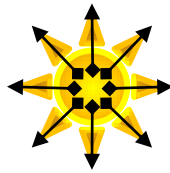
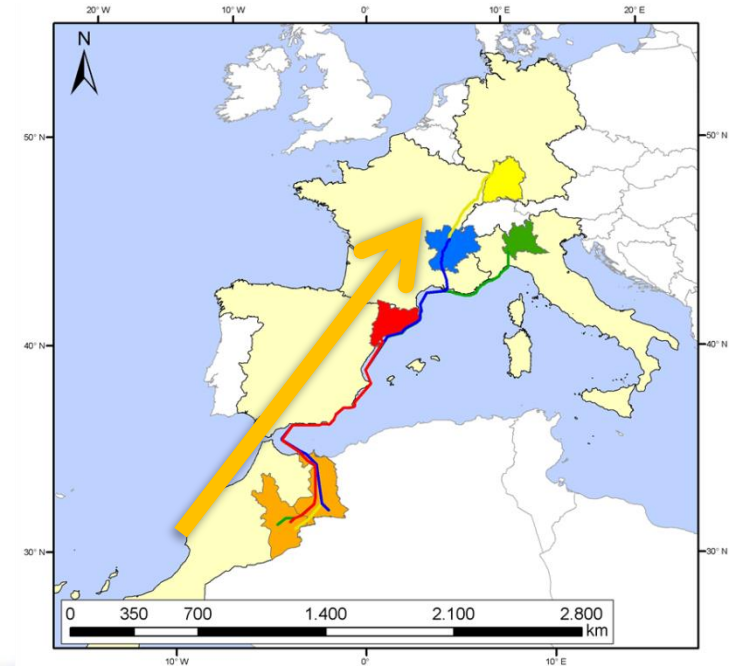


# Fernübertragung regelbarer Solarenergie

Dipl.-Ing. Denis Hess  
Hannover, den 07.04.2014

Verleihung des Studienpreises 2013 der  
VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt  
(VDI-GEU)



**FLEXIBLE SOLAR LINKS**

DISPATCHABLE SOLAR POWER  
FROM DESERT REGIONS  
FOR A BALANCED ELECTRICITY MIX

Wissen für Morgen

# Gesprächspartner der Studie – Fernübertragung regelbarer Solarenergie

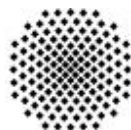
## Wirtschaft



## Forschung



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt



Universität Stuttgart



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN



Technische Universität München



WESTFÄLISCHE WILHELMS-UNIVERSITÄT MÜNSTER



## Ministerien



Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

Royaume du Maroc



Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement  
Département de l'Environnement



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN



Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas



Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

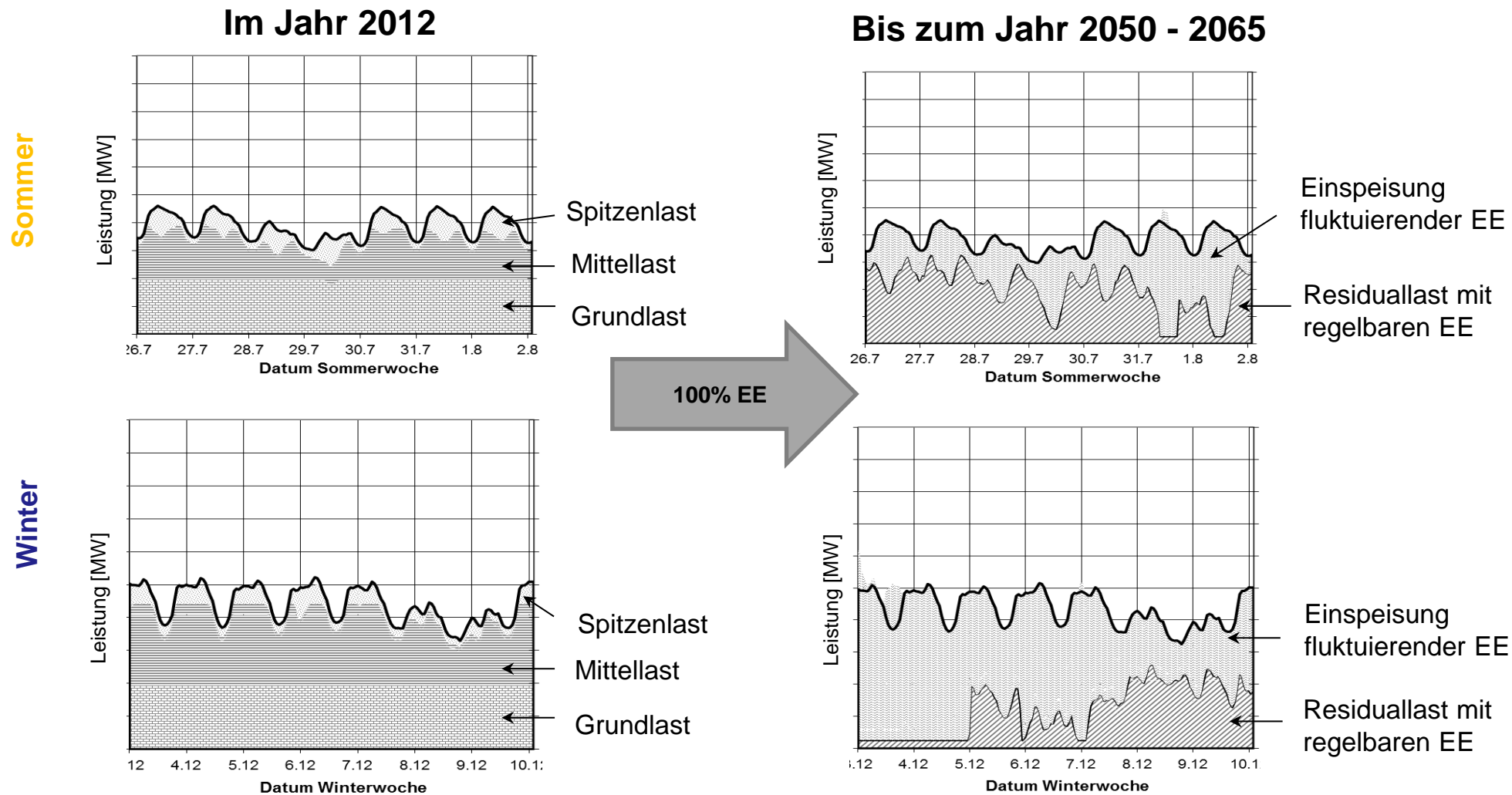
## Genossenschaften



FLEXIBLE SOLAR LINKS

DISPATCHABLE SOLAR POWER FROM DESERT REGIONS FOR A BALANCED ELECTRICITY MIX

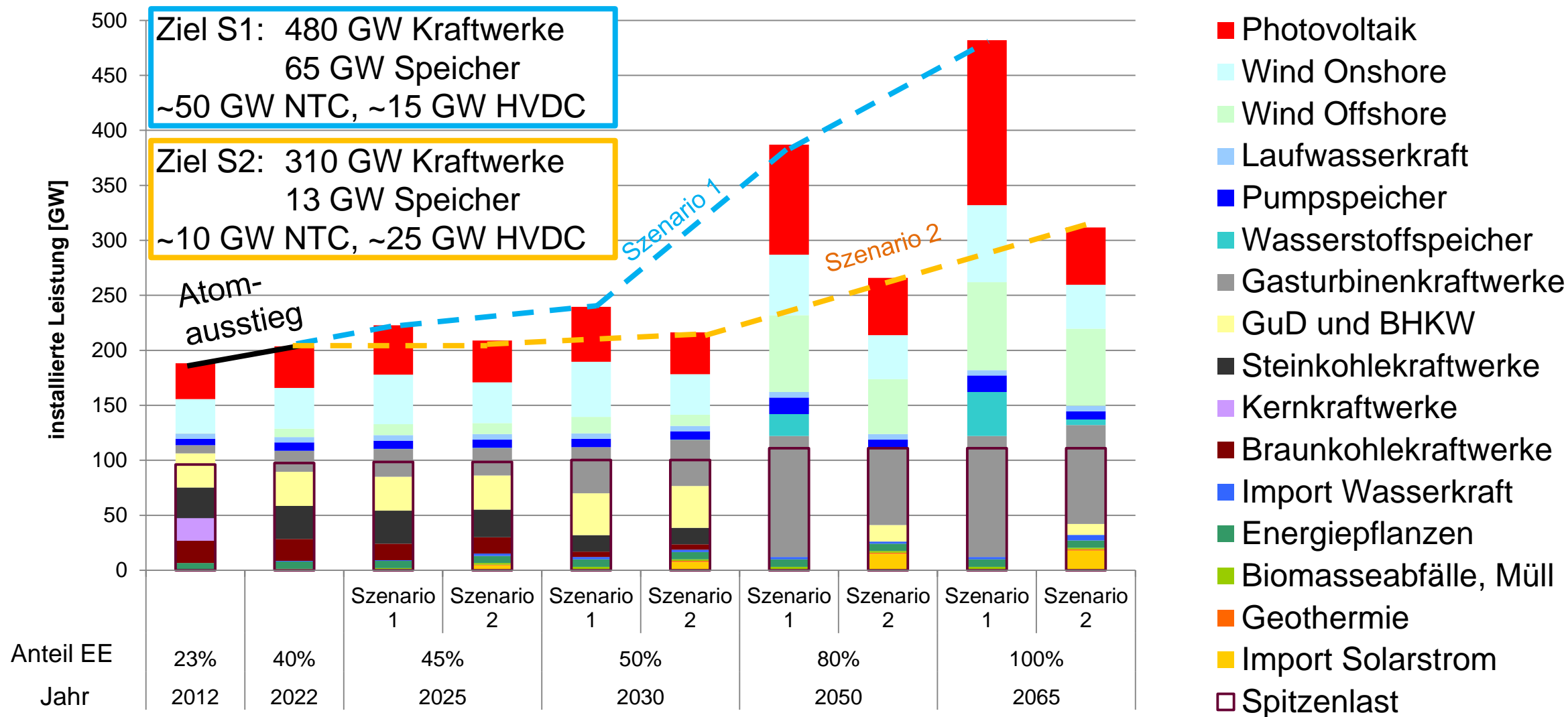
# Der Weg hin zur Vollversorgung mit erneuerbaren Energien im Stromsektor → Paradigmenwechsel im Lastbereich





# Erneuerbare Energien für Deutschland

**Entscheidung für Szenario 2 aufgrund der Umsetzungsdauer bereits überfällig!**

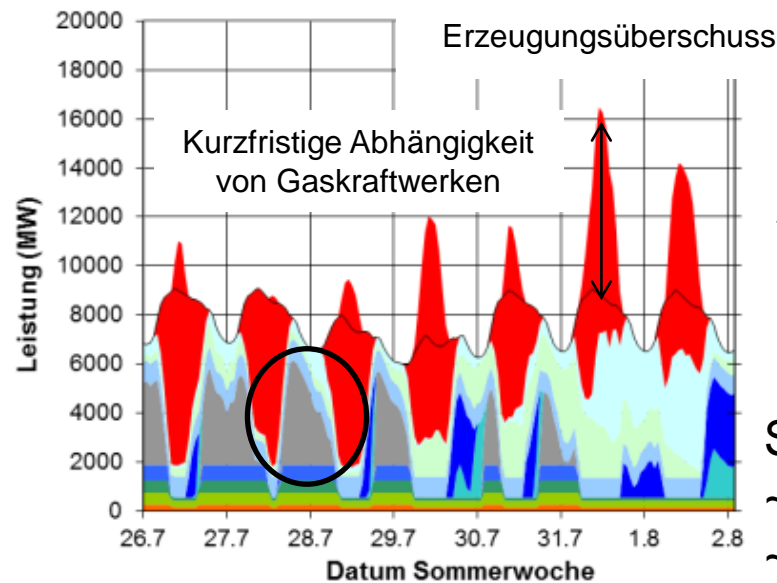


**FLEXIBLE SOLAR LINKS**  
DISPATCHABLE SOLAR POWER  
FROM DESERT REGIONS  
FOR A BALANCED ELECTRICITY MIX

Quelle: Hess, D., 2014, Die Bedeutung regelbarer Solarenergie

# Systemproblematik in Baden-Württemberg im Jahr ~2060 mit 95% erneuerbaren Energien zur Stromversorgung

**installierte Leistung: 55 GW**



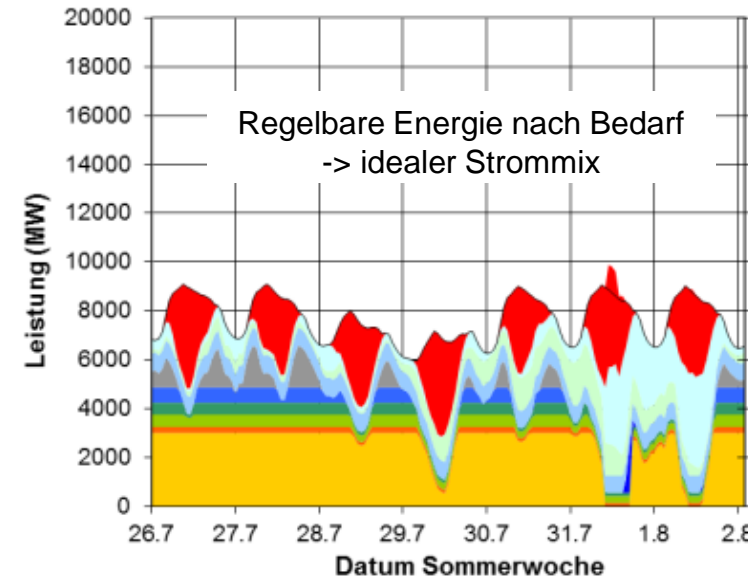
**Quo vadis?**

← →

**~2060  
95% EE**

Strommenge:  
~90% fluktuierend  
~10% regelbar

**installierte Leistung: 35 GW**

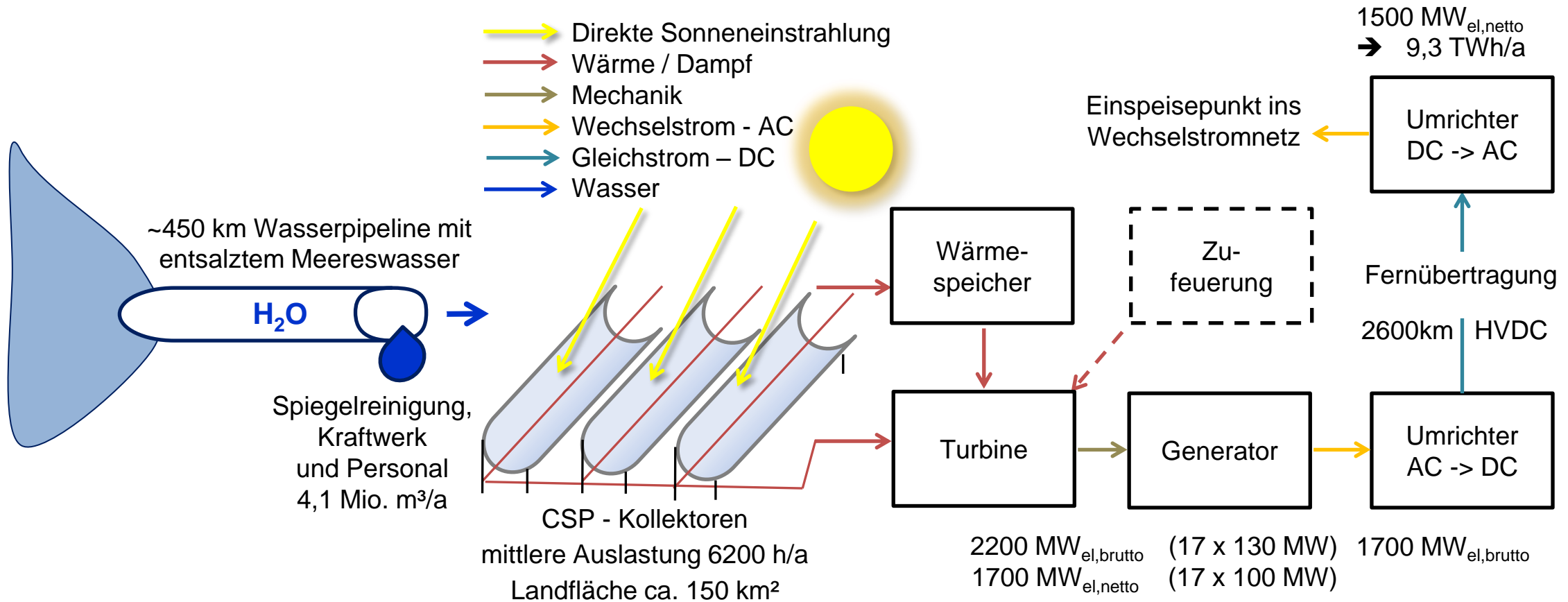


Strommenge:  
~50% fluktuierend  
~50% regelbar

- Photovoltaik
- Wind Onshore
- Wind Offshore
- Laufwasserkraft
- Pumpspeicher
- Wasserstoffspeicher
- Gasturbinen
- Import Wasserkraft
- Energiepflanzen
- Biomasseabfälle
- Geothermie
- Import Solarstrom
- Elektrische Last BW

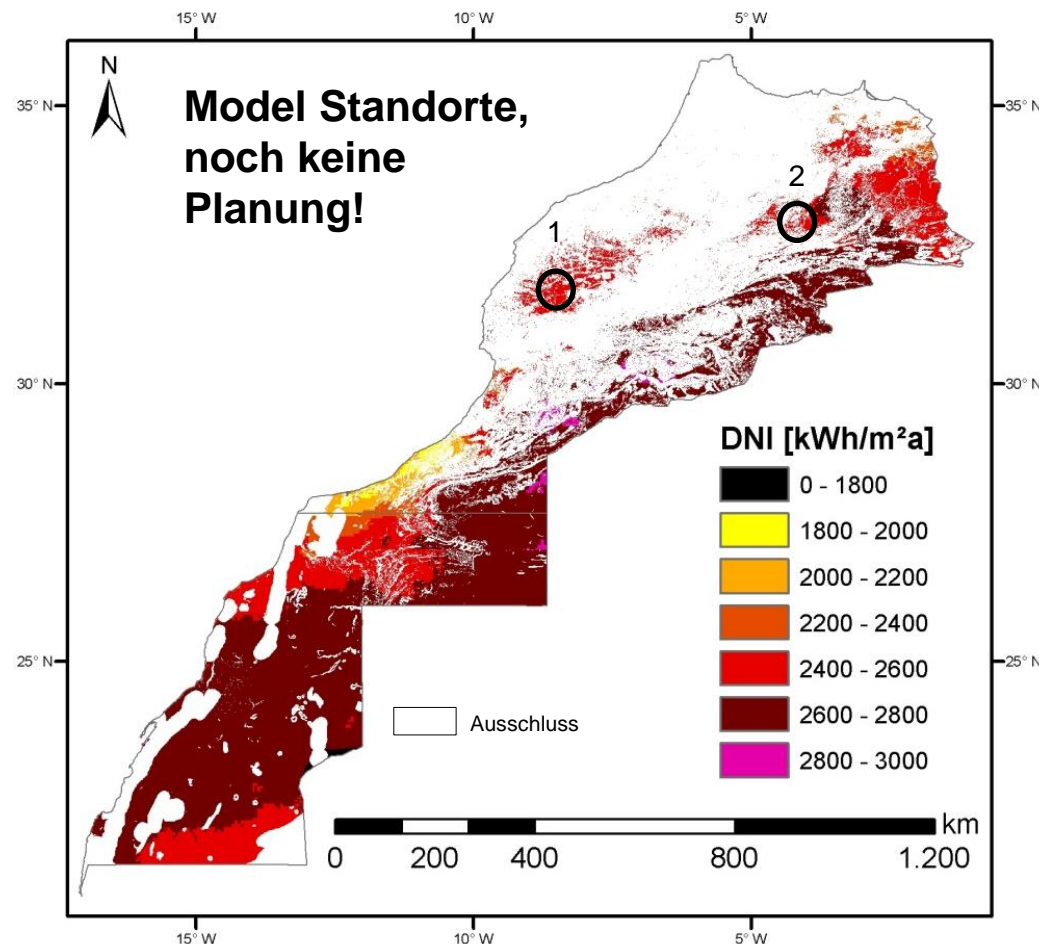
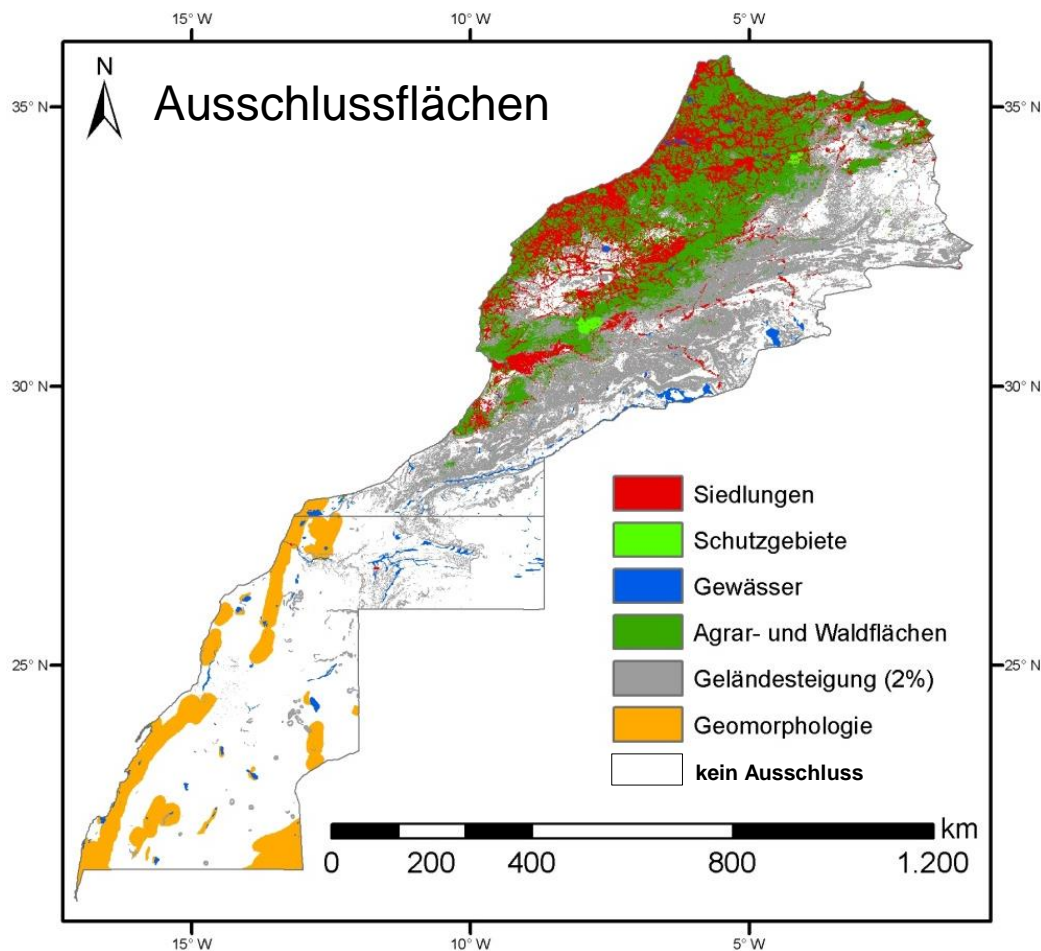
Für die Wahl einer der Wege muss für eine wirtschaftliche Auslastung im Stromsystem bereits **heute die Entscheidung getroffen** werden!

# Fernübertragung regelbarer Solarenergie: Die CSP-HVDC Anlage



CSP: Concentrating Solar Power  
 HVDC: High Voltage Direct Current

# CSP Modelstandorte in Marokko



Das wirtschaftliche CSP Bruttoflächenpotential im nördlichen Teil Marokkos ist ca. **18500 km<sup>2</sup>**  
-> eine Anlage mit 150 km<sup>2</sup> benötigt **nur 0,8%** dieses Potentials



# Erstes und zweites Bild von CSP-HVDC Anlagen, Kosten und Flächenbedarf

MOR-E-F-D

HVDC 2600 km  
1,7 GW / 1,5 GW<sub>net</sub>  
1,9 – 5,1 Mrd.€  
150 km<sup>2</sup>

CSP 2,2 GW  
CSP 12 - 18 Mrd.€  
150 km<sup>2</sup>

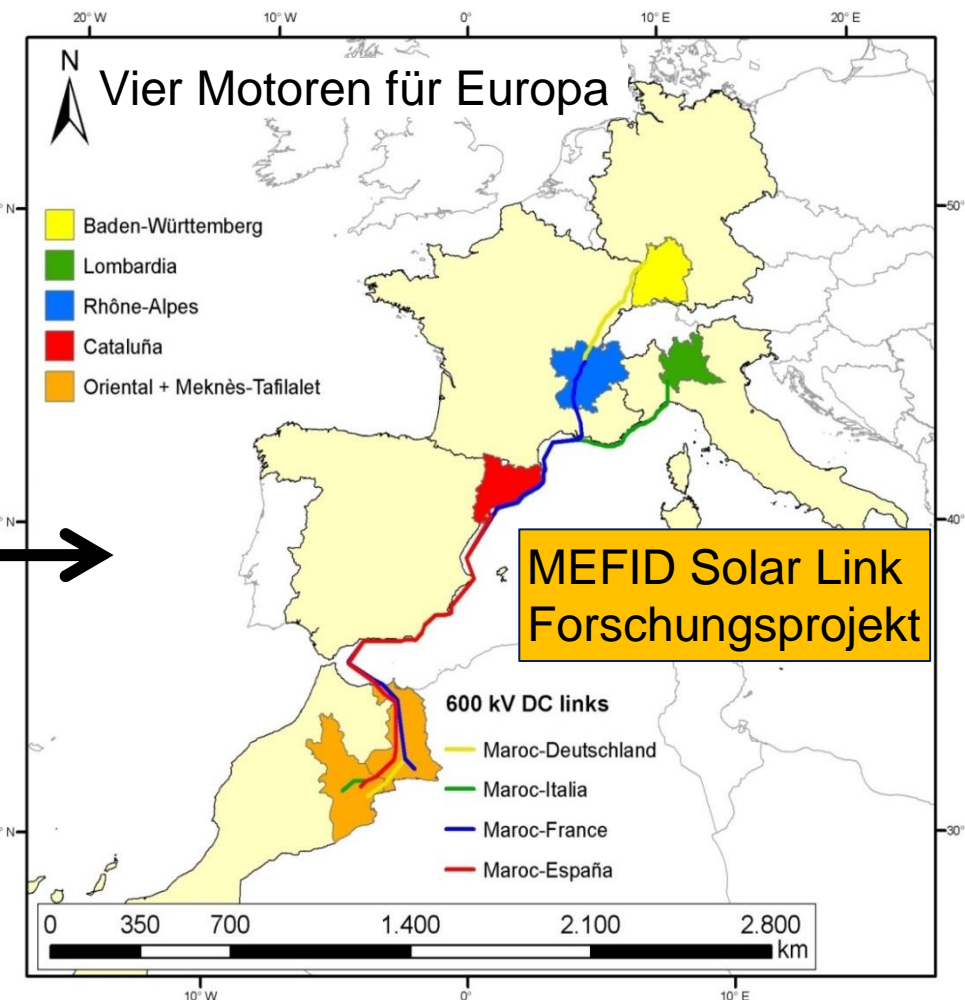
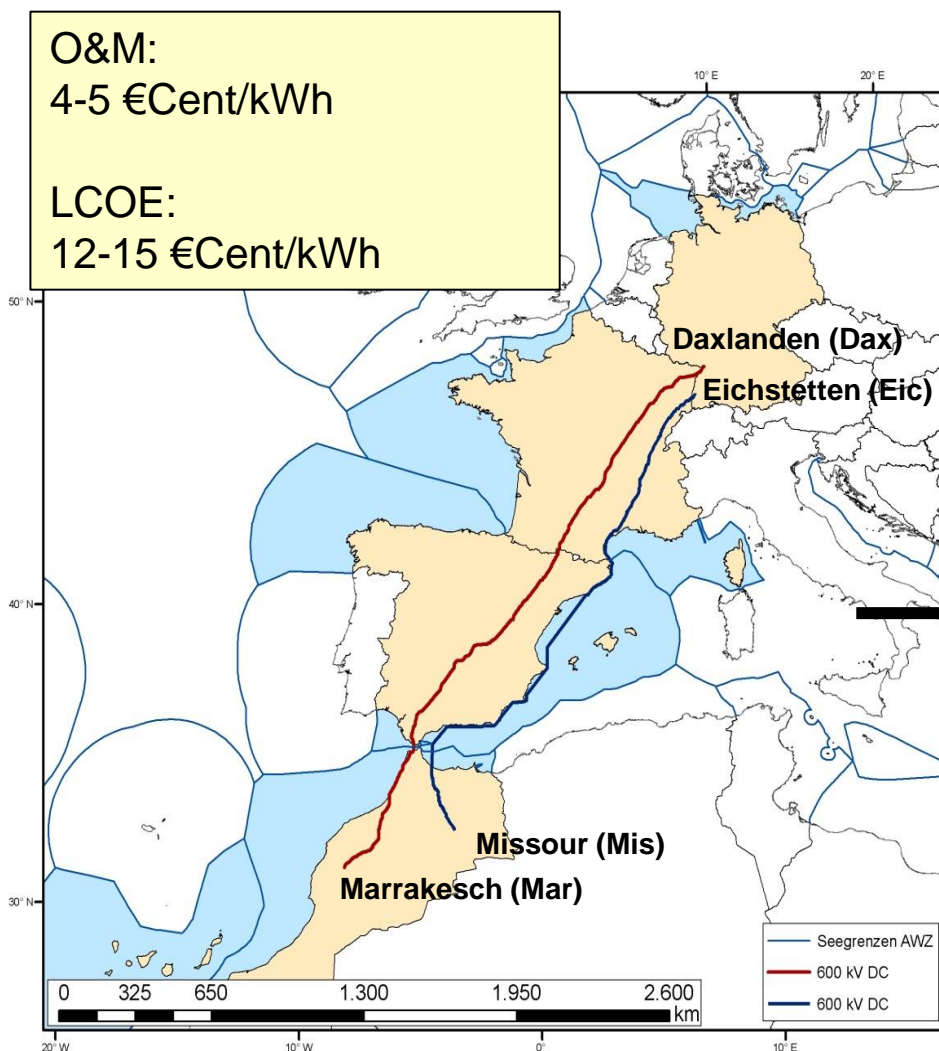
MOR-E-F-D

HVDC 2300 km  
1,7 GW / 1.5 GW<sub>net</sub>  
3,7 – 4,9 Mrd.€  
75km<sup>2</sup>

CSP 2,2 GW  
CSP 12 -18 Mrd.€  
150 km<sup>2</sup>

-> 9,32 TWh/a  
16-24 Mrd.€ (real 2010)  
machbar bis 2025

O&M:  
4-5 €Cent/kWh  
  
LCOE:  
12-15 €Cent/kWh



FLEXIBLE SOLAR LINKS

DISPATCHABLE SOLAR POWER  
FROM DESERT REGIONS  
FOR A BALANCED ELECTRICITY MIX

Quelle: Hess, D., 2013, Fernübertragung regelbarer Solarenergie

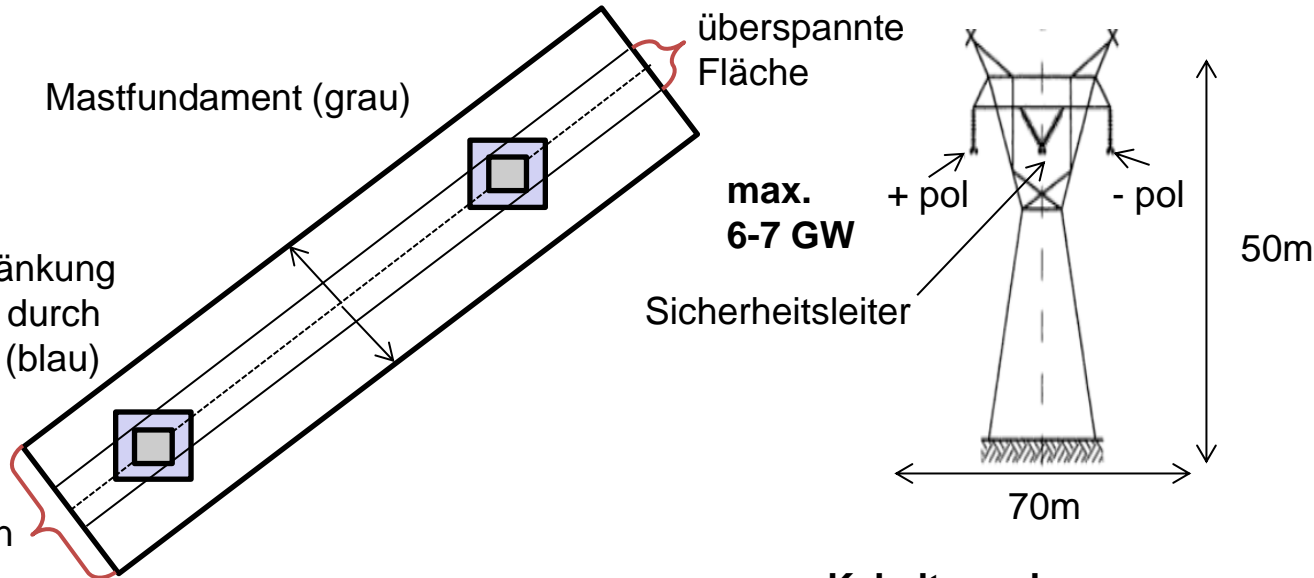


# Angemessene dauerhafte Zahlung auf die benötigte Fläche

## Freileitung

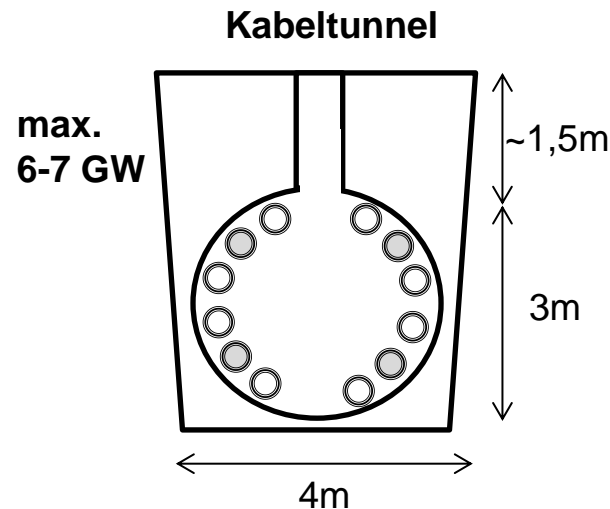
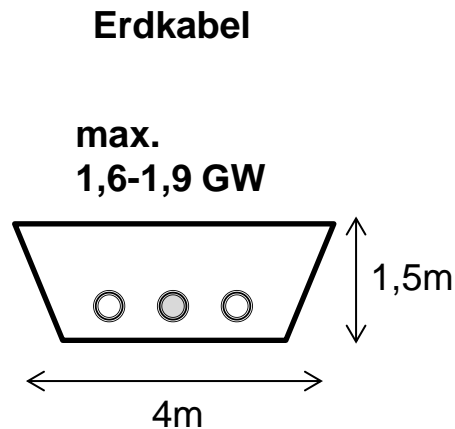
**70 m**

Bereich der Einschränkung der Bewirtschaftung durch das Mastfundament (blau)



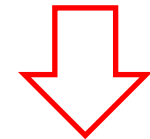
## Erdkabel bzw. Kabeltunnel

**4 m**

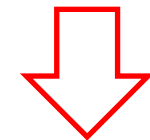


Einheit

$$\left[ \frac{\text{€Cent}}{\text{TWh} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{a}} \right]$$

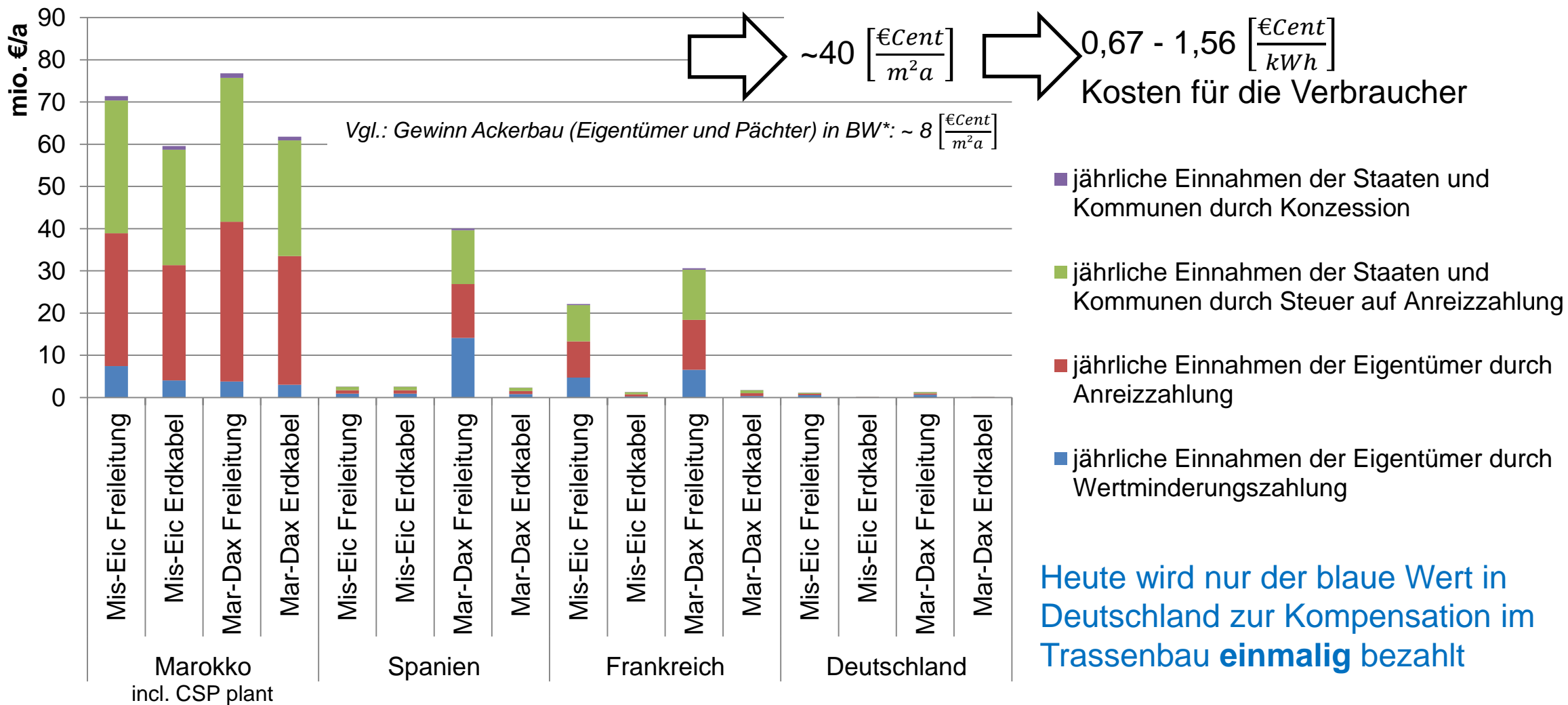


Freileitung und Erdkabel können durch diese Kompensationszahlung **Kostenneutralität** innerhalb ihrer Lebensdauer erreichen!

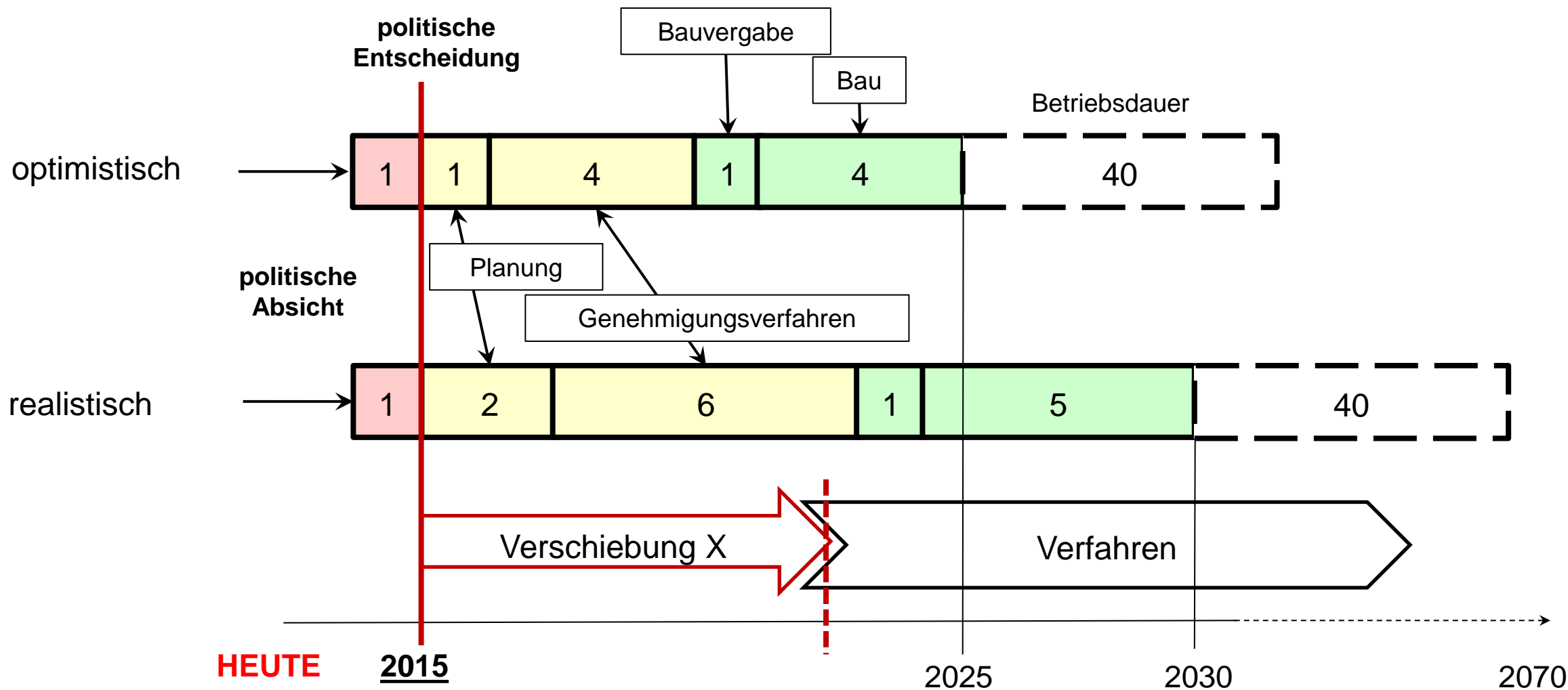


freie Technologiewahl wird ermöglicht → Akzeptanzsteigerung

# Jährliches Einkommen der betroffenen Staaten, ihren Kommunen und Landeigentümern (Anrainer) – je Variante

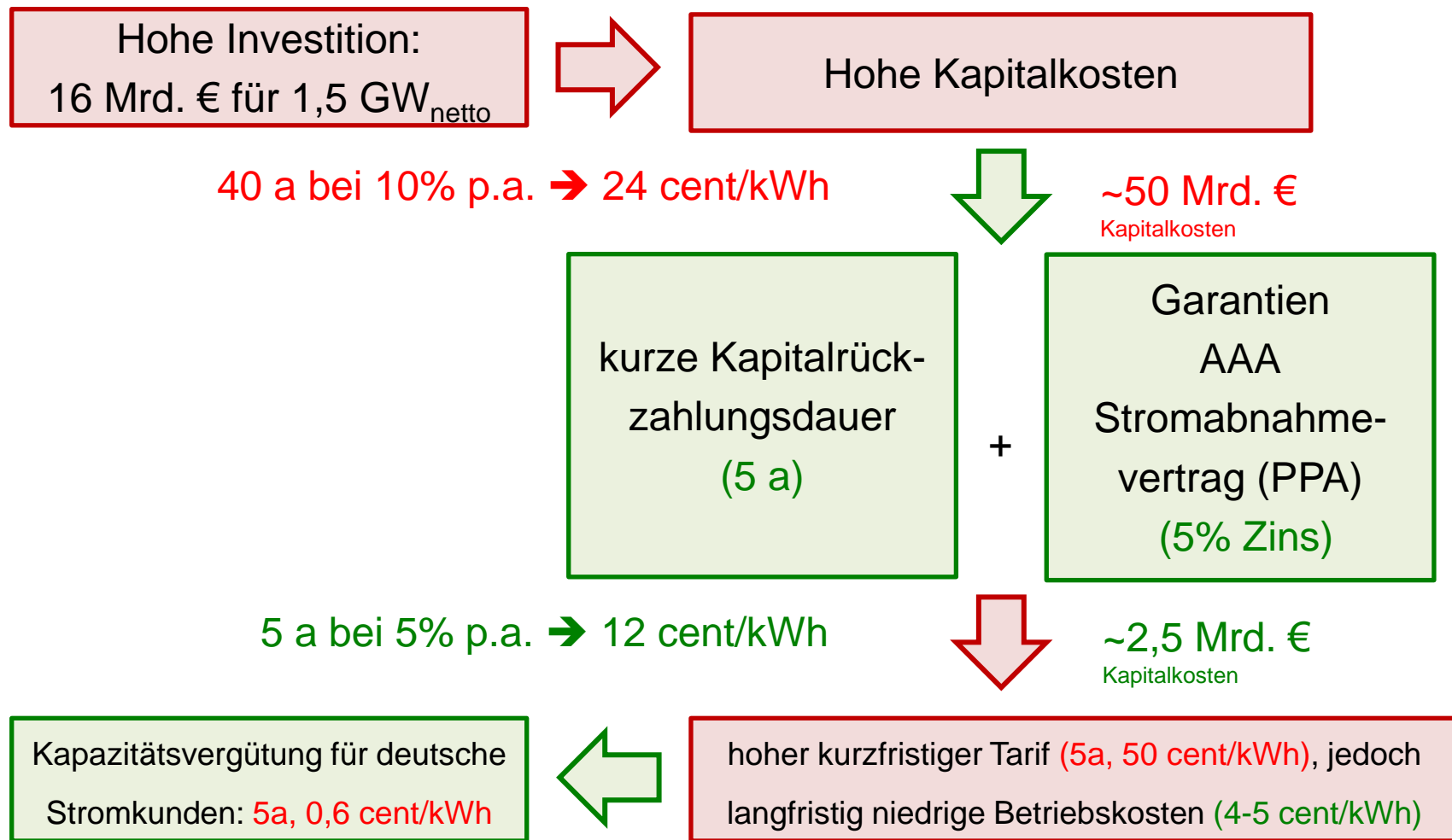


# Zeitlimit für eine Entscheidung

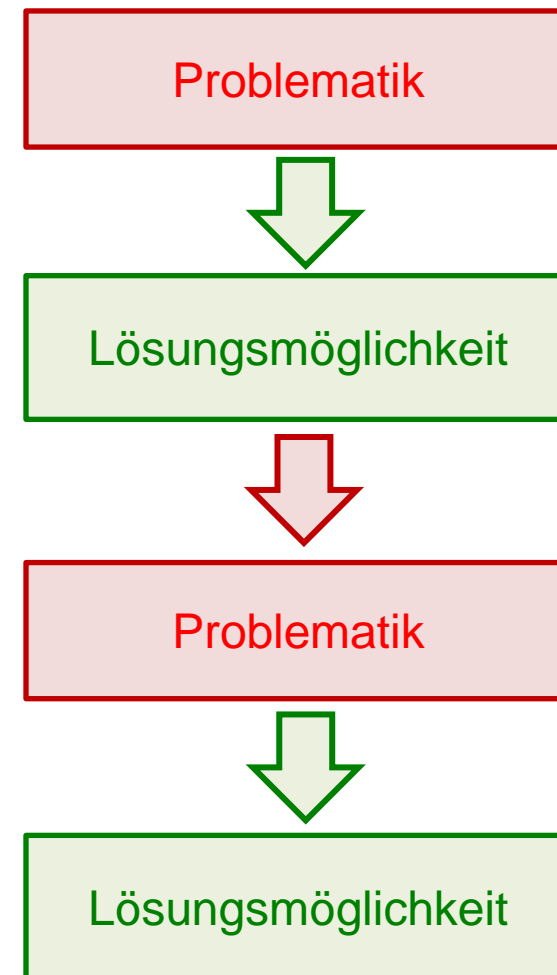




# Finanzierungsstruktur mit geringen Kapitalkosten für eine CSP-HVDC Anlage



Legende:

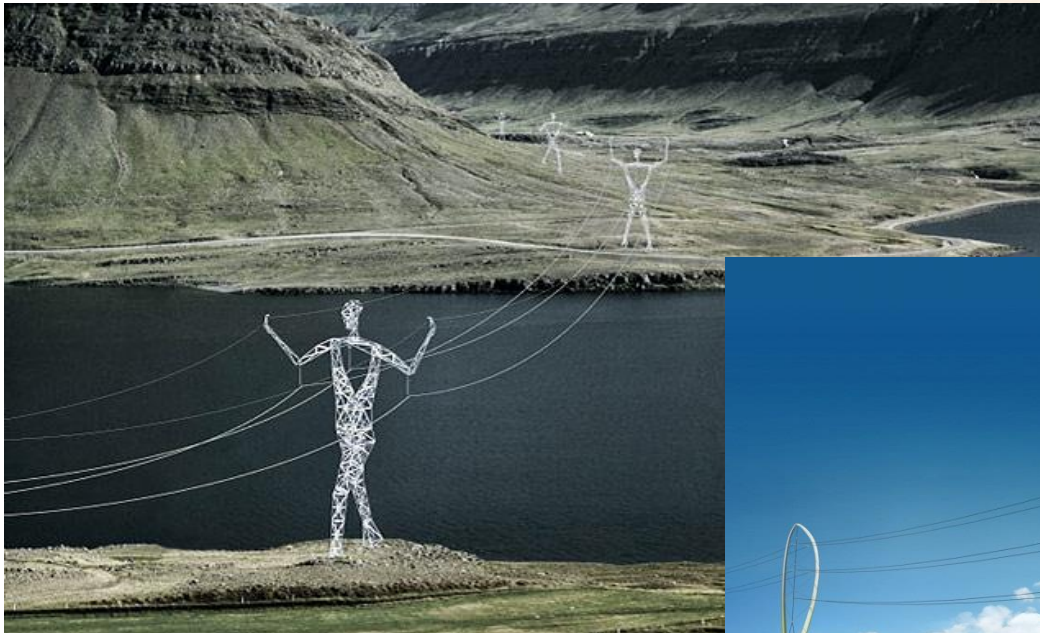


Diskontrate: 1,3% p.a.



*„Wege verbinden Menschen“*

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



**Kontakt:**

Deutsches Zentrum für Luft-  
und Raumfahrt e.V.  
Institut für Technische  
Thermodynamik, Systemanalyse  
und Technikbewertung

Tel. +497116862-370

E-Mail: [denis.hess@dlr.de](mailto:denis.hess@dlr.de)

Wankelstraße 5, 70563 Stuttgart



FLEXIBLE SOLAR LINKS

DISPATCHABLE SOLAR POWER  
FROM DESERT REGIONS  
FOR A BALANCED ELECTRICITY MIX

Quelle: <http://www.ribapylondesign.com/>