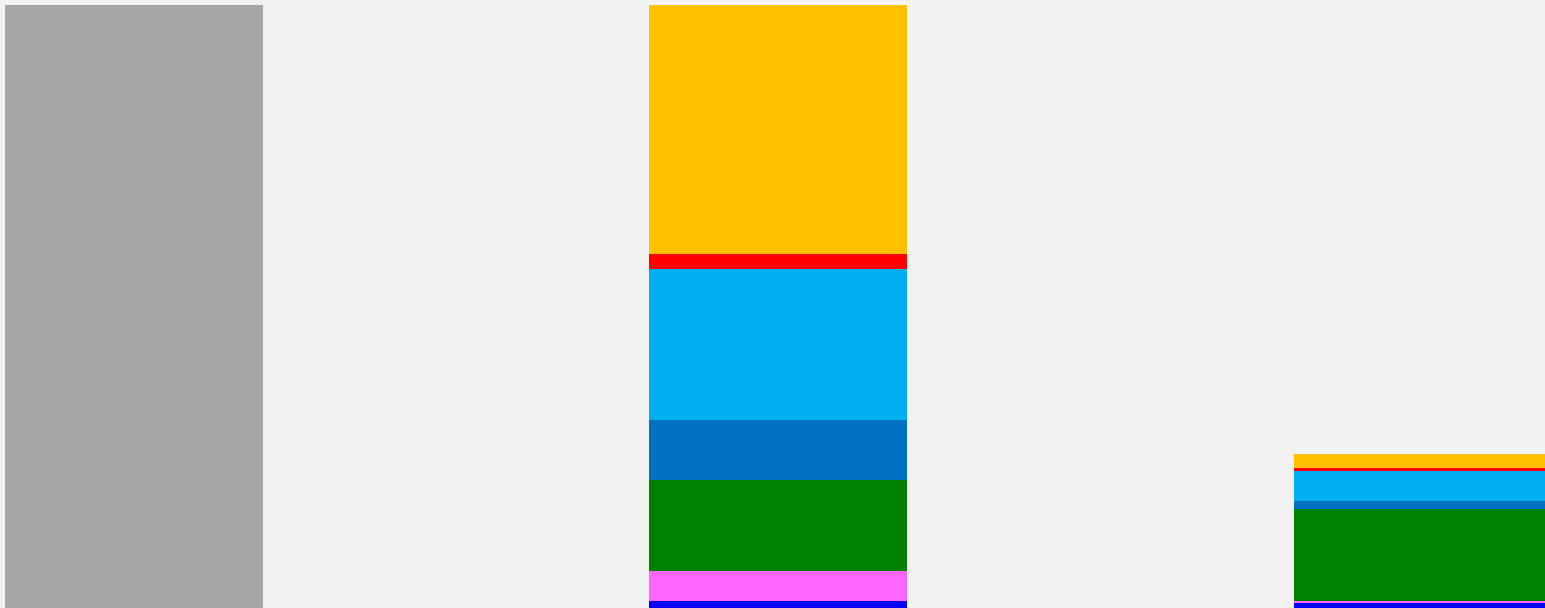


Klimaschutz - Energiewende 2.0

Primärenergiebedarf 2040 in D und RLP mit EE-Potenzialen



Stand FV12 vom 16.08.2025

Agenda

- Energie-Ressourcen der Erde
- Randbedingung der Meta-Studie
- Primärenergieverbrauch in Deutschland 2017

Deutschland (D)

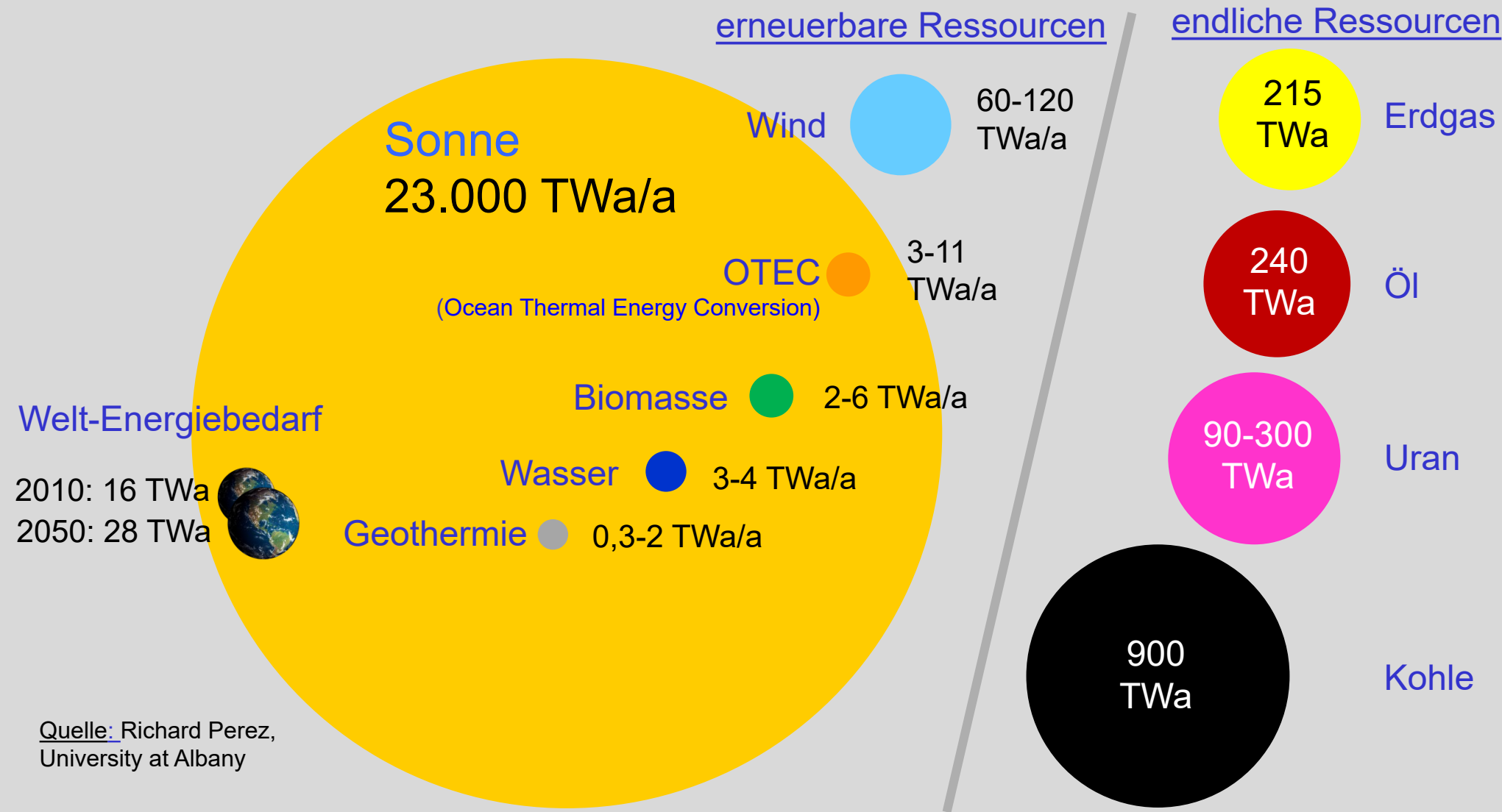
- Primärenergiebedarf, Überleitung der Energiebilanz von 2017 bis 2040
- EE-Potenziale bis 2040

Rheinland-Pfalz (RLP)

- Primärenergiebedarf bis 2040
- EE-Potenziale bis 2040

- Fazit
- Quellen

Energie-Ressourcen der Erde



PV: größter „Brennstoffvorrat“, niedrigster Erzeugungspreis, geringste Kollateralschäden

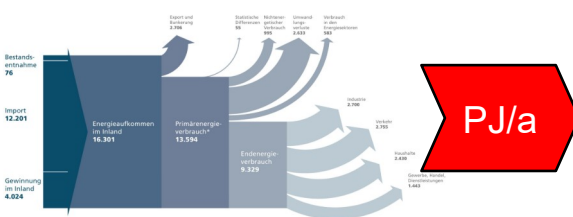
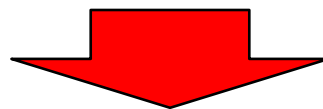
Randbedingung

- Für die Meta-Studie wurden die einschlägigen Studien bzw. Datenquellen genutzt und nur in Ausnahmefällen wurden zusätzlich plausible Annahmen getroffen.
- Primärenergiebedarf und EE-Potenziale werden nur für die Endenergieverbrauchssektoren „Industrie, Verkehr, Haushalte und GDH“ betrachtet.
Der zusätzliche Energiebedarf (513 TWh/a) für die „klimaneutrale Grundstoff-Industrie“ wird im entsprechenden Kapitel behandelt.

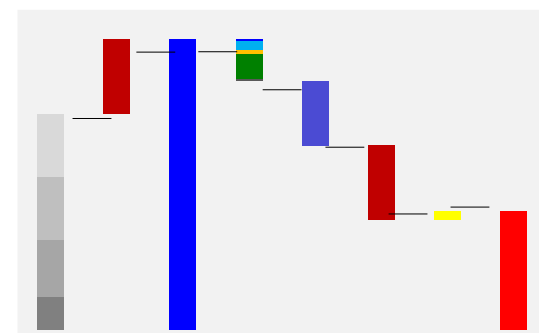
Vom Primärenergieverbrauch in 2017 zum Primärenergiebedarf mit EE-Potenzialen bis 2040

Annahmen

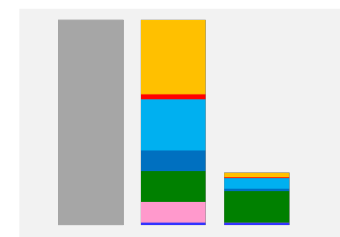
Potenzialanalyse



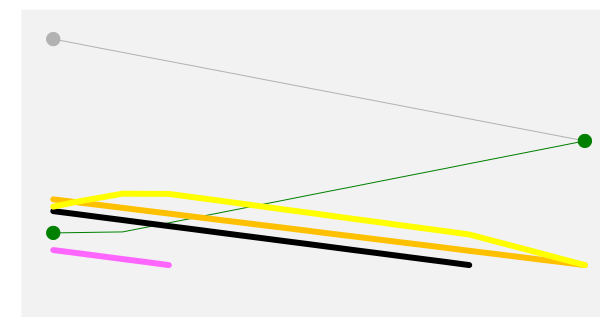
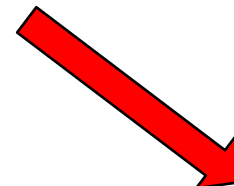
P-Energieverbrauch in 2017 (AGEB)



Überleitung:
P-Energieverbrauch in 2017
zu P-Energiebedarf in 2040



P-Energiebedarf mit
EE-Potenzialen bis 2040



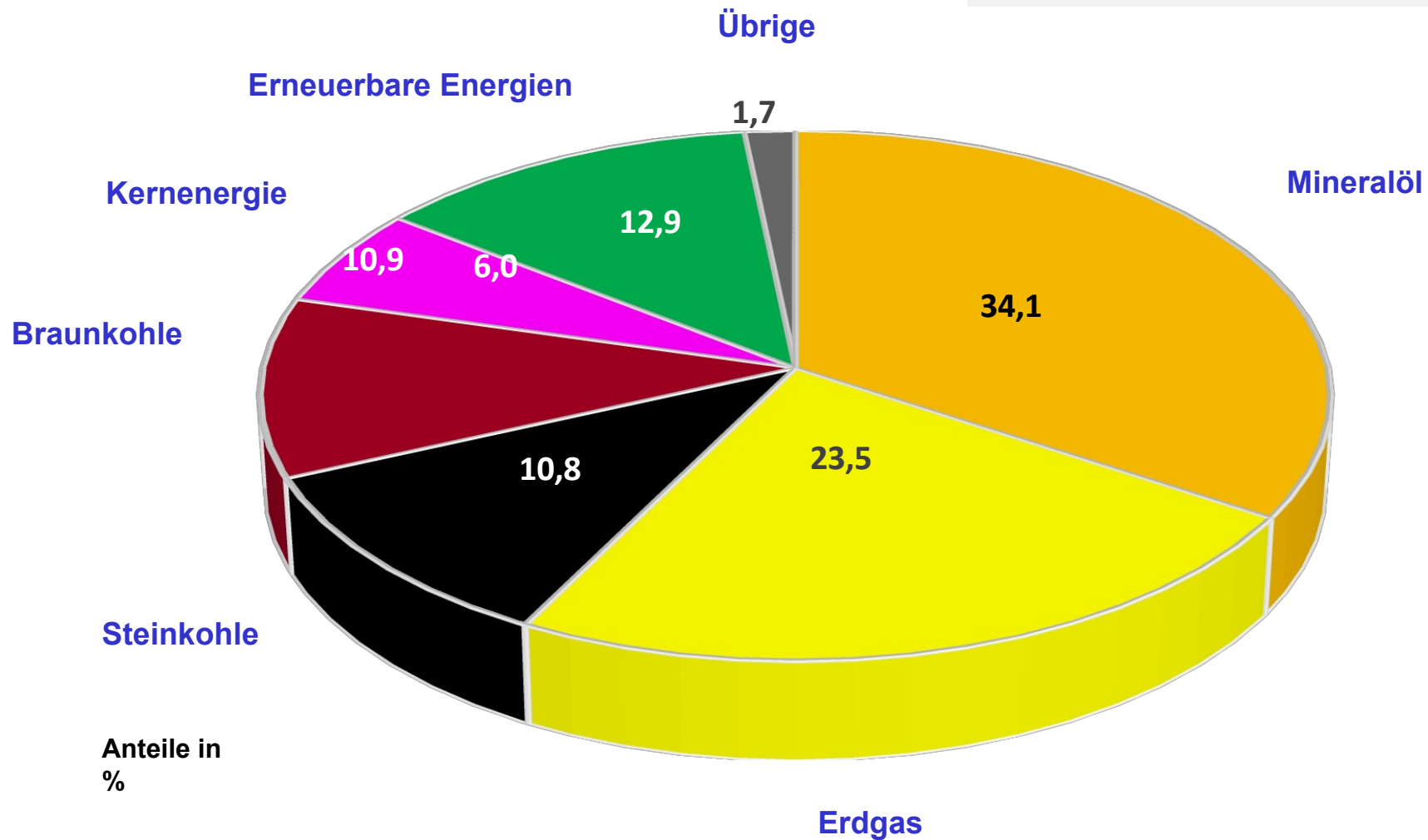
Transformation zu 100% EE bis 2040

Die Herleitung zum P-Energiebedarf mit den EE-Potenzialen bis 2040 folgt einer klaren Logik!

Primärenergieverbrauch in Deutschland 2017 (1)

Energieträger

16.301 PJ = 4.528 TWh



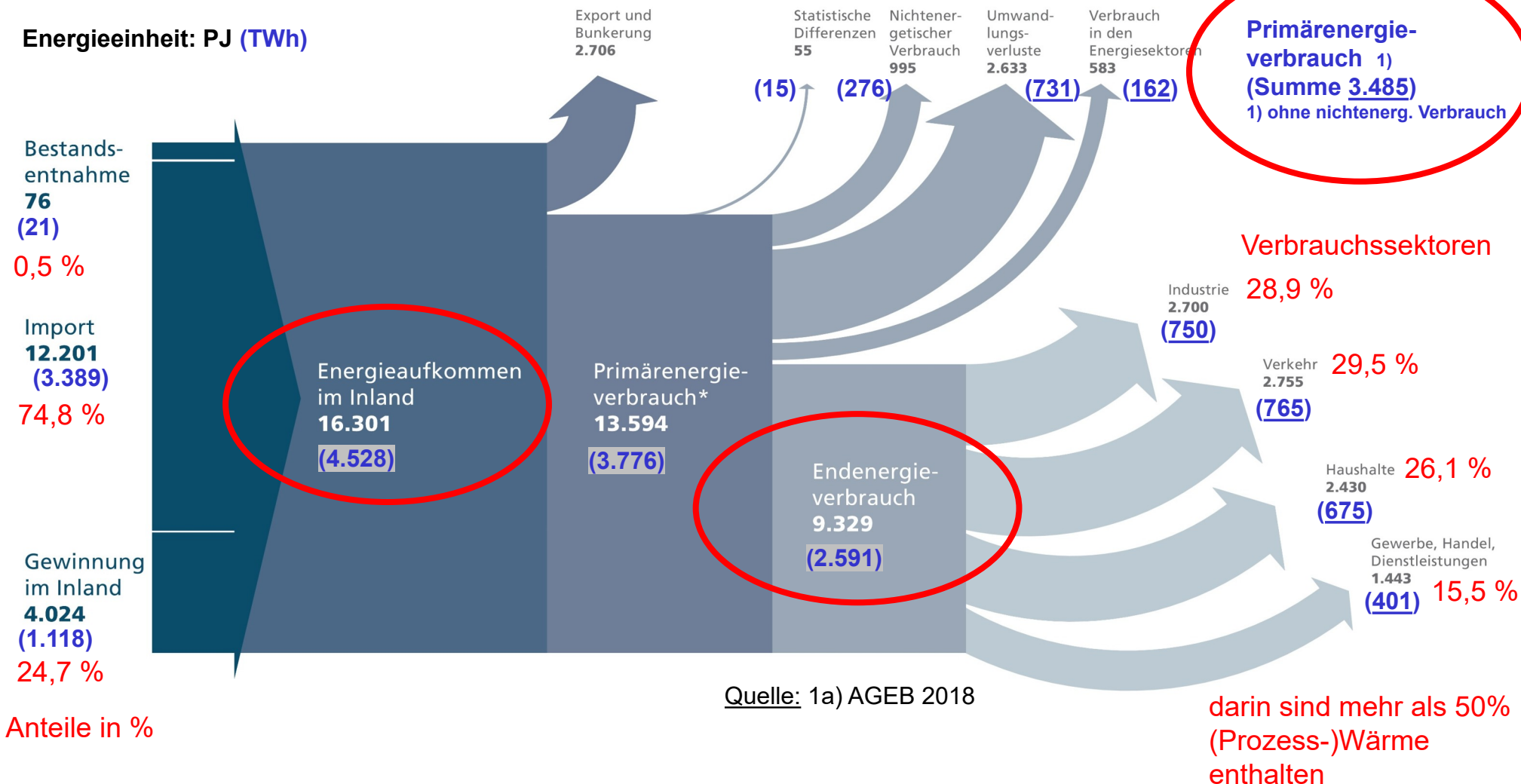
Die Erneuerbaren sind noch überschaubar

Quelle: AGEB

Primärenergieverbrauch in Deutschland 2017 (2)

Energieflussbild

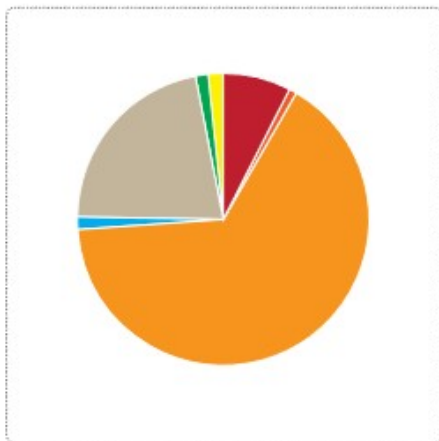
Energieeinheit: PJ (TWh)



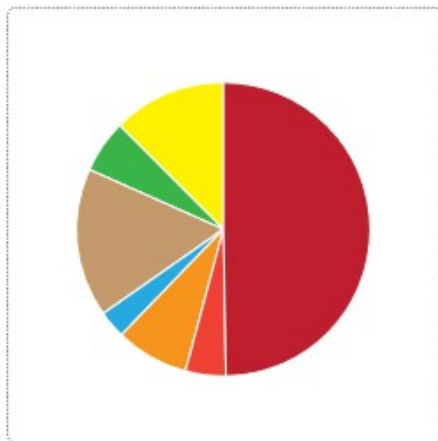
Fast $\frac{3}{4}$ unseres Energieaufkommens importieren wir!

Primärenergieverbrauch in Deutschland 2017 (3) Endenergieverbrauch nach Anwendungszwecken

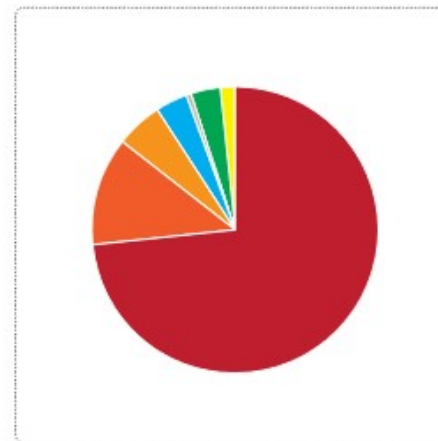
Industrie 2.700 PJ (750 TWh)



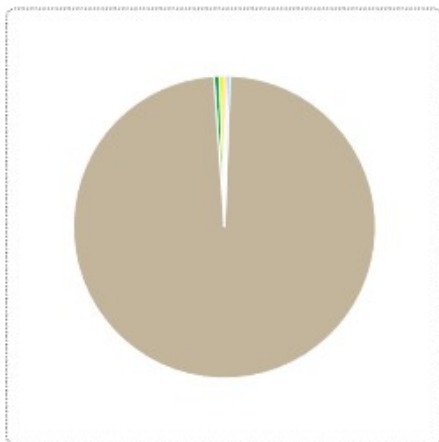
GHD 1.443 PJ (401 TWh)



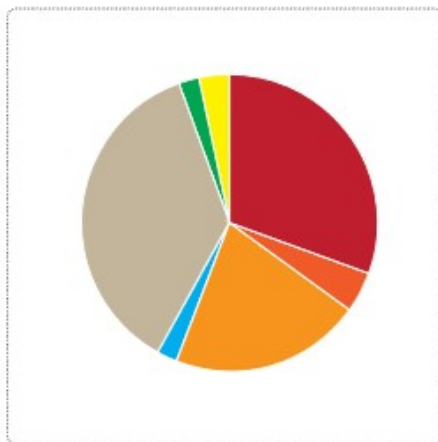
Haushalte 2.430 PJ (675 TWh)



Verkehr 2.756 PJ (765 TWh)



Gesamt 9.329 PJ (2.591 TWh)



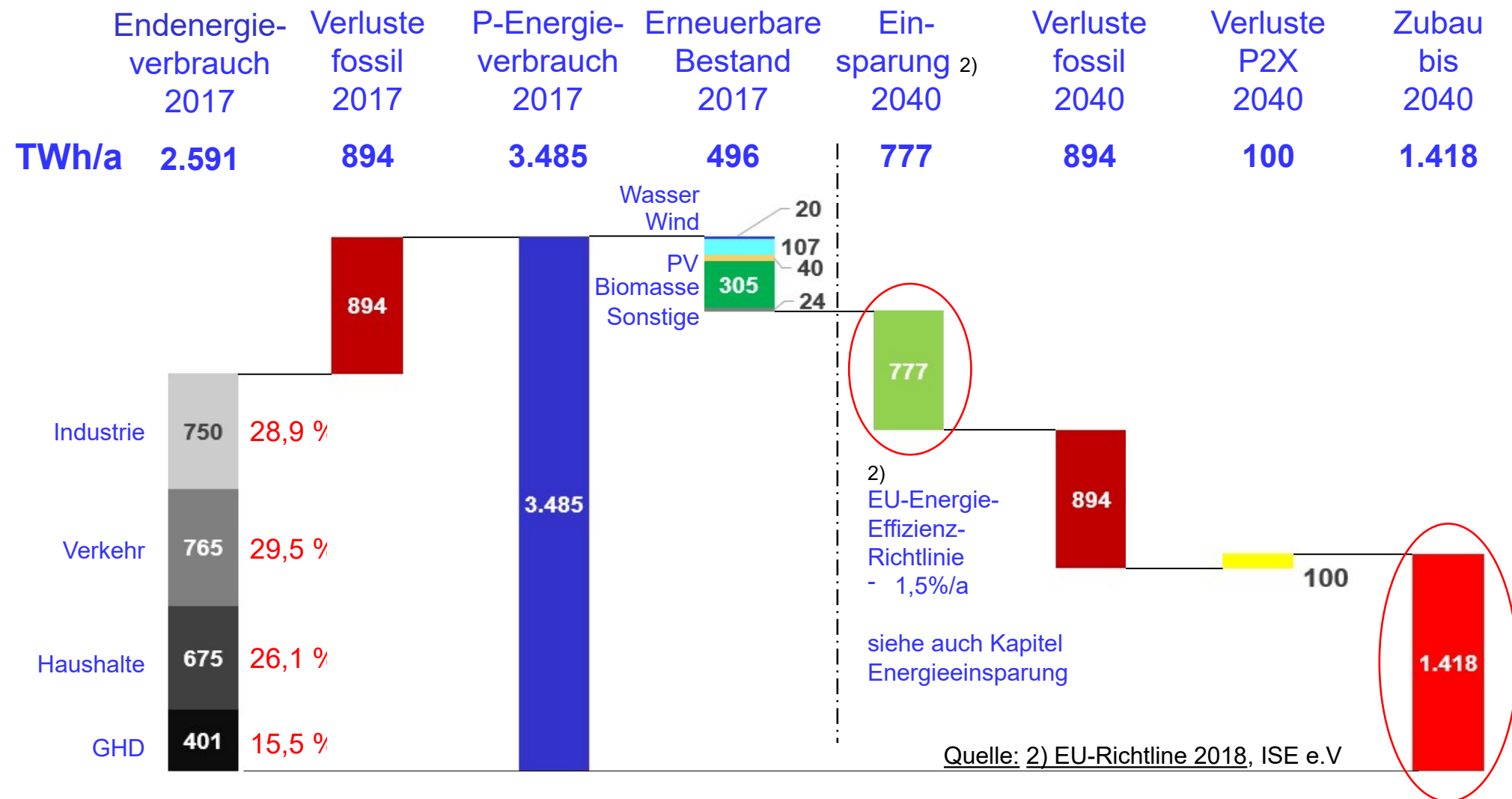
Quelle: 1b) AGEb

- Raumwärme
- Warmwasser
- sonstige Prozesswärme
- Klima und Kälte
- Mechanische Energie
- Beleuchtung
- Informations- und Kommunikationstechnik

Beim Gesamtendenergieverbrauch beträgt der Wärmeanteil > 50%!

Ermittlung Primärenergiebedarf bis 2040 in Deutschland

Überleitung der Energiebilanz von 2017 zu 2040

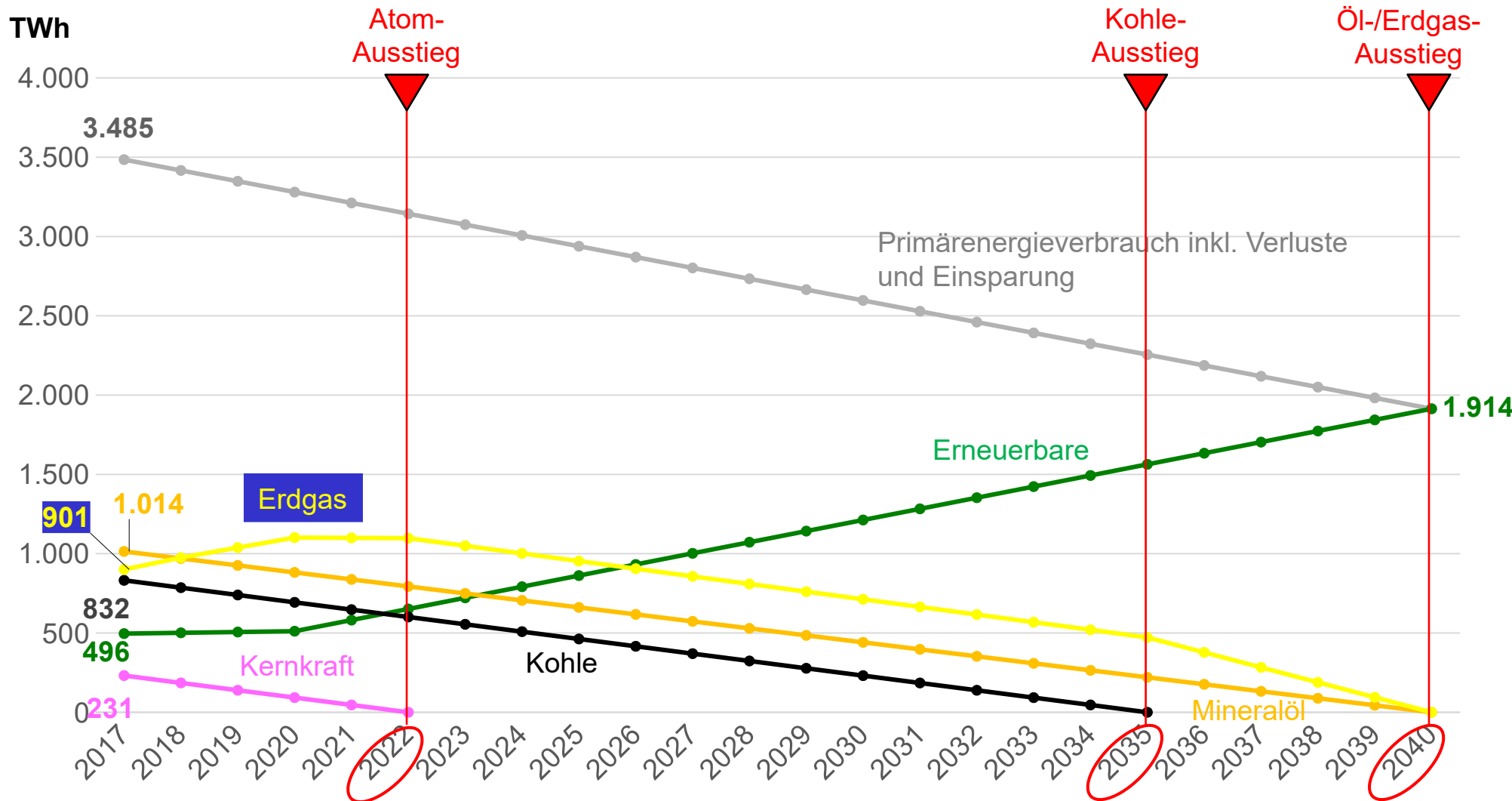


Aufgabe 1: 30 % des Endenergieverbrauchs von 2017 muss eingespart werden!

Aufgabe 2: Fast das Dreifache des EE-Bestandes von 2017 muss zugebaut werden!

Transformation zu 100% Erneuerbare bis 2040 in D (1)

zeitlicher Verlauf



Quelle: 3) Fraunhofer ISE 2020, ISE e.V

Die Studie von Fraunhofer-ISE 2/2020 stützt die ISE e.V.-Berechnungen! ³⁾

EE-Potenziale bis 2040 in D (1)

Basisdaten: Geothermie, Wasserkraft

Primärenergie	Vollast- stunden	EE-Potenzial		Quelle/Kommentar	Bestand EE (AGEB 2019)
	h	GW	TWh/a		TWh
Geothermie/ Umweltwärme			100		18,3
Tiefe-Geothermie			100		3,6
Umweltwärme (Luft, Erdwärme)			100	Der Anteil Umweltwärme ist als Einsparung im Endenergieverbrauch bei den Wärmepumpen enthalten	14,7
<u>Szenario 1: BWK</u>			52	<u>BWK 01.10.2017:</u>	4)
	Strom		9		
	Wärme		44		
<u>Szenario 2: TAB</u>			140	<u>TAB 2003:</u>	5)
<u>Szenario 3: Umweltwärme</u>			100	<u>Fraunhofer-ISE, 2018:</u>	6)
<u>Szenario 4: ISE e.V.-Annahme</u>			100	Tiefe-Geothermie-Kraftwerke sollen vorrangig zur Substitution der Heizwärmeauskopplung von abzuschaltenden Kohlekraftwerken dienen und damit den Wärmebedarf für bestehende Wärmenetze decken	
Wasserkraft			25		20,0
<u>Szenario 1:</u>			25	<u>Ing.Büro Floeksmühle, Uni Stuttgart, etc. 2010:</u>	7)
<u>Szenario 2: ISE e.V.-Annahme</u>			25	ISE e.V. schließt sich dem Ing.Büro Floeksmühle und Uni Stuttgart an	

Quelle: x) Quellen-Liste, AGEB, ISE e.V.

Geothermie und Wasserkraft sind die Grundlastsäulen!

EE-Potenziale bis 2040 in D (2)

Basisdaten: Wind, Biomasse

Primärenergie	Flächen- potenzial	Vollast- stunden	EE-Potenzial		Quelle/Kommentar	Bestand EE (AGEB 2019)
	km ²	h	GW	TWh/a		TWh
Wind				700		125,8
Wind onshore				500		101,8
<u>Szenario 1: BWE</u>	7.154	2.440	200	488	<u>BWE, 2. Auflage März 2012:</u> 8)	
<u>Szenario 2: ISE e.V. -Annahme</u>				500	<u>ISE e.V. schließt sich der BWE-Studie an</u>	
Wind offshore	33.000			200		24,0
<u>Szenario 1: WindEurope</u>		4.300	36	155	<u>WindEurope, Nov. 2019:</u> 9)	
<u>Szenario 2: Fraunhofer IWES</u>			57	263	<u>Fraunhofer IWES, 2017:</u> 10)	
<u>Szenario 3: ISE e.V. -Annahme</u>		4.000	50	200	<u>Mittelwert aus den beiden Studien</u>	
Biomasse				300		307,5
Strom						46,3
Wärme						261,2
<u>Szenario 1: FRN:Biomasse</u>				505	<u>FRN: Einheimische Bioenergiepotenziale 2050:</u> 11)	
				274	<u>Landwirtschaft</u>	
				194	<u>Holz</u>	
				37	<u>Siedlungsabfall</u>	
<u>Szenario 2: DVGW: EE-Gase</u>				305	<u>DVGW-Forschungsprojekt G201710, 2019:</u> 12)	
<u>Szenario 3: ISE e.V.-Annahme</u>				300	- Biogasanlagen: vorrangige Nutzung von Reststoffen - Holzanlagen: vorrangige Nutzung von Abfällen	
					Energieaufteilung	
					- 100 TWh Stromerzeugung	
					- 200 TWh Wärmeerzeugung	

Quelle: x) Quellen-Liste, AGEB, ISE e.V.

Wind und Biomasse bilden 2 wichtige Hauptsäulen!

EE-Potenziale bis 2040 in D (3)

Basisdaten: Solar

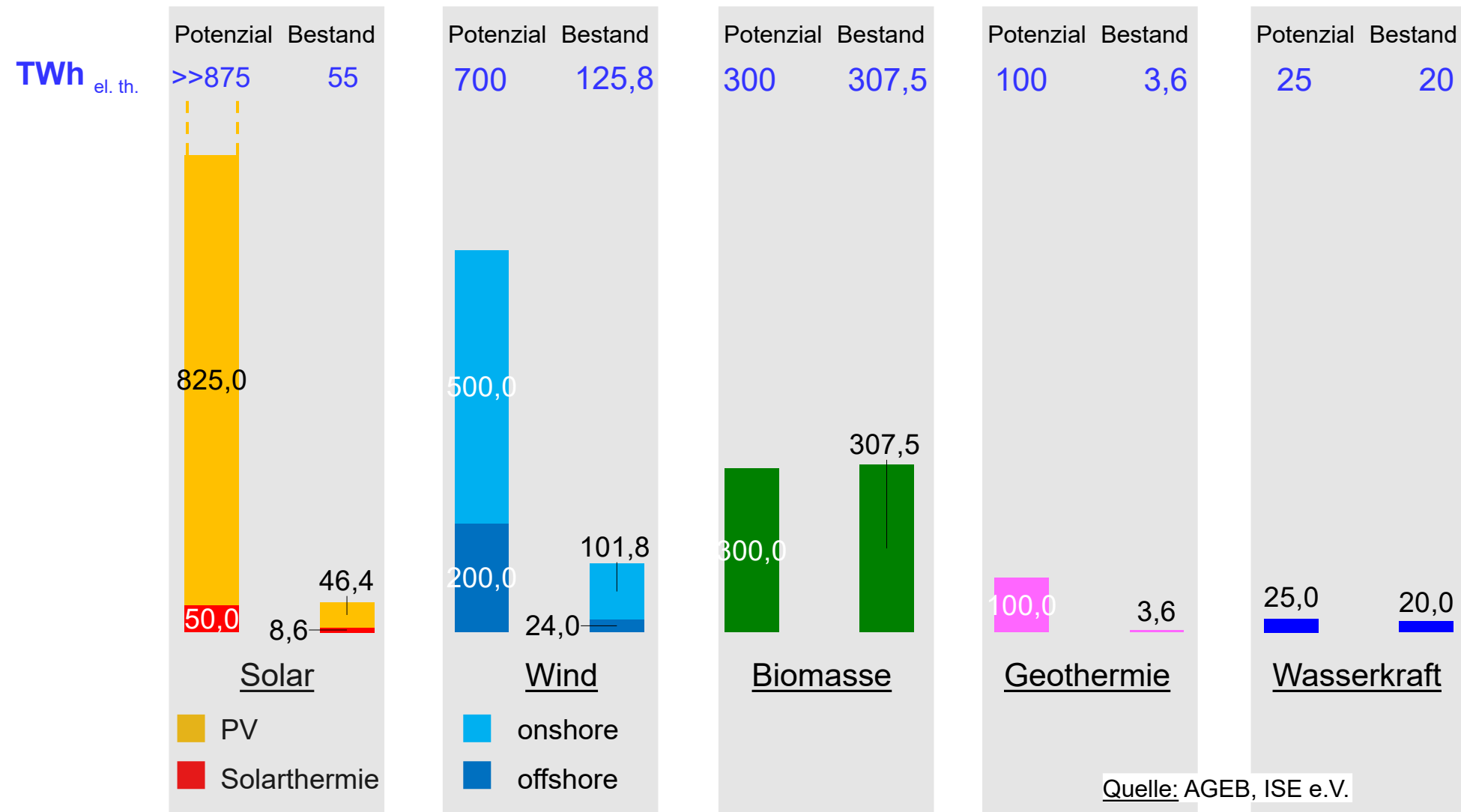
Primärenergie	Flächen- potenzial	Vollast- stunden	EE-Potenzial		Quelle/Kommentar	Bestand EE (AGEB 2019)
	km ²	h	GW	TWh/a		TWh
Solar			875			
Photovoltaik				825		
<u>Szenario 1: Dächer und Freifläche</u>				248	<u>Fraunhofer IWES, 2017:</u>	10)
<u>Szenario 2: Dächer und Fassaden</u>	4.973	975	3095 bis 4325	3015 bis 4210	<u>Fath Karoline, 2018, KIT Band 25:</u>	13)
<u>Szenario 3: Fassadenpotenzial</u>	theoretisch 12.000				<u>Leibniz-Institut IÖR, 1/2021:</u>	14)
<u>Szenario 4: ISE e.V.-Annahme</u>		990	732	825	PV schließt die Lücke zur vollständigen Deckung des Energiebedarfs in 2040	46,4
<u>Erläuterung Freiflächen</u>						
→ versiegelte Flächen: - Parkplätze, Industrie-brachen, etc.						
- Autobahnen Überdachung	403	990	97	96		
→ Ertragsschw. landw. Flächen						
- Autobahnen Randstreifen						
→ AGRI-PV		990	1.700	1.683	<u>Fraunhofer ISE, 2020:</u>	15)
Solarthermie				50		8,6
<u>Szenario 1: Wüstenrot-Stiftung</u>				48	<u>Wüstenrot Stiftung, 2014:</u>	16)
<u>Szenario 2: ISE e.V. -Annahme</u>				50	ISE e.V. schließt sich der Wüstenrot Stiftung an	

Quelle: x) Quellen-Liste, AGEB, ISE e.V.

Solar, die 3. Hauptsäule, schließt die Lücke zur Deckung des Energiebedarfs in 2040

EE-Potenziale bis 2040 in D (4)

Potenziale vs. Bestand 2019



Zwischen Potenzialen und Beständen klafft jeweils noch eine sehr große Lücke!

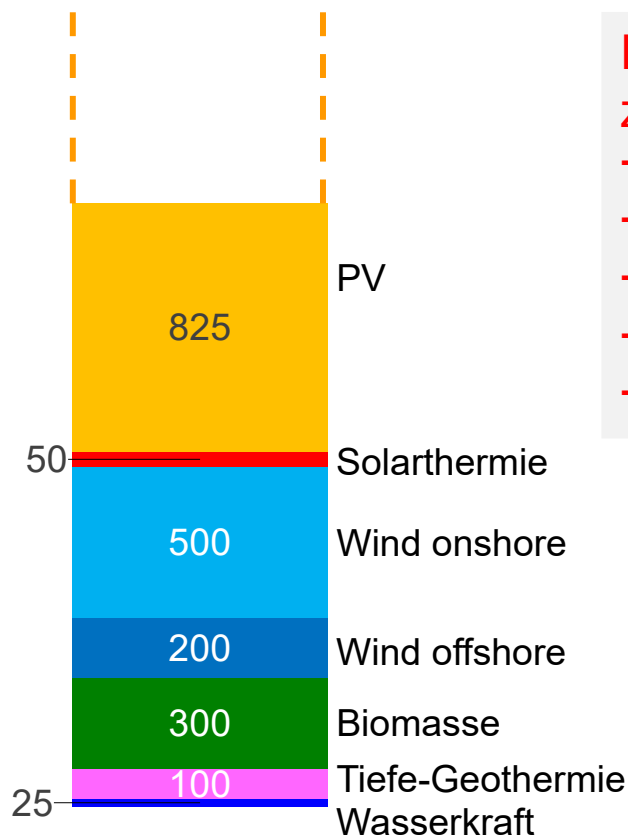
EE-Potenziale bis 2040 in D (5)

Primärenergiebedarf vs. EE-Potenziale und Bestand 2019

Primärenergiebedarf
TWh el., th. 2000 TWh/a *)



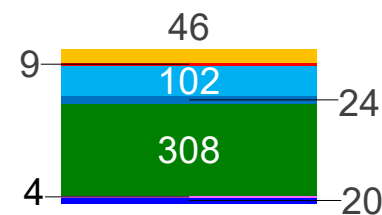
EE-Potenziale
 >>2000 TWh/a



Bestand 2019
 511,9 TWh

EE-Potenziale, leicht zu merken (TWh/a):

- 875 Solar
- 700 Wind
- 300 Biomasse
- 100 Tiefe-Geothermie
- 25 Wasserkraft



*) ohne klimaneutrale Grundstoff-Industrie (513 TWh/a)

Quelle: AGEB, ISE e.V.

Mit dem PV-Potenzial kann der Primärenergiebedarf flexibel ausgeglichen werden!

Annahme

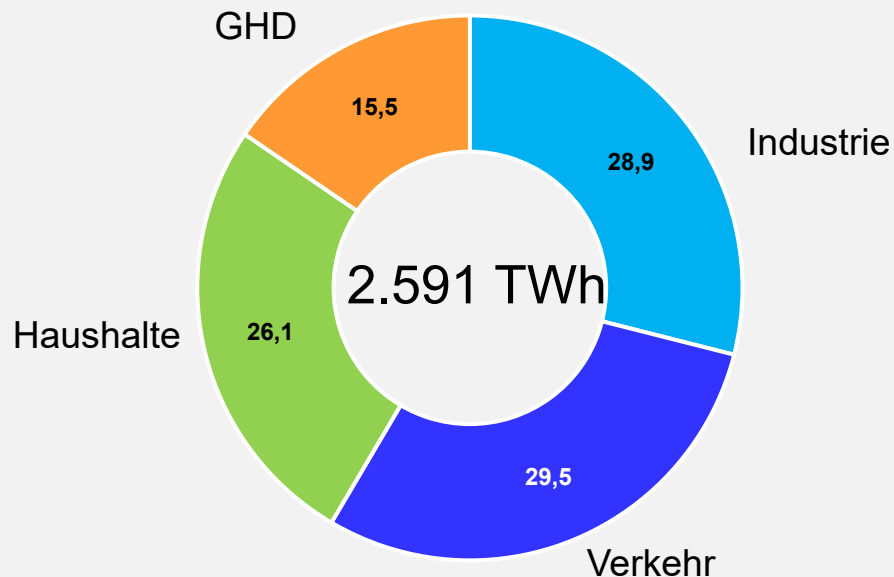
In Ermangelung von Primärenergiebedarfsprognosen 2040 für RLP wird folgende Annahme getroffen: Der Primärenergiebedarf von RLP für 2040 kann vom bundesweiten Wert abgeleitet werden:

$$\begin{aligned}\text{Primärenergiebedarf RLP} &= 5\% \text{ vom Primärenergiebedarf D} \quad 1) \\ &= \text{ca. } 2.000 \text{ TWh/a} * 0,05 \\ &= \mathbf{100 \text{ TWh/a}}\end{aligned}$$

- 1) Der Endenergieverbrauch von RLP 2017 entspricht ca. 5% des Endenergieverbrauch von D 2017
Übrigens, sowohl der %-tuale Anteil der Einwohner als auch der Landesfläche von RLP entspricht ca. 5% von D.
Auch der Königsteiner-Schlüssel beträgt ca. 5%

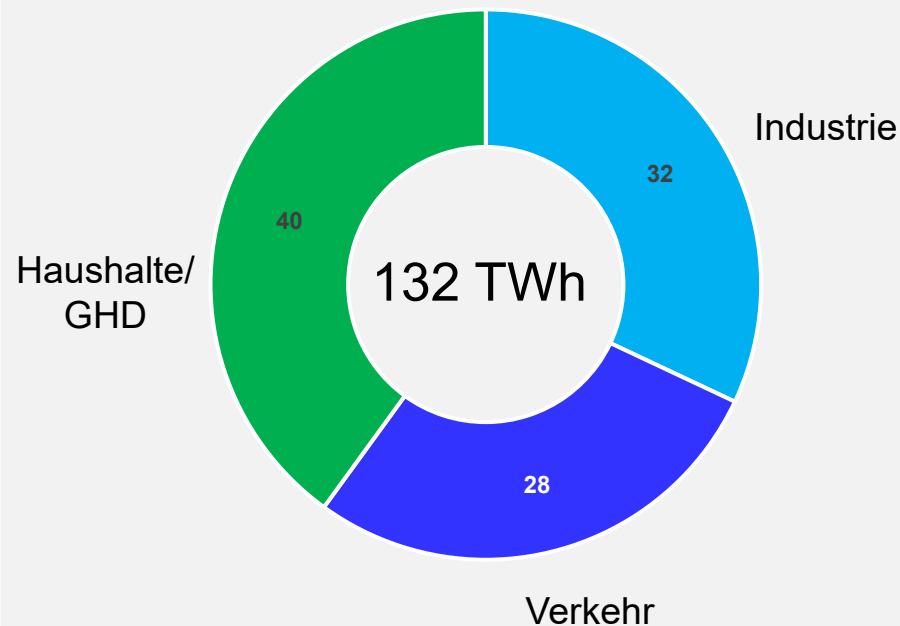
Primärenergiebedarf in RLP 2040 (2)

Endenergieverbrauch 2017 in D
Anteile in %



Quelle: AGEB

Endenergieverbrauch 2017 in RLP
Anteile in %



Quelle: MUEEF-RLP, Energiebericht 2017

Auch der Istwert des Endenergieverbrauchs von RLP hat einen Anteil von ca. 5% von D

EE-Potenziale bis 2040 in RLP (1)

Basisdaten (1)

Annahme

In Ermangelung von Studien bei einigen EE-Potenzialen 2040 für RLP werden folgende Annahmen getroffen: Die EE-Potenziale 2040 für RLP können von den bundesweiten Werten abgeleitet werden (siehe Primärenergiebedarf in RLP 2040 (1,2):

EE-Potenziale RLP = 5% vom EE-Potenziale von D

EE-Potenziale bis 2040 in RLP (2)

Basisdaten (2)

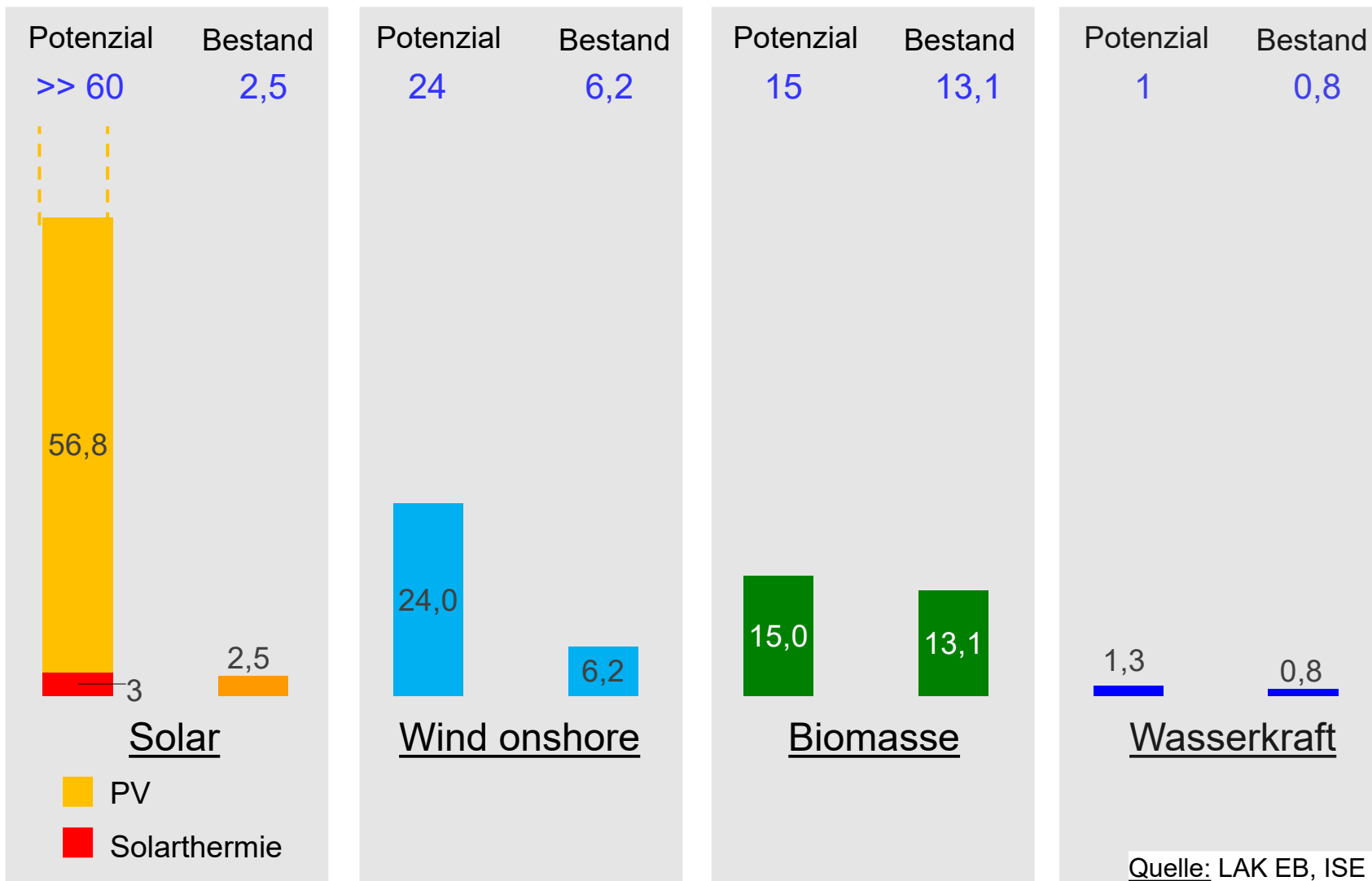
Primärenergie	Flächen- potenzial	Vollast- stunden	EE-Potenzial		Quelle/Kommentar	Bestand EE (LAK EB 2018)
	km ²	h	GW	TWh		TWh
Solar				60		
Photovoltaik						
ISE e.V.-Annahme		990	58	57	EE-Potenzial = 5% von Wert D	2,5
Solarthermie				3	EE-Potenzial = 5% von Wert D	
Wind onshore (1,9% Fläche von RLP)	377	2.440	10	24		6,2
Biomasse				15		13,1
<u>Szenario 1</u>				25	EE-Potenzial = 5% von Wert D	
<u>Szenario 2</u> Biomasse-Potzeniale RLP				8	<u>IfaS 2004:</u> 17)	
<u>Szenario 3</u> ISE e.V.-Annahme				15	Energieaufteilung: - 5 TWh Stromerzeugung - 10 TWh Wärmeerzeugung	
Wasserkraft				1	EE-Potenzial = 5% von Wert D	0,8
Gesamtenergiebedarf in 2018				179	LAK Energiebilanzen 2018	23,7
Gesamtenergiebedarf in 2040				100	Gesamtenergiebedarf = 5% von Wert D, ISE e.V.-Ausarbeitung	

Quelle: LAK EB, ISE e.V.

EE-Potenziale bis 2040 in RLP (3)

Potenziale vs. Bestand 2018

TWh

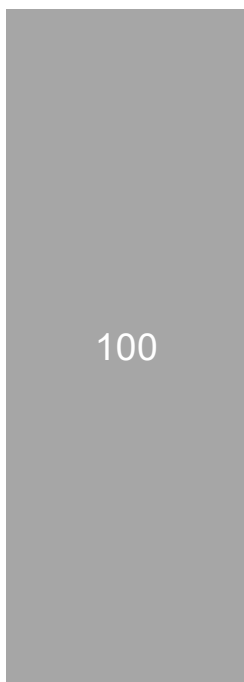


Auch in RLP klafft noch eine sehr große Lücke zwischen Potenzial und Bestand!

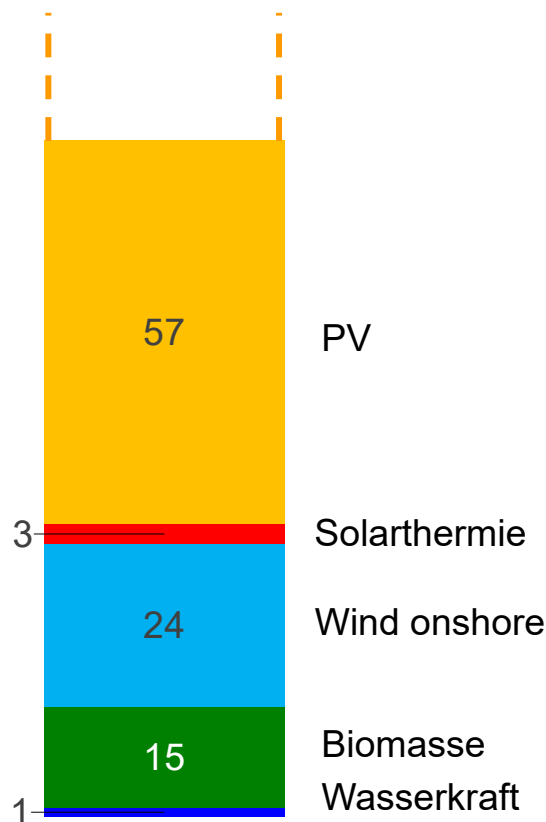
EE-Potenziale bis 2040 in RLP (4)

Primärenergiebedarf vs. EE-Potenziale und Bestand 2018

Primärenergiebedarf
TWh 100 TWh/a *)



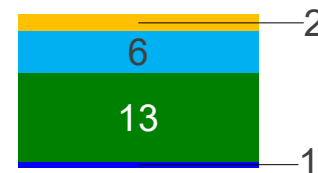
EE-Potenziale
>> 100 TWh/a



Bestand 2018
22,6 TWh

EE-Potenziale, leicht zu merken (TWh):

- 60 Solar
- 24 Wind
- 15 Biomasse
- 1 Wasserkraft



*) ohne klimaneutrale Grundstoff-Industrie (ca. 30TWh/a)

Quelle: LAK EB, ISE e.V.

Auch in RLP kann der Primärenergiebedarf mit dem PV-Potenzial flexibel ausgeglichen werden!

- Die geplanten Einsparungen (Suffizienz und Effizienz) müssen vorrangig erschlossen werden → siehe Kapitel „Energieverbrauch“
- Die EE-Potenziale reichen sehr gut aus, um den Primärenergiebedarf in 2040 für D und RLP zu decken
- Alle EE werden gebraucht um die Klimaschutzziele zu erreichen
- Mit den großen PV-Potenzialen sind flexible Anpassungen an den Primärenergiebedarf möglich
- Die Energie der Biogas-Anlagen sollte vorzugsweise eingespeichert werden und bei „Dunkelflauten“ zum Einsatz kommen, d.h. keine Grundlastnutzung zur Stromerzeugung → siehe Kapitel „energetische Versorgungssicherheit“
- Einfach erreichbare Ziele müssen schnell und wirtschaftlich umgesetzt werden: z.B. Wind offshore (low hanging fruits)
- Umsetzungskriterien: Klimaneutralität – möglichst emissionsfrei → Schnelligkeit und Wirtschaftlichkeit stehen im Vordergrund

Quellen (1)

EB	Quelle
1a	<u>AGEB 2018:</u> „Energieflussbild 2017 für die Bundesrepublik Deutschland“
1b	<u>AGEB 2019:</u> Broschüre: „Energie in Zahlen“, Endenergieverbrauch nach Anwendungszwecken (2017), Seite 25
2a	<u>EU-Richtlinie 2012:</u> „zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG“, Artikel 7
2b	<u>EU-Richtlinie 2018:</u> „zur Änderung der Richtlinie 2012/27/EU zur Energieeffizienz“, Artikel 7
3	<u>Fraunhofer ISE, 2/2020 und Update 12/2020:</u> Studie: „Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem“, Kapitel 2.1
4	<u>BWK 01.10.2017:</u> „Potenzial der Geothermie im deutschen Energiesystem“, Seite 7
5	<u>TAB 2003:</u> Sachstandsbericht: „Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland“, nur Versorgung der bestehenden Fernwärmenetze Seite 6
6	<u>Fraunhofer-ISE 2018:</u> Technologiebericht: „1.7 Umweltwärme“ Zusammenfassung: B) Multikriterielle Bewertung: Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz: 540-570 PJ/a in 2050, Seite 9
7	<u>Ing.Büro Floeksmühle, Uni Stuttgart, etc. 2010:</u> Studie: „Potentialermittlung für den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland als Grundlage für die Entwicklung einer geeigneten Ausbaustrategie“, Kapitel 2, Seite 15
8	<u>BWE, 2. Auflage März 2012:</u> Kurzstudie: „Potenzial der Windenergienutzung an Land“, Kapitel 1, Seite 4
9	<u>WindEurope, Nov. 2019:</u> „Our energy, our future“, Figure A

Quellen (2)

EB	Quelle
10	Fraunhofer IWES, 2017: „Energiewirtschaftliche Bedeutung der Offshore-Windenergie für die Energiewende“, Kapitel 2, Seite 10
11	FNR, Einheimische Bioenergiepotenziale 2050: „Was kann Bioenergie 2050 leisten?“
12	DVGW-Forschungsprojekt G201710, 2019: „Ermittlung des Gesamtpotentials erneuerbarer Gase zur Einspeisung ins deutsche Erdgasnetz“, Kapitel 11.2. Tabelle 11.4
13	Fath Karoline, 2018, KIT Band 25: PRODUKTION UND ENERGIE, Diss.: „Technical and economic potential for photovoltaic systems on buildings“, Kurzfassung, Seite IV
14	Leibnitz-Institut IOR, 1/2021: PM: Strom von der Hauswand – Gebäudefassaden bieten großes Potenzial für die Gewinnung von Solarenergie
15	Fraunhofer ISE, 2020: Leitfaden: „AGRI-PV, Chance für Landwirtschaft und Energiewende“, Kapitel 2.2, Seite 10
16	Wüstenrot Stiftung, 2014, Studie: "Solarthermie: Technik, Potenziale, Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz für solarthermische Systeme in Einfamilienhäusern" Kapitel 6.2.7, Seite 105
17	IfaS 2004: Studie: "Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse in Rheinland-Pfalz“, Kapitel 3, Tabelle 6, Seite 13

!100% !

Kern-Team

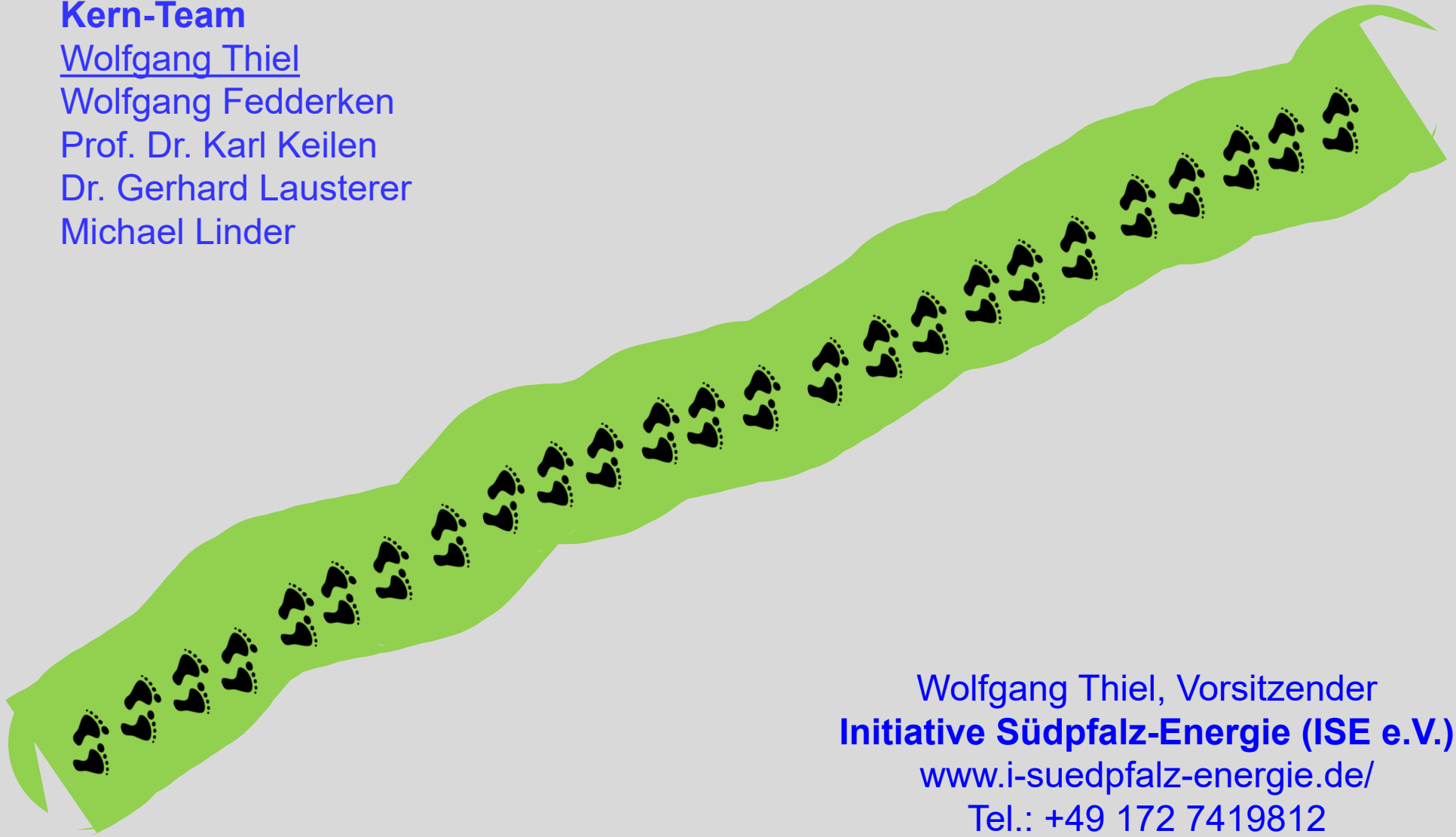
Wolfgang Thiel

Wolfgang Fedderken

Prof. Dr. Karl Keilen

Dr. Gerhard Lausterer

Michael Linder



Wolfgang Thiel, Vorsitzender
Initiative Südpfalz-Energie (ISE e.V.)

www.i-suedpfalz-energie.de/

Tel.: +49 172 7419812

eMail: wolfgang@thiel-wt.de