Herausforderungen für eine erneuerbare Stromversorgung

Tony Patt
Professor für Klimaschutz und -anpassung
Departement Umweltsystemwissenschaften

Gerhard Knies, 1936 - 2017

Foto: Handelsblatt

Gerhard Knies, 1936 - 2017

DER TAGESSPIEGEL

RERUM COGNOSCERE CAUSAS

Gerhard Knies ist tot

18.12.2017, 18:44 Uhr

Der Vordenker des Desertec-Wüstenstroms

Der Physiker Gerhard Knies trieb die Desertec-Vision voran. Jetzt starb er nach Krankheit mit 80 Jahren. Ein Nachruf VON KEVIN P. HOFFMANN

Foto: Handelsblatt

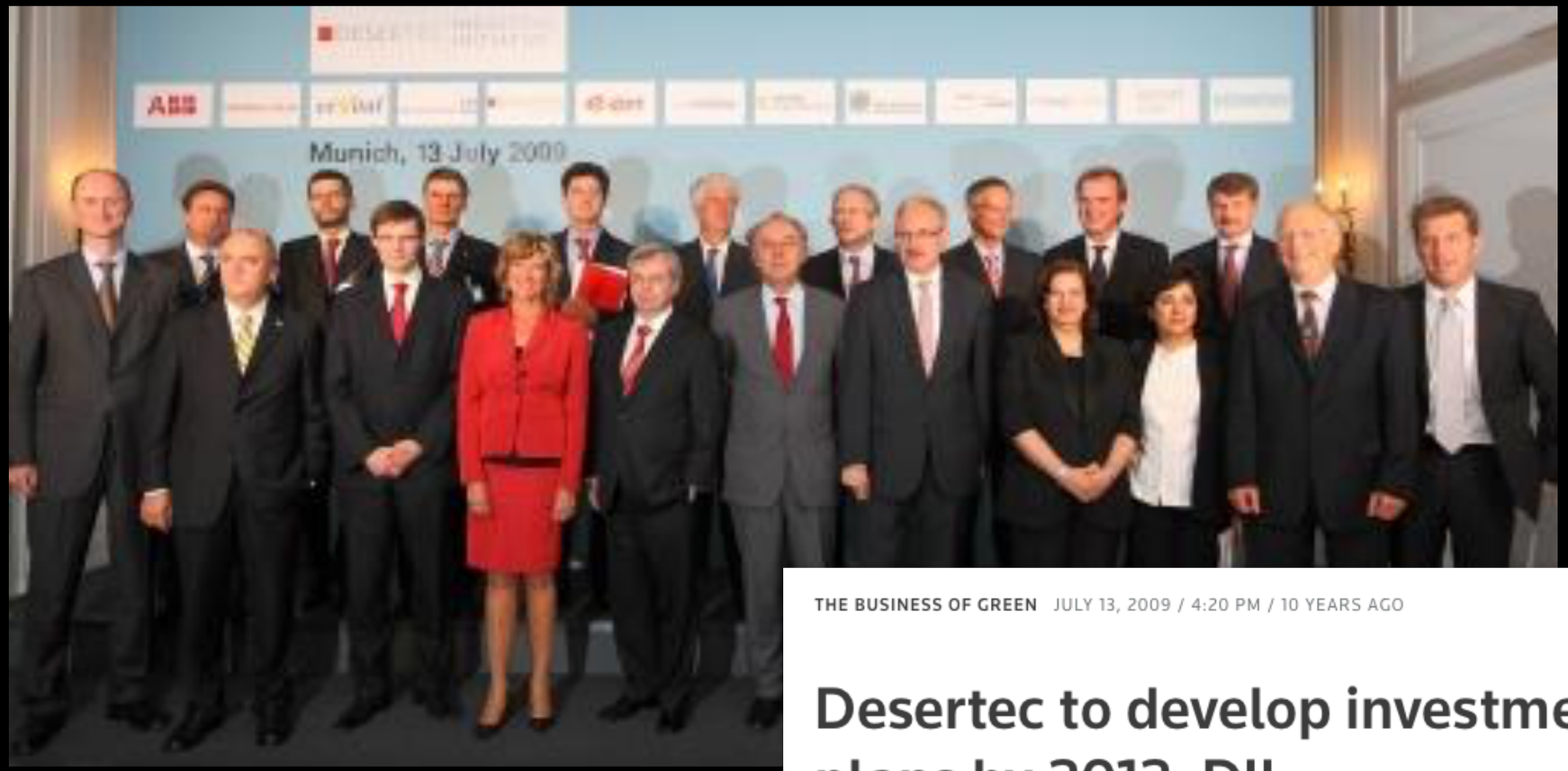
Quebec - New England Hochspannungsleitung

Gebaut: 1986 - 92

Länge: 1’500 km

Kapazität: 2 GW

Fotos: Deutsche Bank, Wikipedia



Dii (Desertec Industrial Initiative)
Konsortium: ABB, Siemens,
Deutsche Bank, E.ON u.a.

Gerhard Knies mit
Paul van Son, CEO von Dii

THE BUSINESS OF GREEN JULY 13, 2009 / 4:20 PM / 10 YEARS AGO

Desertec to develop investment plans by 2012: DII

Christoph Steitz

REUTERS

MUNICH (Reuters) - The Desertec Industrial Initiative, the world's most ambitious solar power project, will map out investment plans by 2012 to develop carbon-free energy that could supply up to 15 percent of Europe's needs by 2050.

Fotos: Solarify

ELSEVIER

Energy Policy

Volume 39, Issue 6, June 2011, Pages 3380-3391

Energy security and renewable electricity trade—Will Desertec make Europe vulnerable to the "energy weapon"?

Johan Lilliestam [a, b], Saskia Ellenbeck [a]

ELSEVIER

Energy Policy

Volume 66, March 2014, Pages 234-248

Vulnerability to terrorist attacks in European electricity decarbonisation scenarios: Comparing renewable electricity imports to gas imports

Johan Lilliestam [a, b, c]

- **Erschwingliche Energie für Europa**
- **Nachhaltige Entwicklung für Nordafrika**

Foto: tagesspiegel.de

OpenDemocracy.net

NORTH AFRICA, WEST ASIA

Another case of energy colonialism: Tunisia's Tunur solar project

The unrestricted flow of cheap natural resources from the global south to the rich industrialized north, maintains a profoundly unjust international division of labour.

OpenDemocracy.net

NORTH AFRICA, WEST ASIA

Another case of energy colonialism: Tunisia's Tunur solar project

The unrestricted flow of
global south to the rich i
profoundly unjust intern

EURACTIV

Desertec abandons Sahara solar power export dream

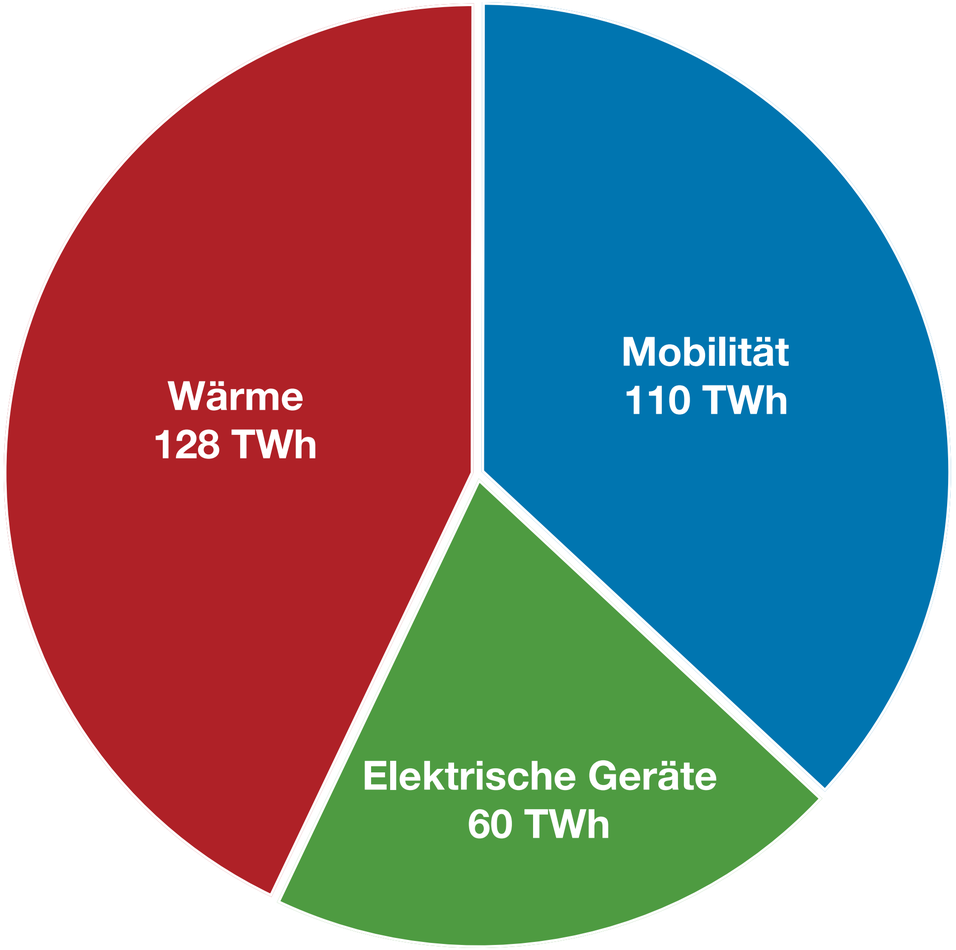
Selwa Calderbank

31 May 2013 (updated: 9 Aug 2013)

The Desertec Industrial Initiative (Dii) has abandoned its strategy to export solar power generated from the Sahara to Europe, killing hopes of boosting the continent's share of renewable electricity with cheap external supplies.

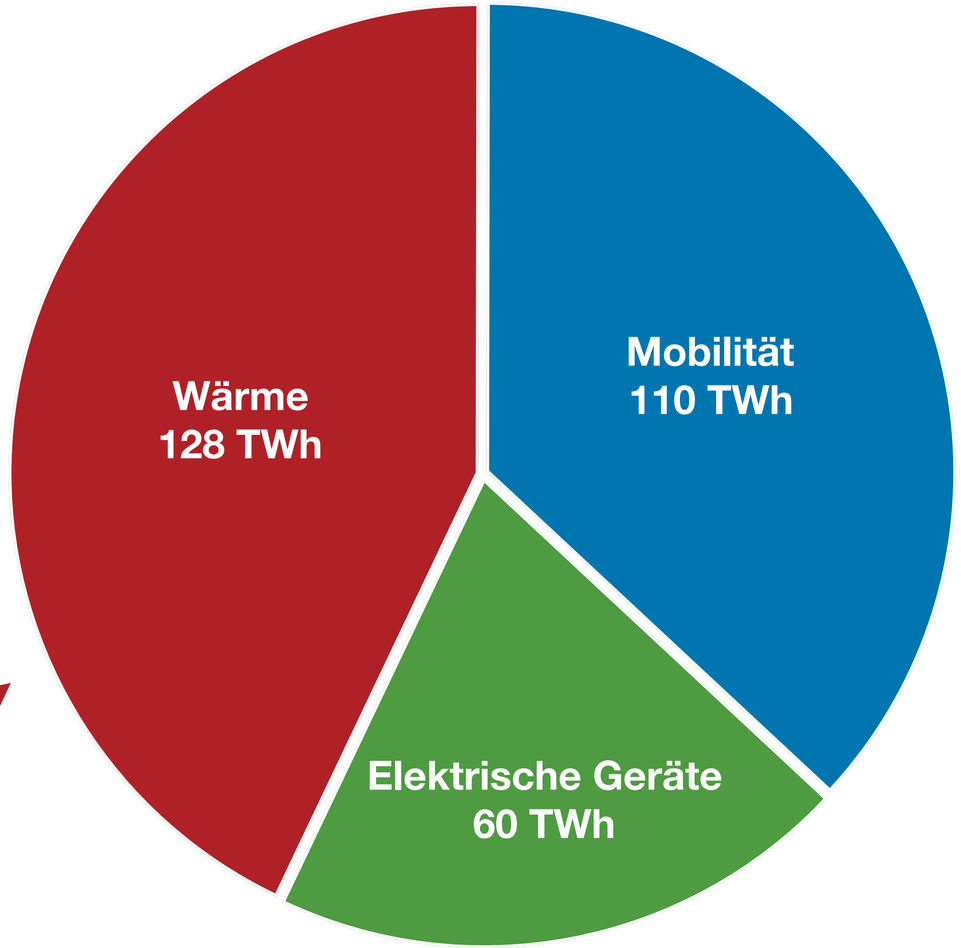
In a telephone interview with EURACTIV, Dii CEO Paul van Son admitted that the project's initial export-focus represented "one-dimensional thinking".

Gesamtenergieverbrauch der Schweiz

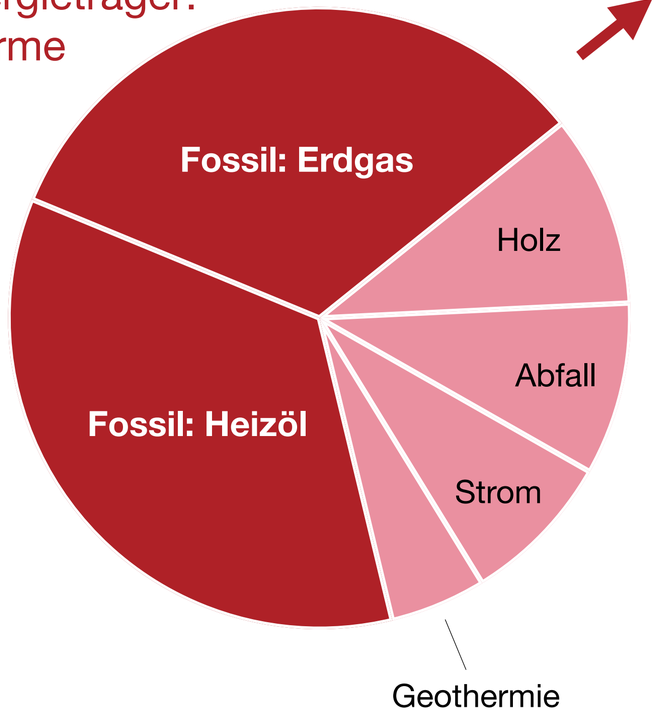


Datenquelle: Bundesamt für Energie 2018

Gesamtenergieverbrauch der Schweiz

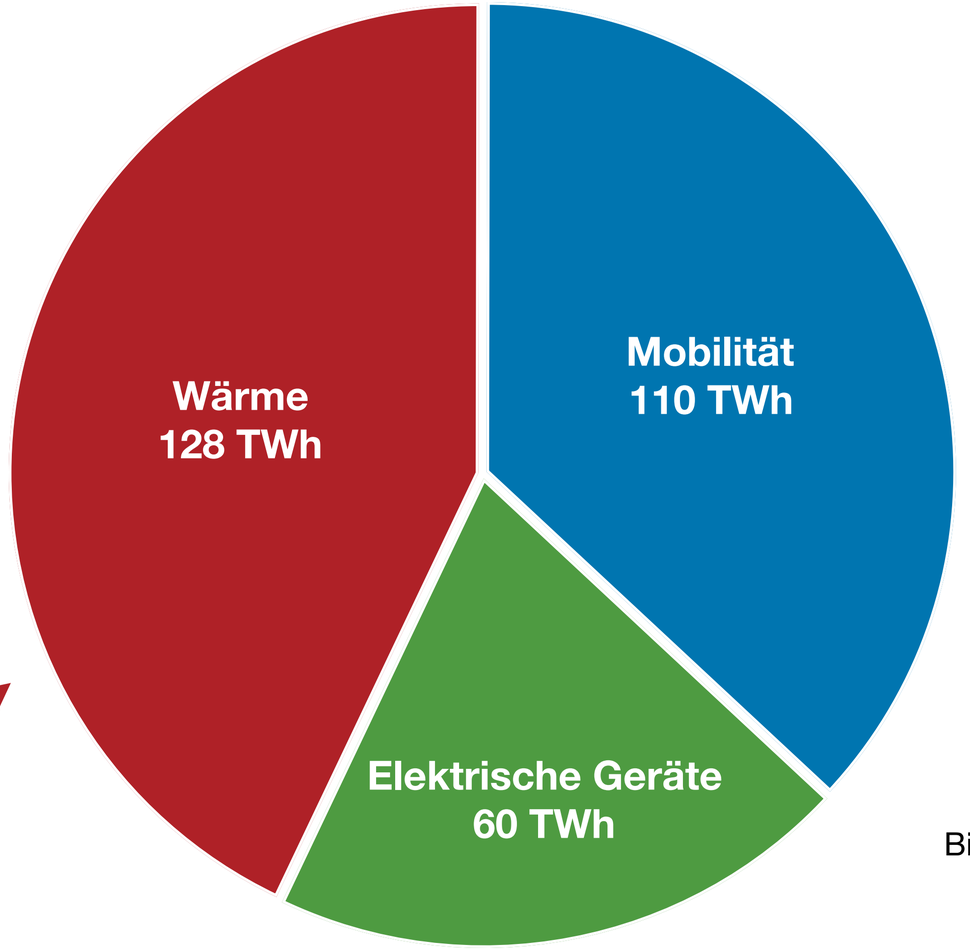


Energieträger:
Wärme

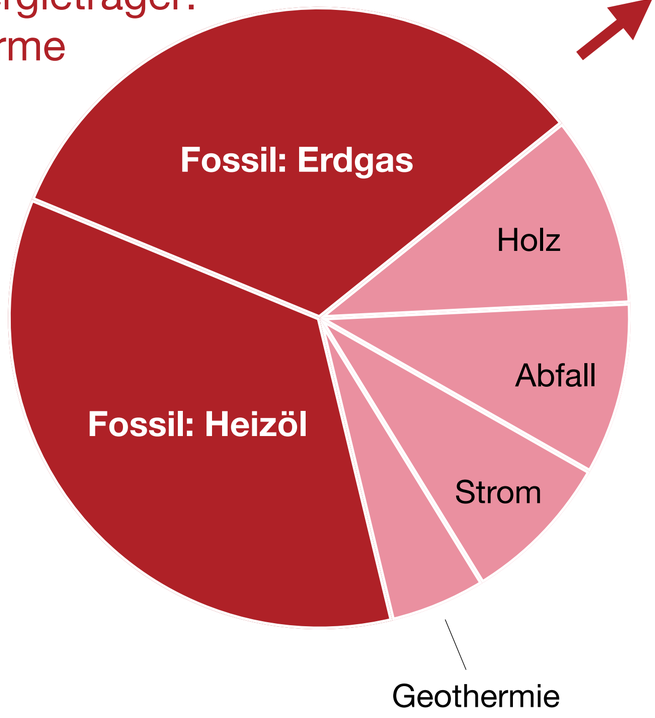


Datenquelle: Bundesamt für Energie 2018

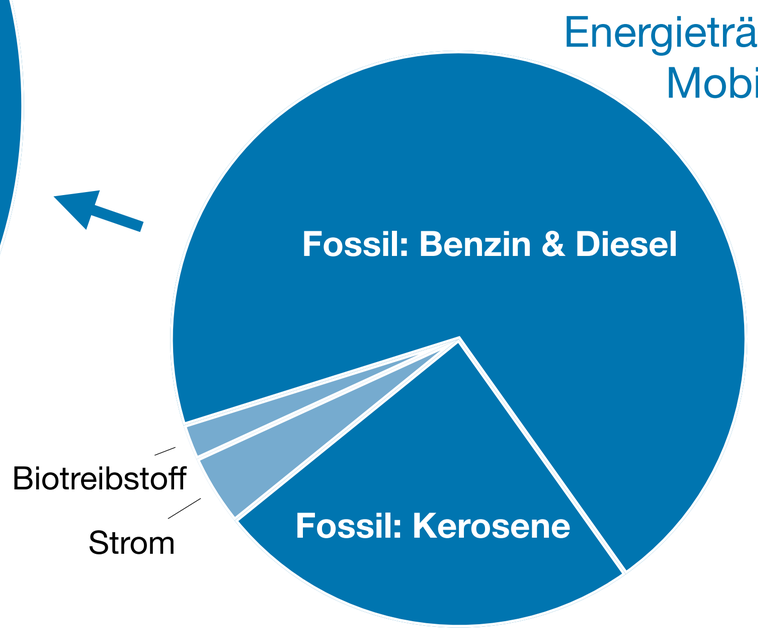
Gesamtenergieverbrauch der Schweiz



Energieträger:
Wärme

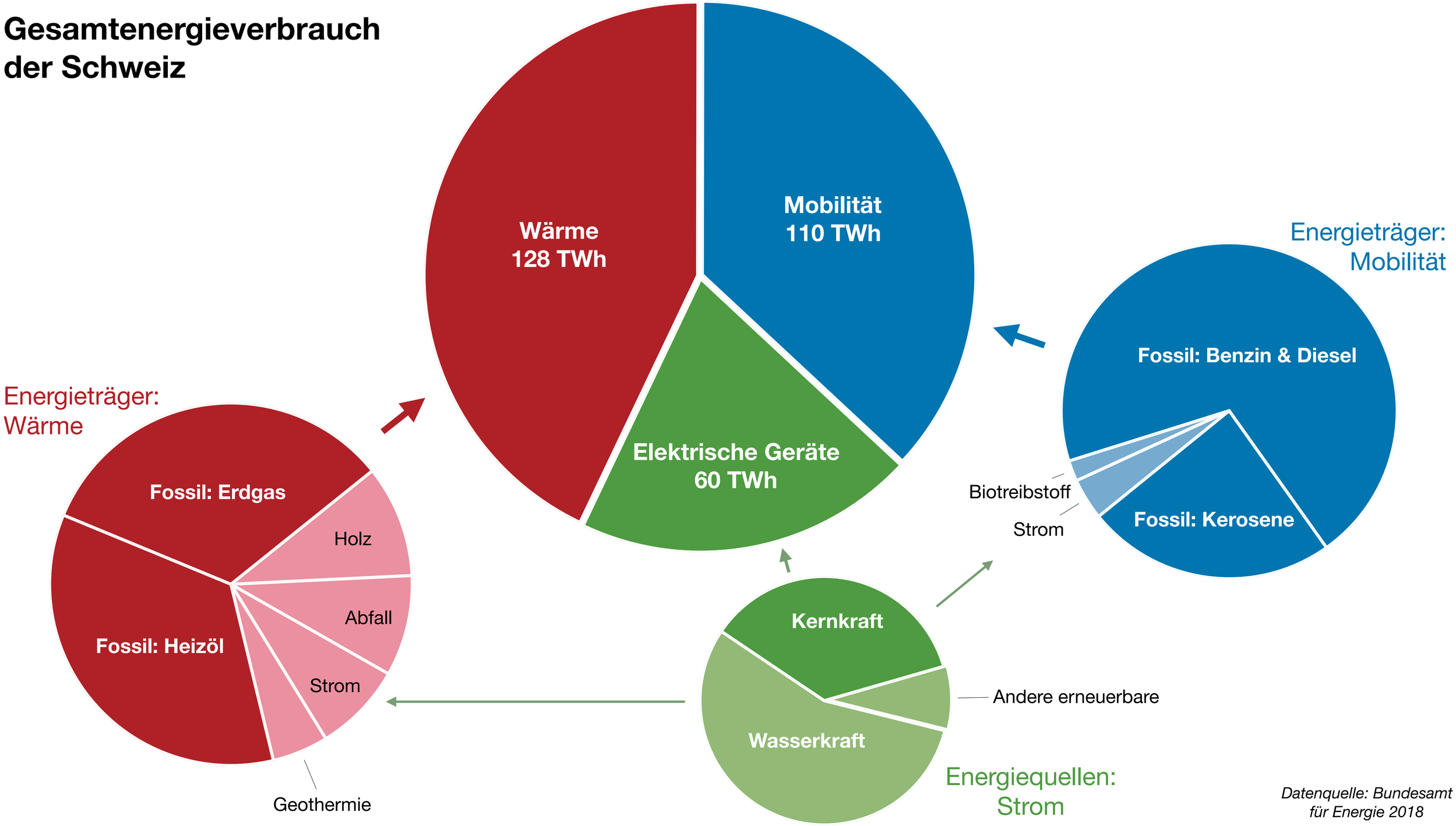


Energieträger:
Mobilität

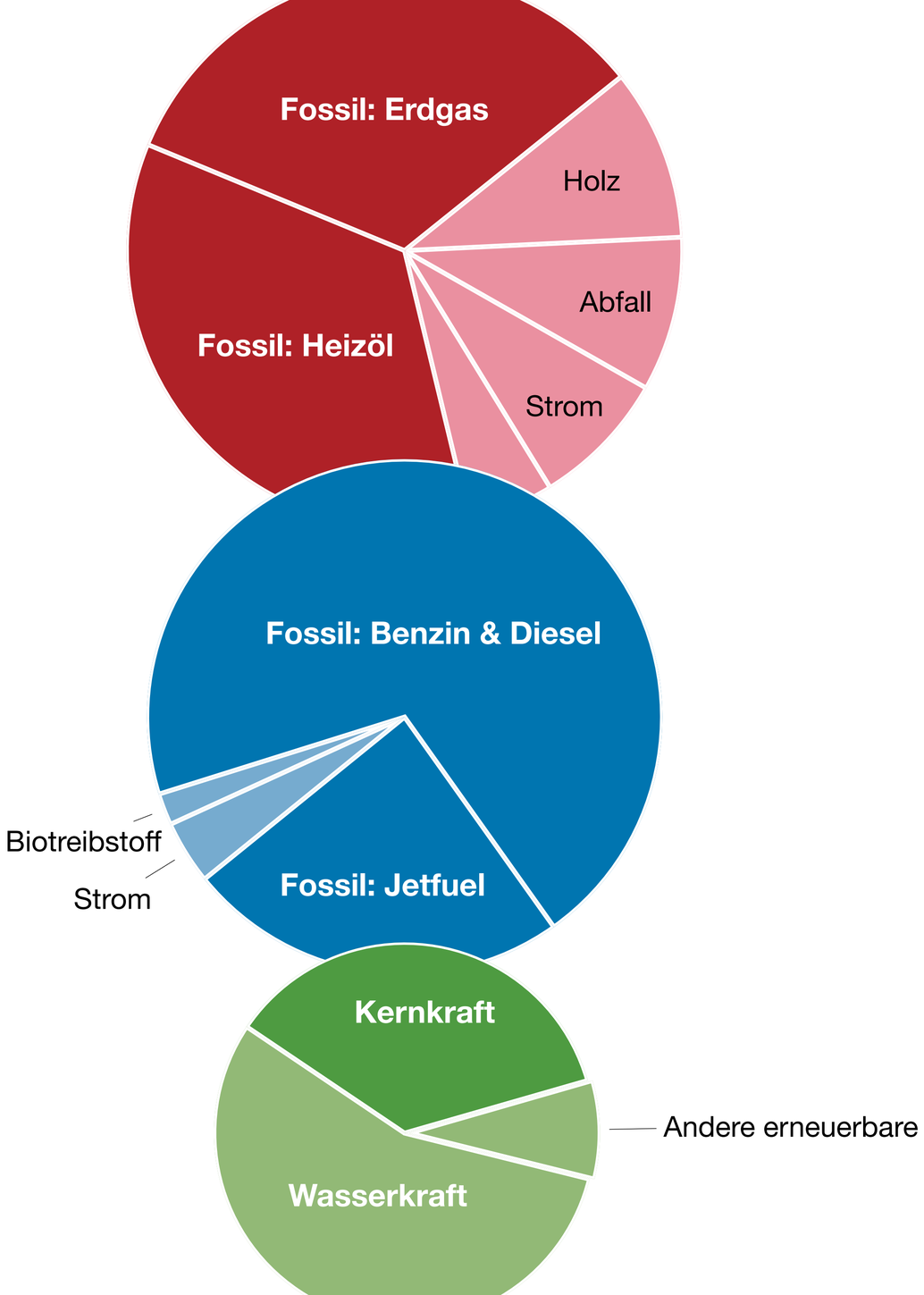


Datenquelle: Bundesamt für Energie 2018

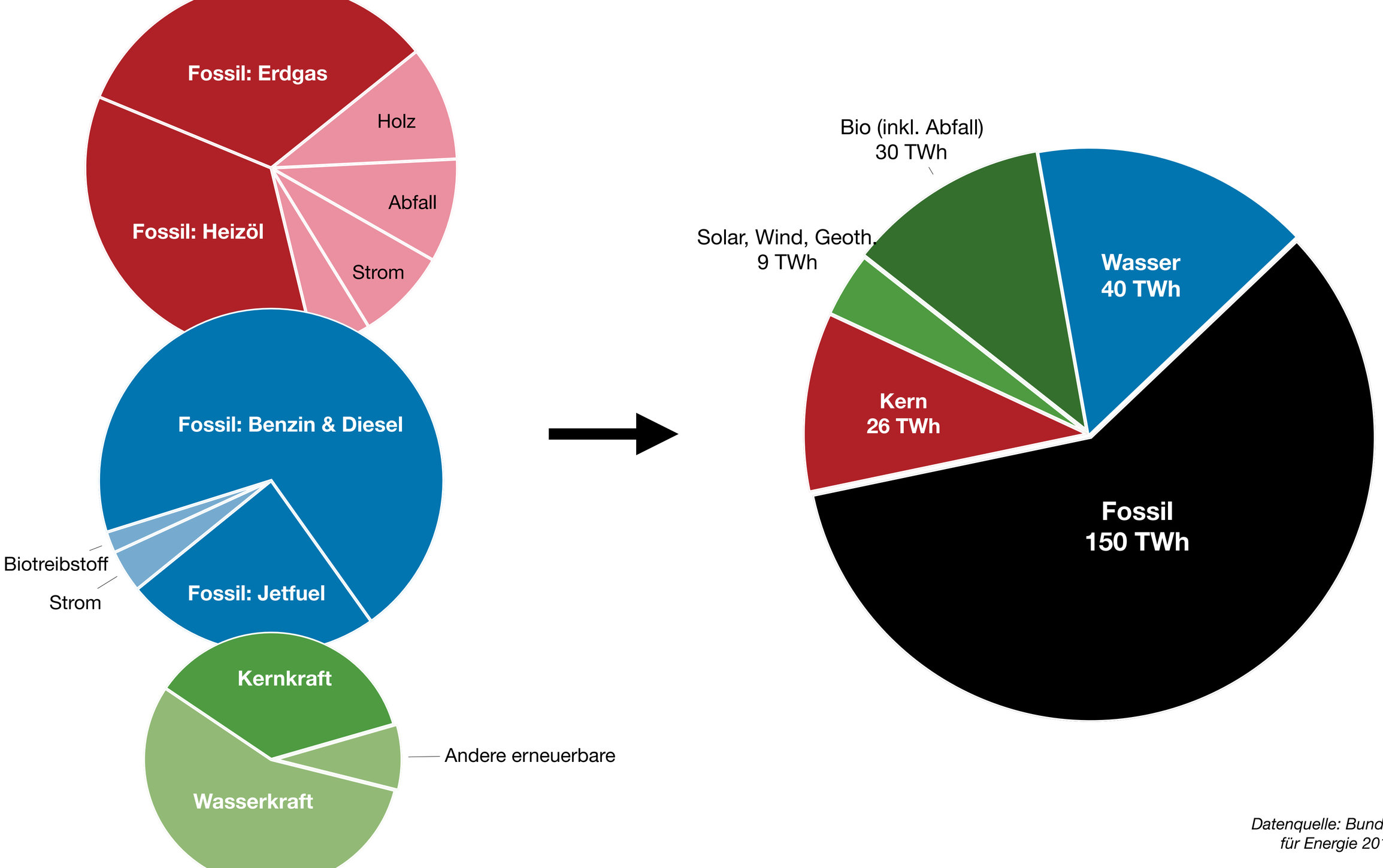
Gesamtenergieverbrauch der Schweiz



Datenquelle: Bundesamt für Energie 2018

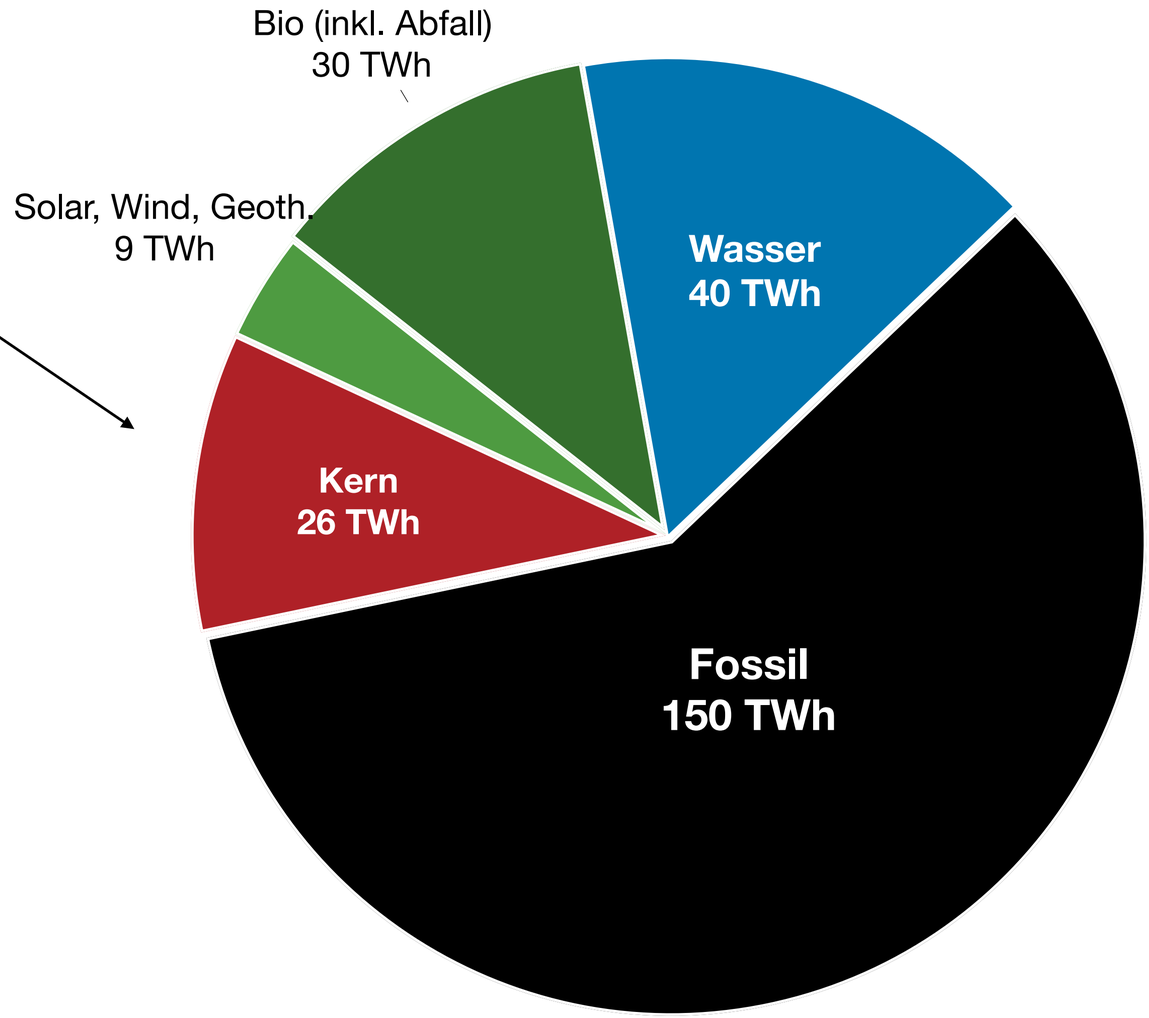


Datenquelle: Bundesamt für Energie 2018

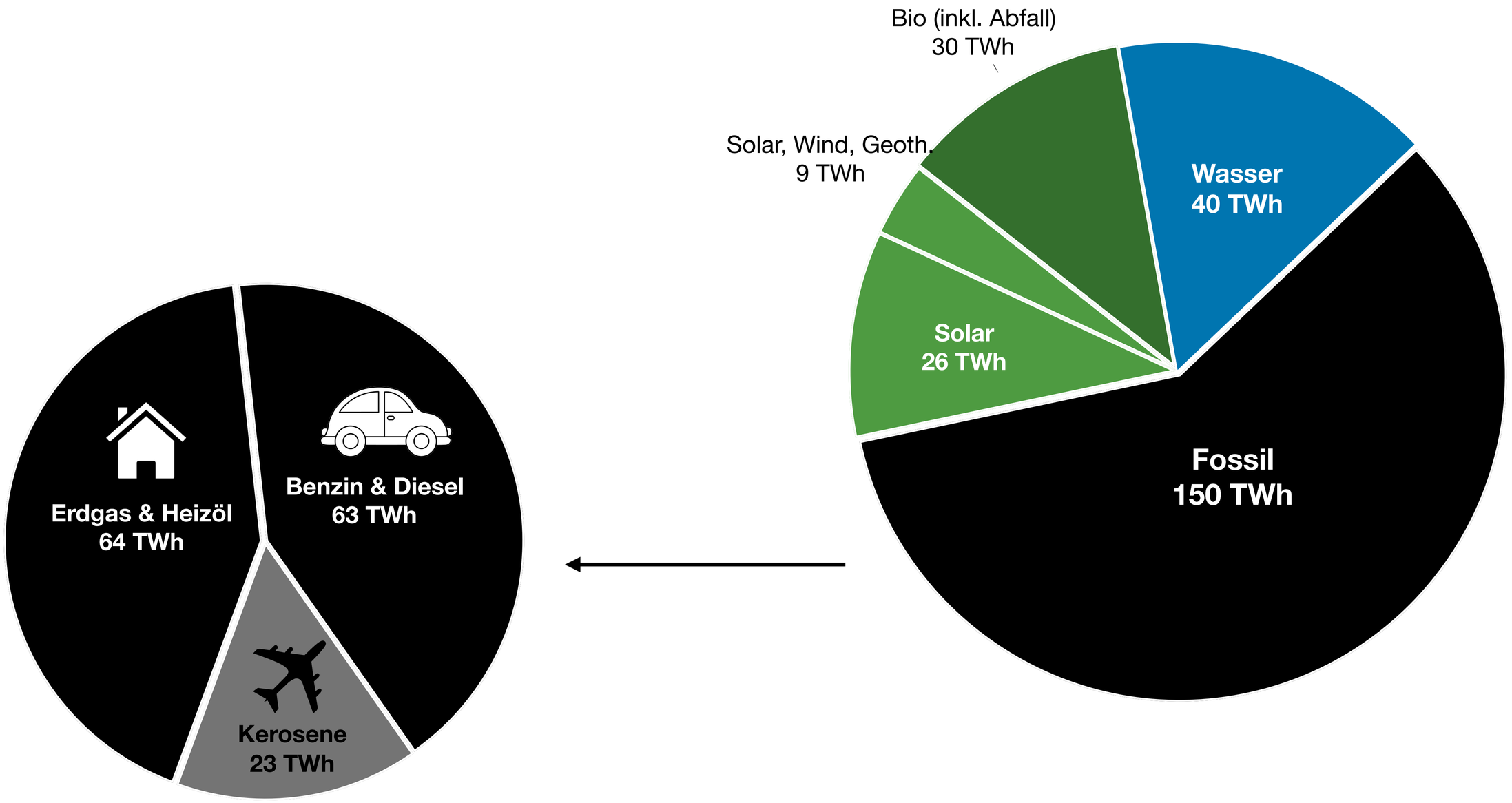


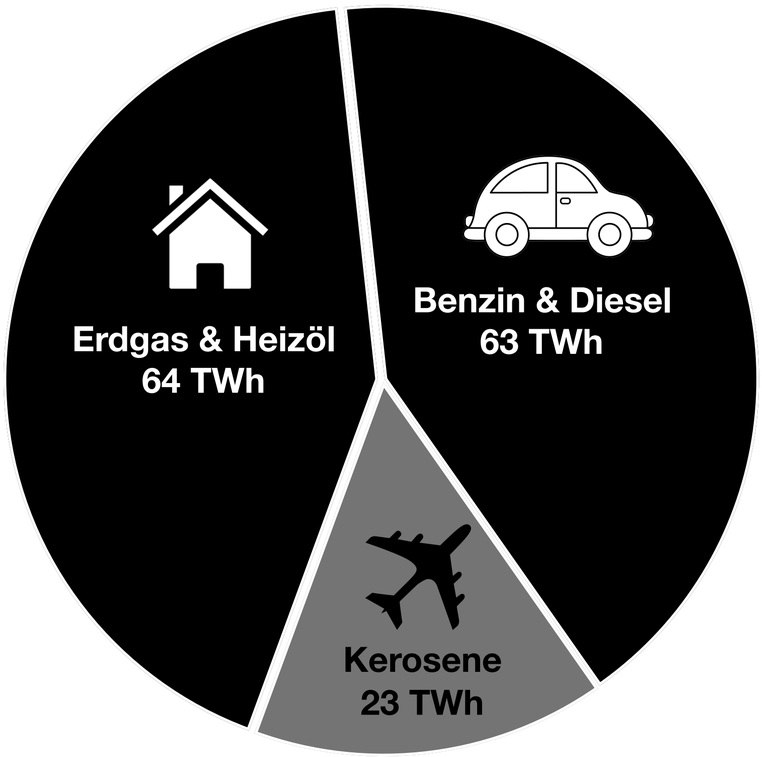
Datenquelle: Bundesamt für Energie 2018

Alle gut geeigneten Dächer
in der Schweiz:
ca. 25 TWh



Ergebnis: Buffat et al., *Applied Energy,* 2016; Foto: focus.de

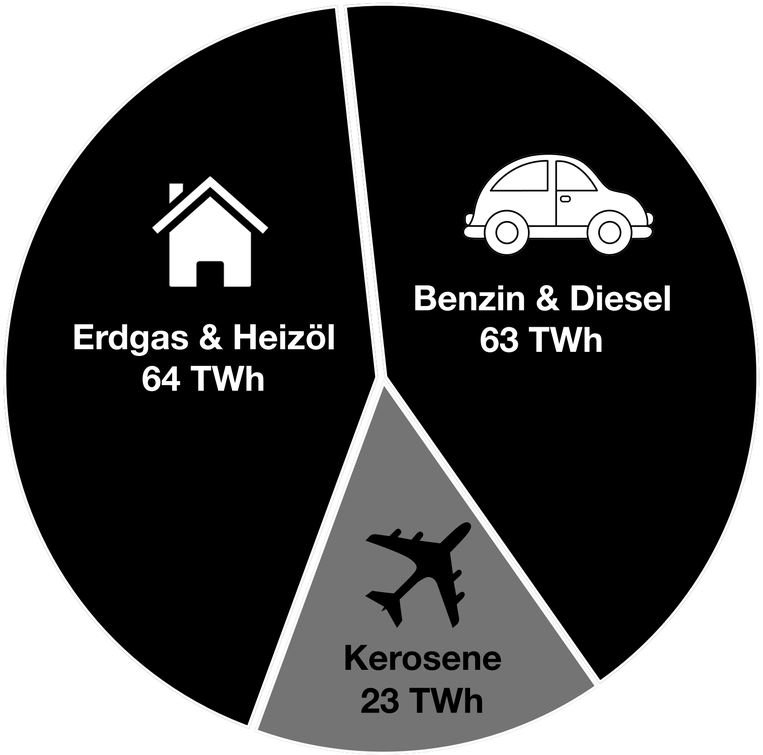

Bio (inkl. Abfall)
30 TWh
Solar, Wind, Geoth.
9 TWh
Wasser
40 TWh
Solar
26 TWh
Fossil
150 TWh
Erdgas & Heizöl
64 TWh
Benzin & Diesel
63 TWh
Kerosene
23 TWh



Wärmepumpen: Doppel so effizient

Dämmung: Halber Wärmebedarf

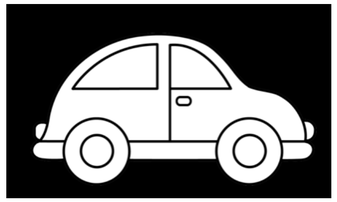
64 TWh ⟶ **15 TWh**



Wärmepumpen: Doppel so effizient

Dämmung: Halber Wärmebedarf

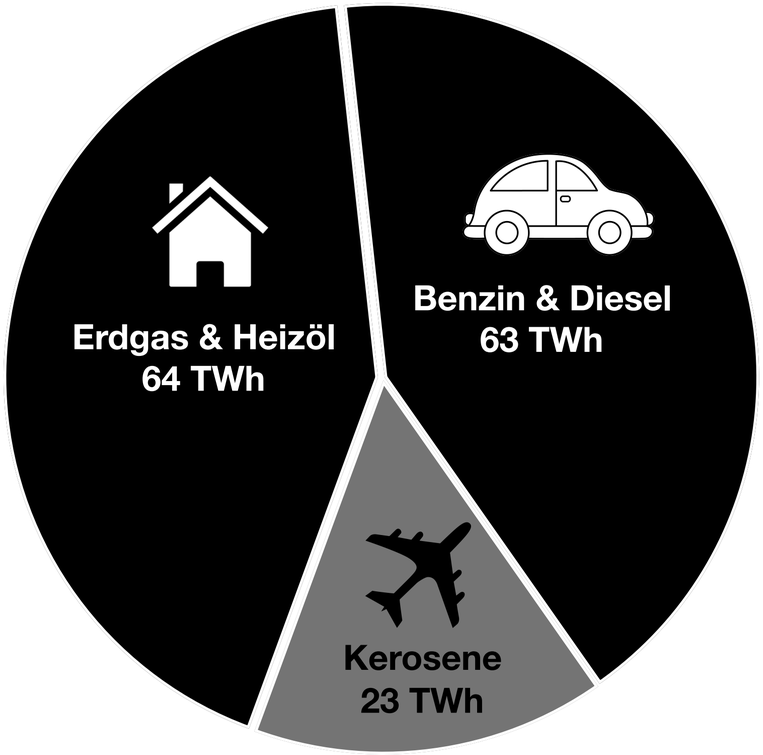
64 TWh ⟶ **15 TWh**



E-Autos: Dreimal so effizient

Öffentliche Verkehrsmittel: Ein Viertel weniger Autofahren

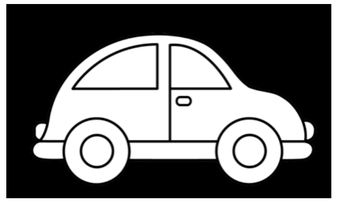
63 TWh ⟶ **15 TWh**



Wärmepumpen: Doppel so effizient

Dämmung: Halber Wärmebedarf

64 TWh ⟶ **15 TWh**



E-Autos: Dreimal so effizient

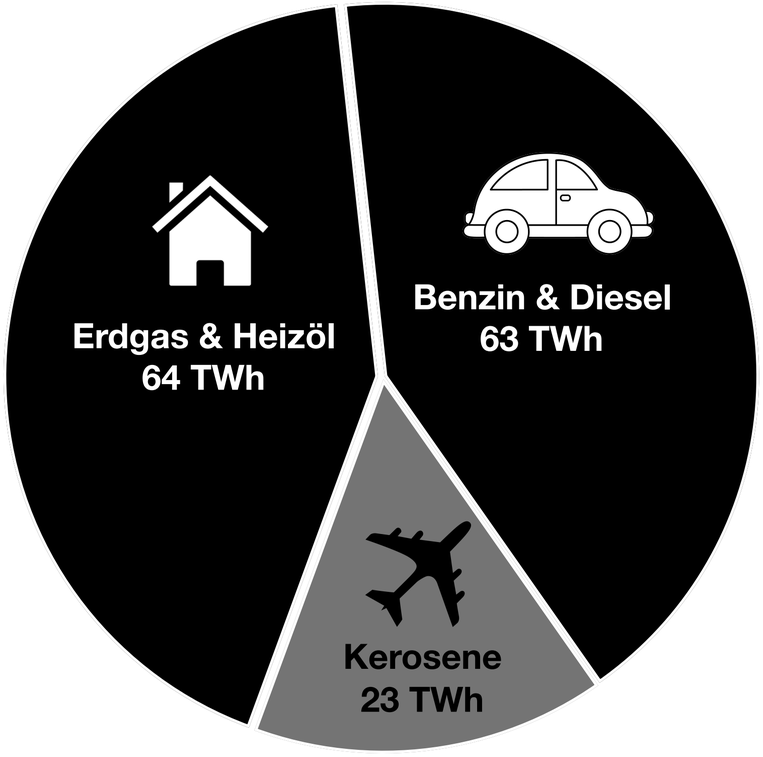
Öffentliche Verkehrsmittel: Ein Viertel weniger Autofahren

63 TWh ⟶ **15 TWh**

---

127 TWh ⟶ 30 TWh Strom

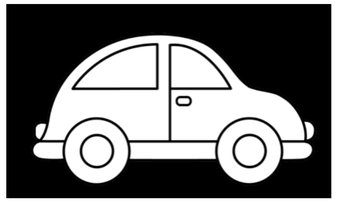
- Viel weniger Geld, denn erneuerbarer Strom kostet etwa so viel pro TWh wie Öl oder Erdgas
- Viel weniger Import, auch wenn wir die 30 TWh im Ausland finden



Wärmepumpen: Doppel so effizient

Dämmung: Halber Wärmebedarf

64 TWh ⟶ **15 TWh**



E-Autos: Dreimal so effizient

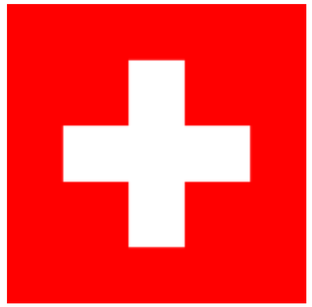
Öffentliche Verkehrsmittel: Ein Viertel weniger Autofahren

63 TWh ⟶ **15 TWh**

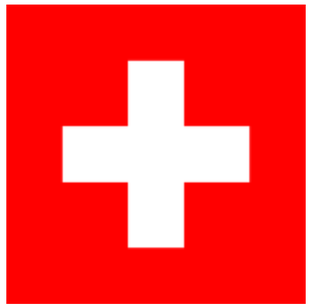
---

127 TWh ⟶ 30 TWh Strom

- Viel weniger Geld, denn erneuerbarer Strom kostet etwa so viel pro TWh wie Öl oder Erdgas
- Viel weniger Import, auch wenn wir die 30 TWh im Ausland finden



30 TWh Strom



100 km² Solar

oder

2’300 Windräder

oder

Geothermie?

+

Speicherkapazität

30 TWh Strom

100 km² Solar

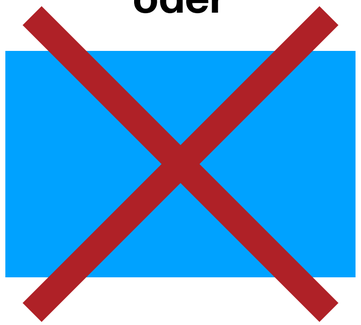
oder

2’300 Windräder

+

Speicherkapazität

oder



Geothermie?

30 TWh Strom

100 km² Solar

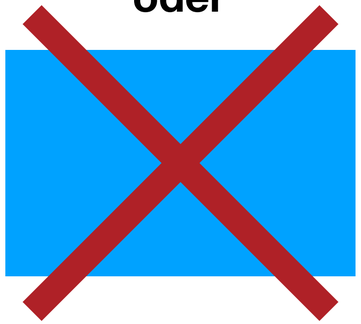
oder

2’300 Windräder

+

Speicherkapazität

oder

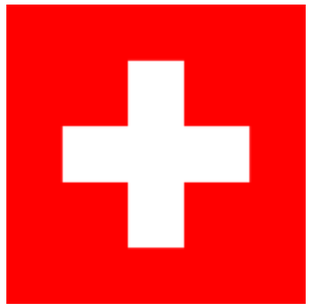


Geothermie?

30 TWh Strom

100 km² Solar

30 TWh Strom



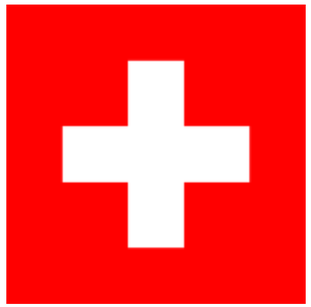
100 km² Solar

Flughafen Zürich
ca. 9 km²

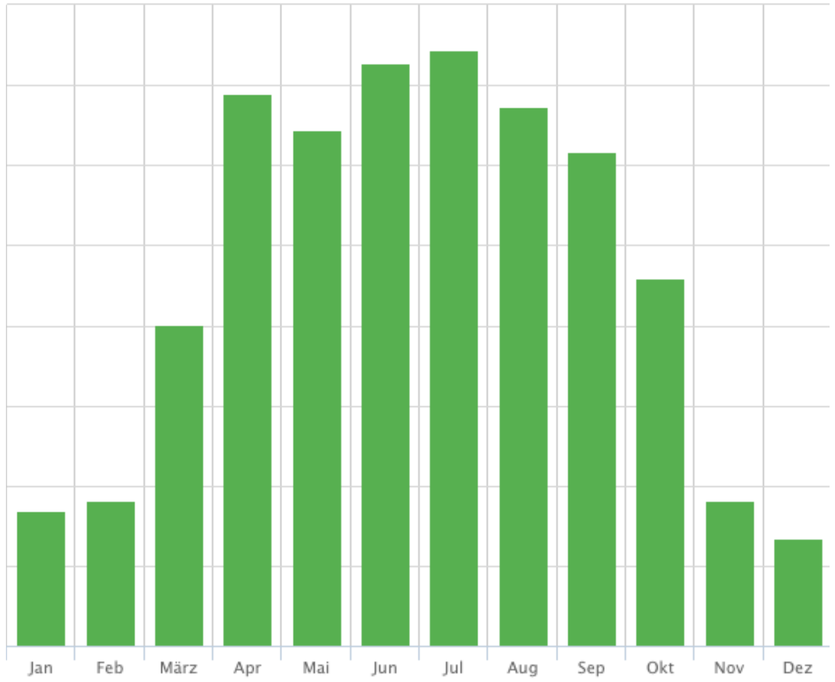
41’000 km²

← 100 km²

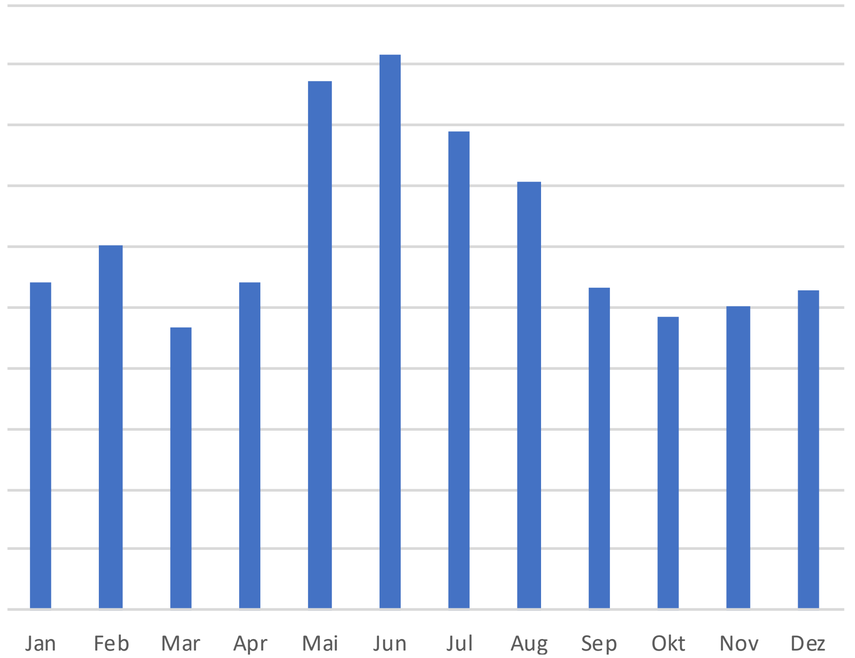
30 TWh Strom



Solar



Wasserkraft



PV Daten: eigenen Dach;
Wasserkraft Daten: BFE 2019

30 TWh Strom

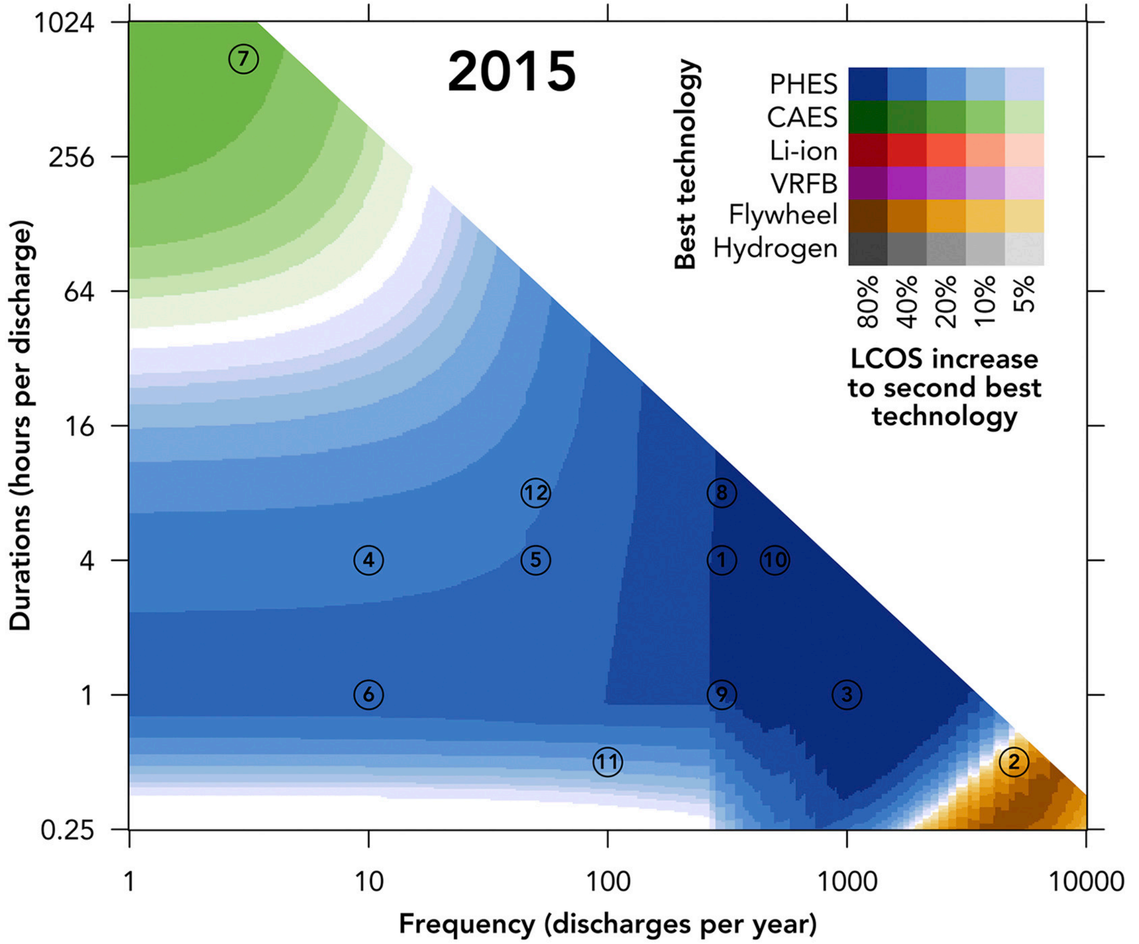
30 TWh Strom

Den ganzen Winter →

Schlechtes Wetter →

Eine Nacht →

Eine Stunde →



Schmidt et al. *Joule* (2019).

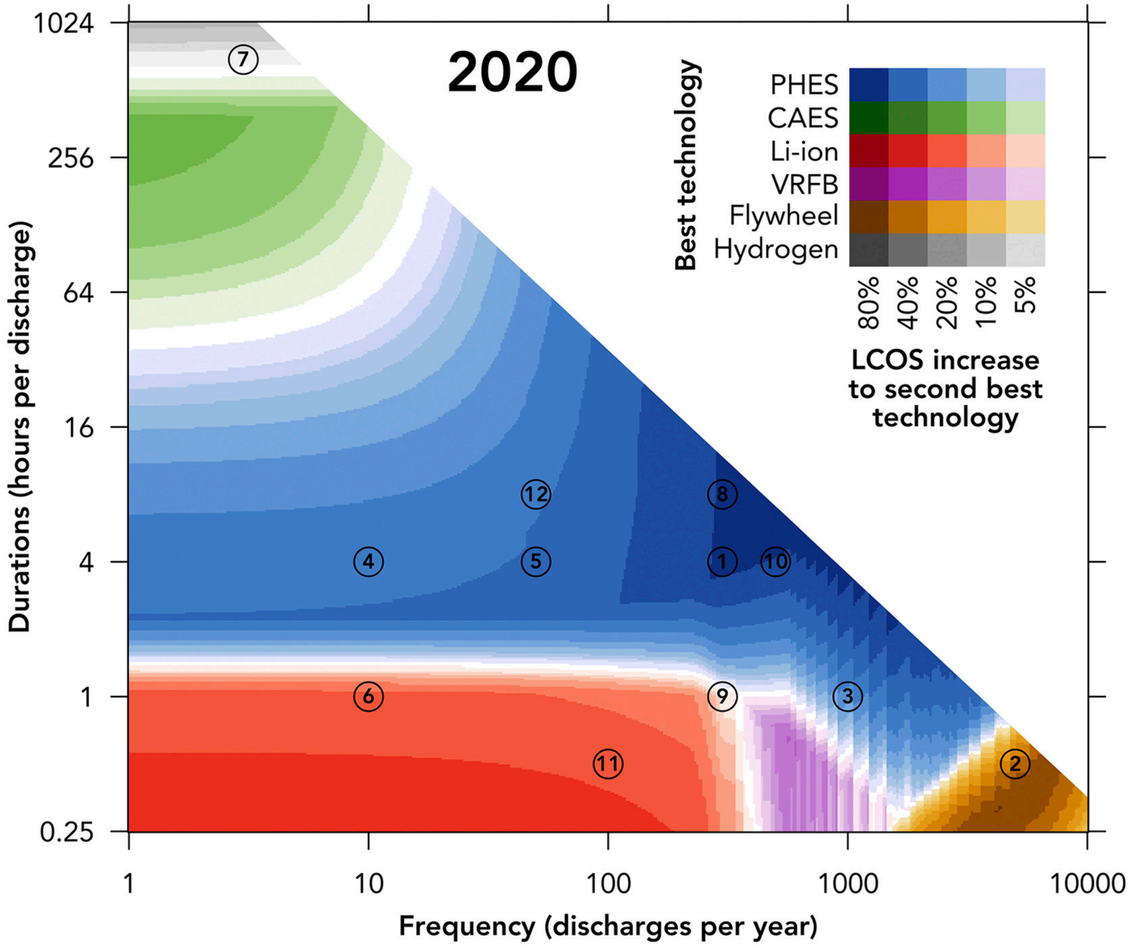
30 TWh Strom

Den ganzen Winter →

Schlechtes Wetter →

Eine Nacht →

Eine Stunde →



Schmidt et al. *Joule* (2019).

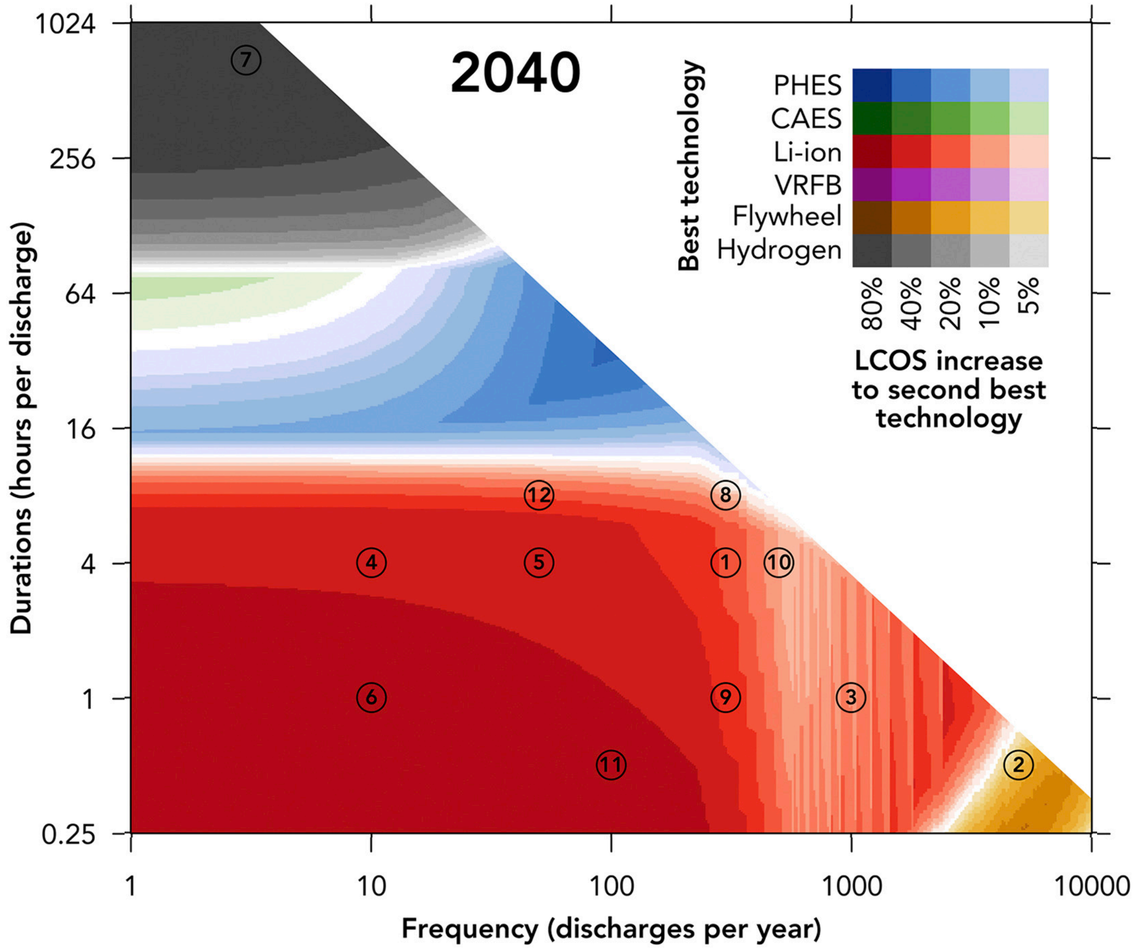
30 TWh Strom

Den ganzen Winter →

Schlechtes Wetter →

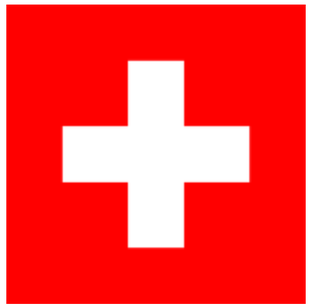
Eine Nacht →

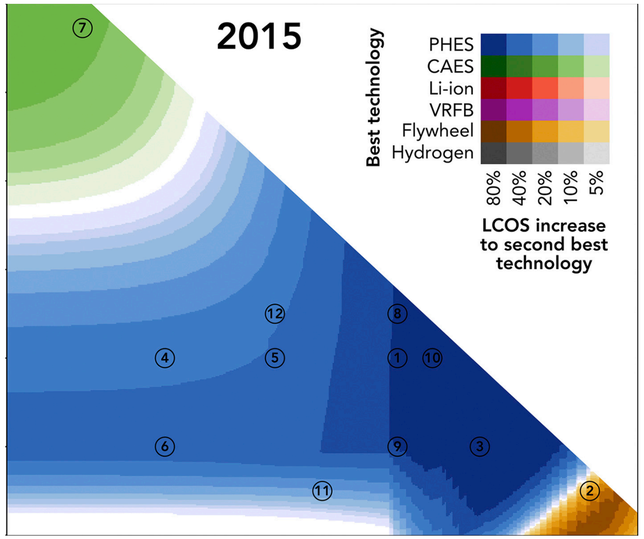
Eine Stunde →



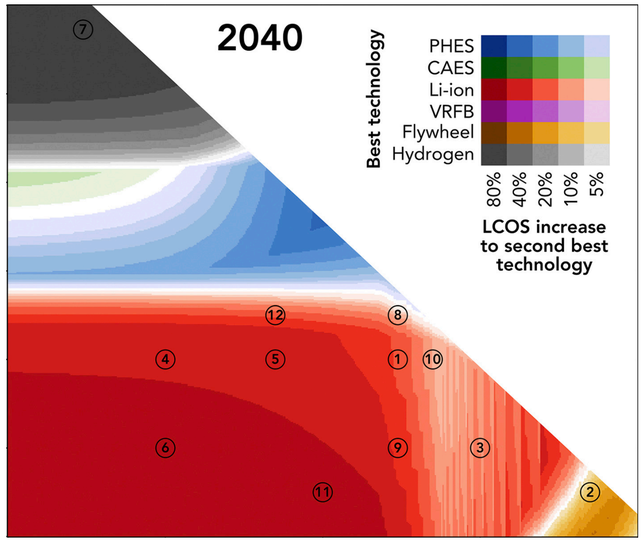
Schmidt et al. *Joule* (2019).

30 TWh Strom





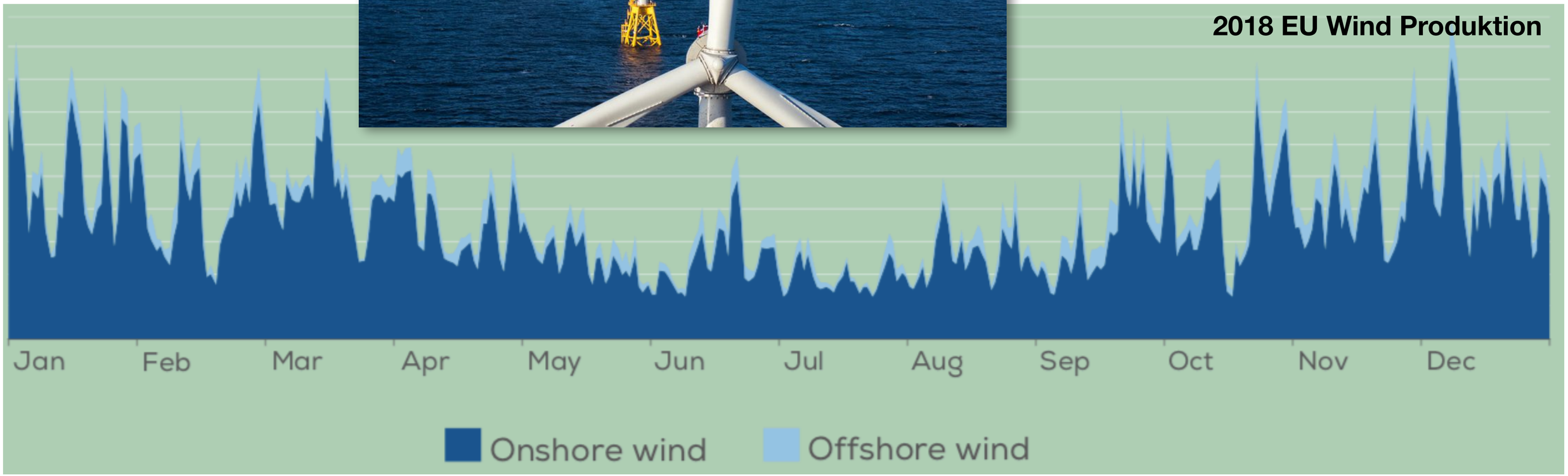
?



- **Batterien und Wasserstoffsysteme werden einfach billiger.**
- **Eine einheimische Lösung wird immer günstiger.**

Schmidt et al. *Joule* (2019).

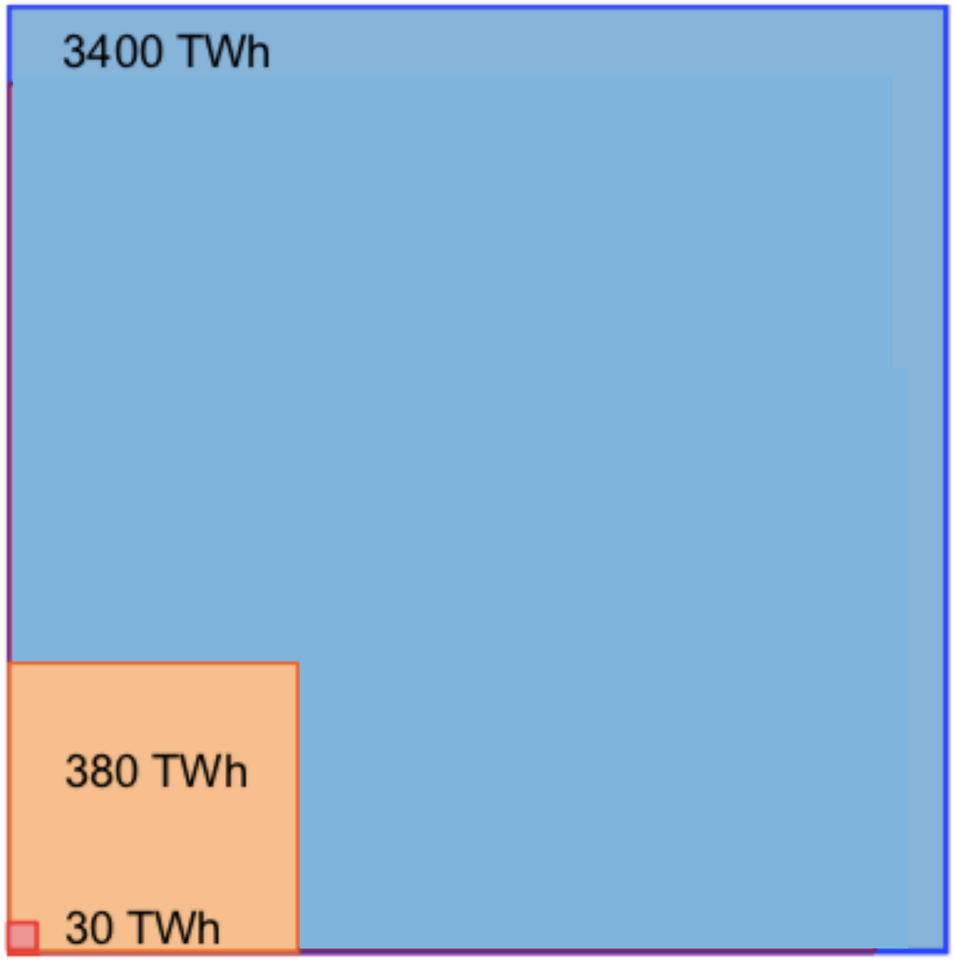
30 TWh Strom



Grafik: windeurope.org

Ergebnis: Diaz, Van Vliet, & Patt *Energies,* 2017

30 TWh Strom



Windenergie in der Nordsee:

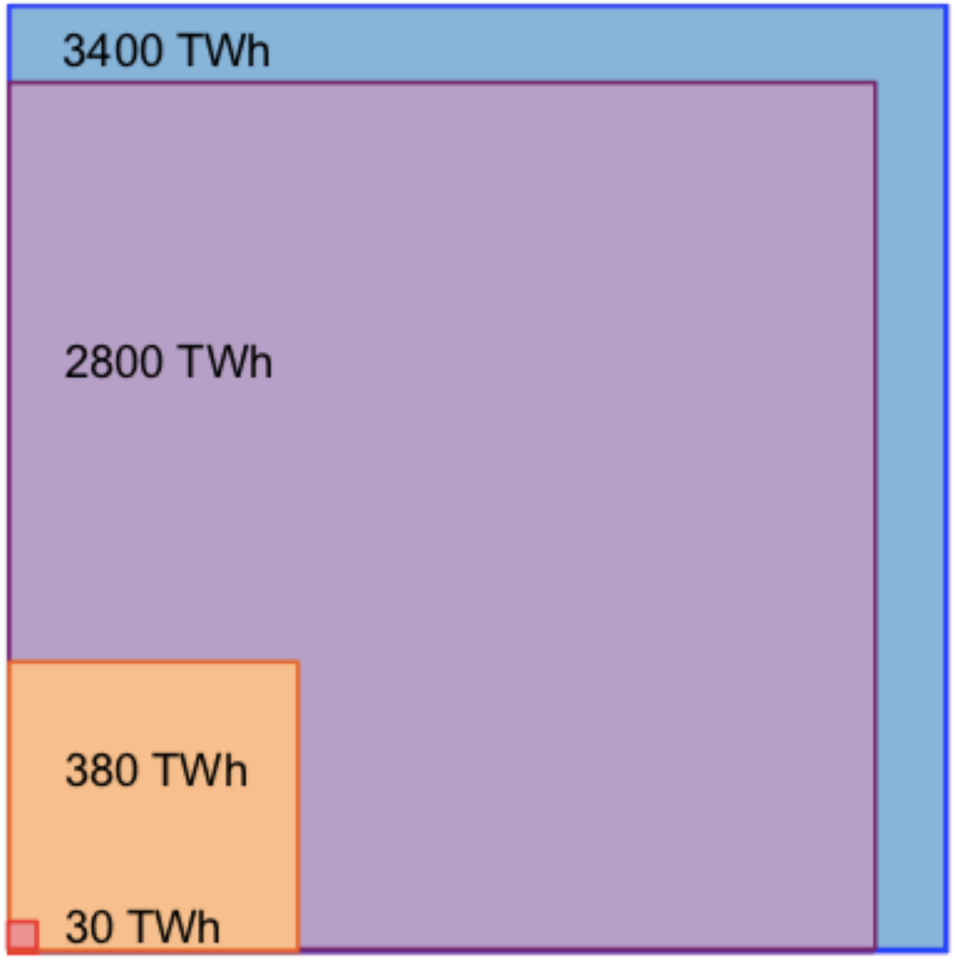
Wirtschaftliche Potenzial

Existierende und geplante Kapazität

Schweizer Import

Diaz, Van Vliet, & Patt
Energies, 2017

30 TWh Strom



Windenergie in der Nordsee:

- Wirtschaftliche Potenzial
- Jeder Europäer benutzt so viel wie die Schweizer
- Existierende und geplante Kapazität
- Schweizer Import

Diaz, Van Vliet, & Patt
Energies, 2017

30 TWh Strom

Morocco in the fast lane with world's largest concentrated solar farm

By Nicki Shields and James Masters, CNN

Updated 1407 GMT (2207 HKT) July 16, 2019

Built on an area of more than 3,000 hectares in area - the size of 3,500 football fields -- the Noor-Ouarzazate complex, produces enough electricity to power a city the size of Prague, or twice the size of Marrakesh.

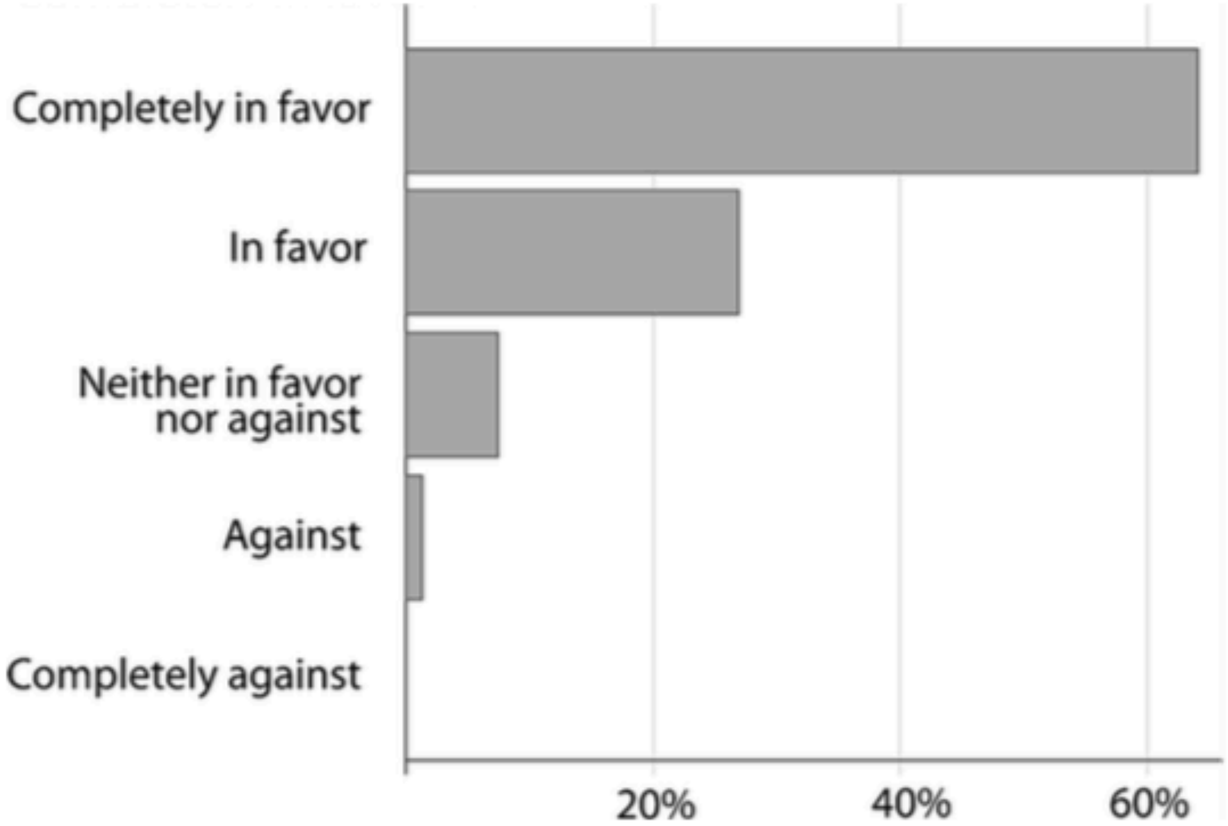
30 TWh Strom

Morocco in the fast lane with world's largest concentrated solar farm

By Nicki Shields and James Masters, CNN

Updated 1407 GMT (2207 HKT) July 16, 2019

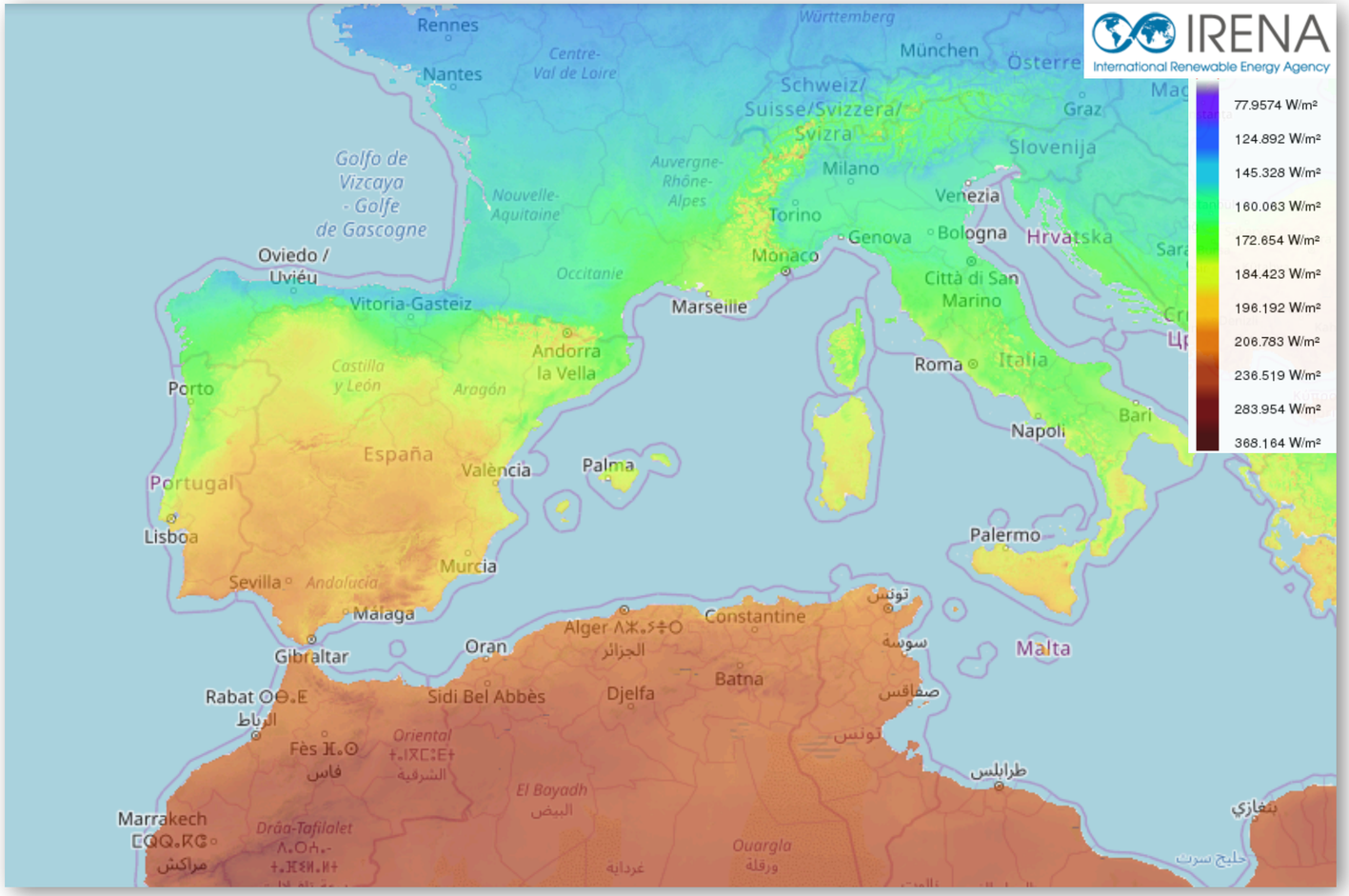
Built on an area of more than 3,000 hectares in area - the size of 3,500 football fields -- the Noor-Ouarzazate complex, produces enough electricity to power a city the size of Prague, or twice the size of Marrakesh.



Hanger et al., *Energy Res. & Soc. Sci.,* 2016

30 TWh Strom

ca. 125 W/m²



ca. 250 W/m²

- **Zusätzliche Speicherkapazität wäre nicht nötig**
- **Nur 50 km² in Marokko statt 100 km² in der Schweiz**

Ergebnis: Diaz et al. *Energies* 2017; Pfenninger et al. *Nature Climate Change* 2014.

30 TWh Strom

41’000 km²

100 km²

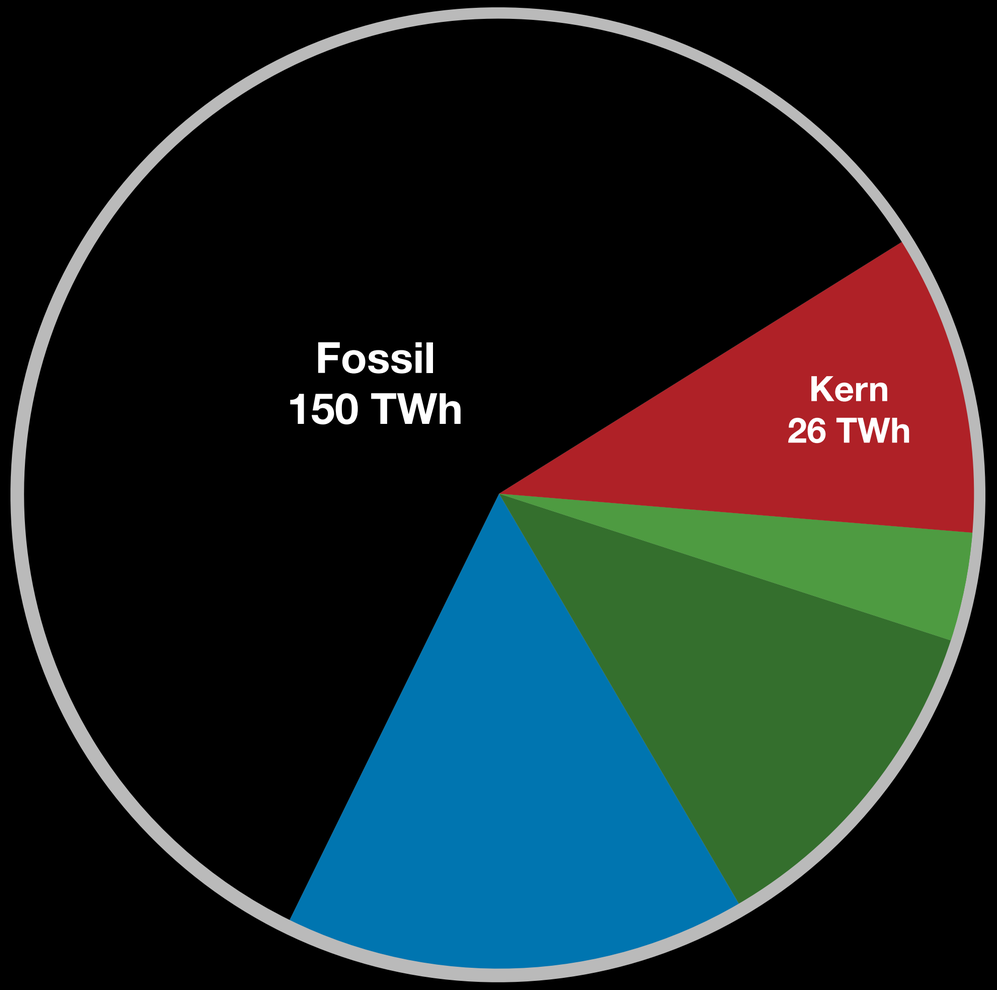
446’000 km²

50 km²

30 TWh Strom

Wir bräuchten andere Menschen

← 50 km²



Fazit

- Der Ersatz der Kernkraft ist das kleinere Teil des Puzzles. Unsere Dächer können das.
- Das grössere Teil des Puzzles ist der fossile Brennstoff, den wir derzeit für Heizung und Mobilität nutzen.

Wo	*Was*	*Wie teuer*	*Wie sicher*	*Aber …*
	**100 km² Solar + Batterien + Wasserstoff**			
	**700 Windräder in der Nordsee**			
	**50 km² Solar**			

Wo	*Was*	*Wie teuer*	*Wie sicher*	*Aber …*
	**100 km² Solar + Batterien + Wasserstoff**	**Wahrscheinlich günstig**		
	**700 Windräder in der Nordsee**	**Günstig**		
	**50 km² Solar**	**Günstig**		

Wo	*Was*	*Wie teuer*	*Wie sicher*	*Aber …*
	**100 km² Solar + Batterien + Wasserstoff**	**Wahrscheinlich günstig**	**Sicher**	
	**700 Windräder in der Nordsee**	**Günstig**	**Sicher**	
	**50 km² Solar**	**Günstig**	**Sicher**	

Wo	*Was*	*Wie teuer*	*Wie sicher*	*Aber …*
	**100 km² Solar + Batterien + Wasserstoff**	**Wahrscheinlich günstig**	**Sicher**	**Gehören freistehende Solaranlagen zur Kulturlandschaft?**
	**700 Windräder in der Nordsee**	**Günstig**	**Sicher**	
	**50 km² Solar**	**Günstig**	**Sicher**	

Wo	*Was*	*Wie teuer*	*Wie sicher*	*Aber …*
	**100 km² Solar + Batterien + Wasserstoff**	**Wahrscheinlich günstig**	**Sicher**	**Gehören freistehende Solaranlagen zur Kulturlandschaft?**
	**700 Windräder in der Nordsee**	**Günstig**	**Sicher**	**Wollen unsere Nachbarn uns die Nordsee verkaufen?**
	**50 km² Solar**	**Günstig**	**Sicher**	

Wo	*Was*	*Wie teuer*	*Wie sicher*	*Aber …*
	**100 km² Solar + Batterien + Wasserstoff**	**Wahrscheinlich günstig**	**Sicher**	**Gehören freistehende Solaranlagen zur Kulturlandschaft?**
	**700 Windräder in der Nordsee**	**Günstig**	**Sicher**	**Wollen unsere Nachbarn uns die Nordsee verkaufen?**
	**50 km² Solar**	**Günstig**	**Sicher**	**Finden wir die richtigen Leute, um ein solches Projekt zu entwickeln?**

Es gibt mehrere Wege

Jeder ist ein riesiges Bauprojekt

Jedes Bauprojekt hat Probleme, und bietet Chancen

Foto: *haerter-partner.ch*