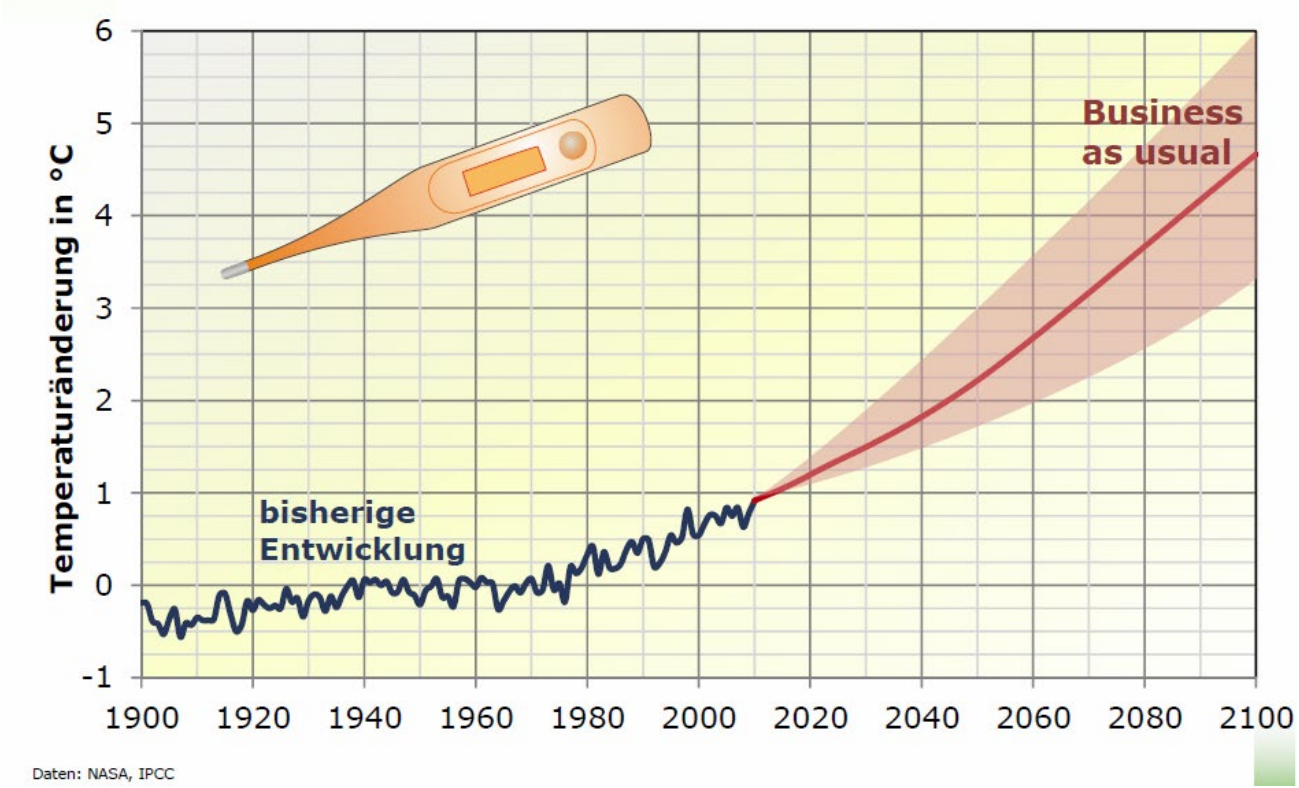
Energiewende Wie?
PV, Wind, Wasserstoff oder doch Atomstrom?

Prof. Dipl.-Ing. Doerte Laing-Nepustil
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Nepustil
Fakultät Wirtschaft und Technik

WARUM BRAUCHEN WIR (DRINGEND) DIE ENERGIEWENDE?

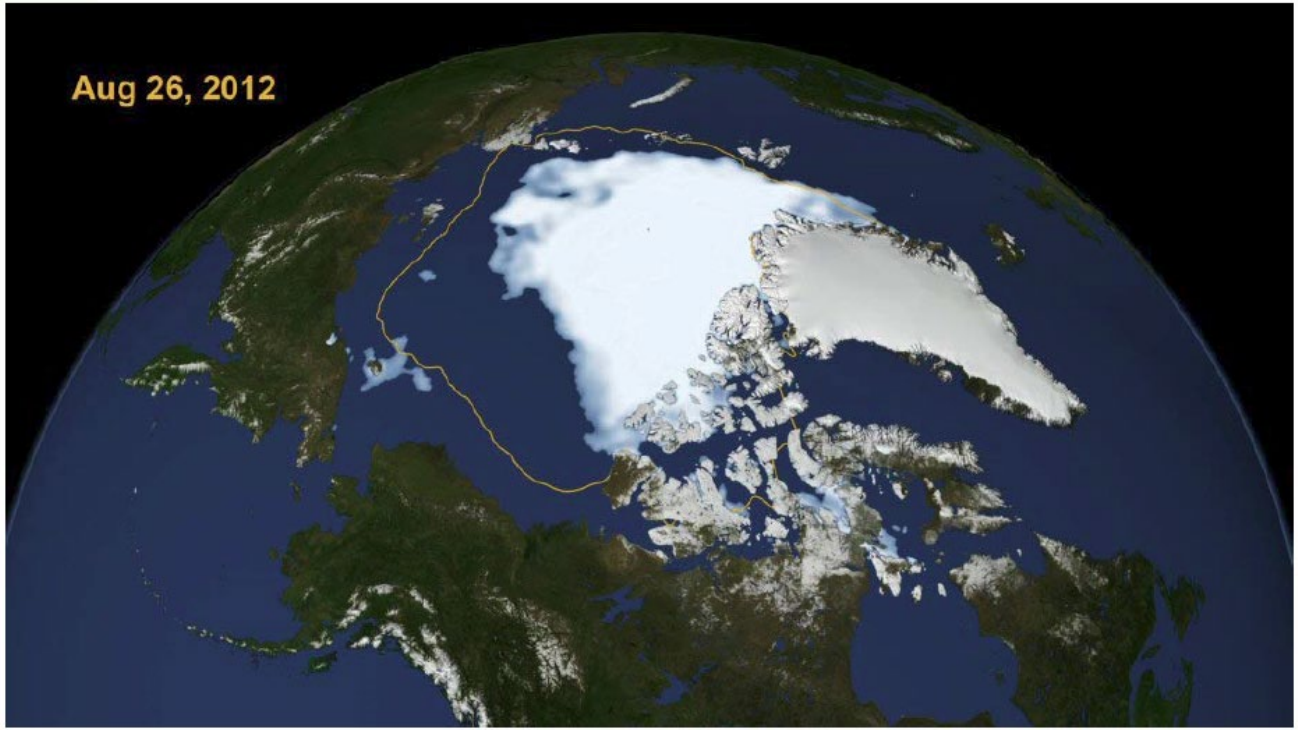
I Erderwärmungsszenario



Quelle: https://www.volker-quaschning.de/publis/vortraege/2016-12-12_VHS-Koeln_Quaschning.pdf

WARUM BRAUCHEN WIR (DRINGEND) DIE ENERGIEWENDE?

I Polare Eisbedeckung



Quelle: NASA

Quelle: www.volker-quaschning.de

WARUM BRAUCHEN WIR (DRINGEND) DIE ENERGIEWENDE?

I Klimakrise ist auch in Europa angekommen

Quelle: Christophe Licoppe, European Commission, https://audiovisual.ec.europa.eu/en/photo/P-051584~2F00-42

https://www.ufficiostampa.provincia.tn.it/Comunicati/Marmolada-l-intera-area-chiusa-per-motivi-di-sicurezza

WARUM BRAUCHEN WIR (DRINGEND) DIE ENERGIEWENDE?

I Konsequenzen des Klimawandels

Steigenden Meeresspiegel und Dürren

⇒ Millionen von Menschen verlieren ihr Zuhause und hungern

Zunehmende Flüchtlings-ströme nach Europa

⇒ Politische und soziale Verwerfungen werden dramatisch zunehmen

Quelle: https://www.volker-quaschning.de/publis/vortraege/2016-12-12_VHS-Koeln_Quaschning.pdf

ENERGIEWENDE – ZIELE DER BUNDESREGIERUNG

I Energiepolitische Ziele der Bundesreg

	Status 2011[1]	2014[2]	2018[3]
Treibhausgasemissionen			
Treibhausgasemissionen (Reduktion gegenüber 1990)	-26 %	-27 %	-27,5 %
Erneuerbare Energien			
Anteil am Bruttostromverbrauch	20 %	27,4 %	38,7 %
Anteil am Brutto-endenergieverbrauch	12 %	13,5 %	16,6 %

Energiewende verfolgt zwei grundlegende Ker

1. **Erneuerbare Energien ausbauen**
2. **Energieeffizienz erhöhen**

Verfassungsgericht:
Klimaschutzgesetz reicht nicht weit genug

Das **deutsche Klimaschutzgesetz von 2019 ist teilweise verfassungswidrig**.

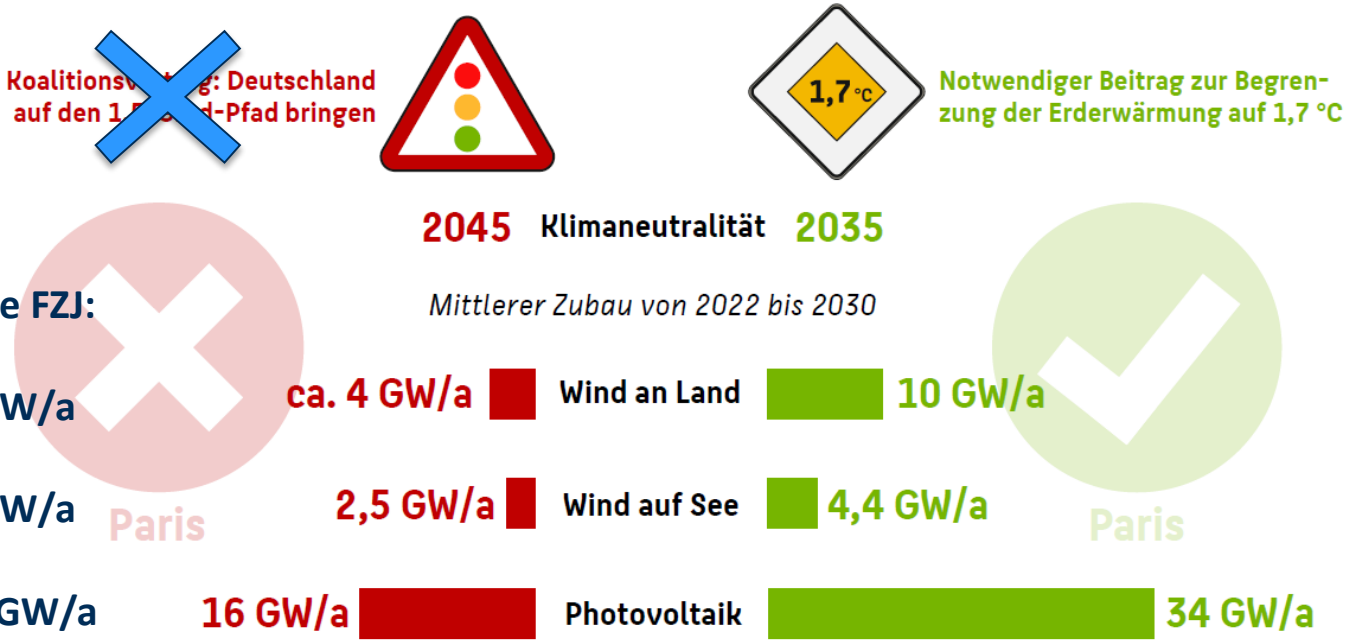
=> Gesetzesnovelle ist am 31. August 2021 in Kraft getreten.

Deutschland soll früher klimaneutral werden

- Treibhausgasemissionen
  → Bis 2030: 65 % weniger CO2 (bislang 55 %)
  → Bis 2040: 88 % weniger CO2
  → 2045: Klimaneutralität (bislang 2050)
- Zulässige jährliche CO2-Emissionsmengen für einzelne Sektoren wie Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr oder Gebäudebereich werden abgesenkt.

ENERGIEWENDE – ZIELE DER BUNDESREGIERUNG

I Sind die Koalitionsziele mit dem Pariser Klimaschutzabkommen vereinbar?



Quelle: HTW Berlin, Studie „Solarstromausbau für den Klimaschutz", Referenzszenario
Mehr zur Studie: pvspeicher.htw-berlin.de/solarstromausbau

htw.

Ausbauraten letzte 10 Jahre:

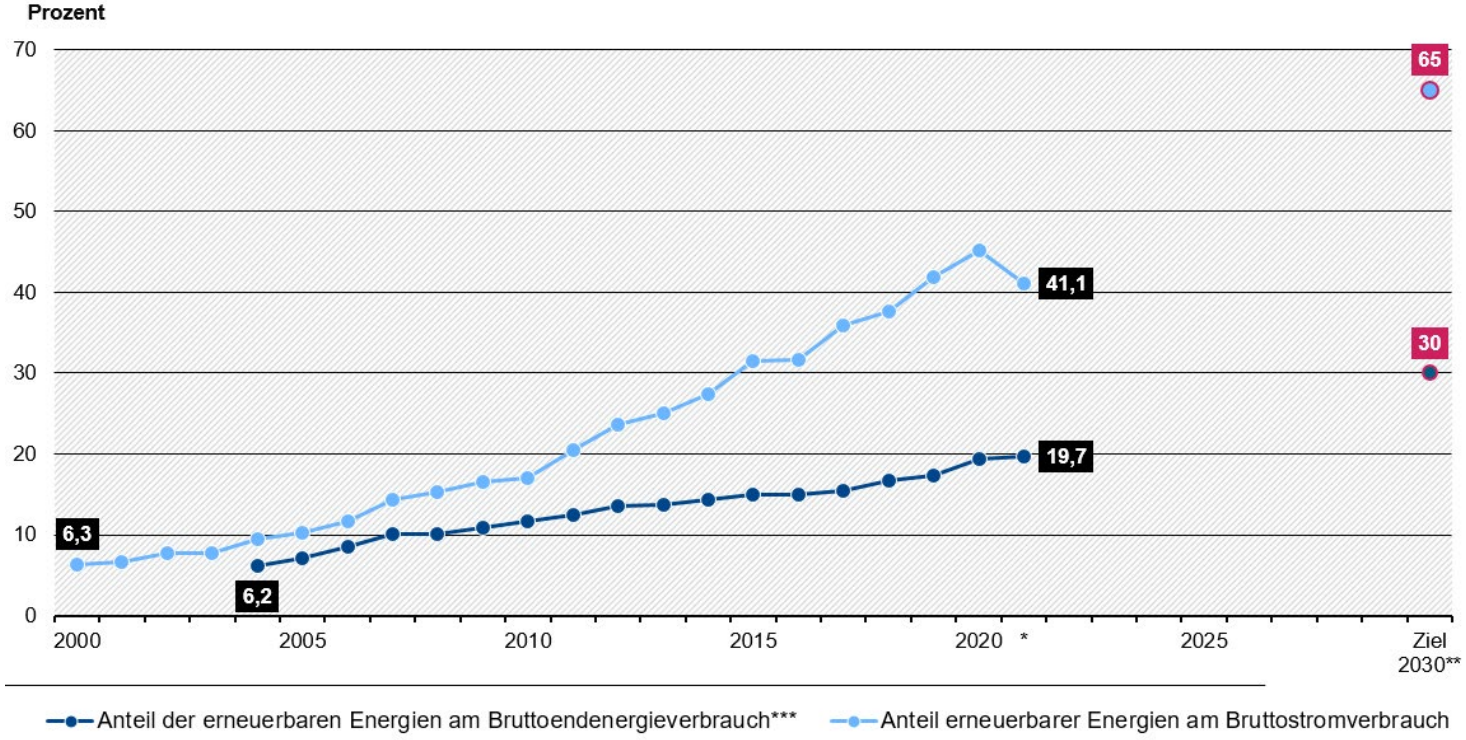
4,9 GW/a

2,3 GW/a

9 GW/a

TRANSFORMATION DES ENERGIESYSTEMS

I Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch und am Bruttoendenergieverbrauch



* vorläufig

** Quellen Zielwerte 2030: Anteil am Bruttoendenergieverbrauch: Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) 2021; Anteil am Bruttostromverbrauch 2030: Integrierter Nationaler Energie- und Klimaplan

*** Anteil am Bruttoendenergieverbrauch berechnet nach Berechnungsregeln gemäß EU-Richtline 2009/28/EG

Quelle:
Quelle: Umweltbundesamt auf Basis Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), Stand 03/2022

TRANSFORMATION DES ENERGIESYSTEMS

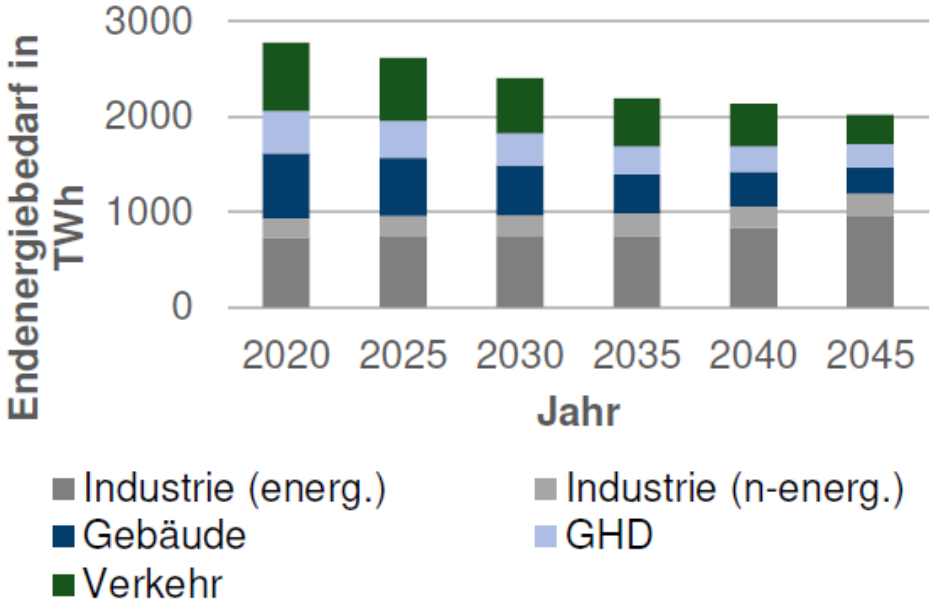
HOCHSCHULE ESSLINGEN

Ist eine verlässliche Energieversorgung mit 100% erneuerbaren Energien technisch machbar?

Ist es umsetzbar?

KLIMANEUTRAL BIS 2045

I Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren



2020:

⇒ 82% fossile Energieträger

⇒ davon 80% importiert

2045:

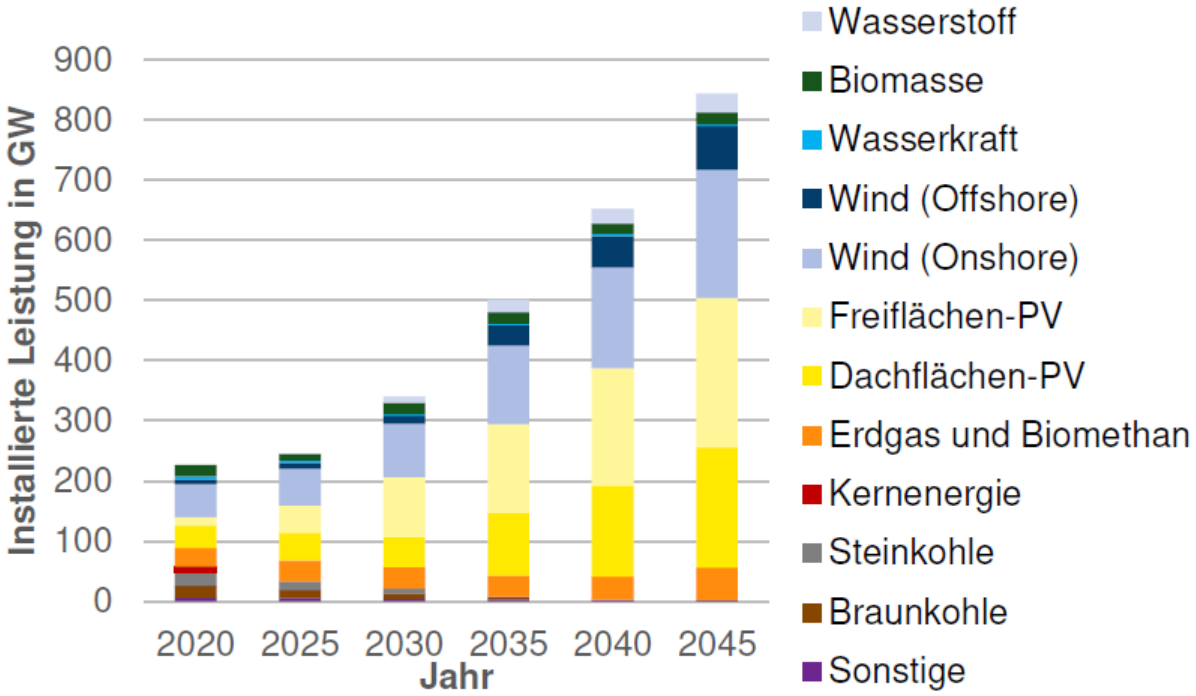
⇒ Klimaneutral

⇒ 22% Import erforderlich (davon 80% H_2 u. PtL)

Quelle: Stolten, D., et al., 2021. Strategien für eine treibhausgasneutrale Energieversorgung bis zum Jahr 2045. Forschungszentrum Jülich GmbH.

KLIMANEUTRAL BIS 2045

I Entwicklung der installierten Leistung



⇒ Installierte Leistung muss deutlich ausgebaut werden

⇒ Erhöhter Strombedarf

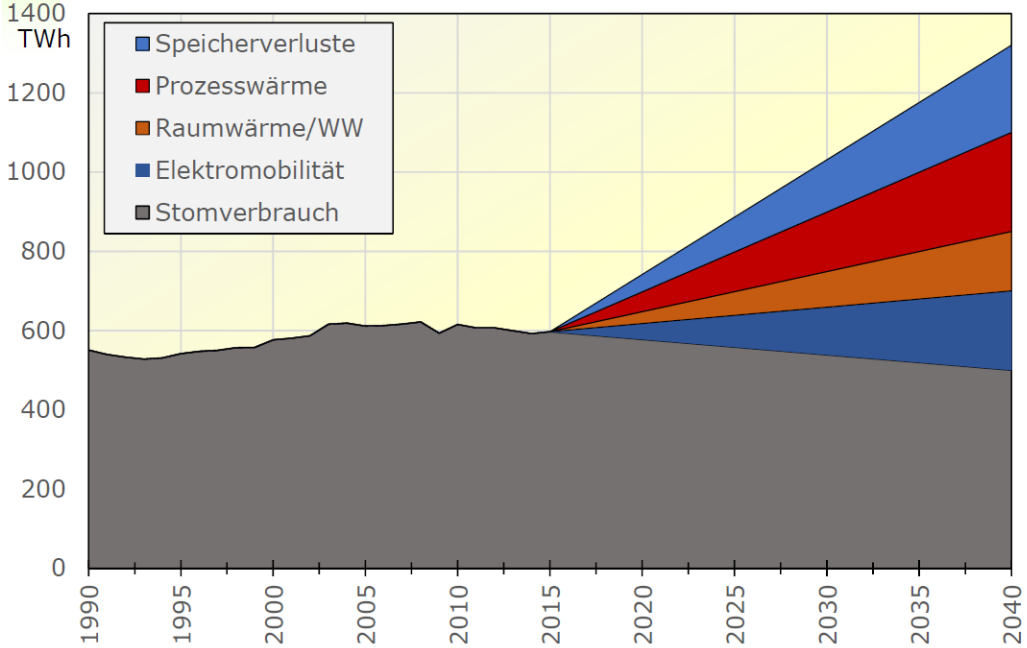
⇒ Fluktuierende Erzeugung

Quelle: Stolten, D., et al., 2021. Strategien für eine treibhausgasneutrale Energieversorgung bis zum Jahr 2045. Forschungszentrum Jülich GmbH.

KLIMANEUTRAL BIS 2045

I Die Zukunft ist elektrisch

Klimaschutz nur mit Verdopplung des Stromverbrauchs



Speicherverluste

Prozesswärme

Raumwärme/Warmwasser

Elektromobilität

Stromverbrauch

Quelle: https://www.volker-quaschning.de/publis/vortraege/2017-03-09_Staffelstein-PV_Quaschning-2017.pdf

KLIMANEUTRAL BIS 2045

I Bedarfe und Potentiale - Photovoltaik und Wind?

Bedarf an Ausbau von Photovoltaik und Wind in D

Studie	Zieljahr	Windausbau	Solarausbau
PIK [11]	2045	170-236 GW	200-550 GW
AGORA [24]	2045	215 GW	385 GW
ISE [13]	2050	297 GW	449 GW
IEK [25]	2045	285 GW	449 GW
EWI [27]	2045	180 GW	264 GW
HTW	2045	270 GW	471 GW

=> Das technische Potential ist ausreichend!!

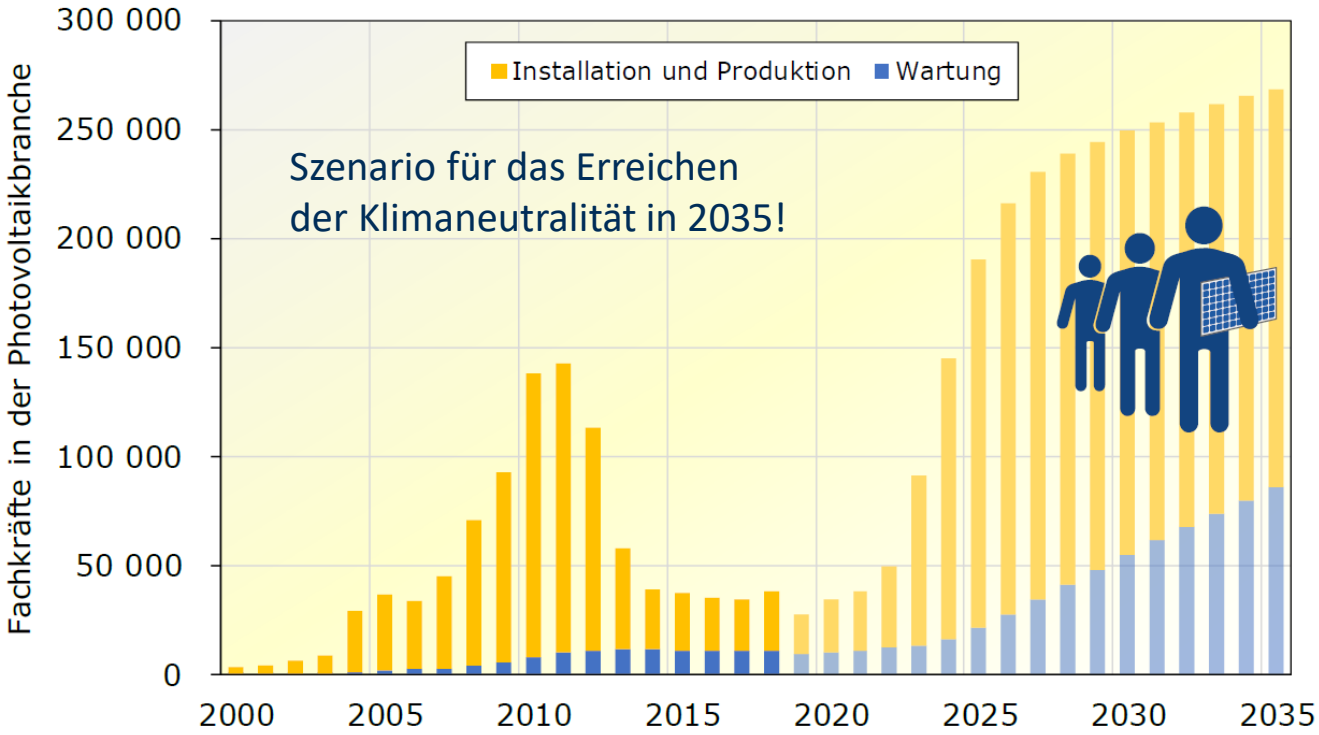
Technisches Potential in D

Photovoltaik:	530-3100 GW
Wind onshore:	1200 GW
Wind offshore:	70 GW

HTW Berlin, Solarstromausbau für den Klimaschutz, V. Quaschning, et al., 2021

KLIMANEUTRAL BIS 2045

I Ist die Umsetzung machbar?



Htw Berlin, Solarstromausbau für den Klimaschutz, V. Quaschning, et al., 2021

VERLÄSSLICHE STROMERZEUGUNG MIT 100% EE

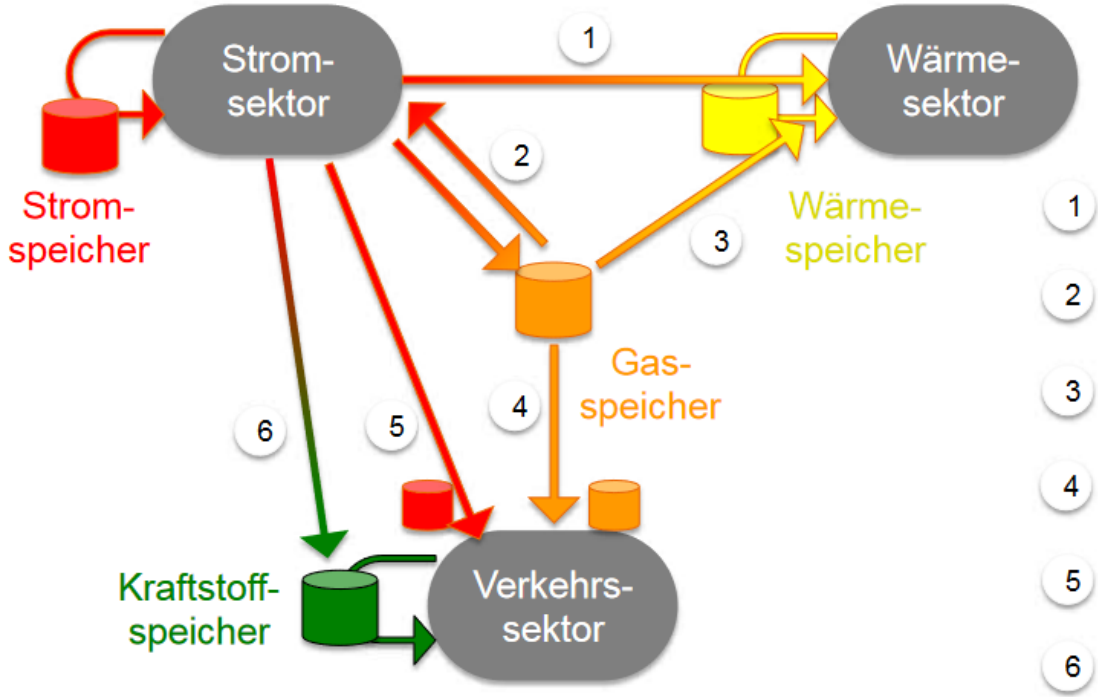
I Was passiert bei Dunkelflaute?

Flexibilitätsoptionen mit Sektorenkopplung

- Energiespeicher und DSM:
  - ⇒ Stromspeicher (Li-Ionen Batterien, Pumpspeicher- und Druckluftkraftwerke, Gaskraftwerke mit Wasserstoffturbinen)
  - ⇒ Demand Side Management (Zu-/Abschalten von Lasten durch Netzbetreiber)
- Flexible Kraftwerke:
  - ⇒ Flexibler Betrieb von Kraftwerken und Blockheizkraftwerken
- Sektorenkopplung:
  - ⇒ Smartes Laden von Elektrofahrzeugen
  - ⇒ Betrieb von Wärmepumpen und Heizstäben mit Wärmespeichern
  - ⇒ Wasserstoffproduktion durch Elektroyse
- Netzausbau:
  - ⇒ Zum regionalen Ausgleich von Stromerzeugung und -verbrauch

VERLÄSSLICHE STROMERZEUGUNG MIT 100% EE

I Sektorenkopplung



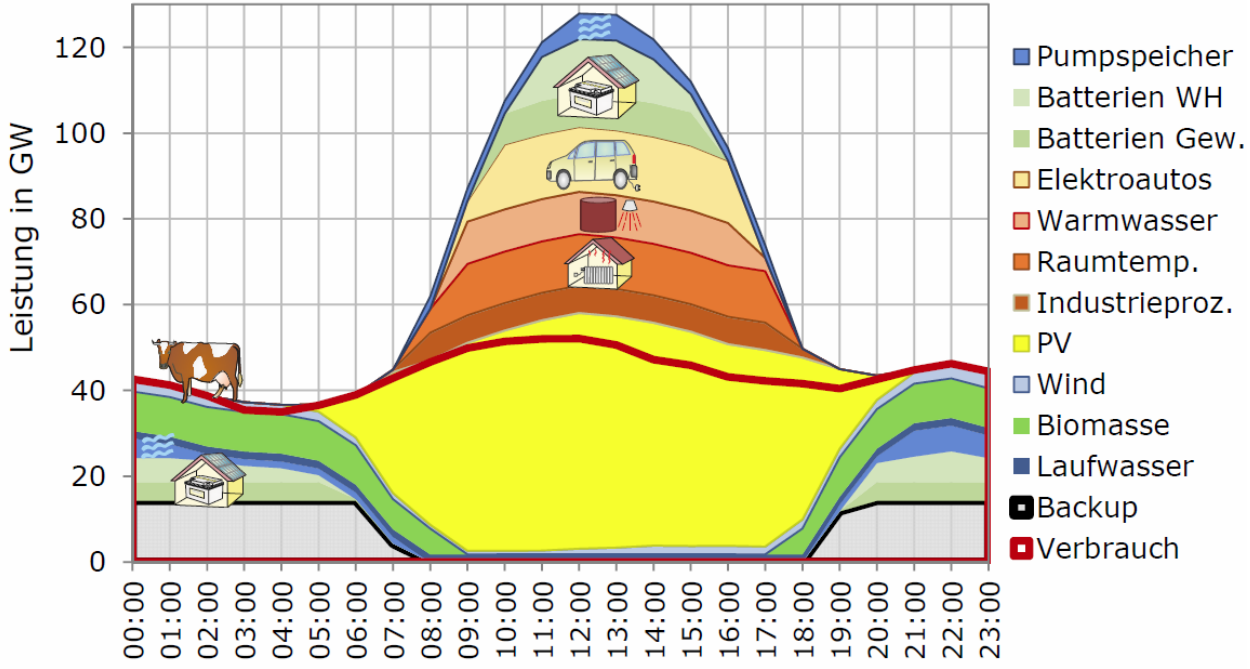
1. Power-to-Heat, Flexible KWK
2. Power-to-Gas als Stromspeicher
3. Power-to-Gas als Wärmespeicher
4. Power-to-Gas als Stromkraftstoff
5. Elektromobilität
6. Power-to-Liquid als Stromkraftstoff

Quelle: Sterner, Stadler, FENES, OTH Regensburg, 2014

VERLÄSSLICHE STROMERZEUGUNG MIT 100% EE

I Sektorenkopplung zur Nutzung von EE-Überschüssen

Überschüsse aus PV:



Quelle: https://www.volker-quaschning.de/publis/vortraege/2015-03-05_Staffelstein-PV_Quaschning.pdf

Überschüsse aus Wind:

H2-Erzeugung mit Elektrolyseuren und Speicherung

Bild von David Will auf Pixabay

ROLLE DES WASSERSTOFFS IN DER ENERGIEWENDE

I Wasserstoff Farbenlehre

	Ausgangs-stoff	Prozess	Neben-produkt	Energie
grauer Wasserstoff	Erdgas	Dampf-reformierung	CO_2	Strommix, fossile Brennstoffe
blauer Wasserstoff	Erdgas	Dampf-reformierung	CO_2 im Endlager	Strommix, fossile Brennstoffe
türkiser Wasserstoff	Erdgas	Methan-pyrolyse	fester Kohlenstoff	variabel, optional EE
grüner Wasserstoff	Wasser	Elektrolyse	O_2	EE

ROLLE DES WASSERSTOFFS IN DER ENERGIEWENDE

I Einsatzbereiche Wasserstoff

Alternativlos

A	Dünge-mittel	Hydrierung	Methanol	Hydro-cracken	Ent-schwefelung	
B	Schiff-fahrt*	Mobile Maschinen & Geräte	Chemischer Rohstoff	Roh-stahl	Langfrist-Stromspeicher	
C	Langstrecken-flüge*	Küsten- & Binnenschifffahrt	Entlegener Zugverkehr	Oldtimer-Fahrzeuge*	Dezentrale Methanisierung	
D	Mittelstrecken-flüge*	Fernverkehr-Lkw und Reisebusse	Industrielle Hoch-temperatur-Wärme	Strom-erzeugung		
E	Kurzstrecken-flüge	Lokale Fähren	Gewerbliche Raumwärme	Insel-netze	Grüner Energieimport	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
F	Leicht-Flugzeuge	Ländlicher Zugverkehr	Lkw Verteiler-verkehr	Industrielle Niedertemp.-Wärme	Wohnraum-wärme	
G	U-Bahnen & Stadtbusse	Brennstoff-zellen-Pkw	Stadtliefer-wägen	Zwei- und Dreiräder	Massenproduk-tion von E-Fuels	Regel-leistung

Unwirtschaftlich

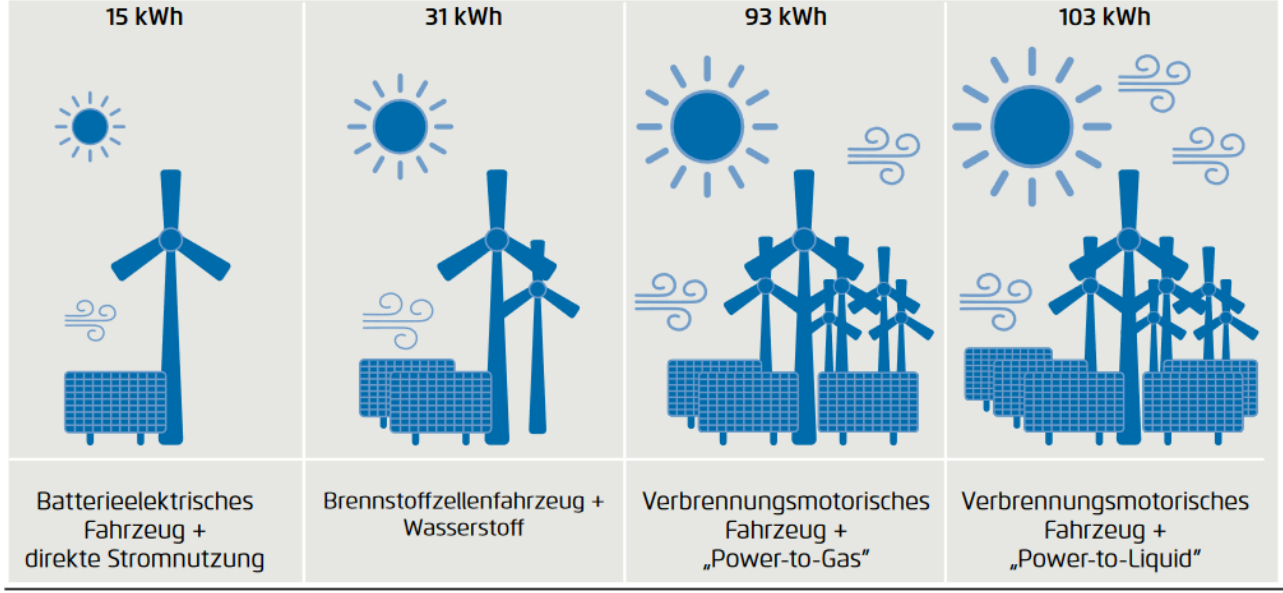
* Sehr wahrscheinlich in Form von mittels Wasserstoff erzeugten E-Fuels oder Ammoniak.

Quelle: Gregor Hagedorn, Wolf-Peter Schill & Martin Kittel, based on Michael Liebreich/Liebreich Associates, Clean Hydrogen Ladder, Version 4.1, 2021. Concept credit: Adrian Hiel, Energy Cities

ROLLE DES WASSERSTOFFS IN DER ENERGIEWENDE

I Wasserstoff im PKW?

Strombedarf aus erneuerbaren Energien für verschiedene Antriebs- und Kraftstoffkombinationen (pro 100 km)



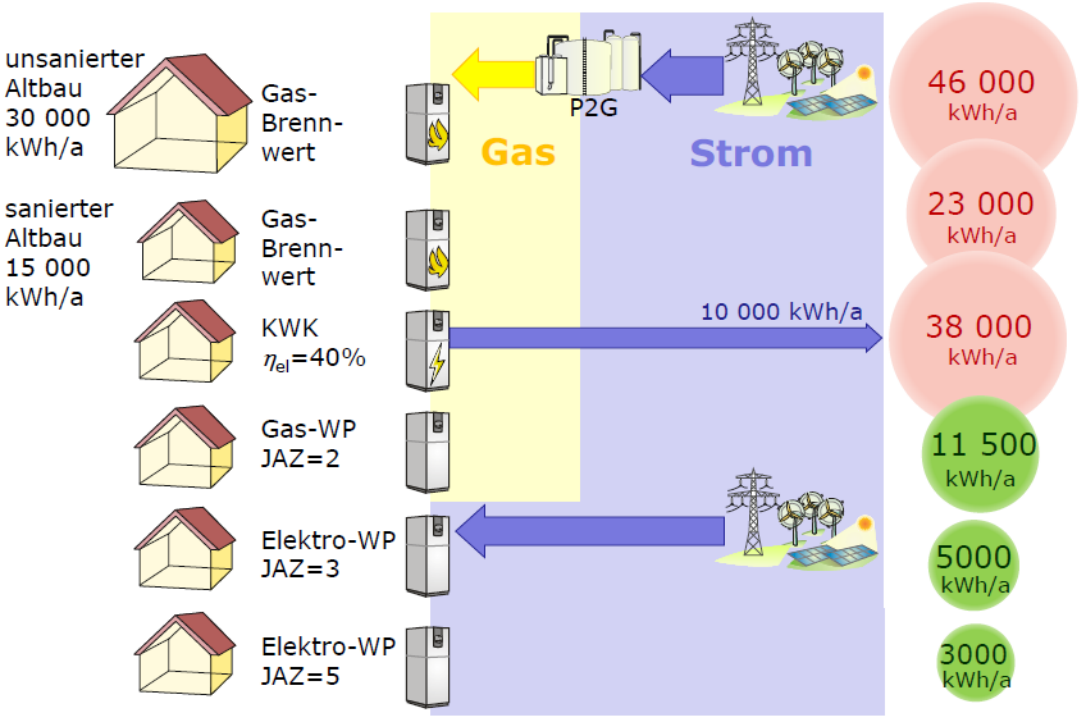
70 % 25-34 % 11 %

Quelle: https://www.greenpeace.de/publikationen/kurzstudie_kraftstoffe_verkehrswende.pdf.
Bildquelle: Agora Verkehrswende 2017 auf Basis von DLR/ifeu/LBST/DFZ 2015

ROLLE DES WASSERSTOFFS IN DER ENERGIEWENDE

I Wasserstoff für Hausheizungen

I Strombedarf von strombasierten regenerativen Wärmeversorgungssystemen



⇒ **H_2 kann Öl und Gas nicht ersetzen**

⇒ Energetische Sanierungs-maßnahmen

⇒ Austausch durch Wärmepumpen

Quaschning, V., 2016, SEKTORKOPPLUNG DURCH DIE ENERGIEWENDE

ROLLE DES WASSERSTOFFS IN DER ENERGIEWENDE

I Wasserstoff zur Stahlherstellung

I Konventionelle Stahlerzeugung:
Eisenerz + Kohle => Roheisen + Kohlendioxid

I Grüner Stahl:
Eisenerz + Wasserstoff => Roheisen + Wasser

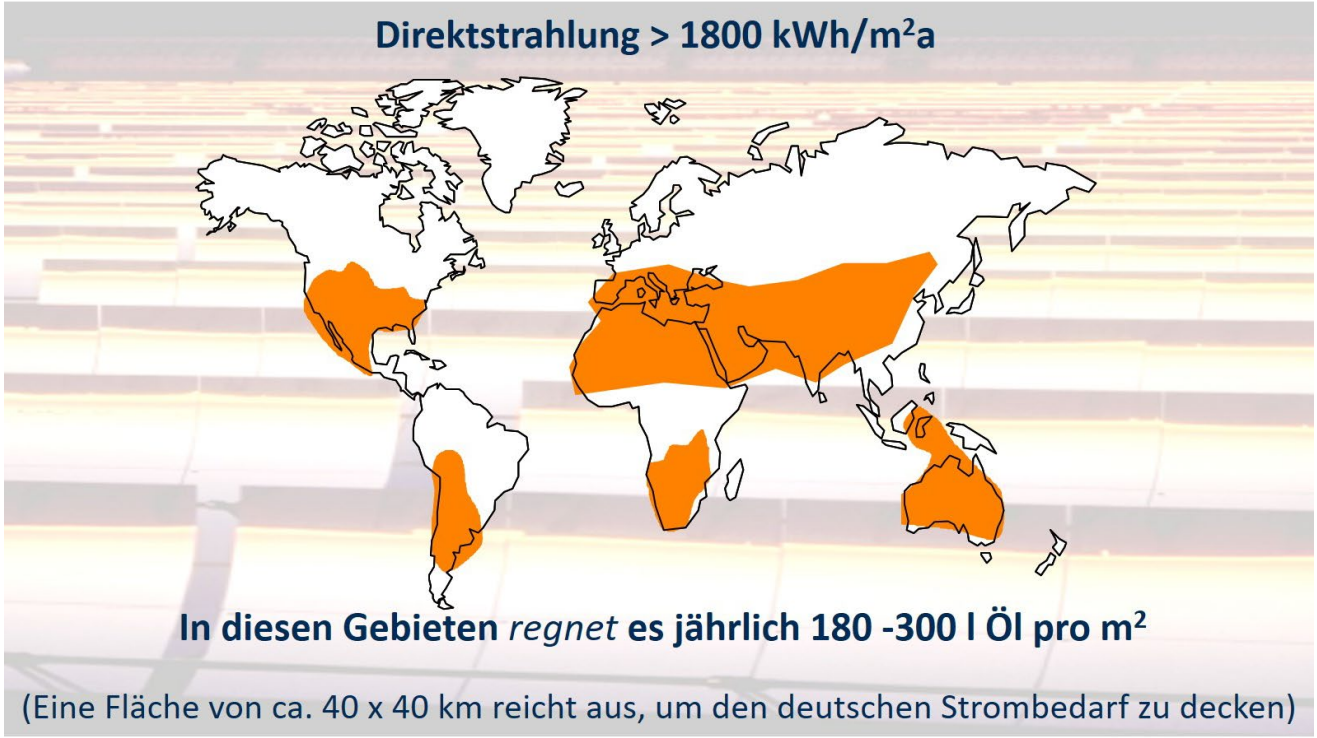
⇒ 4 % der CO_2-Emissonen kommen aus der Stahlerzeugung

⇒ Bei der konventionellen Stahlerzeugung gibt es prozessbedingte CO_2-Erzeugung, selbst wenn der Hochofen mit erneuerbaren Energien beheizt wird!

⇒ **Hier ist ein Umstieg auf grünen Wasserstoff dringend erforderlich!**

ROLLE DES WASSERSTOFFS IN DER ENERGIEWENDE

I Wasserstoff-Import



Ann. gleicher Energiestandard

⇒ ca. 50% Import erforderlich

⇒ z.B. 500 GW in Marokko alleine für dt. H2-Bedarf (3% der Landfläche)

⇒ Namibia Absichtserklärung – deckt nicht mal 1 % des dt. Bedarfs

Quelle: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

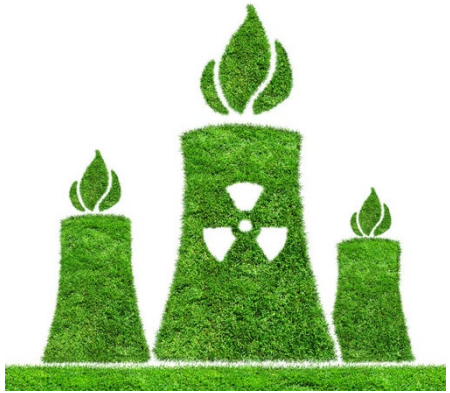
KLIMANEUTRAL BIS 2045

Fazit

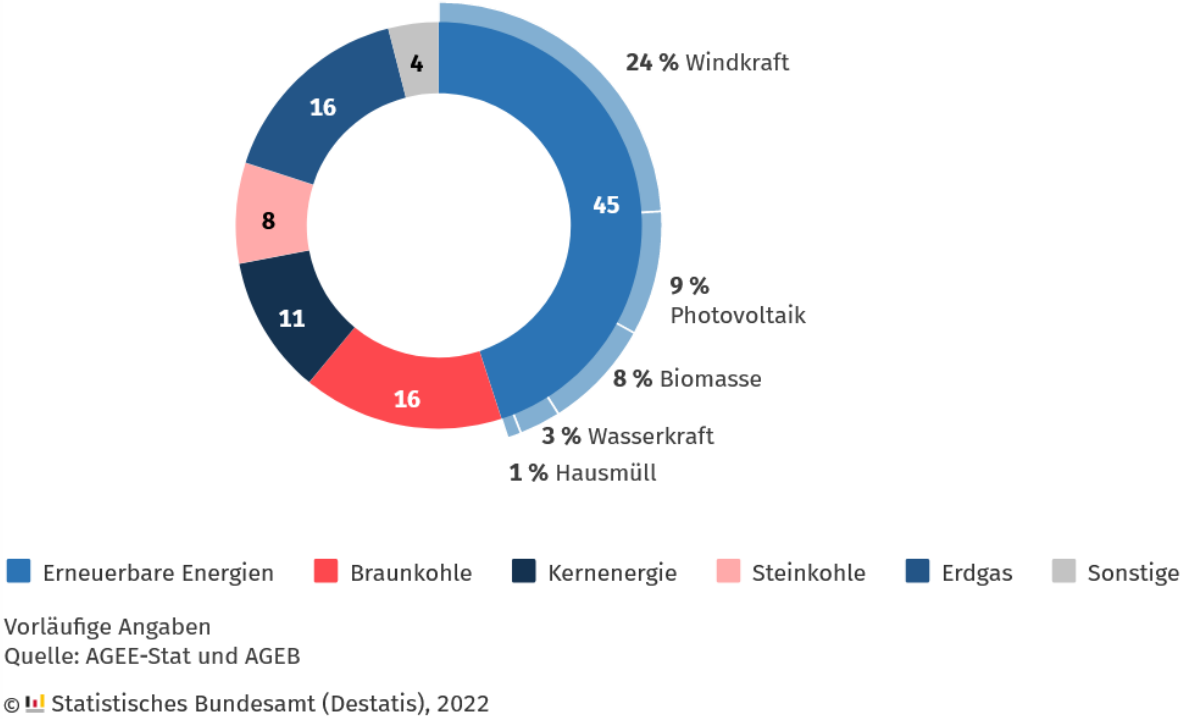
- Ein schlichtes „weiter so“ ist nicht möglich => müssen alle Bereiche der Nachhaltigkeit voranbringen
- Ziel der Bundesregierung – Klimaneutralität bis 2045 – ist technisch machbar und umsetzbar
- ABER: **1,5 °C Ziel kann nicht mehr erreicht werden**
- Sektorenkopplung wesentlich für Mobilitäts- und Wärmewende
- Wasserstoff ist ein wichtiger Baustein der Energiewende => aber nur dort einsetzen, wo es keine Alternativen gibt
- Import von Wasserstoff mittel- bis langfristig erforderlich

⇒ Ziele müssen noch ambitionierter werden
⇒ Effizienz und Suffizienz weiter ausbauen

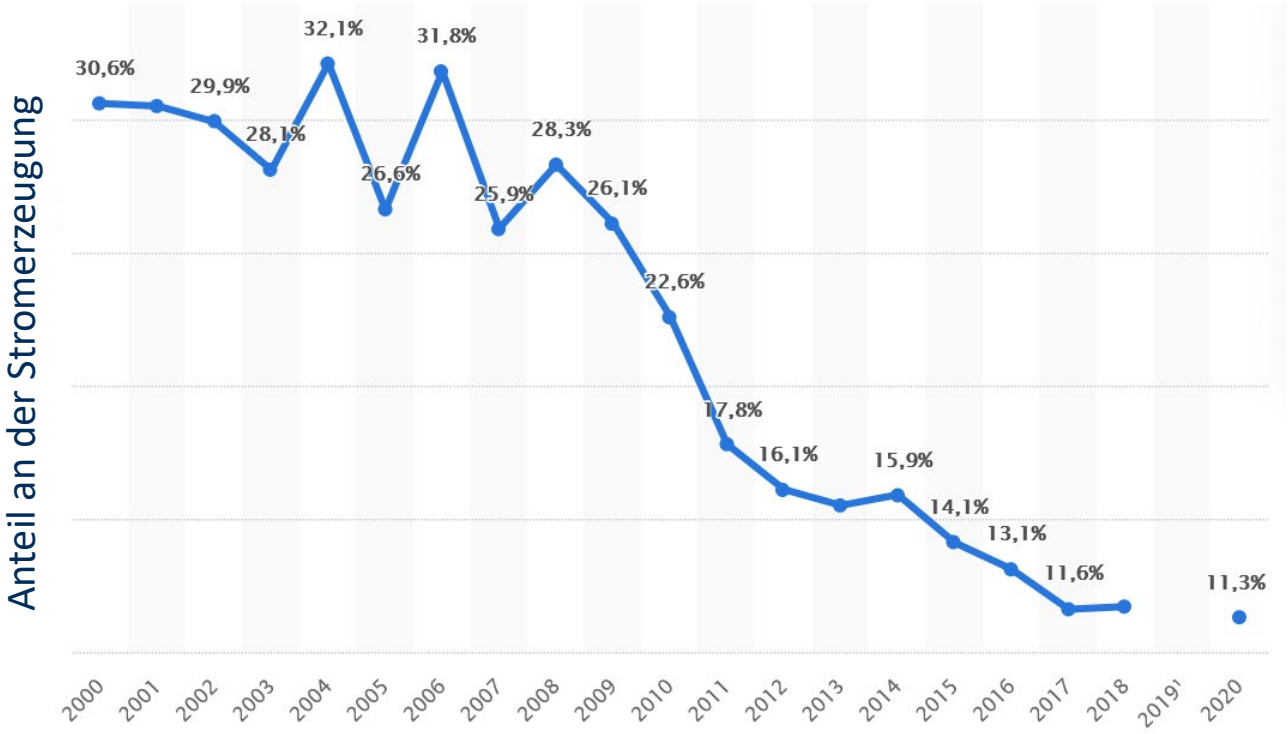
IST ATOMSTROM GRÜNER STROM UND BRAUCHEN WIR IHN FÜR DIE ENERGIEWENDE WIRKLICH ?



Quelle: imago images/chekman

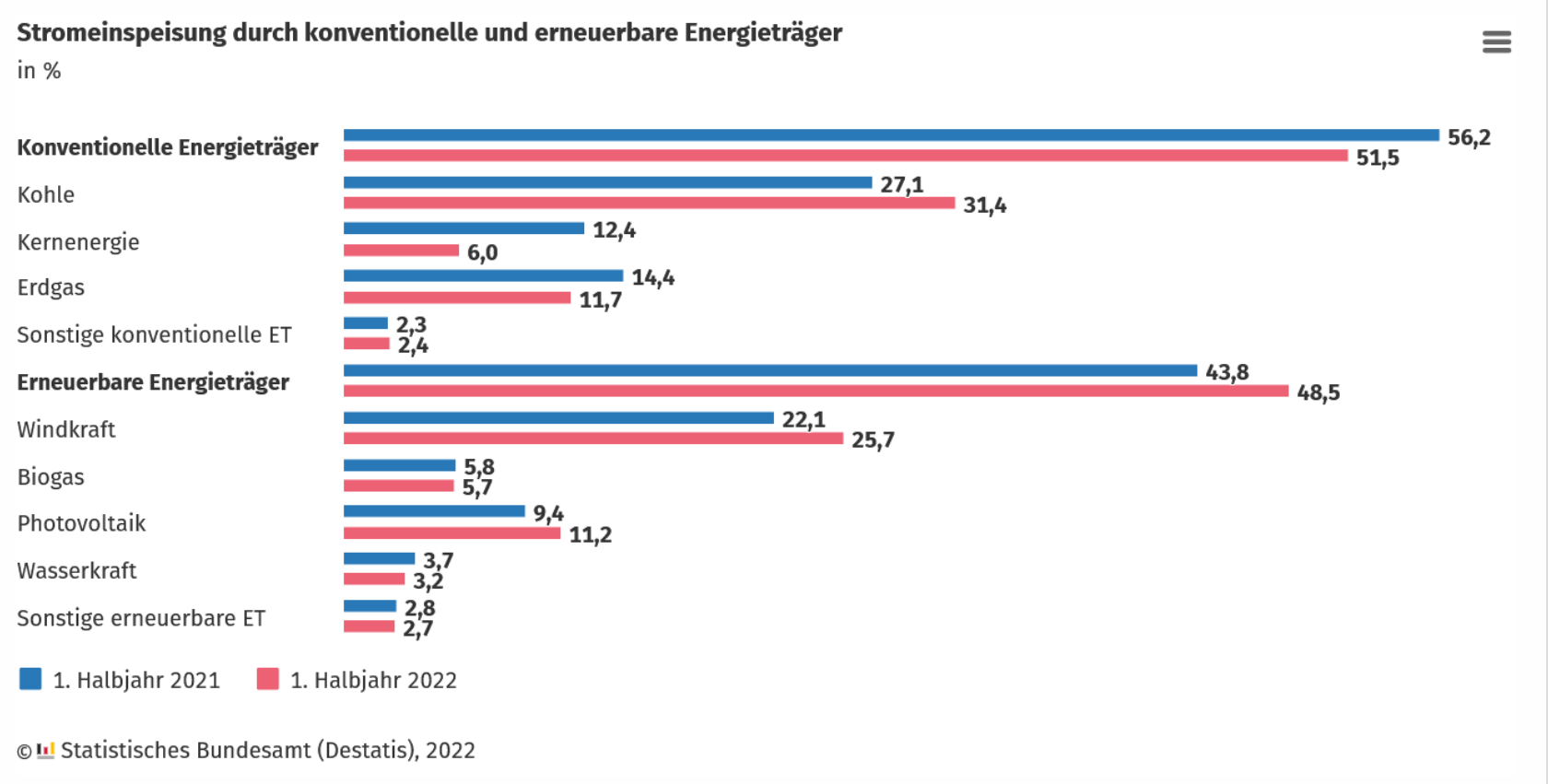


ANTEIL DER KERNENERGIE AN DER STROMERZEUGUNG IN DEUTSCHLAND IN DEN JAHREN 2000 BIS 2020



Quelle: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/29295/umfrage/anteil-der-atomenergie-an-der-stromerzeugung-in-deutschland/

ANTEIL DER KERNENERGIE AN DER STROMERZEUGUNG IN DEUTSCHLAND 2022



FAKTEN ZUR KERNENERGIE

- Anteil der Stromerzeugung aus AKWs in D 2022 ca. 6 %
- Anteil an der gesamten Endenergie in D unter 3 %
  $\Rightarrow$ in den Spitzenzeiten der AKW-Nutzung in D in den 1990er Jahren ca. 6 %
- Spitzenreiter ist Frankreich mit ca. 70 % Atomstrom, aber nur 24 % Anteil an der gesamten Endenergie
- Weltweit sind 2022 441 AKWs in 33 Ländern am Netz, das bedeutet ca. 10 % des Stroms bzw. 2-3 % der Gesamtenergie kommen aus AKWs
- 2020 waren 25 AKW mehr am Netz als vor 25 Jahren

FAKTEN ZUR KERNENERGIE

- Problem: **lange Bauzeiten, hohe Kosten**

  - Beispiel: Finnland AKW geplant 2003, Baubeginn 2005,
    geplanter Start 2011, kalkuliert 3 Mrd. €
    Start Ende 2021, Kosten 10 Mrd. €

  - Beispiel: Frankeich AKW geplant 2004, Baubeginn 2005,
    geplanter Start 2012, kalkuliert 3,3 Mrd. €
    geplanter Start jetzt 2023, Kosten 19 Mrd. €

FAKTEN ZUR KERNENERGIE

- Problem: **lange Bauzeiten, hohe Kosten**

  - Beispiel: England zwei AKW im Bau, Kosten 29 Mrd. € garantierte Einspeisevergütung 11 ct/kWh auf 35 Jahre inkl. Inflationsausgleich, doppelt so hoch wie der Strompreis an der Börse vor dem Ukrainekrieg

  - Beispiel: China 16 AKW am Netz, geplant 30 in 10 Jahren Aber: im letzten Jahr 48 GW an PV und 72 GW an Windenergie neu gebaut. **Das entspricht einer Leistung von mehr als 25 AKWs aus Erneuerbaren Energien allein in einem Jahr!**

FAKTEN ZUR KERNENERGIE

- **Kosten - Ertragsvergleich**

- Atomkraftwerk Frankreich (2023):
  - **Kosten: 19 Mrd. €** (ohne Entsorgung und Beschaffung)
  - Stromerzeugung pro Jahr:
  - 1,6 GW · 8000 h = **12.800 GWh**

- 38 GW Photovoltaik (D) 2022
  - **Kosten: 19 Mrd. €**
  - Stromerzeugung pro Jahr:
  - 38 GW · 1000 h = **38.000 GWh**

FAKTEN ZUR KERNENERGIE

Die im Brennelemente-Zwischenlager Gorleben (BZG) aufbewahrten hochradioaktiven Abfälle entwickeln noch Wärme und müssen deshalb **mehrere Jahrzehnte abkühlen**, bevor sie an ein Endlager abgegeben werden können

Quelle: BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH

FAKTEN ZUR KERNENERGIE

- Problem: **Uran ist keine unendliche Quelle**

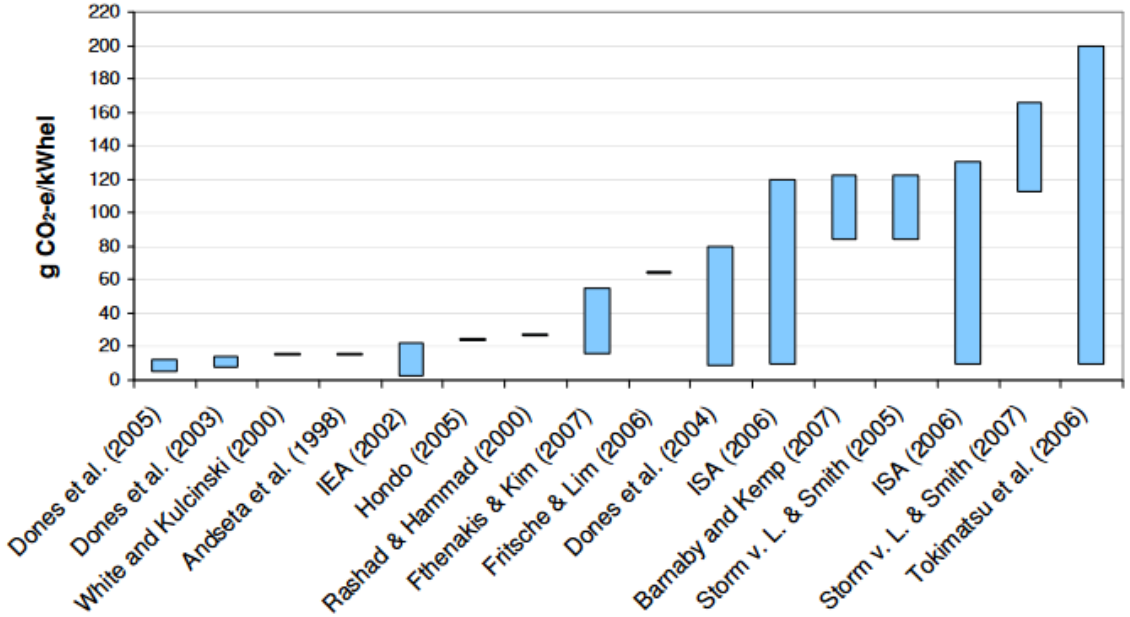
- Reserven ca. 24 Jahre *)
- Ressourcen ca. 233 Jahre *)
- Aber: Wenn man den Anteil von Atomstrom auf 50 % der Gesamtstromerzeugung hochfahren würde, wären alle Reserven und Ressourcen in ca. 13 Jahren verbraucht. Steigt der Energiebedarf wie prognostiziert, dann in 10 Jahren.
- Wenn der Anteil von spaltbarem Uran im Erz unter 0,01 % sinkt, wird die Energiebilanz negativ.
- In Studien gibt es sehr unterschiedliche Angaben wieviel g CO_2 pro kWh_{el}. angesetzt werden muss. Insbesondere ist ja der Energiebedarf für die noch offene Lösung für die Zwischen – und Endlagerung nicht vernünftig quantifizierbar.

*) bei aktuellem Anteil an der Stromerzeugung

FAKTEN ZUR KERNENERGIE

I Ist Atomstrom CO_2-neutral?

Treibhausgasintensität der nuklearen Brennstoffkette – Vergleich der Bandbreiten verschiedener Studien (Min - Max):



Eine seriöse Berechnung der Treibhausgasemissionen von Atomstrom ist aufgrund der ungeklärten Frage der Endlagerung nicht möglich. Man spricht hier von „Ewigkeitskosten“

Quelle: Energiebilanz der Nuklearindustrie, Wien 2011

FAKTEN ZUR KERNENERGIE

- **Ist Atomstrom CO_2-neutral?**

Gründe für Abweichung der Werte für Treibhausgasintensität der nuklearen Brennstoffkette

- Gewinnung des Uranerz ist mit unterschiedlich aufwändigen Verfahren möglich, dadurch auch unterschiedliche Aufwände des Clean-Up
- Aufwand der Aufbereitung der Brennelemente steigt wenn die Konzentration sinkt
- **In allen Studien liegt aber der Wert für g CO_2 / kWh_{el} über dem der Erneuerbaren**
- Reaktoren der 4.ten Generation sind keine Lösung

- Was sind die Gründe, dass man heute ein Kraftwerk baut, dessen Betriebsdauer auf 40 Jahre ausgelegt ist, und der Brennstoff hierfür gar nicht so lange reicht ?

THESE: WAS HABEN DIESE LÄNDER GEMEINSAM ?

England

Frankreich

China

https://de.wikipedia.org/wiki/Kernkraftwerk

Indien

Russland

USA

THESE: WAS HABEN DIESE LÄNDER GEMEINSAM ? DIE BOMBE !

England

Frankreich

China

Indien

Russland

https://de.dreamstime.com/atombombe-explosion-atompilz-image116201527

USA

IST ATOMSTROM GRÜNER STROM UND BRAUCHEN WIR IHN WIRKLICH ?

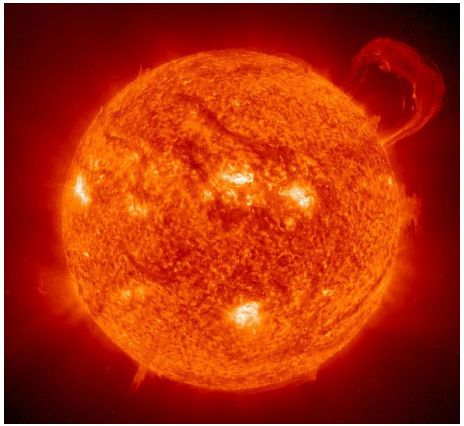
- *Ist Atomstrom grüner Strom ?*
  - NEIN! Die Treibhausgasintensität liegt in allen Studien über der von Erneuerbaren Energien. AKWs sind nicht CO_2-neutral !
    Die Herstellung von Brennstäben ist energieintensiv !
    Energiebedarf für die Zwischen – und Endlagerung groß und ungeklärt.

- *Und brauchen wir AKWs um die Energiewende zu schaffen ?*
  - NEIN! Der Anteil der Stromerzeugung aus AKWs liegt aktuell weltweit bei ca. 10 %.
    Der Neubau von AKWs dauert extrem lang => würde für das 1,5°- Ziel nichts mehr bringen.
    Atomstrom ist deutlich teurer als Strom aus EE.
    Uranreserven sind begrenzt.
    Keine Lösung für die Endlagerung vorhanden.

ENERGIEWENDE: WIE ?

Was tun?

Nutzen wir noch mehr Atomenergie !

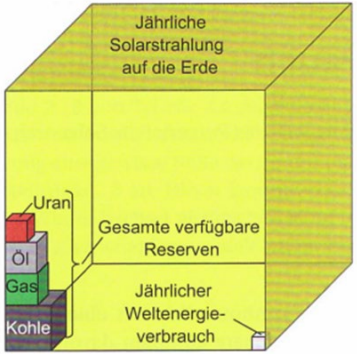


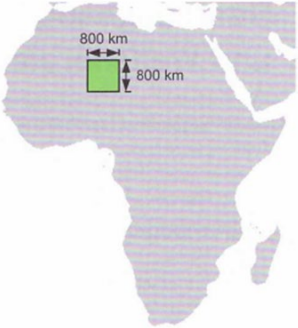
Quelle: wissenschaft-im-dialog.de

Sonnenenergie!

Nutzung von Sonnenergie ist Nutzung von nuklear erzeugter Energie, nur dass der Reaktor 155 Millionen Kilometer weit weg steht

POTENTIAL DER SONNENENERGIE





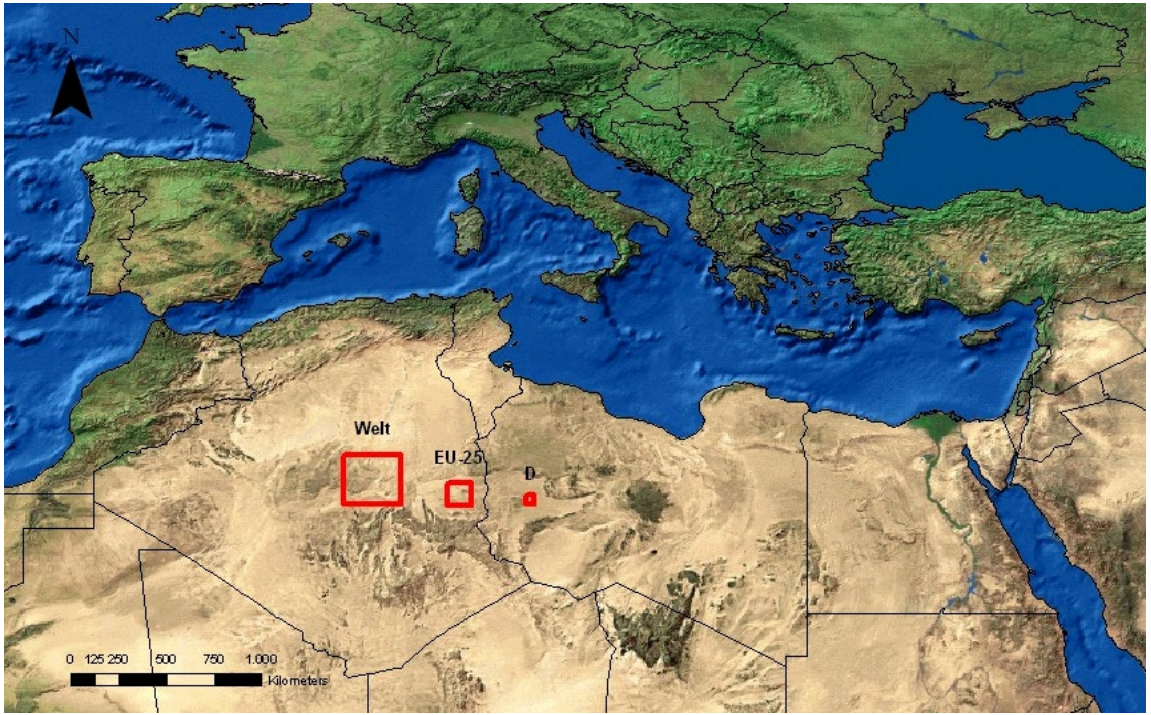
Quelle: K. Mertens: Photovoltaik

Die Sonne liefert täglich den derzeitigen Weltenergiebedarf von acht Jahren

POTENTIAL DER SONNENENERGIE

HOCHSCHULE ESSLINGEN

I Benötigte Wüstenfläche für den Strombedarf der Welt, der EU-25 und von Deutschland



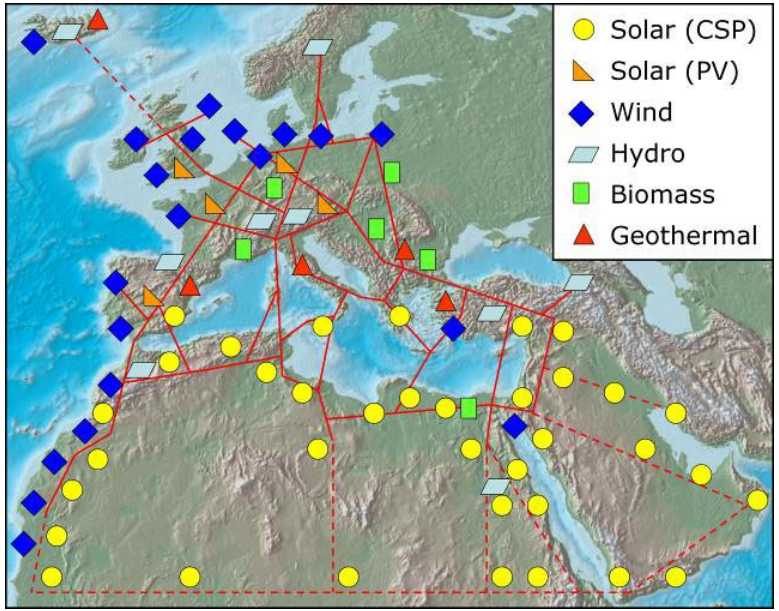
DESERTEC VISION

- Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ)-Stromautobahnen verbinden gute Produktionsstandorte mit großen Verbrauchszentren

TREC
Clean Power from the Deserts
Trans-Mediterranean
Renewable Energy Cooperation
In conjunction with The Club of Rome

THE CLUB OF ROME

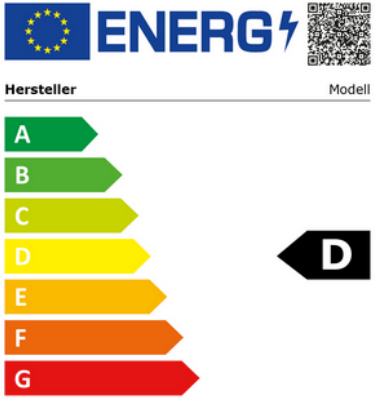
DESERTEC FOUNDATION



Quelle: http://www.desertec.org

ENERGIEWENDE – WIE ?

- Welchen Beitrag können wir leisten?
  - Verbrauch senken bzw. optimieren
  - „Die beste Energie ist die, die nicht verbraucht wird“
  - Umstieg auf regenerative Energieerzeugung und Elektromobilität



Quelle: energieexpress.eu

BEISPIEL: KOCHEN VON 1 KG TIEFKÜHLSPINAT

- „Kulinarische Thermodynamik“

- $m = 1\ kg$, $T_1 = -18^\circ C$, $T_2 = 85^\circ C$

1. Direkt aus dem Gefrierschrank

- $Q = m * c_p * \Delta T_1 + m * \Delta h + m * c_p * \Delta T_2$
- $Q = 1\ kg * 4{,}2\ kJ/(kg\ K) * 18\ K + 1\ kg * 333\ kJ/kg + 1\ kg * 4{,}2\ kJ/(kg\ K) * 85\ K$
- $Q = 765\ kJ = 0{,}212\ kWh$ | $\eta = 0{,}55$ | $Q^* = 0{,}386\ kWh$
- Strommix: $0{,}537\ kg\ CO_2 / kWh$ $Q^* \approx 0{,}207\ kg\ CO_2$

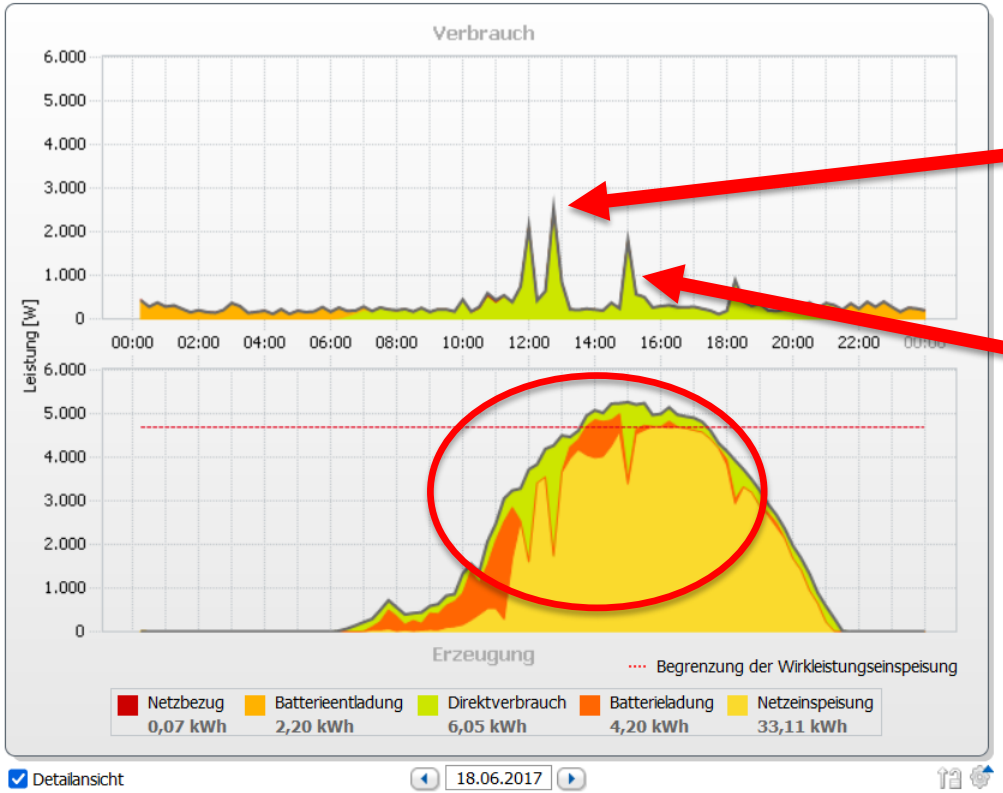
2. Aufgetaut

- $Q = m * c_p * \Delta T$
- $Q = 1\ kg * 4{,}2\ kJ/(kg\ K) * 65\ K$
- $Q = 273\ kJ = 0{,}076\ kWh$ | $\eta = 0{,}55$ | $Q^* = 0{,}138\ kWh$
- Strommix: $0{,}537\ kg\ CO_2 / kWh$ $Q^* \approx 0{,}074\ kg\ CO_2$

Reduktion des Stromverbrauchs und damit des CO_2 **auf ein Drittel**

ENERGIEWENDE – WIE ?

I Verbraucher in Zeiten hoher EE-erzeugung nutzen



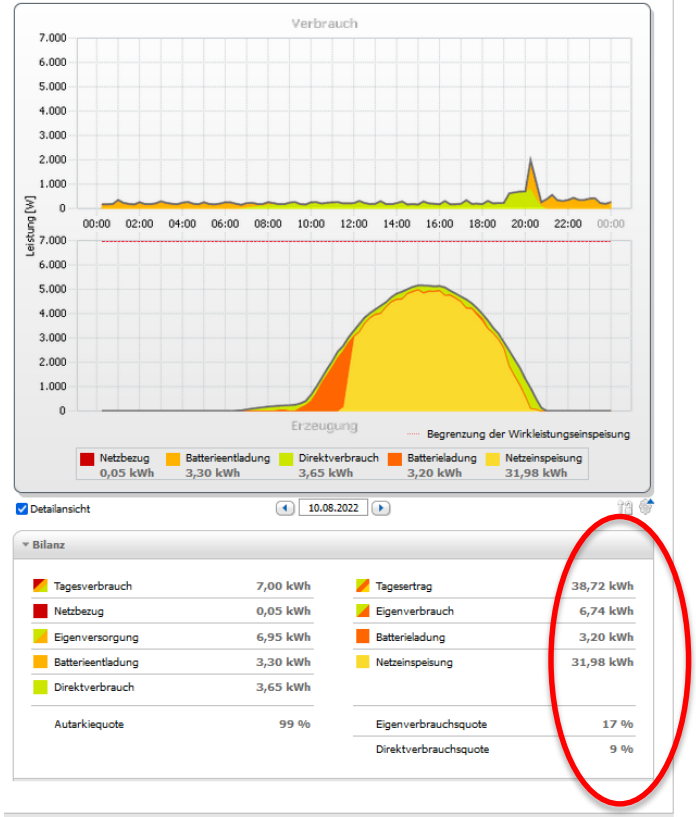
Quelle: Bauknecht

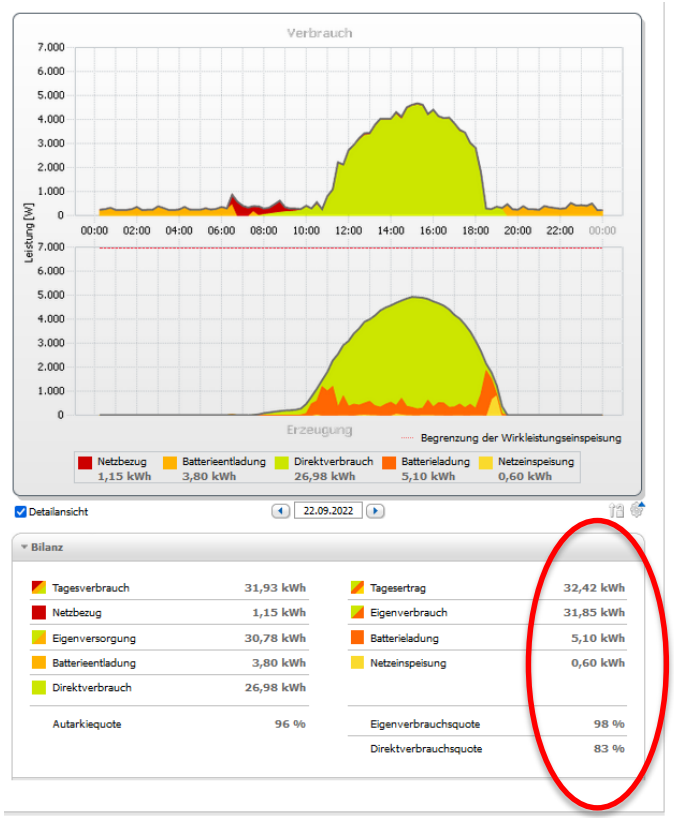
Quelle: Siemens

ENERGIEWENDE – WIE ?

I Sektorkopplung ! Strom - Mobilität

vorher





nachher

ENERGIEWENDE – WIE ?

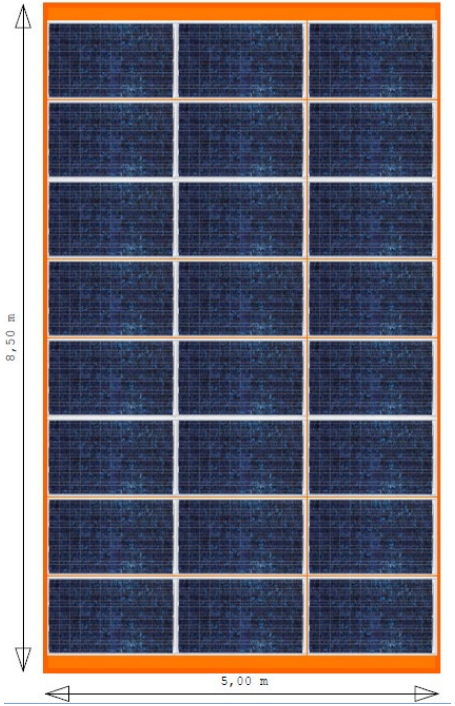
I Umstieg auf erneuerbare Energieerzeugung

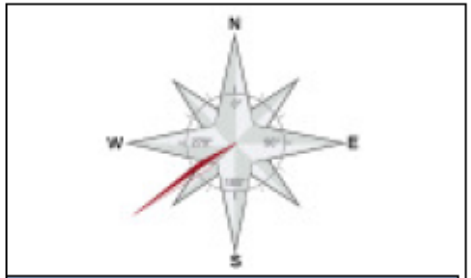
- Studie HTW: bis 2030 490 GW neue PV-Anlagen
- Beispiel EFH:
  - März 2017: 6,7 kWp PV-Anlage mit 6,5 kWh Batteriespeicher
  - November 2017: Austausch der ÖL-Zentralheizung durch Pelletheizung und Brauchwasserwärmepumpe

Quelle: maps.google.de

ENERGIEWENDE – WIE ?

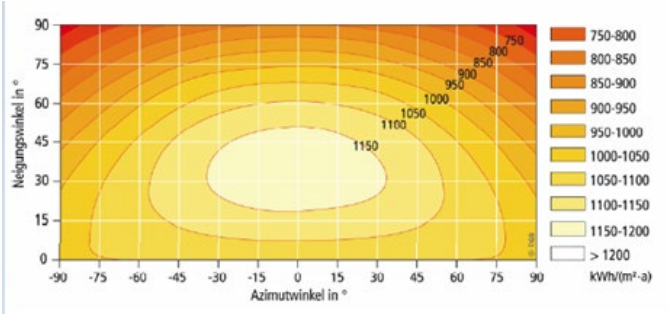
I Beispielanlage





PV-Generatordaten	
Anzahl PV-Module:	24
Typ:	Heckert M 280 NeMo 60M
Modulneigung:	35°
Ausrichtung des PV-Generators:	235°
Nennleistung:	6,72kWp
Schneelastzone (Schneelast am Boden):	2 (1,39kN/m²)
Schneelast am Dach:	0,93 kN/m²
Windlastzone:	1 (-1kN/m²)
Dachnotizen	

Quelle: maps.google.de



Quelle: V. Quaschning

24 Module; 1,64m*0,991m; η = 17,2%

ENERGIEWENDE WIE?

I Beispielanlage – **CO_2-Bilanz**

2017: I 2500 ltr. Heizöl: 27250 kWh * 0,28 kg CO_2 / kWh = 7, 63 to. CO_2
I 1000 kWh Netzbezug (EnBW) = 0,537 to. CO_2
I 4000 kWh Einspeisung entspr. Vermeidung von 2,15 to. CO_2
I Gesamtbilanz Haushalt (ohne Mobilität):
6,02 to. CO_2 (3,01 to. CO_2 / Person)

Quelle: istockfoto.com

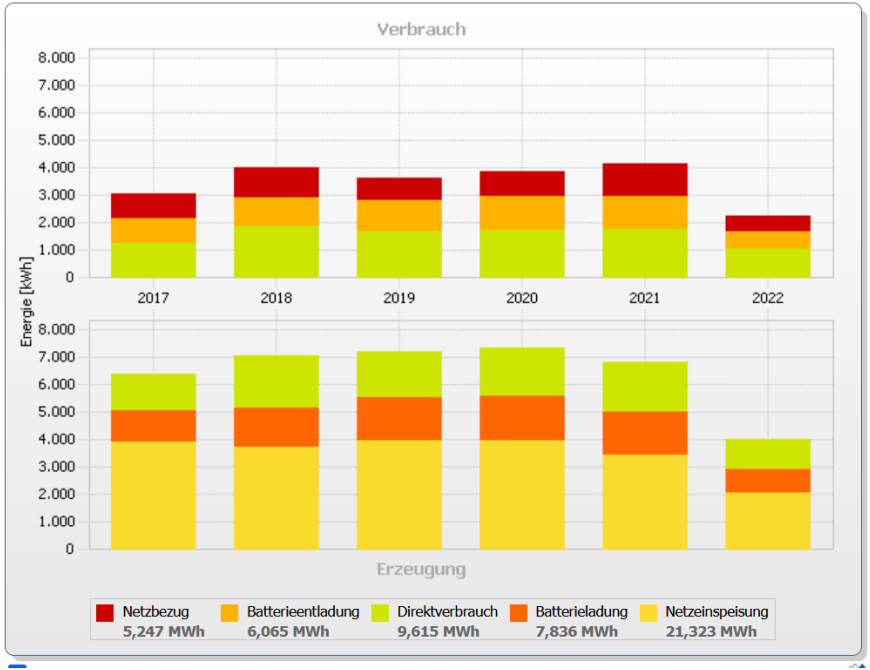
2018: I 4,3 to Pellets: 4300 kg * 0,00 kg CO_2 /kg = 0,00 to. CO_2
I 1000 kWh Ökostrom (EW Schönau) 0,00 to. CO_2
I 3800 kWh Einspeisung entspr. Vermeidung von 2,04 to. CO_2
I Gesamtbilanz Haushalt (ohne Mobilität):
-2,04 to. CO_2 (-1,02 to. CO_2 / Person)

Quelle: sonnenseite

Pellet: 0,023 kg CO_2 / kWh => 0,474 kg CO_2 bei 4,3 to.
Gesamtbilanz dann: -1,566 to. bzw. -0,783 to. pro Person

ENERGIEWENDE WIE?

I Beispielanlage – **Bilanz 2017 - 2022**



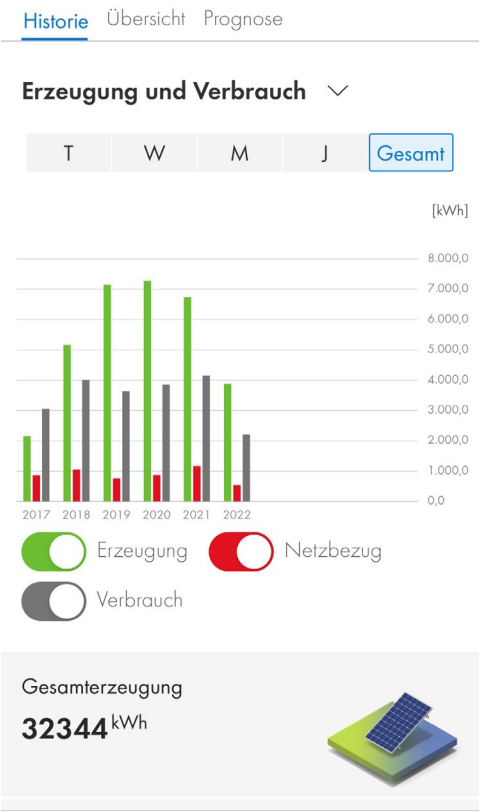
Bilanz

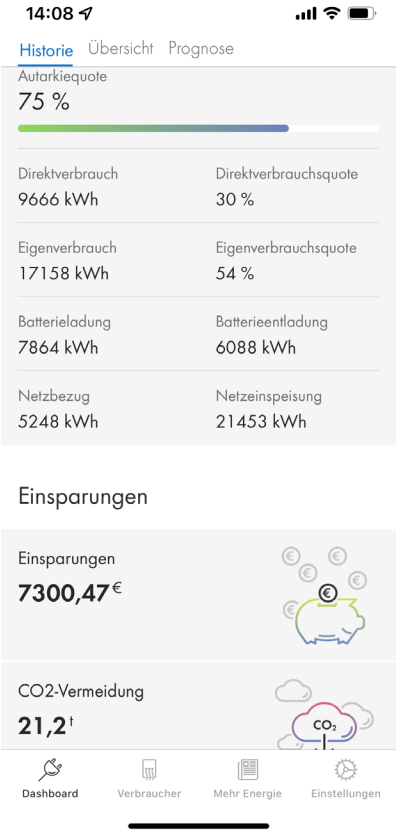
Gesamtverbrauch	20,927 MWh	Gesamtertrag	32,428 MWh
Netzbezug	5,247 MWh	Eigenverbrauch	17,080 MWh
Eigenversorgung	15,681 MWh	Batterieladung	7,836 MWh
Batterieentladung	6,065 MWh	Netzeinspeisung	21,323 MWh
Direktverbrauch	9,615 MWh		
Autarkiequote	75 %	Eigenverbrauchsquote	54 %
		Direktverbrauchsquote	31 %

Quelle: maps.google.de

ENERGIEWENDE WIE?

I Beispielanlage – **Bilanz 2017 - 2022**





Quelle: maps.google.de

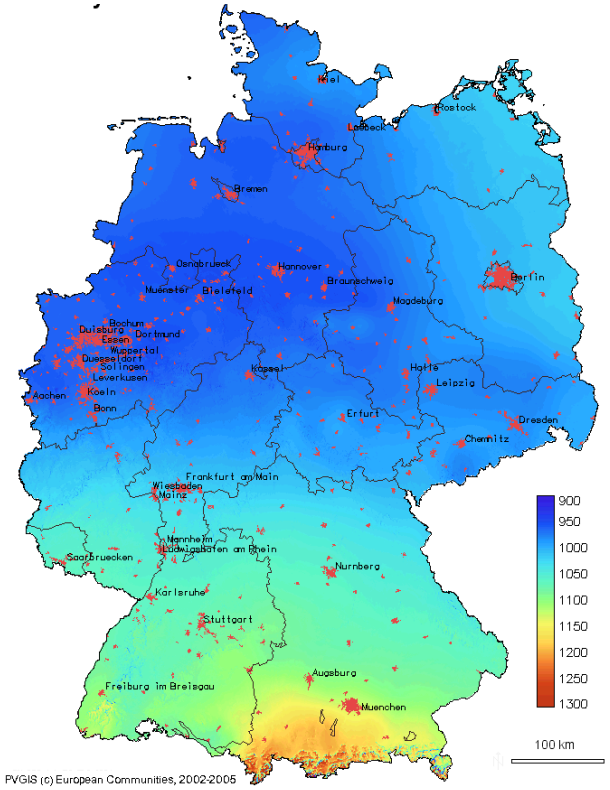
ENERGIEWENDE WIE?

I Potential

I Umstieg auf erneuerbare Energieerzeugung

I Haben wir das Potential ?

I PV-Potential:
  I Beispiel Bempflingen
  I Beispiel Göppingen



ENERGIEWENDE WIE?

I PV-Potential Bempflingen

Dächer Ost – Süd – West Ausrichtung

ENERGIEWENDE WIE?

I PV-Potential Bempflingen

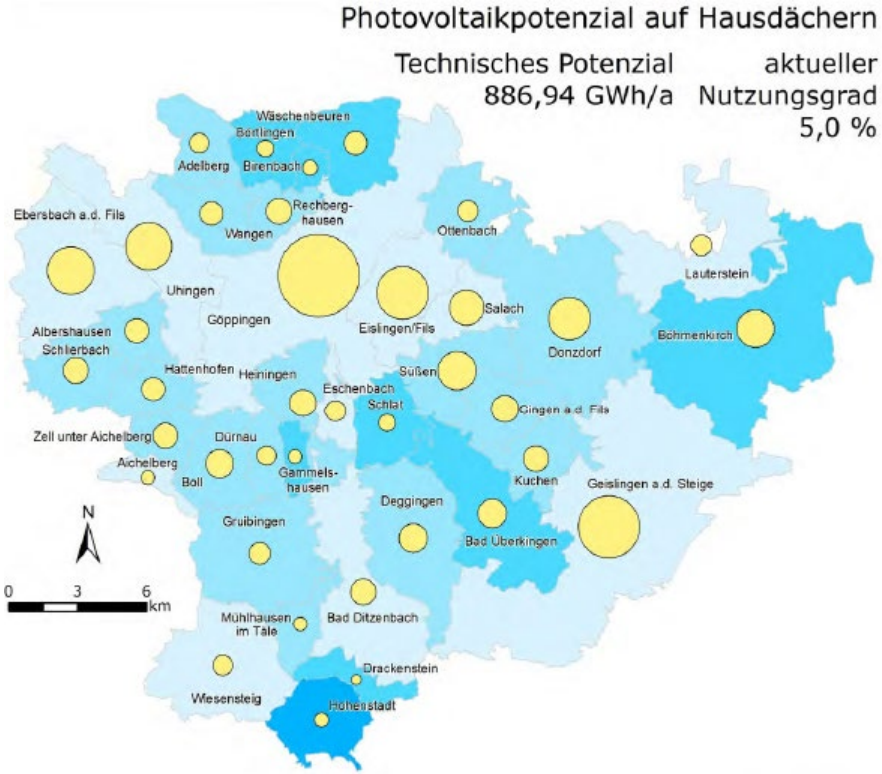
I Anzahl Häuser: 975	Einwohner: 3400
Südausrichtung	Ost-West-Ausrichtung
I E_{glob} = 1200 kWh/m² a	E_{glob} = 975 kWh/m² a
I A = 35538 m²	A = 72134 m²
I Installierbare Leistung:	
I 7.100 kWp	14.400 kWp
I Energiepotential:	
I 7.242.000 kWh/a	11.968.000 kWh/a
I Gesamt: 19.210.000 kWh/a	**5.650 kWh/a pro Einwohner**

Quelle: bempflingen.de

Quelle: pixabay

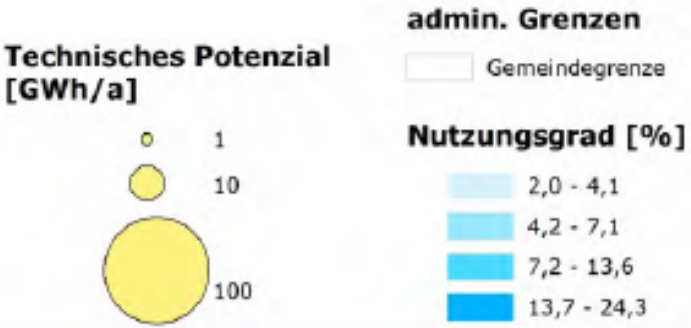
ENERGIEWENDE WIE?

I PV-Potential Landkreis Göppingen



Strombedarf Haushalte: 327 GWh/a
Gesamt 1200 GWh/a

Ausschöpfung des Einsparpotentials:
Haushalte: 137 GWh/a
Gesamt 700 GWh/a

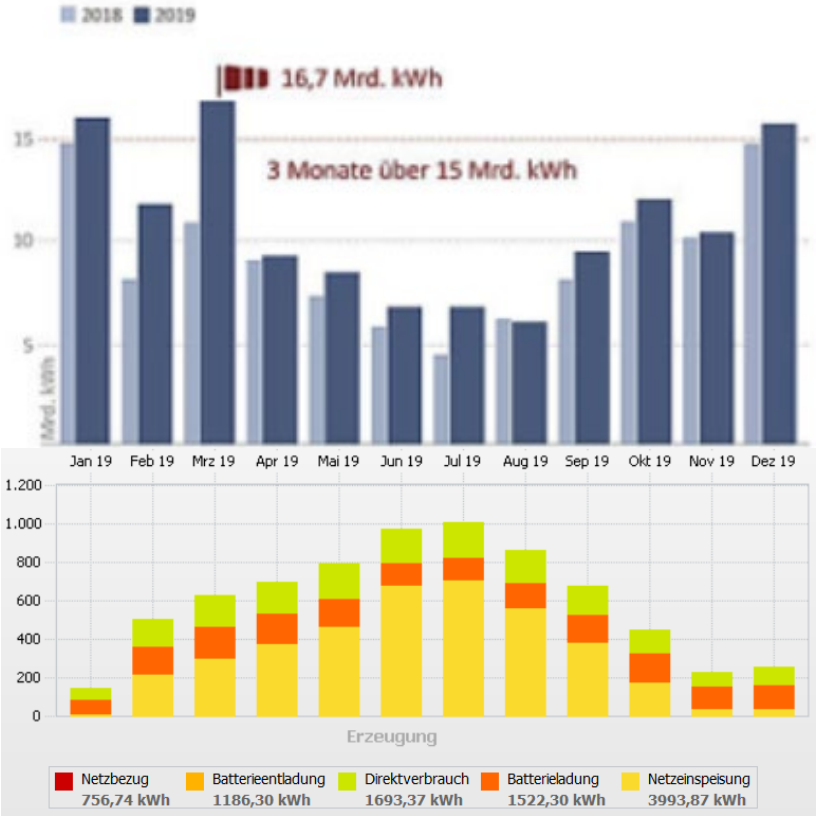


Quelle: Klimaschutzkonzept Landkreis Göppingen

ENERGIEWENDE WIE?

I Ergänzung von Windkraft und PV

Quelle: energieexpress.eu



Quelle: Bundesverband Windenergie e.V.

ENERGIEWENDE – JA !

- Schlüssel, damit die Energiewende erreicht werden kann, sind neben dem **Ausbau der erneuerbaren Energien** auch die **Senkung des Verbrauchs** und die **Sektorkopplung** sowie **Ausbau der Übertragungsnetzte** und **Speicherzubau**.
- Ein weiterer wichtiger Baustein ist der Ausbau der **Elektromobilität** (**Ladeinfrastruktur**) und die Erzeugung und Nutzung von **Wasserstoff**.
- Einsatz von **Brennstoffzellen** und **E-Fuels nicht im PKW-Sektor**.
- **Transformation des Wärmesektors,** weg von fossilen Brennstoffen. **Wärmepumpen** auch im Bestand.
- **Die Laufzeitverlängerung bestehender AKWs** oder gar der **Neubau** sind für die Energiewende **nicht notwendig.** Die Herstellung neuer Brennstäbe ist sehr (energie-)intensiv und müssten dann für viele Jahre genutzt werden. **Zwischen- und Endlagerung energieintensiv bzw. ungeklärt.**
- **Verfahren** zum Bau neuer **Erzeugungsanlagen und Übertragungstrecken** müssen **schlanker** und sehr viel **schneller** werden.
- Es wird nicht ohne **neue Abhängigkeiten** gehen.

ENERGIEWENDE – JA !

- Energiewende ist machbar! Wer sagt, das geht nicht, soll an die Hummel denken.

- Die Hummel hat eine Flügelfläche von 0,7 Quadratzentimeter, bei 1,2 Gramm Gewicht.
- Nach den bekannten Gesetzen der Flugtechnik ist es unmöglich, bei diesem Verhältnis zu fliegen.

- **Die Hummel weiß das nicht. Sie fliegt einfach.**

KONTAKTDATEN

Hochschule Esslingen - Campus Göppingen
Robert-Bosch-Str. 1
73037 Göppingen

Prof. Dipl.-Ing. Doerte Laing-Nepustil
doerte.laing-nepustil@hs-esslingen.de

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Nepustil
ulrich.nepustil@hs-esslingen.de