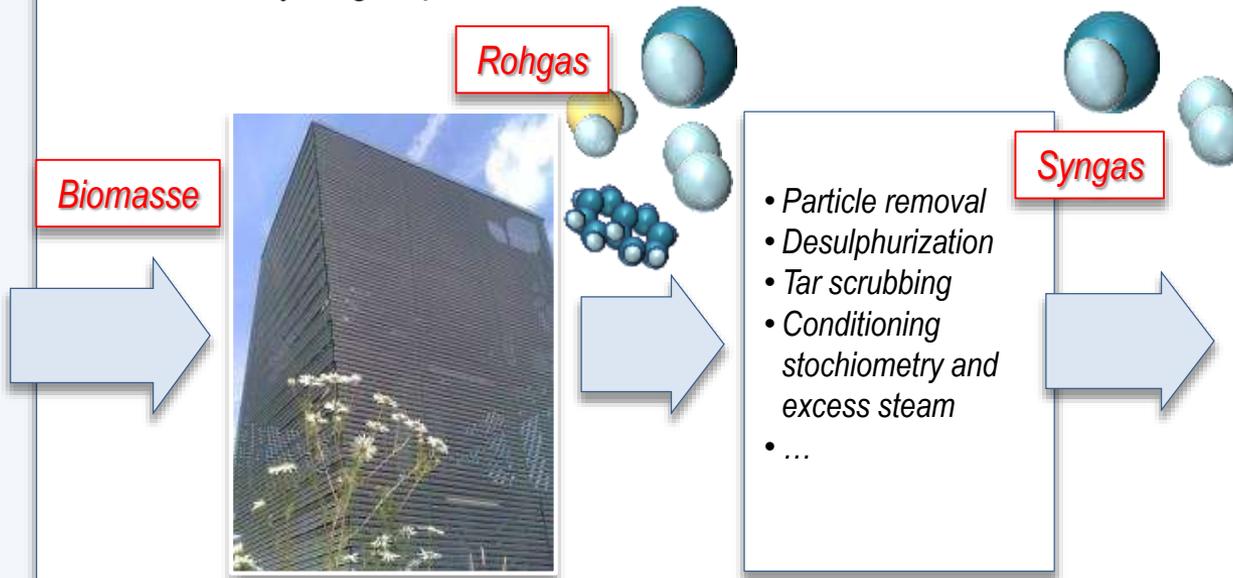
Faz

## 1. Vergasung

- Syngas production
- Hydrogen production

## 2. Gasreinigung

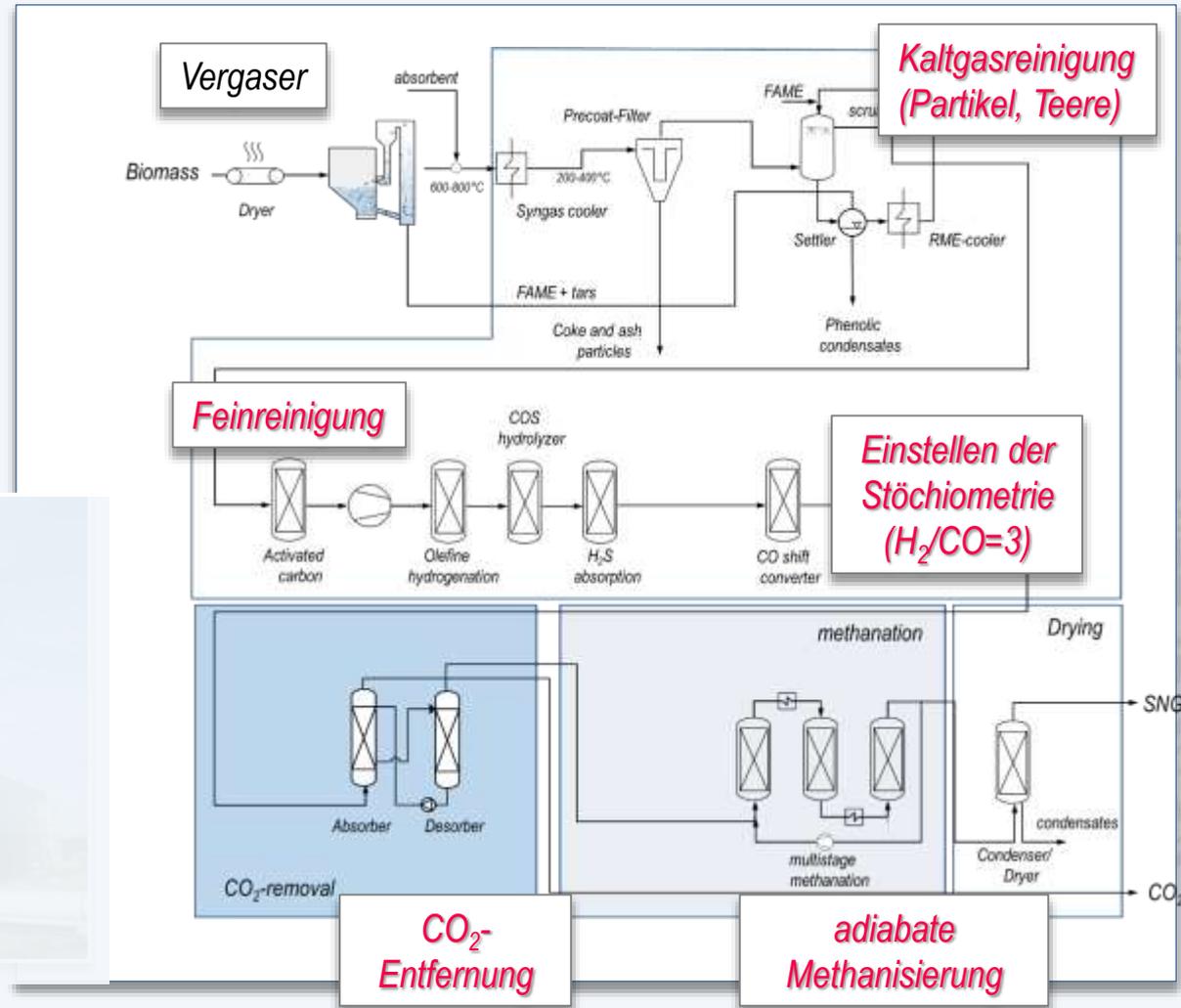
- Syngas cleaning



# Forschungsfragen Gasreinigung

- Prozess entspricht **derzeit** weitgehend den für Kohle realisierten Prozessen
- für Biomasse **viel zu kompliziert und teuer** !

Beispiel: **Erdgas aus Holz**  
 GoBiGas-Anlage, Göteborg



# Prozesskette zur Erzeugung synthetische Treibstoffe

der Holzweg

Potentiale

Challenges

PV oder Biomasse

Faz

## 1. Vergasung

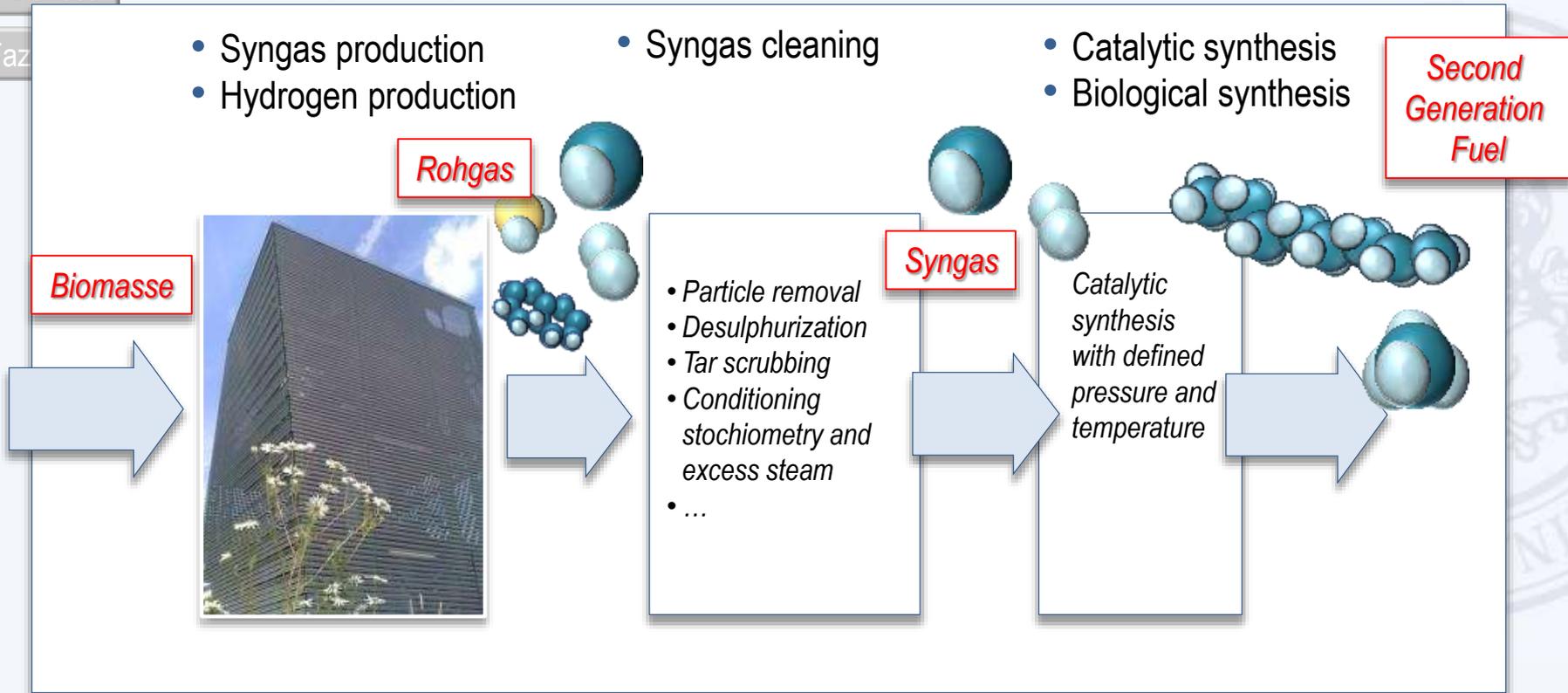
- Syngas production
- Hydrogen production

## 2. Gasreinigung

- Syngas cleaning

## 3. Synthese

- Catalytic synthesis
- Biological synthesis



# Forschungsfragen Synthese

- gebraucht werden kostengünstige und **robuste Katalysatoren** und **flexible Reaktorkonzepte**

## Problem:

- teure (Nickel-)Katalysatoren werden von Kohlenstoff/Teeren, Schwefel und Hot-Spots zerstört...

Katalysator vor...



... und nach Methanisierungsversuchen



Carbon Fibers (Nanotubes)



Mag = 40.00 K X     EHT = 10.00 kV     Date = 6 Jul 2006     FORTBICE-IT  
 29mm     WD = 4 mm     Time = 15:59:53     LEO SUPRA 35VP  
 Signal A = InLens     Noise Reduction = Line Avg



Wirbelschicht-Vergaser

Heißgasreinigung und Methanierung

Gasregelstrecke



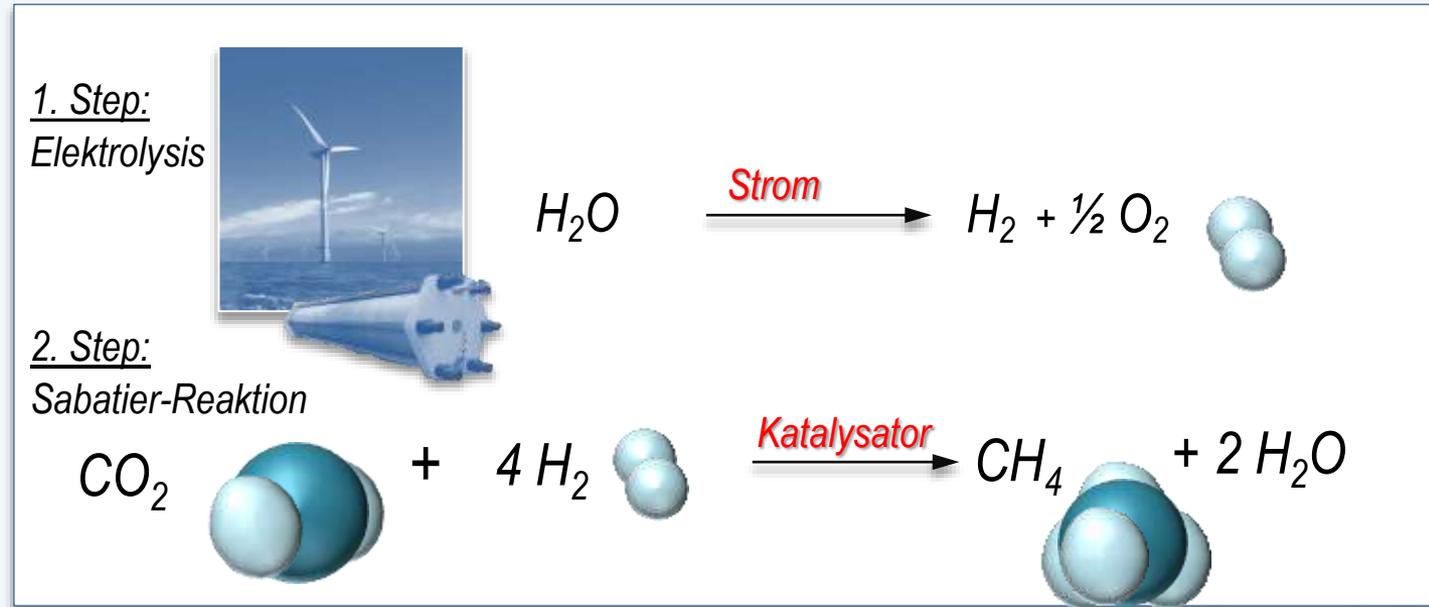
# 4.

## Biomasse oder Wind & PV?

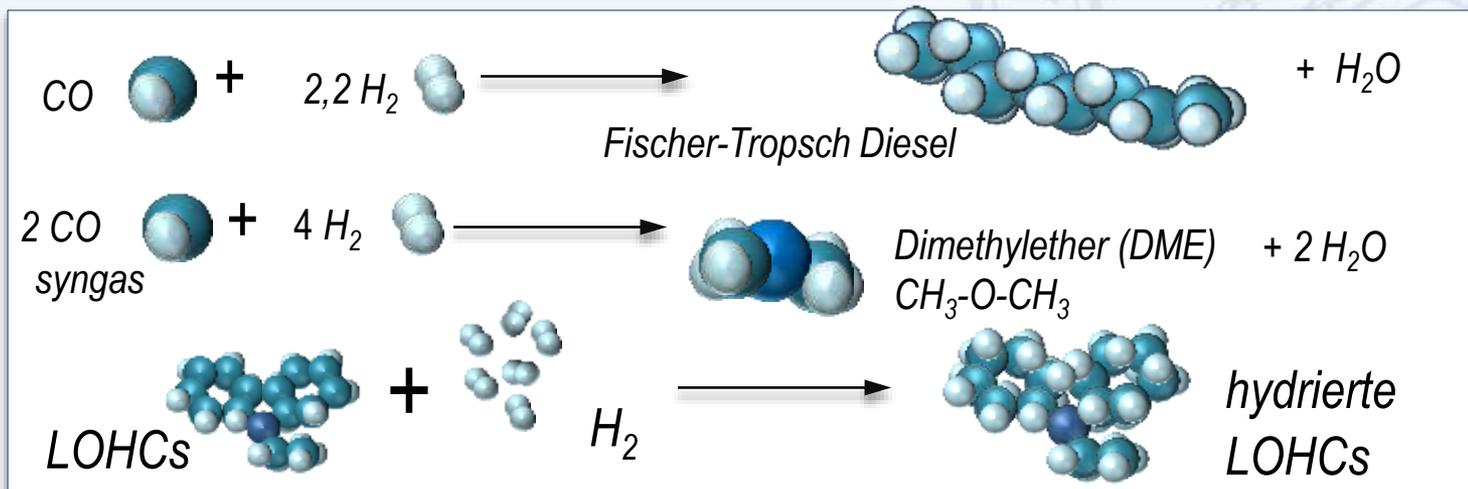
- Power-to-Gas und Power-to-Liquids
- Die Globalisierung der Energiewende

# Weitere Beispiele für Second Generation Fuels:

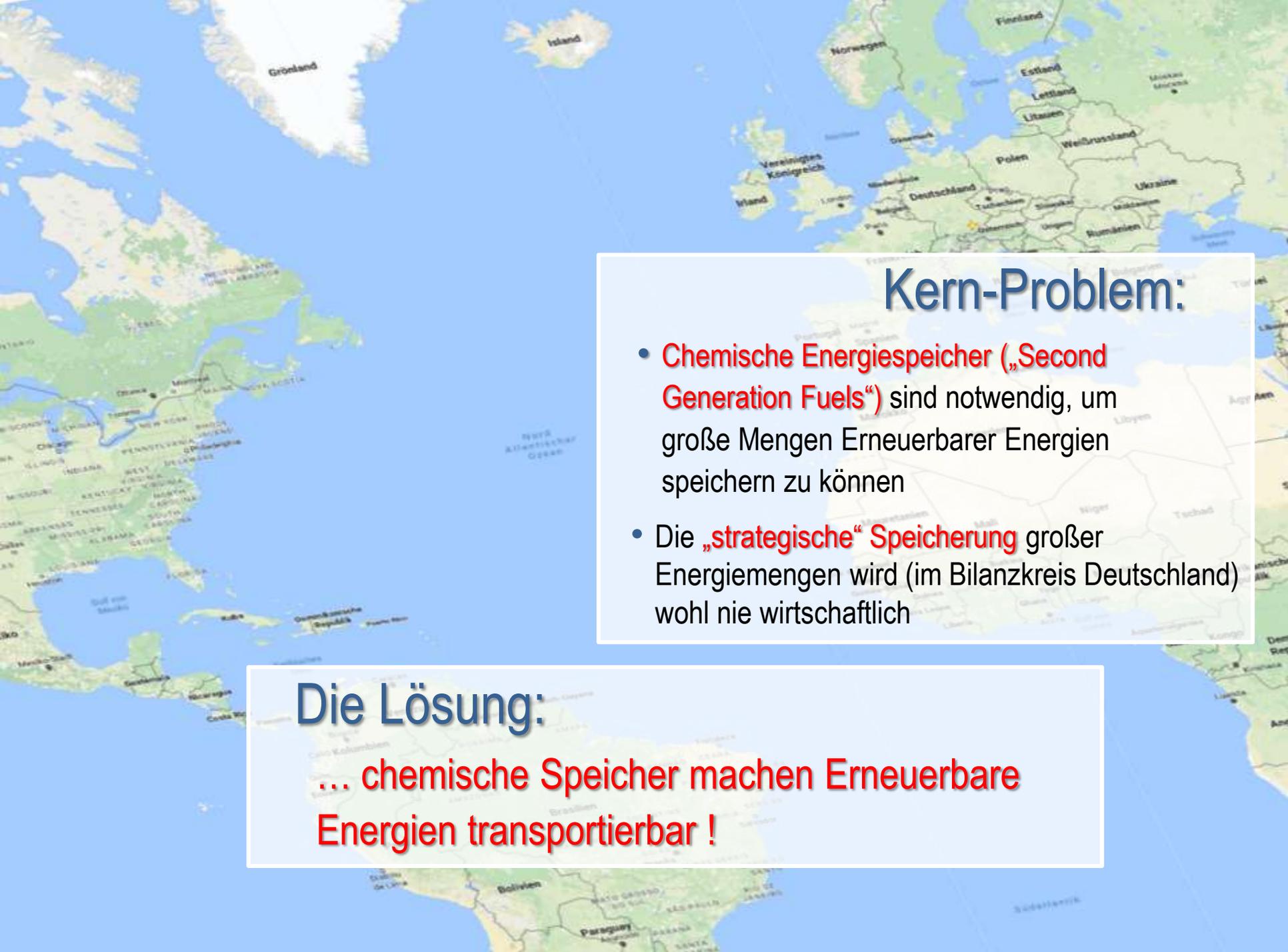
## Power-to-Gas



## Power-to-Liquids



- der Holzweg
- Potentiale
- Challenges
- PV oder Biomasse**
- Fazit



## Kern-Problem:

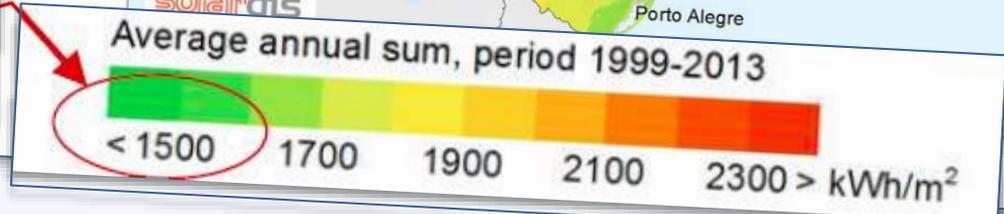
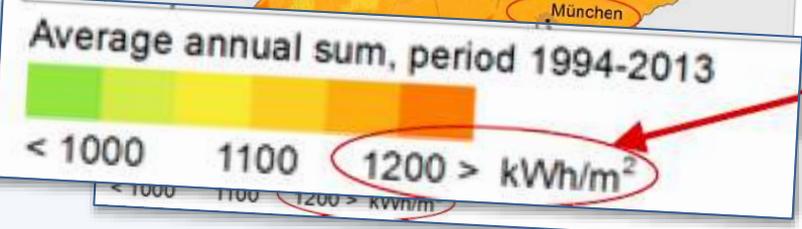
- **Chemische Energiespeicher („Second Generation Fuels“)** sind notwendig, um große Mengen Erneuerbarer Energien speichern zu können
- Die **„strategische“ Speicherung** großer Energiemengen wird (im Bilanzkreis Deutschland) wohl nie wirtschaftlich

## Die Lösung:

**... chemische Speicher machen Erneuerbare Energien transportierbar !**



- Prof. Gilberto Jannuzzi, São Paolo
- iSEneC, RLS Session, Nürnberg 12.7.2016



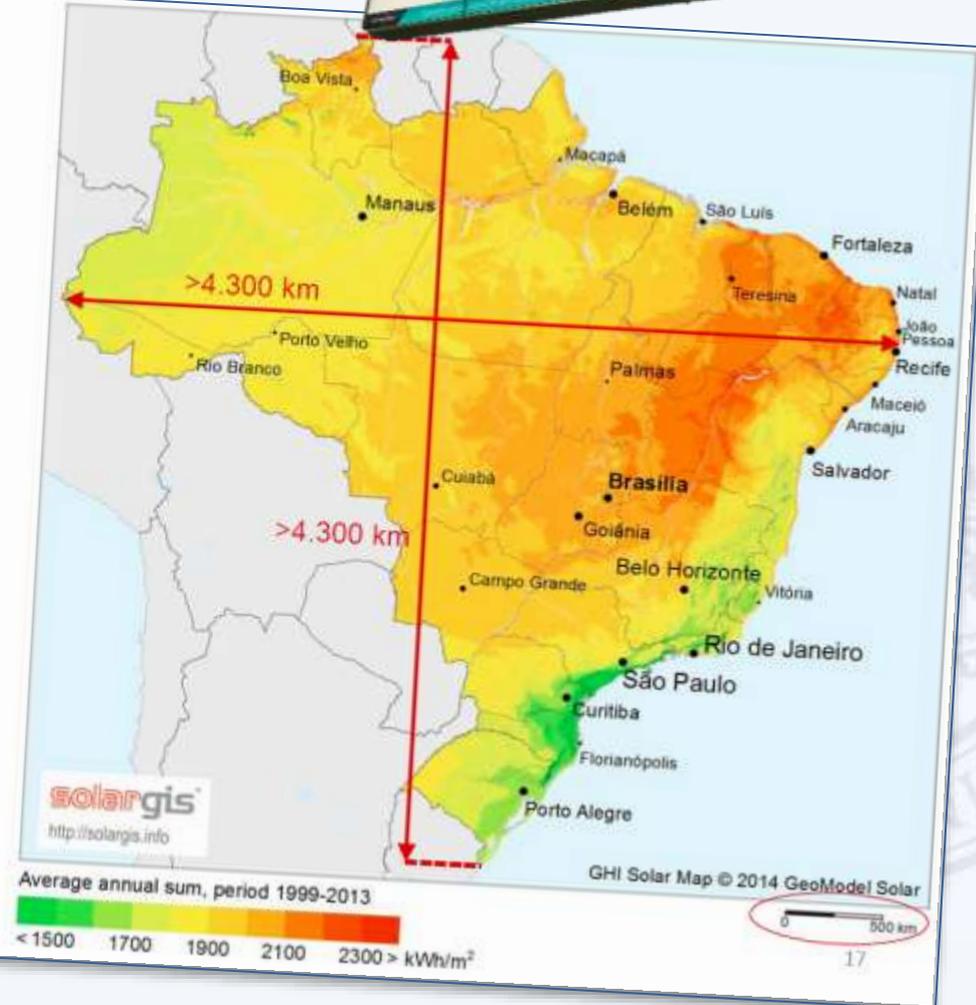


- Prof. Gilberto Jannuzzi, São Paulo
- iSEneC, RLS Session, Nürnberg 12.7.2017



# Germany and Brazil

• Comparison



Sources: <http://solargis.info/doc/free-solar-radiation-maps-GHI>  
[www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/](http://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/)



**Die Lösung:**

**... chemische Speicher machen Erneuerbare  
Energien transportierbar !**

# Bioenergie für künftige Energiesysteme

- Unser künftiges Energiesystem braucht (chemische ~~X~~) Speicher!
- Chemische Speicher brauchen Wasserstoff und Kohlenstoff

**aus Biomasse!**



Wasserstoff

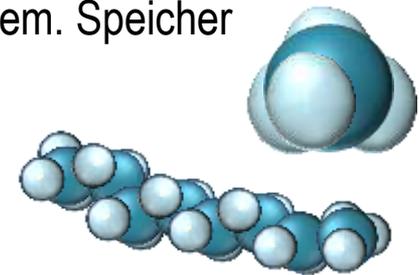


+

Kohlenstoff



chem. Speicher

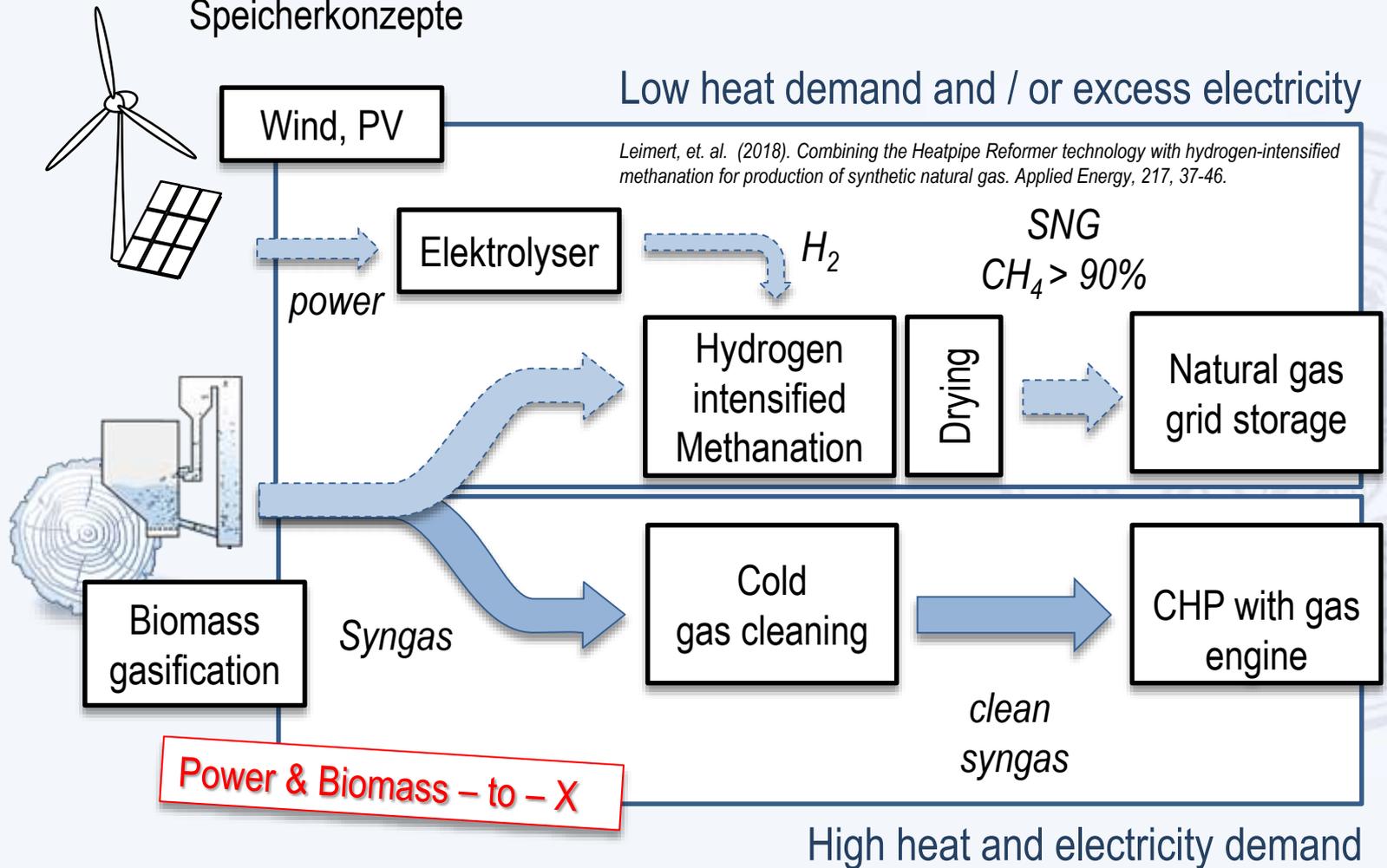


- der Holzweg
- Potentiale
- Challenges
- PV oder Biomasse**
- Fazit

# Bioenergie für künftige Energiesysteme

- Biogene Synthesegase und Elektrolyse-Wasserstoff lassen sich ideal kombinieren
- durch die Kombination ergeben sich hohe Anlagenauslastungen und flexible Speicherkonzepte

- der Holzweg
- Potentiale
- Challenges
- PV oder Biomasse**
- Fazit



# Fazit

1.

Fluktuierende politische Einschätzungen bremsen die Bioenergie derzeit massiv

2.

Ohne Biomasse wird die Versorgungssituation in ein paar Jahren noch deutlich spannender...

3.

Synthetische Treibstoffe / chemische Energiespeicher sind Schlüsseltechnologien für Energiewende und Mobilität

4.

Biomasse ist der „Hidden Champion“ der Energiewende und ergänzt Wind, Wasser und Photovoltaik ideal

und: