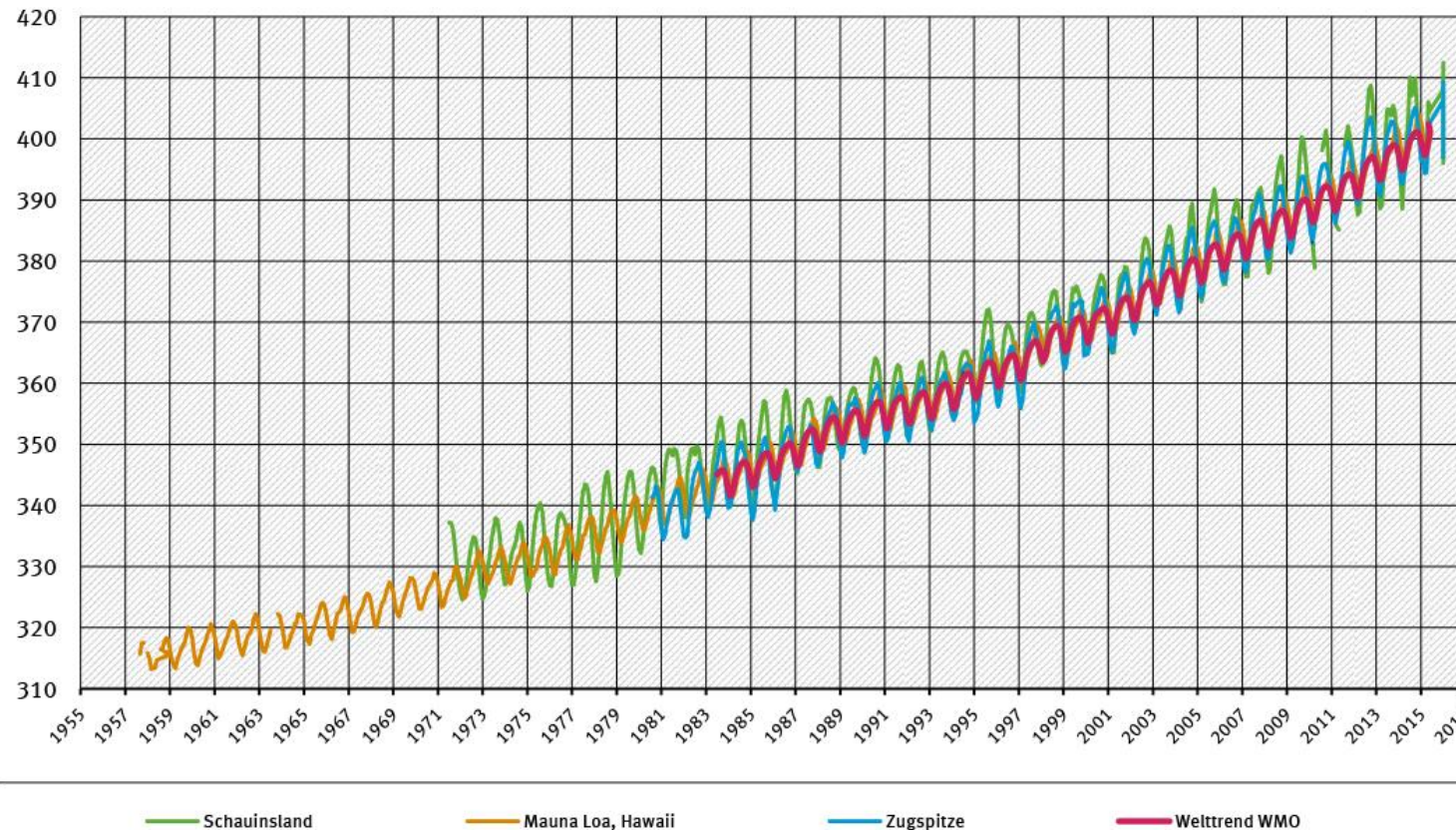


# Welcome

# **ECONOMIC PERSPECTIVES ON A TRANSITION TO CLIMATE NEUTRALITY**

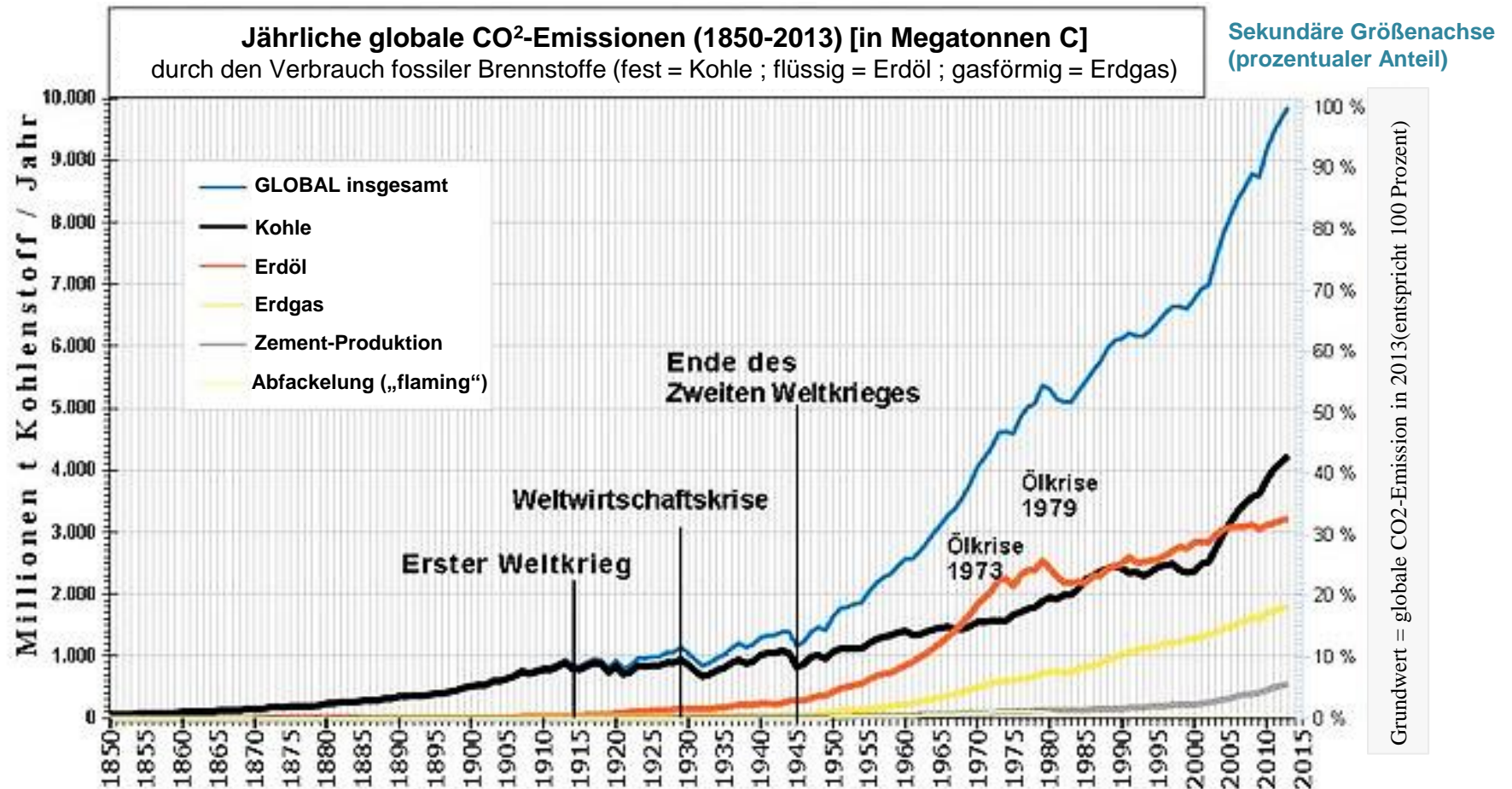
# CO<sub>2</sub>-Concentration in the Atmosphere (monthly Average)



Kohlendioxid in parts per million bezogen auf das Volumen (ppmV)\*

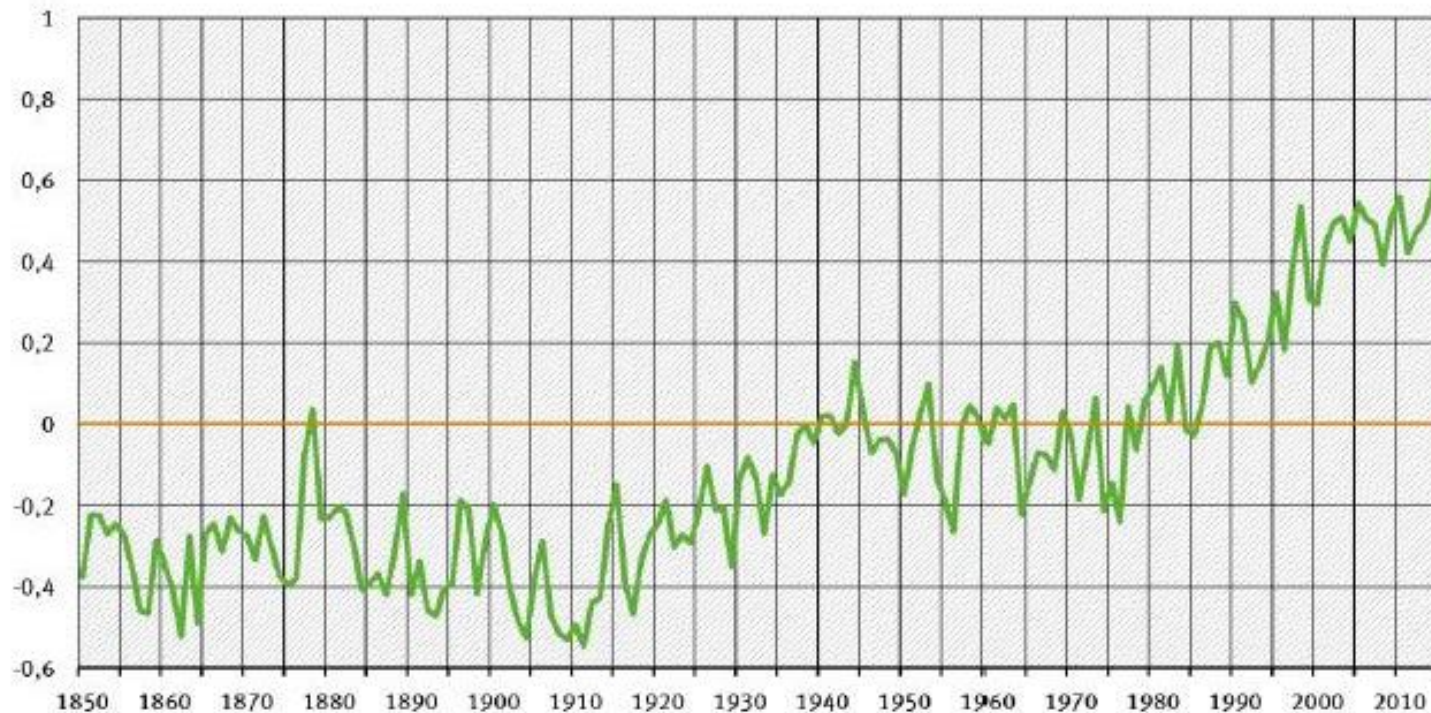
\*1 ppmV=10<sup>-6</sup>= 1 Teil pro Million = 0,0001%, angegeben als Molenbruch

# Global CO<sup>2</sup>-Emissions per year



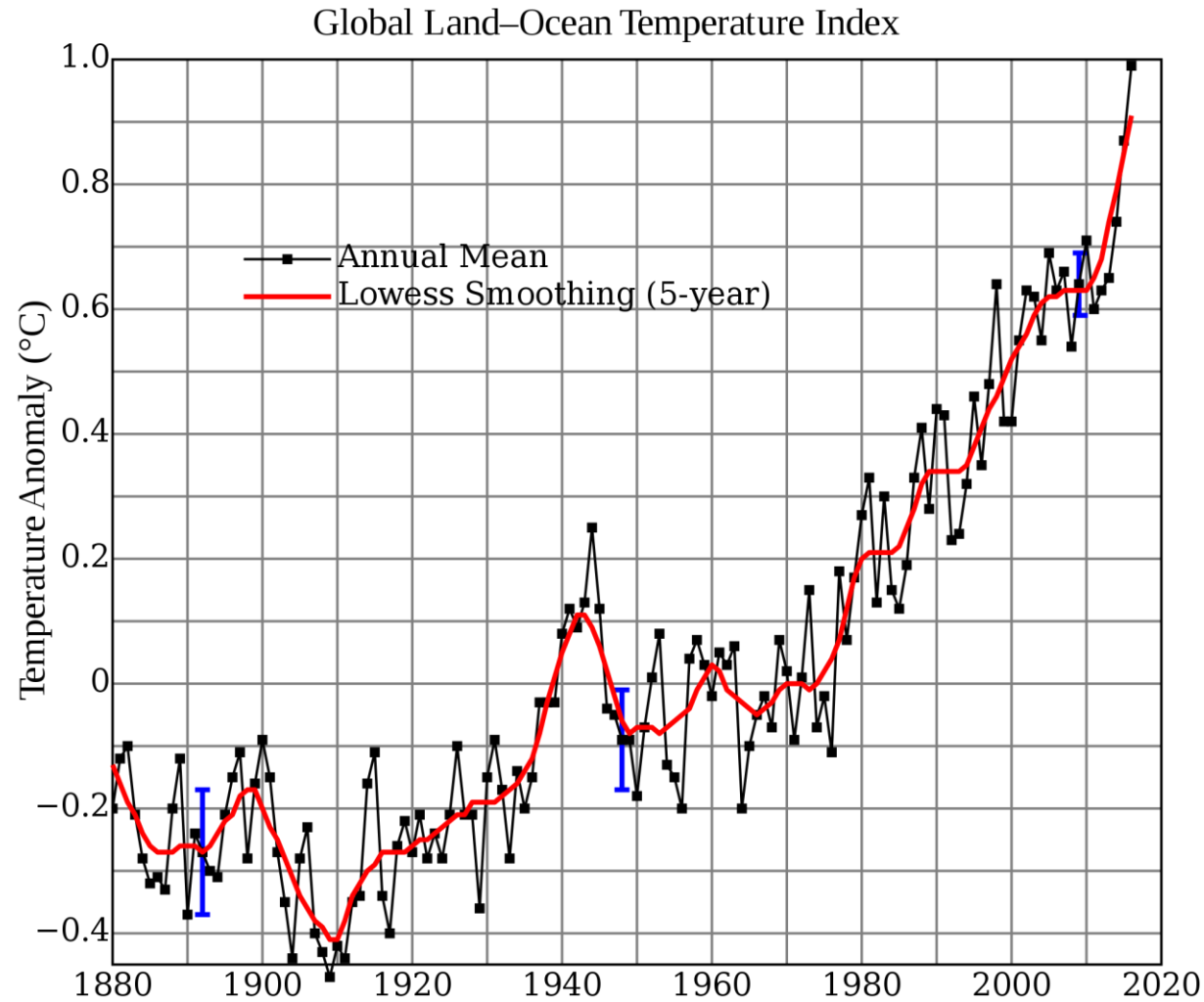
# Temperature Deviation from the global Average

Abweichung in Grad Celsius

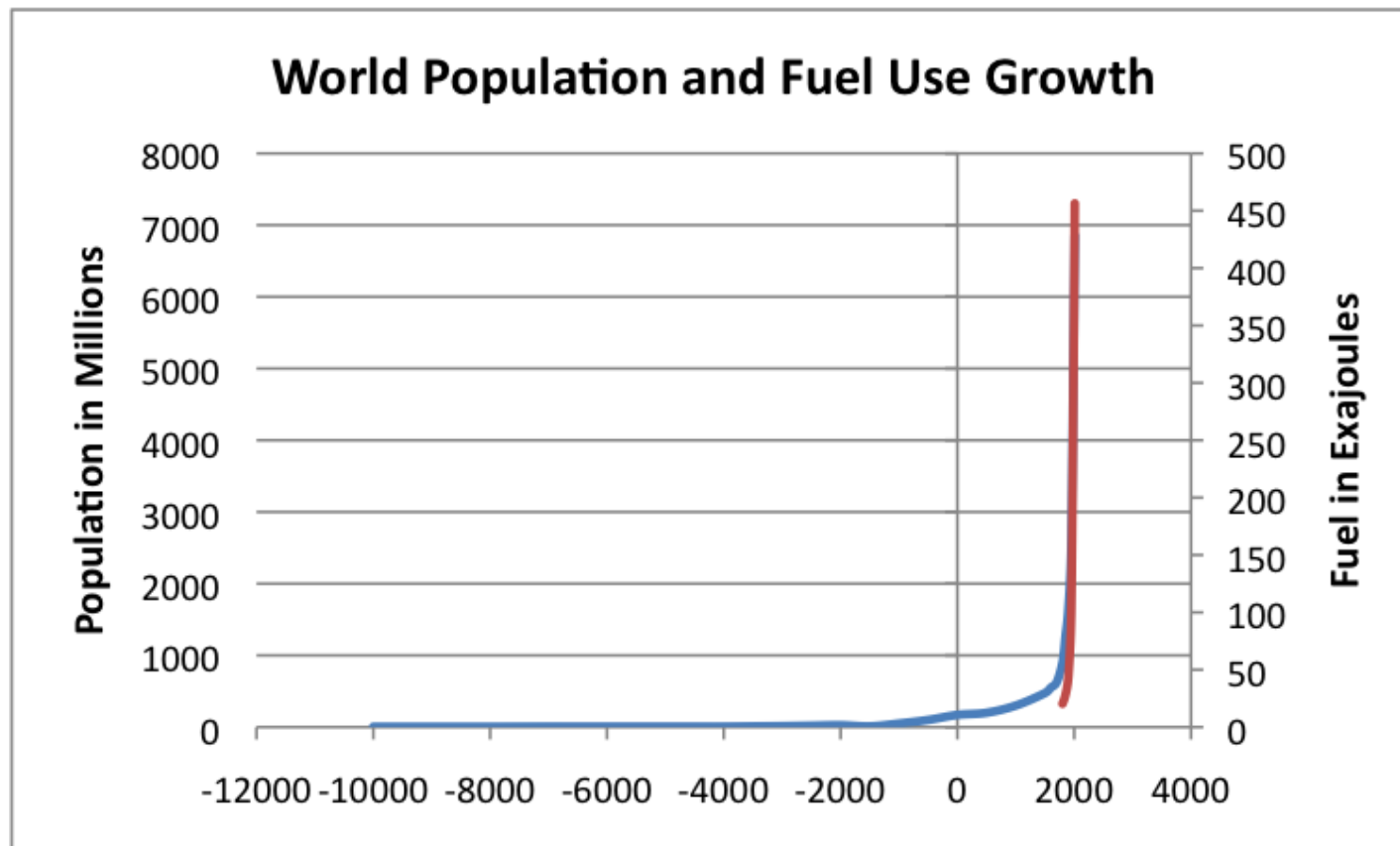


Abweichung vom Durchschnitt der globalen Lufttemperatur 1961 bis 1990 (Referenzperiode)\*

\* Die Nulllinie entspricht dem globalen Temperaturdurchschnitt der Jahre 1961 bis 1990. Dieser liegt bei 14,0 °C. Der globale Temperaturdurchschnitt im Jahr 2015 lag also bei rund 14,75 °C.



# World Population and Fuel Use Growth since 12.000 B.C.

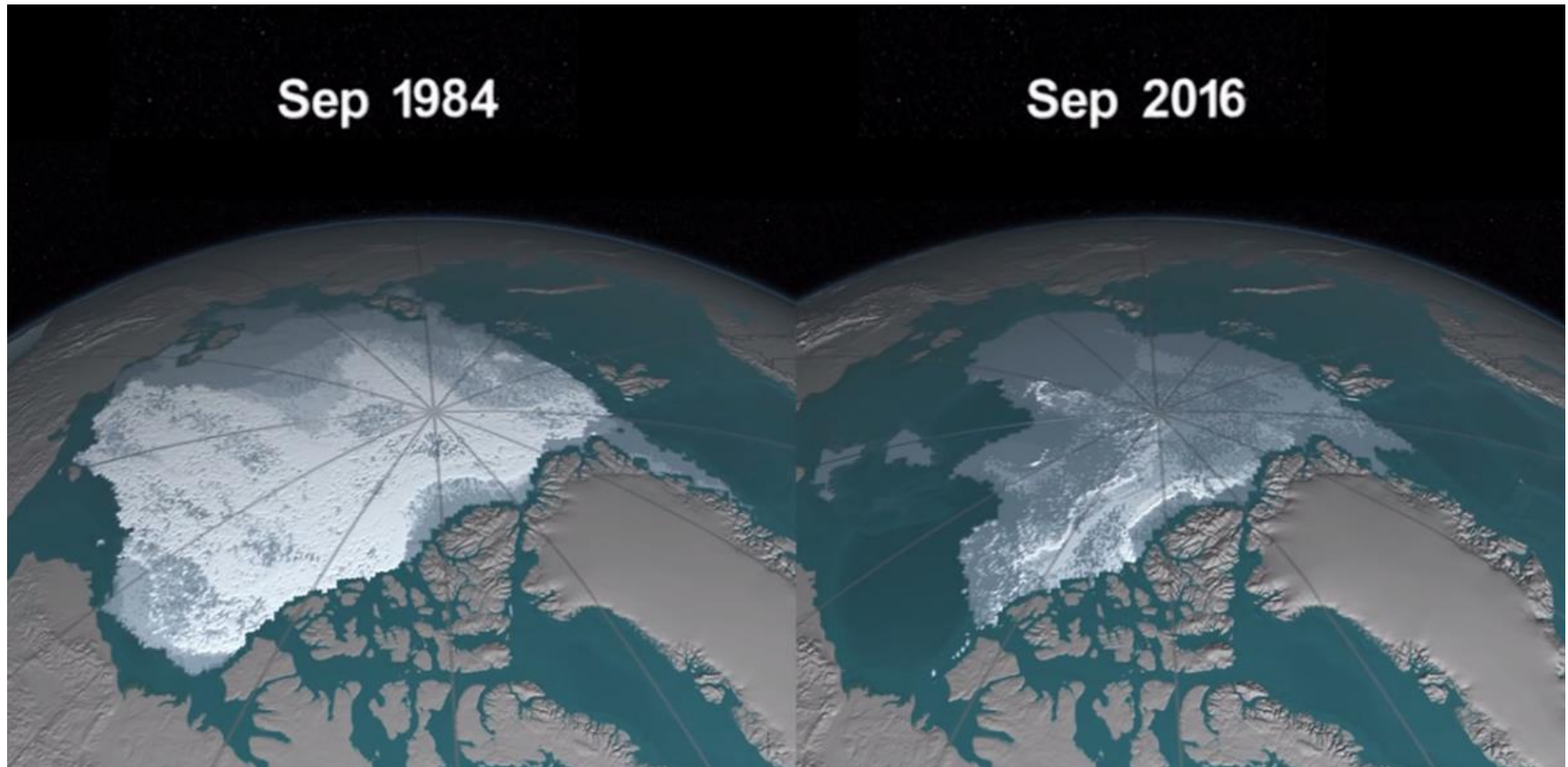


# Undeniable Proof of Global Warming





# Arctic Sept. 1984-Sept. 2016

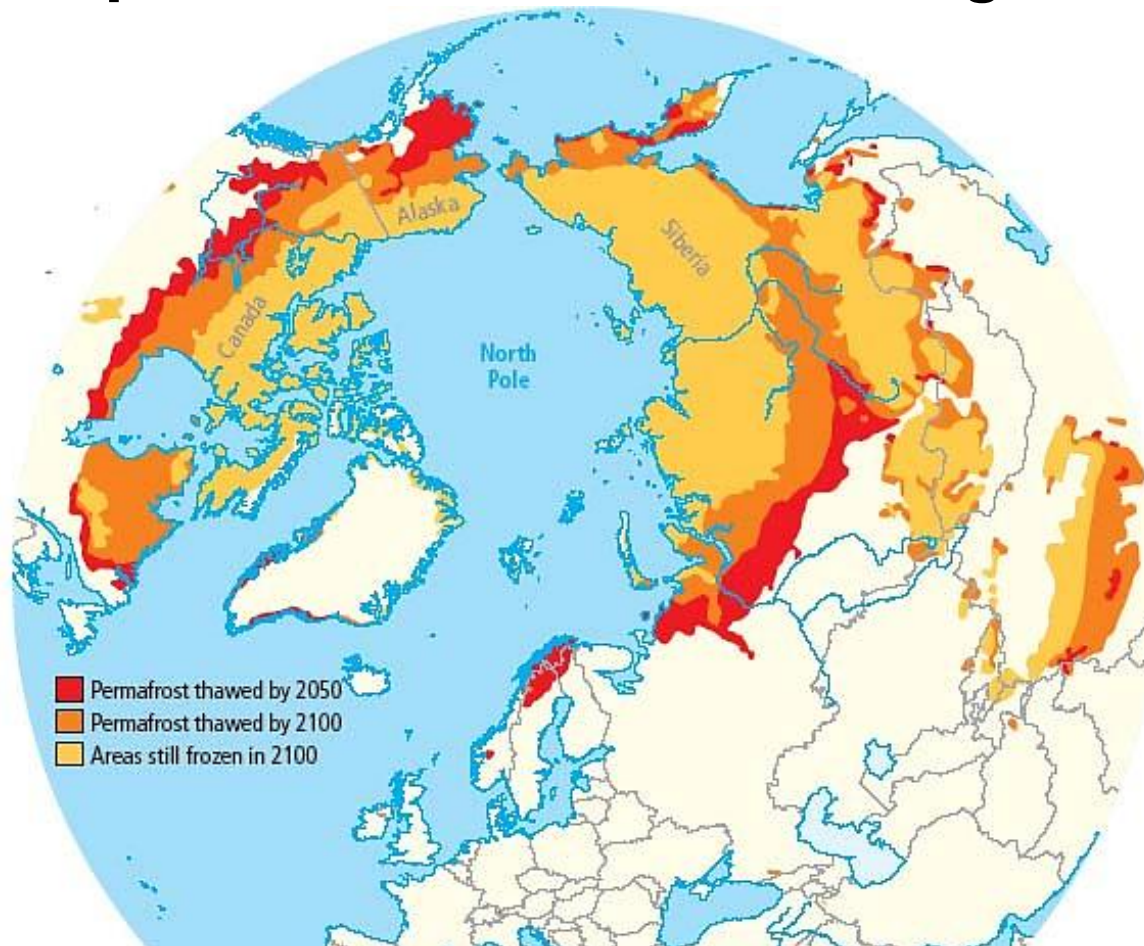


# Mystery of the vanishing Himalayan Lake

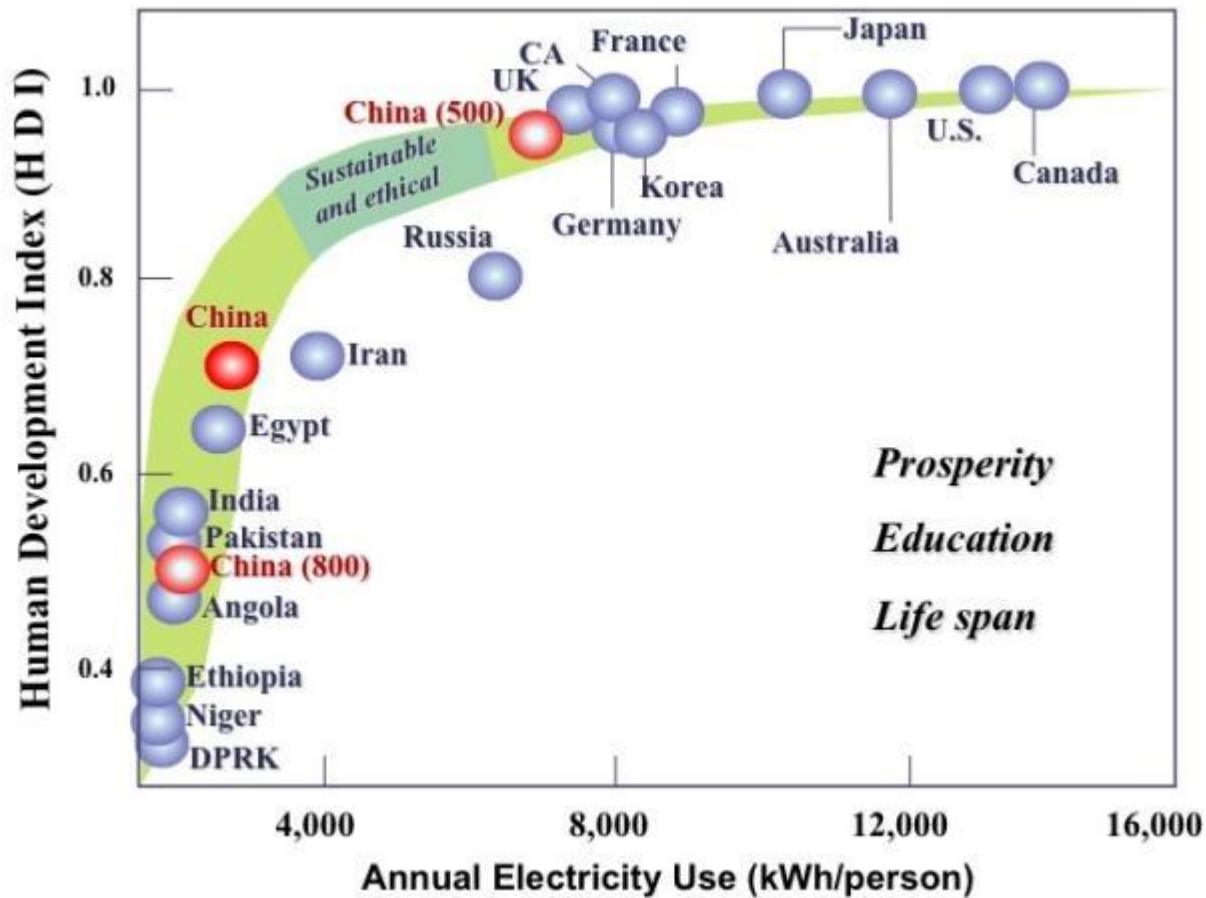


David Breashears/Royal Geographic Society

# Expected Permafrost thawing Process



# Annual Electricity Use (kWh/person)

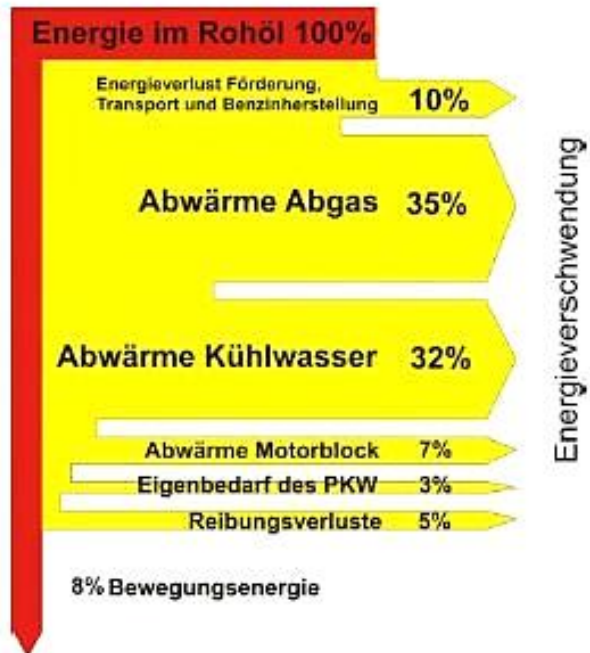


# Annual Energy Use in Germany

PEV Germany 2015 :	3696 TWh
EEV Germany 2015 :	2466 TWh
eta:	66 %

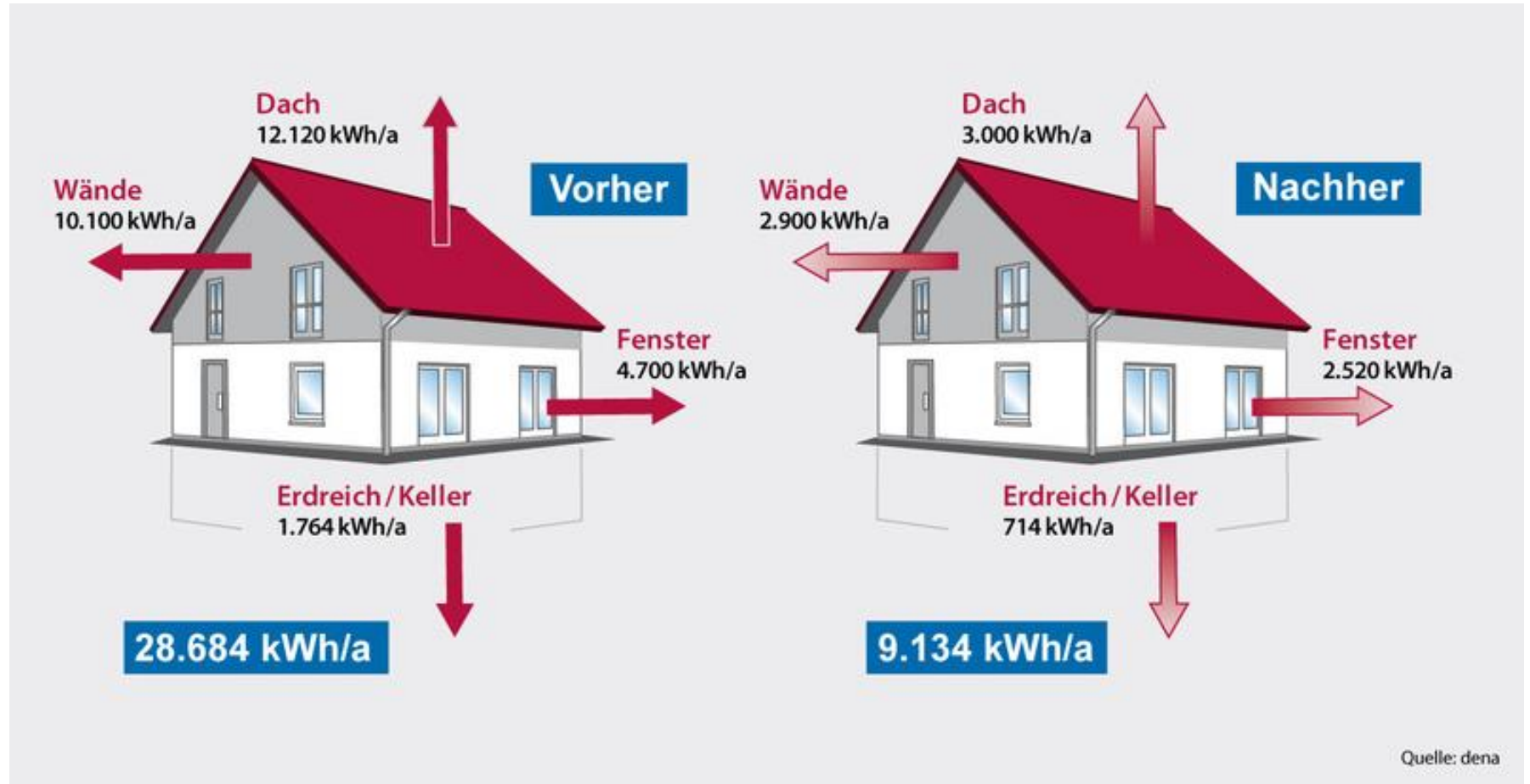
PEV: Primary Energy Consumption  
 EEV: End Energy Use  
 eta: Efficiency

# Comparison between Gasoline and electric driven Cars



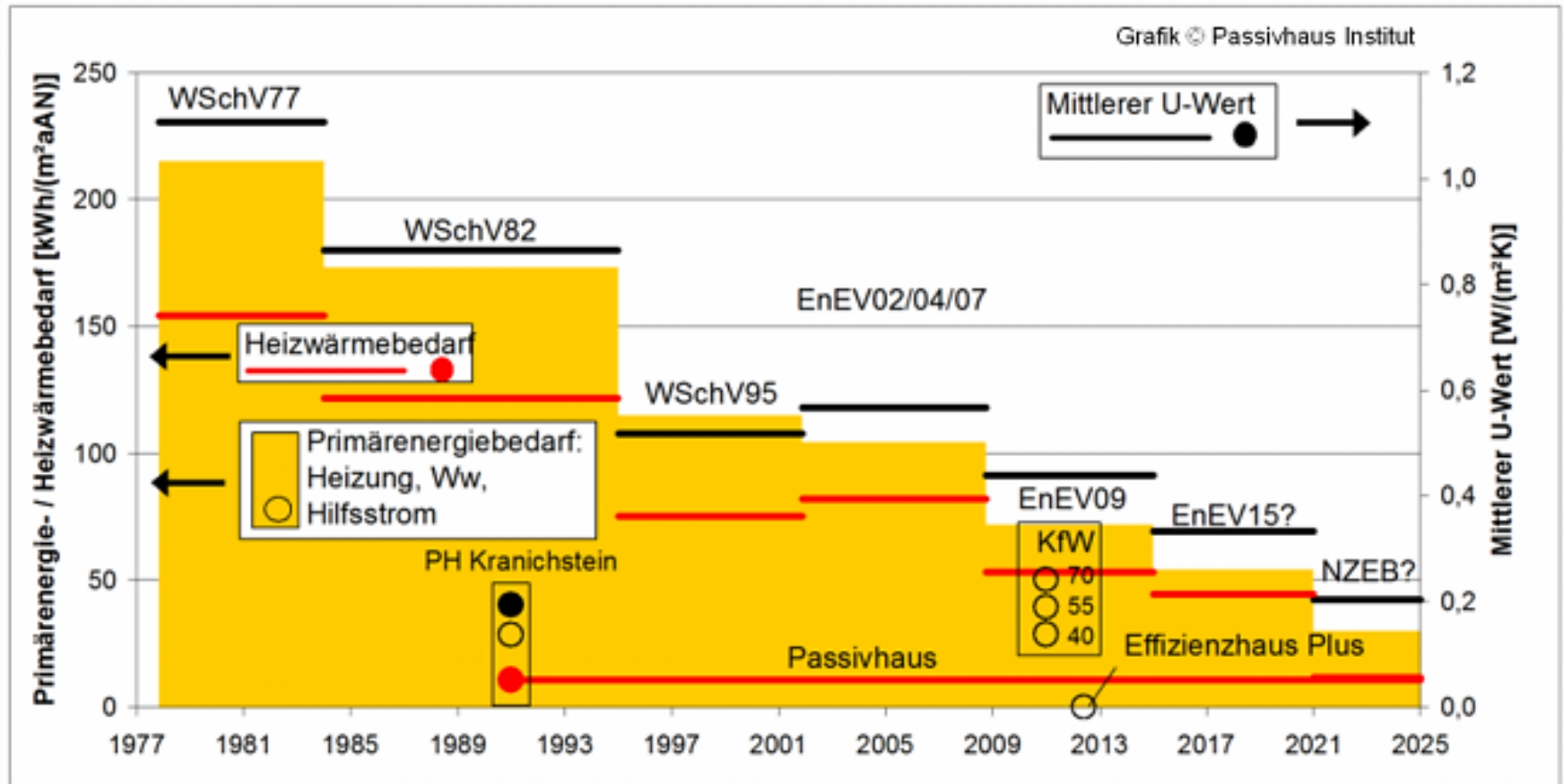


# Building Refurbishment



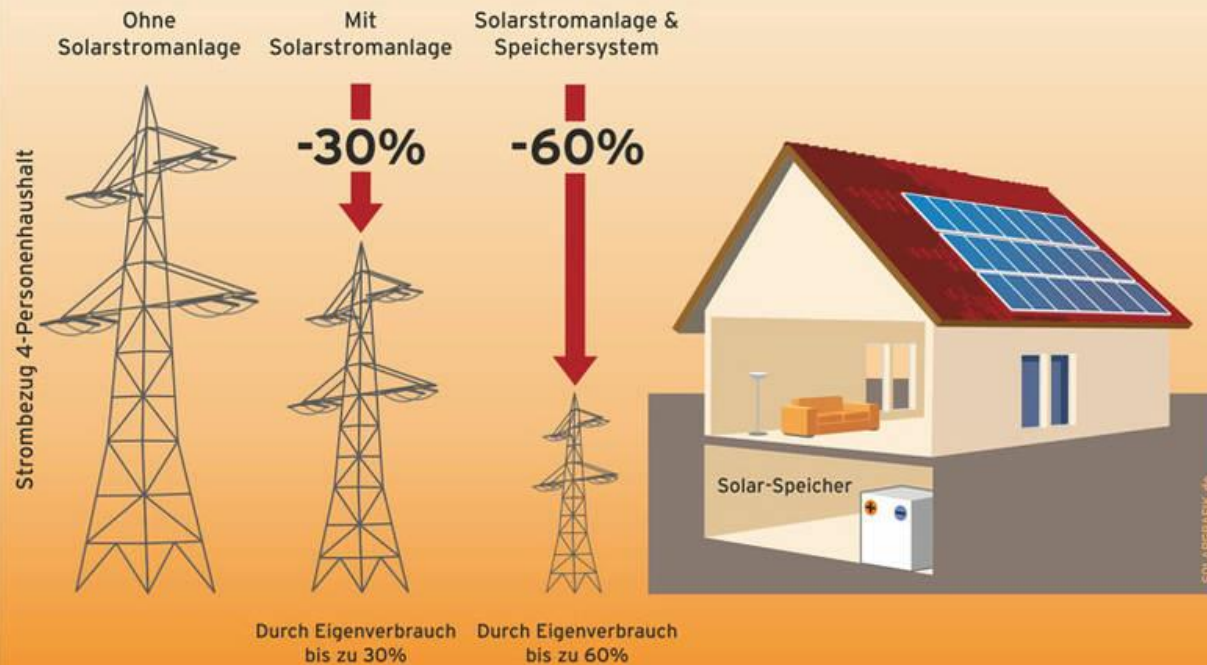


# Regulation for Energy Savings



# Small Solar Storage Batteries

## Kleine Solarstromspeicher: Bis zu 60% weniger Strom aus dem Netz

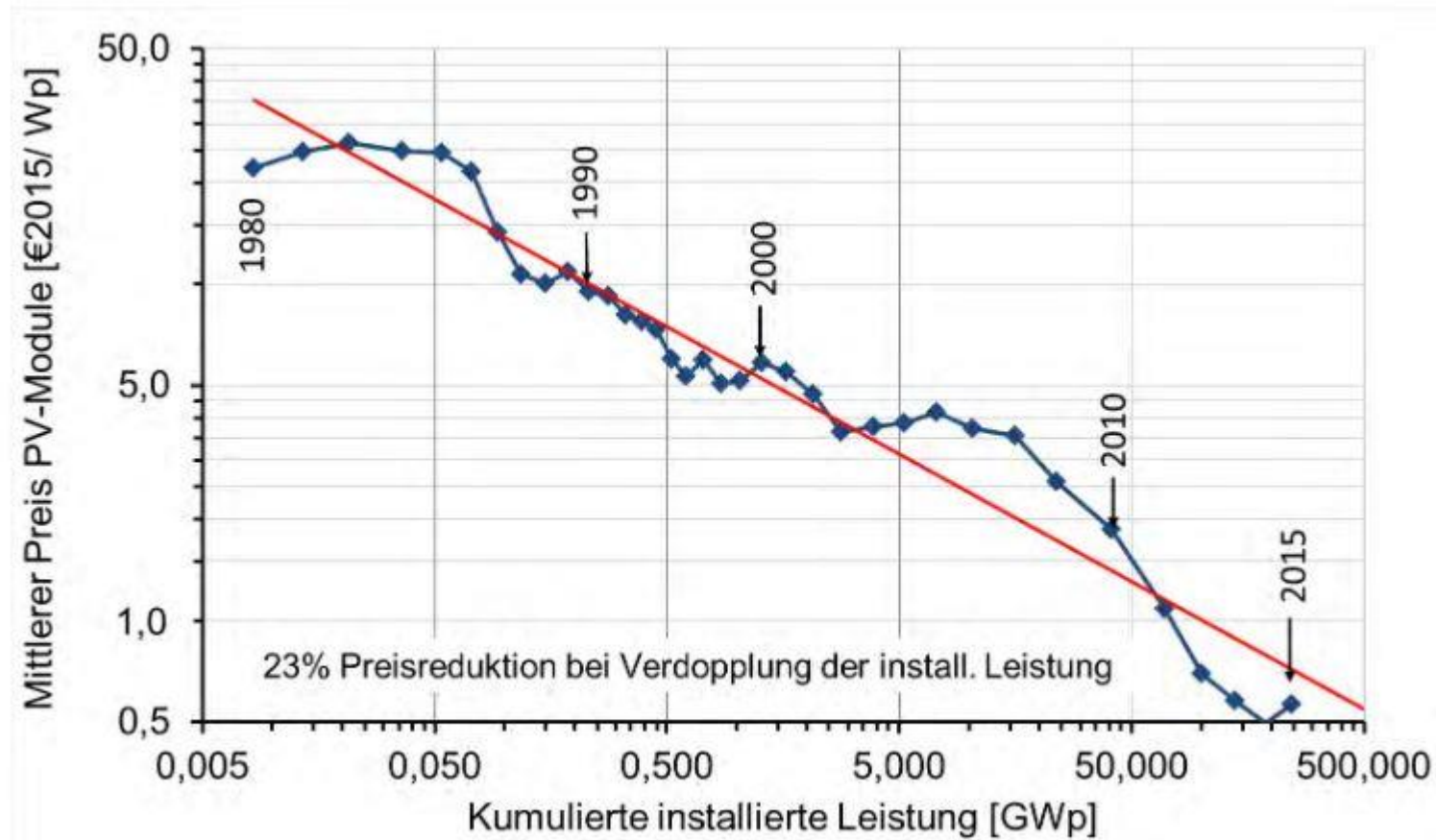


Annahmen: Jahresverbrauch 4-Personenhaushalt von 4500 kWh/a, PV-Anlage 5kWp, nutzbare Speicherkapazität 4kWh

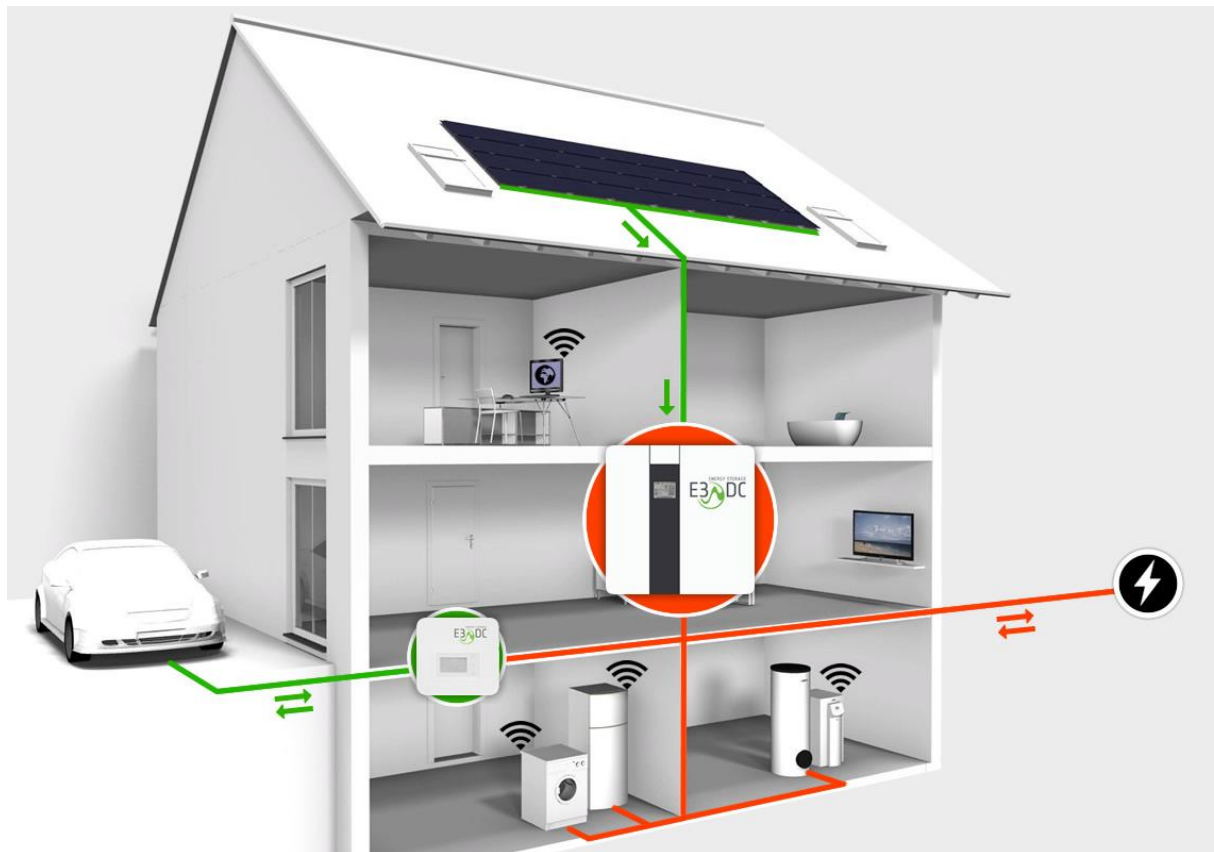
[www.solarwirtschaft.de](http://www.solarwirtschaft.de)

Quelle: Fraunhofer ISE, Quaschnig HTW Berlin, BSW-Solar

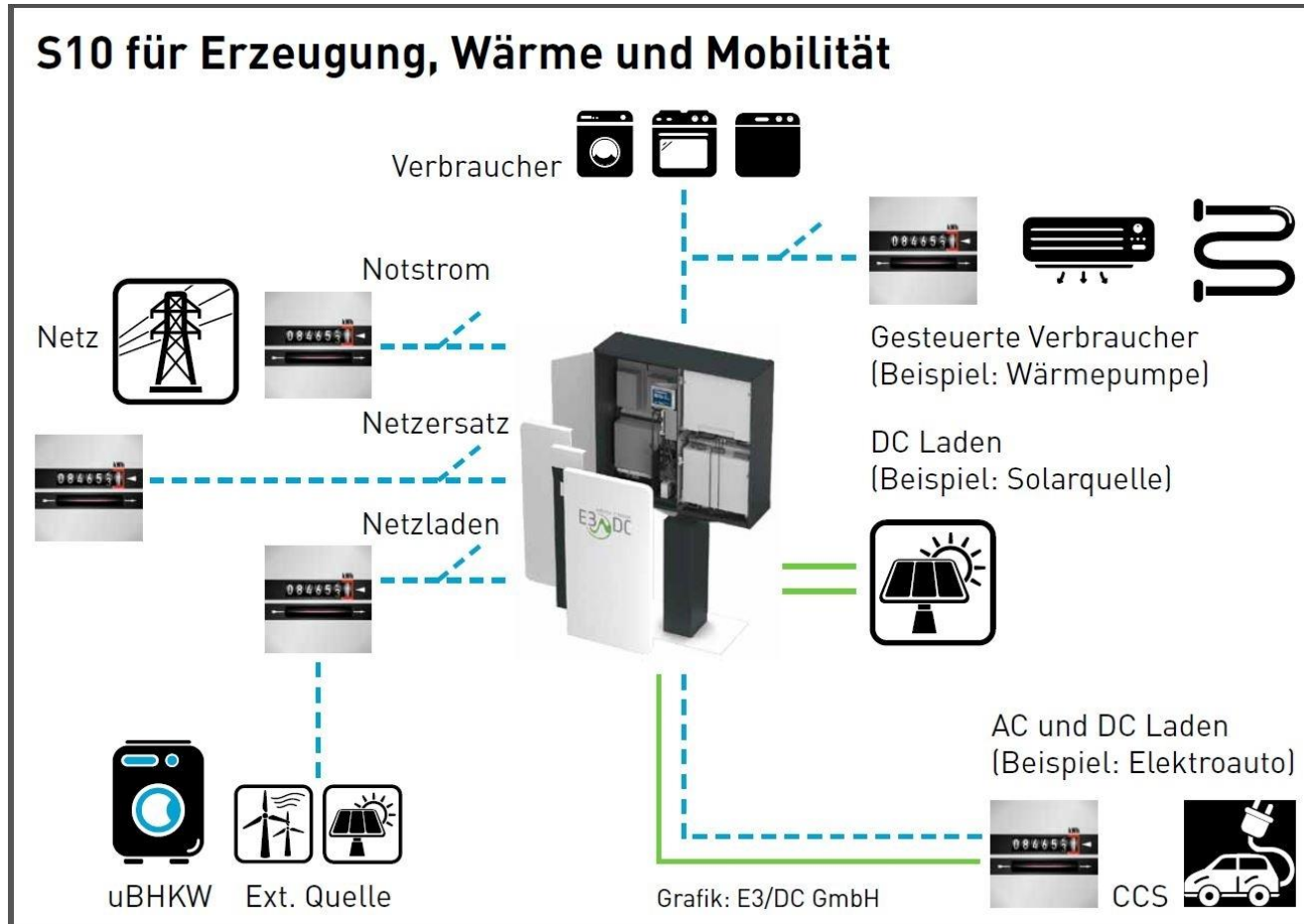
# Price-Reduction of PV-Modules



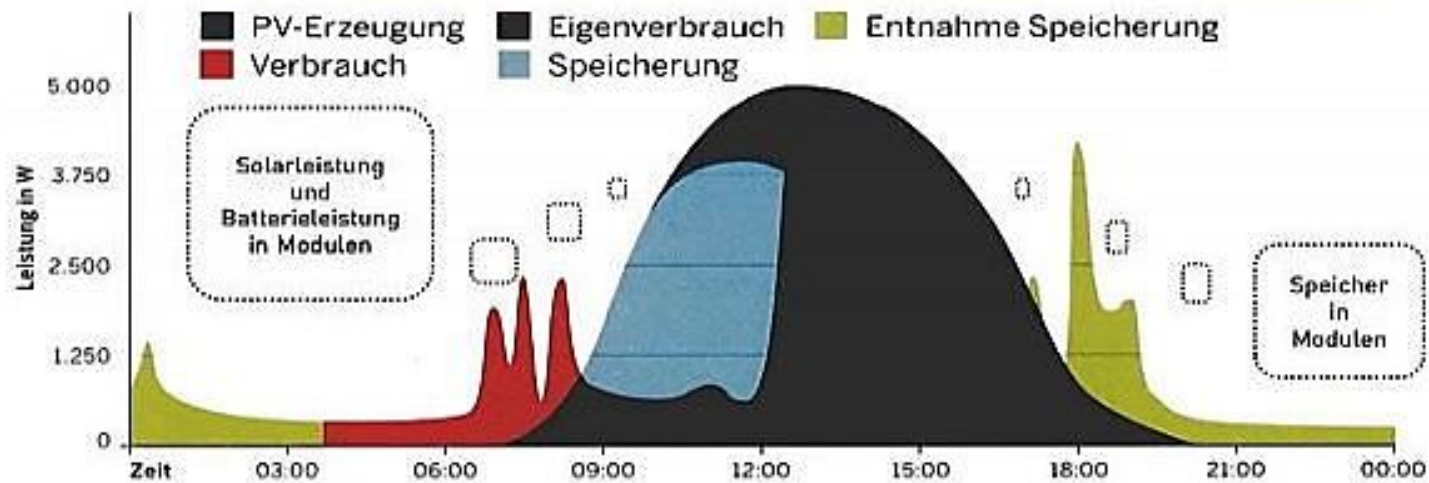
# Home Improvement – Energy Management Systems



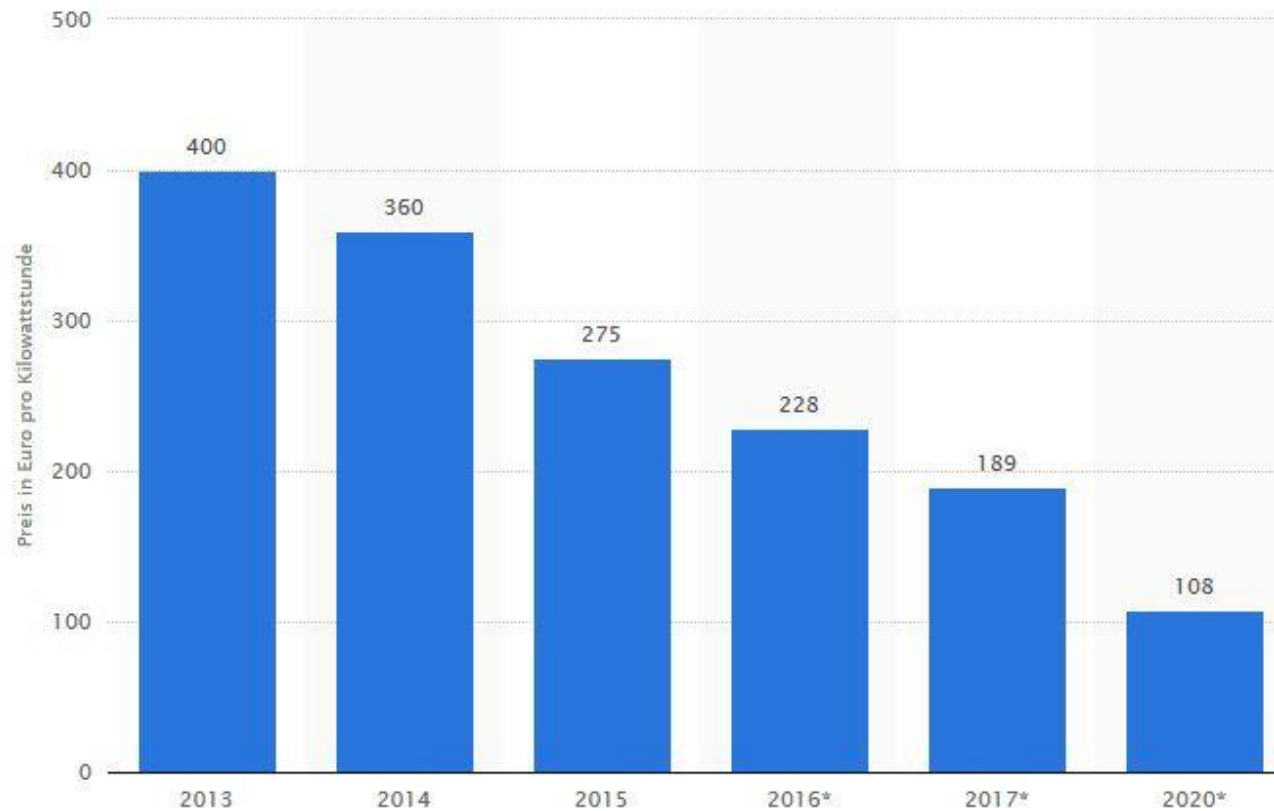
# S10 for the Generation of Heat and Mobility



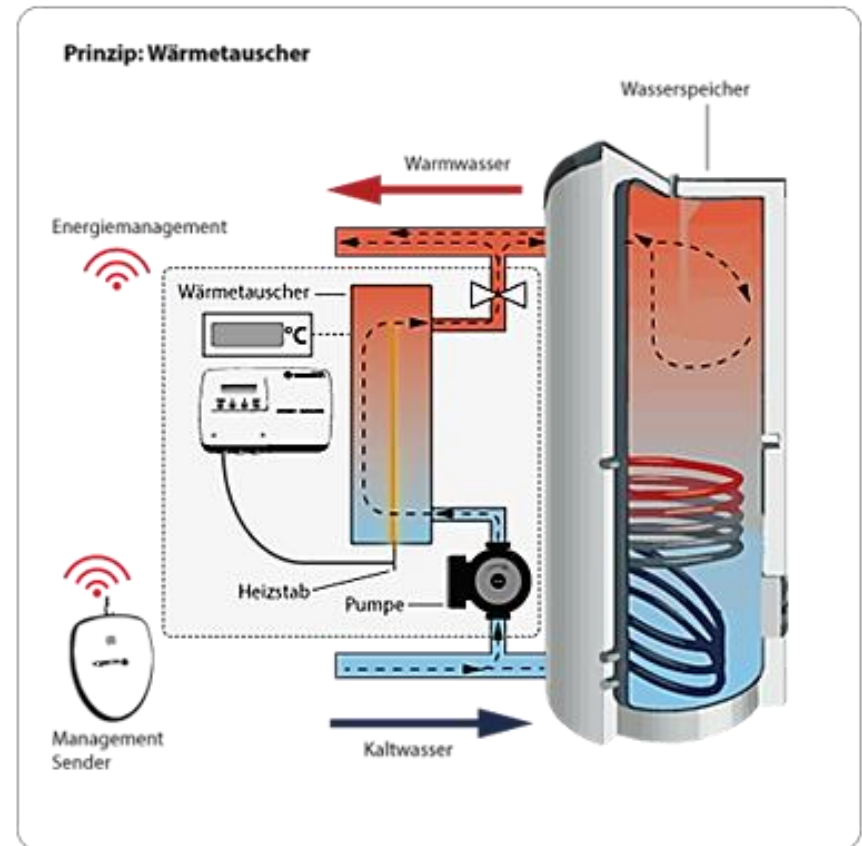
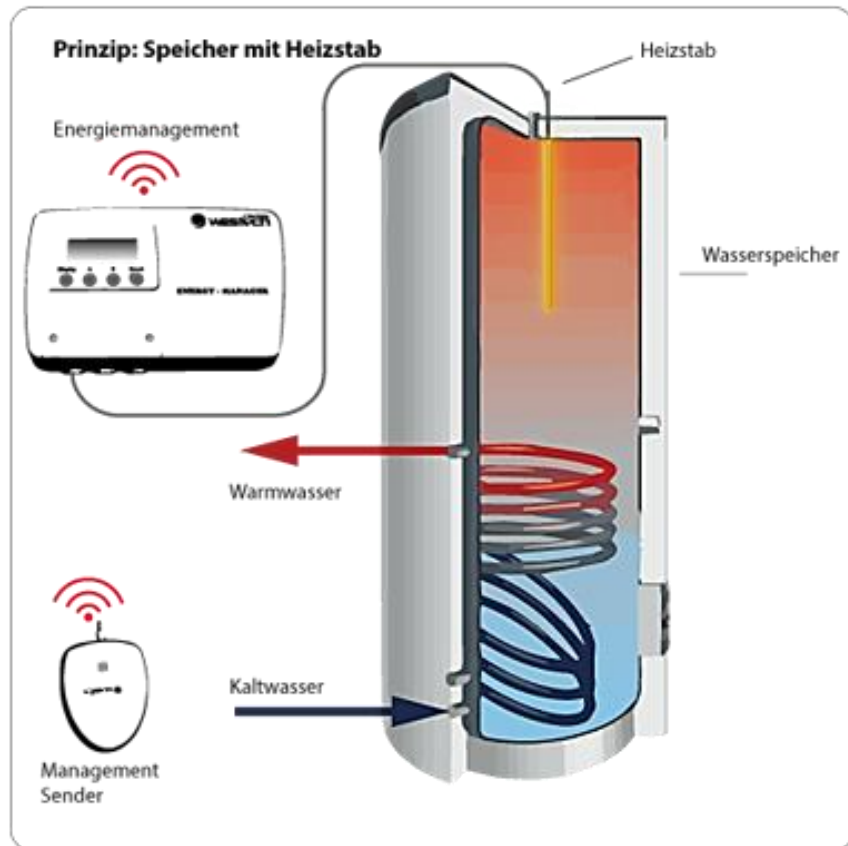
# Integration of Battery Storage



# Price Development for Lithium-Ion-Batteries (€/kWh)

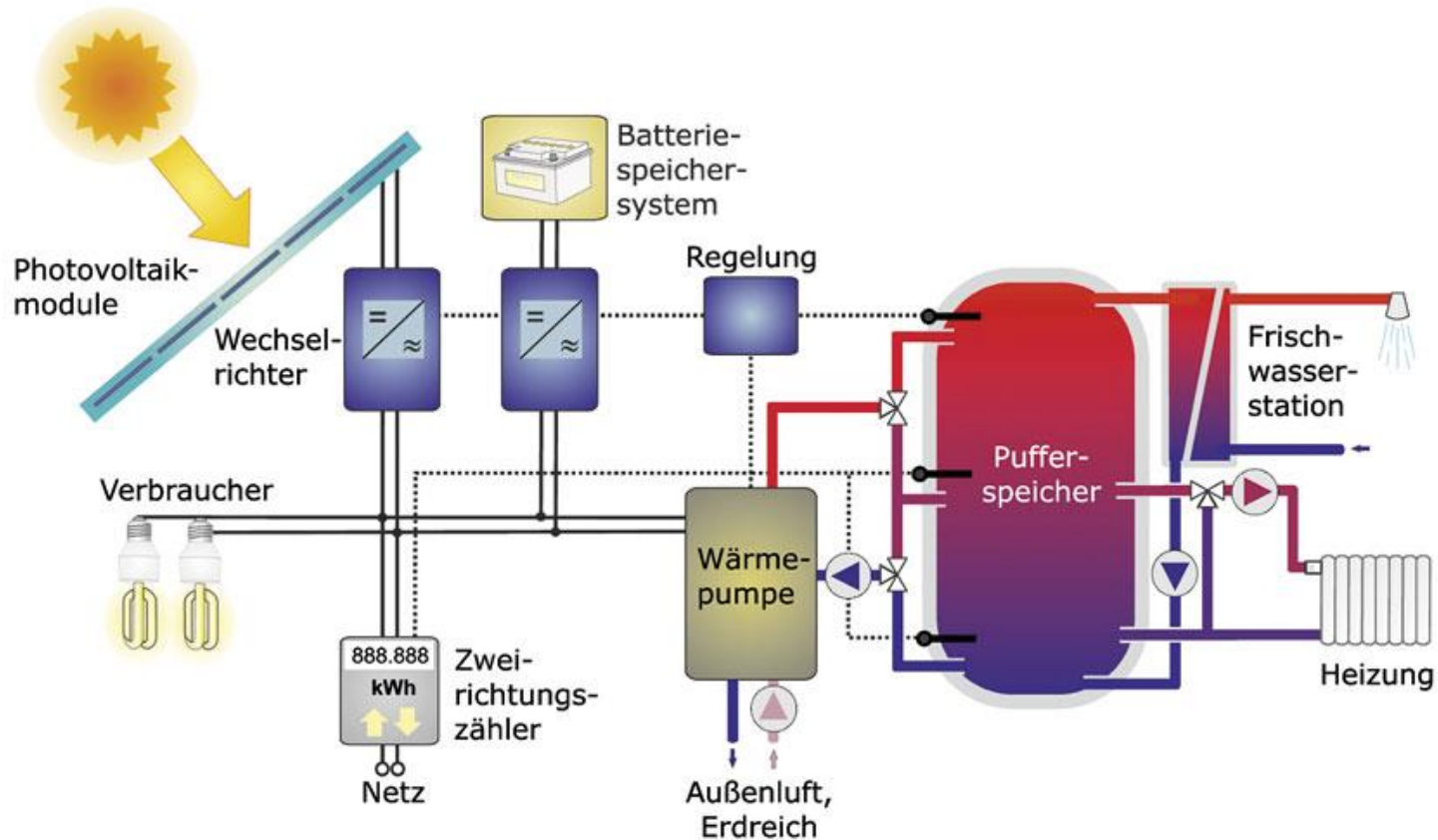


# Heat Storage





# Smart Home-Technologies



# CEWE HEADQUARTER OLDENBURG ENERGY - DESIGN



# Gebäudekonzept Nachhaltigkeit

## Gebäudehülle

- Kompakte Gebäudeform
- Transparenz – Natürliche Belichtung
- EnEV 2014 +
- 3-fach Verglasung mit  $g < 0,50$
- Aussen liegender Sonnenschutz an Südfassaden
- Innen liegender Blendschutz an Nordfassade

## Heizen / Kühlen

- Sole-Wasser-Wärmepumpe
- 17 Sonden á 140 Meter
- 2 Pufferspeicher als hydraulische Weiche

- Beheizung der Büroflächen über Kühl- und Heizsegel mit Aktivierung der Decken als Speichermasse
- Entlang der Fassade beheizte Randstreifen im Fußboden

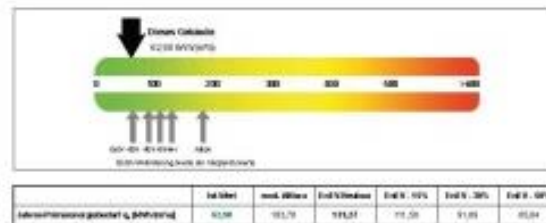
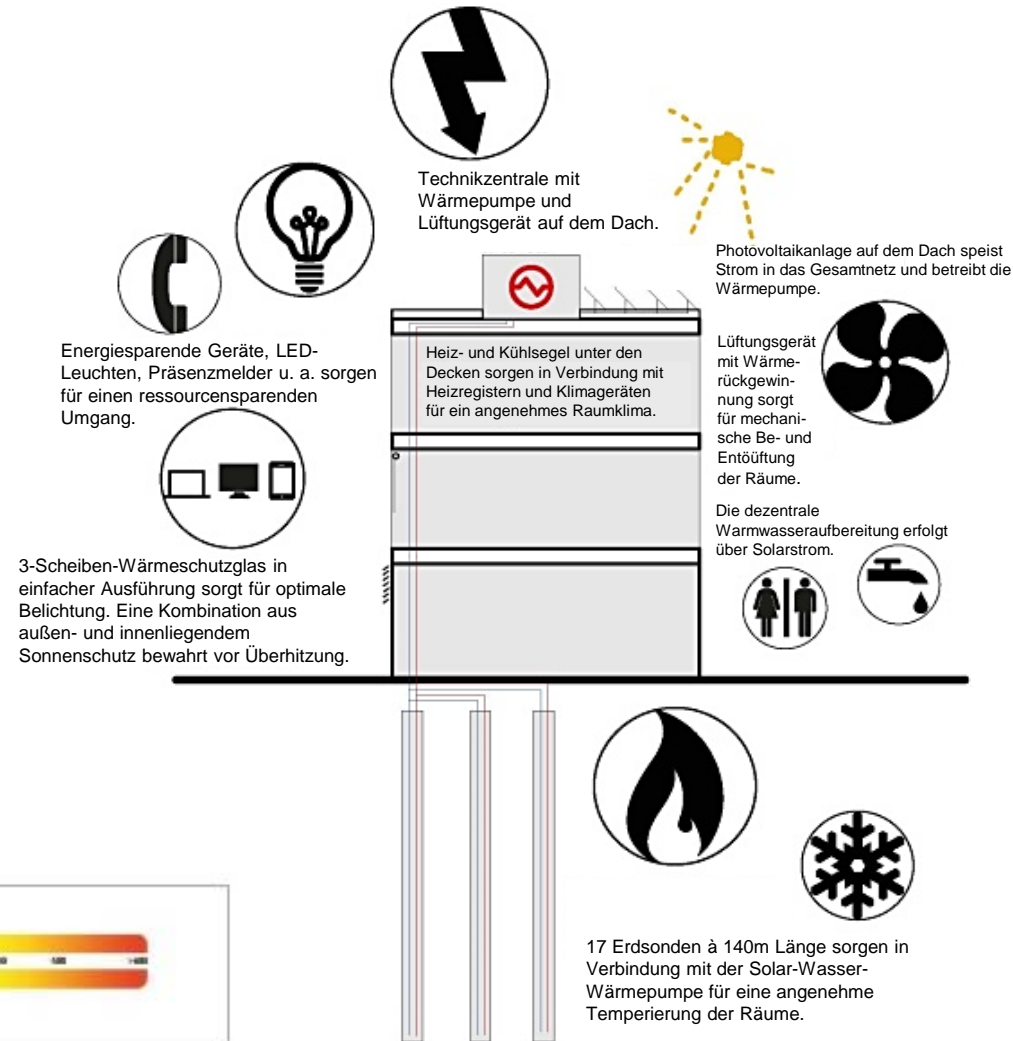
## Lüftung

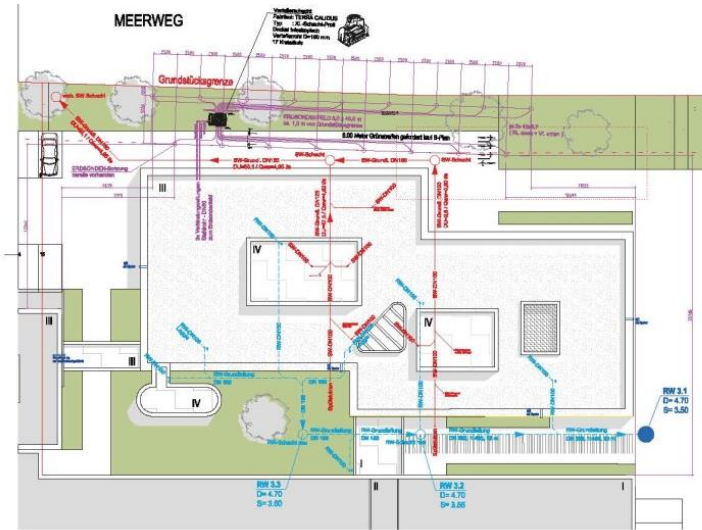
- Mech. Be- und Entlüftung mit temperierter Luft
- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- Nachauskühlung

## Stromerzeugung

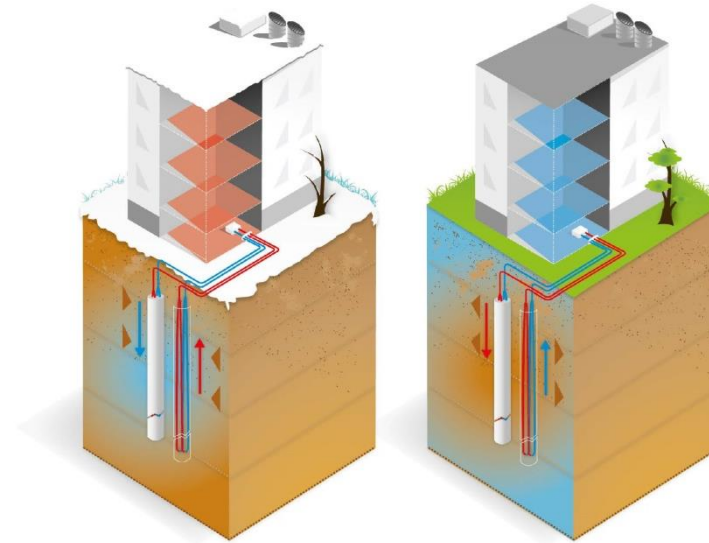
- Photovoltaikanlage erzeugt den kompletten Strombedarf für die Wärmeerzeugung

## > Neutrale Energiebilanz

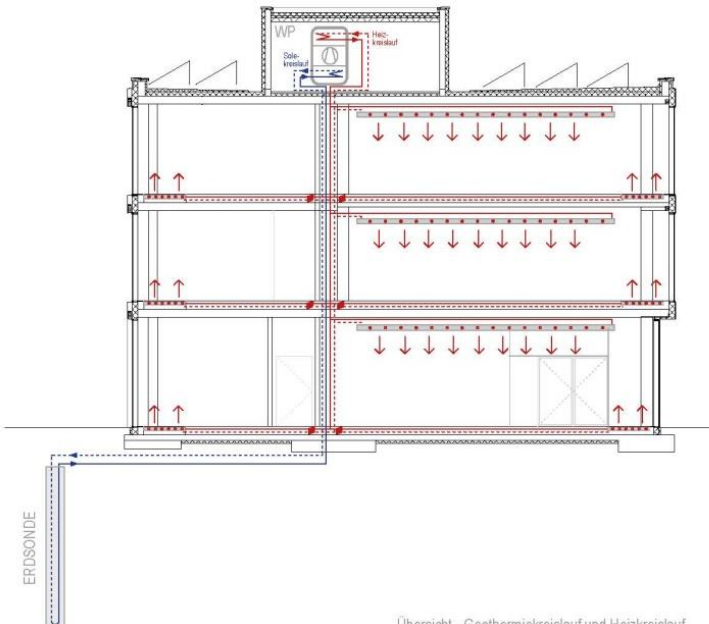




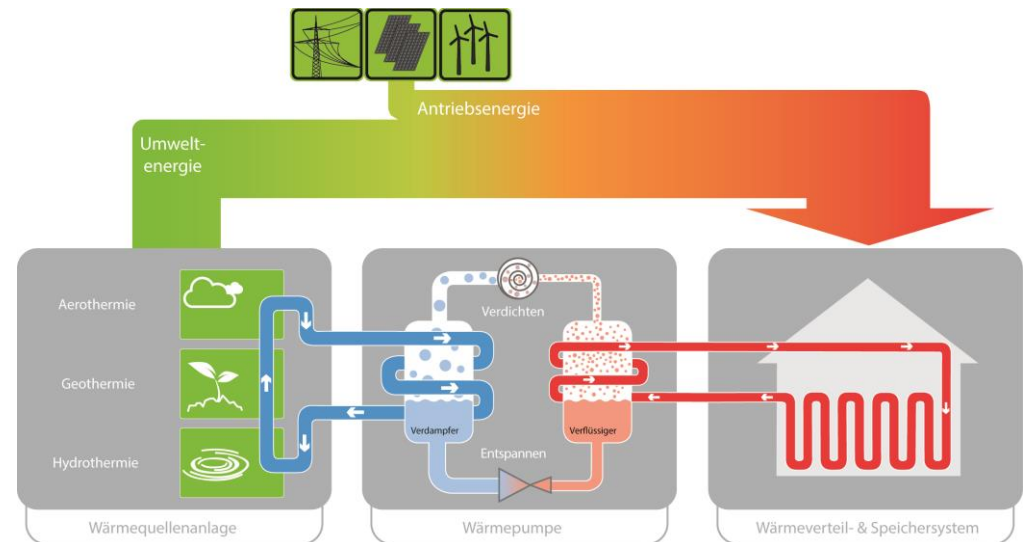
Lageplan mit Erdloopen und Position der Technikräume



Erdsonden zur Temperierung der Räume im Sommer und im Winter



Übersicht - Geothermiekreislauf und Heizkreislauf



# Load Shift Potential

## Electrothermal heat for industrial processes

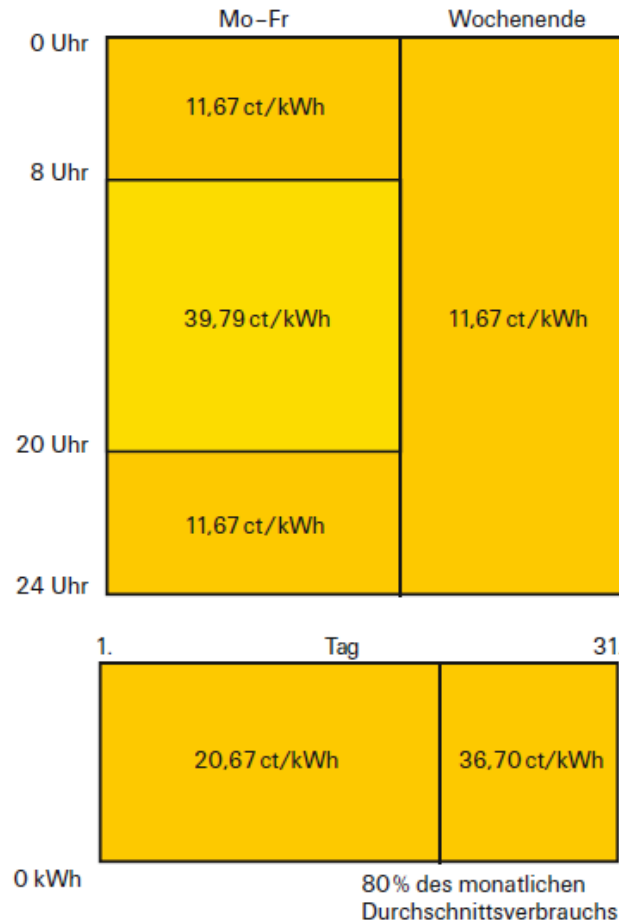
- Aluminium electrolysis
- Chlorine electrolysis
- Electric glas-melting kilns
- Infrared radiators
- Electric boilers
- Electric heaters

# Load Shift Potential

- Fuel based process heat generation
- Heatpumps  $\leq 100^{\circ}$  C
- Electric boiler  $\leq 160^{\circ}$  C
- Electrode boiler  $\leq 240^{\circ}$  C
- Electric heater  $\leq 300^{\circ}$  C
- Electrothermal processes  $250^{\circ}$  C –  $2000^{\circ}$  C

Total: about 180 TWh/a about 30 GW

# Focus Household Customer: eTelligence Tariffs

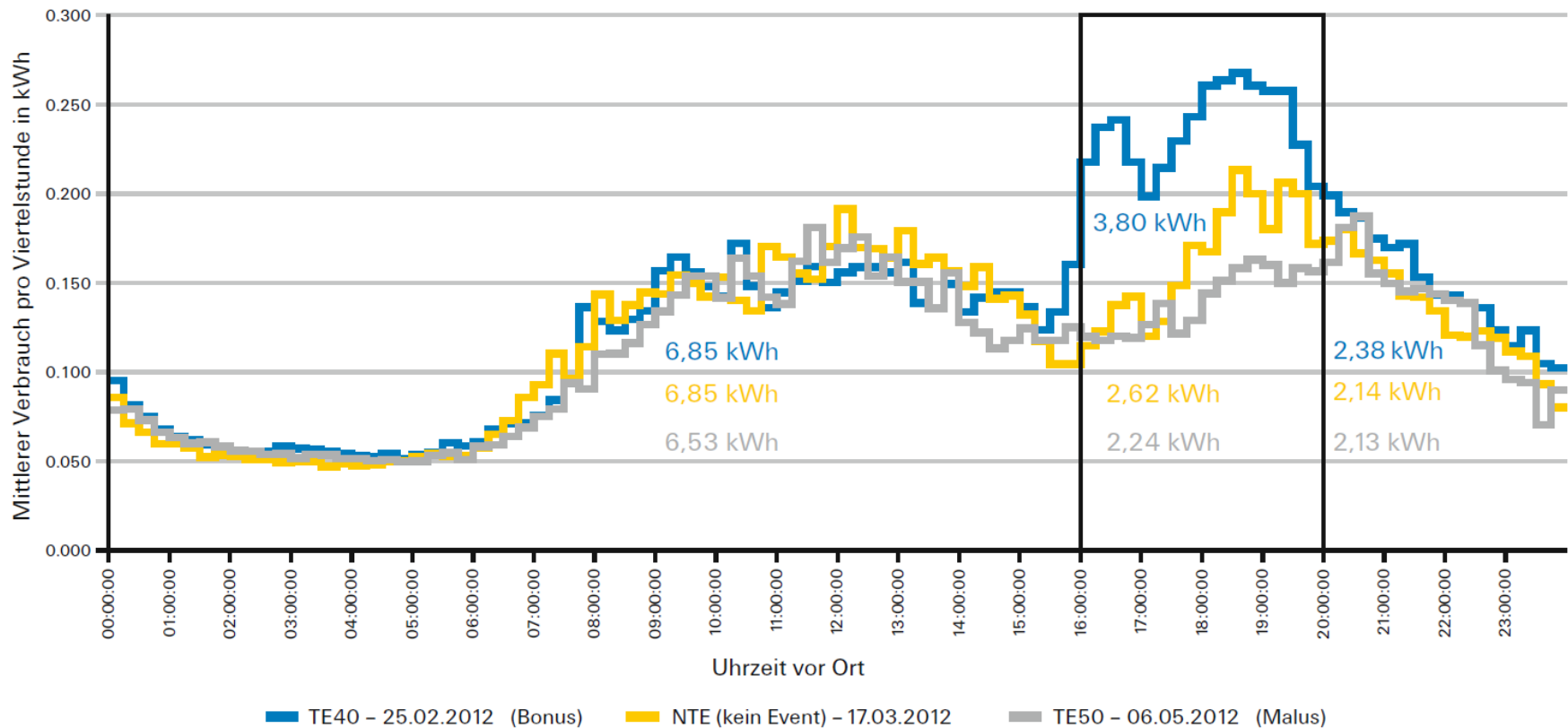


**Flexible consumption through the Event-Tariff**  
In addition, Bonusevents or Malusevents can be switched on in the time from 8:00 a.m. to 8:00 p.m.

**Energy saving through the Volume-Tariff**  
The consumption threshold was determined customer individual by historical consumption values.

# Focus Household Customer: flexible Consumption

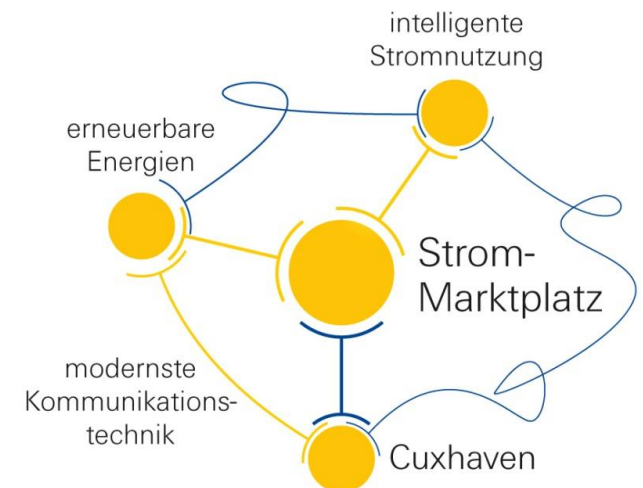
Vergleich Event-Typ (Wochenende)



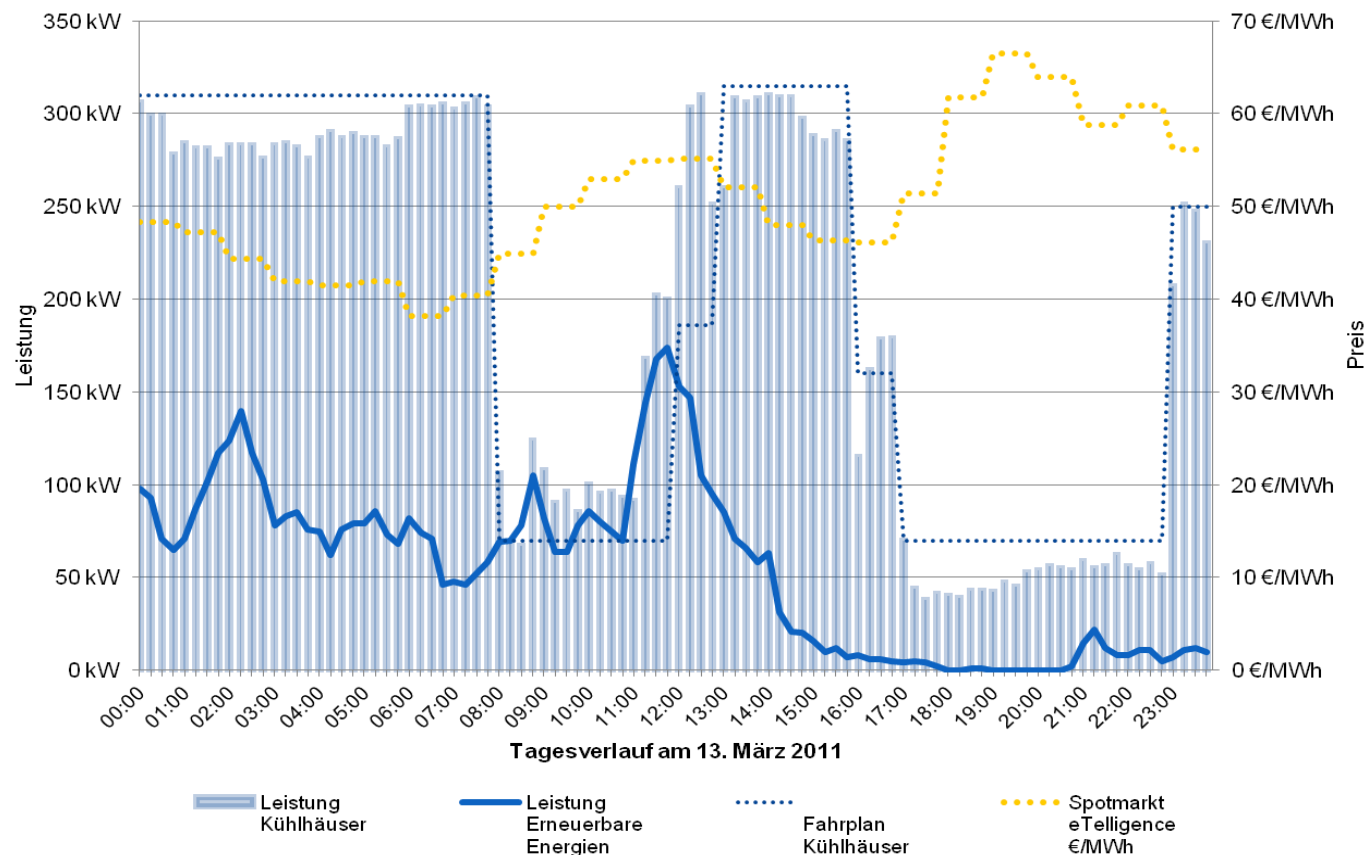


# Focus Household Customer: Key Results

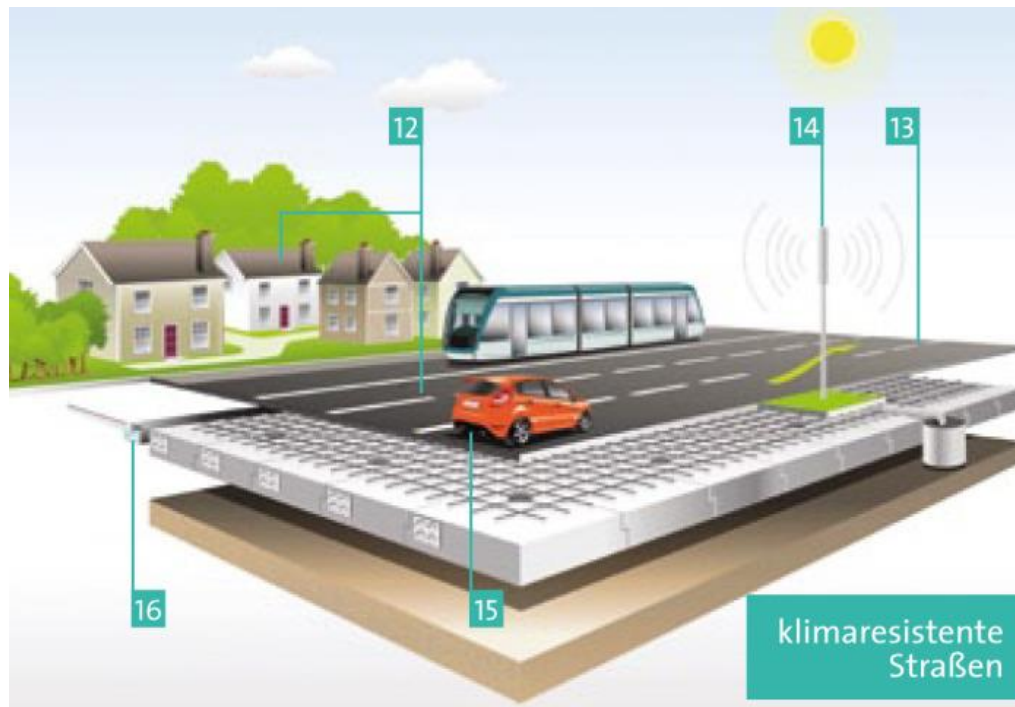
- **Transparency:** electricity consumption, price and CO<sub>2</sub>-emissions got controllable for the 650 eTelligence-Field-test-participants
- **Energy saving:** through the innovative volumetariff our households could save in average 11% of their consumption in one year
- **Flexible consumption:** via the time viable eventtariff our households could realise a flexibilisation of the consumption of up to 30%
- **Monetary incentives:** on the average our customers realised 100 Euro savings
- **Refinancing:** approx. 60% of the customers would be willing to pay a 2 Euro higher basic fee, to use the product
- **Electricity was used especially, when sufficient energy from renewable source were available**



# Focus Industrial Customer: Cold Storages test the Load Transfer on a large Scale



# Flexible Streets



- 12 Wärmeaustausch zwischen Fahrbahn und Gebäuden
- 13 in die Fahrbahn integriertes System gegen Glatteis
- 14 auf die Wetterverhältnisse abgestimmte Verkehrsüberwachung
- 15 bordeigenes Wetterinformationssystem
- 16 Entwässerung mit Speicher für Extremniederschläge

# The Street as Energy Supplier

- Integrated sensors for traffic surveillance
- Flexible traffic management system
- Integrated electricity transmission
- PV-generation for lightings etc.
- Communication between infrastructure, car, grid
- Changing light control systems
- Electronic shaft
- Integrated black ice avoiding system

# These were the 50Hertz Assumptions made for the following Analyses

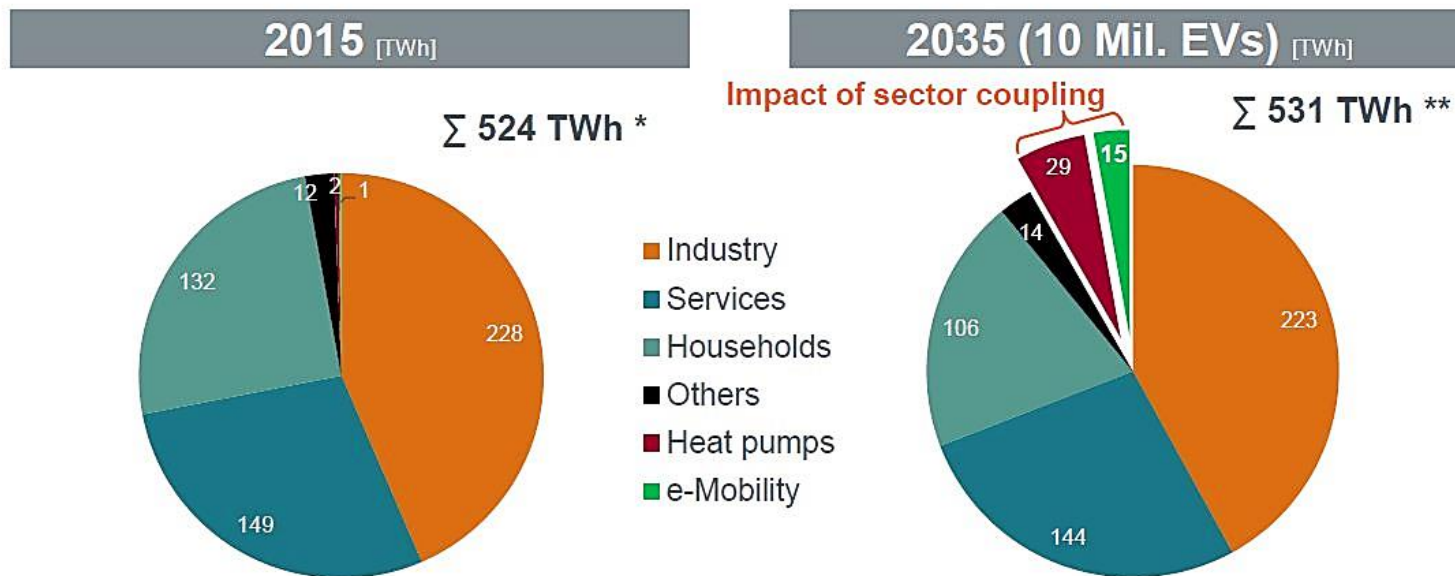


## 10 Mio. EVs by 2035 in Germany:

- Average EV range: 500 km
- Average EV mileage: 10,000 km/a
- Average consumption: 15 kWh/ 100km
- Average battery capacity: 75 kWh
- Average yearly electricity consumption: 1,500 kWh / EV \* a

**Very simplified approach**

# Energy consumption of EVs is insignificant compared to the total energy system

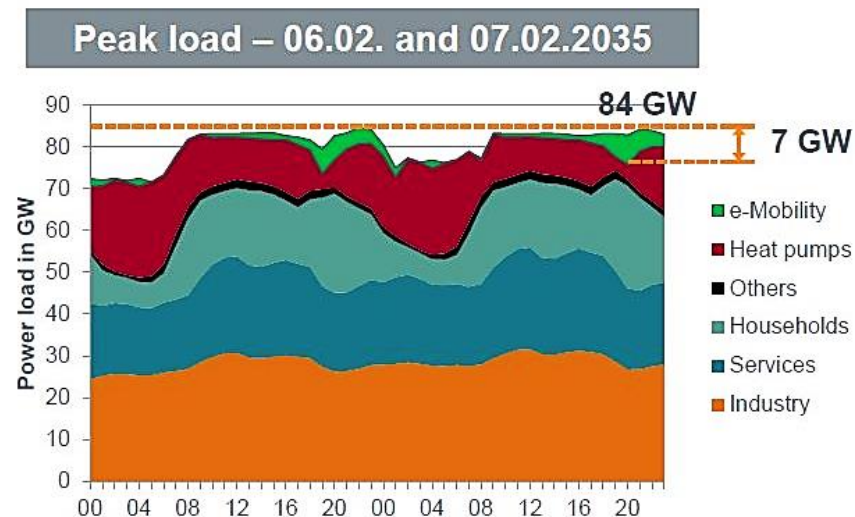


\* Based on Umweltbundesamt, excl. grid losses

\*\* Based on NEP 2035B, excl. grid losses

- High uncertainty on amount of EVs in 2035 in Germany
- Altogether, the relevance of EV power consumption on overall electricity demand is expected to stay low.

# 16 Peak load capacities of EVs is insignificant compared to the total energy system, too



Based on NEP2035B with scaled EV amount, incl. DSM  
\* EV load curve in NEP was contributed by Fraunhofer ISI

- EV charging load profile contains 20% flexible devices (smart strategy) and 80% simple charging behaviour (work & home charging)\*
- Peak of EV load (7 GW) and overall electricity peak demand (84 GW) during a week day in coldest winter week
- Flexibility in the system can limit increase in peak load

- Overall German peak demand not significantly affected by EVs
- The combination of the flexibilities from EVs and heating pumps is able to potentially reduce peak demand

# Conclusion: Relevance for the German electricity grid infrastructure

- Electricity consumption of EVs is low compared to total energy consumption (<3%) in 2035
- EVs also have very **limited impact on peak demand** (~8%), especially with smart charging in place and when looked at in combination with flexibility of heat pumps
- However, **smart controlled charging is necessary** as there is potential for negative influence on peak demand otherwise – this will be even more the case when looking at local low voltage level

EVs are expected to have a low impact on the overall energy system in 2035



# Expected RES Capacity

## Heute 2400 TWH Endenergie

Ziel	100% EE	
Heute	EE-Anlage	1800 BH/a
Zukunft	EE-Anlage	2000 BH/a

## Zukunft: 1200 GW Installierte Leistung

Reduzierung	20 %	40 %	60 %
TWH /a	1920	1440	960
GW	960	720	480

# Max/Min Feed-in Capacity

## Bisherige Spitze: 75% der installierten Kapazität

GW	720	540	360
----	-----	-----	-----

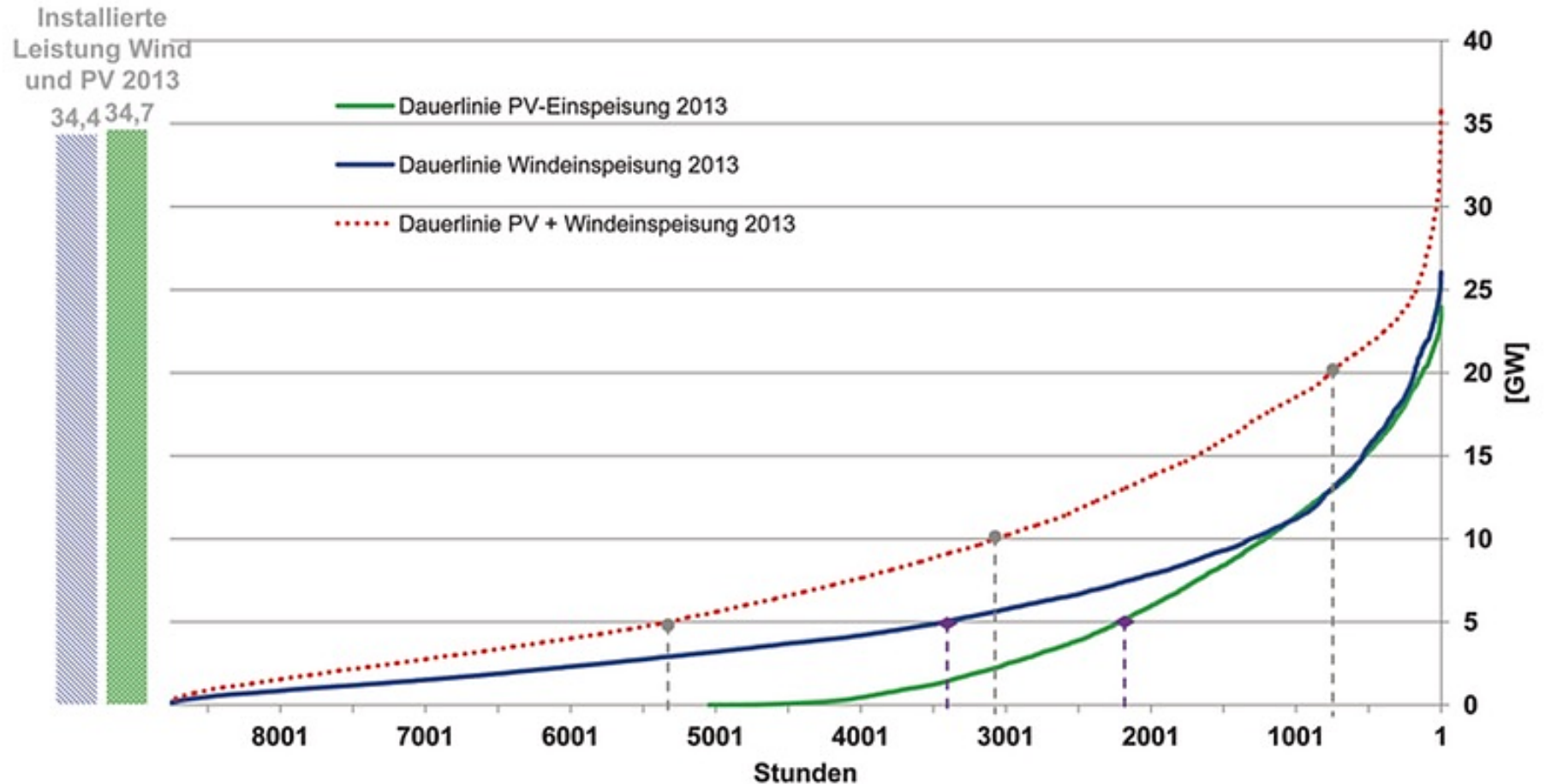
## Bisheriges Minimum: 1% der installierten Kapazität

GW	9,6	7,2	4,8
----	-----	-----	-----

## Annahme: 10% der installierten Kapazität

GW	96	72	48
----	----	----	----

# Duration curve wind + solar



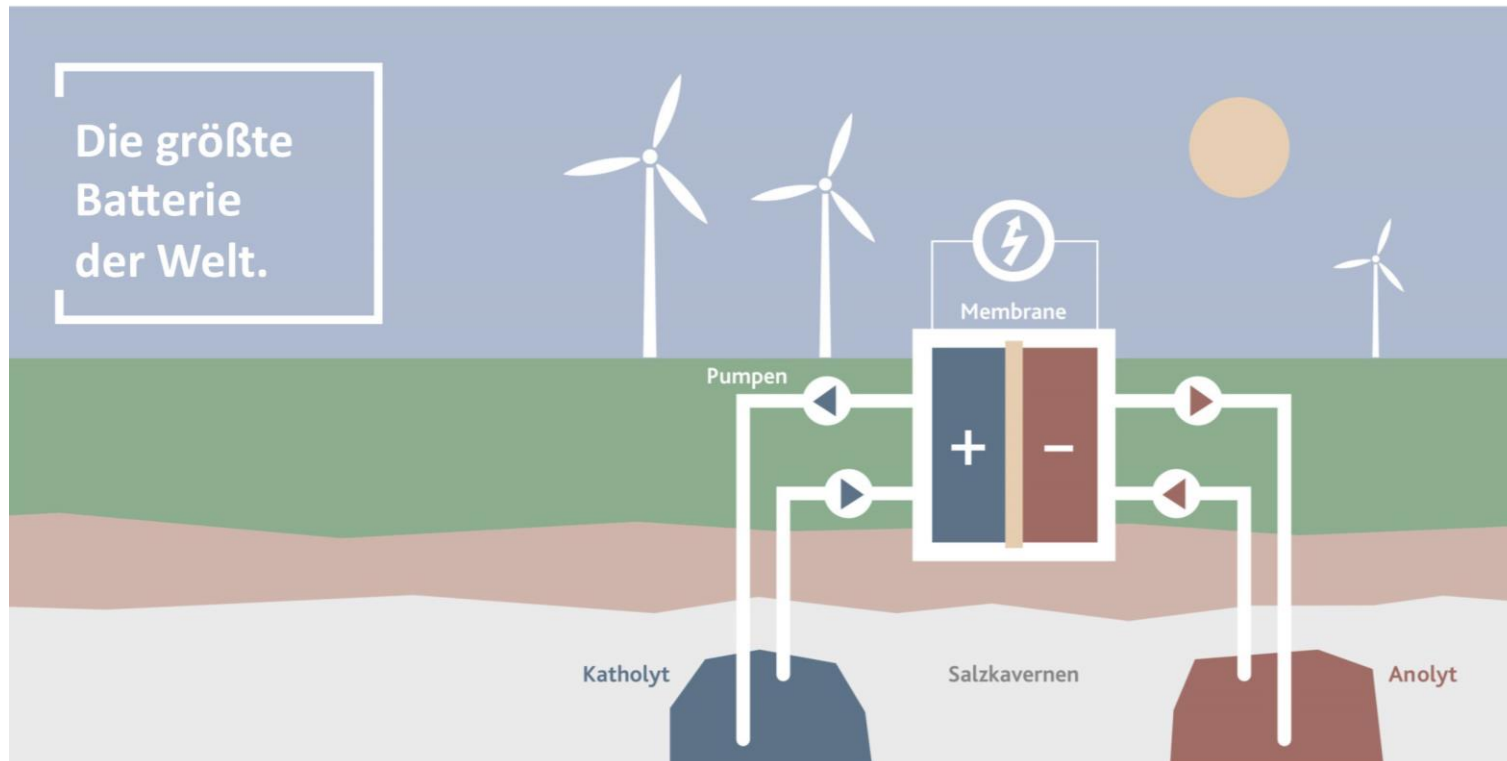
# Biggest Battery of the World



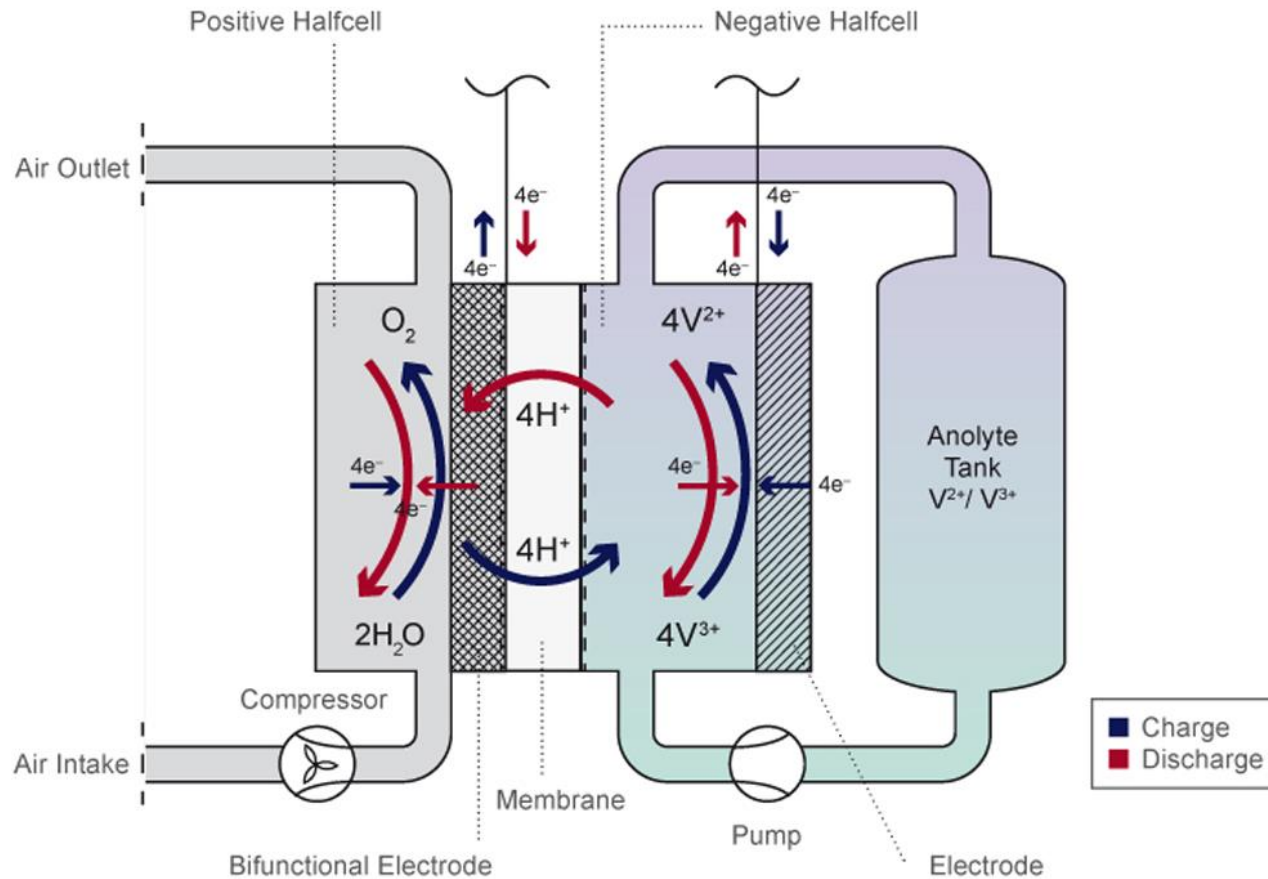
Projekt: brine4power  
EWE GASSPEICHER GmbH



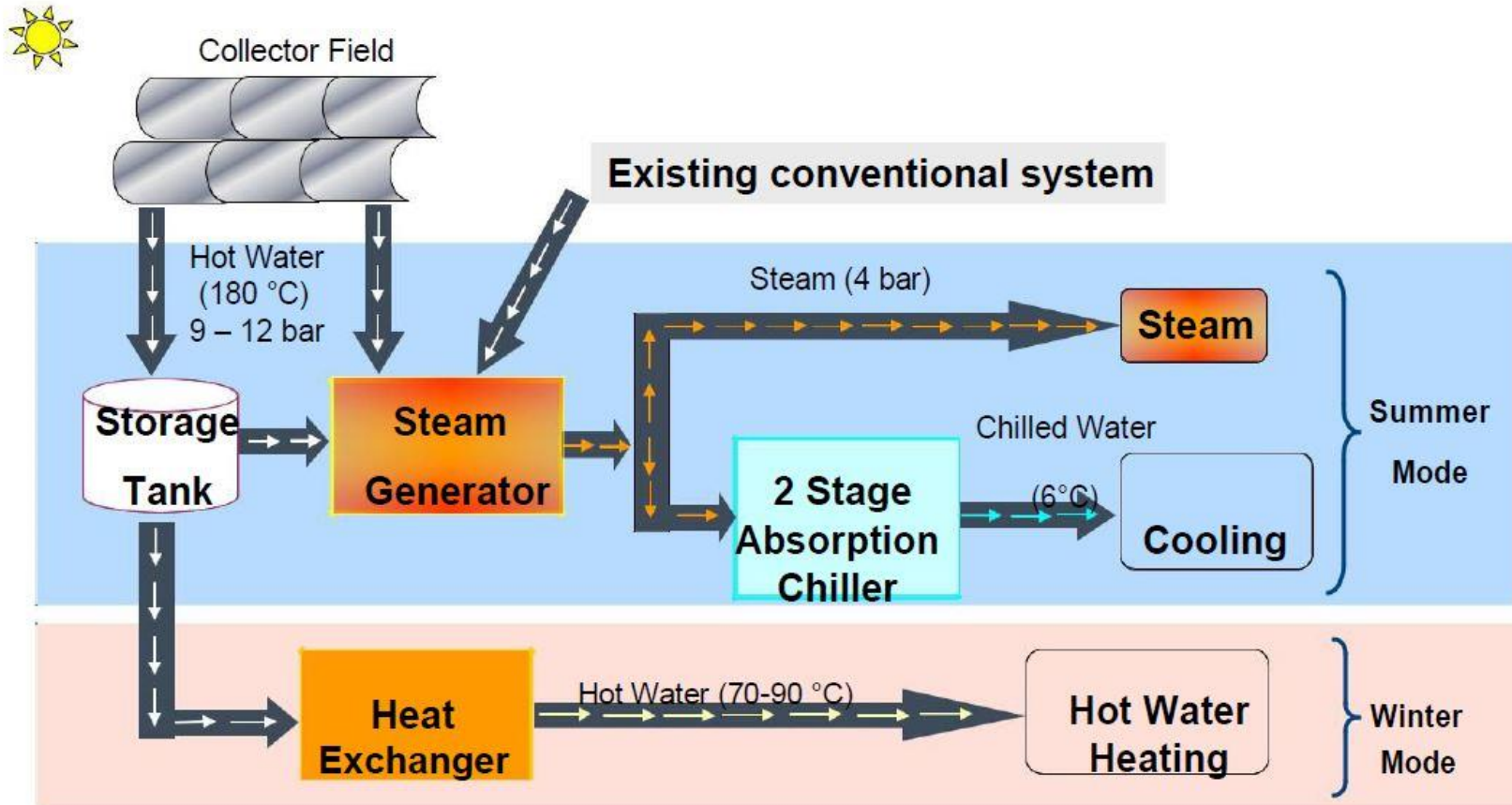
Die größte Batterie der Welt.



# Principle of a Redox-Flow-Battery

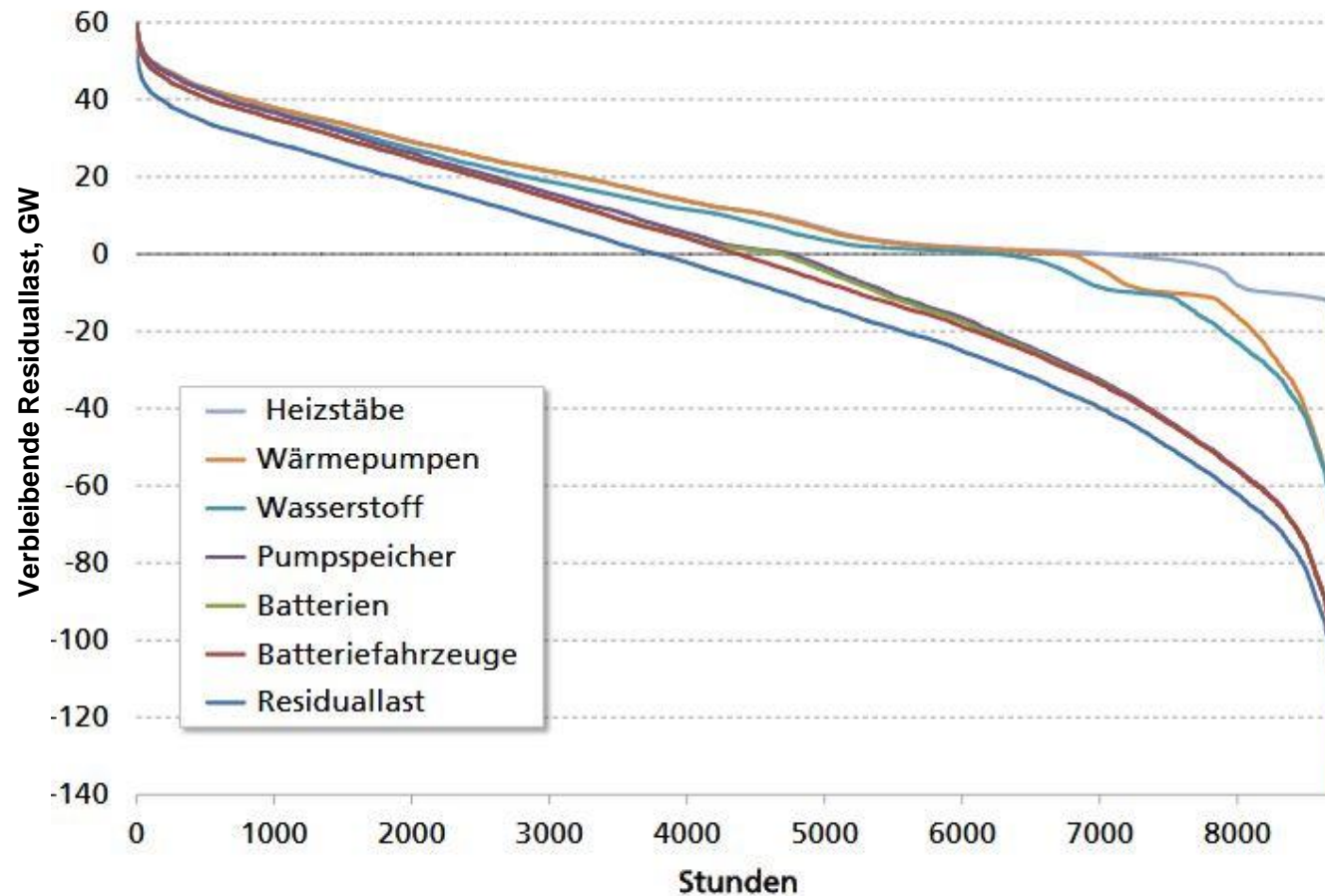


# Solar thermal Power Plant

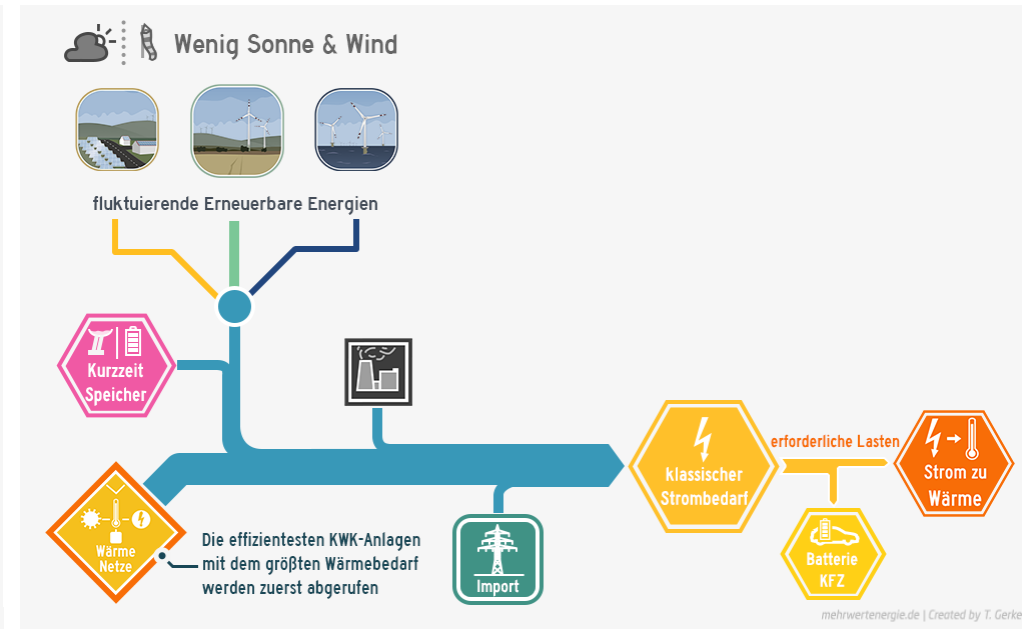
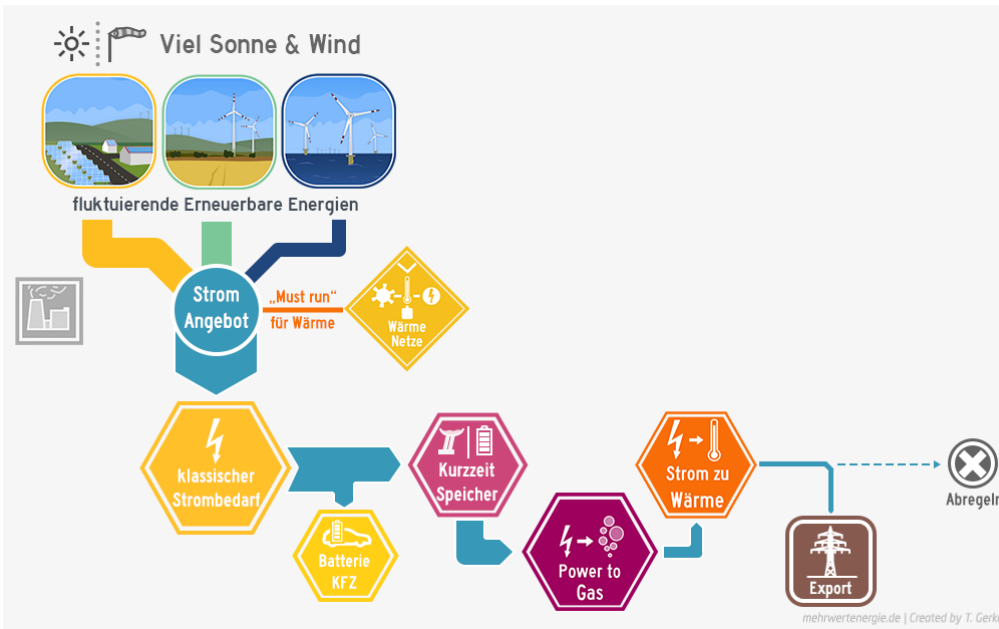


Operation modes of the system in summer and winter

# Usage of Electricity Overloads

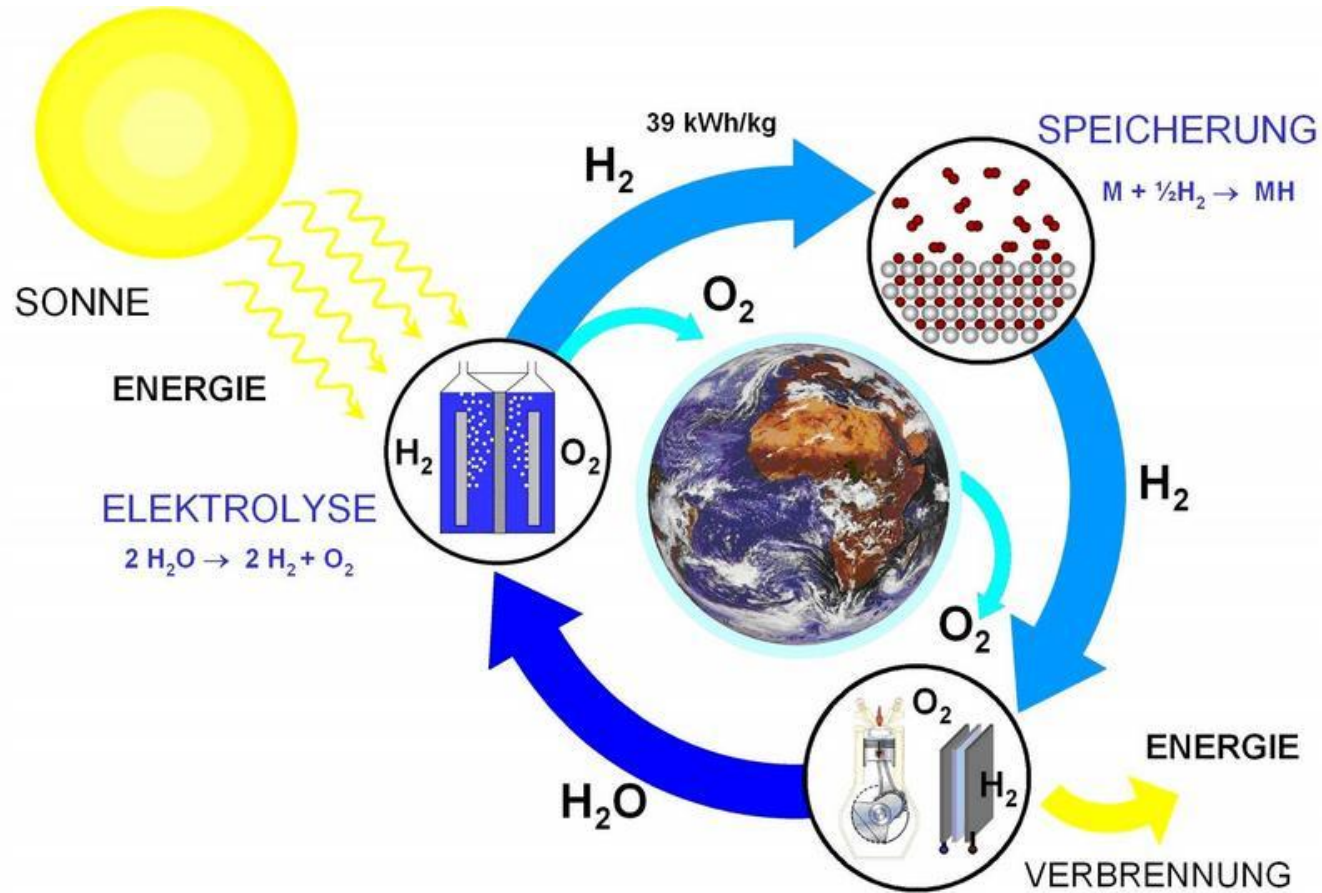


# Positive and negative residual Load

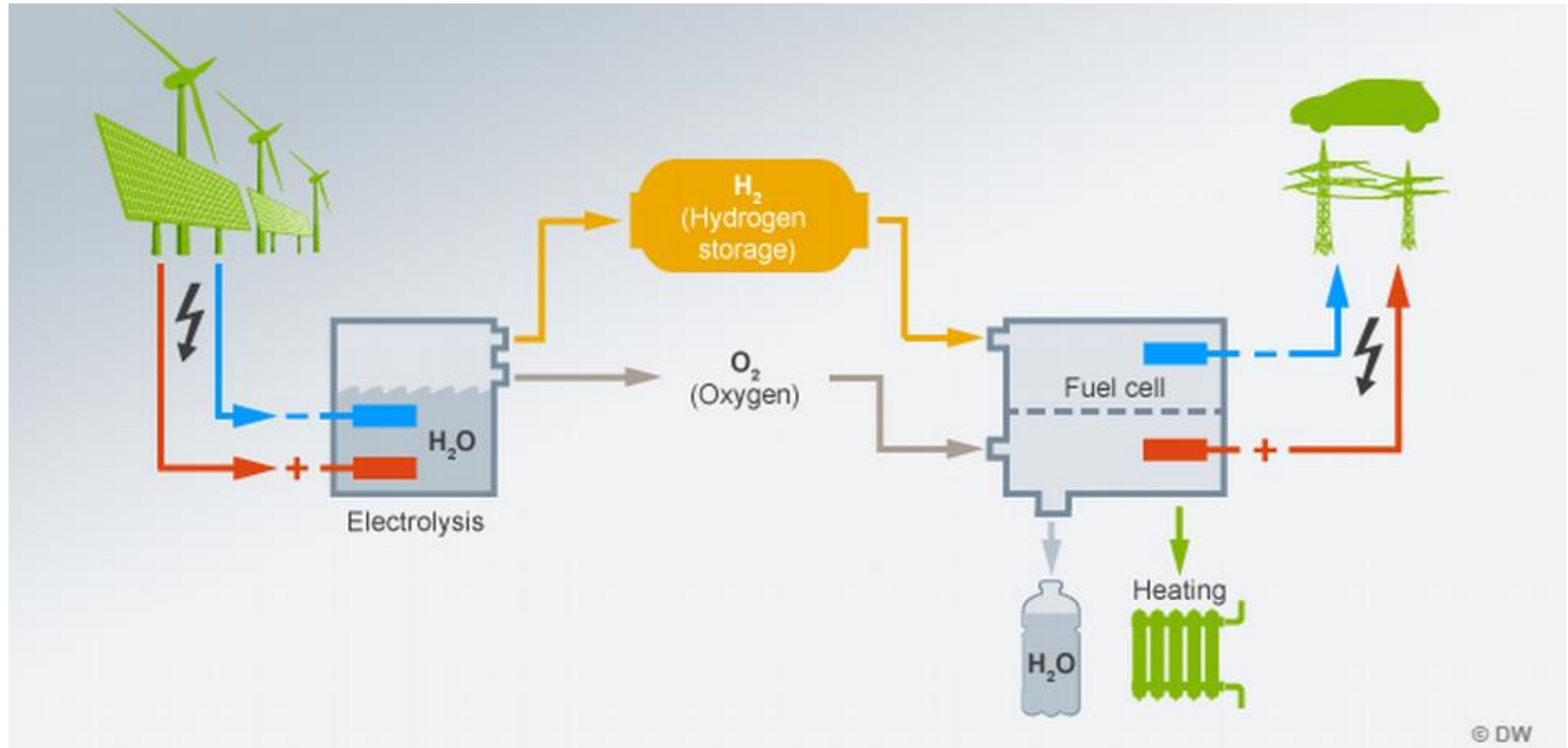




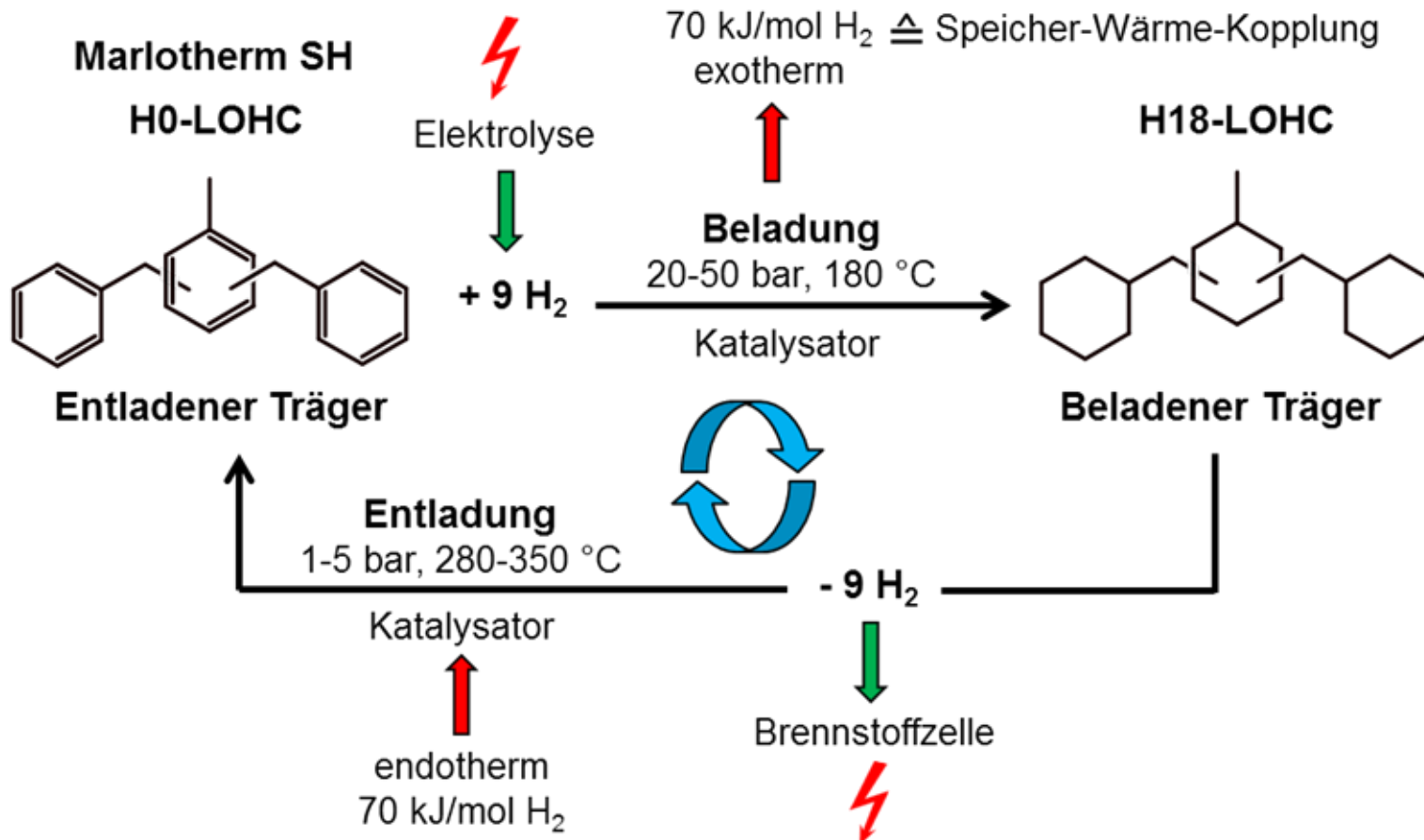
# Hydrogen as an Energy Source



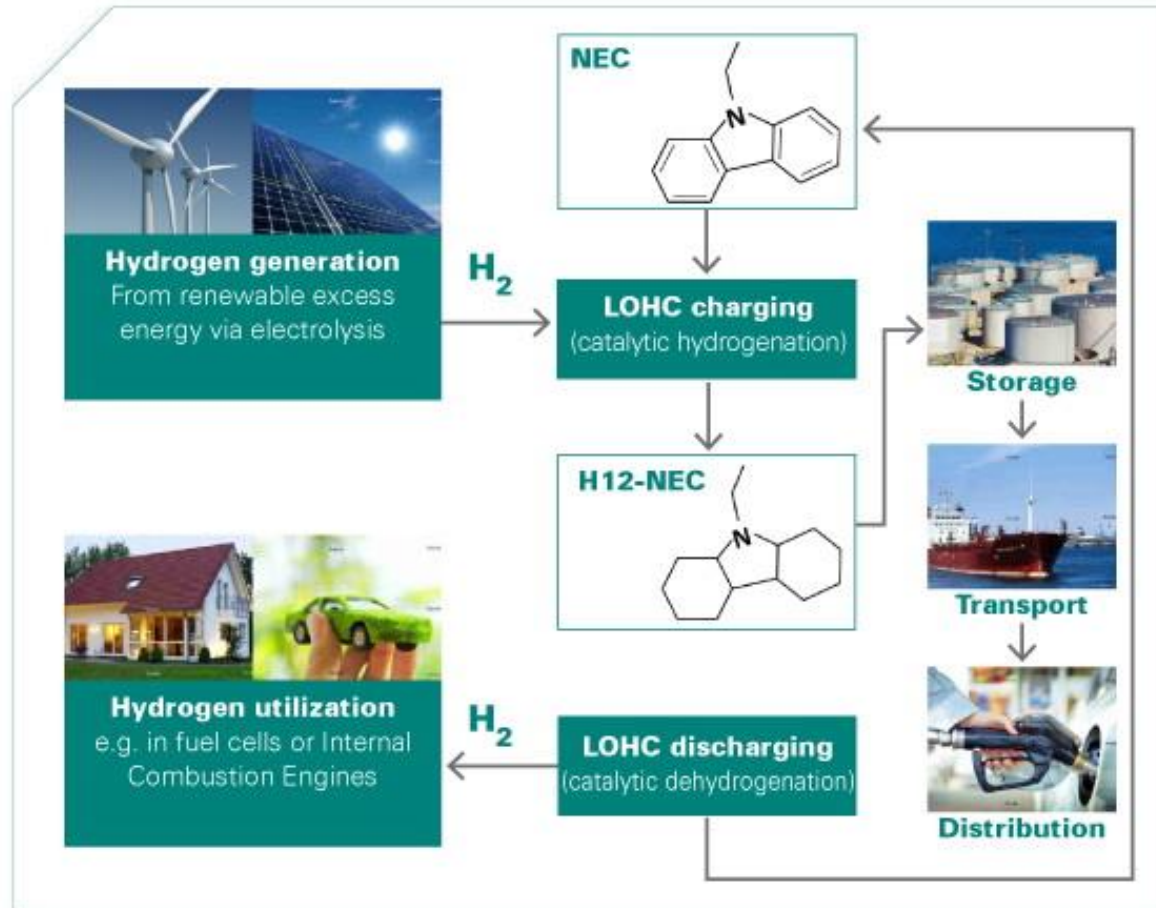
# Hydrogen: an Energy Resource of the Future

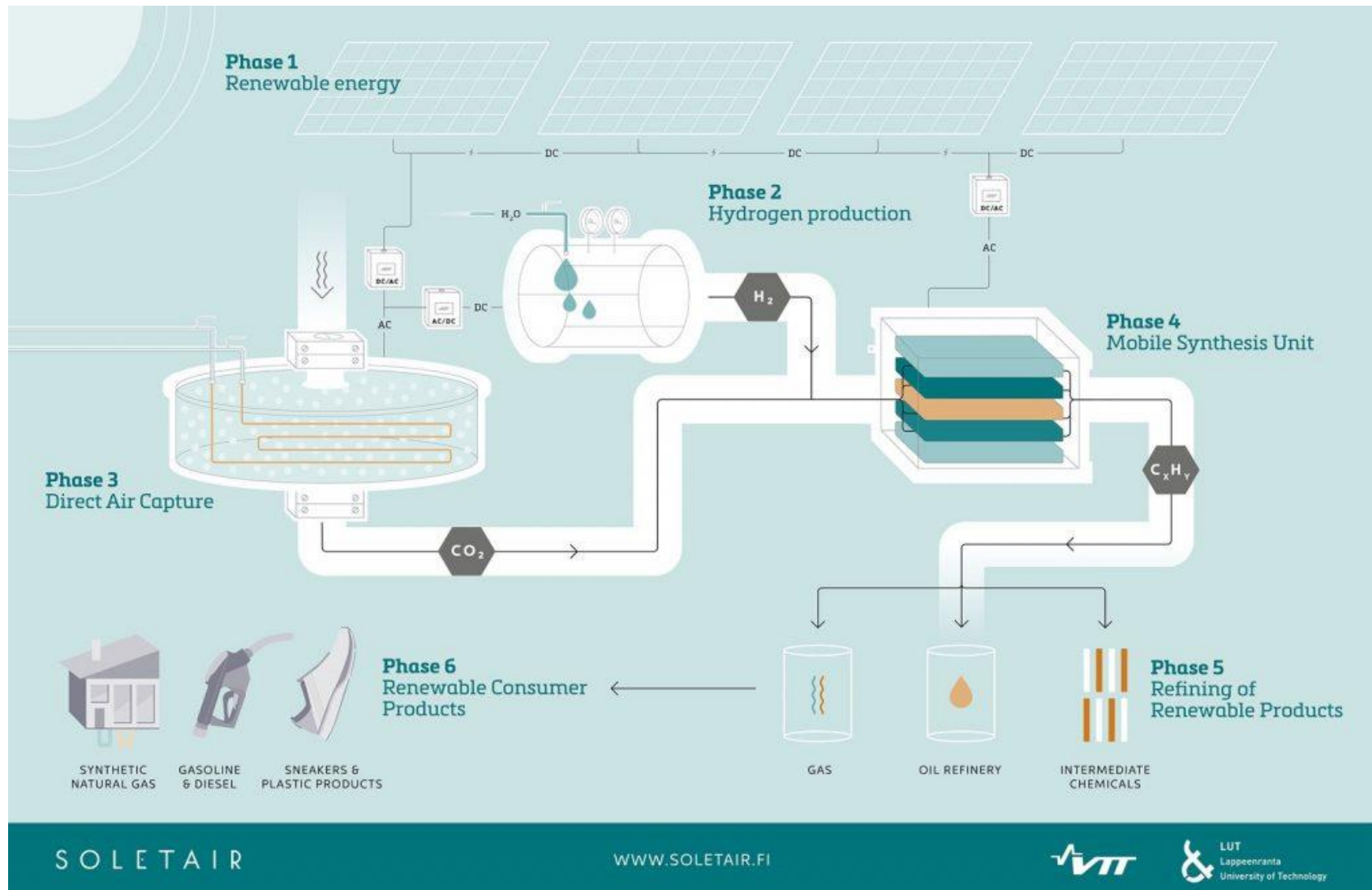


# Hydrogen Storage: the LOHC-Concept



# LOHC Technology





# Assumptions

Today's EEC:	2400 TWH
50% Reduction	=> 1200 TWH

## Share of electricity production:

PV:	35%	=>	420 TWH
Wind onshore:	40%	=>	480 TWH
Wind offshore:	20%	=>	240 TWH
Biomass/water:	5%	=>	60 TWH

# Average Load Factors in Germany

Biomass	5000 h/a
Wind offshore	4200 h/a
Wind onshore	2000 h/a
PV	1000 h/a

# Average Specific Investments

Solar thermal energy production	3500 €/kW <sub>el</sub>
Offshore wind	2000 €/kW <sub>el</sub>
Onshore wind	1000 €/kW <sub>el</sub>
PV	1000 €/kW <sub>el</sub>
Gas & Steam Turbine PP	600 €/kW <sub>el</sub>
Gas Turbine	400 €/kW <sub>el</sub>



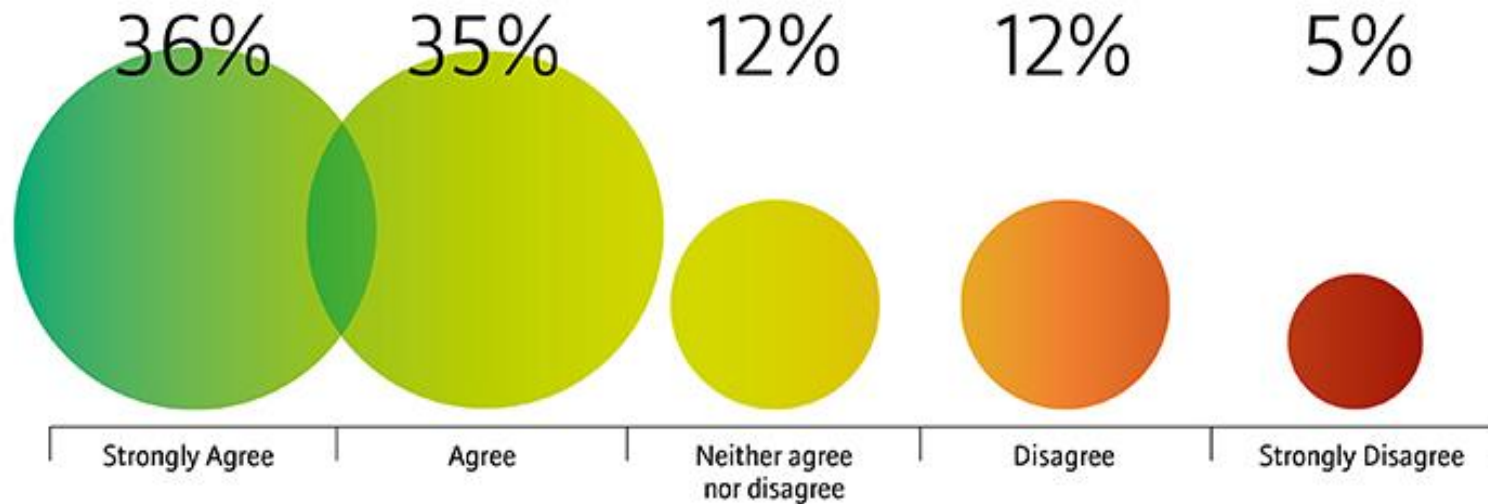
## Average Investments

PV:	420 bill. €
Wind onshore:	240 bill. €
Wind offshore:	114 bill. €
Biomass/water:	24 bill. €
Total:	~ 800 bill. €

=> 80 bill. €/a

≙ Import of fossil fuel energy of Germany

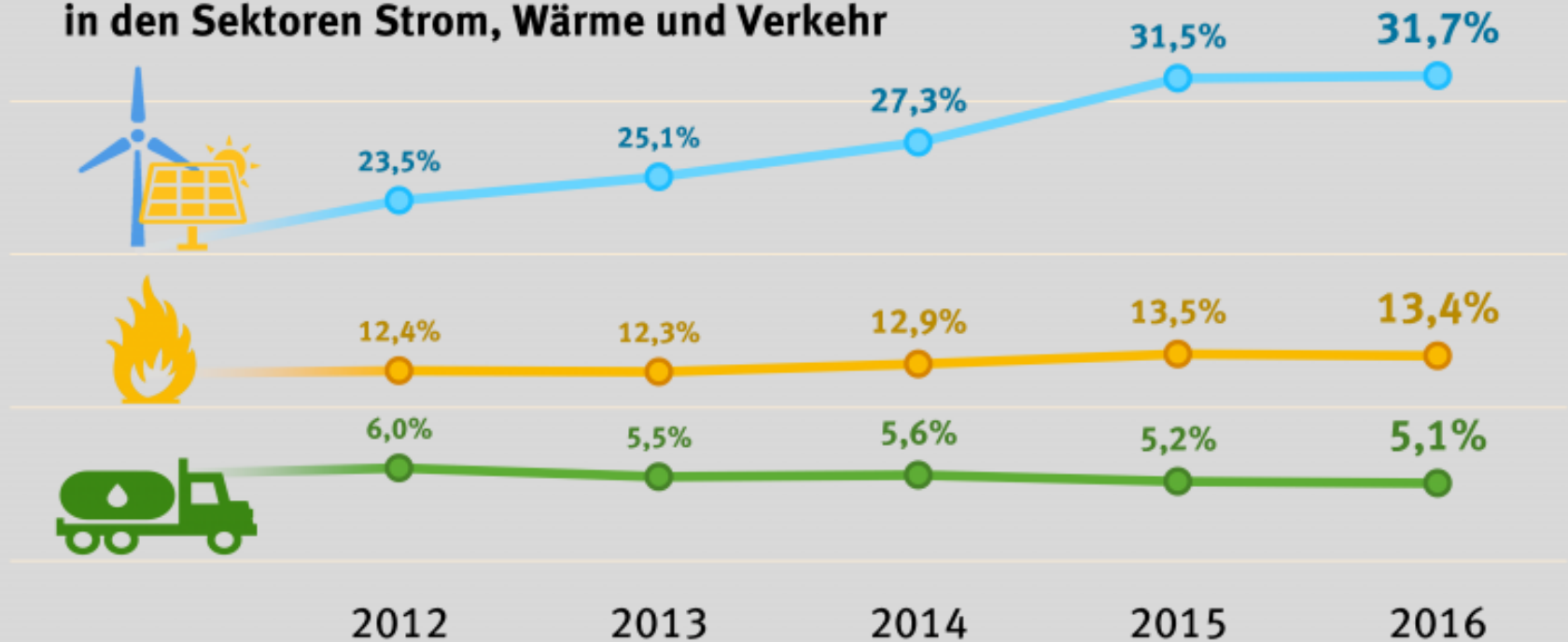
Is the transition to 100% renewables on a global level feasible and realistic?



Renewables Global Futures Report Great debates towards 100 % renewable energy



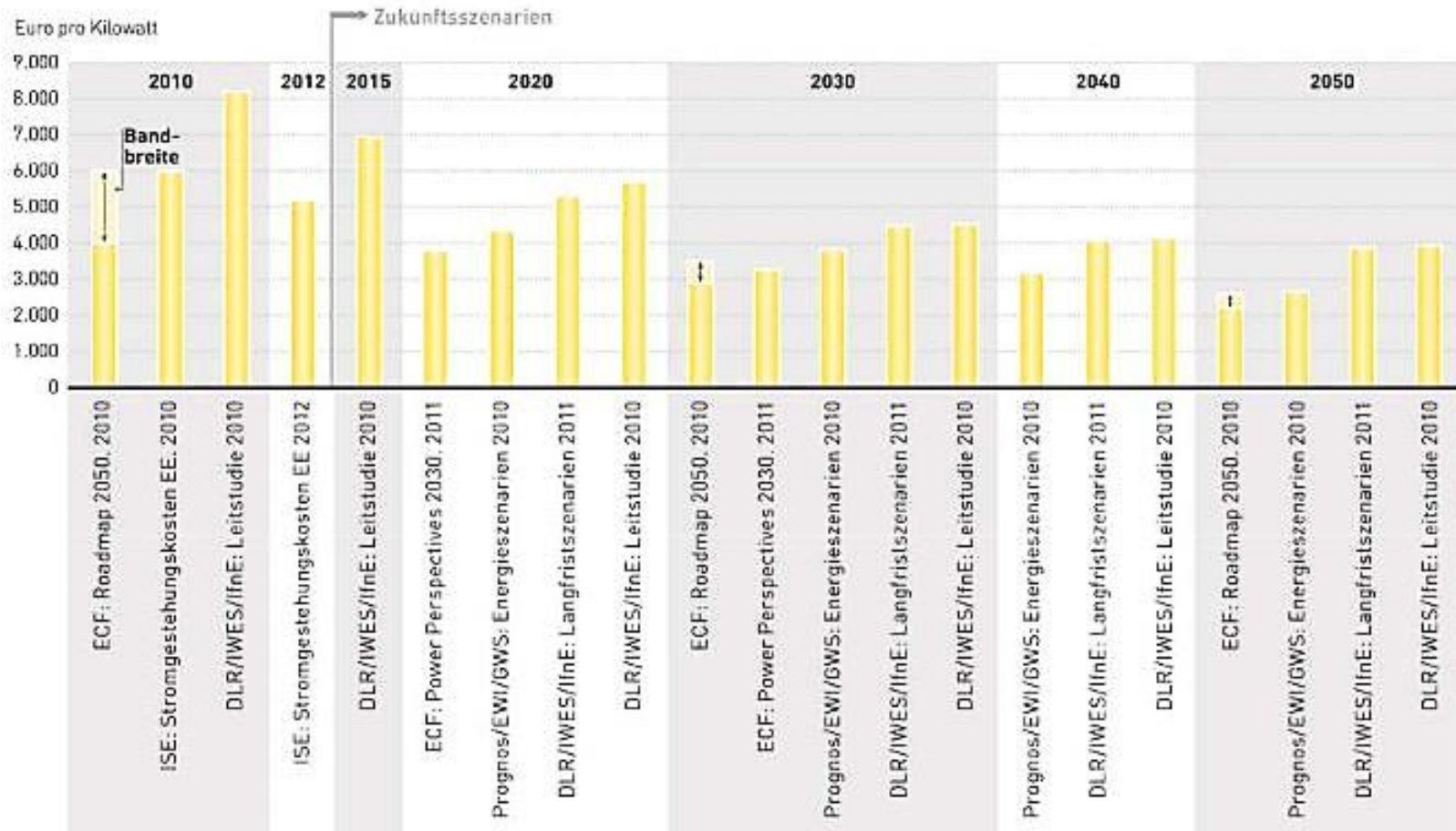
## Anteile der erneuerbaren Energien in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr



**Thank you  
for  
your attention**

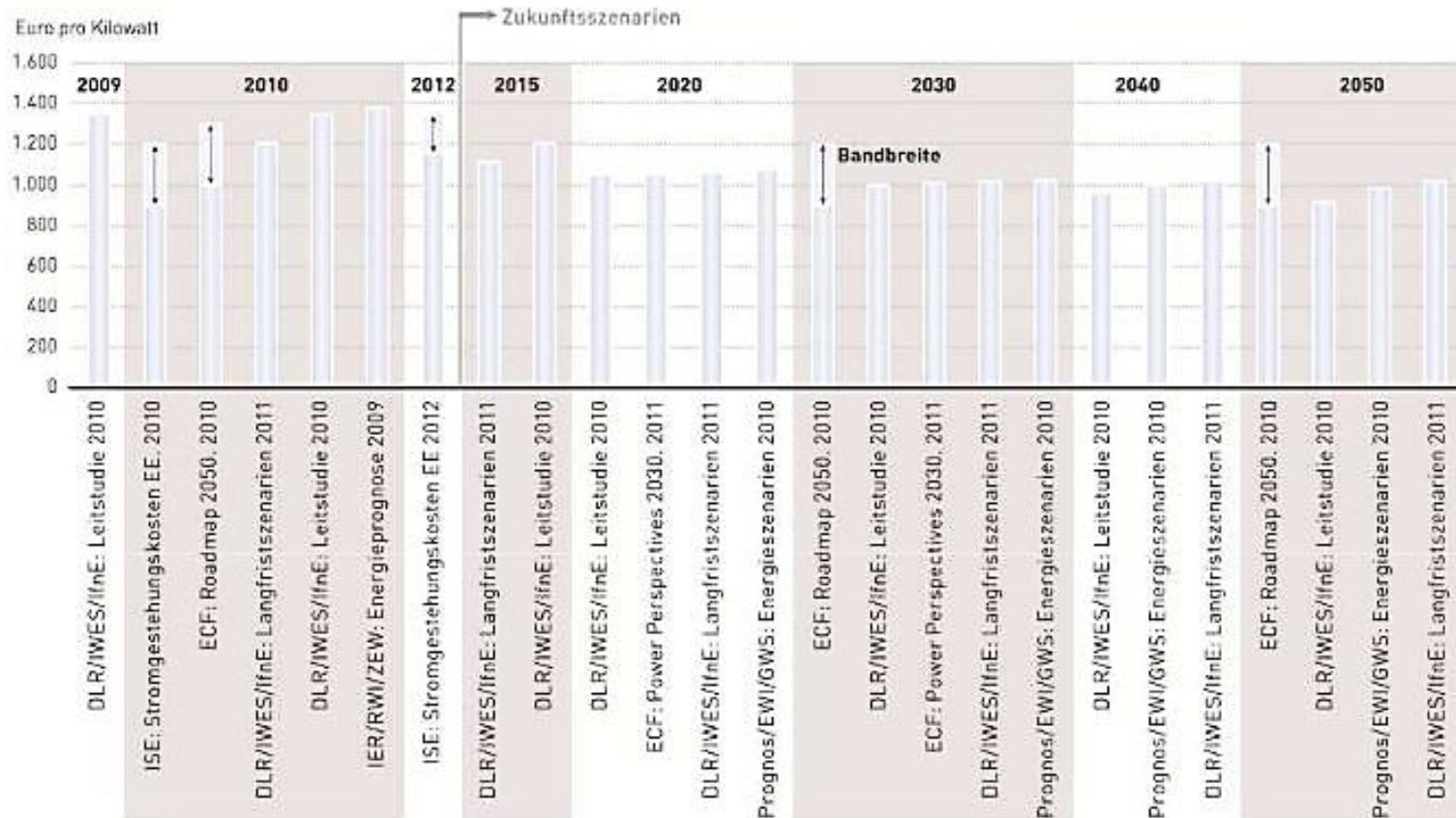
## Spezifische Investitionskosten für solarthermische Kraftwerke in verschiedenen Studien

Die Preisbasis für die Investitionskosten solarthermischer Kraftwerke (Concentrated Solar Power, CSP) in der Grafik ist – soweit in den Studien angegeben – das Jahr 2010. Umrechnungen sind gegebenenfalls erfolgt unter Annahme einer Inflationsrate von 2 %/a.



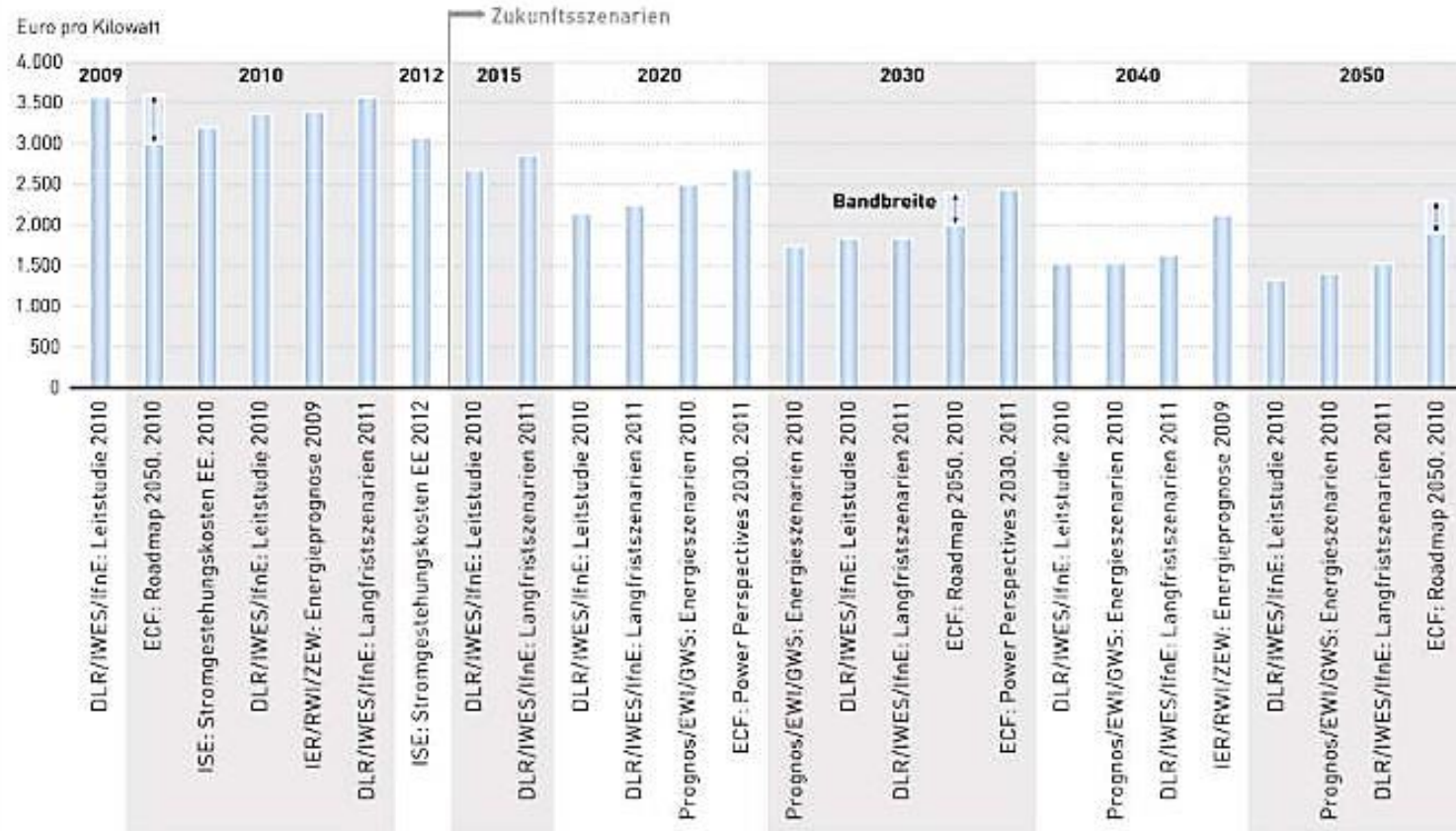
## Spezifische Investitionskosten für Windenergieanlagen (Onshore) in verschiedenen Studien

Die Preisbasis der Werte in der Grafik ist – soweit in den Studien angegeben – das Jahr 2010. Umrechnungen sind gegebenenfalls erfolgt unter Annahme einer Inflationsrate von 2 %/a.



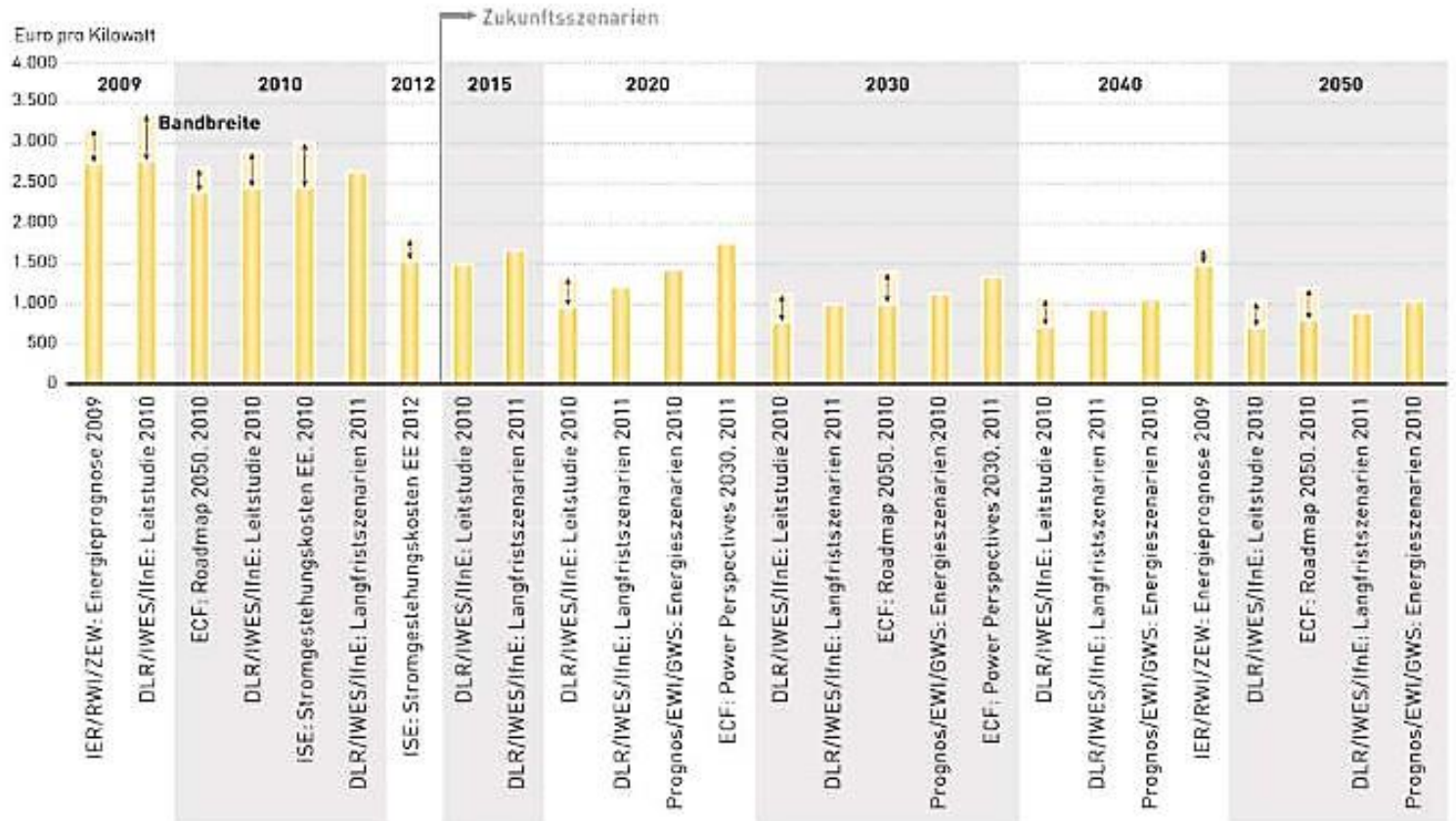
## Spezifische Investitionskosten für Windenergieanlagen (Offshore) in verschiedenen Studien

Die Preisbasis der Werte in der Grafik ist – soweit in den Studien angegeben – das Jahr 2010. Umrechnungen sind gegebenenfalls erfolgt unter Annahme einer Inflationsrate von 2 %/a.



## Spezifische Investitionskosten für Photovoltaikanlagen in verschiedenen Studien

Die Bandbreite der angegebenen Investitionskosten bezieht sich auf unterschiedliche Anlagengrößen. Die Preisbasis der Werte in der Grafik ist – soweit in den Studien angegeben – das Jahr 2010. Umrechnungen sind gegebenenfalls erfolgt unter Annahme einer Inflationsrate von 2 %/a.

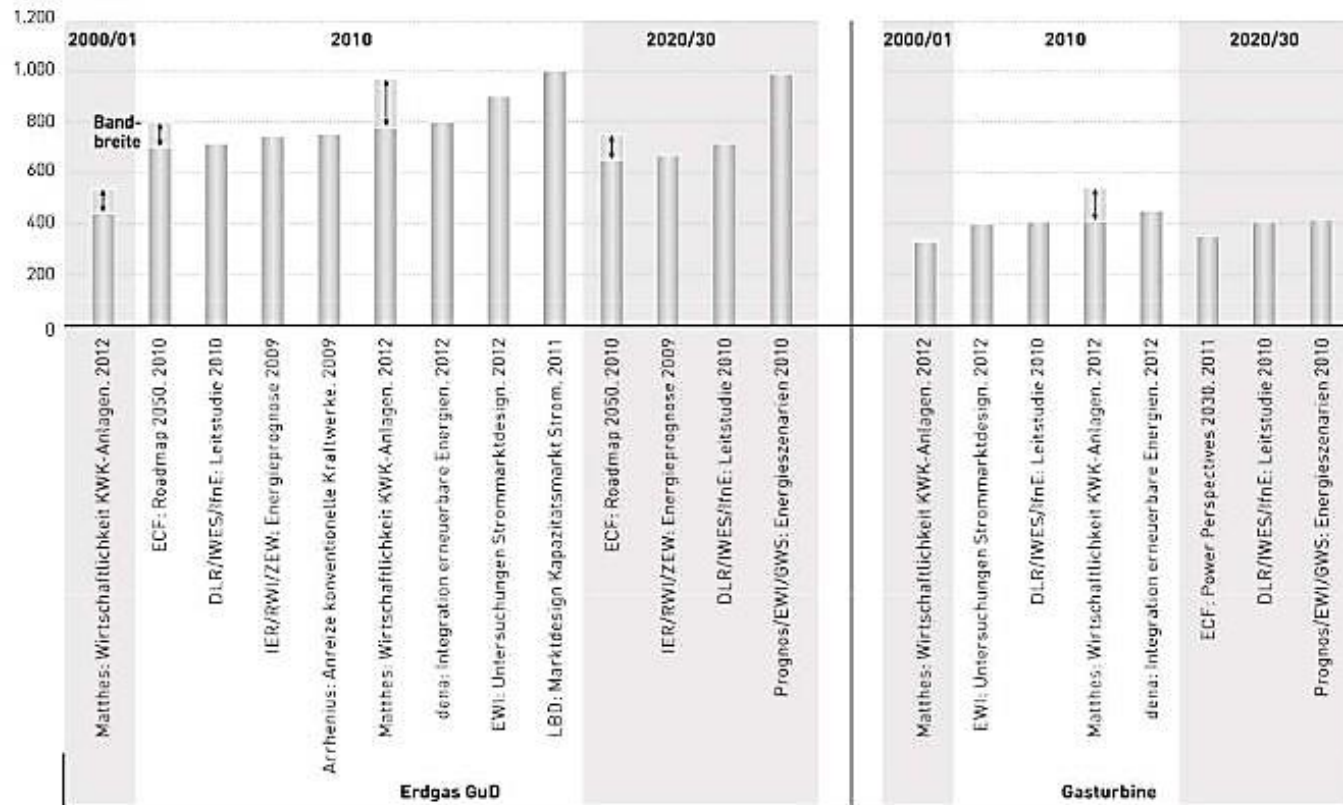




## Spezifische Investitionskosten für Gaskraftwerke in verschiedenen Studien

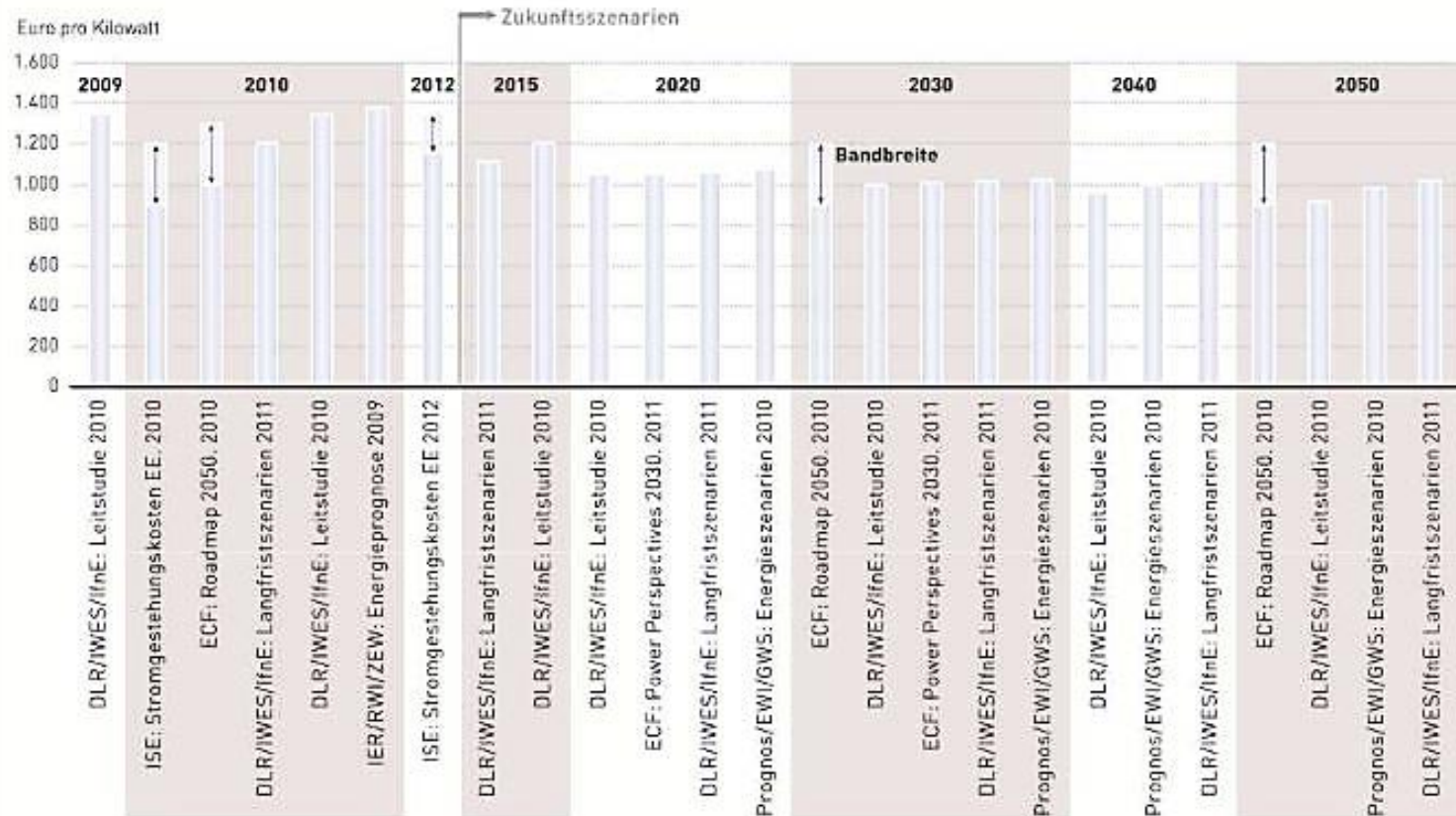
Die zugrundegelegten Investitionskosten für neue Kraftwerke sind ein relevanter Faktor für Abschätzungen zu den Kosten der Energie- wende bzw. des Umstiegs auf Erneuerbare Energien im Stromsektor. Ebenso sind sie von Bedeutung für die aktuelle Diskussion um die Einführung von Kapazitätsmärkten. Vergleichbare Daten hierzu sind jedoch nur in wenigen Studien veröffentlicht. Die Preisbasis der Werte in der Grafik ist – soweit in den Studien angegeben – das Jahr 2010. Umrechnungen sind gegebenenfalls erfolgt unter Annahme einer Inflationsrate von 2 %/a.

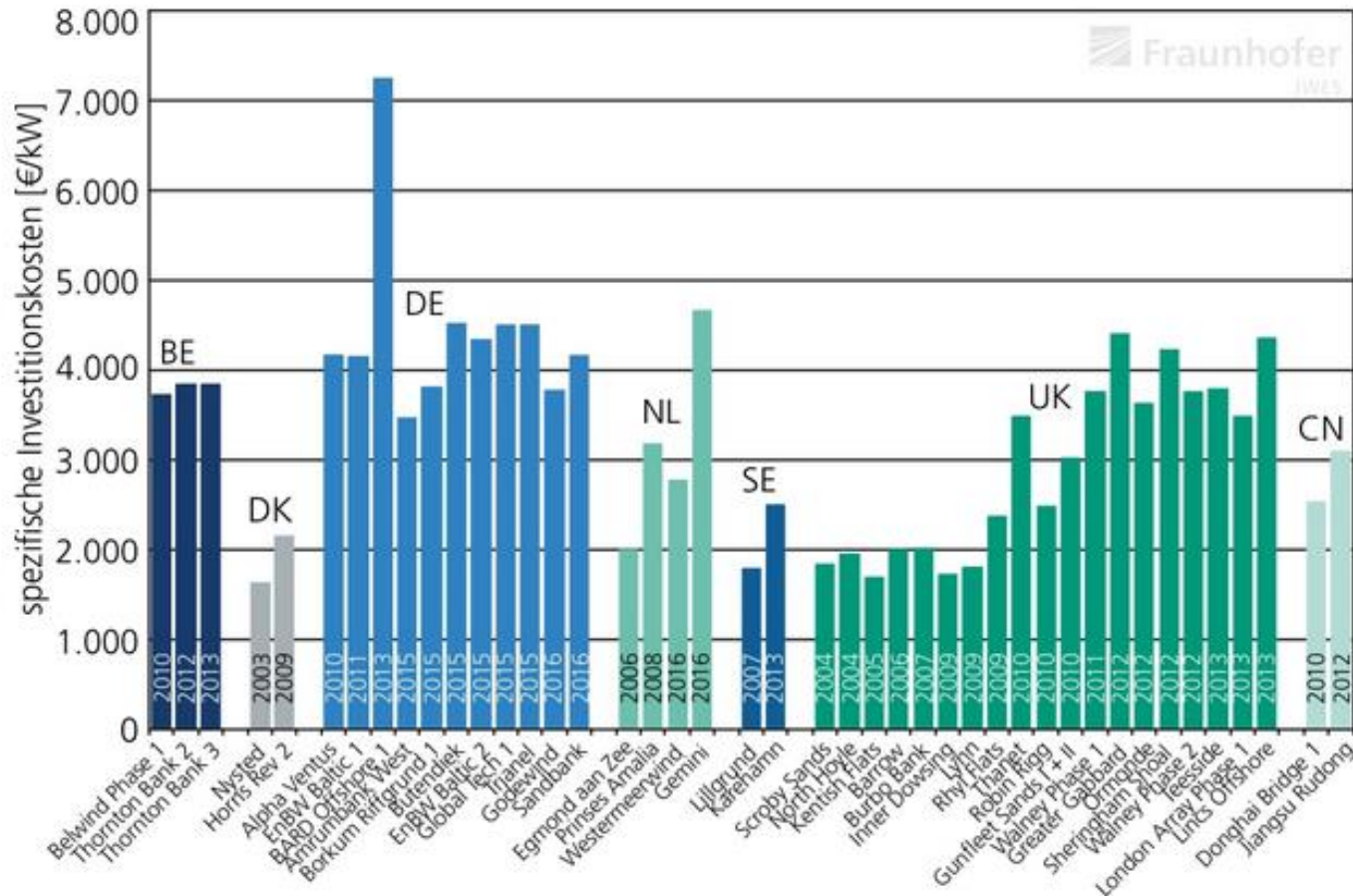
Euro pro Kilowatt



## Spezifische Investitionskosten für Windenergieanlagen (Onshore) in verschiedenen Studien

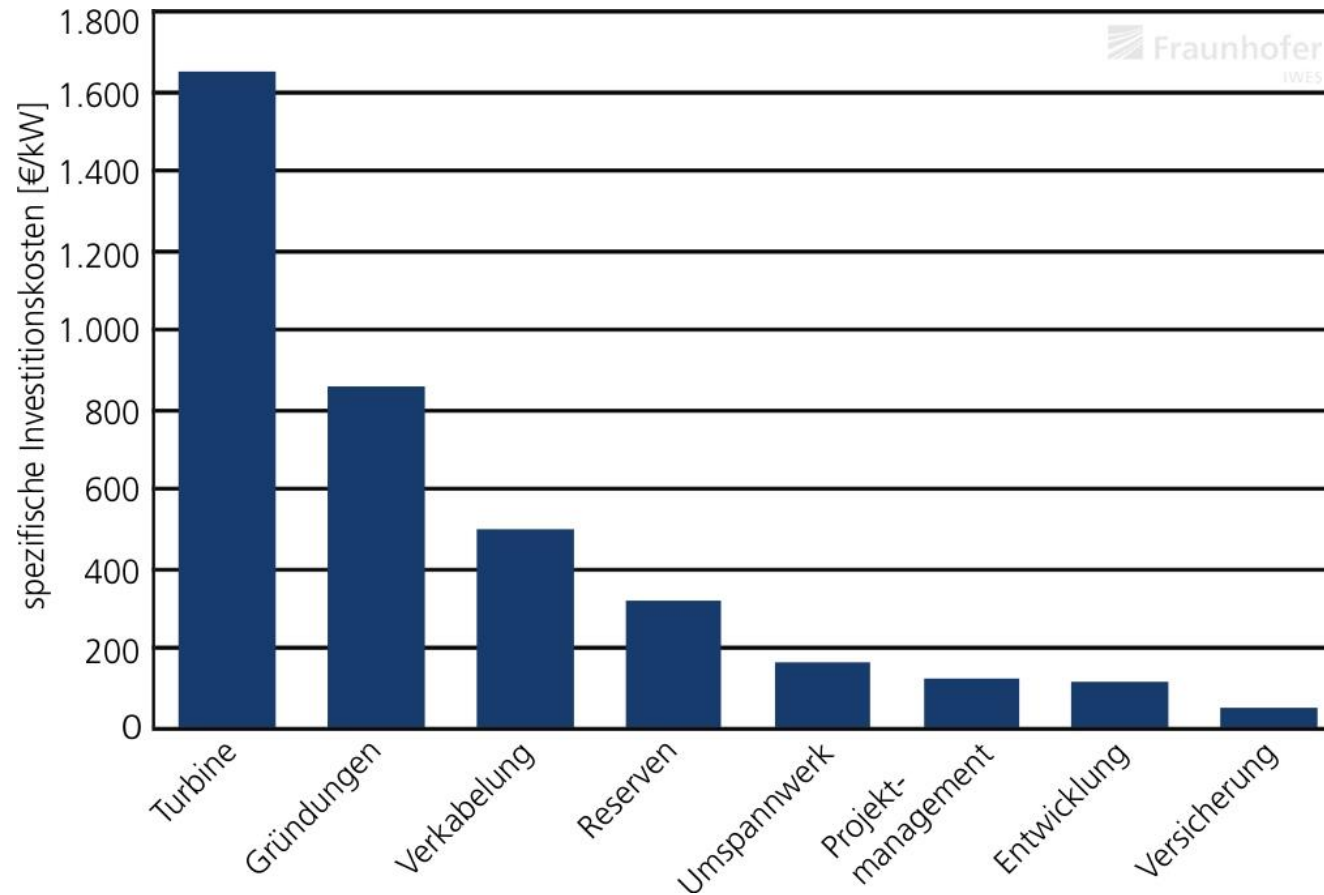
Die Preisbasis der Werte in der Grafik ist – soweit in den Studien angegeben – das Jahr 2010. Umrechnungen sind gegebenenfalls erfolgt unter Annahme einer Inflationsrate von 2 %/a.





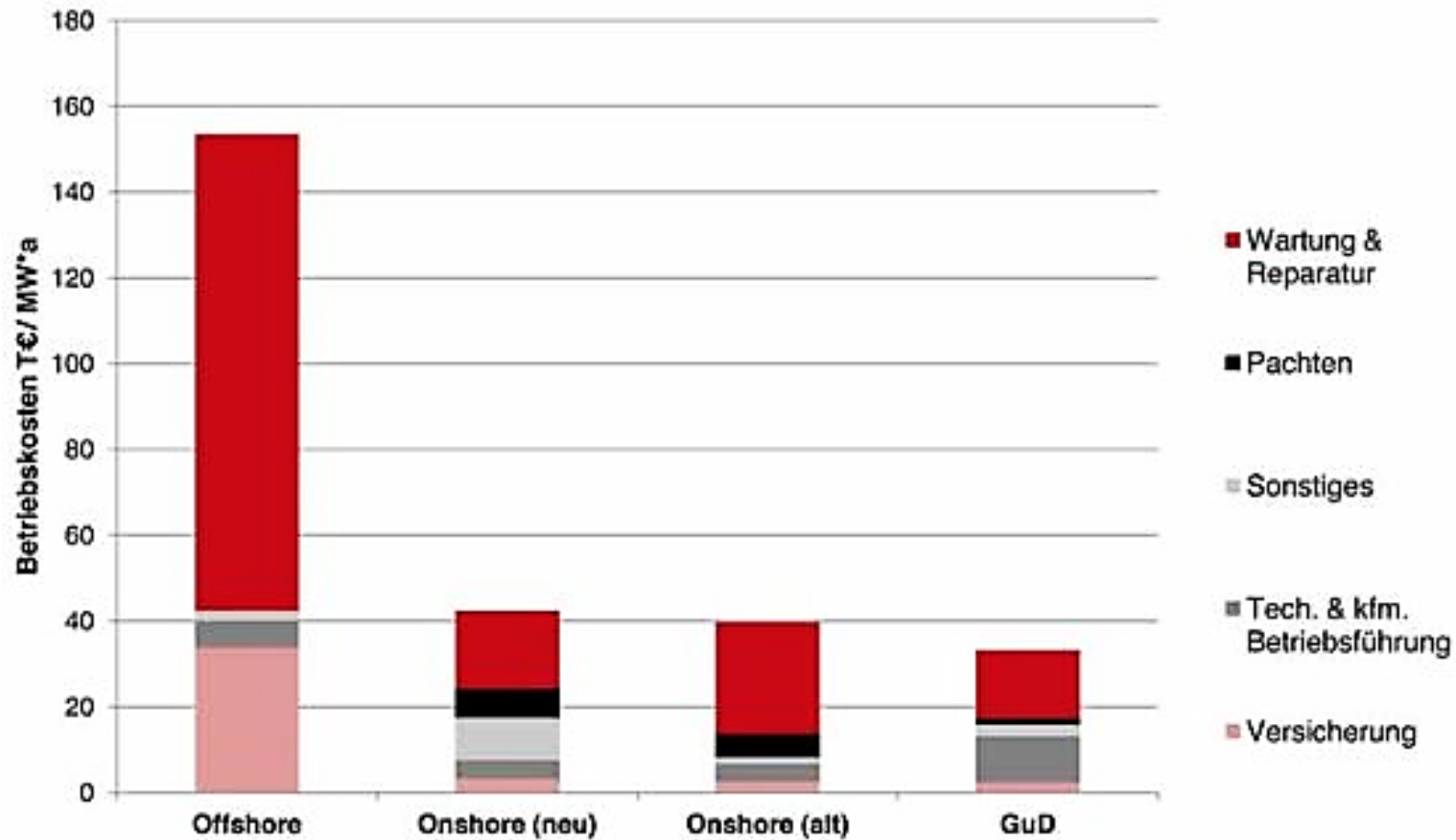
Spezifische Investitionskosten verschiedener Parks nach Ländern ab einer Nennleistung von 45 MW

Datenquelle: [\[WERD 2014\]](#)



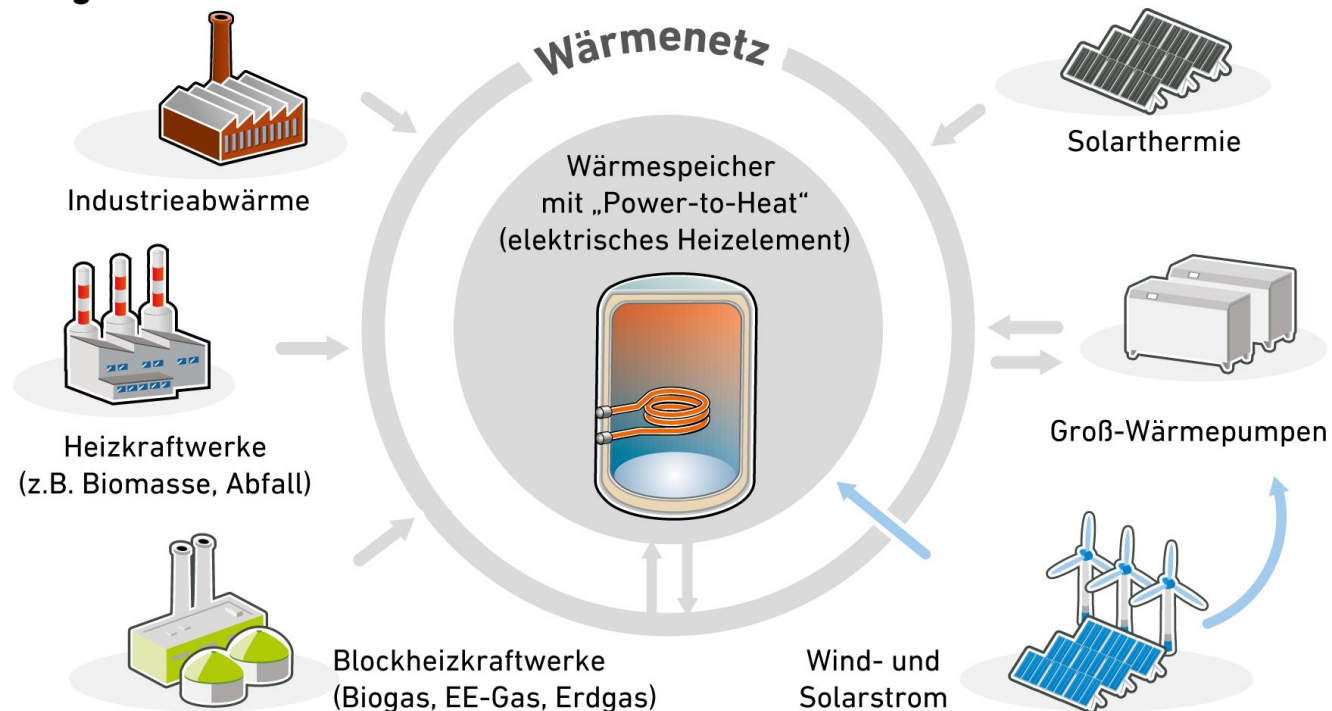
Aufteilung der spezifischen Investitionskosten europäischer Offshoreparks inklusive Netzanbindungskosten

Datenquelle: [\[IEA Wind Task 26\]](#)



## Wärmespeicher: Ein zentraler Baustein einer flexiblen Strom- und Wärmeversorgung

Mit Wärmenetzen und Wärmespeichern lassen sich KWK-Anlagen flexibilisieren und Erneuerbare Energien effizient ins Energiesystem integrieren.



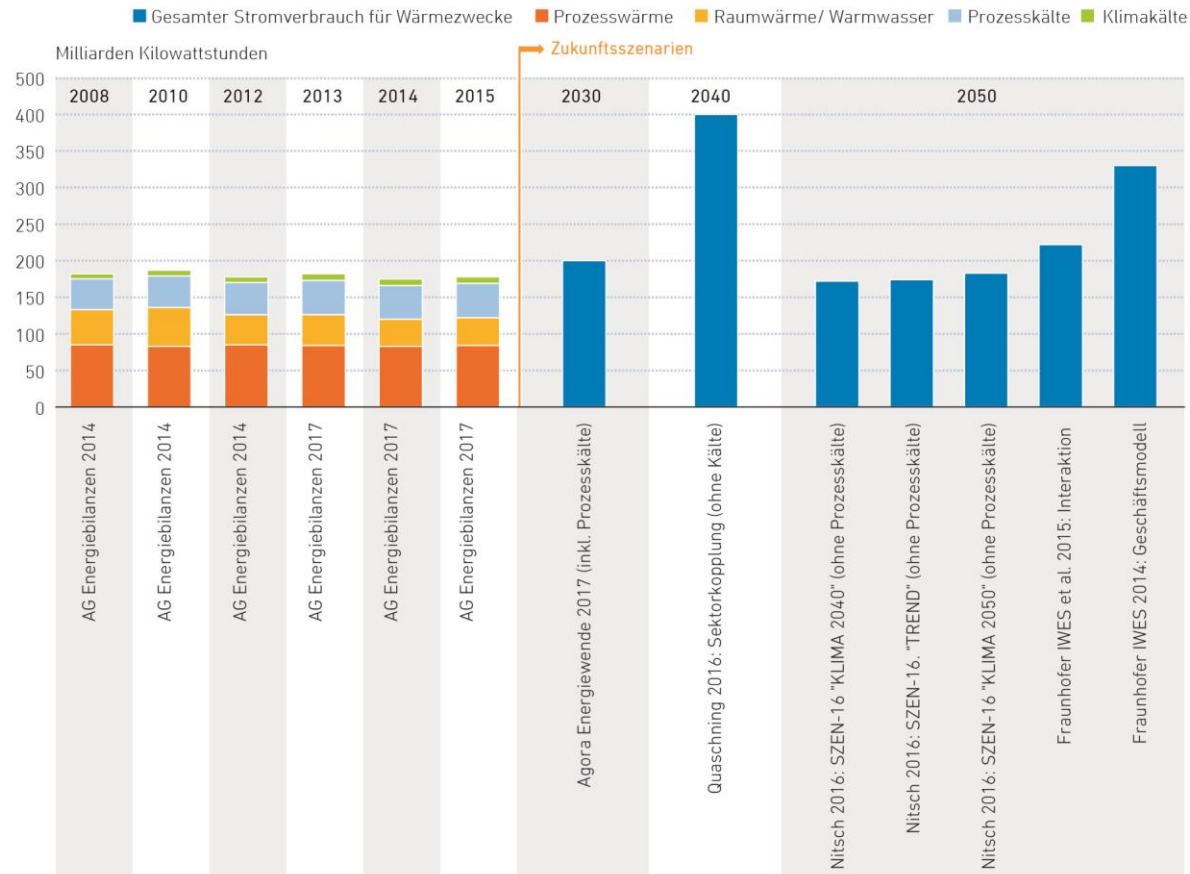
Quelle: nach Hamburg Institut. Stand: 02/2015

© 2017 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

## Metaanalyse zum Zusammenspiel von Strom- und Wärmesystem

### Stromverbrauch für Wärme und Kälte in Deutschland

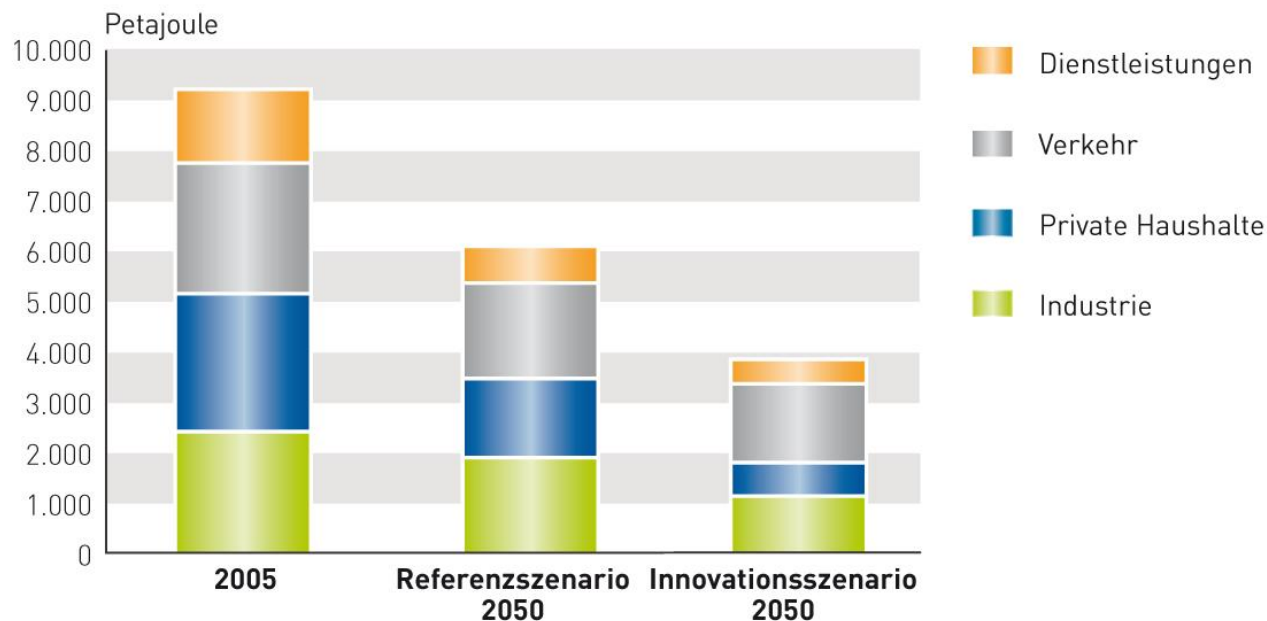
Die Nutzung von Strom für Wärmepumpen, Klimaanlage und Elektrokessel gewinnt in allen untersuchten Studien an Bedeutung. Die Strommenge hängt dabei stark von der Entwicklung des Endenergiebedarfs für Wärme, dem Ausbau anderer erneuerbarer Optionen wie der Solarthermie und dem Anteil von Windenergie und Photovoltaik an der Stromerzeugung ab.



## Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken

### Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren bis 2050

Für das Erreichen ehrgeiziger Klimaschutzziele ist die Steigerung der Energieeffizienz von zentraler Bedeutung. In allen Sektoren muss der Energieverbrauch bis zum Jahr 2050 drastisch zurückgehen.



Quelle: WWF/Öko-Institut/Prognos: Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken. Oktober 2009