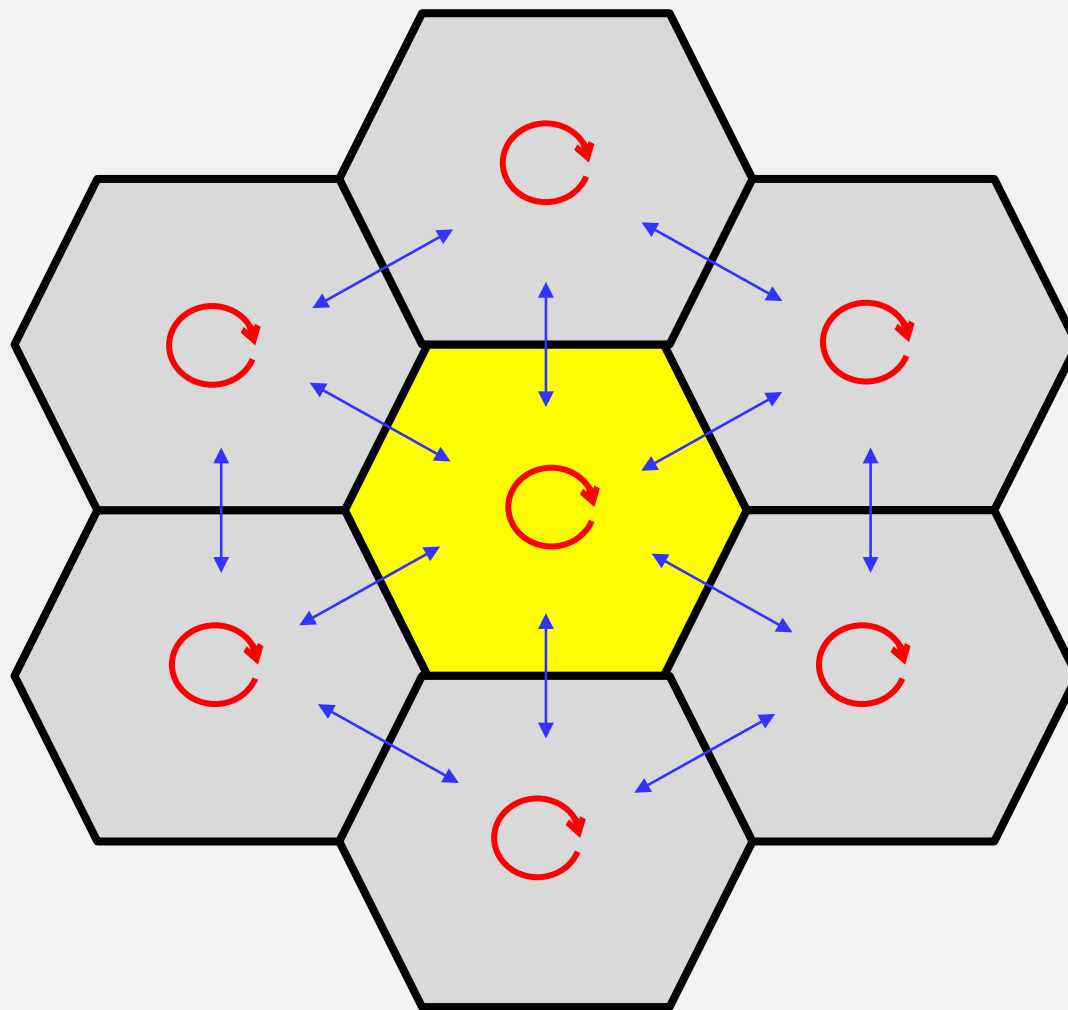


Klimaschutz-Energiewende 2.0

energetische Versorgungssicherheit



Stand FV45 vom 16.08.2025

- Einführung
- Grundsätzliche Verfügbarkeit ausreichender Primärenergie
- Ziele und Prinzipien: Gleichgewicht für Stromerzeugung und -verbrauch
- Vom anonymen Verbraucher zum kooperativen Energiesystem
- Nutzungsgrad und Stromgestehungskosten von Kraftwerken
- Transformation
- „Technologieoffenheit“
- Netzstabilität
- Das Energiewabensystem
- Energieausgleich, Energiespeicher
- Entwicklung: Stromerzeugung, Stromnetze, Strommarkt, Energiemarkt
- Fazit
- Quellen

- Die energetische Versorgungssicherheit hat zwei wesentliche Aspekte:
 - Grundsätzliche und ausreichende Verfügbarkeit von Primärenergie: **geopolitischer Aspekt**
 - exakte Anpassung von Energieerzeugung und Energieverbrauch: **quantitativer, zeitlicher und technischer Aspekt**
- Es ist allseits bekannt, dass einige Erneuerbare - sogenannte **volatile Energieerzeuger** sind: z.B. Photovoltaik-Anlagen und Windräder. D.h. die erzeugte Energie steht zeitlich nicht konstant wie bei einem herkömmlichen Kraftwerk zur Verfügung. Deshalb gibt es nicht nur sogenannte „**Dunkelflauten**“ mit zu wenig, sondern auch „**Hellbrisen**“, wo (viel) mehr erneuerbare Energie zur Verfügung steht, als für den aktuellen Verbrauch notwendig wäre.
- Um diese Problematiken zu lösen gibt es eine Reihe von Maßnahmen, die **sowohl eine Über- als auch Unterversorgung** der Energiebereitstellung in kurzen (Millisekunden bis Stunde), mittleren (Stunden bis Tag) und langen (Tage bis saisonalen) Zeiträumen beherrschen: Energie-Management-System, Energiespeicher, Energiewabensystem, europäisches Overlay-Netzwerk.
- Die Maßnahmen zur Zielerreichung müssen im **Einklang mit dem Naturschutz** stehen und **sozial gerecht** sowohl bei der Kostenträgerschaft als auch bei der Partizipation für Investitionen gestaltet werden.



Grundsätzliche Verfügbarkeit ausreichender Primärenergie (1)

Energieimporte, Geopolitik

- 1) ➤ Deutschland bezieht fast 3/4 (2023) seines **Primärenergiebedarfs** in Form von Mineralöl, Gas, Steinkohle und früher noch Uran zum großen Teil aus Nicht-EU-Staaten wie USA, Mittlerer Osten, etc. (siehe Kapitel „Primärenergiebedarf“). Neben dieser Abhängigkeit besteht zusätzlich das Transportrisiko bei den Energieträgern (Hochseeschifffahrt, Pipelines).

Die Folgen:

Totalitäre Staaten wie z.B. Russland und Saudi Arabien nutzen die von uns bezahlten „**Öl-Dollars**“ und

- **investieren in die deutsche Infrastruktur bzw. Wirtschaft** und bestimmen damit die Versorgungssicherheit sowie die strategische Zukunftsausrichtung deutscher Unternehmen!

Beispiele: Russland (Gazprom) kaufte unsere Erdgasspeicher, Saudi Arabien steigt bei Daimler ein.

- **kaufen (deutsche) Waffen**, um damit ihre Expansionspolitik zu betreiben.

Beispiele: Russland annektiert die Krim und überfällt nun auch die gesamte Ukraine, Saudi Arabien führt einen Krieg im Jemen.

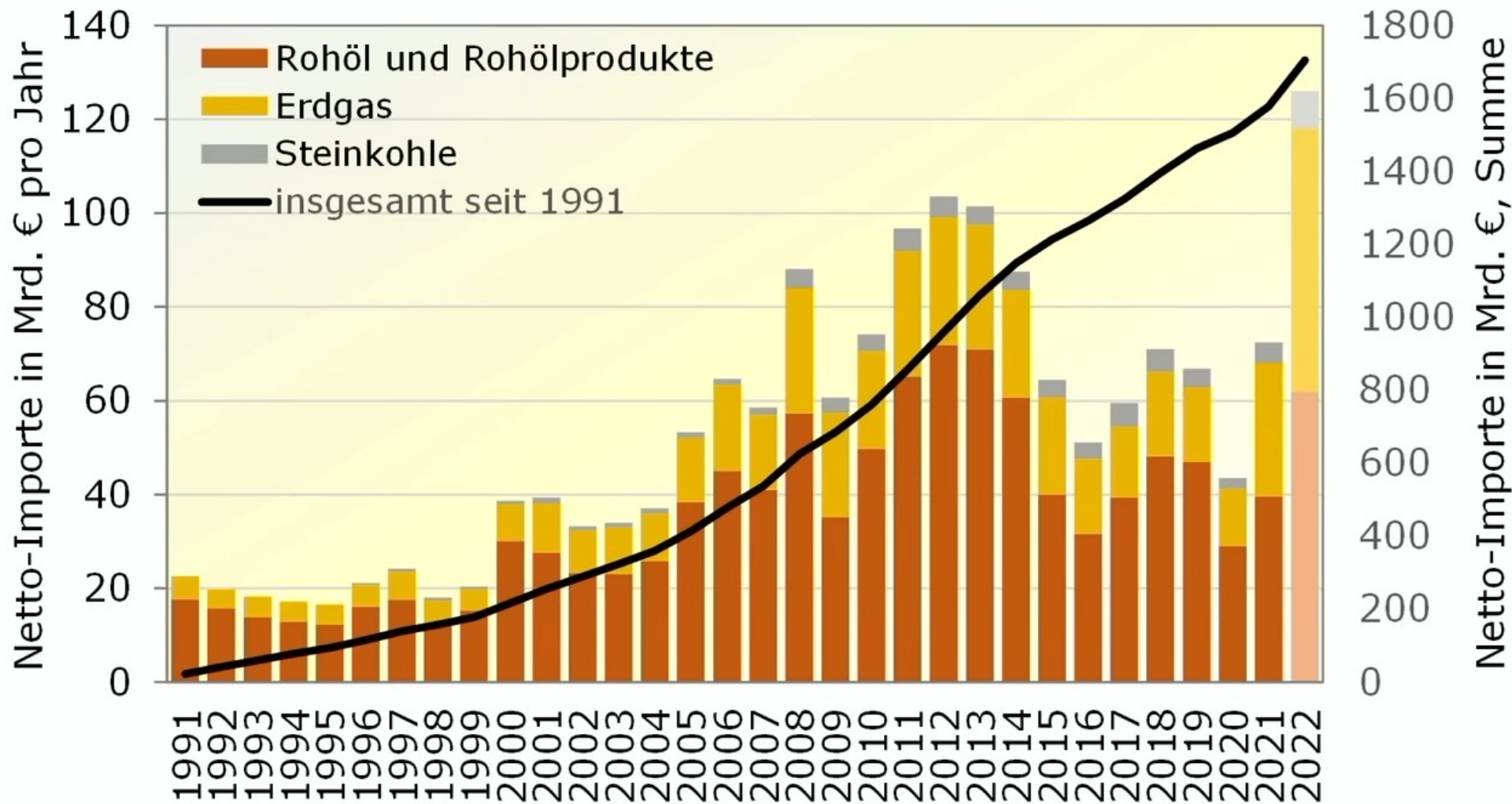
- **Deutschland und die EU müssen sich geopolitisch weitestgehend unabhängig machen**, in dem die vorhandenen Potenziale der EE voll ausgeschöpft werden. Hierdurch wird auch ein Beitrag zur ausgeglichen Außenhandelsbilanz in der EU geschaffen.

Quelle: 1) Quellenliste

Es gilt unsere ausreichend-erneuerbaren, nationalen/EU-Ressourcen (Sonne und Wind) zu nutzen und unseren Energiebedarf möglichst selbst mit eigenen EE zu decken!

Keine Abhängigkeiten mehr!!!

Grundsätzliche Verfügbarkeit ausreichender Primärenergie (2) Jährliche Brennstoffkosten für Energieimporte



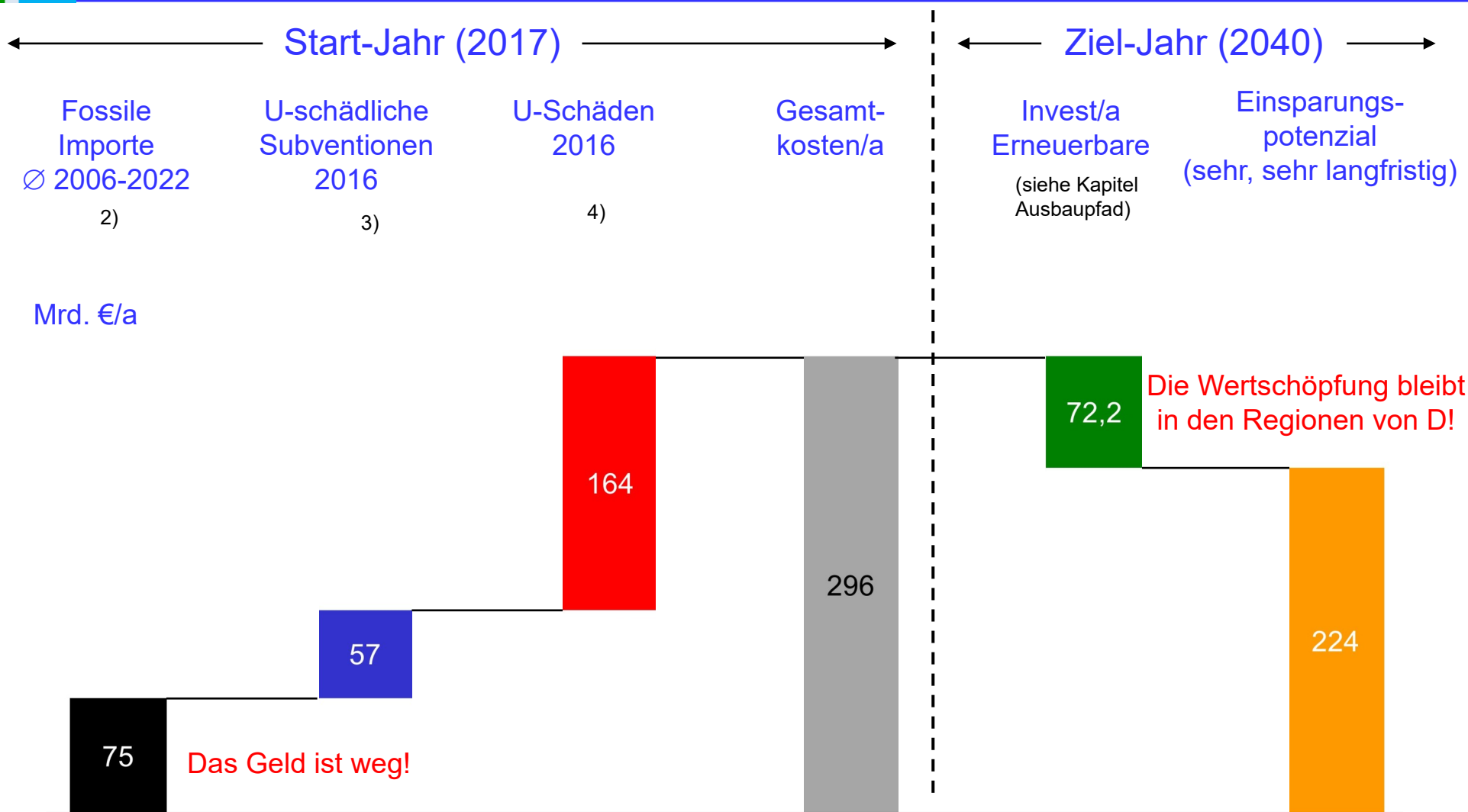
Quelle: 2) Quellenliste

„Fossile Energieimporte kommen Deutschland teuer zu stehen“



Grundsätzliche Verfügbarkeit ausreichender Primärenergie (3)

Brennstoffkosten und Subventionen/Schäden vs. Invest für Erneuerbare



Quelle: x) Quellenliste, ISE e.V.

Prävention (Vorsorge) ist besser und wirtschaftlicher als Schadensregulierung!



Grundsätzliche Verfügbarkeit ausreichender Primärenergie (4) Energiebereitstellung (bilanziell und dynamisch)

Energiewirtschaftsgesetz – EnWG, § 1 Zweck und Ziele des Gesetzes

(1) Zweck des Gesetzes ist eine möglichst sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche, effiziente und umweltverträgliche leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Elektrizität und Gas, die zunehmend auf erneuerbaren Energien beruht.

- Um den Energiebedarf für Deutschland aus Erneuerbaren zu decken sind bis spätestens 2040 gewaltige Anstrengungen der gesamten Gesellschaft zu leisten. Hierbei stehen die, sich saisonal ergänzenden, erneuerbaren Energien (EE) Photovoltaik (PV) und Windkraft sowie der elektrische Netzausbau im Fokus!
- In den Kapiteln „Primärenergiebedarf/EE-Potenziale“ und „EE-Ausbaupfad“ dieser Meta-Studie sind die Fakten, Annahmen und Maßnahmen beschrieben. Dabei sind die Zubau-mengen so dimensioniert, dass mit den vorhandenen Potenzialen der Energiebedarf bilanziell gedeckt wird.
- Der dynamische Energieausgleich, der durch die volatilen EE notwendig ist, wird im Unterkapitel „Energieausgleich, Energiespeicher“ dieses Kapitels „energetische Versorgungssicherheit“ behandelt.
- Strom, als zukünftiger Haupt-Energieträger, ergänzt durch Bio-Methan aus Abfällen und Wasserstoff muss zu jedem Zeitpunkt (kurz: Millisekunden bis Stunde; mittel: Stunde bis Tag; lang: Tage bis saisonal) im Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch stehen!
→ **neues Energie-Management-Systems!**

„Der Strom kommt aus der Steckdose“,
aber er muss zu jeder Zeit auch in ausreichender Menge zur Verfügung gestellt werden!

Ziele und Prinzipien

Gleichgewicht für Stromerzeugung und -Verbrauch

Erzeugung

Residuallast-KW mit Speicher

Betrieb bei „Dunkelflaute“

Laden bei „Hellbrise“



PSP-KW



Batterie



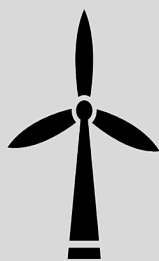
Elektrolyseur

G-KW

Biogas-Anlage

Gas-Speicher

volatile KW



Verbrauch

Verbrauchssektoren (Last)

Prosumer mit Lastverschiebung

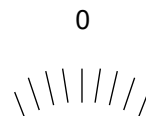


Industrie

Verkehr

Haushalte

GHD



Netz

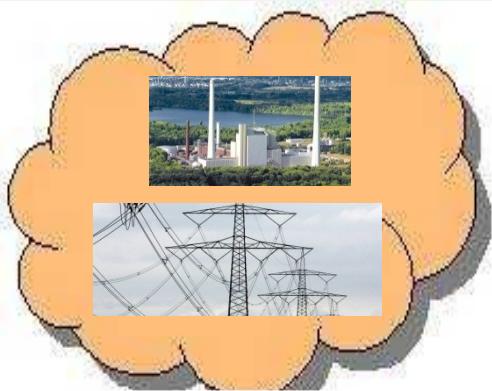
Quelle: ISE e.V

Quelle: 5) Quellenliste, SE e.V.

Energie-Management-System (EMS)

Stromgleichgewicht am Netz ist Voraussetzung für die energetische Versorgungssicherheit!

Auslaufmodell

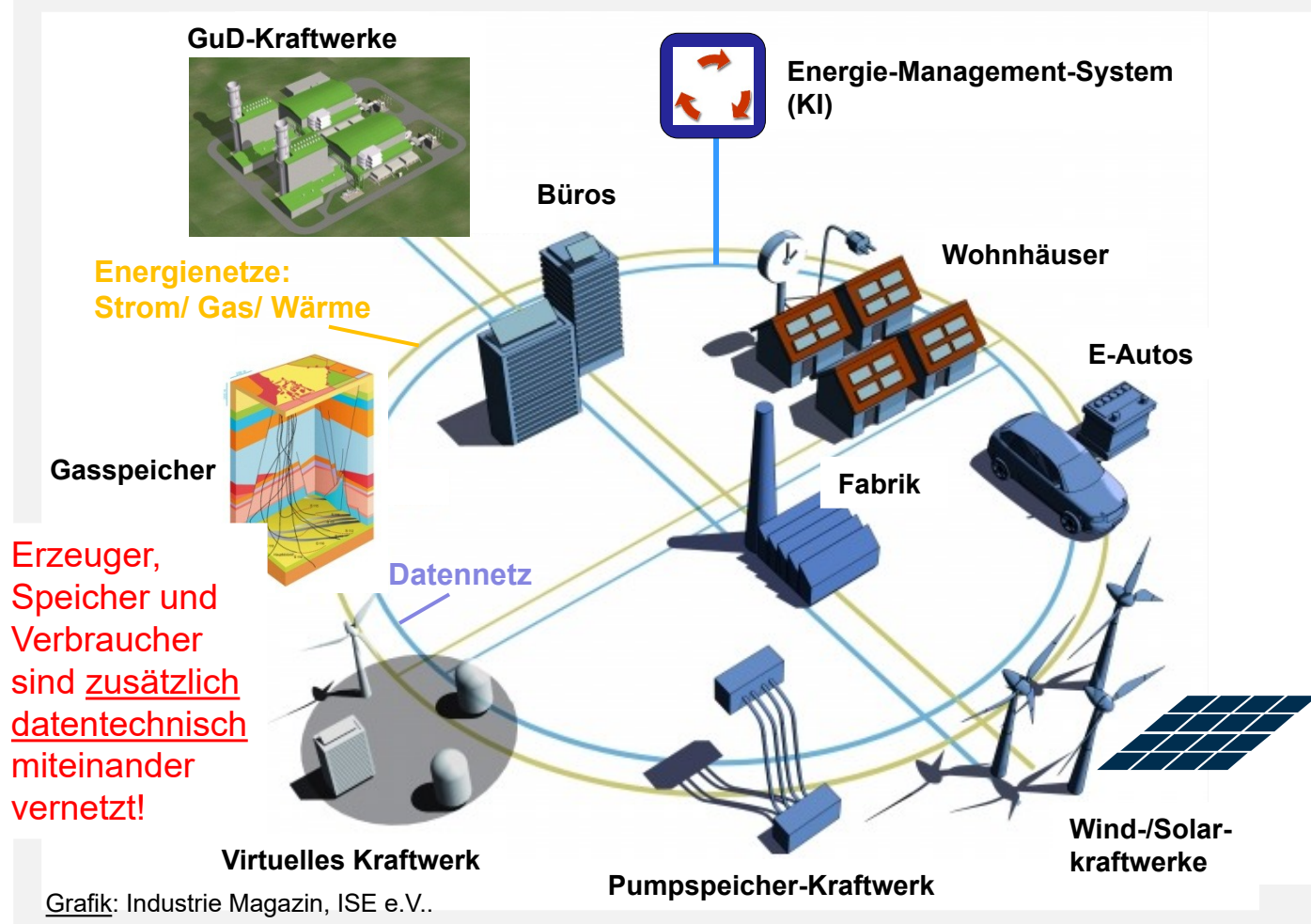


Erzeuger und Verbraucher sind nur physikalisch miteinander verbunden!



Anonymer Verbraucher

Ein schlaues Zukunftsmodell



Vom verbrauchergeführten zum erzeugergeführten Energiesystem mit dem EMS!

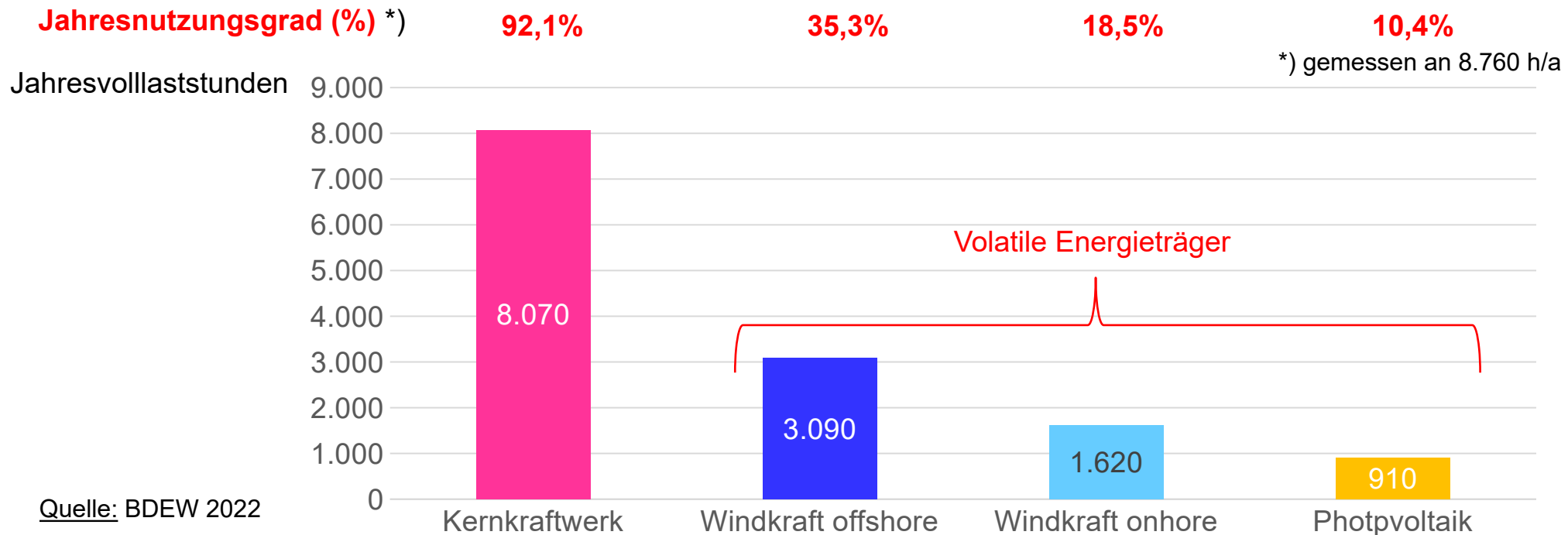


Nutzungsgrad und Stromgestehungskosten von Kraftwerken (1)

Volllaststunden und Nutzungsgrad, Auswahl 2021

Mit den Jahresvolllaststunden wird der Nutzungsgrad von Kraftwerken ermittelt. Sie sind der spezifische „Erntefaktor“ eines Kraftwerktyps.

$$\text{Jahresvolllaststunden (h)} = \frac{\text{Jahresenergie (MWh)}}{\text{Nennleistung (MW)}}$$



Damit man z.B. mit einem PV-Kraftwerk bilanziell die gleiche Jahresenergie erzeugen kann wie ein Kernkraftwerk, muss man die fast 9-fache Nennleistung installieren!

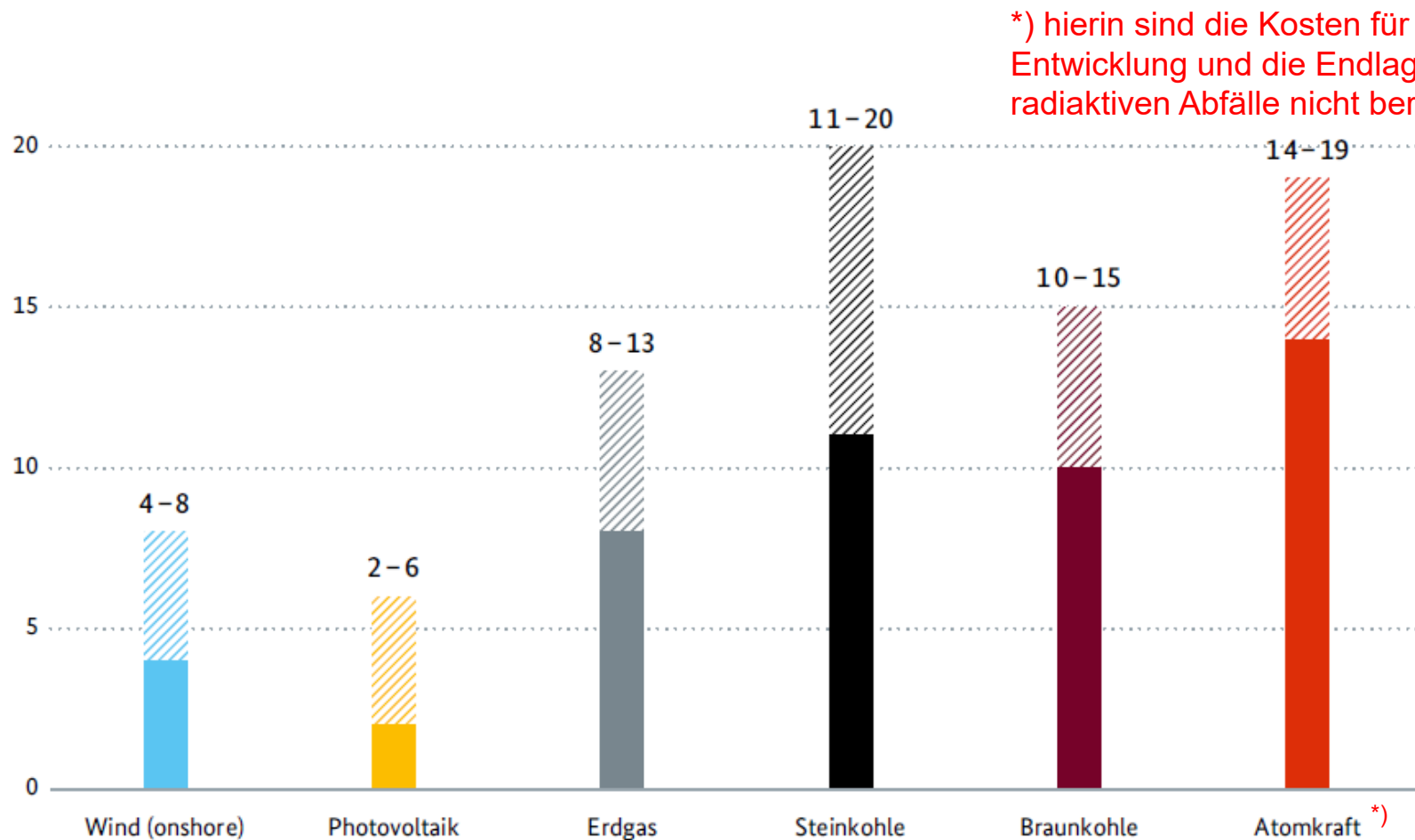
Vorteil der EE: Wind- und PV-Kraftwerke haben keine Brennstoffkosten!

Die Volllaststunden drücken den spezifischen „Erntefaktor“ eines Kraftwerkes aus!

Nutzungsgrad und Stromgestehungskosten von Kraftwerken (2)

Stromgestehungskosten, Auswahl 2021

€/ct/kWh 25

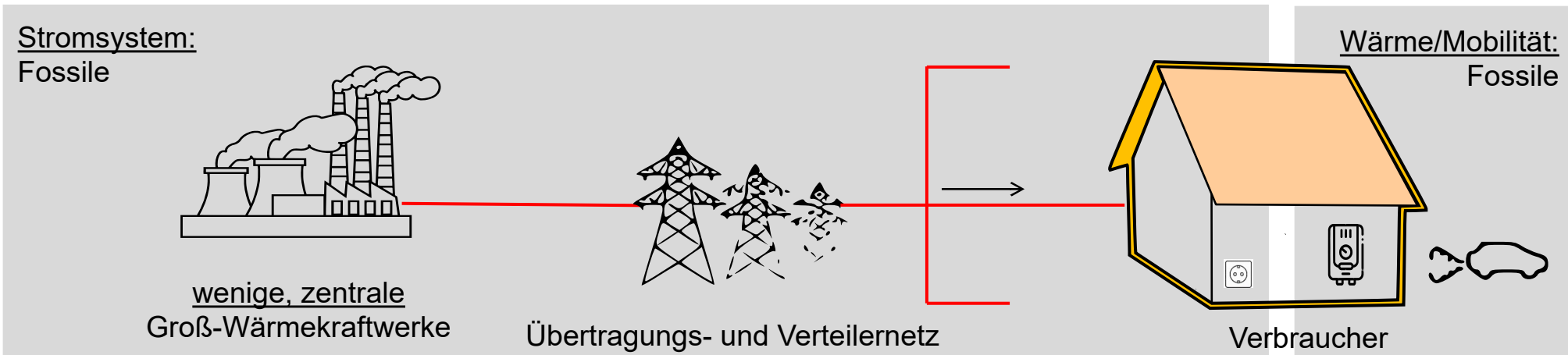


Quellen: Fraunhofer ISE, UBA, DIW; Stand 2021

Die EE-KW sind mit Abstand die kostengünstigsten Kraftwerke!

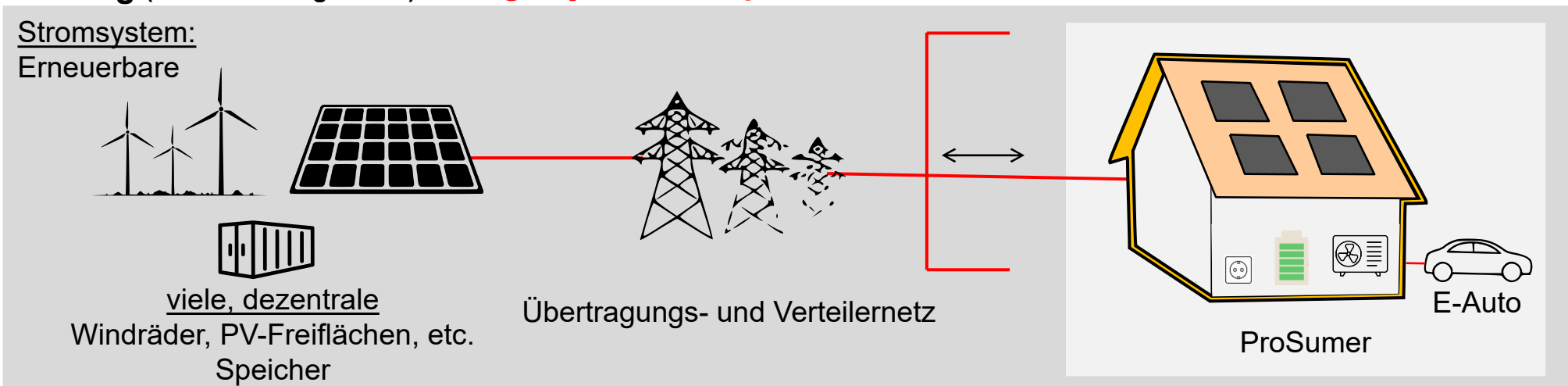
Transformation (1), Energiesystem (1) von den Fossilen zu den Erneuerbaren, Infrastruktur

bisher (z.T. noch Gegenwart) **Energiesystem: Strom (Kohle); Erdgas/Heizöl, Benzin/Diesel: → Fossile**



zukünftig (z.T. schon Gegenwart) **Energiesystem: hauptsächlich Strom: → Erneuerbare**

Quelle: ISE e.V.



Das Energiesystem wird sich zukünftig **hauptsächlich** zum **Stromsystem** entwickeln!
Der **Prosumer** wird dabei zur **Schlüsselkomponente**!



Transformation (2), Kraftwerkspark von Lastbereichskraftwerken zu volatilen EE- und Residuallastkraftwerken

bisher:

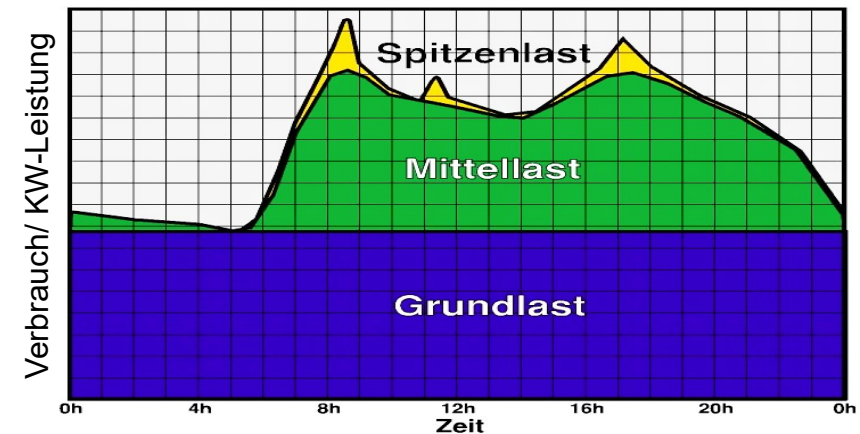
Spitzenlast-KW: Pumpspeicher, GuD mit Erdgas

Mittellast-KW: Steinkohle

Grundlast-KW: Atom, Braunkohle, Laufwasser

wenige, zentrale Groß-Wärme-KW (meist fossil)

Lastregelung: die Erzeugung folgt dem Verbrauch!



Tageslastgang in D, Quelle: billig-strom.de

zukünftig:

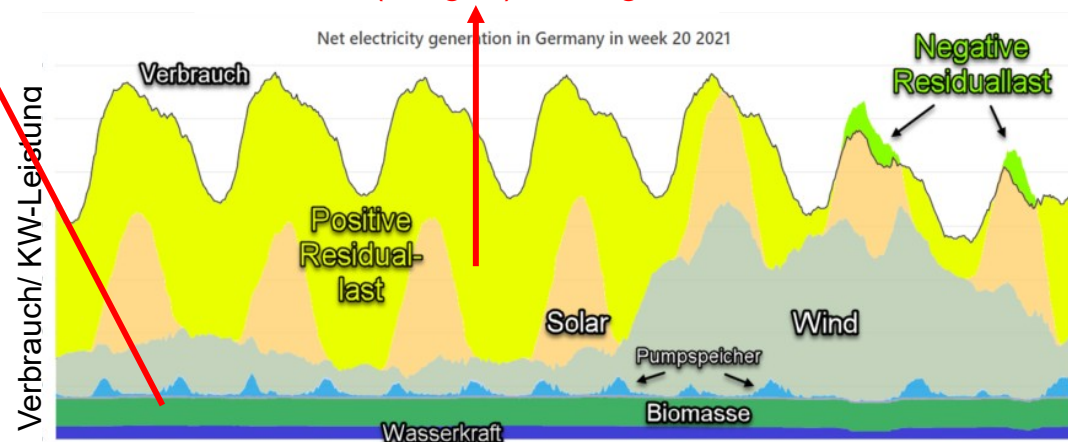
Biogas muss zukünftig zur Verstromung gespeichert werden und damit der Residuallast dienen!

Bis 2035 wird die Residuallast abnehmend durch Kohle- und GuD-KW (Erdgas) bereitgestellt!

Quelle: ISE e.V.

Residuallast-KW: (Groß)-Akku, Pumpspeicher, E-Auto-Schwarmspeicher (V2G), GuD mit Gasspeicher (Bio-CH₄ und H₂ von Elektrolyseuren), EU-Overlay-Netzwerk
Lastverschiebung (schaltbare Verbraucher): Industrie, Haushalt, GHD, Verkehr (E-Autos)
EE-KW (volatil): Wind, PV, Laufwasser

viele, dezentrale EE-KW (inkl. Prosumer)



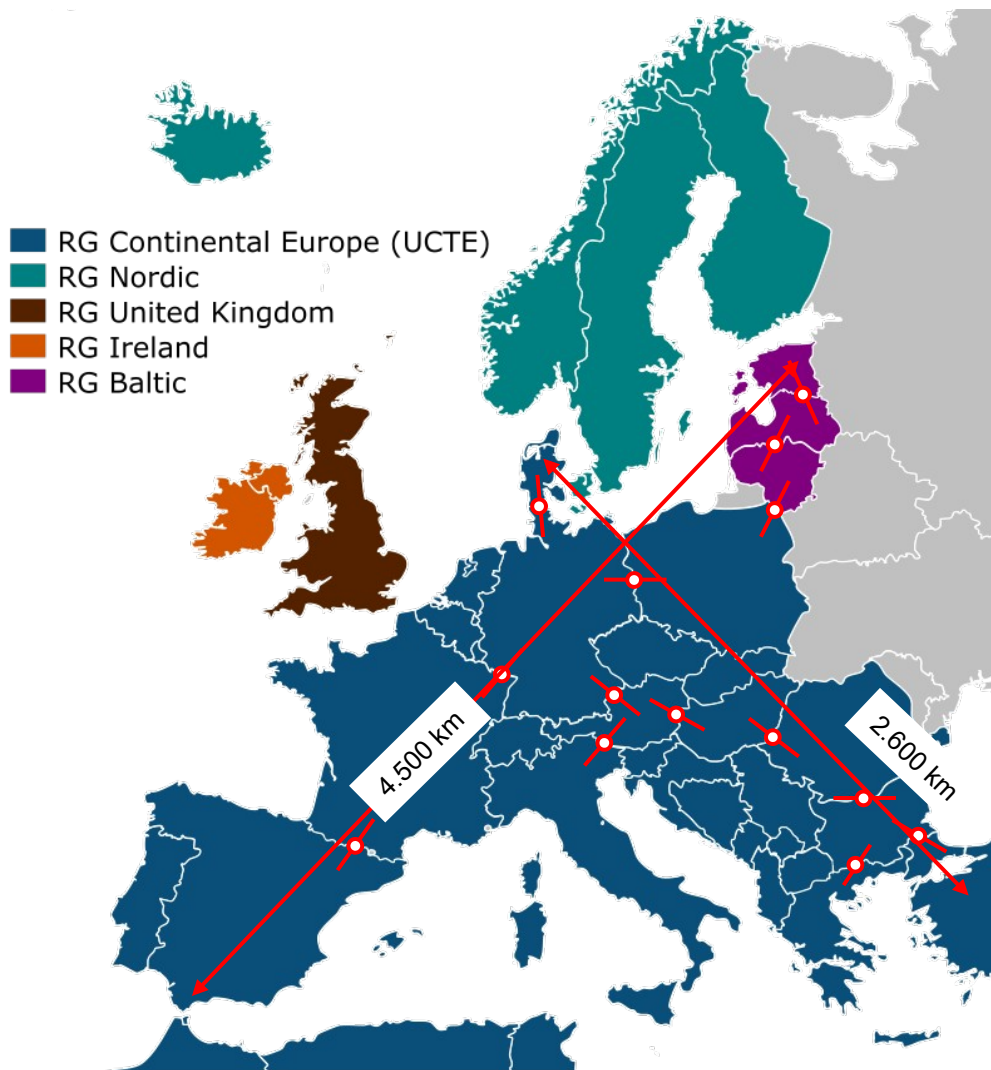
Wochenlastgang in D, Quelle: ee mag

Lastregelung: Paradigmenwechsel: der Verbrauch folgt der Erzeugung!

Zukünftig ist ein umfassendes Energie-Management-System notwendig!

Netzstabilität (1)

Europäische Verbundnetze ENTSO-E



ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) ist ein europäischer Verband, in dem **43 Übertragungsnetzbetreiber Pflichtmitglieder**. Besteht seit 1999.

Aufgaben: Förderung des EU-Binnenmarktes für Strom mit

- **Netzausbau**
- Erarbeitung von **Regeln für den Netzbetrieb**.

UCTE (Union for the Coordination of Transmission of Electricity)

Grenzkuppelstellen (Interkonnektoren), Auswahl:

- D: 20 Stk. mit 9 Nachbarländern mit, ca. 20 GW
- ES: 3 Stk. mit Frankreich, ca. 4 GW

Quelle: ISE e.V., Meta-Studie

Europäische Verbundnetze sorgen für eine hohe Netzstabilität!



IM HERZEN DES EUROPÄISCHEN STROMNETZES

Die wichtigsten Interkonnektoren und Höchstspannungsleitungen (>300 kV) zwischen Deutschland und seinen Nachbarländern.

7) Interkonnektoren:

(Leitungsgebundene Übergabepunkte zu Nachbarländern von D)

- **Leistung (2020):**
 - Export: 20.702 MW
 - Import: 23.311 MW
- **Energie (2020)**
 - Export: 46,7TWh
 - Import: 35,8 TWh
 - **Saldo: 11,0 TWh**

Quelle: [BDEW](https://www.bdew.de)

Netz-
stabilität

„Stabilitäts-Berg“

Sehr kritische Situation fürs Netz:
Erzeuger gehen vom Netz (Inselbetrieb)
→ es droht Netzsammenbruch,
„Blackout“



Last-
Abwurf
„Brownout“

Störung

C

A
Normal-
Betrieb

B

Störung

50,0

Frequenz (Hz)

Die Netzfrequenz ist ein schneller Indikator für das Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch:

A: Erzeugung = Verbrauch: $f=50 \text{ Hz}$; $\pm 0,2 \text{ Hz}$

B: Erzeugung > Verbrauch: $f > 50 \text{ Hz}$, einfach

C: Erzeugung < Verbrauch: $f < 50 \text{ Hz}$, komplex

Quelle: 8) Quellenliste, SE e.V.

Ein Balanceakt, der vom Energie-Management-System erbracht werden muss!



Netzstabilität (4)

Maßnahmen bei Ungleichgewicht: Erzeugung $\neq$ Verbrauch

Erzeugung > Verbrauch: Überschuss an EE

Energieverbraucher

hochfahren/einschalten von Verbrauchern
(vertraglich festgelegt, Smartmeter-Gateway)
→ Wärmepumpen
→ verfahrenst. Prozesse z.B. Alu-Herstellung
→ etc.

Energiespeicher

Einspeicherung von überschüssiger
Energie: P2X

→ Groß-Akkus, PV-Akkus, E-Mobilität
→ Pumpspeicher-Kraftwerke
→ Wärmespeicher
→ Produktion von grünem Wasserstoff
(Saisonalspeicher füllen)

Energieerzeuger

→ Energieerzeuger zurückfahren/abschalten

Prio



Erzeugung < Verbrauch: Mangel an EE

Energieerzeuger

→ Energieerzeuger hochfahren/einschalten

Energieverbraucher

zurückfahren/abschalten von Verbrauchern
(vertraglich festgelegt, Smartmeter-Gateway)
→ Wärmepumpen
→ verfahrenst. Prozesse z.B. Alu-Herstellung
→ etc.

Energiespeicher

Ausspeicherung von gespeicherter
Energie: P2X

→ Groß-Akkus, PV-Akkus, E-Mobilität
→ Pumpspeicher-Kraftwerke
→ GuD-Kraftwerke mit Bio-Methan/H₂ aus
dem Saisonalspeicher-System

Quelle: ISE e.V..

Europäisches Overlay-Netzwerk: Unterstützung bei größeren Wetter- und saisonalen Schwankungen

Energiemarkt: Neben physikalischen Kriterien sind auch Erzeuger- und Verbraucherpreise relevant!

Das Energie-Management-System garantiert die Versorgungssicherheit!

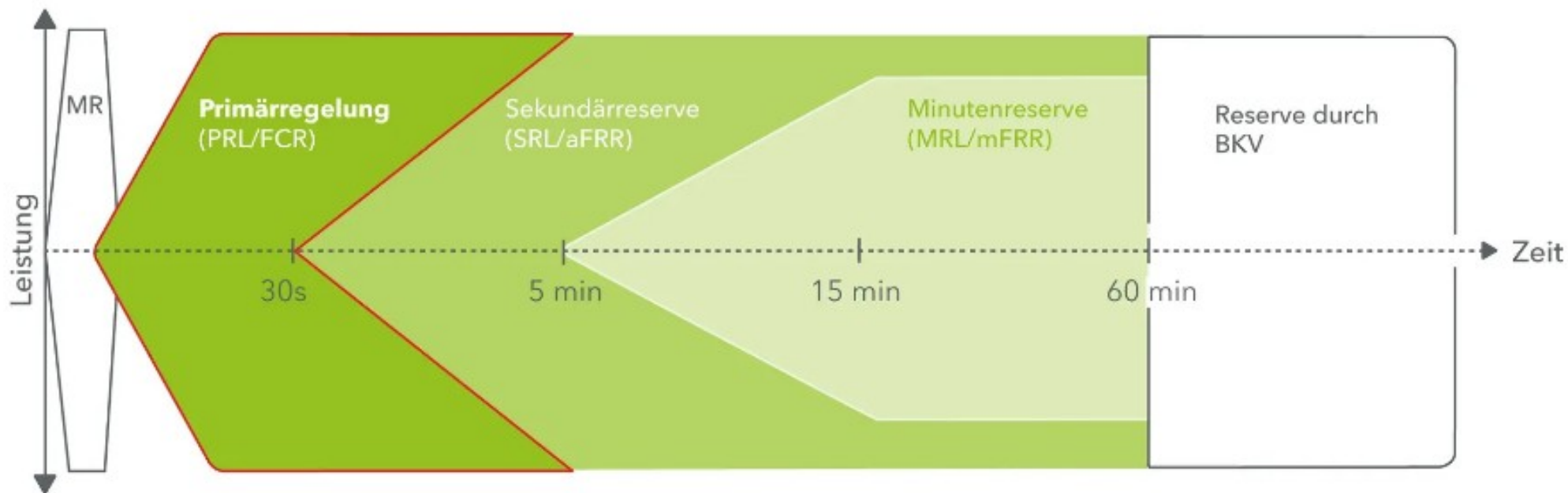
Netzstabilität (5)

Frequenzregelung in der UCTE

- Zur Sicherung der Netzstabilität ist eine aktive Regelung notwendig, die die Übertragungsnetzbetreiber (ÜBN) bei den Kraftwerksbetreibern beschaffen müssen, und zwar mit unterschiedlichen Beiträgen entsprechend den jeweiligen Zeitskalen (siehe unten). Für diese Regelung wird **Regelenergie** benötigt:
- Man benötigt bei zu niedriger Netzfrequenz zusätzliche Einspeisungen oder auch eine Reduktion der Netzlast. Beides wird als **positive Regelenergie** bezeichnet.
 - Bei zu hoher Netzfrequenz muss die Einspeisung reduziert oder die Netzlast erhöht werden (**negative Regelenergie**).
 - Die **Primärregelung** (Sekundenreserve) muss spätestens eingreifen, wenn eine Frequenzabweichung von mindestens 0,2 Hz auftritt. Dann erfolgt innerhalb von 30 Sekunden eine Leistungsänderung, die bei Bedarf mindestens für 15 Minuten durchgehalten werden muss.
 - Die **Sekundärregelung** erfolgt auf der Ebene der Übertragungsnetze und reagiert wesentlich langsamer; sie setzt innerhalb von maximal 15 Minuten ein. Ein zentraler Regler berücksichtigt nicht nur die Netzfrequenz, sondern auch die Leistungsbilanz der jeweiligen Regelzone.
 - Die **Tertiärregelung** (Minutenreserve) wird eingesetzt, um die Sekundärregelung zu unterstützen und entlasten. Hierfür werden z. B. Pumpspeicherkraftwerke oder GuD-Kraftwerke eingesetzt. Auch virtuelle Kraftwerke und PkW-Akku-Schwarmspeicher können genutzt werden.
 - Die **Quartärregelung** dient der Stabilisierung der durchschnittlichen Netzfrequenz als Zeitgeber für Synchronuhren. Letzteres sind Uhren z. B. in manchen Radioweckern und Küchengeräten.

Quelle: 9) Quellenliste.

Die Mechanismen zur Frequenzregelung sind klar geregelt und verpflichtend!



MR: Momentanreserve
PRL: Primärregelleistung
SRL: Sekundenreserve
MRL: Minutenreserve
BKV: Bilanzkreisverantwortlicher

Quelle: next, Primärregelleistung

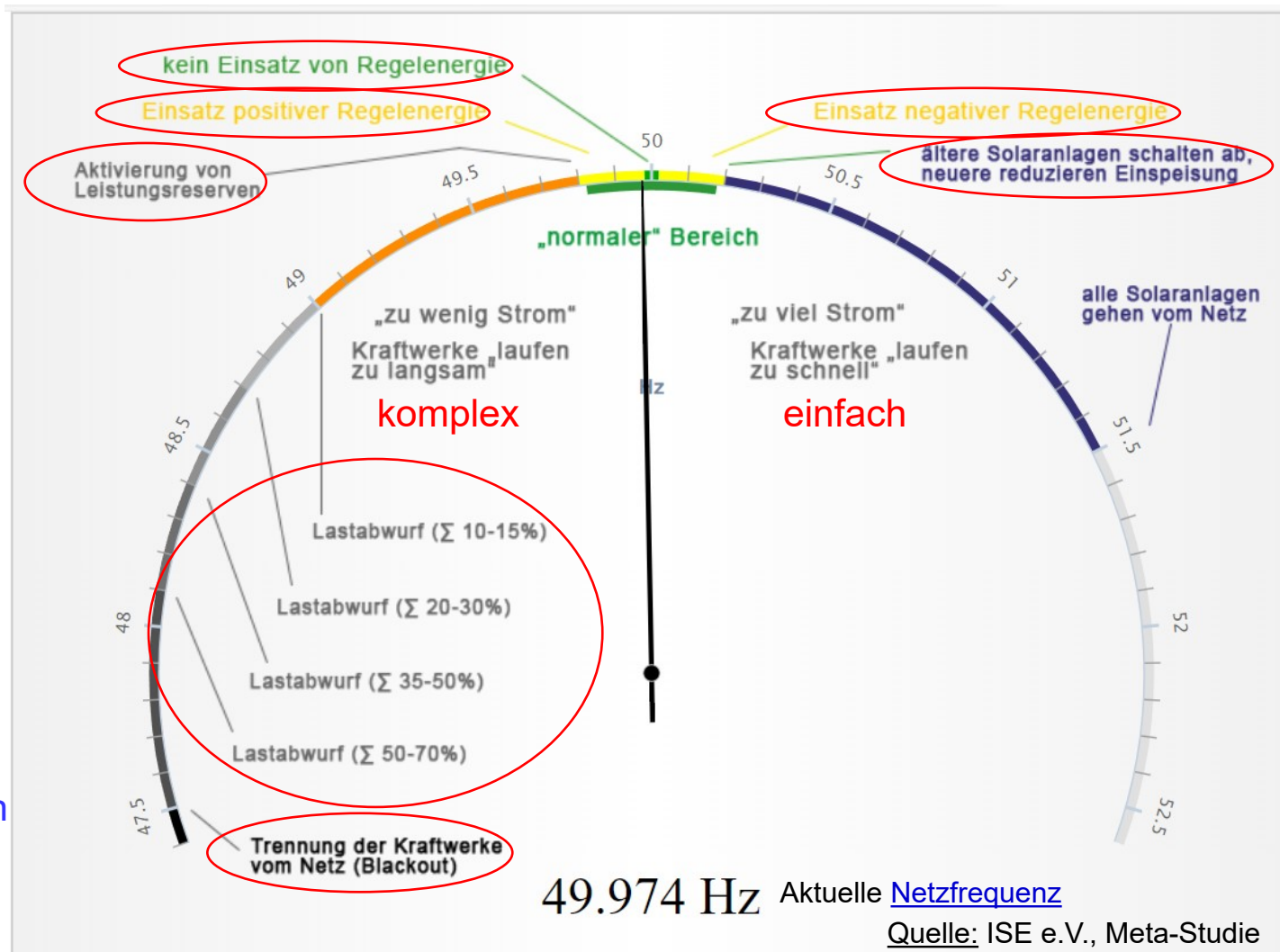
Die Regelbereiche sind klar definiert!

Netzstabilität (7)

Regularien zur Netzstabilität

Die Netzstabilität wird durch die Ü-Netzbetreiber nach gesetzlichen Vorgaben (Abschaltverordnung) geregelt. Hauptregelgröße ist dabei die Frequenz: Sollwert=50 Hz.

- Totband: 50 Hz;
± 0,01 Hz
keine Aktivitäten
- Normalbetrieb: 50 Hz;
(Regelbetrieb)
± 0,2 Hz;
- Störung: 50 Hz;
+ 1,5 Hz bis -1 Hz
- Lastabwurf: < 49 Hz;
automatische, gestaffelte
Abschaltung von Netzabgängen
→ „**Brownout**“
- „**Blackout**“: < 47,5 Hz;
Trennung der Kraftwerke vom
Netz

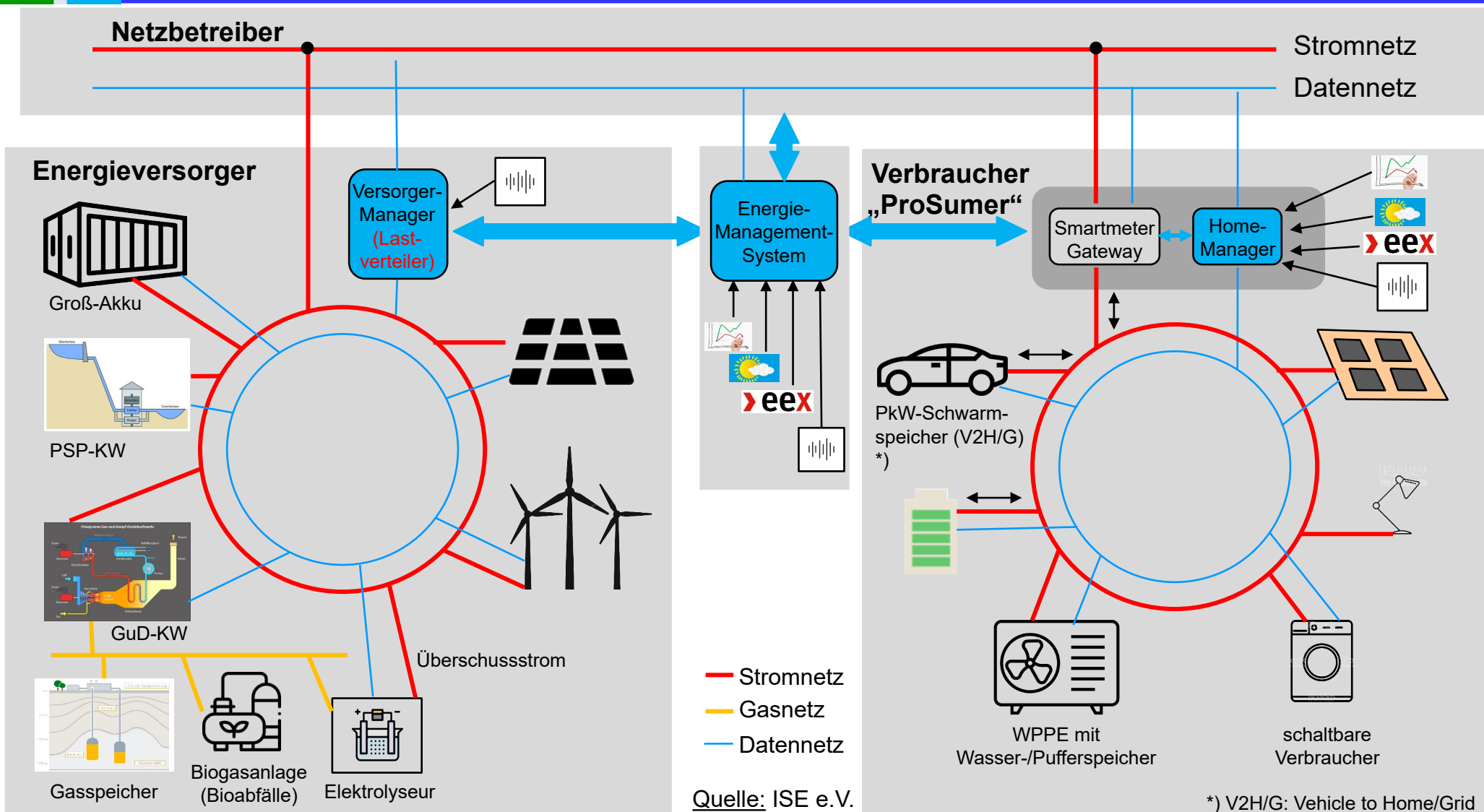


AMPRION: Stabile Netze in Zeiten der Energiewende
Der Werkzeugkasten der Systemführung

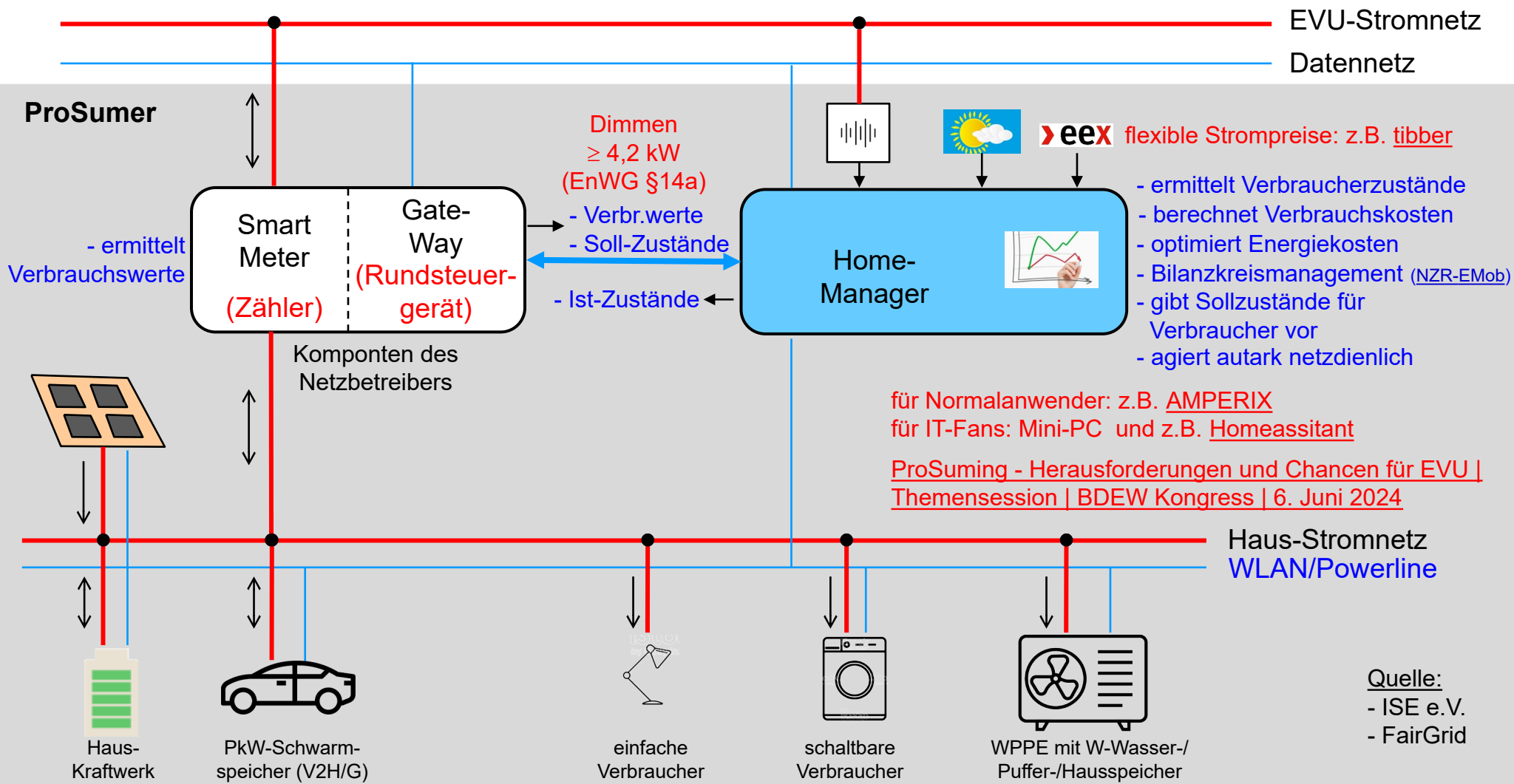
Quelle: ISE e.V., Meta-Studie

Die Schwellwerte bei der Frequenz bestimmen die Handlungen zur Netzstabilität!

Netzstabilität (8), Die Energie-Management-Systeme (EMS) notwendige Energie-Organisation in der EE-Welt



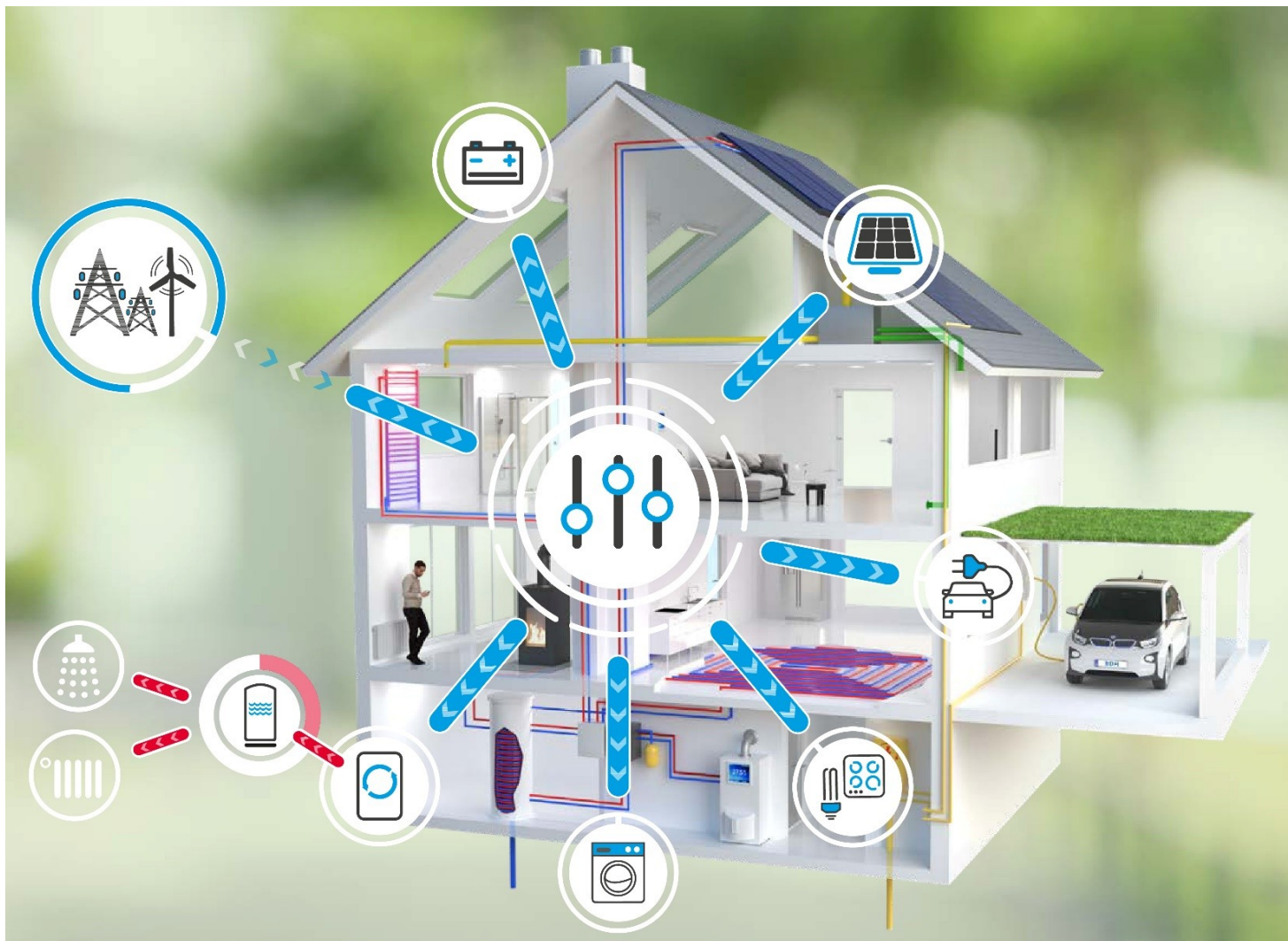
Die EMS sind notwendige Voraussetzung für die Energiewende!



Smart Meter-Gateway und Home-Manager organisieren zukünftig den ProSumer!

Netzstabilität (9)

Prosumer (2) netzdienliche Integration (1)



Quelle: BDH

Alle möglichen Komponenten des ProSumers sind netzdienlich über das EMS eingebunden!

Die zukünftige Kraftwerkslandschaft mit EE-Kraftwerken und Residuallastkraftwerken hat viel komplexere Funktionen für die Netzstabilität als das Energiesystem der Vergangenheit. Deshalb müssen auch bei den ProSumern Maßnahmen getroffen werden, die der Netzstabilität dienen und vom Netzbetreiber vergütet werden (mit eigener Frequenzüberwachung):

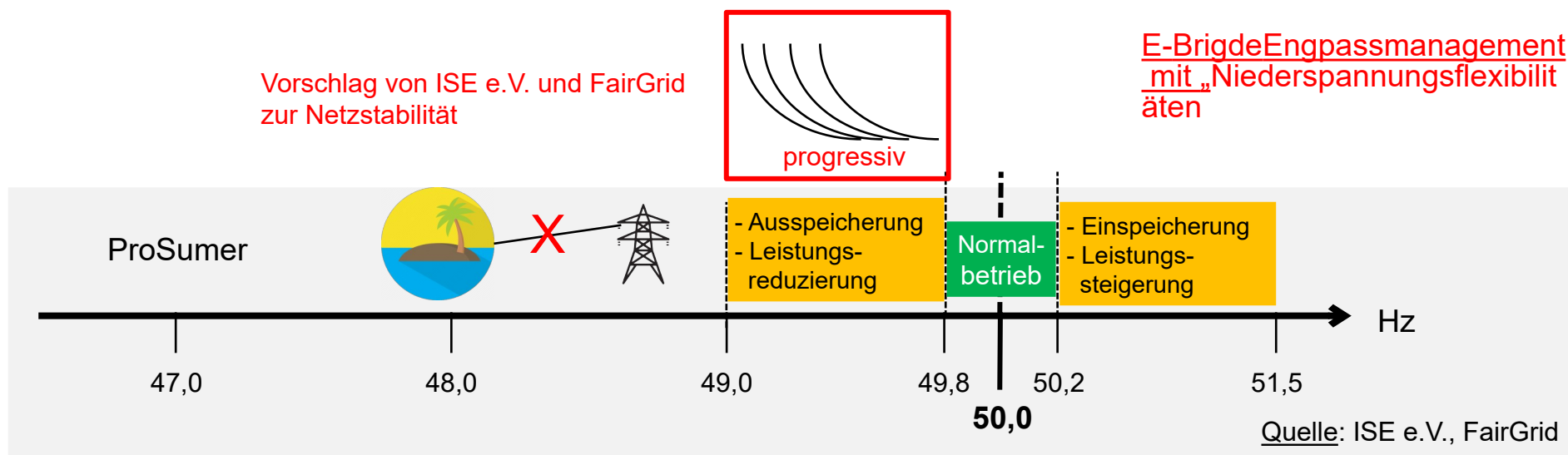
> 50,2 Hz: Einspeicherung: EMS entlastet das Netz durch Akku- und Wärmespeicherung

Leistungssteigerung: EMS steigert die Leistung ausgewählter Verbraucher

< 49,8 Hz: Ausspeicherung: EMS stellt Akkuladung für das Netz zur Verfügung

Leistungsreduzierung: EMS reduziert die Leistung ausgewählter Verbraucher

< 49,0 Hz: Inselbetrieb: falls Inselbetrieb möglich → Netztrennung



Zukünftig müssen auch die ProSumer über ihr EMS netzdienlich agieren (mit Vergütung)!

NZR-EMob:

Netzzugangsregeln zur Ermöglichung einer ladevorgangsscharfen bilanziellen Energiemengenzuordnung für Elektromobilität

Quelle: BNA, 21.12.2020
Beschlusskammer 6

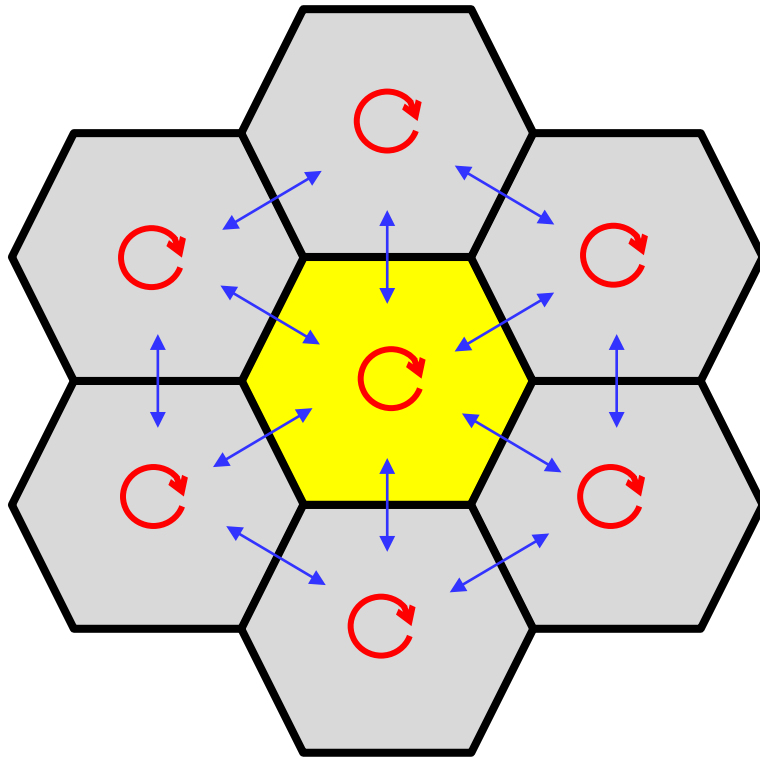
- **Ladevorgangsscharfe Bilanzierung** auf der Basis von Transaktionsdaten
- **Umsetzung mit Standardhardware.** iMSys. Keine proprietären Systeme. Standardisierte Prozesse.
- **Bundesweit ausgerollt.** Pilot mit 50 Hertz, Stromnetz Berlin und Lichtblick in 2022, seitdem Inbetriebnahme in drei Regelzonen mit verschiedenen VNB und Lieferanten.

Quelle: Dr. Arwen Colell, decarbon1ze, 06.06.2024

Damit kann ein virtuelles Bilanzierungsgebiet geschaffen werden!

Das Energiewabensystem (1)

Prinzipien



Das Energiewabensystem erfüllt 3 Aufgaben:

1. Möglichst bilanzielle Autarkie der einzelnen Wabenzellen mit dem Energiemanagementsystem
2. Wabenzellen mit mehr EE-Potenzial als ihr Bedarf kompensieren Wabenzellen mit niedrigem EE-Potenzial.
3. Versorgungssicherheit durch dynamischen Ausgleich zwischen den Wabenzellen.
→ Kompensation der „Dunkelflauten“ und „Hellbrisen“

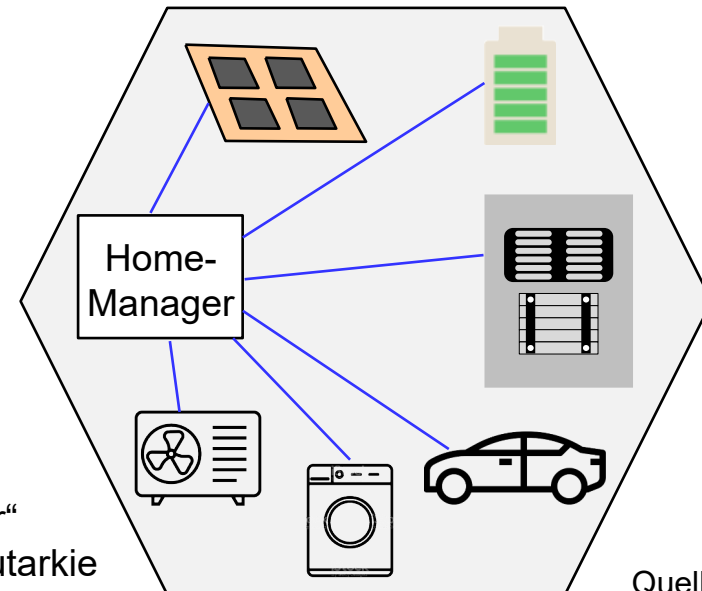
Hierdurch wird ein optimales wirtschaftliches Energie-System geschaffen, dass auch eine ausgeglichene Energie-Handelsbilanz ermöglicht!

Autarkie und Solidarität ergänzen sich zu einem idealen Energiesystem!

Das Energiewabensystem (2)

Grundsätzliches

- Das **Energiewabensystem** ist die Basis für **Autarkie und Energieausgleich**.
Die **kleinste Wabenzelle** - das Einfamilienhaus - **kann** über ein Dorf, einen Landkreis, ein Bundesland bis zum Bund bzw. der EU **hochskaliert werden**.



Kleinste Wabenzelle „Prosumer“
mit möglichst wirtschaftlicher Autarkie

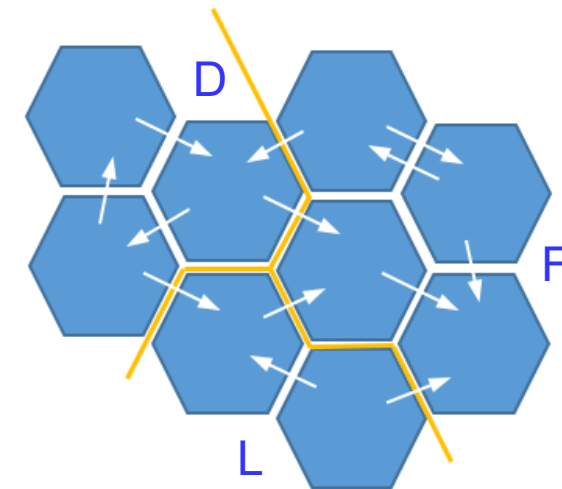
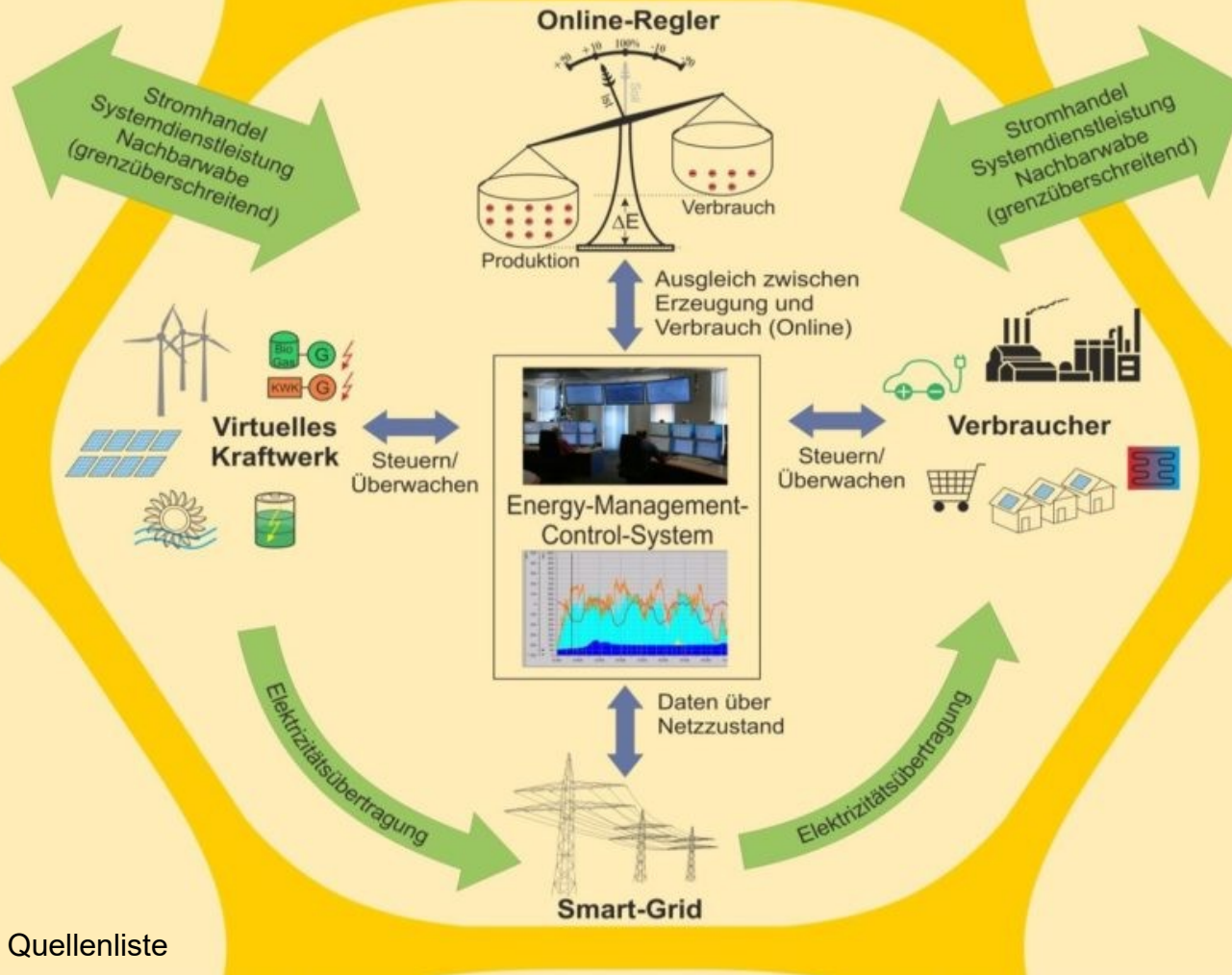
Quelle: ISE e.V.

Studien müssen die wirtschaftlichen Optima für Skalierungsebenen herausfinden!

Das Energiewabensystem (3)

Beispielprojekt: Dreiländereck D - F - L

11)

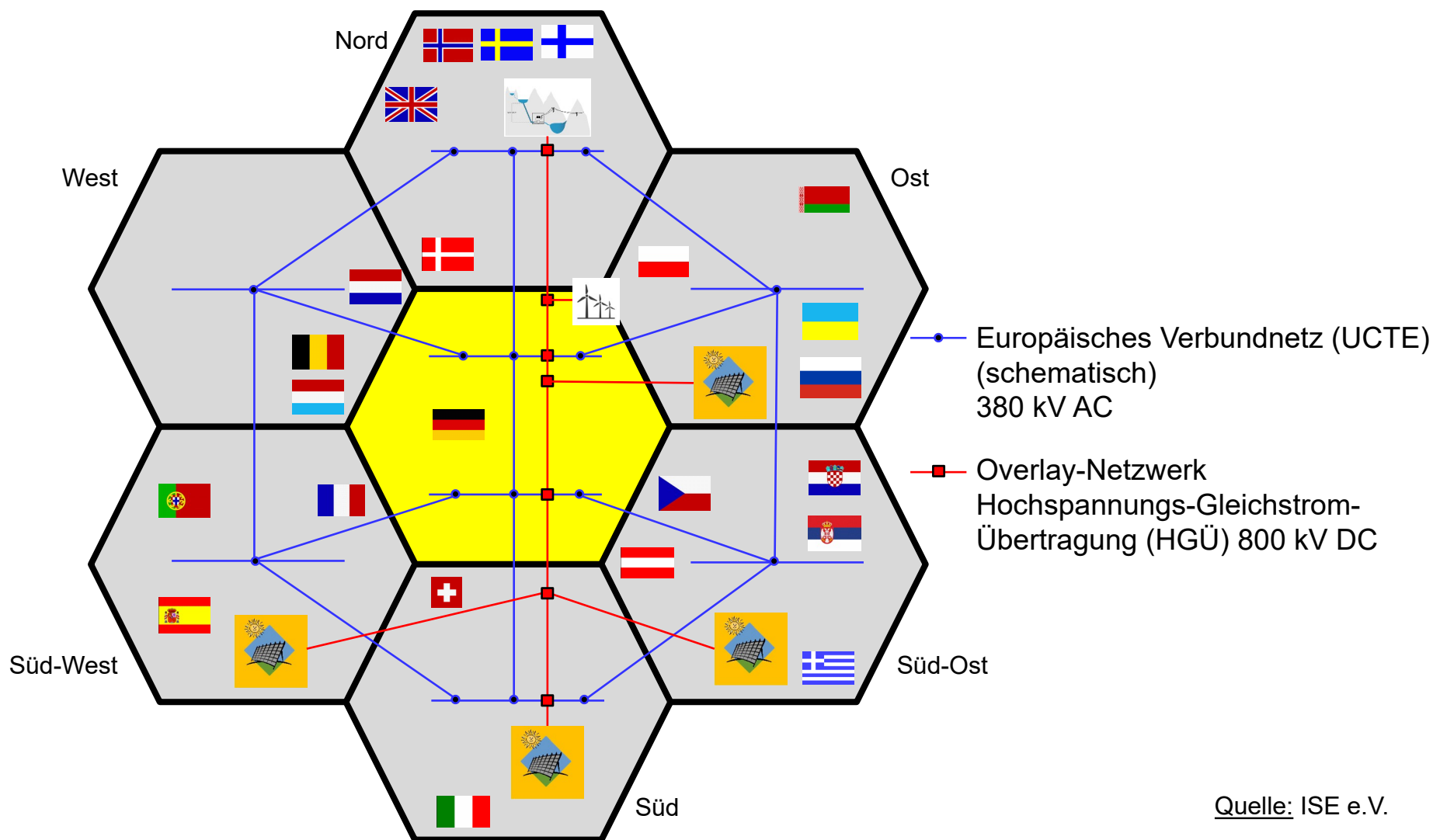


Quelle: 11) Quellenliste

Energiewabennetz: möglichst autark und bei Bedarf solidarisch –
eine umsetzbare Vision für Deutschland, Europa und die Welt!

Das Energiewabensystem (4)

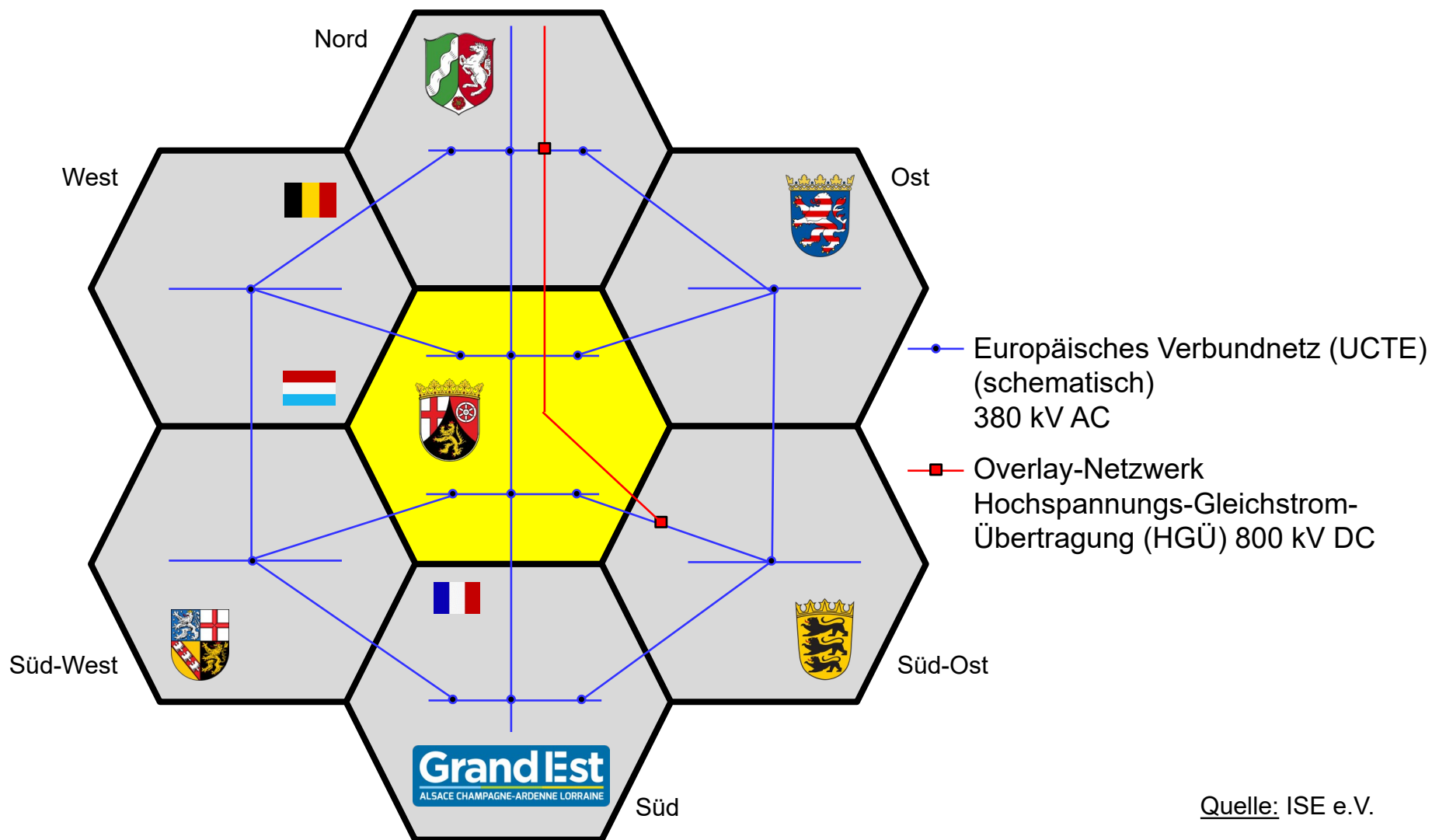
Deutschland als Wabenzelle in Europa



Ein ideales Energie-Europa

Das Energiewabensystem (5)

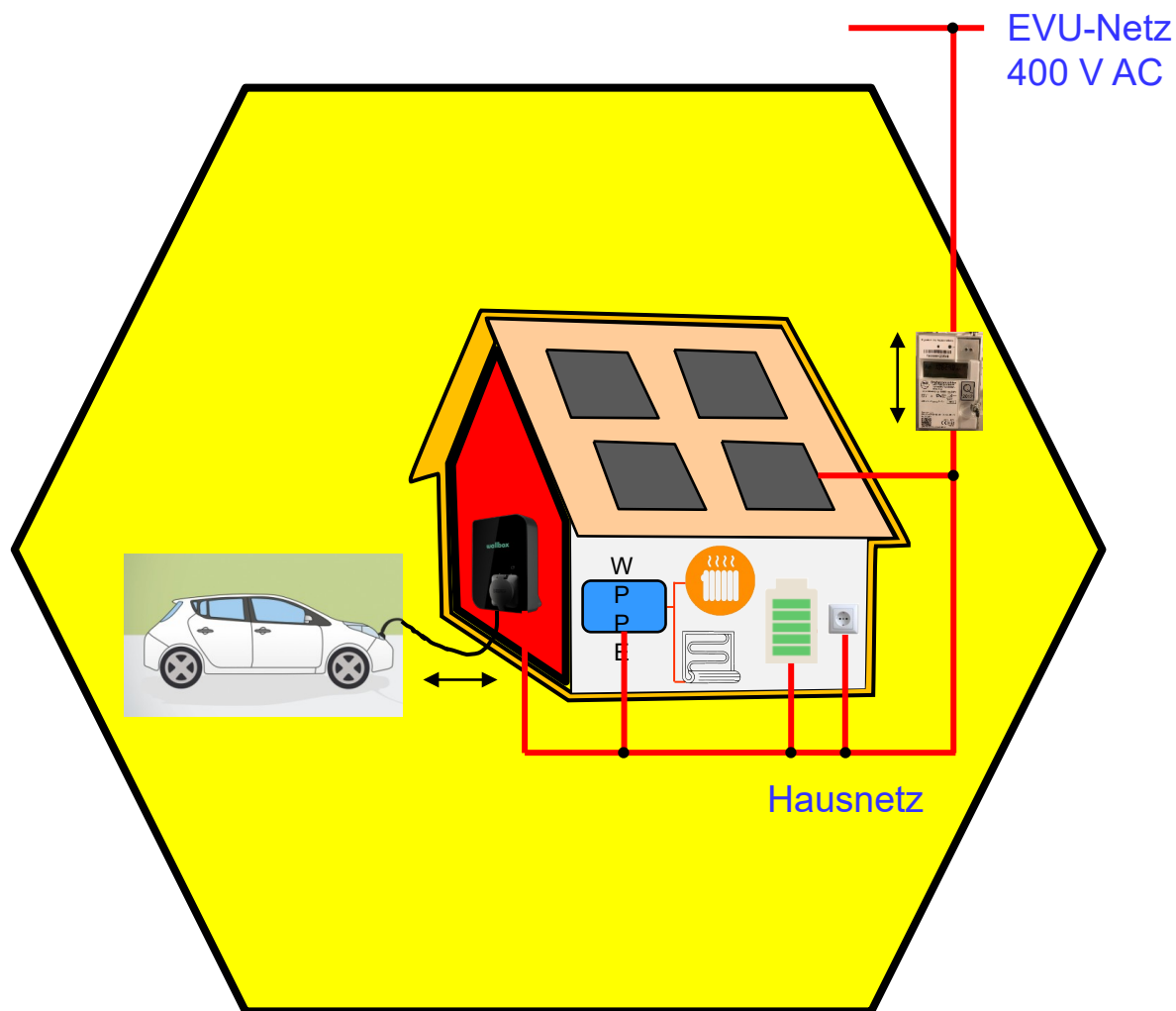
Rheinland-Pfalz als Wabenzelle in Deutschland



Auch Rheinland-Pfalz interagiert energetisch mit seinen Nachbarregionen

Das Energiewabensystem (6)

Sektorkopplung beim Verbraucher: „Prosumer“ (1)



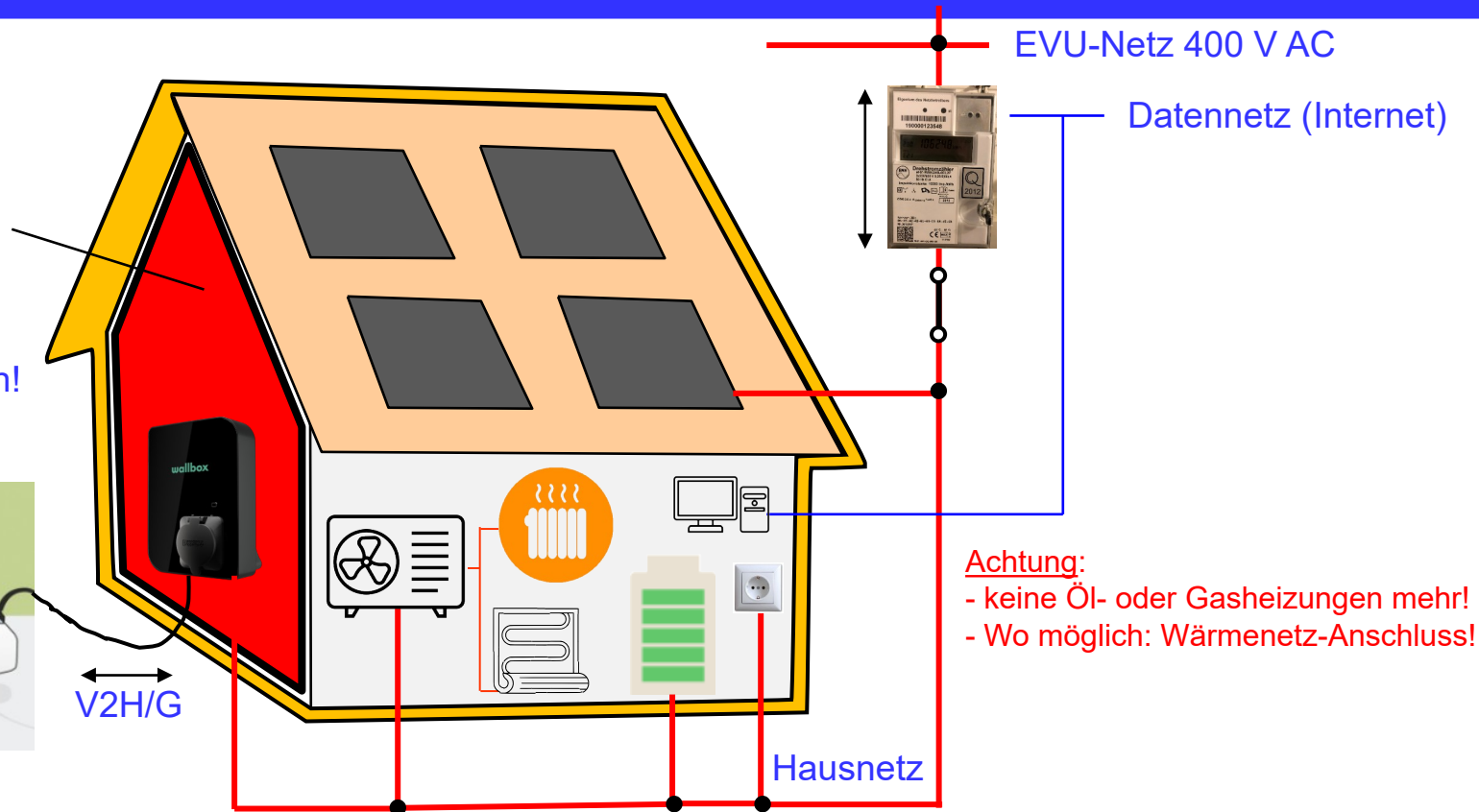
Quelle: ISE e.V.

Wirtschaftliche Autarkie und Verbund mit den Nachbarn:
 Die kleinste Zelle im Energiewabensystem!

Das Energiewabensystem (6) Prosumer (1) im Ein- und Mehrfamilienhaus (1) Funktionsprinzip und Komponenten: Bausteinkasten

Notwendige energetische Minimal-Sanierung!

- doppelverglaste Fenster
- Dämmung der Obergeschossdecke und bei Bedarf Kellerdecke
- Wirtschaftlichkeit beachten!



Achtung:
- keine Öl- oder Gasheizungen mehr!
- Wo möglich: Wärmenetz-Anschluss!

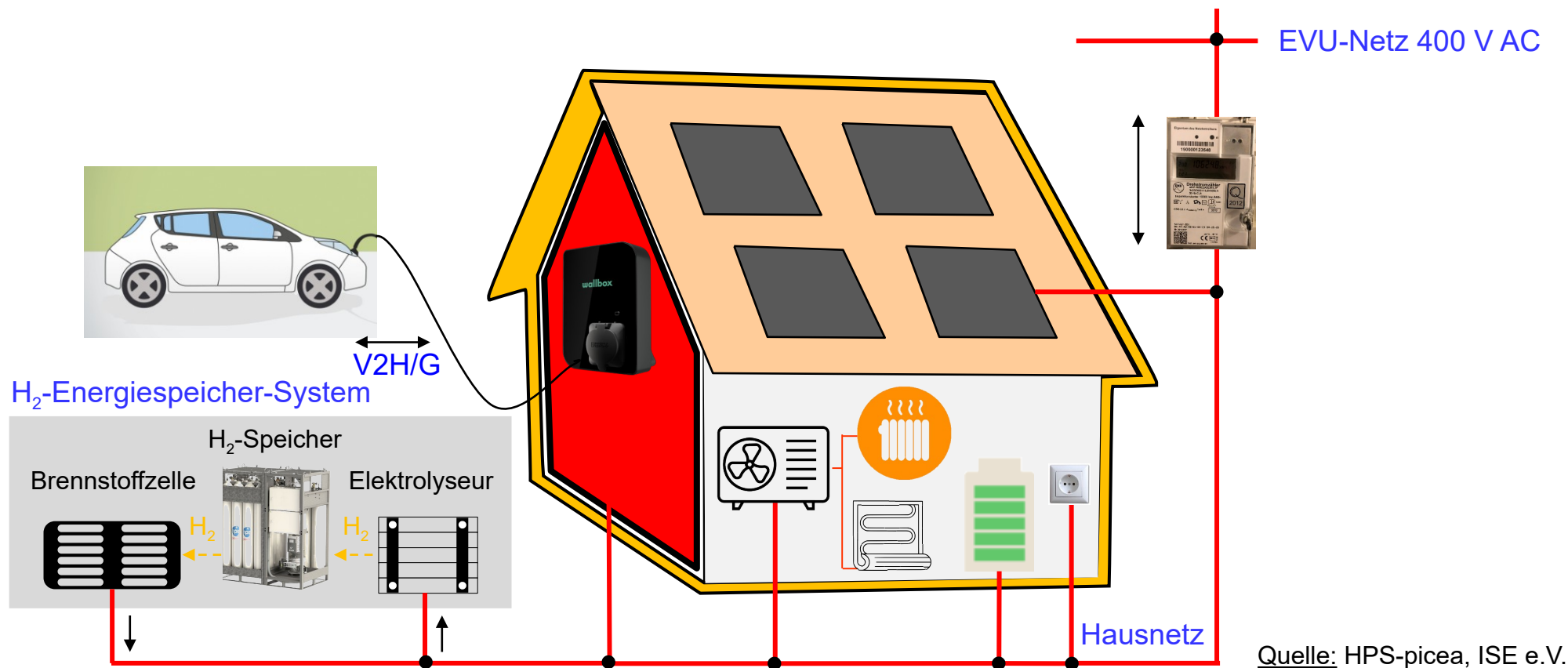
- Hauskraftwerk (PV auf Dach/Balkon mit Batterie), Überschussstrom ins EVU-Netz
- Fossile Wärmeerzeuger durch Wärmepumpen (z.B. Luft-Wasser / Luft-Luft) bzw. Wärmenetz ersetzen
- E-Auto, zukünftig mit bidirektionalem Laden, V2H/G fürs Hausnetz und das EVU-Netz
- Energiemanagement-System mit Ersatzstrom-Umschaltung für Inselbetrieb
- EE-Maßnahmen sollten mit dem Energieberater bei notwendigen Instandhaltungen geplant werden

Quelle: ISE e.V.

Prosumer: Im Neubau **UND** Bestand einsetzbar!

Energiekopplung (Produzent und Konsument): → wirtschaftliche Autarkie bis zu 80% erreichbar

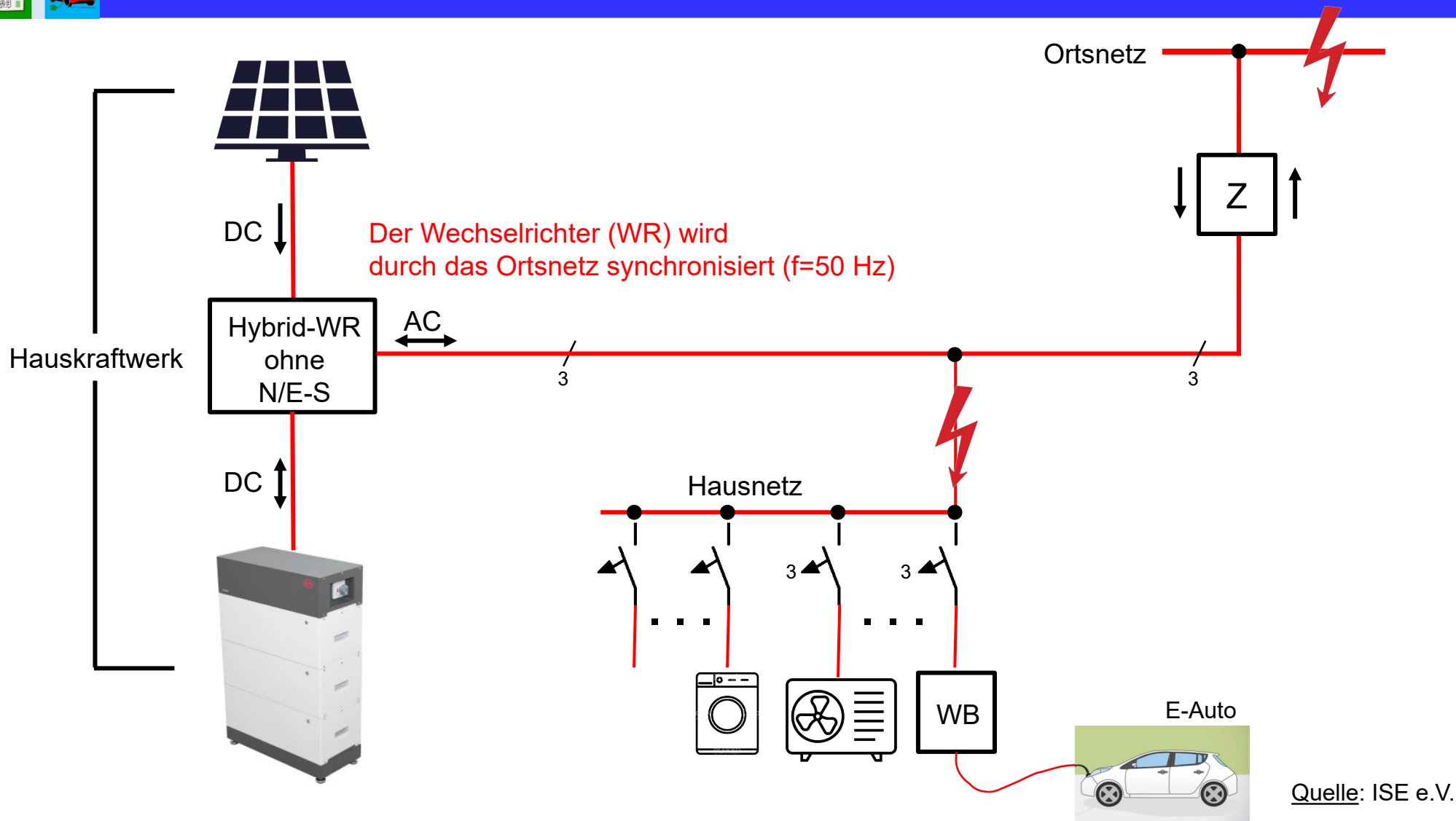
Das Energiewabensystem (6) Prosumer (1) Ein- und Mehrfamilienhaus (2) Sommer-Winter-Ausgleich



- Mit dem H₂-Energiespeicher-System ist der Prosumer für den saisonalen Energieausgleich im Inselbetrieb komplett.

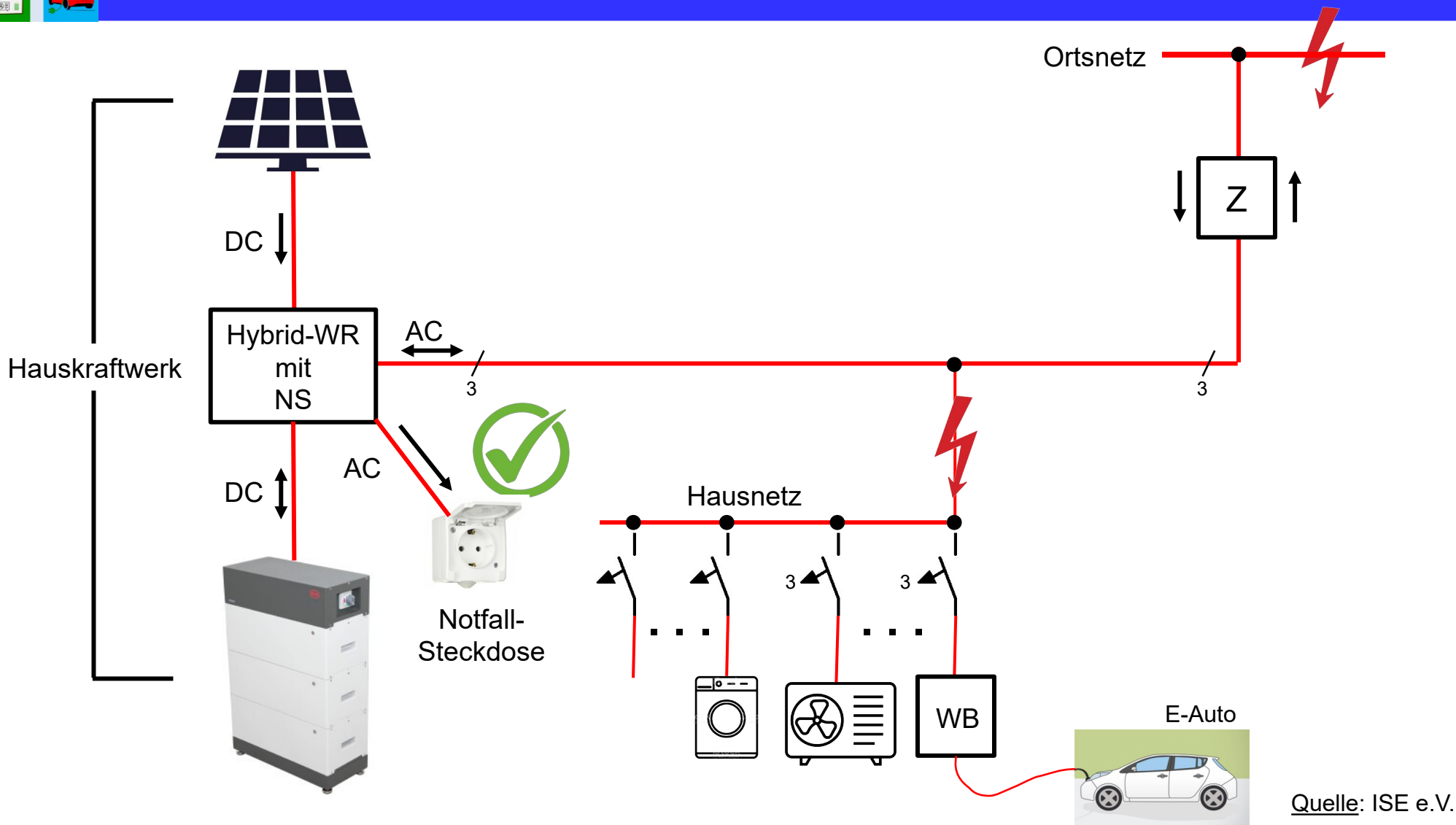
Im städtischen und ländlichen Bereich derzeit nicht wirtschaftlich darstellbar!

Das Energiewabensystem (6) Prosumer (1) Ein- und Mehrfamilienhaus (3) Stromausfall (1): ohne Notfall-/Ersatzstrom (N/E-S)



Ausfall Ortsnetz: gesamtes Hausnetz fällt aus, trotz funktionierender PV und Batterie!

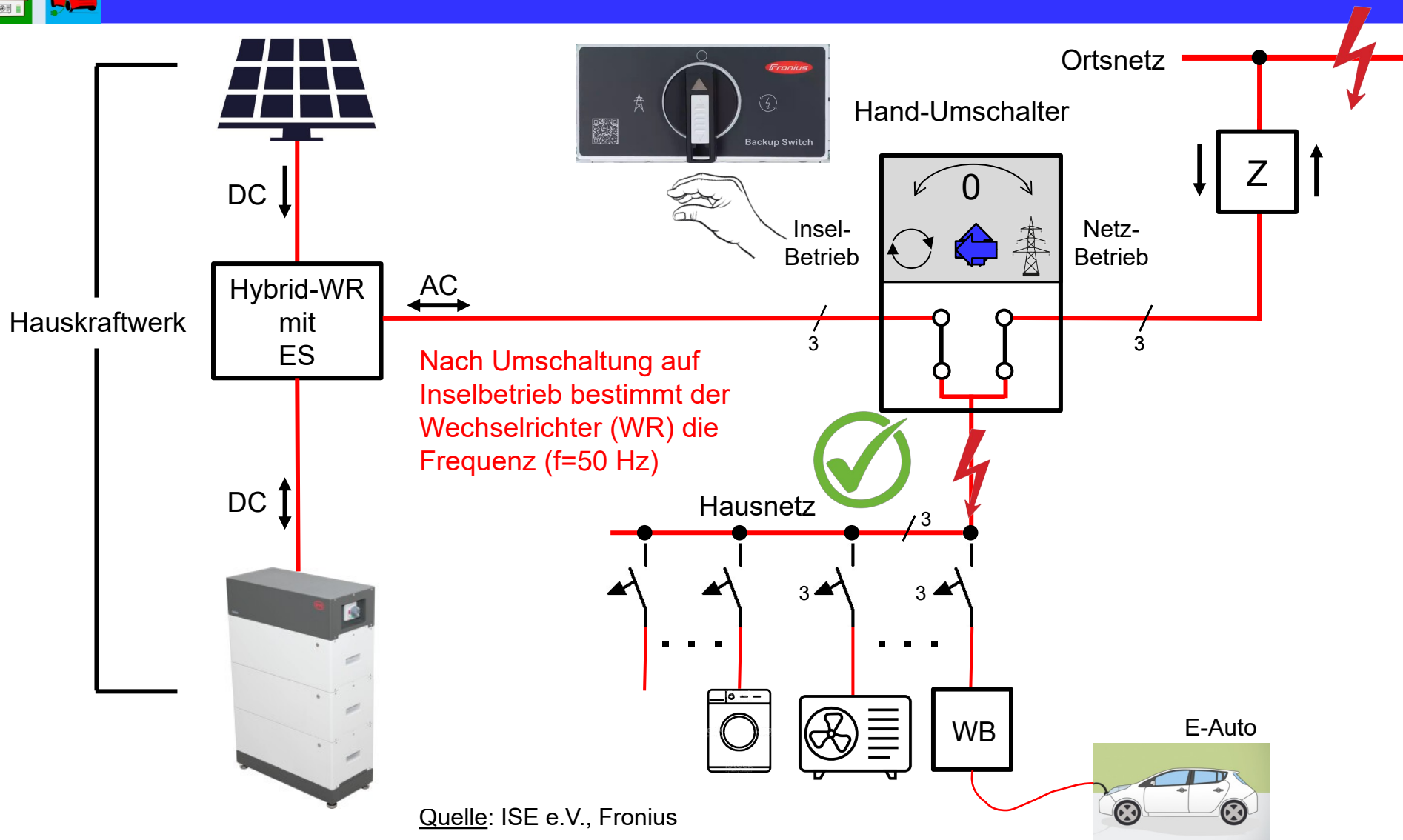
Das Energiewabensystem (6) Prosumer (1) Ein- und Mehrfamilienhaus (3) Stromausfall (2): mit Notfallsteckdose



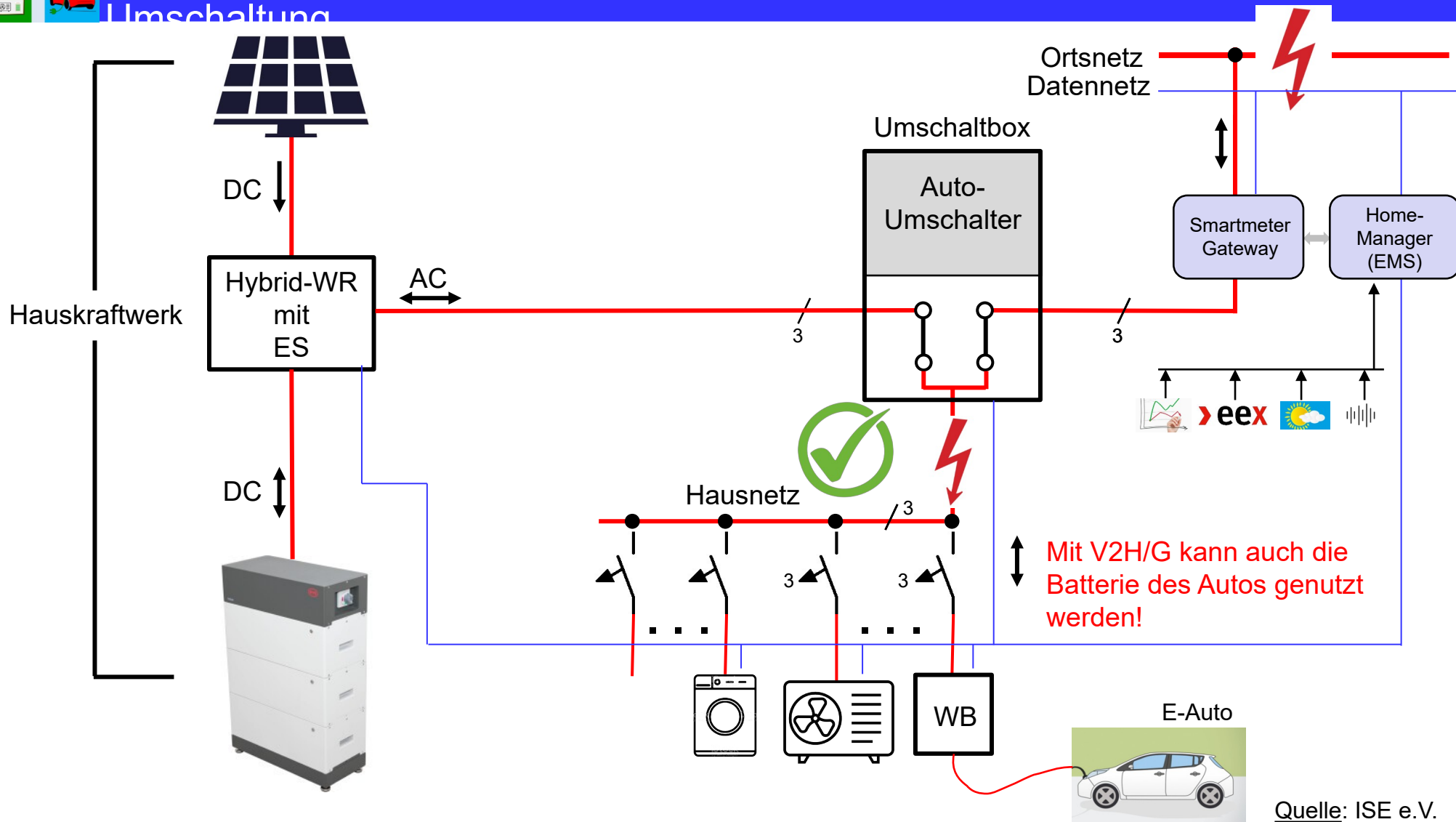
Quelle: ISE e.V.

Ausfall Ortsnetz: Notfallsteckdose versorgt noch kleine wichtige Verbraucher!

Das Energiewabensystem (6) Prosumer (1) Ein- und Mehrfamilienhaus (3) Stromausfall (3): Ersatzstrom im Inselbetrieb (1) mit Handumschaltung



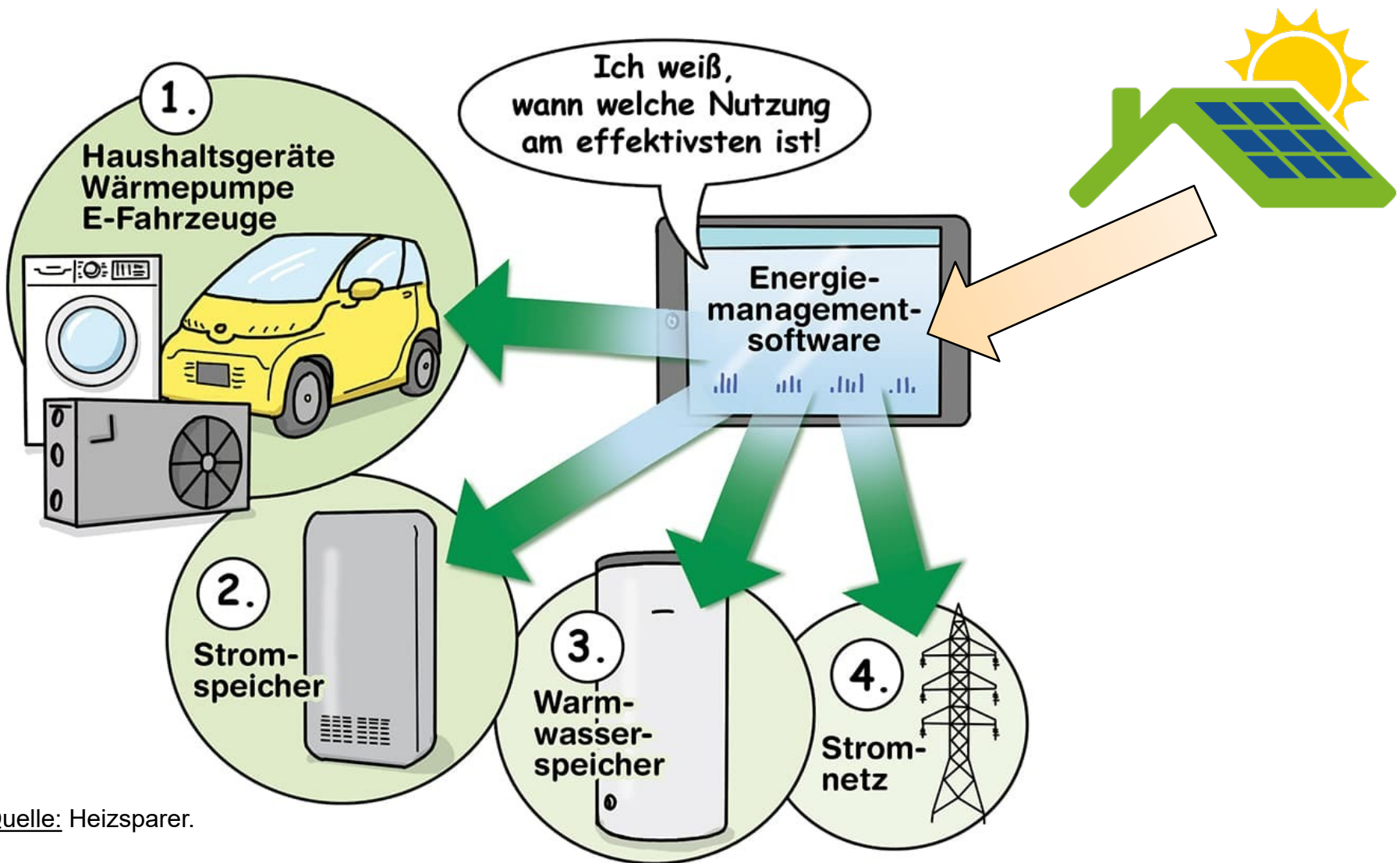
Ausfall Ortsnetz: händische Umschaltung auf Inselbetrieb mit voller Funktionalität!



Quelle: ISE e.V.

Ausfall Ortsnetz: automatische Umschaltung auf Inselbetrieb mit voller Funktionalität!

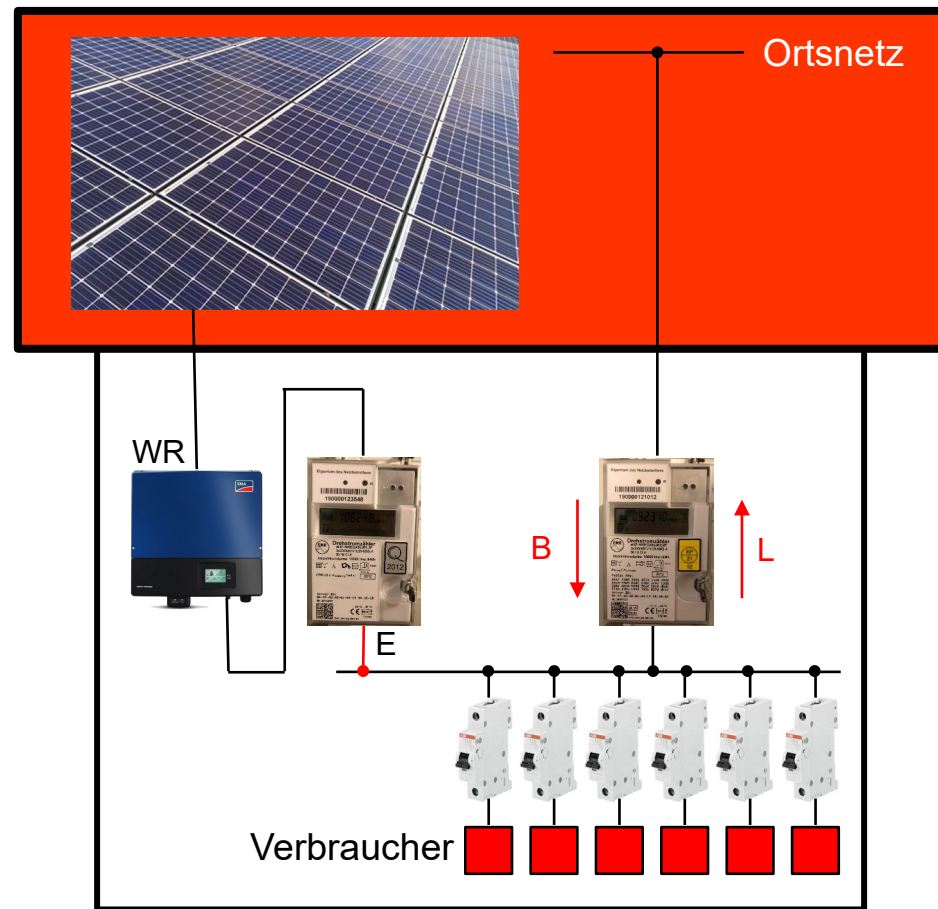
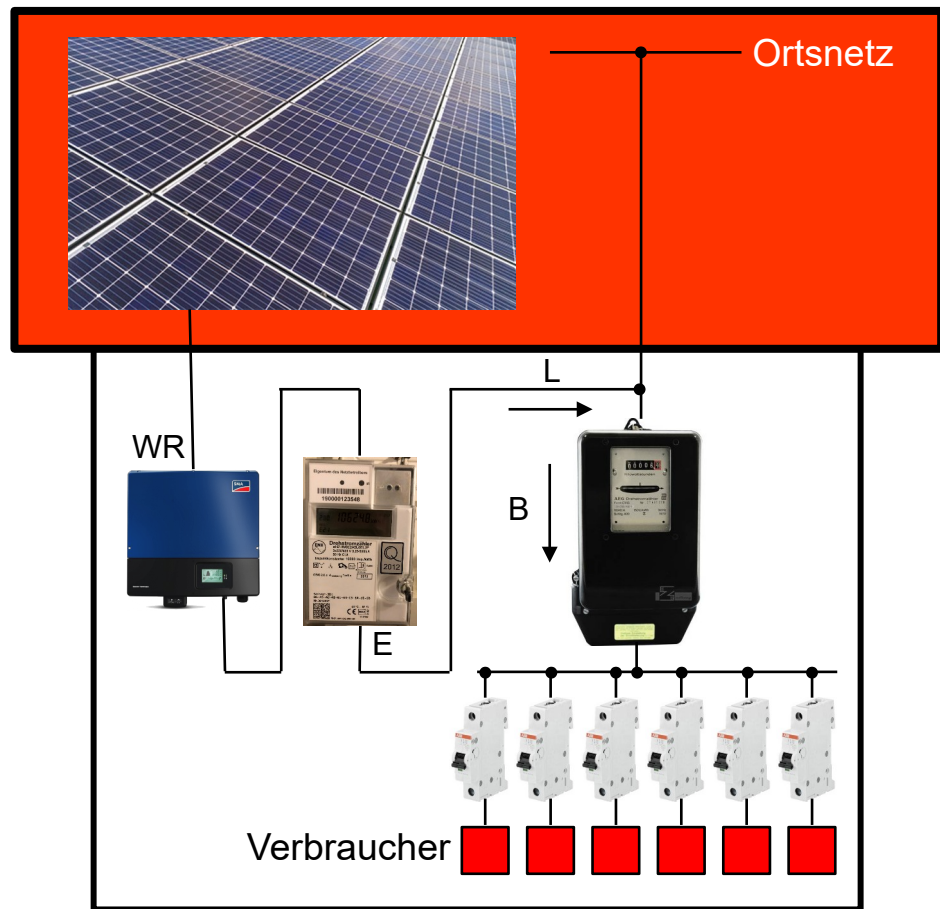
Das Energiewabensystem (6) Prosumer (1) Ein- und Mehrfamilienhaus (4) Das EMS beim Verbraucher



Quelle: Heizsparer.

Mit „Power to x“ wird die optimale Betriebsweise „gefahren“!

Das Energiewabensystem (6) Prosumer (1) Ein- und Mehrfamilienhaus (5) vom Voll- zum Stromüberschuss-Einspeiser



B: Bezug
E: Erzeugung
L: Lieferung
WR: Wechselrichter

vorher

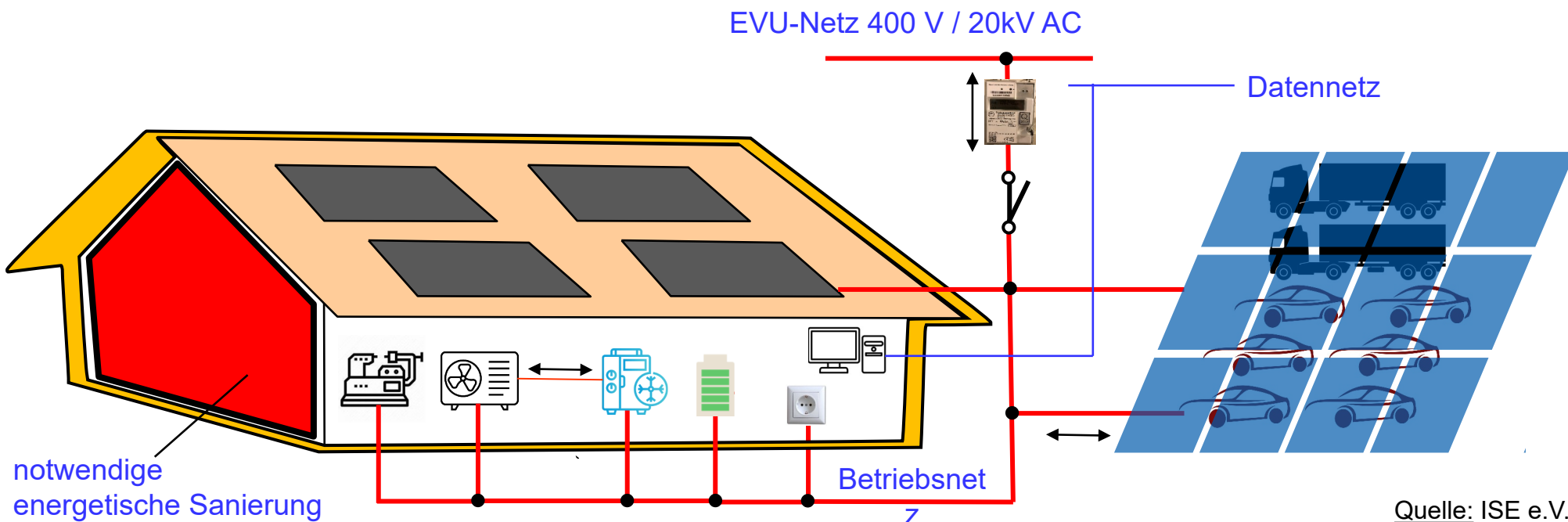
nachher

Quelle: ISE e.V.

Nur ein kleiner Umbau ist nötig!

Das Energiewabensystem (6) ProSumer (2) bei GHD und Industrie

Funktionsprinzip und Komponenten: Bausteinkasten



- Hauskraftwerk (PV auf Dächern/Parkplätzen mit Batterie), Überschussstrom ins EVU-Netz
- Fossile Wärmeerzeuger durch Erneuerbare (Wärmepumpen) ersetzen, mit Wärmequellen koppeln
- Produktionsmaschinen bzw. verfahrenstechnische Prozesse möglichst energieautark einbinden!
- E-Autos, zukünftig mit bidirektionalem Laden, V2H/G fürs Betriebsnetz und das EVU-Netz
- Energie-Management-System mit Ersatzstrom-Umschaltung für Inselbetrieb
- EE-Maßnahmen sollten mit dem Energieberater bei notwendigen Instandhaltungen geplant werden

ProSumer bei GHD/Industrie: → wirtschaftlich, optimale Eigenversorgung!

Das Energiewabensystem (6) Prosumer (3) in der Gebietskörperschaft (1)

Funktionsprinzip und Komponenten: Bausteinkasten

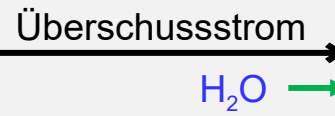
Dorf/Quartier/Stadt/VG/LK Quelle: ISE e.V.

Flächen-/
Infrastruktur-
Synergien
nutzen

Biotop-
Inseln



PV-FF-/Agri-PV-Anlage



O₂

Elektrolyseur

Klär-
anlage

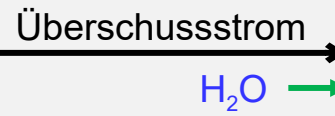


EMS



Daten-
netz

Gas-
netz
(Spei-
cher)



H₂O

H₂



Biogasanlage
(Bio-Abfälle)

Methanisierung

CH₄

CO₂

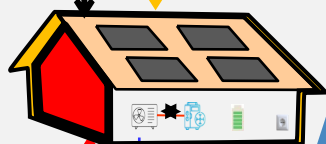
CH₄

Methan

CO₂

Verteilernetze (110 kV/20 kV/Ortsnetz)

„Prosumer“
Wohn-/öffentl.
Gebäude,
Betriebe/
Firmen



Wärmenetz

Heiz-
werk

Bio-
masse
(Abfälle)



WPPE
Solar-
Thermie
Ab-
Wärme

Tiefe-
Geo-
thermie



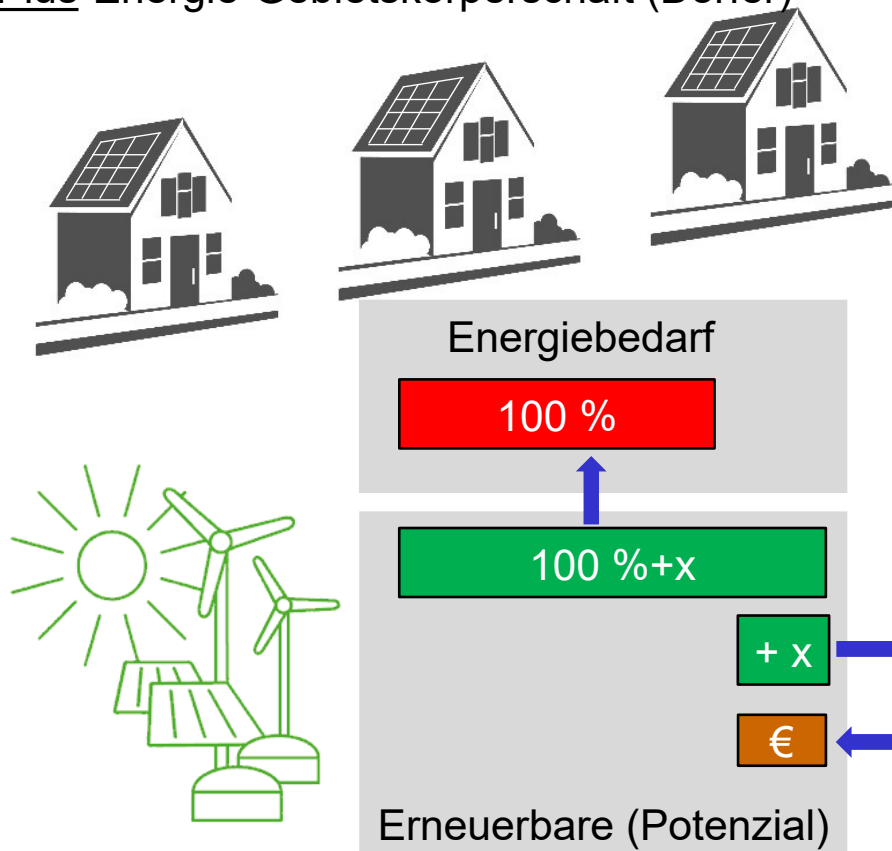
G(uD)-
KW
MH
KW



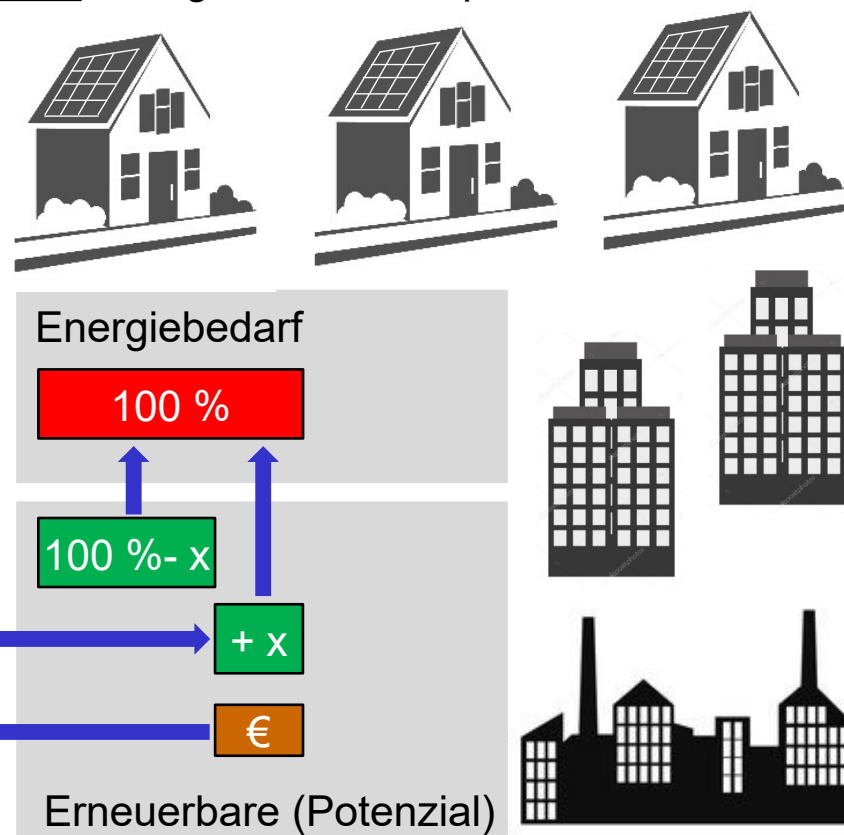
Wärme-
netz

Sektorkopplung beim Erzeuger/Verbraucher (Prosumer) garantieren wirtschaftliche Autarkie!

Plus-Energie-Gebietskörperschaft (Dörfer)



Minus-Energie-Gebietskörperschaft (Städte)



Quelle: ISE e.V.

Die Unterdeckung des städtischen Bereichs benötigt den Überschuss des ländlichen Bereichs!

Energie-Solidarität ist das Zauberwort!

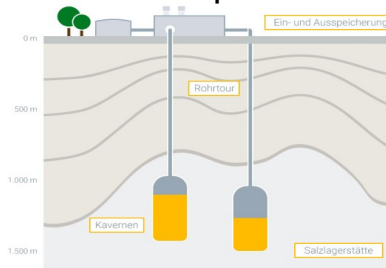
Das Energiewabensystem (6) Prosumer (4) in D

zentrale und dezentrale Funktionen bzw. Komponenten

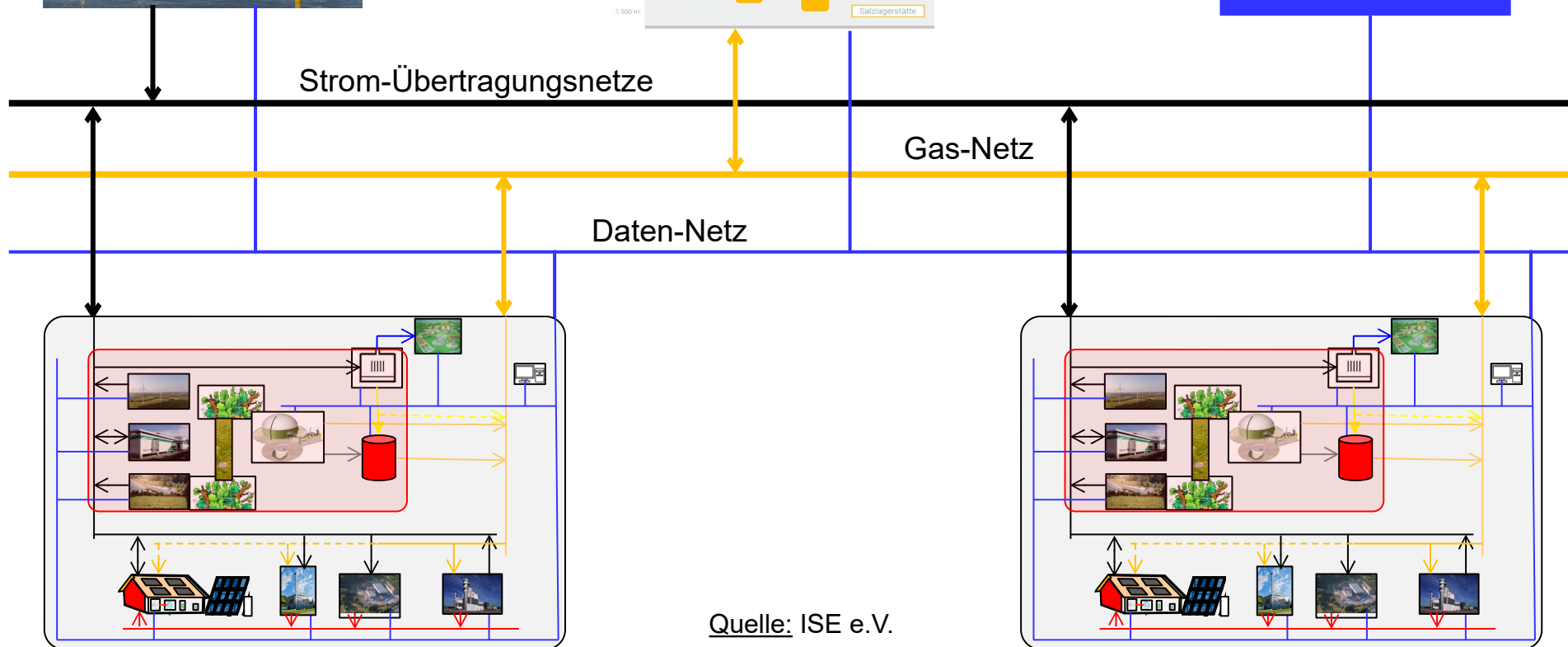
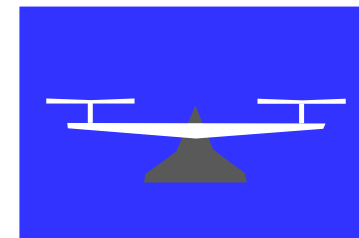
Offshore-Windparks



Gas-Speicher



Energie-Management-System



Gebietskörperschaft 1

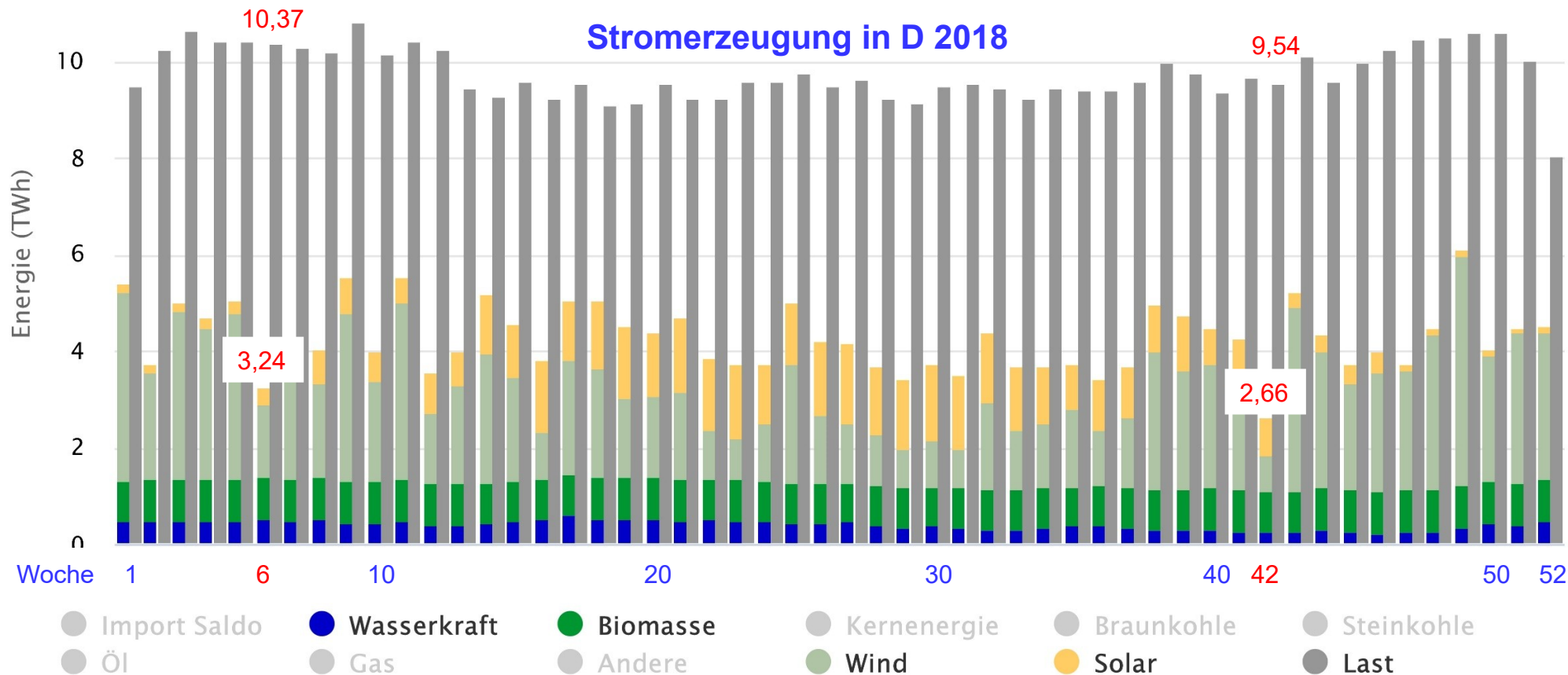
Gebietskörperschaft n

Das Prosumer-Konzept ist auch auf D und die EU hochskalierbar!

„Dunkelflaute“ (1)

Quantifizierung der größten Dunkelflauten in den letzten Jahren

Gibt es sogenannte „Dunkelflauten“ und wie relevant sind sie für die Versorgungssicherheit?

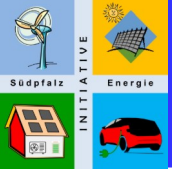


worst-case-Betrachtung KW 6: $10,37 - 3,24 = 7,13$ TWh

KW 42: $9,54 - 2,66 = 6,88$ TWh

Quelle: 12) Quellenliste, Fraunhofer ISE

Es gibt keine anhaltenden Dunkelflauten!



„Dunkelflaute“ (2)

Relevanz und Lösung

Eine Wochenanalyse der letzten 5 Energie-Jahre durch ISE e.V. beim Strombedarf (siehe Internetseite „EnergyCharts“ des Fraunhofer-Instituts ISE) zeigt, dass in einer worst-case-Betrachtung an jeweils 2 Wochen im Jahr ca. 7 TWh pro Woche zusätzliche Energie in 2018 zur Kompensation der „Dunkelflaute“ benötigt worden wäre. Hier ist anzumerken, dass der Anteil der EE am Strom in 2018 bei nur 38,7 % lag! Wenn in 2040 der Gesamtenergiebedarf durch EE bilanziell gedeckt wird, wird die Lücke deutlich kleiner sein!

Fazit: **Es gibt keine mehrwöchigen „Dunkelflauten“!**

12)

Auch die Dokumentation des Wissenschaftlichen Dienstes des Deutschen Bundestages „Sicherstellung der Stromversorgung bei Dunkelflauten“ zeigt auf, dass im Mittel nicht mit mehr als zwei Wochen „kalte Dunkelflaute“ pro Jahr gerechnet werden muss. Hierzu sind weitere Studien in Arbeit.

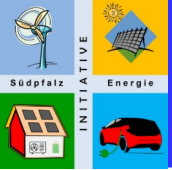
13)

Unser Vorschlag ist, dass neben dem Einsatz von GuD-Kraftwerken, die mit gespeichertem klimaneutralen Bio-Methan aus dem Gasspeichersystem auch z.B. auf Wasser-Energie aus Skandinavien (z.B. NordLink) zugegriffen werden kann.

Wir setzen auf die Vielfalt der Möglichkeiten zur Lückenfüllung.

Quelle: x) Quellenliste, ISE e.V.

Mögliche Dunkelflauten werden mit dem neuen Energiesystem beherrscht!



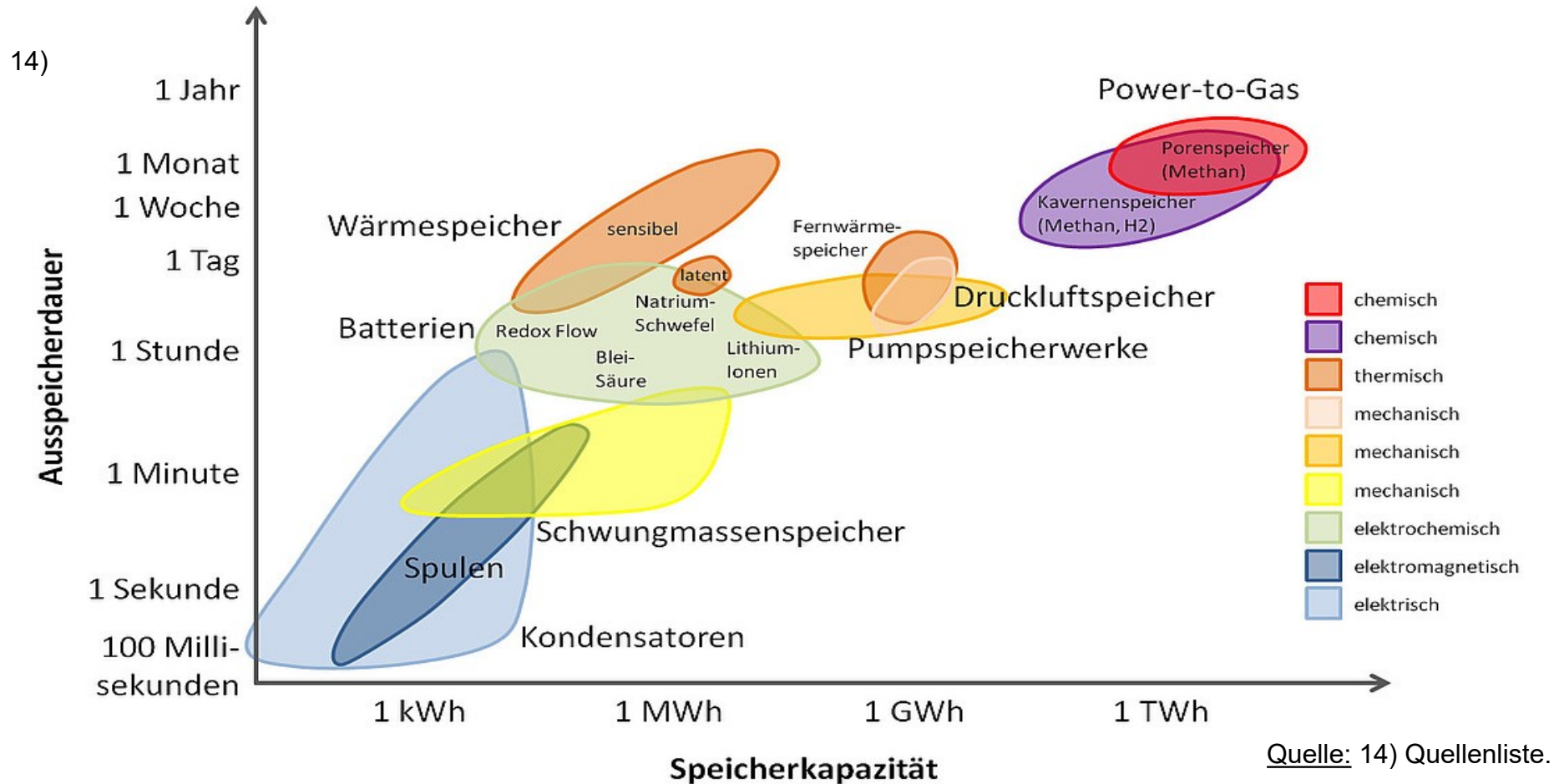
Energieausgleich, Energiespeicher (1)

Grundsätzliches

- Wegen der **Volatilität der EE** ist ein **dynamischer Energieausgleich** mit entsprechenden **Energiespeichern** erforderlich.
- Je nach Anforderung **für kurze, mittlere und lange (saisonale) Überbrückungs-Zeitspannen** müssen **unterschiedliche Maßnahmen** entwickelt werden.
- Für die notwendige Bereitstellung von **Regelenergie** sind **lukrative Geschäftsmodelle** auf allen Ebenen eine wichtige Voraussetzung.

Energieausgleich, Energiespeicher (2)

Speicher und deren Kapazität

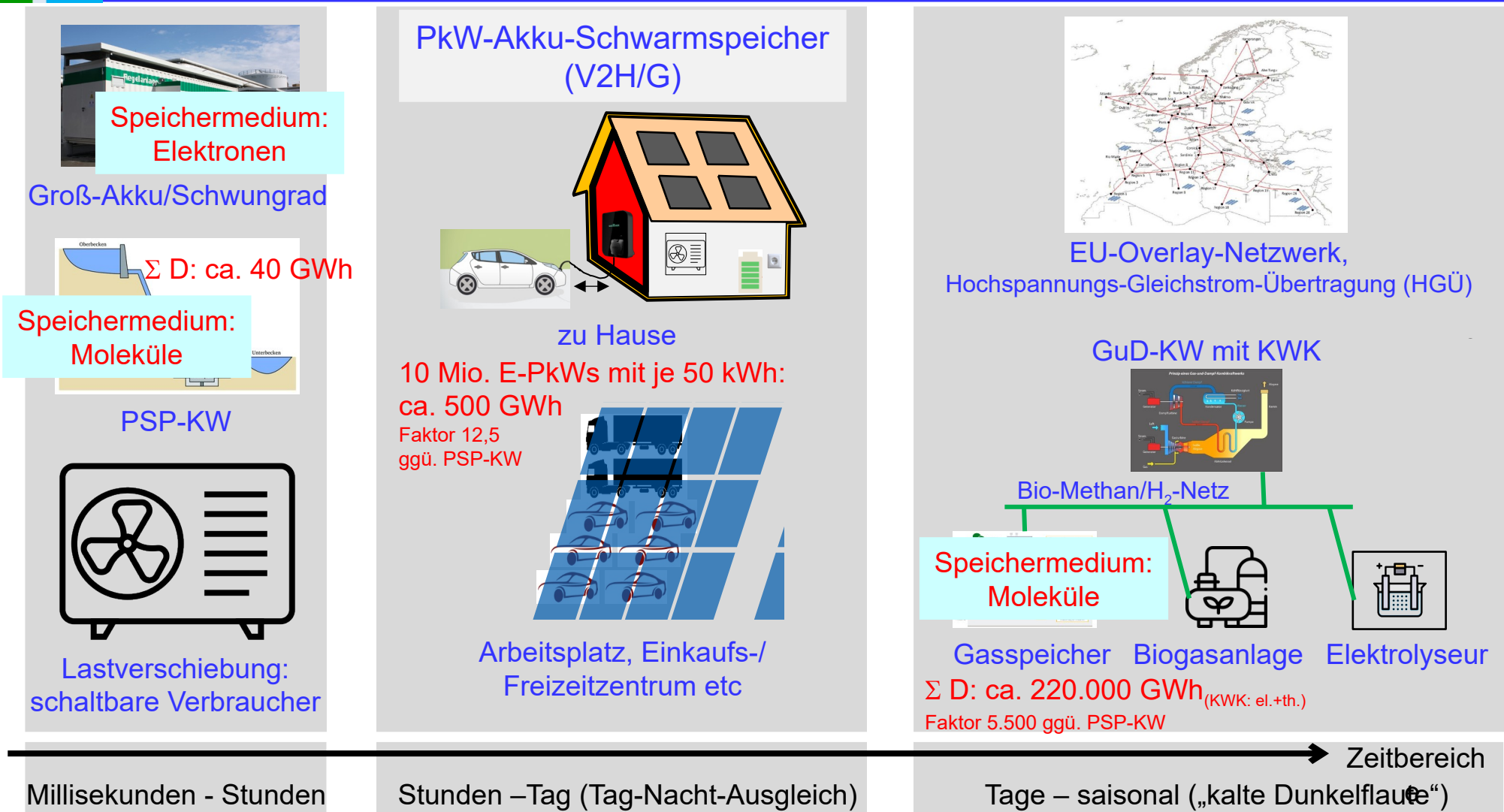


Speicherkapazität und Ausspeicherdauer verschiedener Speichertechnologien im Überblick. Die Ausspeicherdauer besagt, wie lange ein Speicher Energie liefern kann. Sie berechnet sich aus dem Verhältnis von ausspeicherbarer Energie und Ausspeicherleistung. (Quelle: Reproduziert nach Sterner, Stadler, Energiespeicher-Bedarf, Technologien, Integration, Springer-Vieweg 2014)

Wir brauchen das ganze Spektrum an Energiespeichern (Millisekunden bis Jahr)

Energieausgleich, Energiespeicher (3)

Maßnahmen zum allzeitigen Energieausgleich: Übersicht

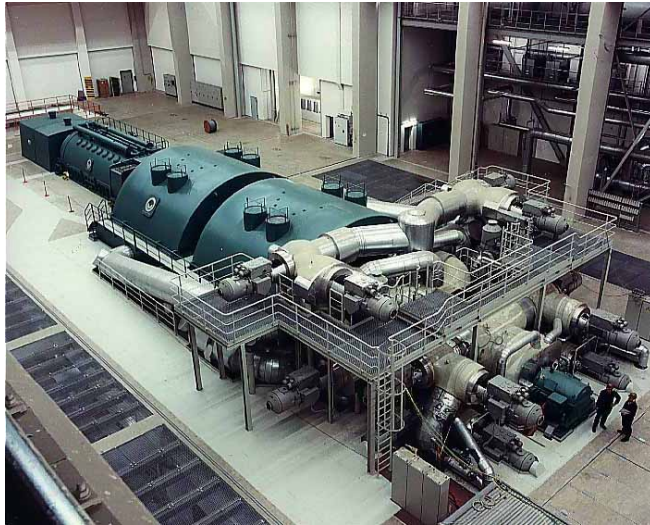


[arte 2022: Power auf Dauer?](#)

Quelle: ISE e.V.

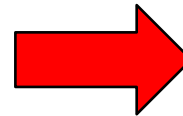
Für alle Zeitbereiche ist der Energieausgleich sichergestellt!

Energieausgleich, Energiespeicher (4) kurzer Energieausgleich (1): Momentan-Reserve



Turbosatz eines
Kohlekraftwerkes

18)



Akku-Speicher
im MW-Bereich



Rotierende Masse
eines ARESS

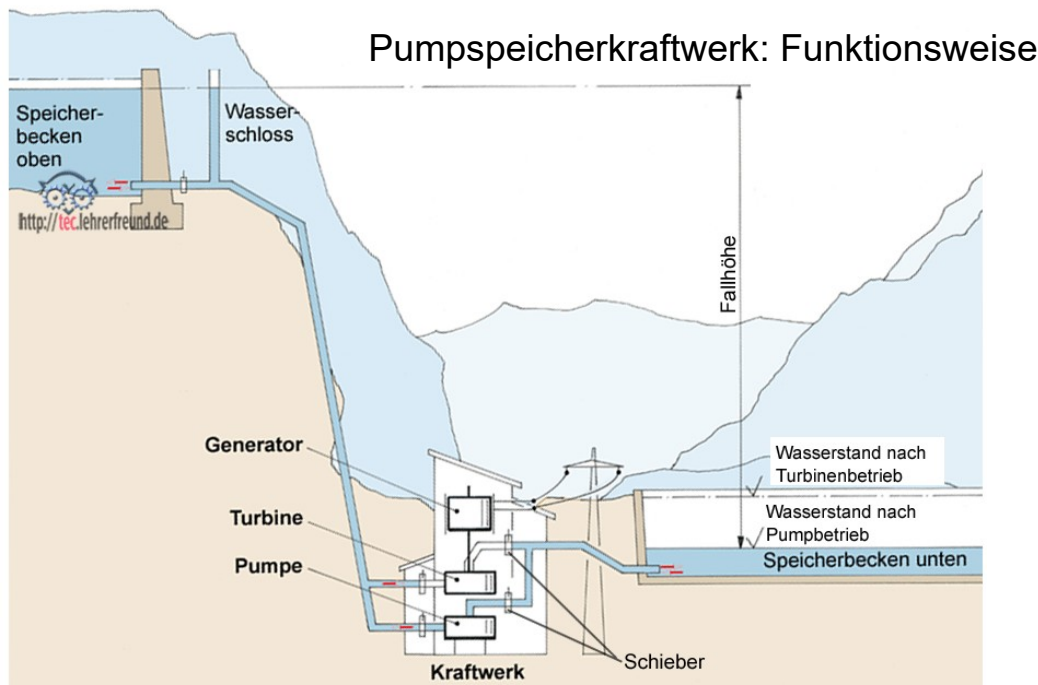


- Die **Momentan-Reserve** ist für sehr schnell wirksame Störungen ($\leq 100 \text{ ms}$) im Netz, bei den Energieerzeugern oder bei den Energieverbrauchern notwendig.
- Die rotierenden Schwungmassen der Turbosätze (ca. 450 t bei einem 1000 MW-Kohlekraftwerk) bilden eine **inhärente Systemträgheit**, die als **Momentan-Reserve** dient und zukünftig, durch den Wegfall der konventionellen Kraftwerke, nicht mehr zur Verfügung steht.
- Die Momentan-Reserve in der EE-Welt kann mit größeren dezentral aufgestellten **Akku-Containern** (im MW-Bereich) und/oder mit einem „**Asynchroner Rotierender Energie-System-Stabilisator** (ARESS)“ bereitgestellt werden. Diese Systeme werden in Wabenzellen mit Momentan-Reserven-Bedarf aufgestellt und liefern auch Blindleistung.

Quelle: 18) Quellenliste, ISE e.V.

Systeme für die Momentan-Reserve der neuen EE-Welt müssen bis 2030 realisiert sein!

Energieausgleich, Energiespeicher (4) kurzer Energieausgleich (2): Pumpspeicher-Kraftwerke (PSP-KW)



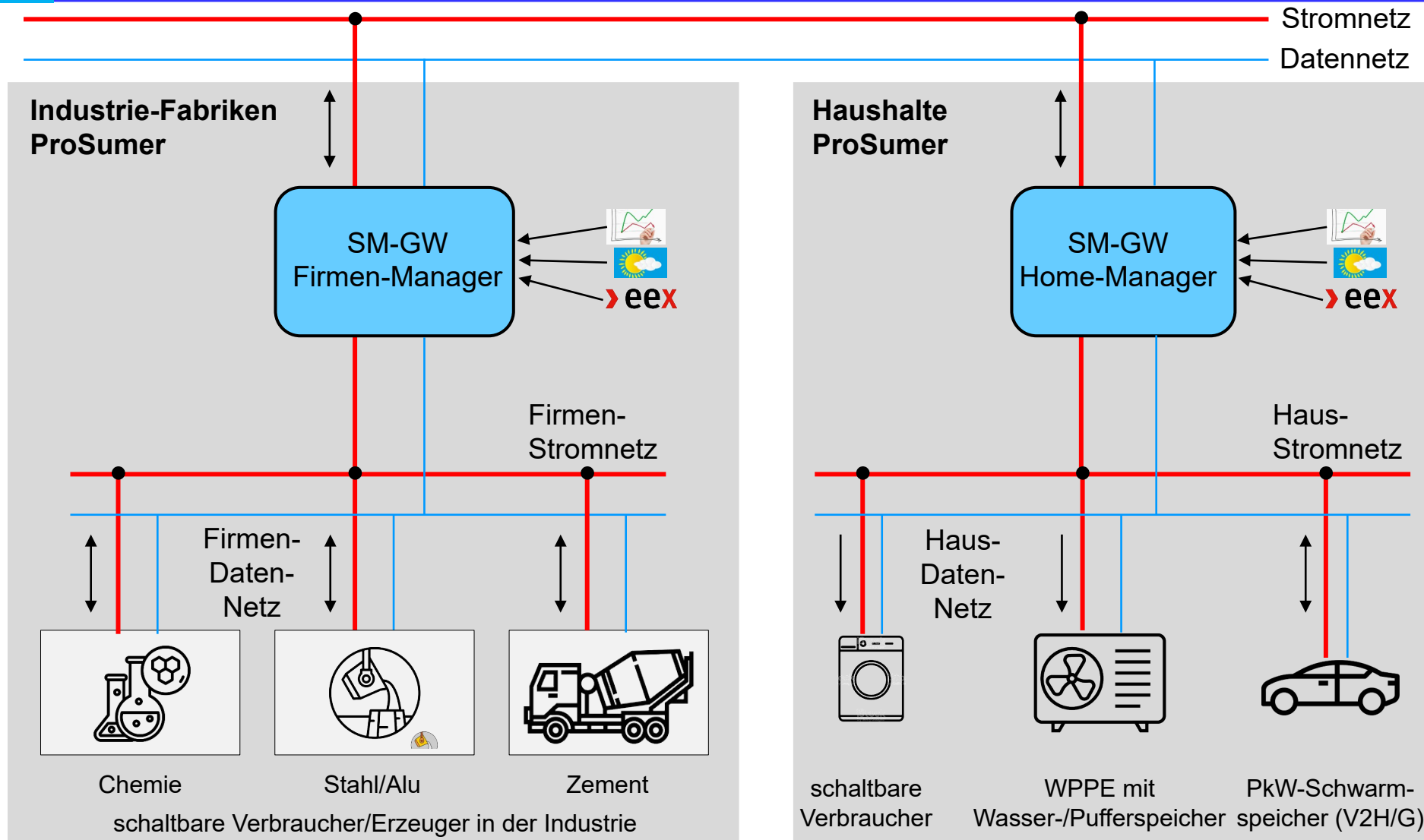
Pumpspeicherkraftwerk Vianden (Luxemburg)

- Mit getrennten Wellen für **Turbinenbetrieb** und **Pumpbetrieb** kann **stoßfrei** zwischen den beiden Betriebsarten des Pumpspeicherkraftwerkes **umgeschaltet werden**. Das ist eine wichtige Voraussetzung, um **stufenlose Regelenenergie online** für die volatilen Erneuerbaren (Wind und PV) zur Lastglättung bereitzustellen.
- **Pumpspeicherkraftwerke** werden im **Minuten bis Stundenbereich** eingesetzt.
- **Pumpspeicherkraftwerke** in D haben eine Kapazität von nur ca. 40 GWh. Es gibt kaum weitere Potenziale. Sie sind nur mit sehr hohen Kosten erschließbar!

Quelle: 19) Quellenliste, ISE e.V.

PSP-KW sind wichtig für die Bereitstellung von Regelenenergie bis maximal Stundenbereich!

Energieausgleich, Energiespeicher (4) kurzer Energieausgleich (3): Lastverschiebung, schaltbare Verbraucher/Erzeuger

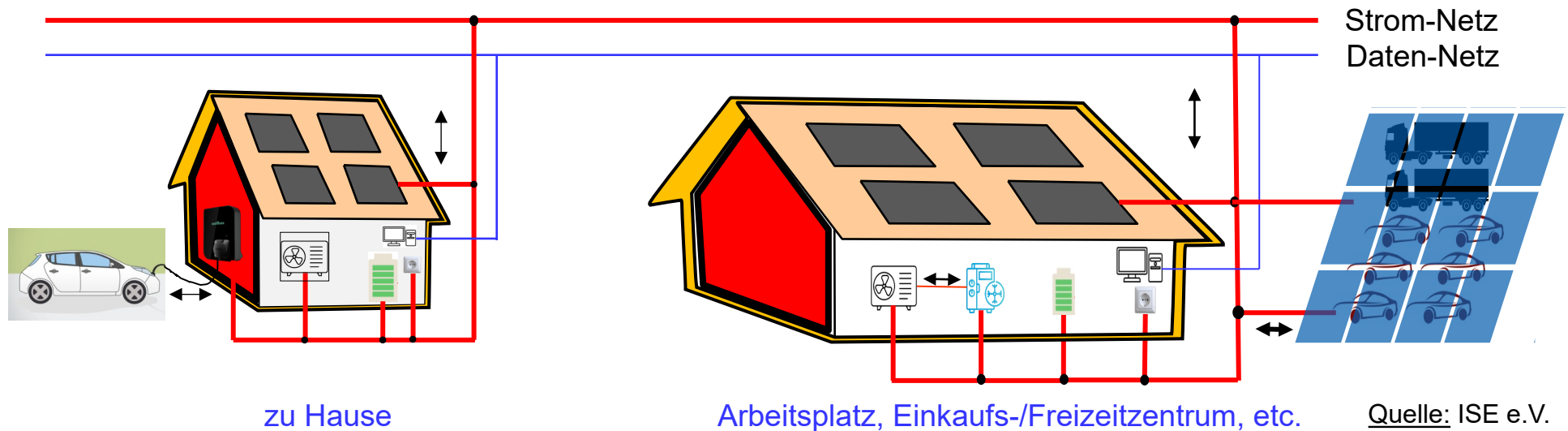


Quelle: ISE e.V.

Schaltbare Verbraucher/Erzeuger erbringen einen wichtigen Beitrag zum Energieausgleich!

Energieausgleich, Energiespeicher (5) mittlerer Energieausgleich: Pkw-Akku-Schwarmspeicher (V2H/G)

- 95% der privaten PKW werden zu 97% des Tages nicht genutzt! Sie stehen zu Hause in der Garage oder auf Parkplätzen am Arbeitsplatz, beim Einkaufszentrum, beim Freizeitzentrum etc. → „**Stehzeug**“
- Die **Akkus der E-Autos** sind ideale Speicher für den Energieausgleich im **Stunden- bis Tagesbereich**!
- Dort, wo das E-Auto gerade steht, wird es **ans Strom- und Daten-Netz gekoppelt**.



Annahmen: 10 Mio. Autos in D sind beteiligt, 50 kWh-Akku pro Auto; Ergebnis: 500 GWh Schwarmspeicher

Wenn man davon ausgeht, dass bidirektionale Ladestationen an allen Orten (siehe oben) vorhanden sind, sind keine weiteren Investitionen, neben einem hierarchischen Energie-Management-System, notwendig!

10 Mio. Autos haben 12,5x mehr Speicherkapazität (500 GWh) als alle Pumpspeicher-KW in D (40 GWh)!

Energieausgleich, Energiespeicher (6) saisonaler Energieausgleich (1): Overlay-Netzwerk (1): HGÜ in D



20)

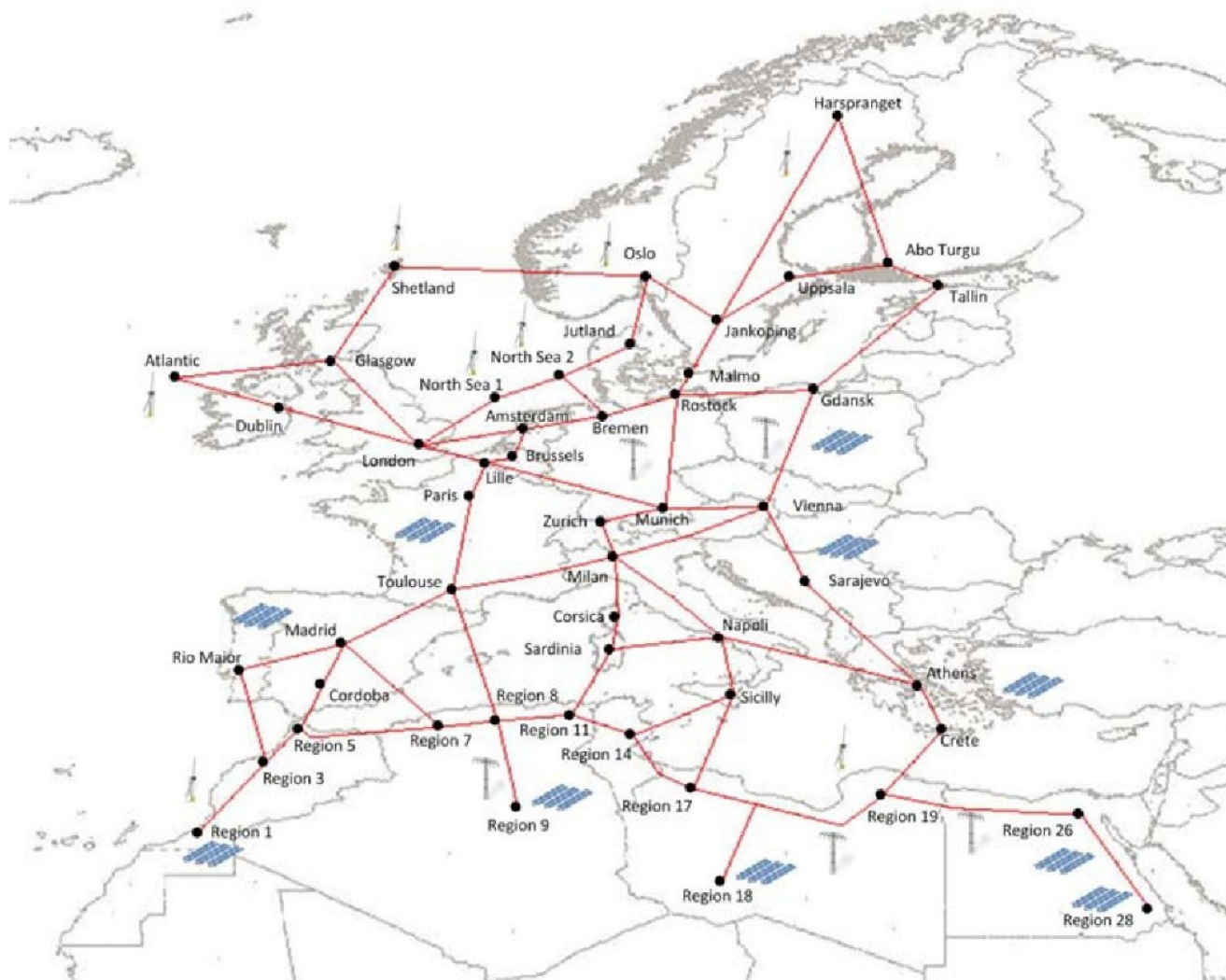


21)

Quelle: x) Quellenliste, ISE e.V.

Der Ausbau der Stromautobahnen in D ist für die süddeutsche Industrie dringend erforderlich!
Stromautobahnen in D und NordLink bilden eine Basis für das europäische Overlay-Netzwerk!

Energieausgleich, Energiespeicher (6) saisonaler Energieausgleich (1): Overlay-Netzwerk (2): HGÜ in Europa und Nordafrika



Quelle: 15) Quellenliste

Größere Wetter- und saisonale Schwankungen werden ausgeglichen!

Energieausgleich, Energiespeicher (6) saisonaler Energieausgleich (2): Bio-Methan aus Bio-Abfällen

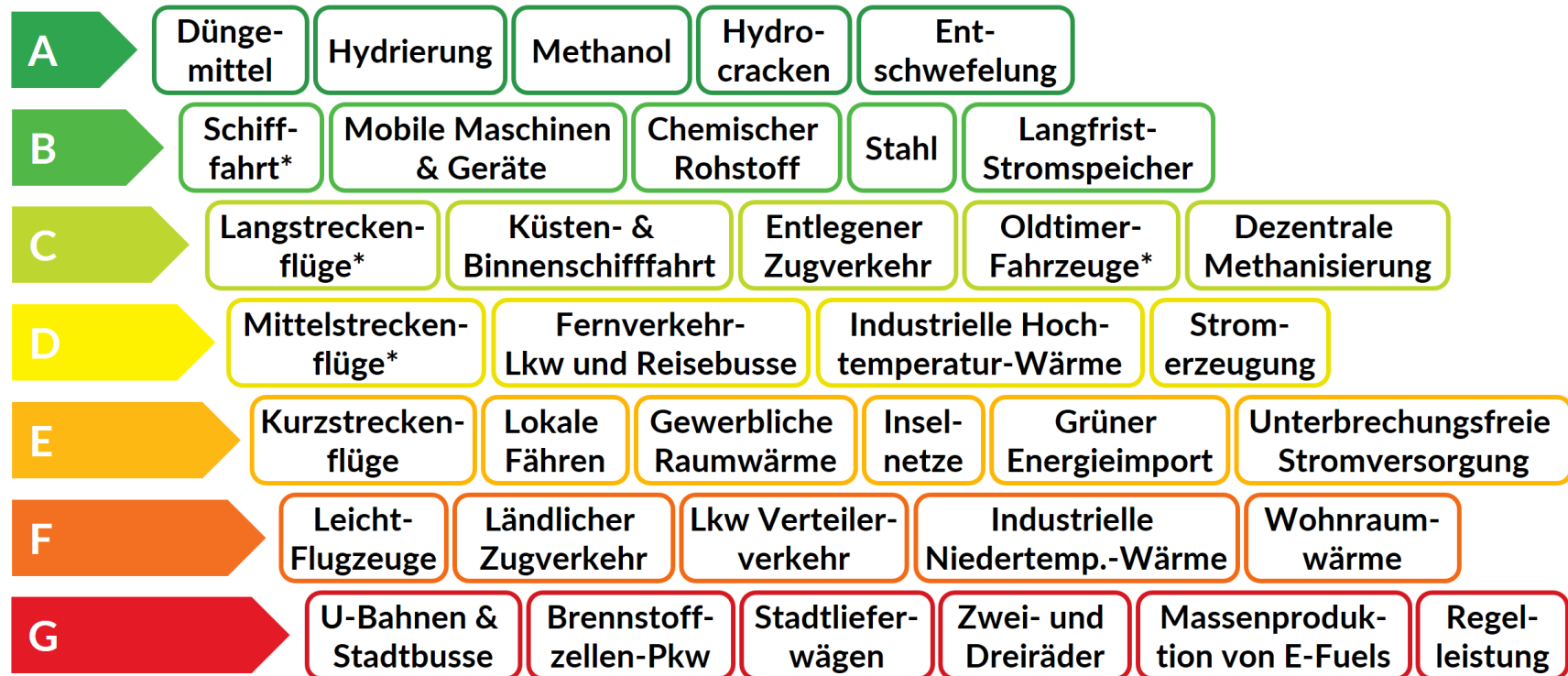


Biogas-Anlage Westheim

- Aus landwirtschaftlichen und urbanen Bio-Reststoffen wird mittels Biogas-Anlagen Bio-Methan hergestellt: D.h. kein Pflanzenanbau zur Energieerzeugung (Mais, Raps, Zuckerrüben)!
- Das erzeugte Bio-Methan wird direkt über das Gasnetz in die Gasspeicher gepumpt!

Gasmoleküle sind die Lösung für Langzeitspeicherung!
Gespeichertes Bio-Methan dient dem saisonalen Energieausgleich!

Alternativlos



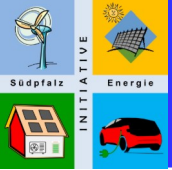
Unwirtschaftlich

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

© 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. CC-BY 4.0

Quelle: M Liebreich

Wasserstoff muss nach wirtschaftlichen Aspekten zum Einsatz kommen, Steuer-Subventionen von H₂: bei Mobilitäts- und Wärmewende sind nicht akzeptabel!



Energieausgleich, Energiespeicher (6) saisonaler Energieausgleich (3): Wasserstoff im Energiesystem

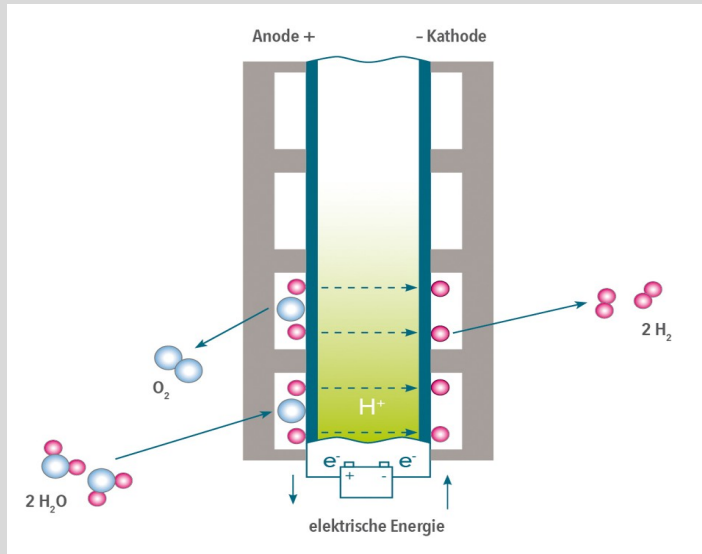
- Voraussetzungen:
 - Wasserstoff muss emissionsfrei nur aus regenerativen Quellen erzeugt werden
 - Wasserstoff darf nur aus Überschussstrom bei „Hellbrisen) erzeugt werden
- Wasserstoff ist im Energiesystem der Lückenfüller bei „Dunkelflauten“, soweit Einsparung, Effizienz und EE im Direktverbrauch die Funktion nicht wirtschaftlicher leisten können.

Quelle: ISE e.V.

Wasserstoff muss emissionsfrei und wirtschaftlich eingesetzt werden

Energieausgleich, Energiespeicher (6) saisonaler Energieausgleich (3): H₂ aus Überschussstrom

Elektrolyseur „Proton Exchange Membrane“ (PEM)



Prinzip



Kleinste Einheit: Stack



Skalierbarer Elektrolyseur

Wirkungsgrad: ca. 70% 22)

Quelle: 22) Quellenliste, iGas-Energy, Siemens Energy, ISE e.V.

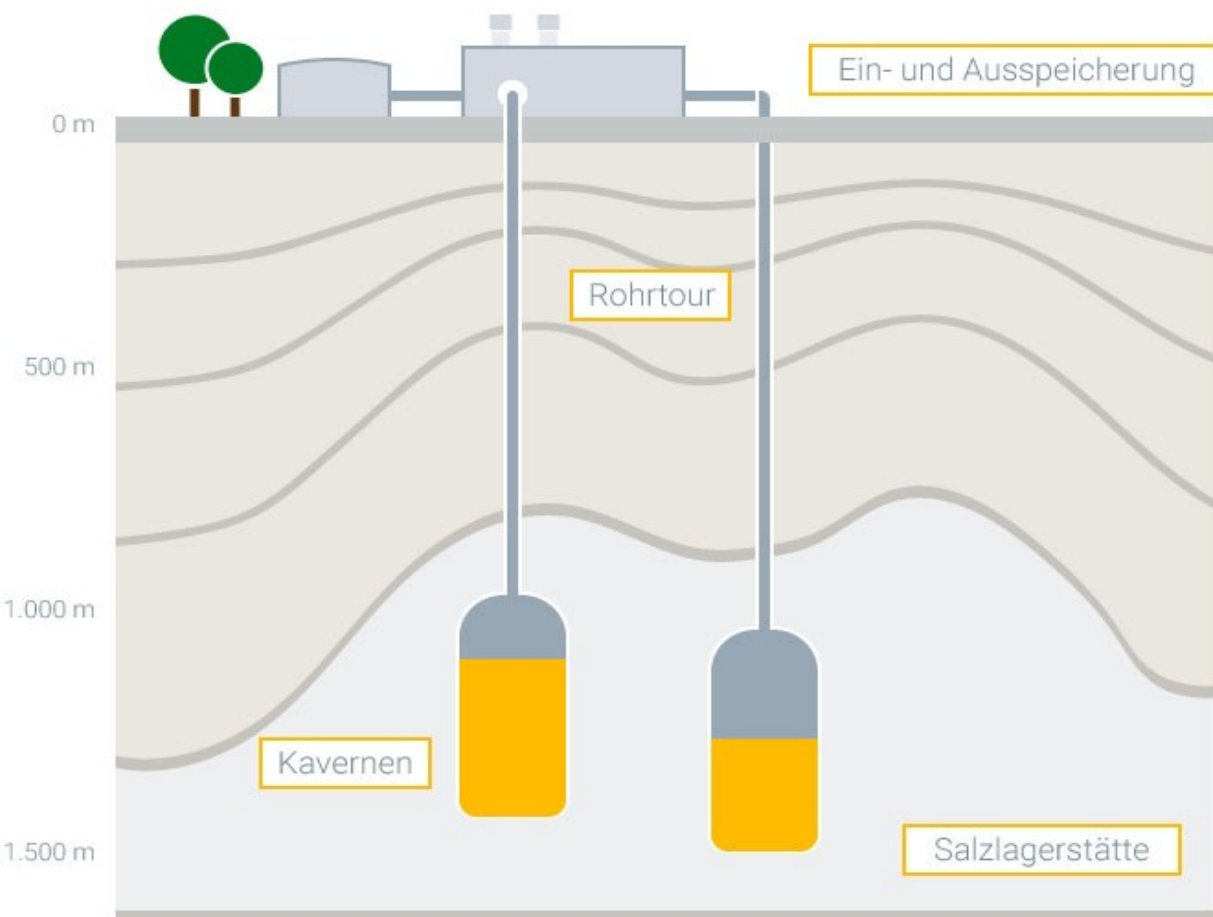
- Die Elektrolyseure werden mit destilliertem Wasser und elektrischem Überschussstrom betrieben.
- Sie sind einfach zu handhaben, und arbeiten weitestgehend wartungsfrei.
- Um eine höhere Energiedichte für die großen vorhandenen Erdgasspeicher zu erhalten, kann H₂ mit CO₂ methanisiert werden (siehe PFI-Anlage in Pirmasens)

Gasmoleküle sind die Lösung für die Langzeitspeicherung!

Mit dem Elektrolyseur wird der Überschussstrom der EE in grünen Wasserstoff umgewandelt!

Energieausgleich, Energiespeicher (6) saisonaler Energieausgleich (4): Gas-Speicher

- **Bio-Methan** aus Biogasanlagen von landwirtschaftlichen sowie urbanen Bio-Reststoffen und **grüner Wasserstoff/Methan** von Überschussstrom der EE **wird zwischengespeichert**.



23)

Ende 2015 befanden sich in Deutschland 51 Erdgasspeicher im Betrieb (20 Porenspeicher und 31 Kavernenspeicher).

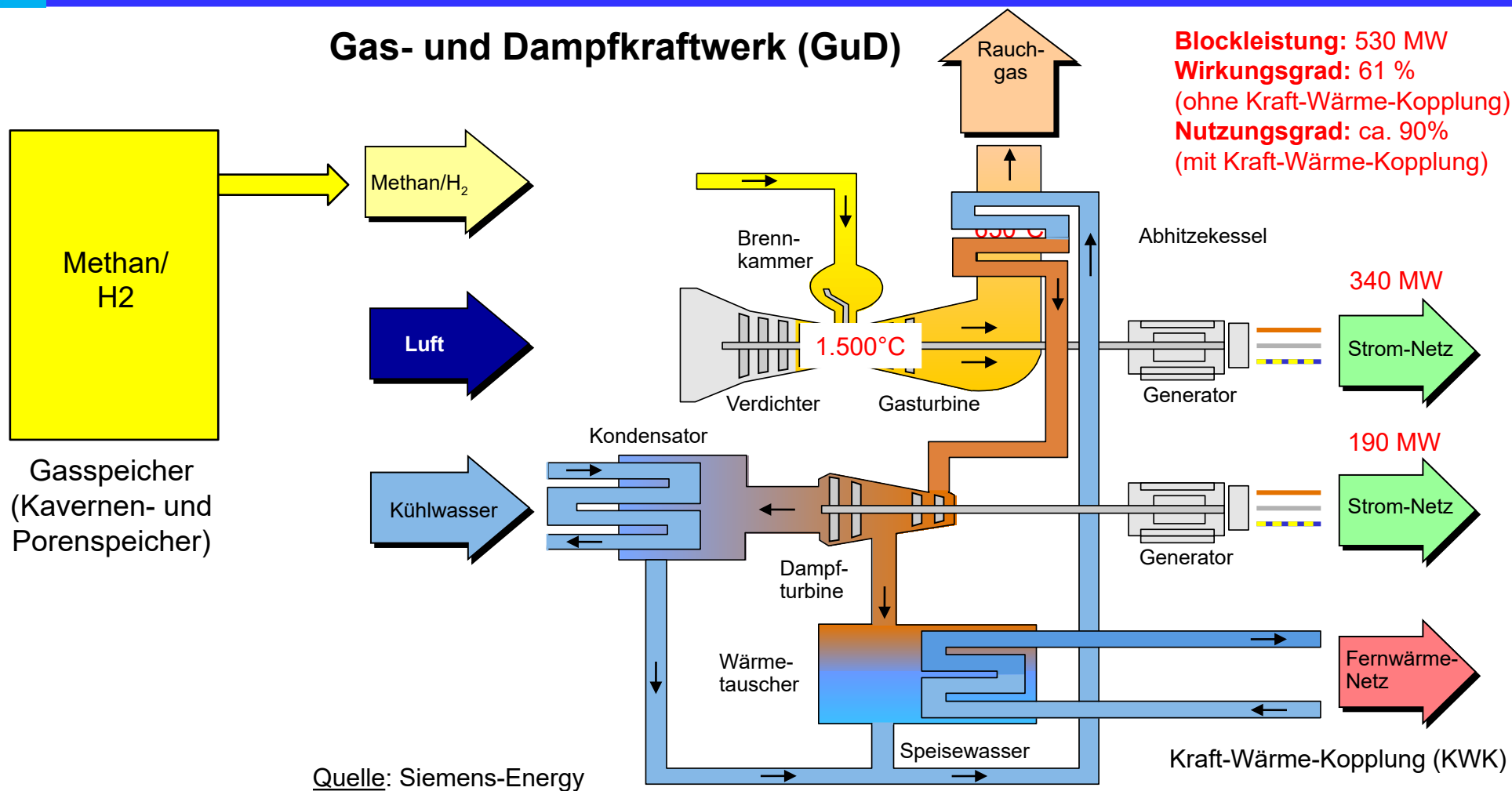
Das derzeit nutzbare maximale Arbeitsgasvolumen beträgt 24,6 Milliarden m³.

Das entspricht einer Speicher-kapazität von ca. 245 TWh_(Methan-Gas), 150 TWh_(el.) bzw. 220 TWh_(KWK:el.+th.)

Quelle: 23) Quellenliste, ISE e.V.

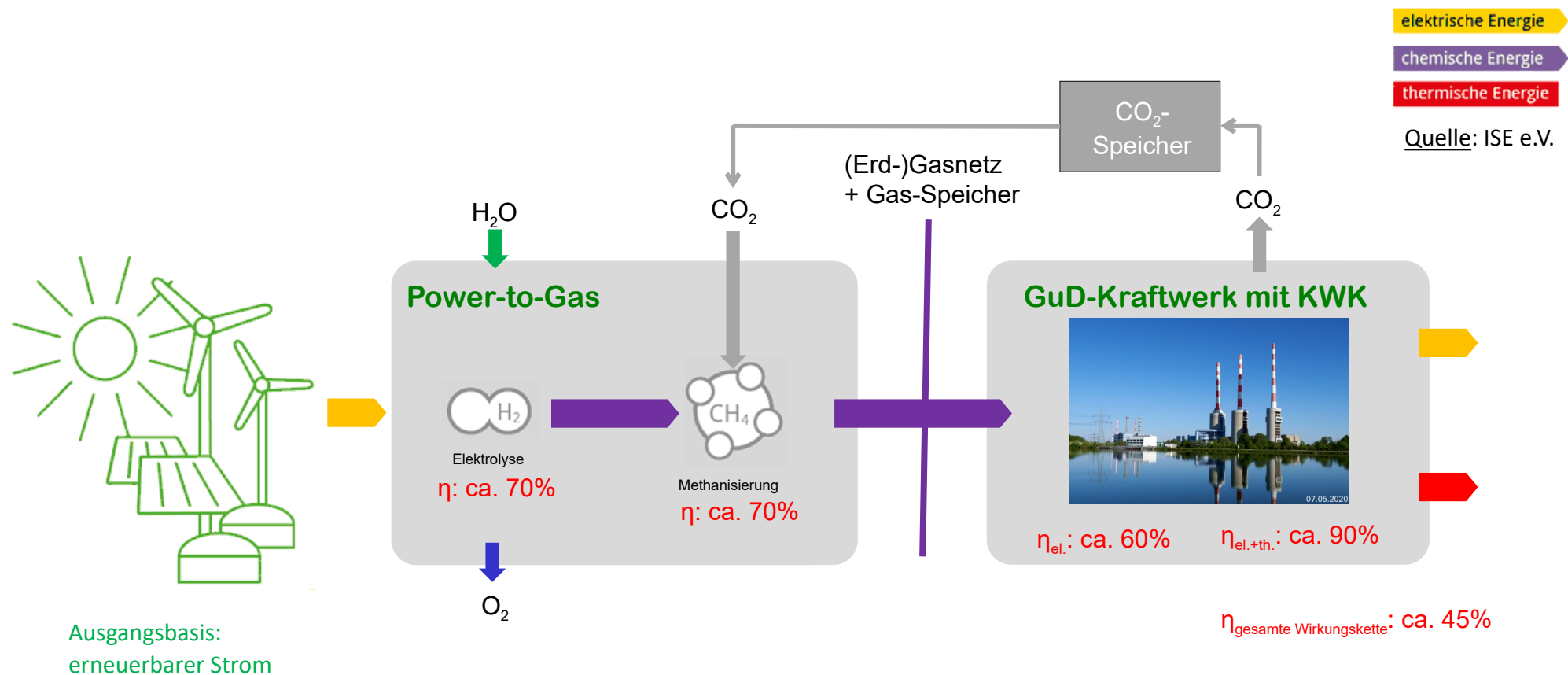
Für den saisonalen Ausgleich hat D genügend Speicherkapazität!

Gas- und Dampfkraftwerk (GuD)



Das GuD-Kraftwerk mit KWK kommt vorzugsweise bei Großstädten im Winter zum Einsatz!

Energieausgleich, Energiespeicher (6) saisonaler Energieausgleich (6): Wirkungskette bei der Rückverstromung



Der Wirkungsgrad der gesamten Wirkungskette liegt bei ca. 45%!

Der Strom aus saisonal gespeicherter Energie wird teuer und muss außerhalb von Merit-Order-Markt-Prinzipien gehandelt werden!

Entwicklung der Stromerzeugung (1) in D von 2017 bis 2040

Quelle: AGEb, ISE e.V.

2017

Primär-
energie-
verbrauch

Strom-
erzeugung

TWh 3.485

493 (14 %)

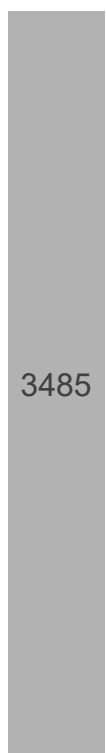
2040

Primär-
energie-
bedarf

Strom-
erzeugung

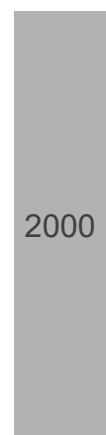
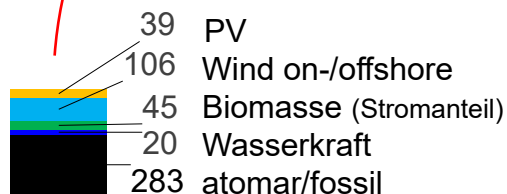
2.000

1.650 (83 %)

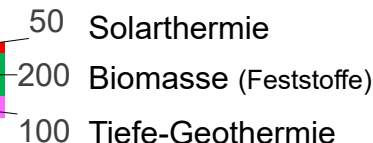


- 1.485
TWh
(- 43 %)

+ 1.157
TWh
(+ 235 %)



direkte
Wärme-
erzeugung

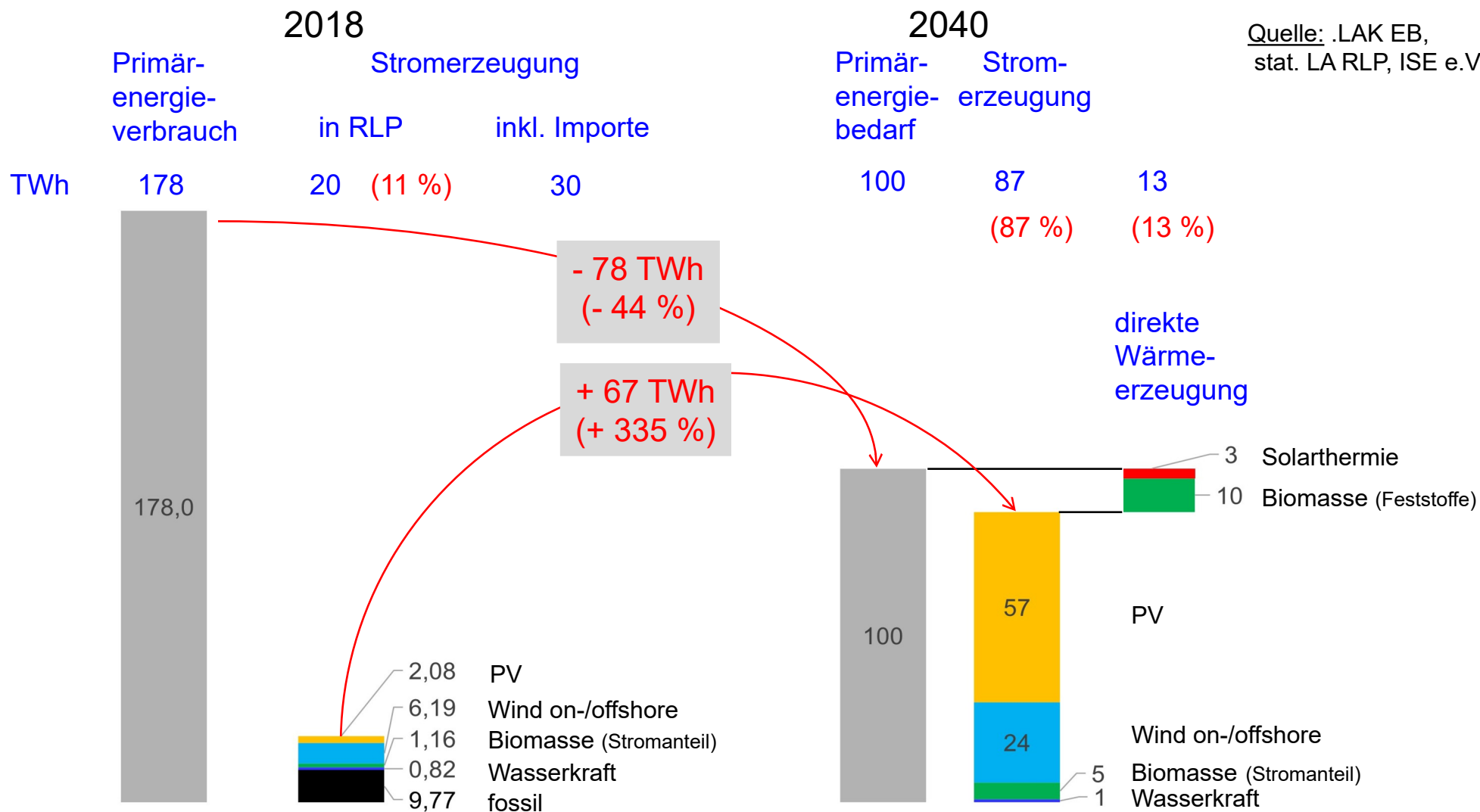


Strom wird in 2040 mit mehr als 80% der Hauptenergieträger in D sein !

In 2040 müssen Stromnetze in D mehr als das 3-fache an Energie übertragen als in 2017!

Entwicklung der Stromerzeugung (2) in RLP von 2018 bis 2040

Quelle: .LAK EB,
stat. LA RLP, ISE e.V.



Strom wird in 2040 mit fast 90% der Hauptenergieträger in RLP sein !

In 2040 müssen Stromnetze in RLP fast das 3-fache an Energie übertragen als in 2018!

Entwicklung der Stromnetze in D (1)

Netze und Spannungsebenen

Übertragungsnetze (4 ÜNB)

Regulierung im EnWG

Aufgaben der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB):
 - Stromübertragung zu den Verteilernetzen, Netzausbau, Notfall-

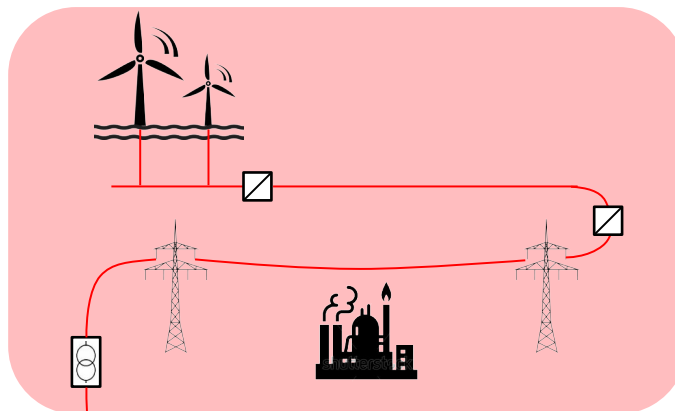
- Spannungsentlastung
- Frequenzhaltung.

Verteilernetze (866 VNB)

Regulierung im EnWG

Aufgaben der Verteilernetzbetreiber (VNB): u.a.

- Stromverteilung bis zum Verbraucher, Netzausbau, Notfallmanagement.
- Messung des Stromverbrauchs.
- Zukünftig auch Spannungs- und Frequenzhaltung.



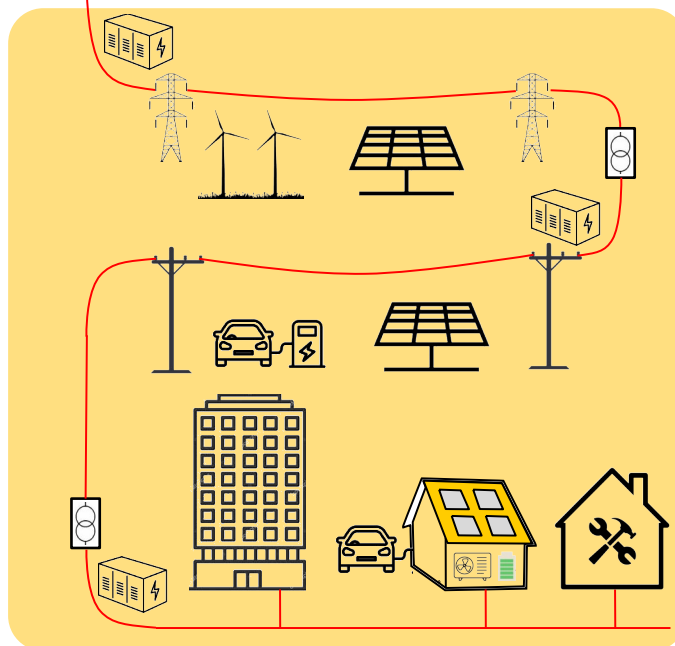
HGÜ-Overlay-Netz (Zukunft)
Hochspannungs-Gleichstrom-übertragung (HGÜ)

800 kV

Höchstspannungsnetz

ca. 37.000 km

220-380 kV



Hochspannungsnetz

ca. 95.000 km

110 kV

Mittelspannungsnetz

ca. 520.000 km

3-30 kV (bei uns 20 kV)

Niederspannungsnetz (Ortsnetz)

ca. 1.200.000 km

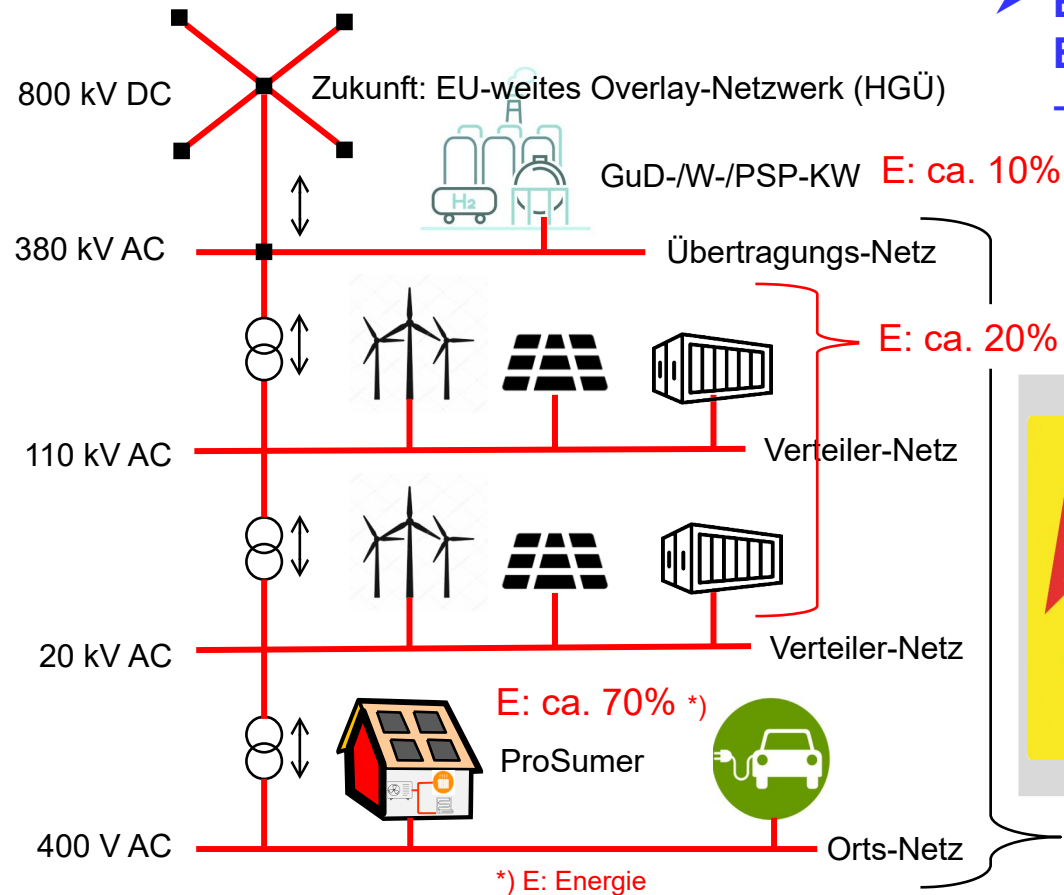
≤ 1 kV (bei uns 400/230 V)

Quelle: BDEW, ISE e.V.

Übertragungs- und Verteilernetze sind eine der wichtigsten Säulen der Energiewende!

- In 2040 wird **Strom mit mehr als 80%** der Primärenergie der **Hauptenergieträger in D** sein. Die zu übertragende Energie wird sich von ca. **500 TWh (2017)** auf ca. **1.600 TWh (2040)** mehr als **verdreifachen!** Dies bedeutet auch **Auswirkungen auf die Stromnetze!**

Spannungsebenen



- **Energie muss alternativ bzw. zusätzlich zum Bestand transportiert werden:**

- Erzeugerseite:

↓ zentrale Kohle- und Kernkraftwerke
 ↑ dezentrale Windkraftanlagen, PV (Dächer, Parkplätze, Freiflächenanlagen etc.).

Verbraucherseite: ↑ Wärmepumpen und E-Autos

Auf allen Spannungsebenen ist zu **überprüfen, ob die vorhandene Übertragungsleistung** (Leiterquerschnitte und Trafogröße) **ausreicht**.
 Bei Bedarf müssen die Netze rechtzeitig ertüchtigt bzw. ausgebaut werden!
 → **Netzentwicklungsplan, Klima**
 - **neutralitätsnetz** (VDE, FNN-Roadmap)

möglichst inselfähig ausbauen

Quelle: 24) Quellenliste, VDE FNN, ISE e.V.

Der Netzentwicklungsplan muss bei den Netzbetreibern im Fokus stehen!

Marktteilnehmer

vor Privatisierung
(bis 1998)

seit Privatisierung
(ab 1998)

Energiewende
(bis 2040+)

Erzeuger



regionale Monopole (AöR)

- viele EVUs
Atom-/Kohle-/GuD-/W-/PSP-KW
- Stadtwerke (SW)
Kohle-/GuD-/W-/MH-KW

E: 100% (ohne IKW)
*)

- 4 große priv. Erzeuger
EnBW, e-on, RWE, Vattenfall
Atom-/Kohle-/GuD-/W-/PSP-KW
- Stadtwerke
Kohle-/GuD-/W-/MH-KW

E: 100% (ohne IKW)

- 4 große priv. Erzeuger ?
GuD-/W-/PSP-KW, Speicher
- viele mittl. Erzeuger/SW
WKA, PVA, MHKW, Speicher

E: saisonal ca. 30%

PPA

Übertrager/Verteiler



- viele EVUs
Übertragungs-/Verteilernetze
- regionale Verteiler/SW
Verteilernetze

- 4 große priv. Übertrager
Amprion, 50Hz, Transn. BW, TenneT
Übertragungsnetze
- regionale Verteiler/SW
Verteilernetze

- 4 große priv. Übertrager ?
Übertragungsnetze
- regionale Verteiler/SW
Verteilernetze

Verbraucher



- Haushalte/GHD
Haushalts-/Betriebsstrom
- Industrie
Betriebsstrom, Industrie-KW (IKW)

- Haushalte/GHD
Haushalts-/Betriebsstrom
- Industrie
Betriebsstrom, IKW

- Haushalte⁺/GHD⁺/Mobilität
Prosumer
- Industrie
Prosumer

PPA

E: ca. 70%

PPA

*) E: Energie (Strom)

PPA: Power Purchase Agreement * mit WPPE

Quelle: ISE e.V.

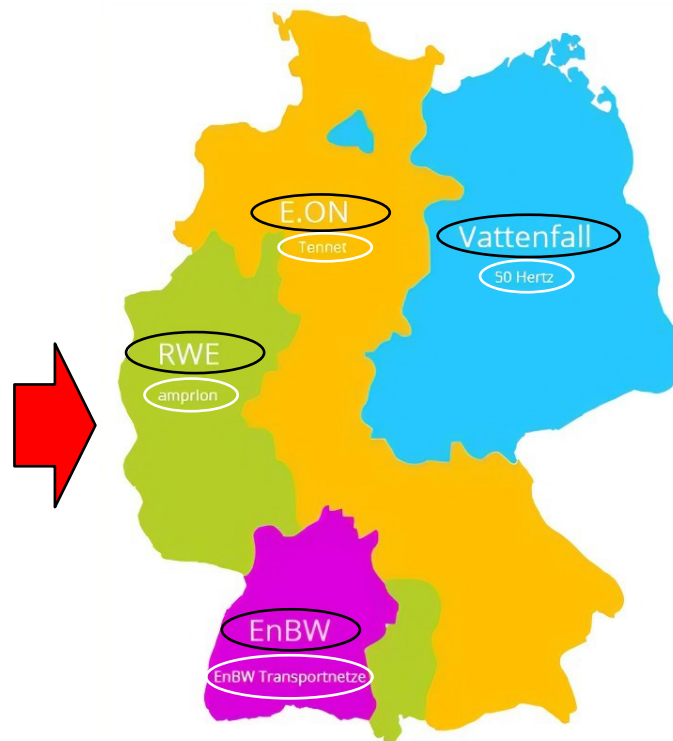
Vom überschaubaren zum komplexen Strommarkt! Ist Privatisierung der richtige Weg?

Transformation des Energiesystems von vielen kleinen Energieversorgern zur „demokratischen“ Energiewirtschaft

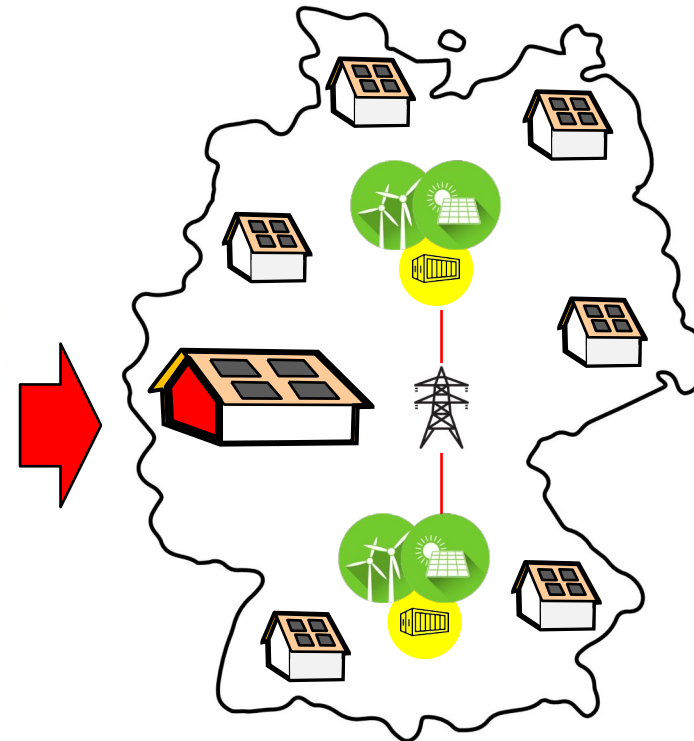
bis 1998



ab 1998 (Privatisierung)
„EU-Richtlinie: E-Binnenmarkt“



Vision 2045 (Demokratisierung)
„Demokratisierung“: Hermann Scheer



- ca. 700 regionale Energieversorger (AöR-Monopole) mit
 - Erzeugung (teilweise)
 - Übertragungsnetze (teilweise)
 - Verteilernetze
- Öl-/Gasversorgung (priv./kommunal)

- 4 überreg. Energieversorger (Oligopole)
- 4 überreg. Ü-Netzbetreiber (Monopole)
- viele regionale V-Netzbetreiber (Monopole, priv./kommunal)
- Öl-/Gasversorgung (priv./kommunal)

Quelle: Energie-Wissen, ISE e.V.

- Prosumer: Haushalte, Unternehmen
- kommunale E-Gesellschaften und Bürger-EnergieGenossenschaften
- 1 überreg. Ü-Netzbetreiber (staatlich)
- viele regionale V-Netzbetreiber (kommunal)

Die Energiewirtschaft wird zukünftig stark mit **Prosumer** durch **Bürger:innen** geprägt!

- Viele Studien zeigen: D und die EU können sich mit ihren EE-Potenzialen bilanziell selbst versorgen!
- Das zukünftige Energiesystem ist klimaneutral, dezentral und viel komplexer als in der Vergangenheit, aber dennoch gut beherrschbar.
- Mit dem Energie-Management-System wird die Netzstabilität sichergestellt.
- Das Energiewabensystem garantiert Autarkie, Inselfähigkeit und Solidarität im Netzverbund.
- Das europäische Overlay-Netzwerk gleicht größere Wetter- und saisonale Schwankungen aus.
- Speichersysteme sorgen für kurzen, mittleren und saisonalen Energieausgleich.
- Die Stromerzeugung wird um ca. das 3-fache wachsen. Dabei muss die Leistungsfähigkeit der Stromnetze auf allen Spannungsebenen dringend überprüft und ggf. ausgebaut werden!
- Der Strommarkt wird sich zu einem komplexen Gebilde entwickeln (Fraunhofer ISE, IEE: Neues Strommarktdesign 11.2021).

Das elektrische Netz mit Residuallast-KW (H₂),
als kritische Infrastruktur und wesentlicher Teil der Daseinsvorsorge,
sollte nicht dem Profitstreben internationaler Investoren ausgeliefert sein,
sondern wieder in die öffentliche Hand (wie vor 1998) gegeben werden!

VS	Quelle
1	AGEB 2022 Energieflußbild 2021
2	Prof. Dr. Quasching 2022: „Zeitenwende & Klimakrise - Warum wir jetzt eine Energierevolution brauchen!“
3	UBA 2016: "Umweltschädliche Subventionen in Deutschland" Kapitel III.1, Tabelle 3
4	UBA 2019: "Gesellschaftliche Kosten von Umweltbelastungen"16
5	Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz: "Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung" //www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/
6	ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity): https://www.entsoe.eu/
7	Bundesnetzagentur 2021 Monitoringbericht 2021 Kapitel E3 Seite 229/230, und Kapitel E4 Seite 233
8	Forum Netztechuk/Netzbetreib im VDE (FNN) 2012: "Technische Anforderungen an die automatische Frequenzentlastung unter Berücksichtigung einer veränderten Erzeugungssituation"
9	RP-Energie-Lexikon 2021: "Frequenzregelung im Stromnetz"
10	FairGrid, https://www.fairgrid.eu/de/ Energiewende für Deutschland, Stabile Stromversorgung für Afrika
11	Interreg, Energiewaben CR 2016: "Projektbeschreibung" https://energiewaben-gr.eu/Projekt
12	Fraunhofer ISE seit 2010, Prof. Bruno Burger: "Energy-Charts" https://energy-charts.info
13	Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages 2019: Dokumentation "Sicherstellung der Stromversorgung bei Dunkelflauten"

Quellen (2)

VS	Quelle
14	energie-experten.org , 2021: Energiespeicher-Technologien im Überblick
15	Fraunhofer ISE 2016: Studie "Supergrid – Ansatz für die Integration von Erneuerbaren Energien in Europa und Nordafrika", Seite 14
16	Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2010: Stellungnahme: "100% erneuerbare Stromversorgung bis 2050: klimaverträglich, sicher, bezahlbar", Seite 59
17	Gas Infrastructure Europ (GIE) 2022: Aggrgated Gas Sorage Invatury (AGSI) 2022
18	Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln 2019: Entwicklung der Momentanreserve und Abschätzung des Bedarfes an "Fast Frequency Response" im Europäischen Verbundsystem
19	ECOSCO P, Gesellschaft für Umweltberatung und -recherche mbH Trier 2012: Pumpspeicherkraftwerk Rio, Energiewirtschaftliche Betrachtung
20	Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) 2021: 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH "Netzentwicklungsplan Strom 2035, Version 2021, Zweiter Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber"
21	TenneT 2021: Internetbericht "NordLink – das 'grüne Kabel' zum Austausch deutscher Windenergie mit norwegischer Wasserkraft – ist eine Verbindung zweier sich optimal ergänzender Systeme." https://www.tennet.eu/de/unser-netz/internationale-verbindungen/nordlink/
22	TÜV-Nord Elektrolyse von Wasser zur Herstellung von Wasserstoff
23	BMWK : Instrumente zur Sicherung der Gasversorgung
24	Übertragungsnetzbetreiber 2021: Netzentwicklungsplan, Strom

!100%!

Kern-Team

Wolfgang Thiel

Wolfgang Fedderken

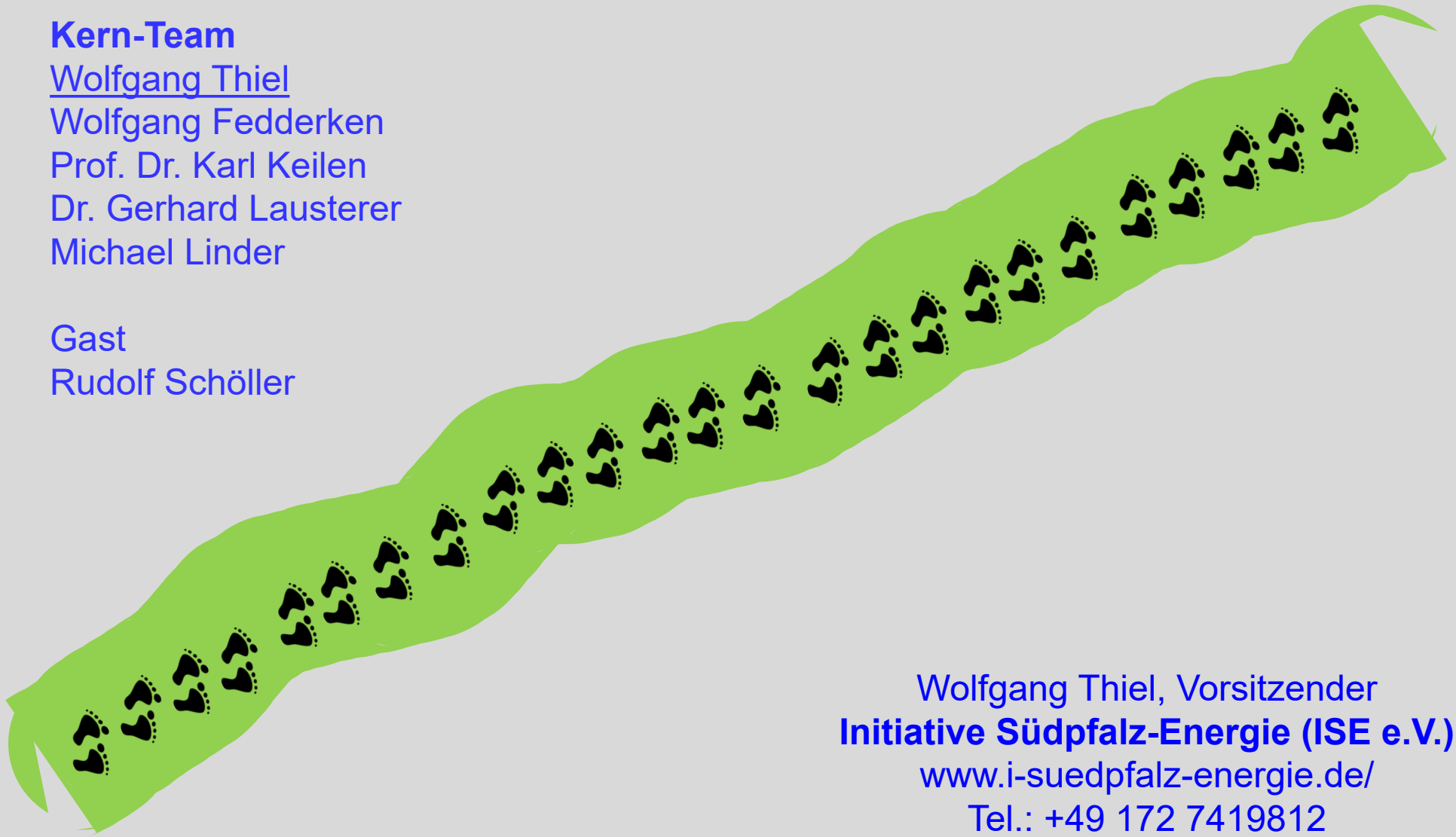
Prof. Dr. Karl Keilen

Dr. Gerhard Lausterer

Michael Linder

Gast

Rudolf Schöller



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

www.i-suedpfalz-energie.de/

Tel.: +49 172 7419812

eMail: wolfgang@thiel-wt.de