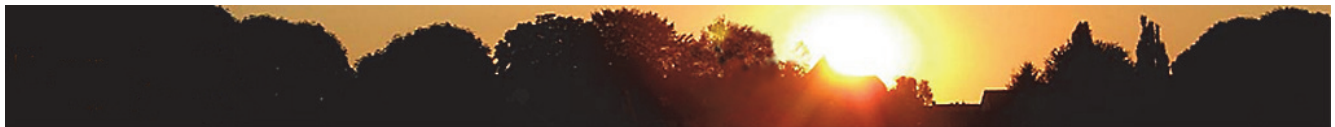


Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt:

## Simulation von Szenarien für 100% nachhaltige Energieversorgung

Hochschule Hannover | Workshop 01.04.2019



### Gutachten zum ‚Runden Tisch Energiewende‘ 2015 – 2016

Beauftragt durch:  
Beauftragtes Konsortium:

Niedersächsisches Ministerium für  
Umwelt, Energie und Klimaschutz



**CUTEC**

Informationen  
Ressourcen  
Energie

**efzn**

Energie-Forschungszentrum  
Niedersachsen



Institut für  
Elektrische Energiesysteme



Institut für Solarenergie-  
forschung Hameln



Institut für Umweltplanung



Ostfalia  
Hochschule für angewandte  
Wissenschaften

### Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen im Jahr 2050

- **Gutachten** – Hannover, April 2016.
- **Zusatzgutachten** – Clausthal-Zellerfeld, 6.10.2016

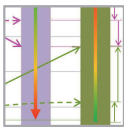
M. Faulstich, H.-P. Beck, R. Brendel, C. v. Haaren,  
R. Hanke-Rauschenbach, J. Kuck, M. Rode,  
H.-H. Schmidt-Kanefendt, J. Ahmels, A. Bensmann,  
F. Dossola, J. Gollenstede, J. z. Hingst, F. Kaiser,  
A. Kruse, J. Krüger, R. Niepelt, C. Palmas, G. Römer,  
I. Ryspaeva, W. Siemers, J.-P. Springmann, C. Yilmaz

Download: [https://noa.gwlb.de/receive/mir\\_mods\\_00001117](https://noa.gwlb.de/receive/mir_mods_00001117)

# Agenda



## Zielfokus



## Methodik



## Szenario Niedersachsen 100% EE



## Workshop

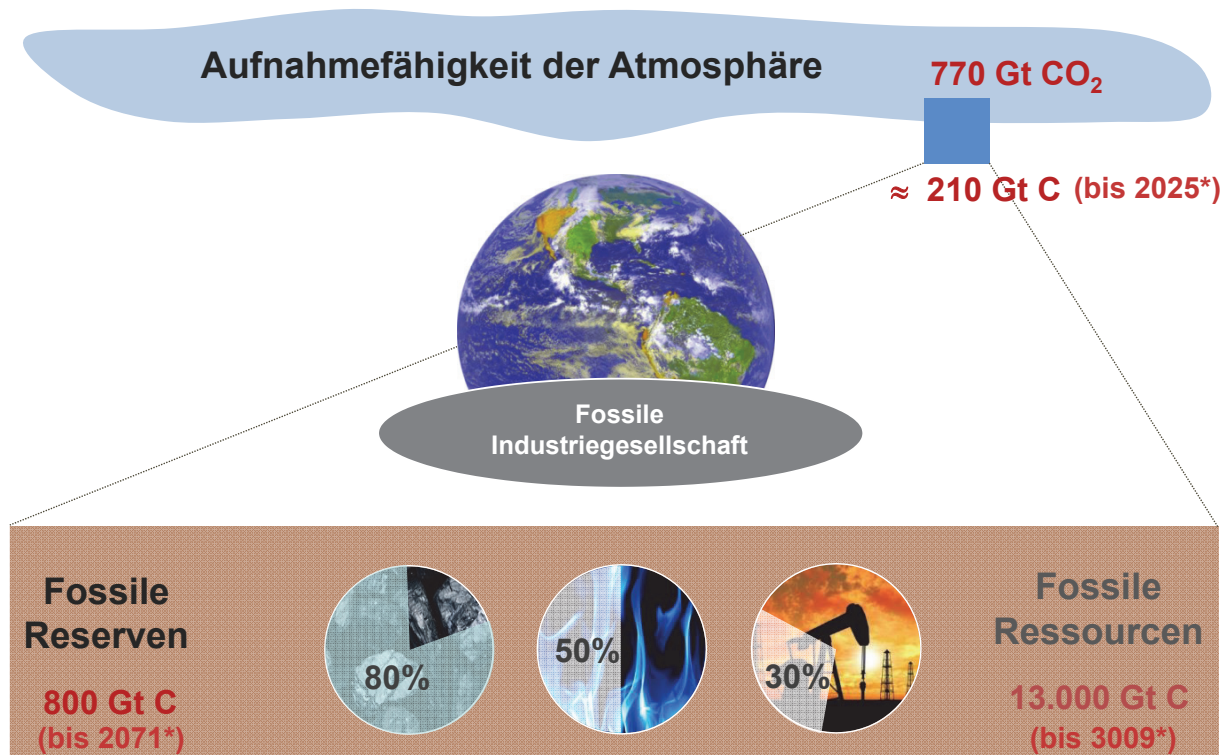
Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

Workshop Energieszenarien 100%

3

## Zielfokus

„2-Grad Ziel“ > Dekarbonisierungs-Budget



\*) Reichweite bei 13 Gt C Jahresverbrauch.

Darstellung: Faulstich M. nach Meinshausen et al. 2009, WBGU 2009, BGR 2011, Nature 2015. Eigene Berechnungen.  
Schmidt-Kanefendt, 15.12.2017

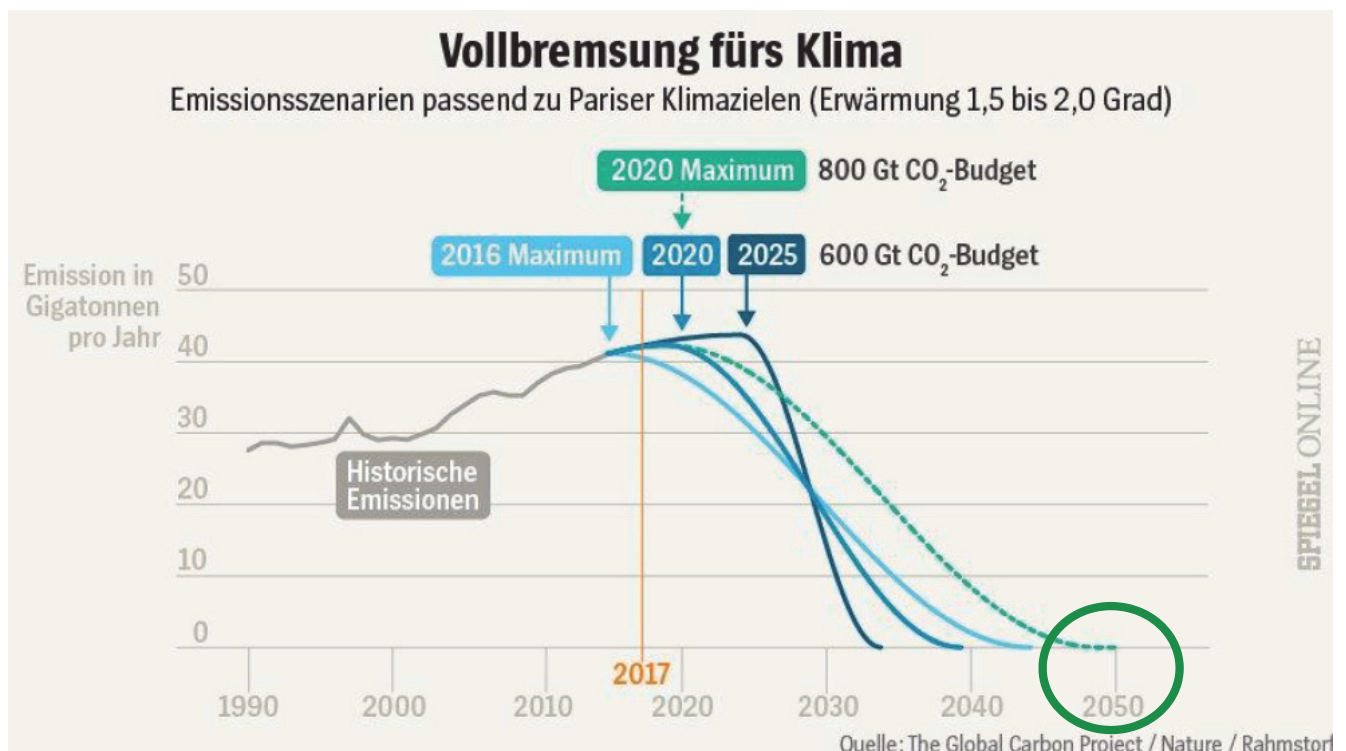
Workshop Energieszenarien 100%

4

Folienkonzept: Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt nach Vorlage Faulstich 2015 (2Grad181129)

## Zielfokus

### Dekarbonisierungs-Ziel



Bildrechte ungeklärt

Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

Workshop Energieszenarien 100%

5

## Zielfokus

### Backcasting



⇒ **Risikominimierung von Fehlinvestitionen, Zeitverzügen, Existenzgefahren**

Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

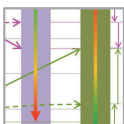
Workshop Energieszenarien 100%

6

# Agenda



## Zielfokus



## Methodik



## Szenario Niedersachsen 100% EE



## Workshop

Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

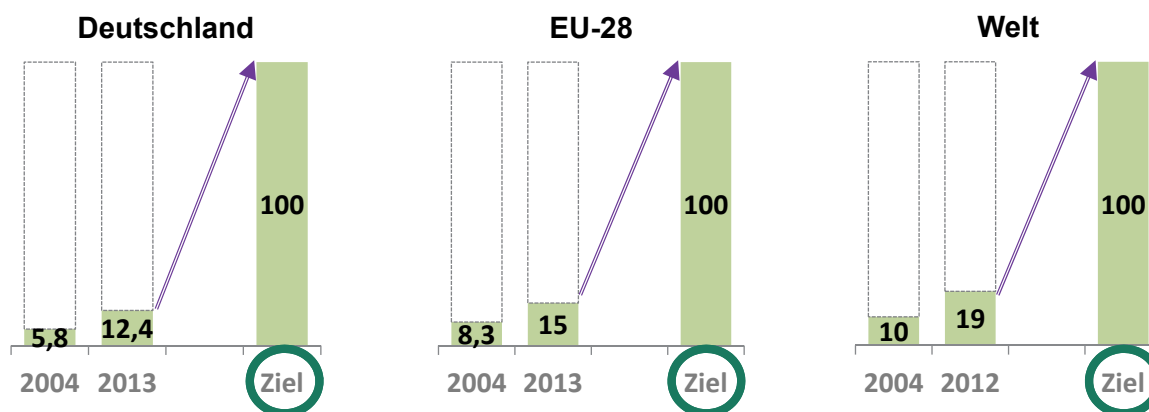
Workshop Energieszenarien 100%

7

## Methodik

### Selbstversorgung

#### Erneuerbarer Anteil am Energieverbrauch\* (%):



Importe?

Weltmarktpreise?  
Zugangssicherung?  
Verteilungskonflikte?

⇒ Selbstversorgung = Vermeidung gravierender Import-Unsicherheiten

\*) Bruttoendenergieverbrauch über sämtliche Energieträger

Quellen: [https://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare\\_Energien](https://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare_Energien), abgerufen am 28.10.2015.

Share of renewable energy in gross final energy consumption. Internetseite der Europäischen Union. Abgerufen am 13. Juni 2015.

Global Status Report 2014. Internetseite von REN21. Abgerufen am 8. August 2014..

Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

Workshop Energieszenarien 100%

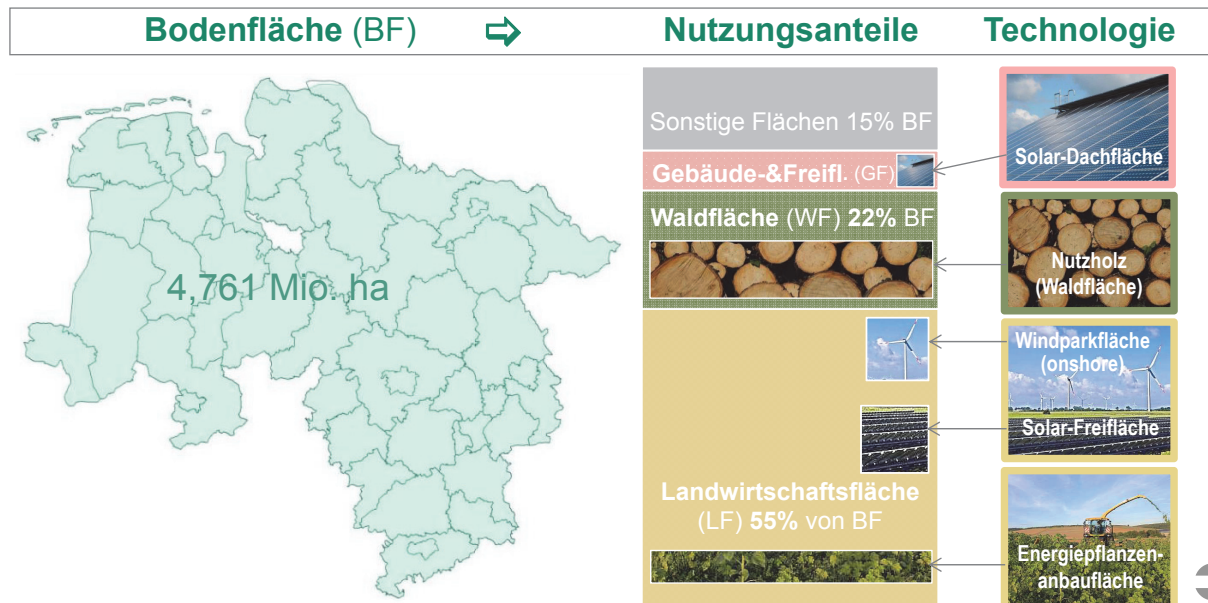
8

## Methodik

### Physische Bedingungen vorrangig

Erneuerbare Energien gewinnen = natürliche Energieströme in der Fläche auffangen

$$\text{Energieertrag} = \text{Fläche} \times \text{Intensität}_{\text{fix}} \times \text{Wirkungsgrad}_{\text{Technologie}}$$



### ⇒ Realistische Sicht auf harte Potenzialgrenzen und Nutzungskonkurrenzen

In Anlehnung an: Faulstich M. et al., Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen 2050, Hannover, April 2016.  
Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

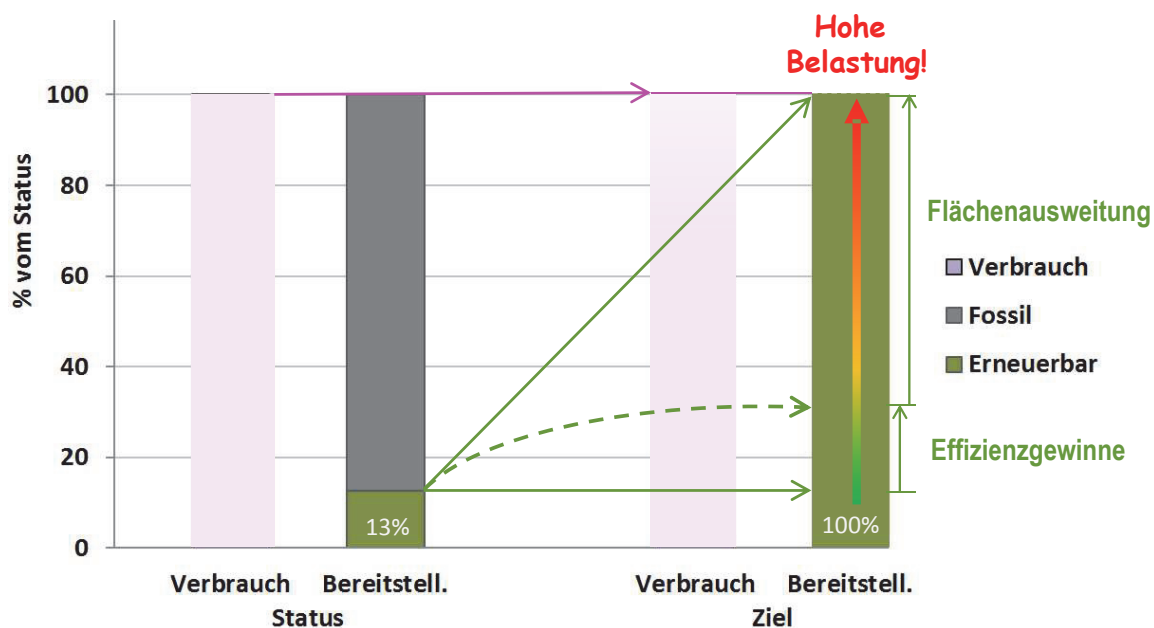
Workshop Energieszenarien 100%

9

Folienkonzept: Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt nach Vorlage Faulstich 2015 (Fläch181129)

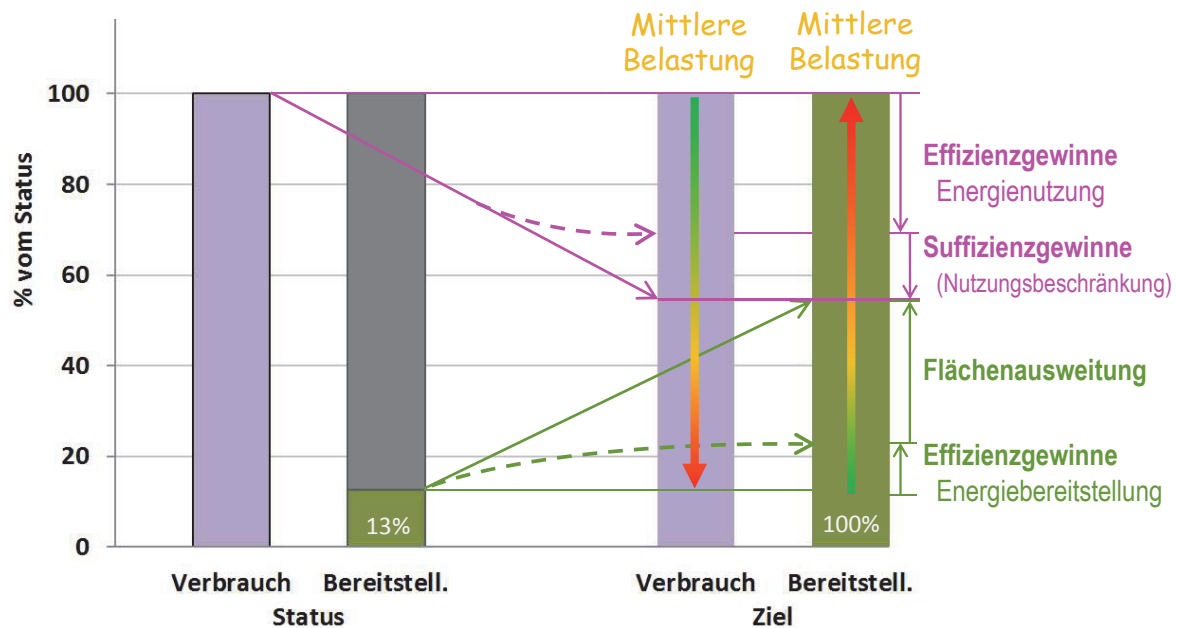
## Methodik

### Verbrauchsdeckung voll durch Erneuerbare Energien



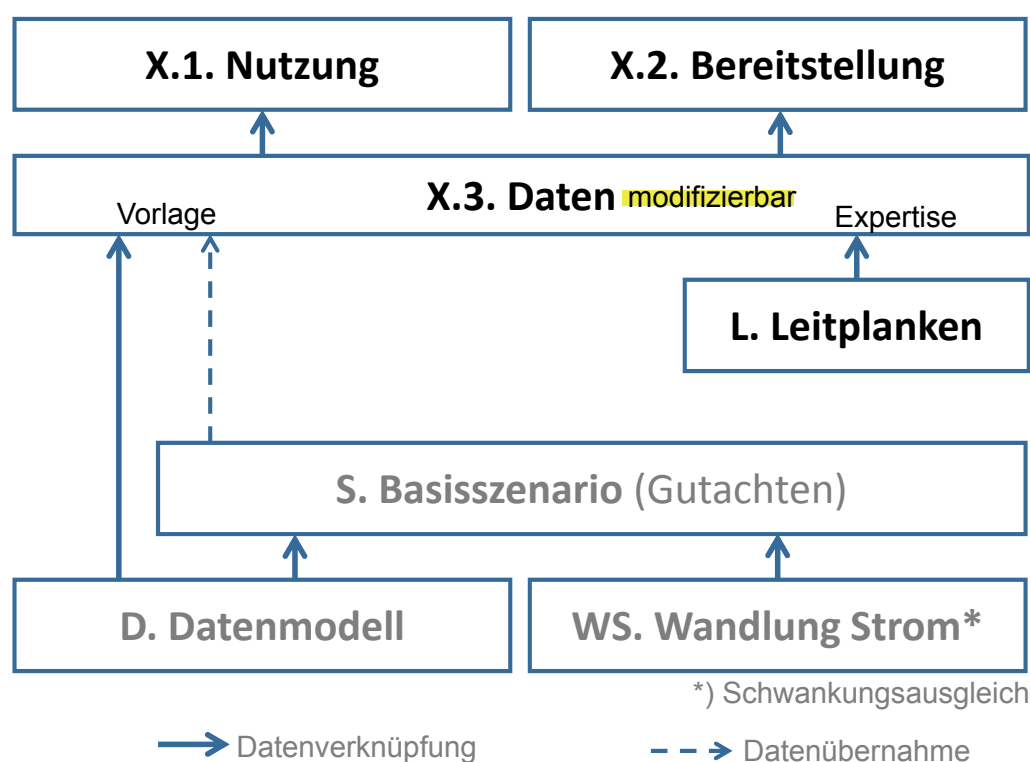
## Methodik

### Entlastung durch reduzierten Verbrauch



## Methodik

### Simulationssystem

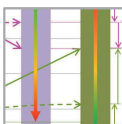




# Agenda



## Zielfokus



## Methodik



## Szenario Niedersachsen 100% EE



## Workshop

Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

Workshop Energieszenarien 100%

13

## Szenario Niedersachsen 100% EE Verminderung des Endenergieverbrauchs\*



### Strom-Anwendungen

- Effizientere Elektrogeräte
- Reduziertes Produktionsvolumen



### Gebäudewärme-Anwendungen

- Weitgehende Gebäudesanierung
- Nutzung von Umwelt- & Abwärme



### Prozesswärme-Anwendungen

- Erhöhte Prozesseffizienz
- Reduziertes Produktionsvolumen



### Mobile Anwendungen

- Weitgehende Elektrifizierung
- Verminderte Verkehrsleistung

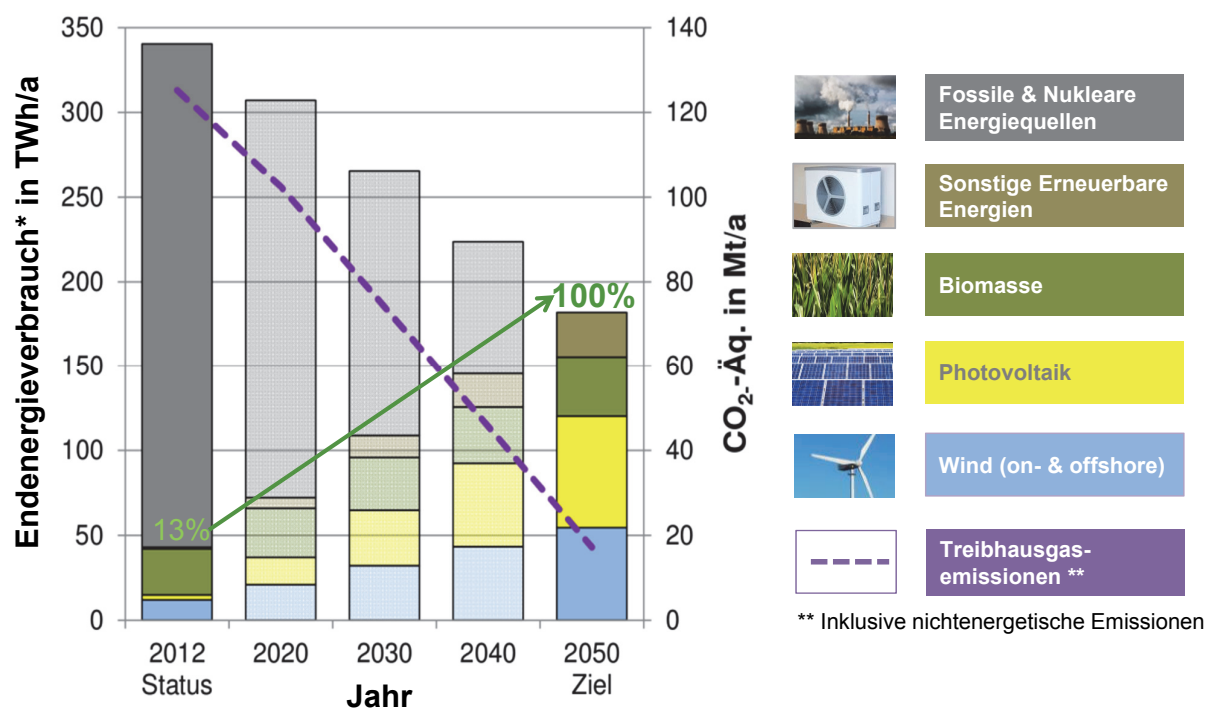
\*) Verursacht von 10,7 Mio. Energieverbrauchern in Niedersachsen und benachbarten Ballungszentren gemäß Solidarprinzip.

Quelle: Faulstich M. et al., Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen 2050, Hannover, April 2016.  
Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

Workshop Energieszenarien 100%

## Szenario Niedersachsen 100% EE

### Vollversorgung mit erneuerbaren Energien



\*) Verursacht von 10,7 Mio. Energieverbrauchern in Niedersachsen und benachbarten Ballungszentren gemäß Solidarprinzip.

Quelle: Faulstich M. et al., Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen 2050, Hannover, April 2016.  
Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

Workshop Energieszenarien 100%

15

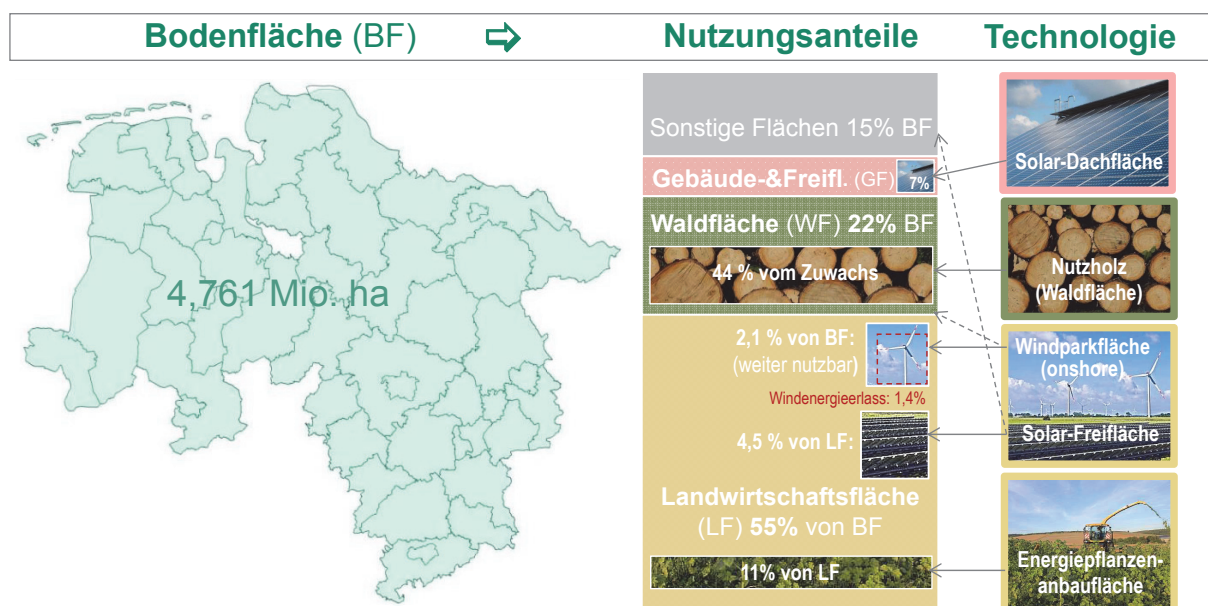
Folienkonzept: Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt nach Vorlage Faulstich 2015 (100EE170828)

## Szenario Niedersachsen 100% EE

### Flächenbeanspruchung zur Bedarfsdeckung

Erneuerbare Energien gewinnen = natürliche Energieströme in der Fläche auffangen

$$\text{Energieertrag} = \text{Fläche} \times \text{Intensität}_{\text{fix}} \times \text{Wirkungsgrad}_{\text{Technologie}}$$



In Anlehnung an: Faulstich M. et al., Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen 2050, Hannover, April 2016.  
Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

Workshop Energieszenarien 100%

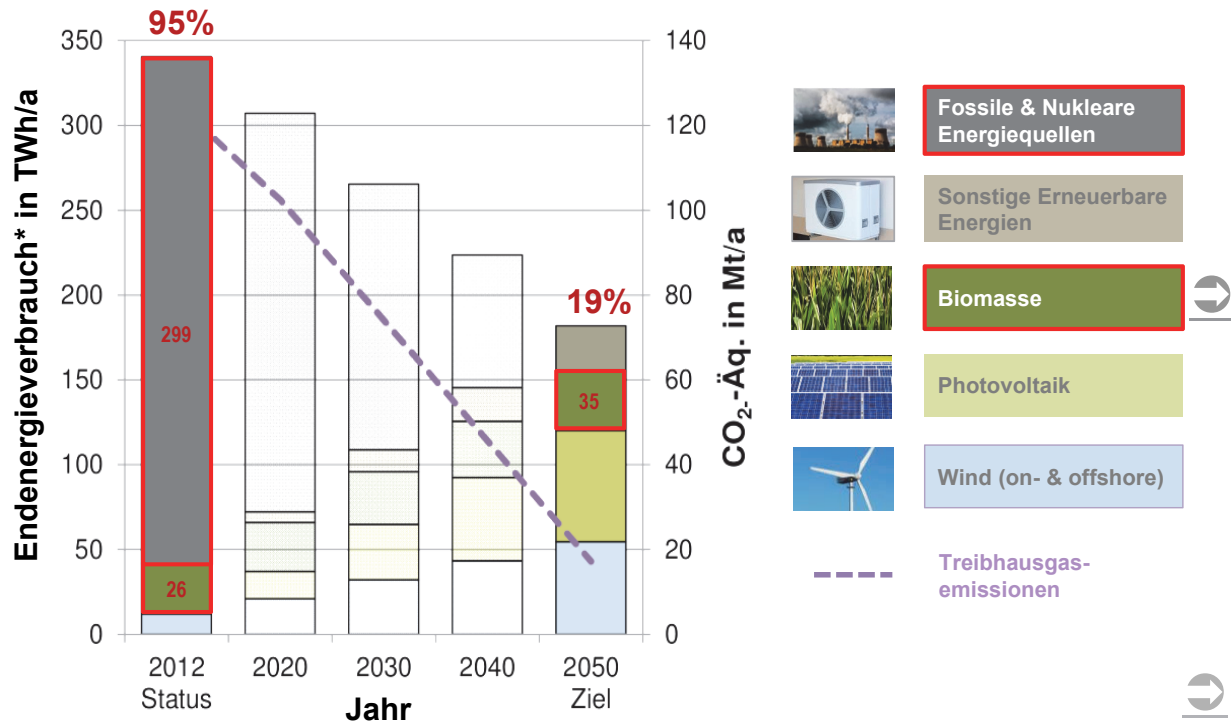
16

Folienkonzept: Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt nach Vorlage Faulstich 2015 (Fläch170828)



## Szenario Niedersachsen 100% EE

### Anteil der Brennstoffe



\*) Verursacht von 10,7 Mio. Energieverbrauchern in Niedersachsen und benachbarten Ballungszentren gemäß Solidarprinzip.

Quelle: Faulstich M. et al., Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen 2050, Hannover, April 2016.  
Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

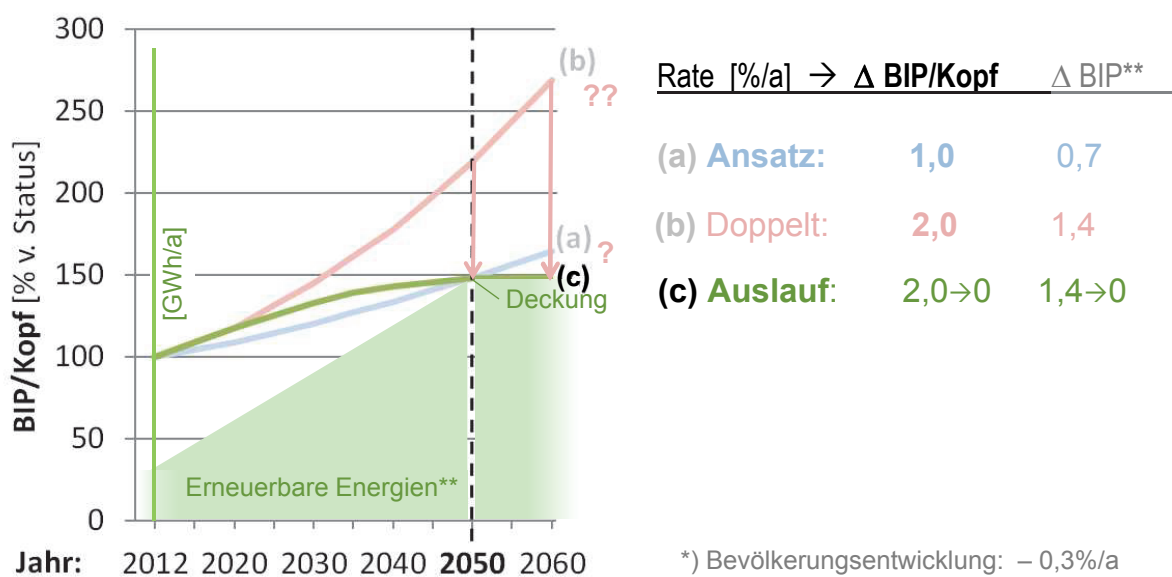
Workshop Energieszenarien 100%

17

Folienkonzept: Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt nach Vorlage Faulstich 2015 (100EE170828)

## Szenario Niedersachsen 100% EE

### Wirtschaftswachstum



\*\*) These: Energiebedarf auf Dauer nicht vom Wirtschaftswachstum zu entkoppeln.  
Vereinfachte Darstellung hier: Energiebedarf proportional zum Bruttoinlandsprodukt

⇒ **Szenario-Gültigkeit über Zieljahr hinaus nur bei Null-Wachstum**

(vgl. Seidl I., Zahrnt A.: Postwachstumsgesellschaft. Metropolis, Marburg 2010.)

Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

Workshop Energieszenarien 100%

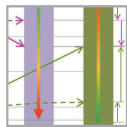
18

Folienkonzept: Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt (WiWa181129)

# Agenda



## Zielfokus



## Methodik



## Szenario Niedersachsen 100% EE



# Workshop

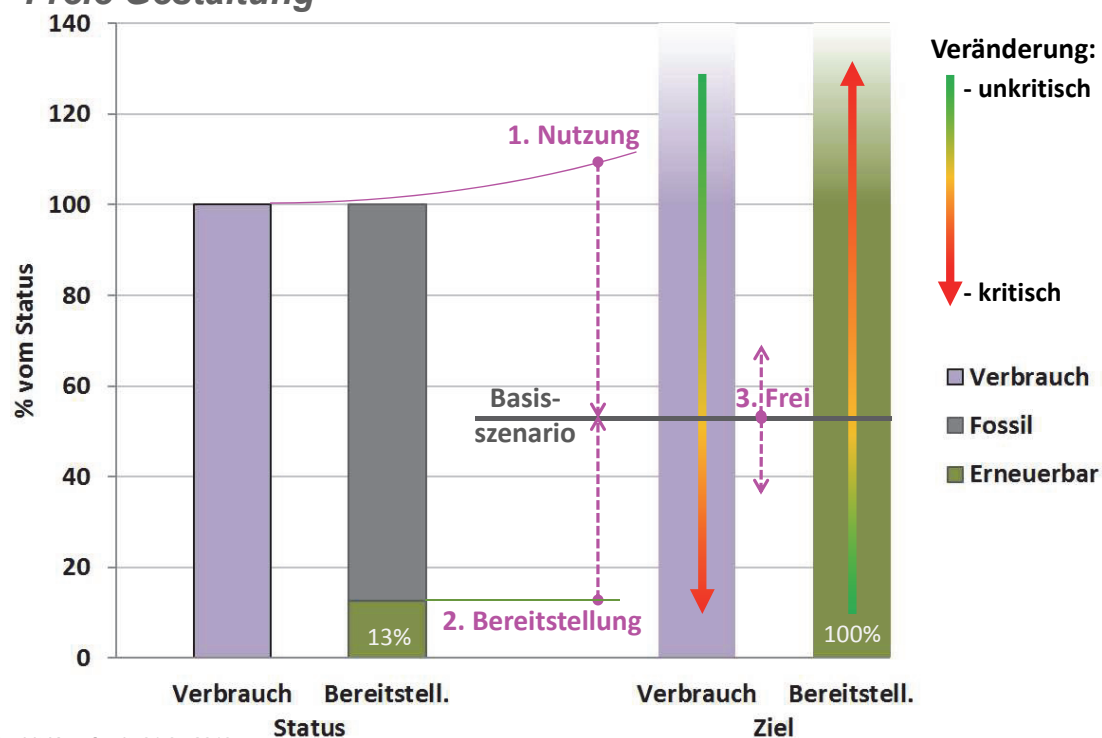
Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

Workshop Energieszenarien 100%

19

## Workshop - Phasen

1. **Energieverbrauch auf Nutzungsseite reduzieren**
2. **Bereitstellung Erneuerbarer Energien steigern**
3. **Freie Gestaltung**



Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

Workshop Energieszenarien 100%

20

# Workshop

## Entscheidungsprozess

Teilnehmerkreis entwirft ein **Szenario frei nach eigenen Vorstellungen**.

Persönliche Kernfrage: „**Wenn ich allein bestimmen könnte, dann würde ich...**“

Teilnehmerkreis wird im Modell von Entscheidung zu Entscheidung geführt (Plot).

Entscheidungen werden nach **Diskussion** gemeinsam über **Abstimmung** getroffen.

**Moderation** jeder Entscheidung jeweils von einem anderen Teilnehmer:

1. „**Ich könnte mir spontan Ansatz X vorstellen, meine Begründung...**“  
oder „**Wer hat dazu einen Vorschlag?**“
2. Nach Vorschlag: „**Gibt es andere Vorstellungen?**“
3. Nach Diskussion: „**Mir scheint Ansatz Y als Favorit, bitte um Handzeichen**“  
(falls keine Mehrheit, mit geändertem Ansatz wiederholen)

Zeitraumen pro Ansatz: 5 Minuten!

# Workshop

## Ablaufvorschlag

**10:00** Begrüßung, Vorstellungsrunde

**10:15** Einführung

**11:00** Phase 1: Energieverbrauch auf Basis-Szenario-Niveau reduzieren  
(30 Minuten + 15 Entscheidungen à 5 Minuten = 105 Minuten)

11:30 Kaffeepause zwischendurch

13:00 Mittagspause

**13:30** Phase 2: Bereitstellung Erneuerb. Energien auf BS-Niveau erhöhen  
(30 Minuten + 12 Entscheidungen à 5 Minuten = 90 Minuten)

15:00 Kaffeepause

**15:15** Phase 3: Eigenes Szenario frei gestalten

**16:00** Bewertung und Fazit

**16:30** Mögliche Fortführung in Projekten

17:00 Ende der Veranstaltung



## Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt, Ing. (grad.)

wattweg:

📄 Büntewinkel 4 b

38690 Goslar

🌐 <http://wattweg.net>

✉ [info@wattweg.net](mailto:info@wattweg.net)

Ostfalia Hochschule:

Fakultät Versorgungstechnik

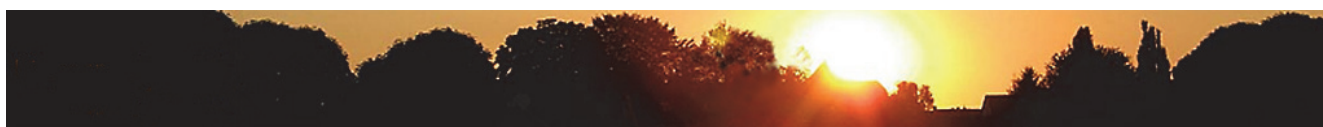
Regionale Energiekonzepte

📄 Salzdhumer Straße 46/48

38302 Wolfenbüttel

✉ [h-h.schmidt-kanefendt@ostfalia.de](mailto:h-h.schmidt-kanefendt@ostfalia.de)

Alle verwendeten Fotos: Entweder Schmidt-Kanefendt oder lizenzfrei von pixabay (<https://pixabay.com/de/>)



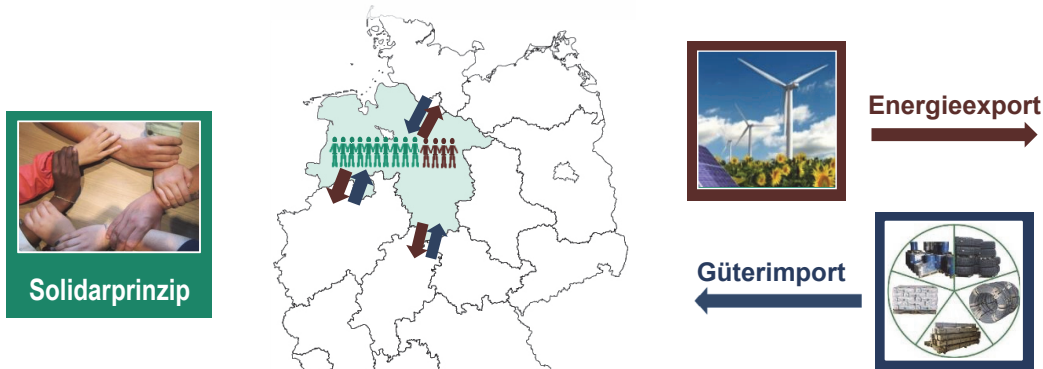
## Anhang - Methodik



### Interregionaler Austausch - Solidarprinzip

#### Kernfrage: Wie hoch ist der künftig zu deckende Energieverbrauch?

- Nach **Territorialprinzip**: Tatsächlicher Verbrauch innerhalb der Region
- Nach **Verursacherprinzip**: Pro-Kopf-Verbrauch x Einwohnerzahl  
Beispiel Nds.: Von 7,8 Mio. Einwohnern verursachter Energieverbrauch (100%)
- Nach **Solidarprinzip**: Pro-Kopf-Verbrauch x Energieverbraucherzahl  
Beispiel Nds.: Zusätzlich Export in benachbarte Ballungsräume für 2,9 Mio. (+38%)   
(10,7 Mio. Energieverbraucher unter fiktiver Annahme deutscher Bevölkerungsdichte auf Fläche Nds.)



- ⇒ Unabhängig von künftiger regionaler Verteilung energieintensiver Industrie
- ⇒ Ausgleich von über- und unterdurchschnittlichen Möglichkeiten für 100%EE

Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

Workshop Energieszenarien 100%

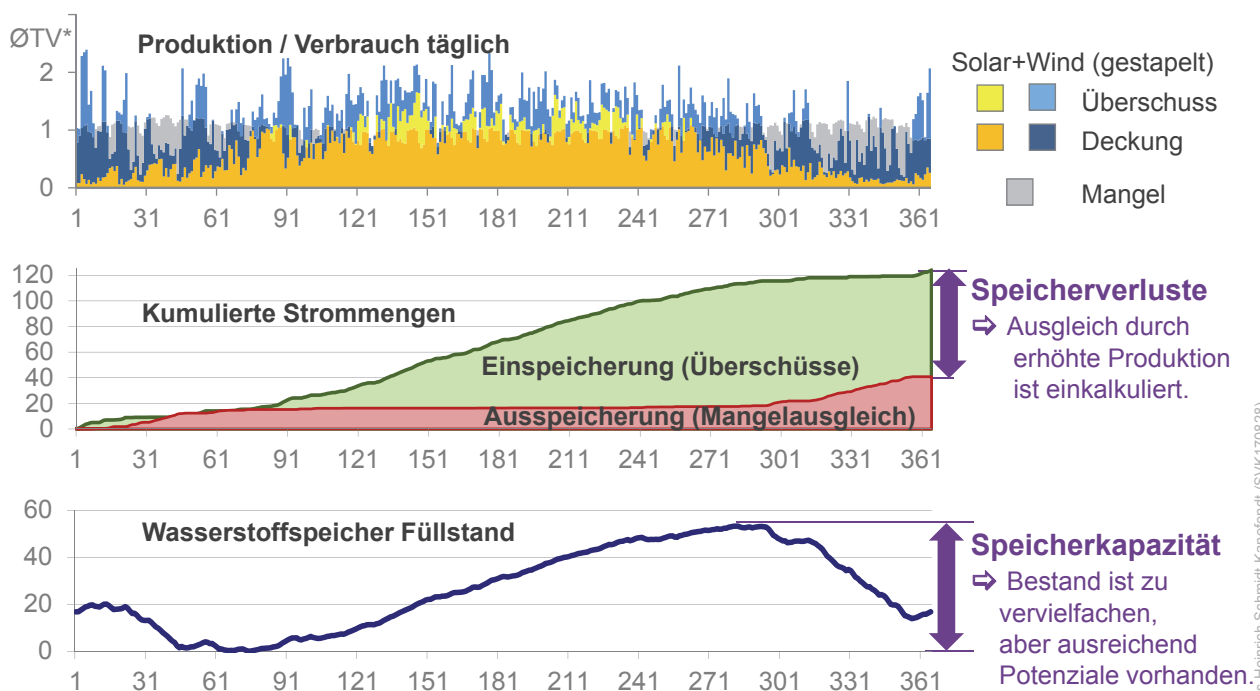
25

Follienkonzept: Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt nach Vorlage Faulstich 2015 (Solp170818)

## Anhang - Simulationssystem



### Jahresbilanz + Schwankungsausgleich



\*) ØTV: Auf durchschnittlichen Tagesverbrauch der Region normiert.

Datengrundlage: Gutachten, Szenario 100% EE Niedersachsen (150826)

Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

Workshop Energieszenarien 100%

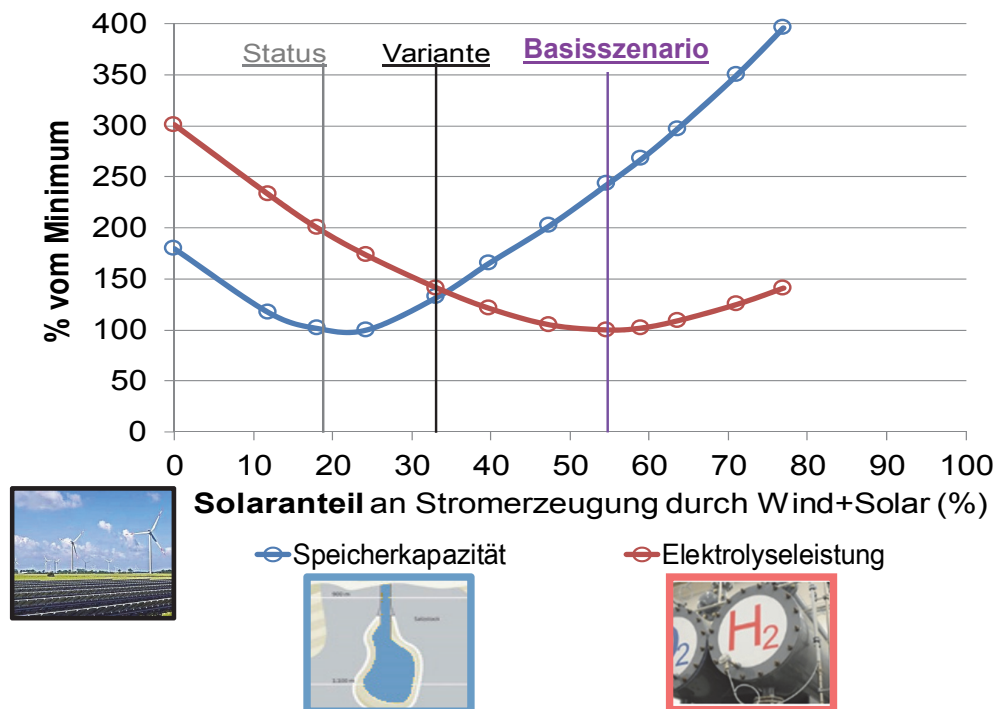
26

Follienkonzept: Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt (SVK170828)



## Anhang - Schwankungsausgleich

### Saisonale Speicherung: Einfluss Wind-/Solarstrom-Verhältnis



Quelle: Schmidt-Kanefendt H.-H., Dissertations-Entwurf, Kap. 6.6.1, Wertetabelle 13a, 2017, unveröffentlicht.  
Datengrundlage Basisszenario: Gutachten, Szenario 100% EE Niedersachsen (150826).

Schmidt-Kanefendt, 01.04.2019

Workshop Energieszenarien 100%

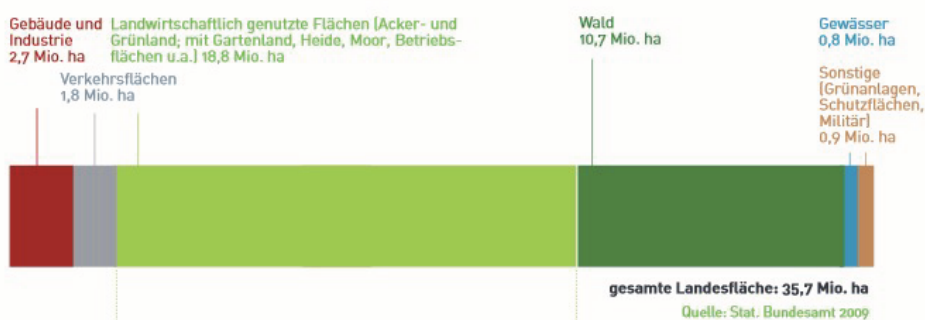
27

Folienkonzept: Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt (WSEK170828)

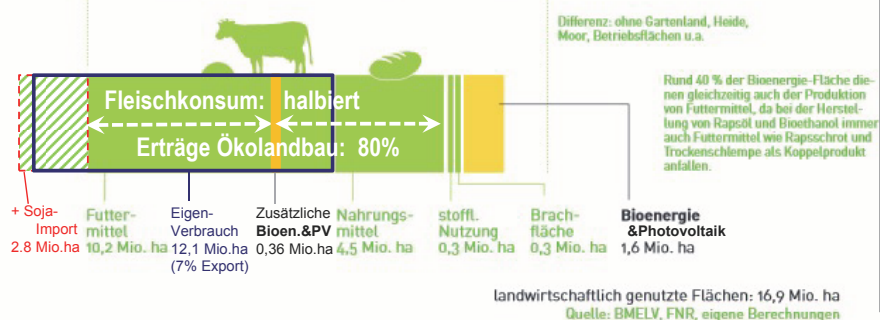
## Anhang - Szenario Niedersachsen 100% EE

### Flächenpotenzial Energiegewinnung

Die deutsche Landesfläche ist vor allem von Ackerland, Grünland und Wald belegt.



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



#### Zielbeispiel:

- Keine Soja-Importe
- Ökolandbau mit 80% heutiger Erträge
- Fleischkonsum halbiert
- Bioenergie-Anbau & Photovoltaik auf 10,4% der LNF

Quellen: Fußabdruck.xls; [http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/27.Potenzialatlas\\_2\\_Auflage\\_Online\\_01.pdf](http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/27.Potenzialatlas_2_Auflage_Online_01.pdf); vom 14.02.2014.

Schmidt-Kanefendt, 23.04.2016

Szenarioworkshop B'90/Die Grünen Hessen

28

Folienkonzept: Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt (AnbF140306)