

Smart Metering

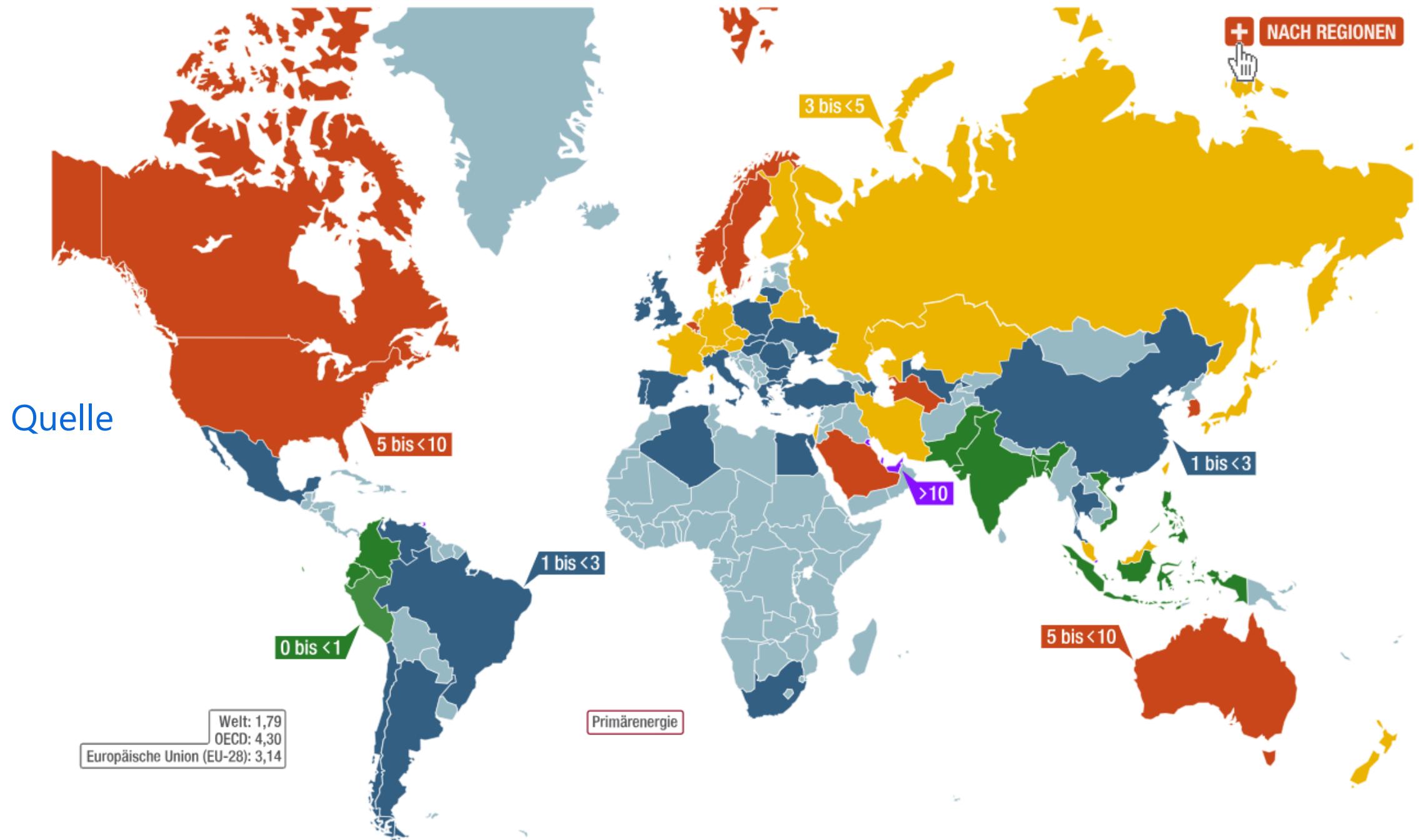
Globale Aspekte der Energieversorgung

Wie viele "Energie-Sklaven" benötigen wir?

the energy slave is a unit of measurement that allows us to better understand and evaluate the consequences of our life choices. An energy slave works to produce energy 24 hours a day. He produces an average power output of 100 W (875 kWh/year)

[Quelle](Tourane Corbière-Nicollier & Olivier Joliet 2001)





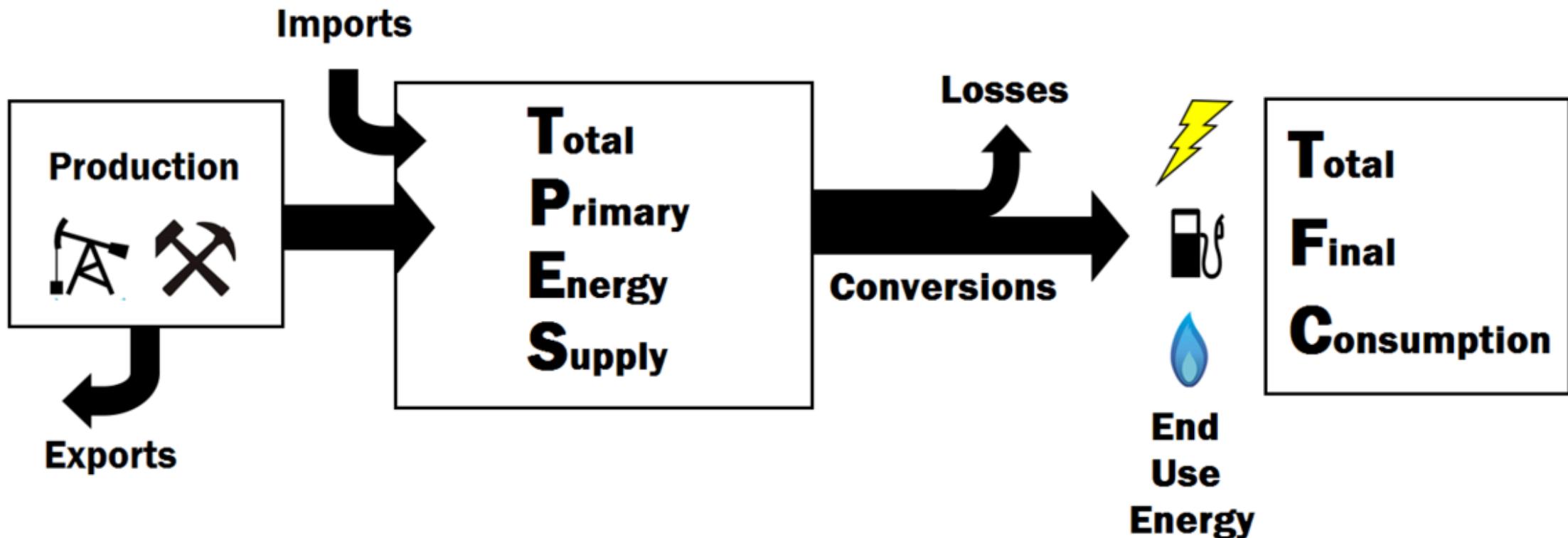


Primärenergiebedarf

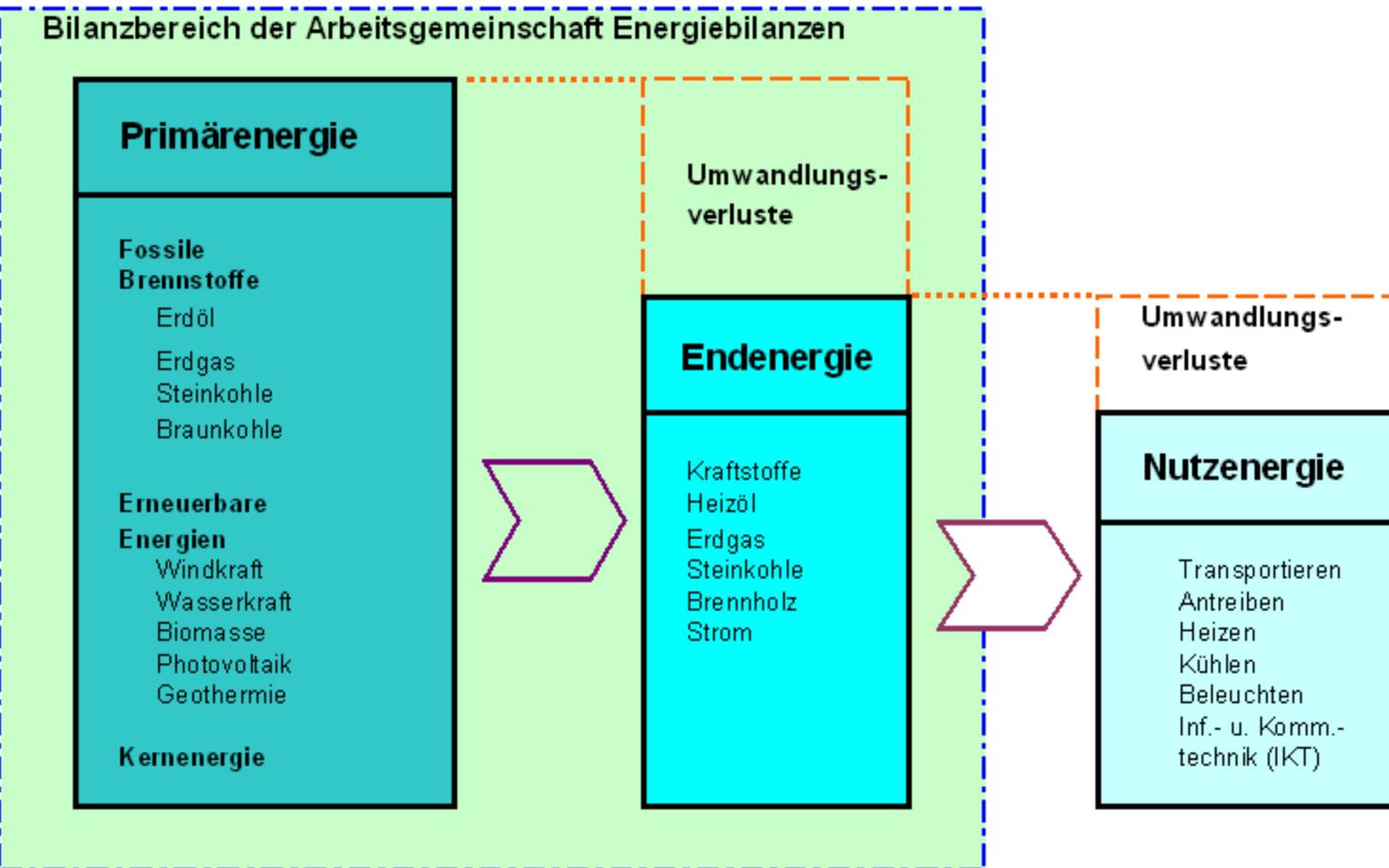
misst den gesamten Energiebedarf (eines Landes). Er umfasst den Verbrauch des Energiesektors selbst, Verluste bei der Umwandlung (z.B. von Öl oder Gas in Elektrizität) und Verteilung von Energie sowie den Endverbrauch durch die Endverbraucher. Ausgeschlossen sind Energieträger, die für nichtenergetische Zwecke verwendet werden (z.B. Erdöl, das nicht zur Verbrennung, sondern zur Herstellung von Kunststoffen verwendet wird).

Quelle

Country's Energy Flows



Quelle





Tonne of oil equivalent?

(toe) ist eine Energieeinheit, die als die Energiemenge definiert ist, die bei der Verbrennung einer Tonne Rohöl freigesetzt wird. Sie beträgt etwa 42 Gigajoule oder 11,630 MWh

[Quelle]

(https://en.wikipedia.org/wiki/Tonne_of_oil_equivalent,
http://www.huashuochem.com/wap_product_detail_en/id/29.html)

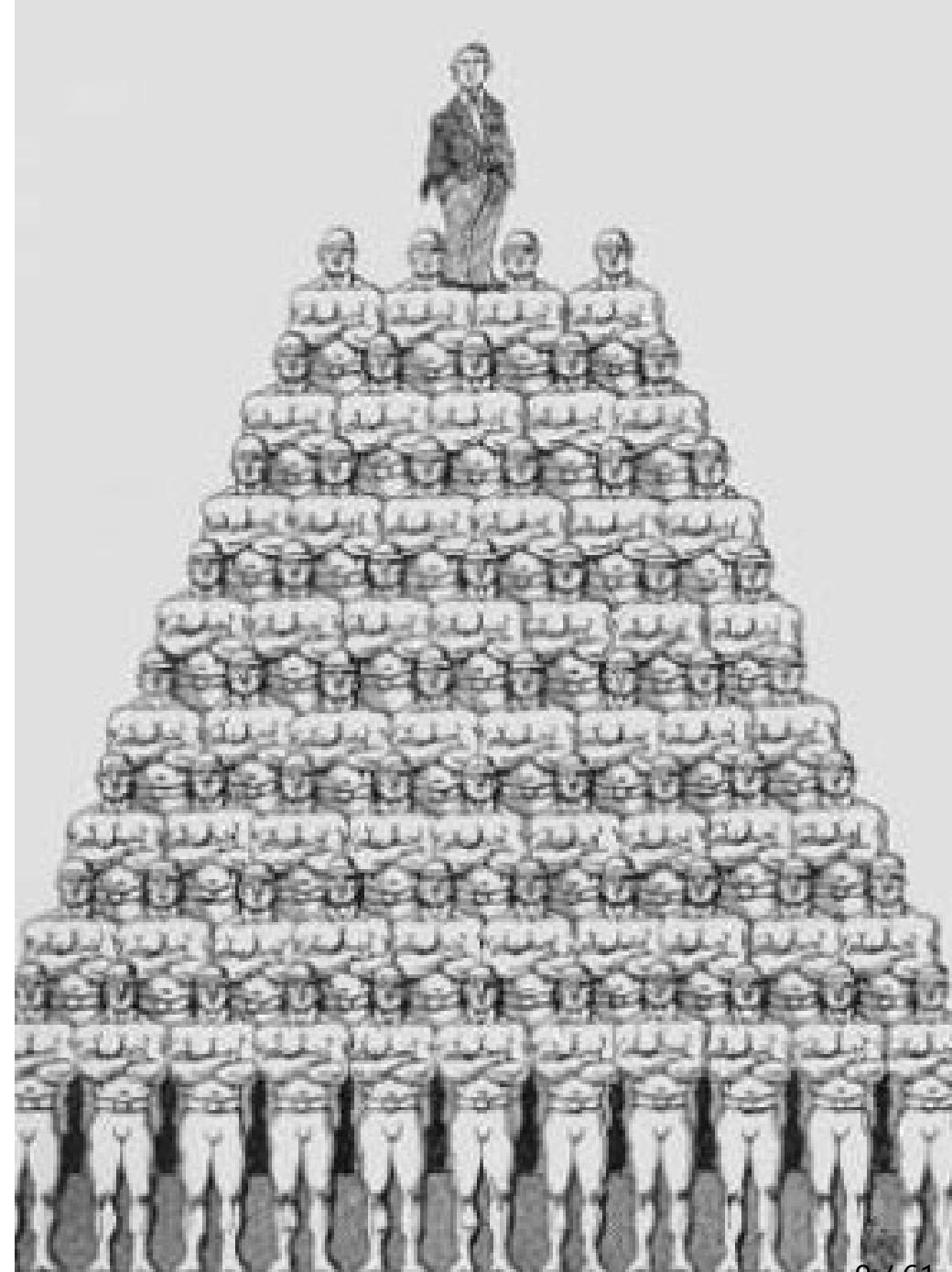


Wie viele "Energie-Sklaven" benötigen wir?

No. of Energy Slaves

$$\begin{aligned} &= 3.7 \frac{\text{toe}}{\text{a}} \cdot 11.630 \frac{\text{MWh}}{\text{toe}} \cdot 1000 \frac{\text{kWh}}{\text{MWh}} \cdot \frac{1}{875} \frac{\text{a}}{\text{kWh}} \\ &= 3.7 \cdot 11.630 \cdot 1000 \cdot \frac{1}{875} \\ &= 49.2 \end{aligned}$$

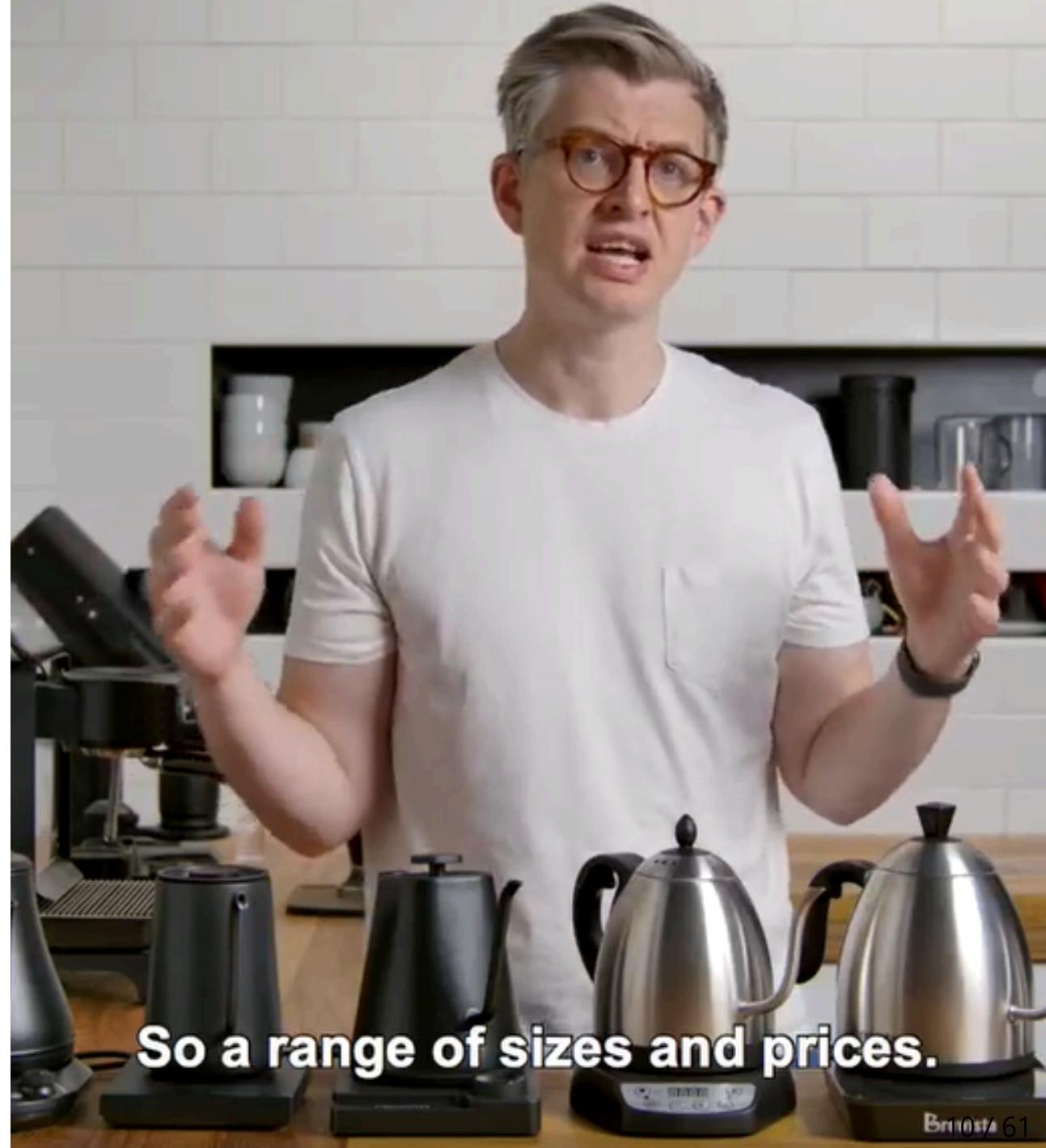
- Jeder Europäer benötigt mehr als 50 virtuelle Energiesklaven, die Tag und Nacht arbeiten!



Wasserkocher

- $P = 3.7 \cdot \frac{11,630}{8760} \frac{kWh}{h} = 4.9kW$
- als würden mehrere Wasserkocher kontinuierlich durchlaufen
- **Is it bad to have too many energy slaves / kettles?**

[Quelle](James Hoffmann)



So a range of sizes and prices.

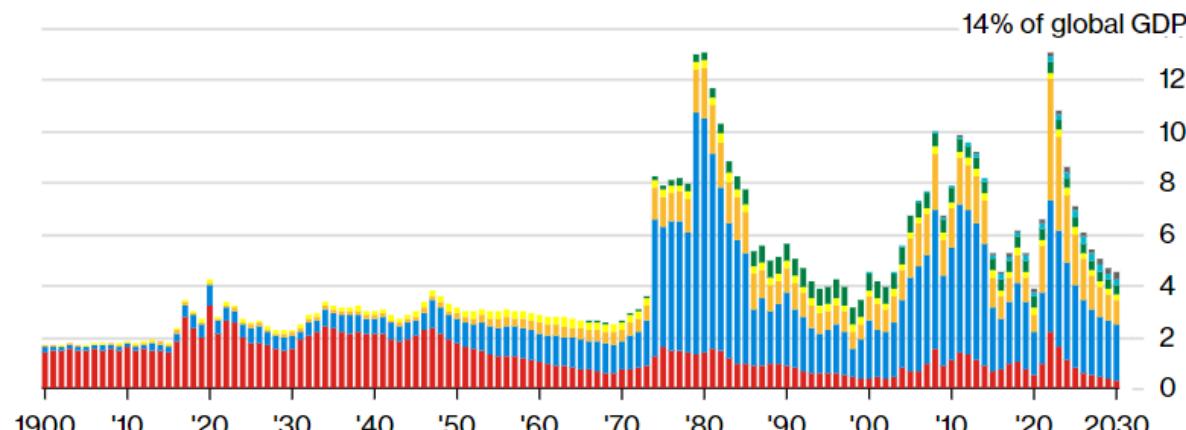
Ökonomie

- Kosten: Energieerzeugung ist teuer

Expensive Energy

Energy costs are soaring as a proportion of global GDP

■ Coal ■ Oil ■ Gas ■ Hydro ■ Nuclear ■ Wind ■ Solar

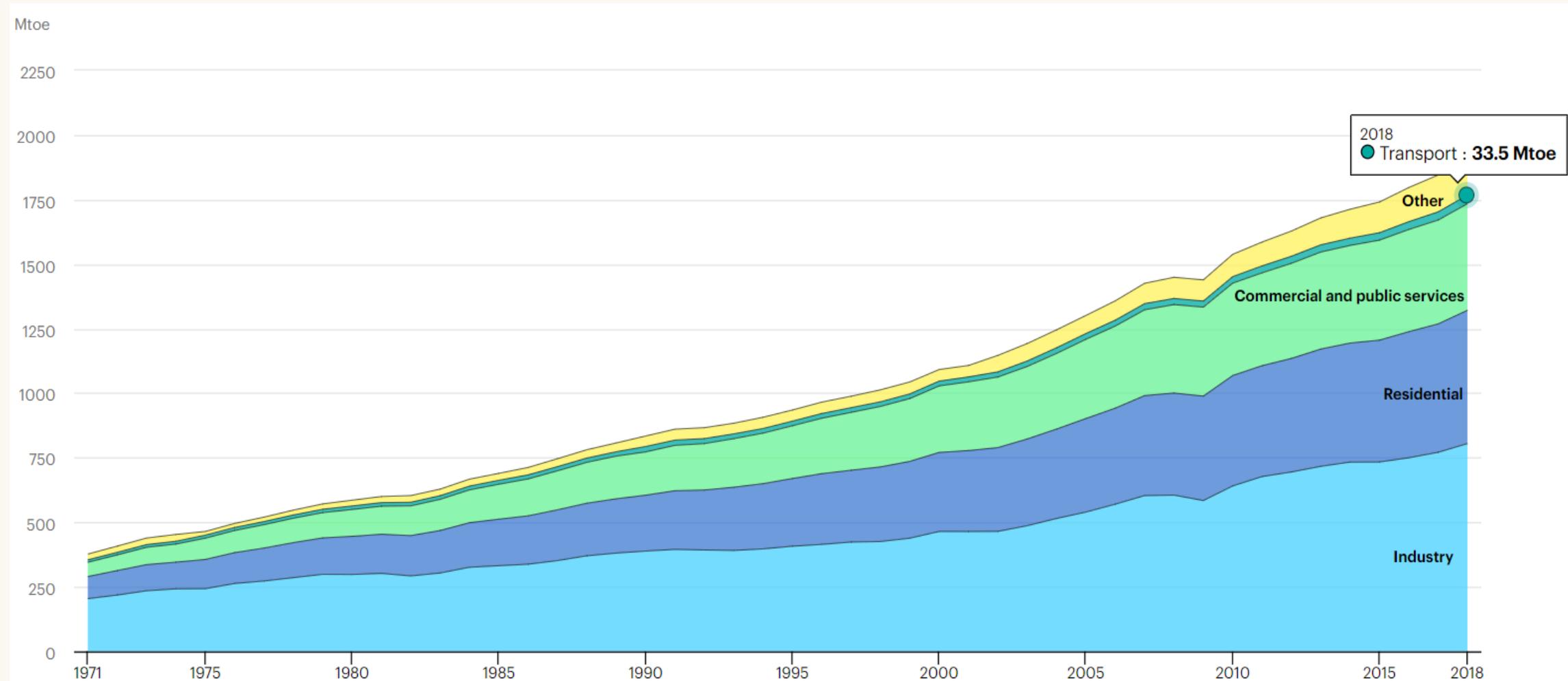


Source: Thunder Said Energy

- This forecast was from before Russia's attack on Ukraine

Quelle

Endenergieverbrauch nach Sektoren

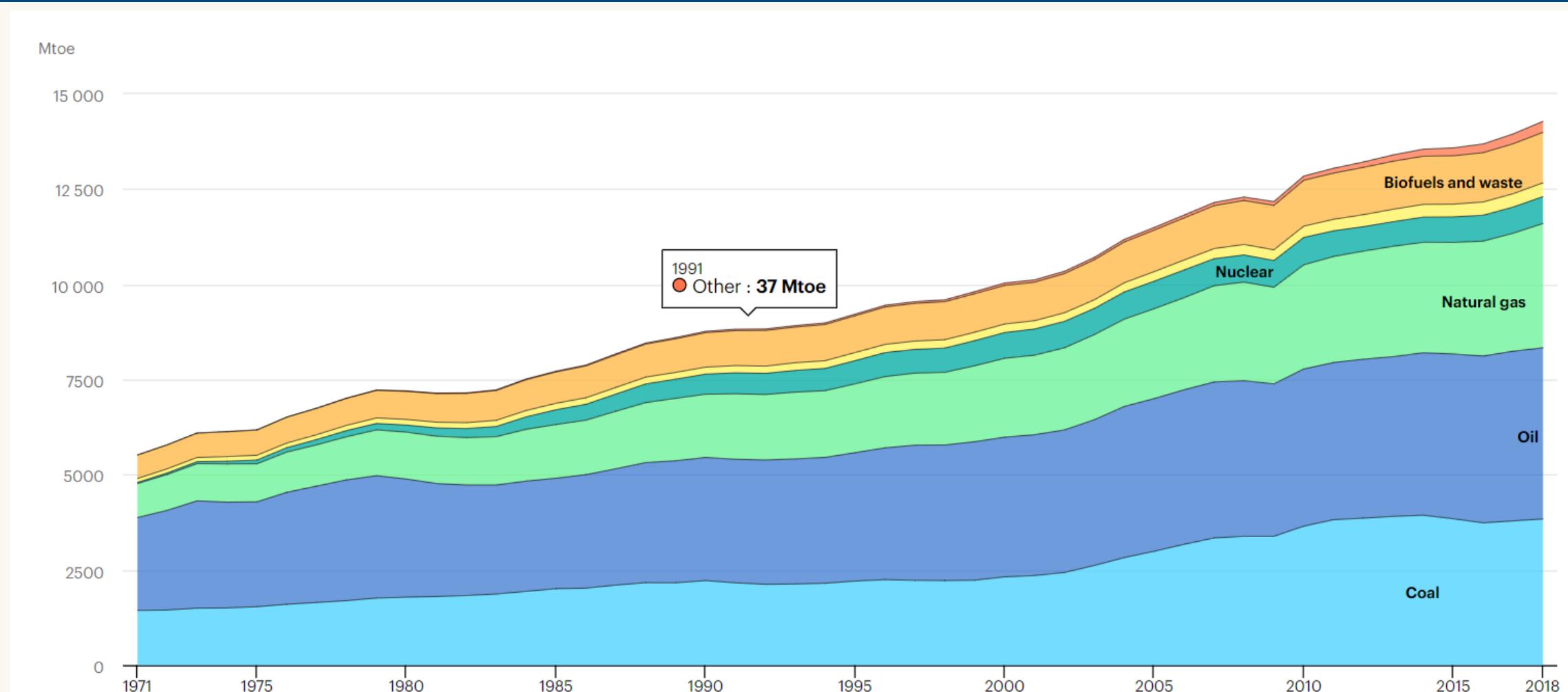


Quelle

Nachfrageseite: Endverbrauch nach Sektoren

- **Privathaushalte**: Heizen, Kochen, Kühlen, usw.
- **Verkehr**: Transport von Personen und Gütern
- **Gewerblich**: Verkauf von Waren und Dienstleistungen
- **Industrie**: Herstellung von Waren, in der Regel aus Rohstoffen.
- **Landwirtschaft**: Energieverbrauch: Düngemittel, Licht, Wärme, Maschinen

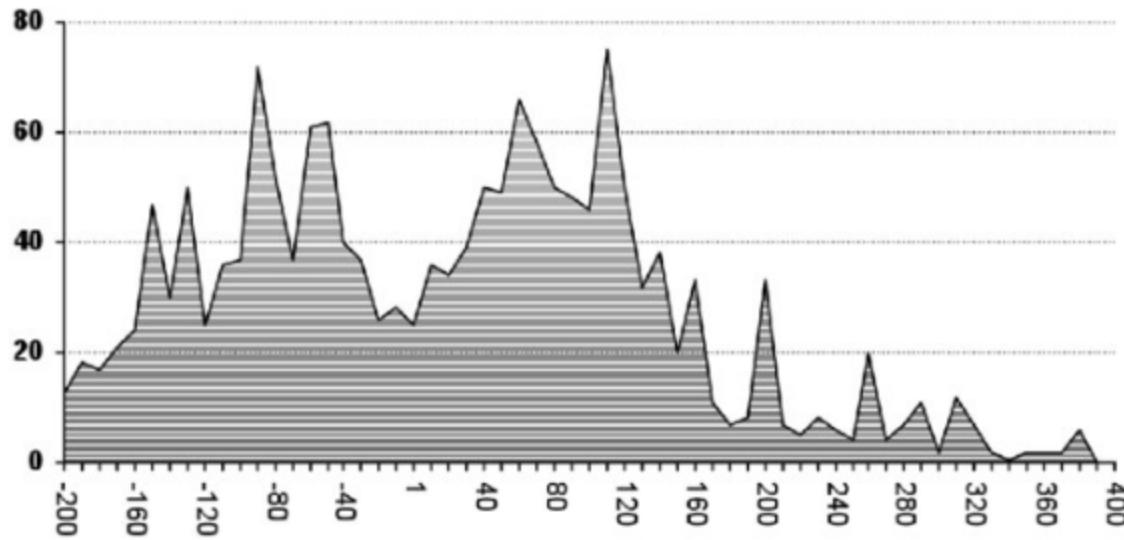
Gesamt Primärenergieversorgung der Welt nach Quellen



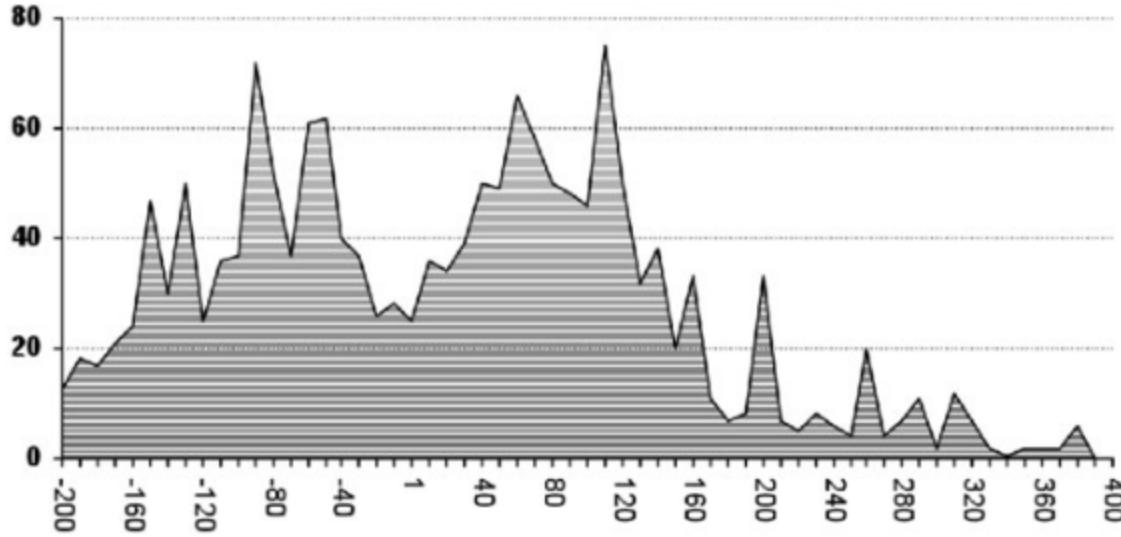
Quelle



Gesamt Primärenergieversorgung im Jahr ?



Quelle



Schätzungen der Waldrodung in Mitteleuropa (Deutschland, Nordostfrankreich) anhand archäologischer Holzreste 200 v. Chr. bis 400 v. Chr. (dekadische Daten; jeder Punkt des Diagramms steht für die Intensität des Holzeinschlags).

[Quelle](##### Malanima, P. (2013). Energy consumption in the Roman world. In The Ancient Mediterranean Environment between Science and History (pp. 13-36). Brill)

Energiepolitisches Zieldreieck



Zusammenfassung

- Der größte Teil der Primärenergie weltweit stammt immer noch aus nicht erneuerbaren Energiequellen
- Sichere, erschwingliche Energie ist eine der wichtigsten Triebfedern der menschlichen Entwicklung
- Energie wird in allen Sektoren benötigt (Haushalt, Transport, Produktion)
- Nur ein kleiner Teil der Energie wird in elektrische umgewandelt

Eine kurze Einführung in die Energiewirtschaft

Energiekosten und Erlöse

K+ WIRTSCHAFT

14.10.2022

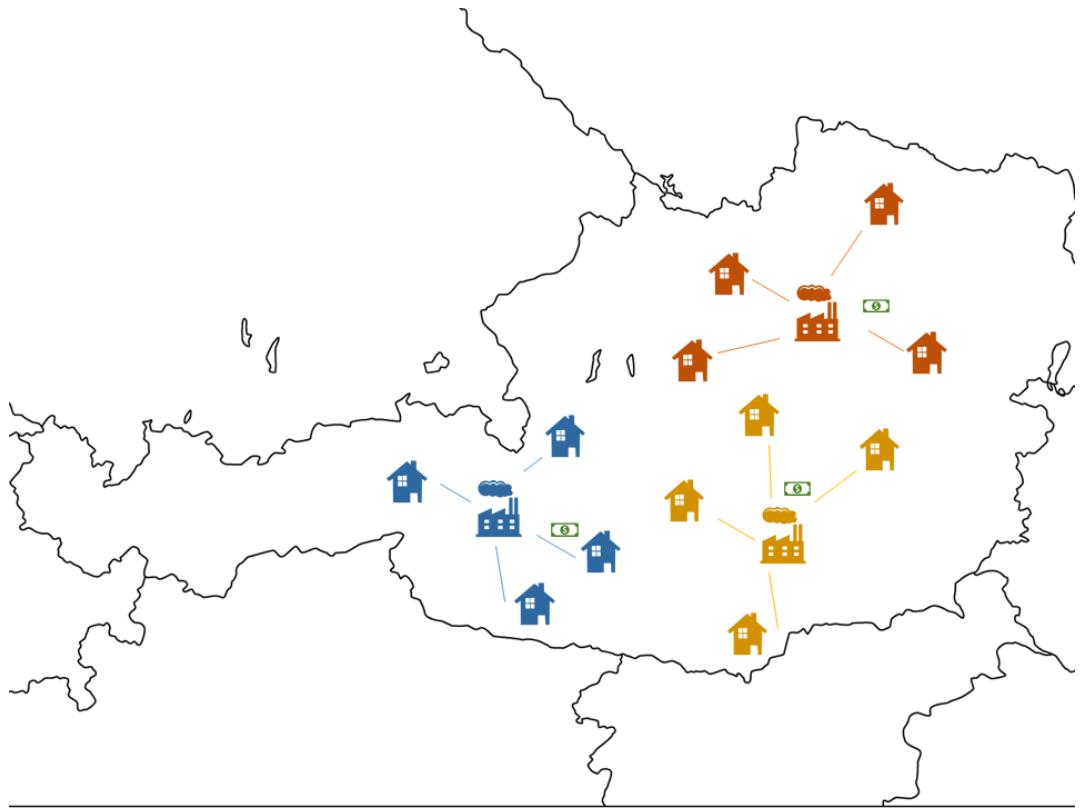
Energiekosten insgesamt um 24 Milliarden Euro gestiegen

Eine Entkoppelung von Strom- und Gaspreis könnte die Inflation laut einer Studie eindämmen.

von Martin Meyrath

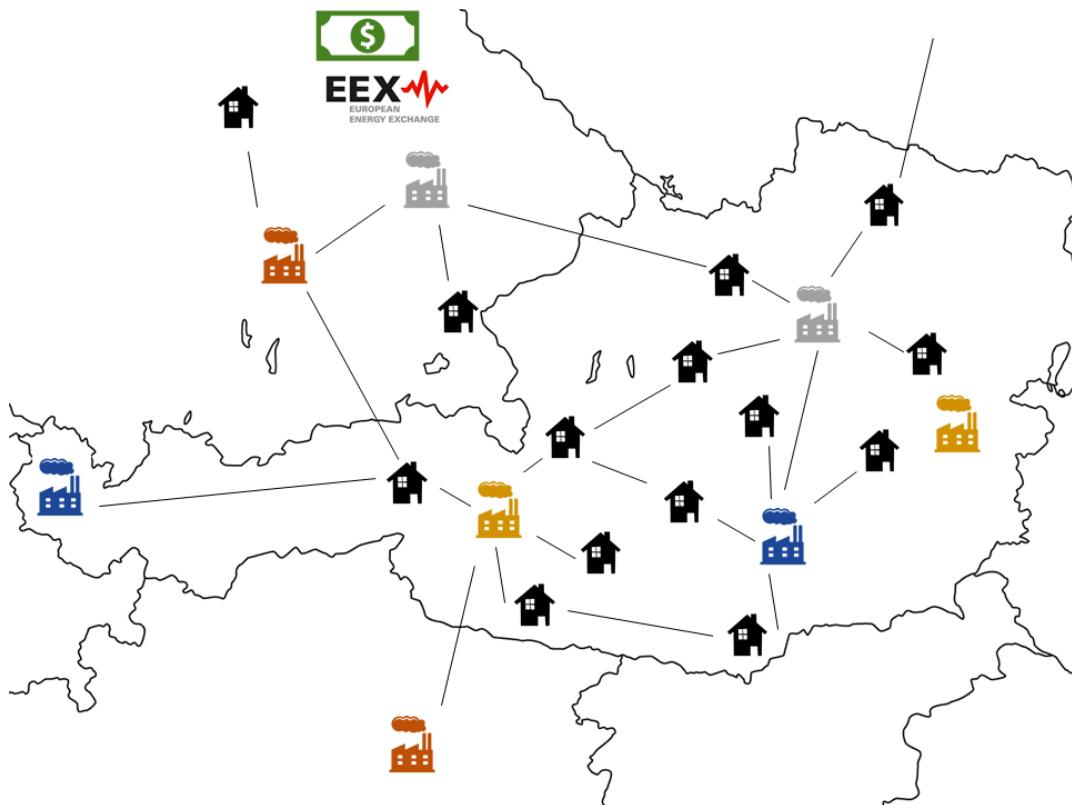


Der steile Anstieg der Energiekosten in den letzten 14 Monaten stellt nicht nur einzelne Betriebe, sondern die europäischen Volkswirtschaften vor Probleme. Laut einer Studie von Kurt Kratena vom Center of Economic Scenario Analysis and Research (CESAR) im Auftrag der Arbeiterkammer (AK) steigen die gesamtwirtschaftlichen Energiekosten heuer um 23,6 Milliarden Euro, oder etwa 5,3 Prozent des Bruttoinlandsprodukts (BIP).



Stadtwerke-Welt (mit Beginn der Elektrifizierung 19 Jhd.)

- Ein Stadtwerk betreibt Netz und Stromerzeugung in seinem Netzgebiet
- Monopolstellung der Stadtwerke



Europäische Energiemarktintegration

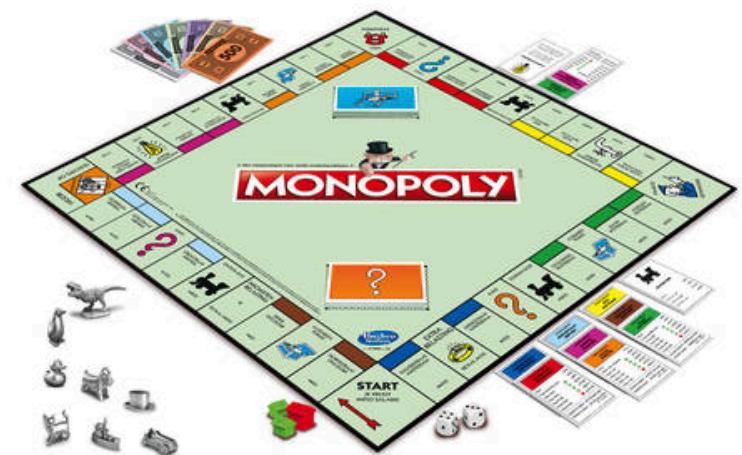
- Entwicklung eines gemeinsamen Europäischen Stromnetzes (Ausfallsicherheit)
- und Binnenmarktes
- Aus integrierten Stadtwerken (und Energiekonzernen) werden getrennte Netzbetreiber und Energieversorgungs-unternehmen (EVU)

Europäische Energiemarktintegration

- Alle Marktteilnehmer handeln Energiemengen frei miteinander
- Netz wird von neutralen Netzbetreibern verantwortet
- Handel von Strom kann bilateral oder auf der Europäischen Strombörse (EEX) stattfinden
- Netzrestriktionen werden innerhalb einzelner Länder vom Markt ignoriert
- Solange keine Netzrestriktionen an den Gren-Kuppel-Stellen bestehen haben Länder den gleichen Strompreis
- Eine ähnliche Logik gilt für den Gas-Markt

Trennung von Natürlichem Monopol (Netz) und Markt (Energie)

- Beim Stromnetz handelt es sich um ein natürliches Monopol (ebenso Gas und Eisenbahn)
 - Kein Mitbewerber kann ein Parallelnetz aufbauen, und dieses günstiger anbieten
- Idee: Netz und Energie werden getrennt behandelt
- Dies soll den Europäischen Austausch fördern und Kosten senken



Quelle

Elektrische Energie aus Strom ist ein Homogenes Gut

- Eine kWh Strom kann überall im Europäischen Stromnetz eingespeist werden
- Eingespeiste und entnommene Energie können nicht nachverfolgt werden
- Das Netz wird nicht beachtet (Kupferplatte, Zonales Preissystem)

aumshop.net » Shop » Highlights » Atomstromfilter



Dank neuster Forschungen von Daniel Düsentrieb ist es nun gelungen Öko-Strom von Atom-Strom zu trennen.

Hier gibt es den Atomstromfilter zur schnellen Installation. Einfach auf die Steckdose aufsetzen und schon wird der Atom-Strom rausgefiltert.

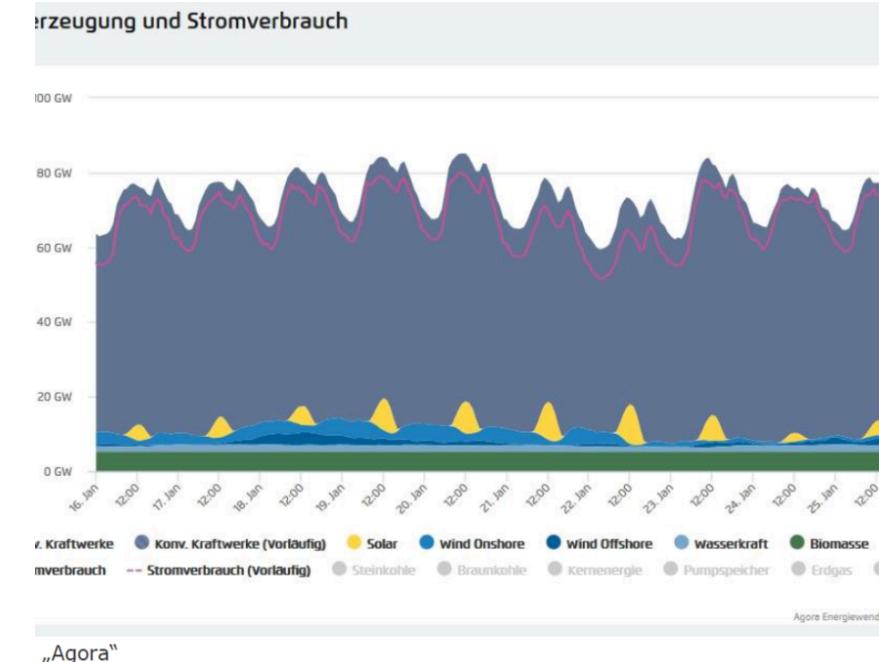
Produkt an Lager

Preis: 25,00 €

IN DEN WARENKORB

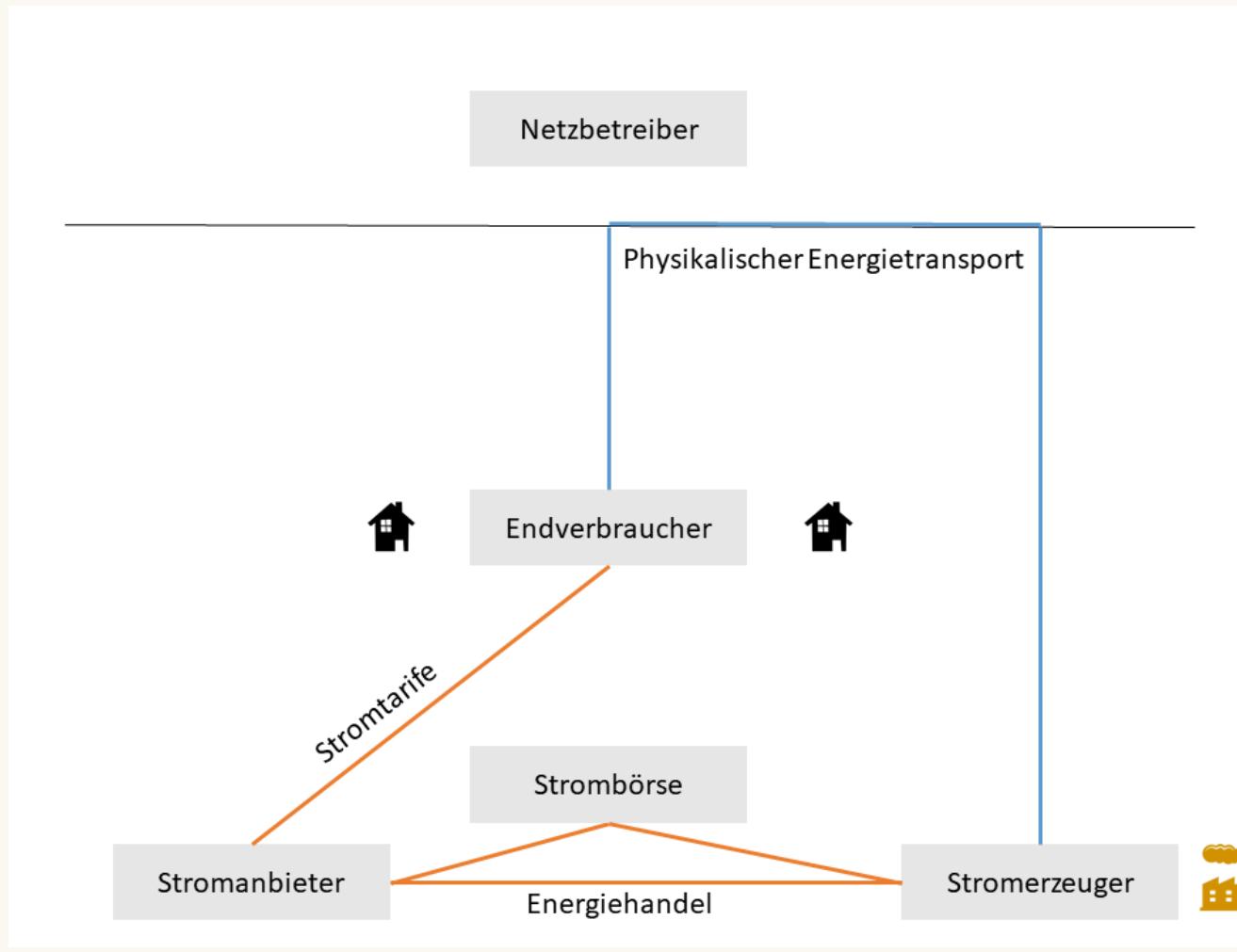
Ökostrom

- EVU, die Ökostrom anbieten haben folgende Möglichkeiten
 - Ökostrom selbst produzieren
 - per Liefervertrag einkaufen
 - handelbare Erzeugungszertifikate erwerben
- Mengengleiche Ökostromversorgung: Ausgleich übers Jahr
- Zeitgleiche Ökostromversorgung: Ausgleich in jeder Viertelstunde



„Agora“

Rollen auf dem Energiemarkt (vereinfacht)



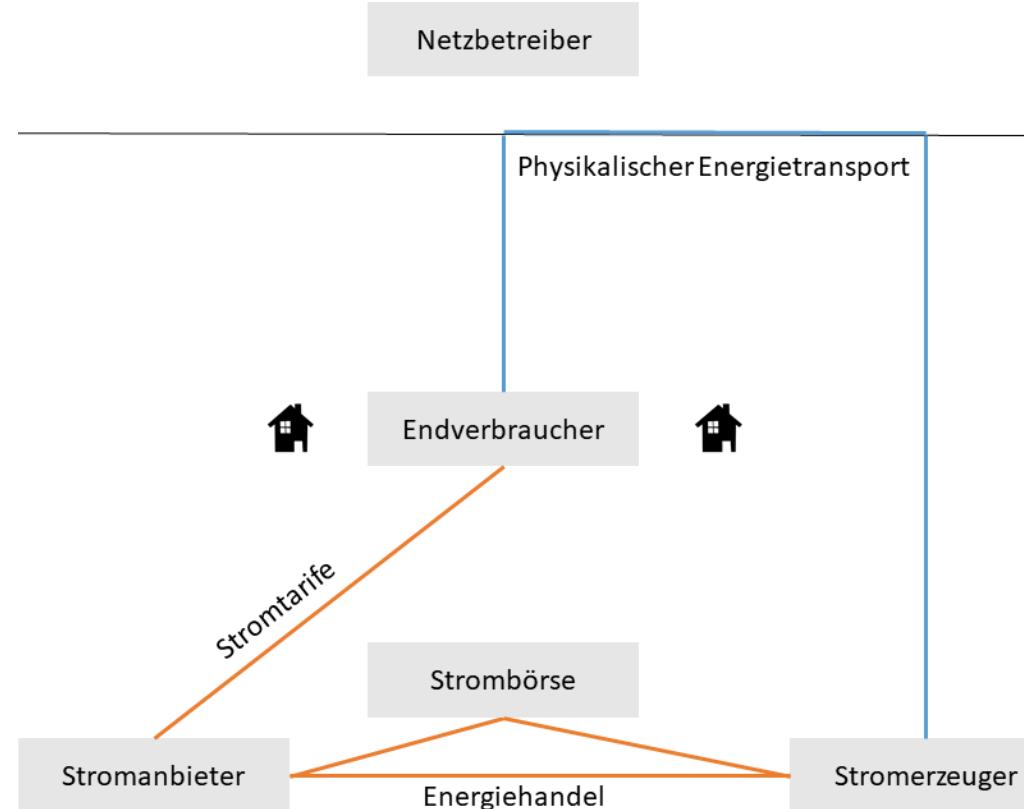
Rollen auf dem Energiemarkt (vereinfacht)

- Ein Unternehmen kann gleichzeitig unterschiedliche Rollen einnehmen
- Stromanbieter: Große Erzeuger vom elektrischen Strom (Kraftwerksparks) verkaufen Energiemengen
- Stromnachfrager: Energieversorgungsunternehmen (EVU) kaufen Energiemengen
- Endverbraucher: Haushalte und Gewerbe, beziehen Strom von den Energieversorgungsunternehmen und rechen über Tarife ab (nur sehr große Firmen handeln selbst auf der Strombörse)
- Netzbetreiber: Greifen nicht in den Handel mit Strom ein

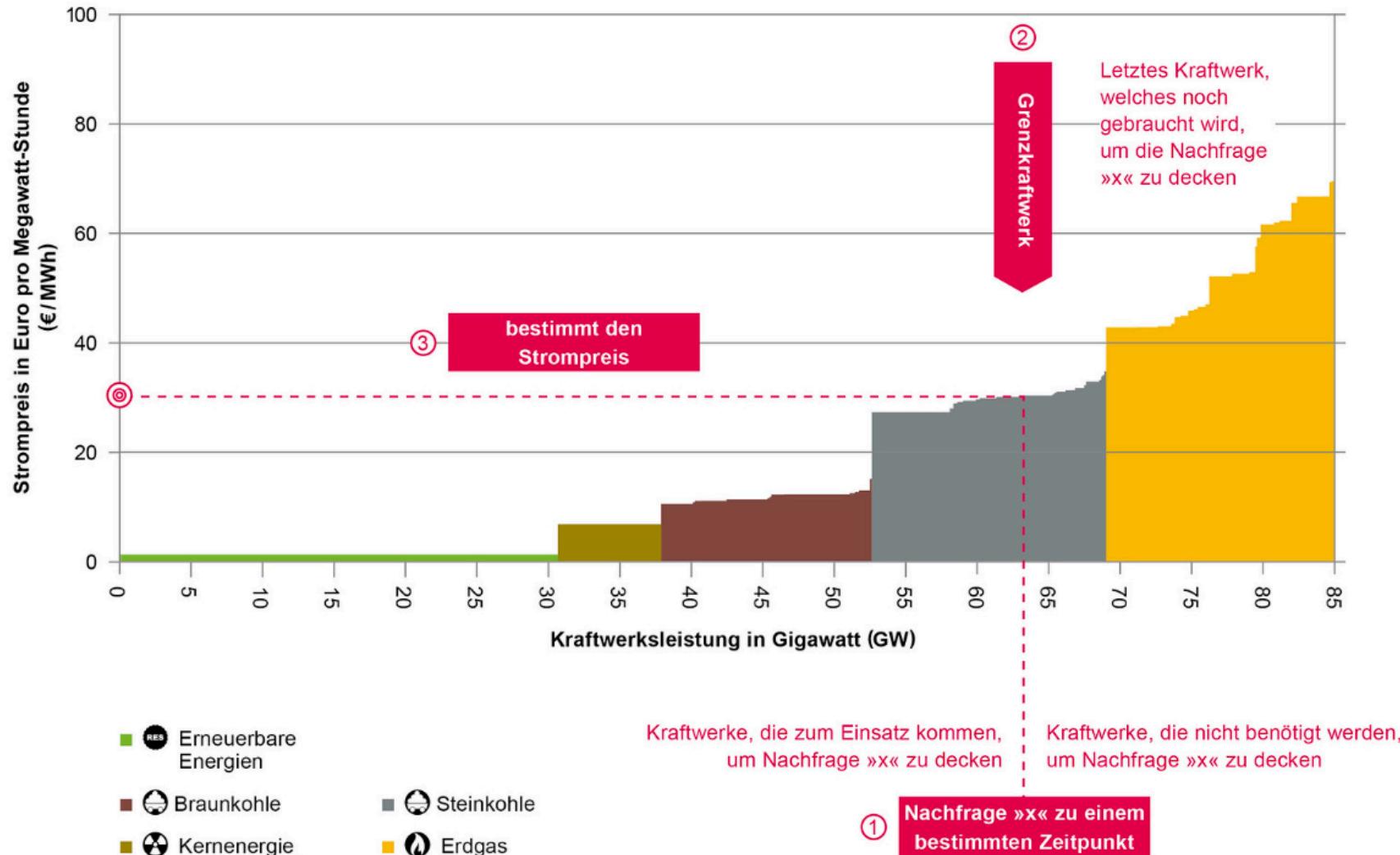
Angebot und Nachfrage

- Stromanbieter bieten zu marginalen Kosten an: Was immer es kostet eine MWh elektrischen Strom zu produzieren
 - Erneuerbare Erzeuger haben marginale Kosten von 0 €/MWh
 - Gaskraftwerke sind teuer
 - Kapitalkosten werden nicht eingepreist (sunk costs)
- Stromnachfrager sind unelastisch: EVU müssen beschaffen, was Haushalte und Gewerbe beziehen

[Quelle](marginale Kosten/Grenzkosten: Kosten die anfallen, um eine zusätzliche Einheit zu



Merit Order Modell



[Quelle](Ökoinstitut Freiburg)

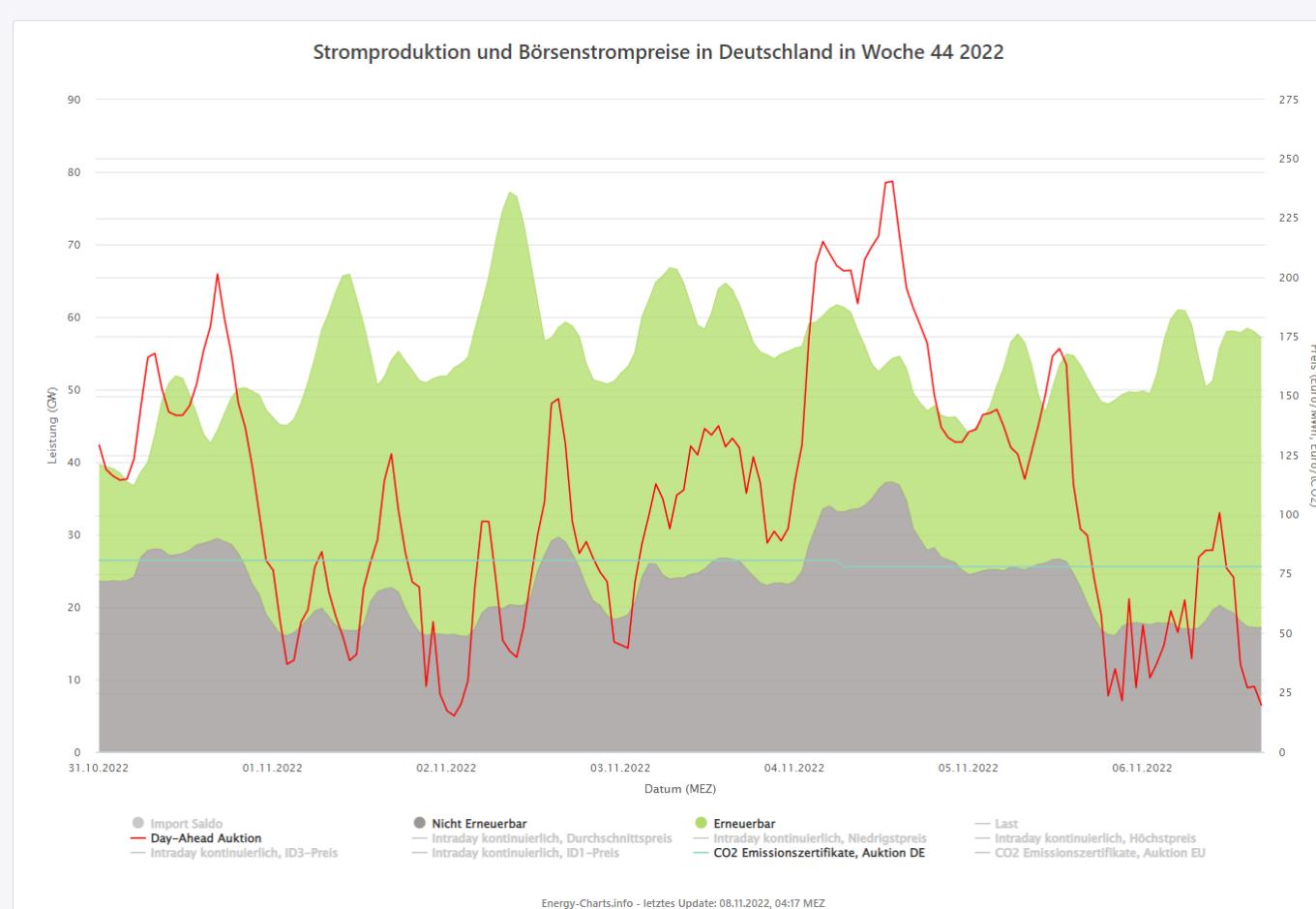
Merit Order Modell

- Die Aufreihung des Angebots wird als Merit Order bezeichnet
- In jeder Viertelstunde wird die der Einsatz der Erzeuger nach der Merit Order festgelegt
- Es muss immer genau so viel Strom abgenommen, wie eingespeist werden
- Die Nachfrage kann kurzfristig als nicht-elastisch (preis-unabhängig) angenommen werden
- Der Schnittpunkt zwischen Angebot und Nachfrage bestimmt den Preis
- All abgerufenen Kraftwerke erhalten den Preis, den das letzte Kraftwerk erzielt

[Quelle](Ohne diese Regel (Pay-as-Bid) gäbe es ein Anreiz für strategisches Verhalten der Bieter)

Preis-Schwankung Intraday

Energy-Charts Leistung ▾ Energie ▾ Emissionen ▾ Klima ▾ Preise ▾ Szenarien ▾ Karte Infos ▾

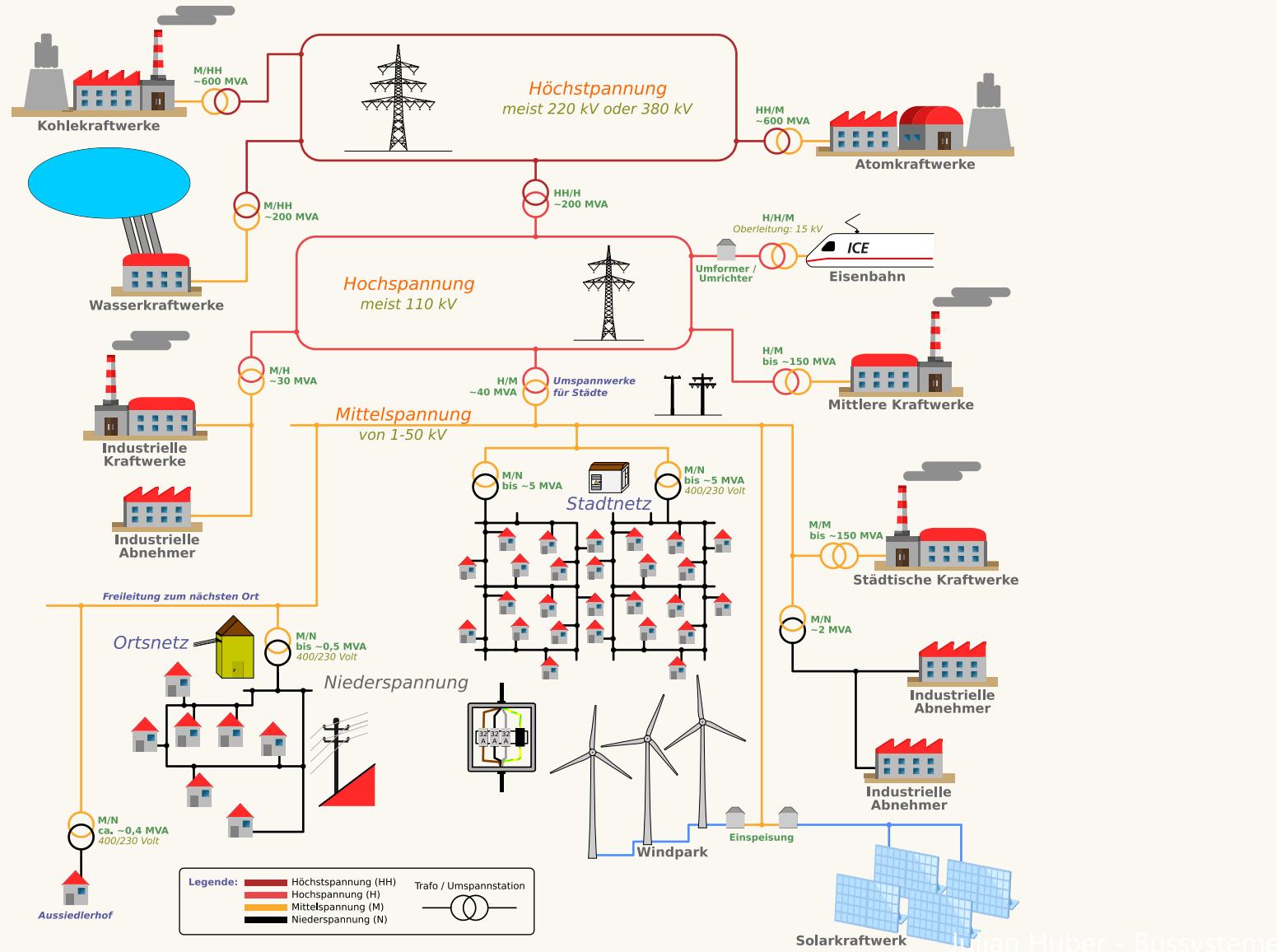


Quelle

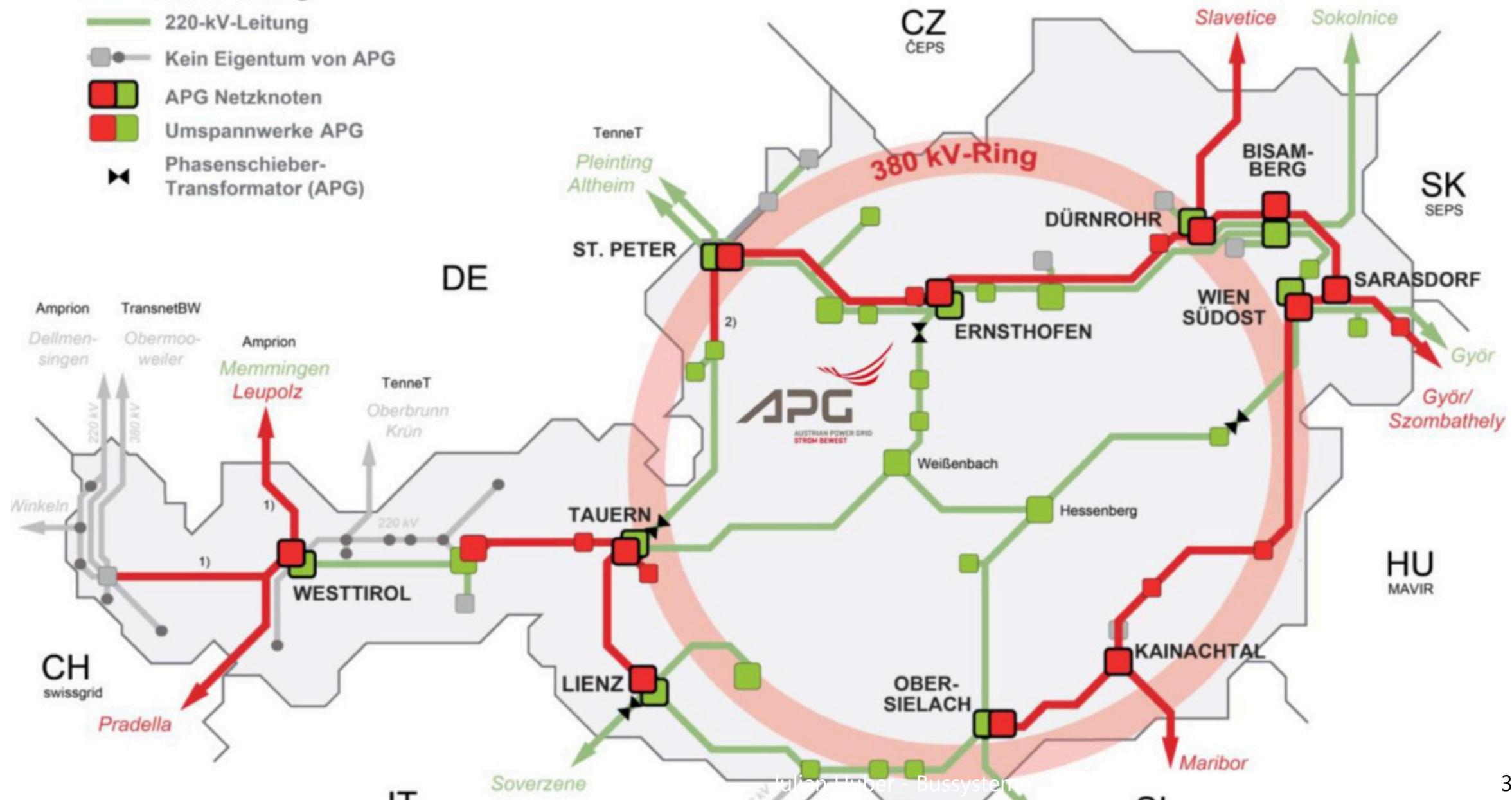
Preis-Schwankung Intraday

- Je nach Last und Erzeugungssituation stellen sich unterschiedliche Preise ein
- EVU haben ein Interesse den Verbrauch ihrer Kund:innen in Richtung der günstigen Stunden zu verschieben
 - Zeit-dynamische Tarife
 - Unterbrechbare Lasten
- Das würde die Elastizität/Flexibilität der Nachfrage erhöhen
- EVUs müssen in teuren Stunden weniger Strom beziehen
- Geschieht dies nicht im ausreichenden Maße
 - Strompreis steigt
 - Mehr Emissionen
 - Lastabschaltungen

Struktur des Stromnetz

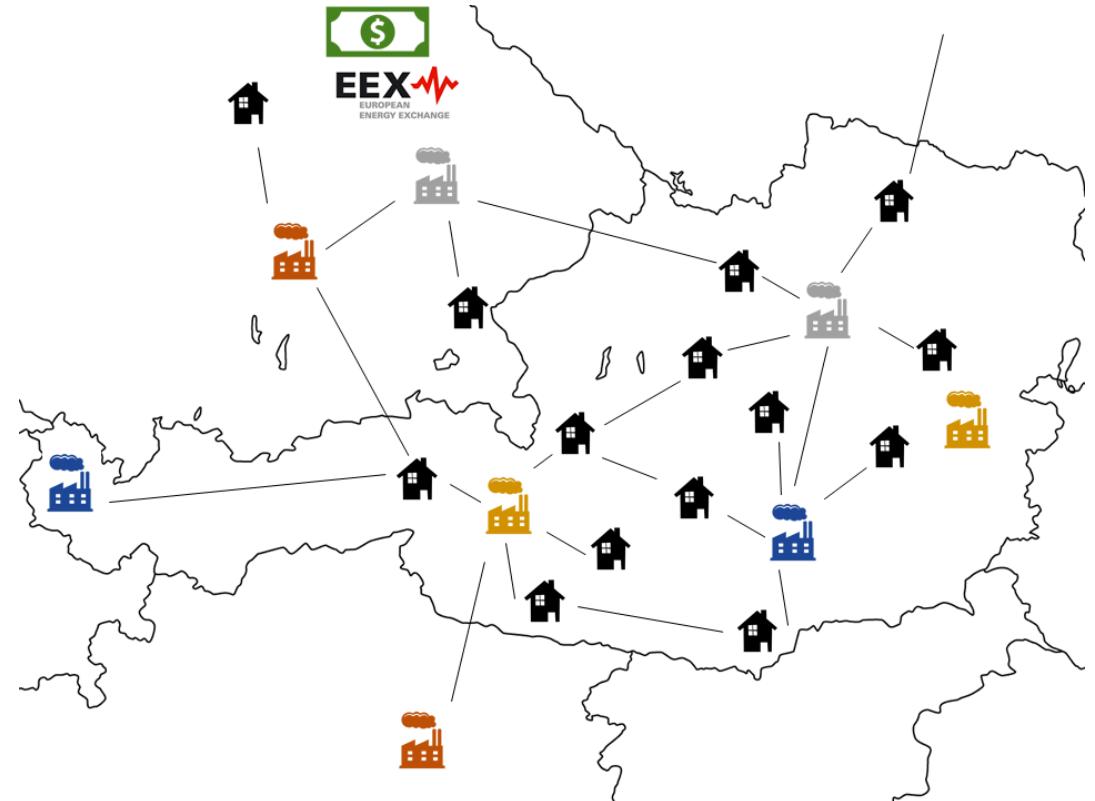


- 380-kV-Leitung
- 220-kV-Leitung
- Kein Eigentum von APG
- APG Netzknoten
- Umspannwerke APG
- Phasenschieber-Transformer (APG)



Übertragungsnetz

- Maschen-Topologie
- Engpässe bei starken lokalen Ungleichgewichten
 - Marktergebnis kann nicht umgesetzt werden: Redispatch
- Weitere Aufgaben der Übertragungsnetzbetreiber
 - Frequenzhaltung
 - Systemreserve



Verteilnetz

- Ring- oder Strang-Topologie
- Engpässe bei hohen Gleichzeitigkeiten
 - Wärmepumpen
 - "Zahnarzt-Allee"

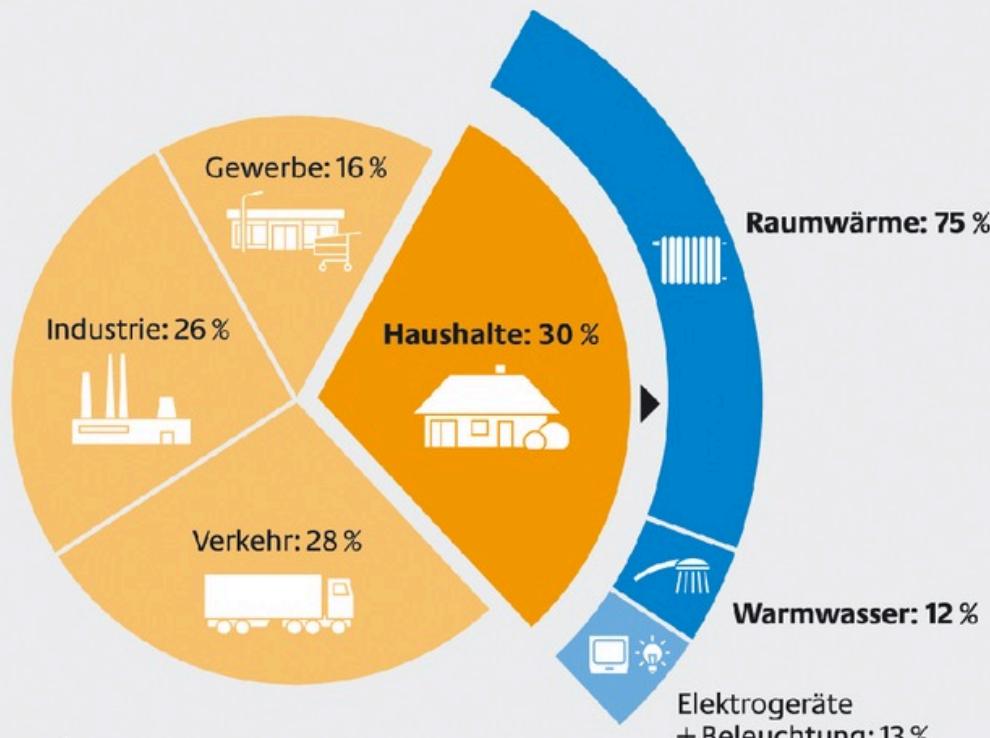
- PV-Rückspeisung




Nachfrage: Relevanz der elektrischen Energieversorgung

Wer verbraucht in Deutschland die meiste Energie*?

Energieverbrauch der Heizung oftmals unterschätzt



*Endenergie

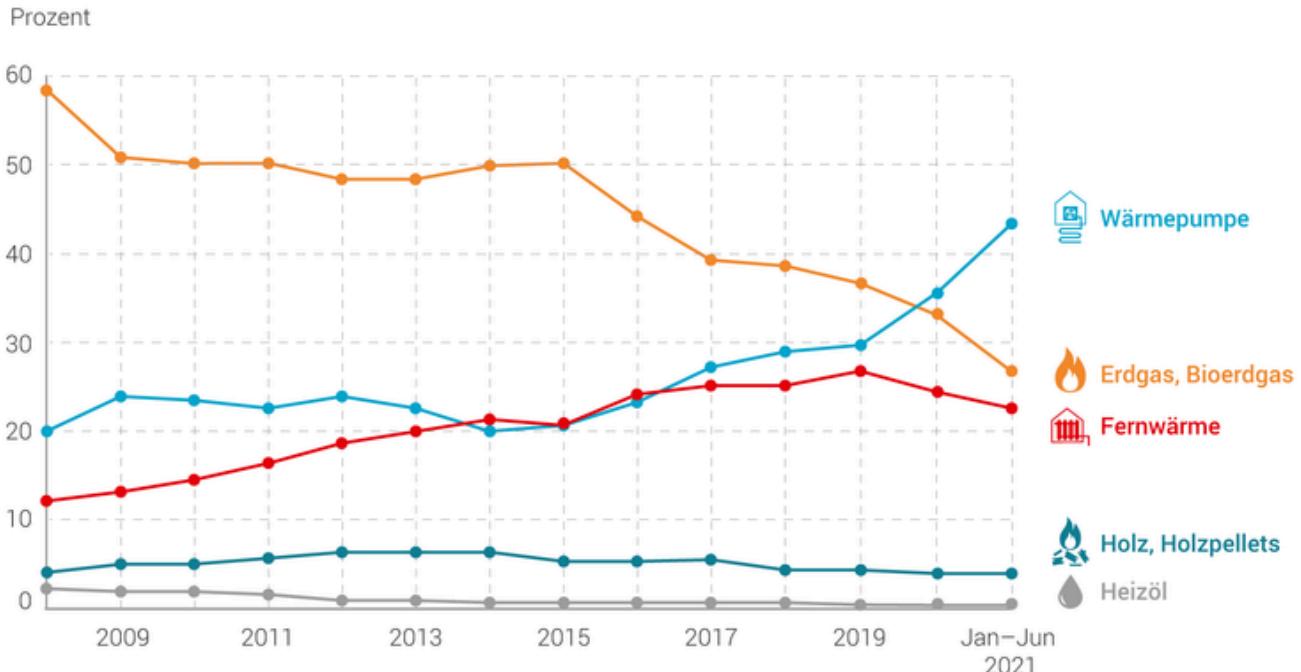
Quelle: dena / Energiedaten BMWi

Quelle

Nachfrage: Zunehmende Elektrifizierung

Entwicklung der Heizsysteme im Wohnungsneubau

Anteil der Heizsysteme bei neuen Wohnungen ab 2008

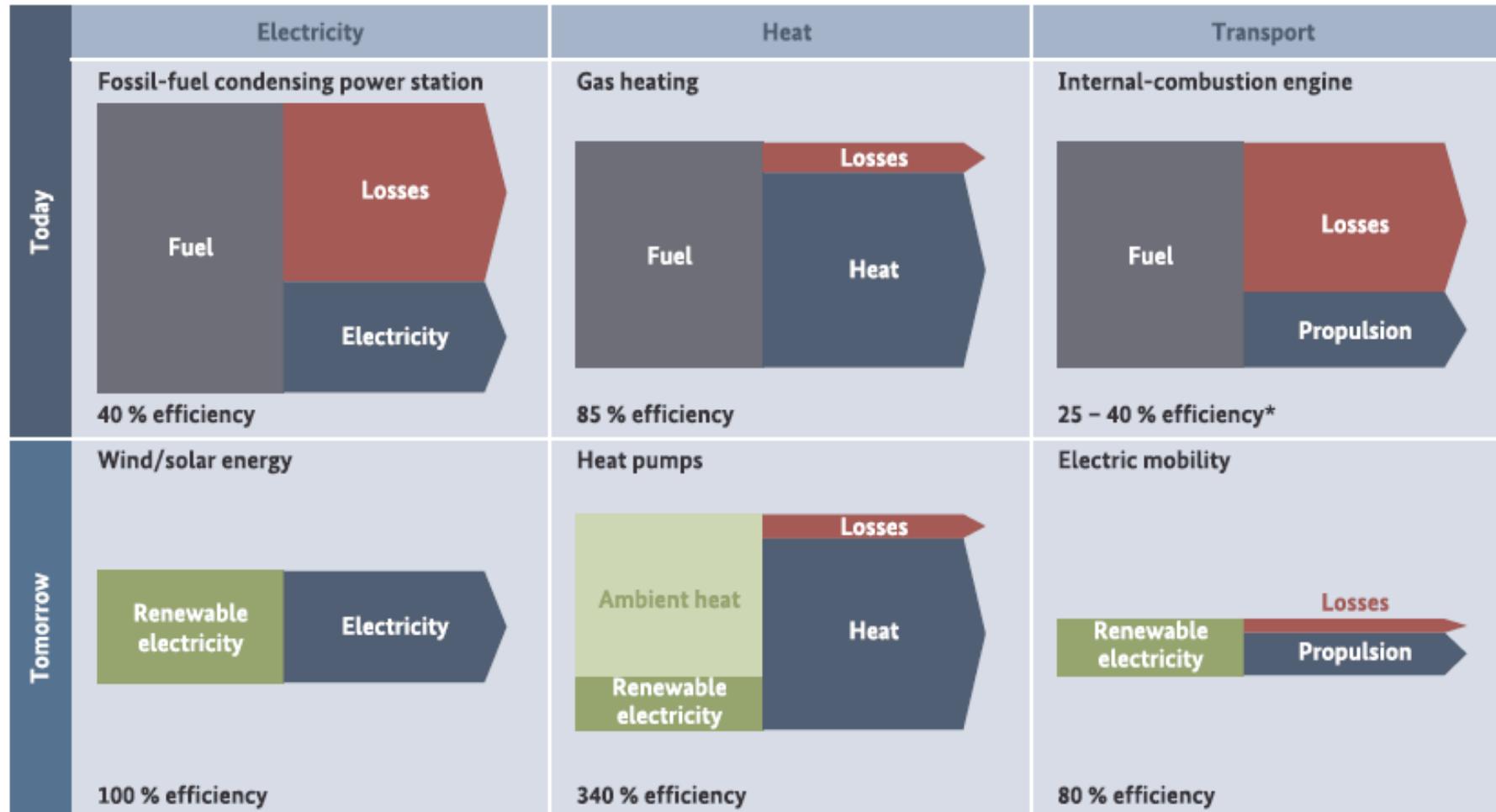


Stand: 09/2021 | Daten: BDEW, Stat. Landesämter | Grafik: www.heizspiegel.de

co2online

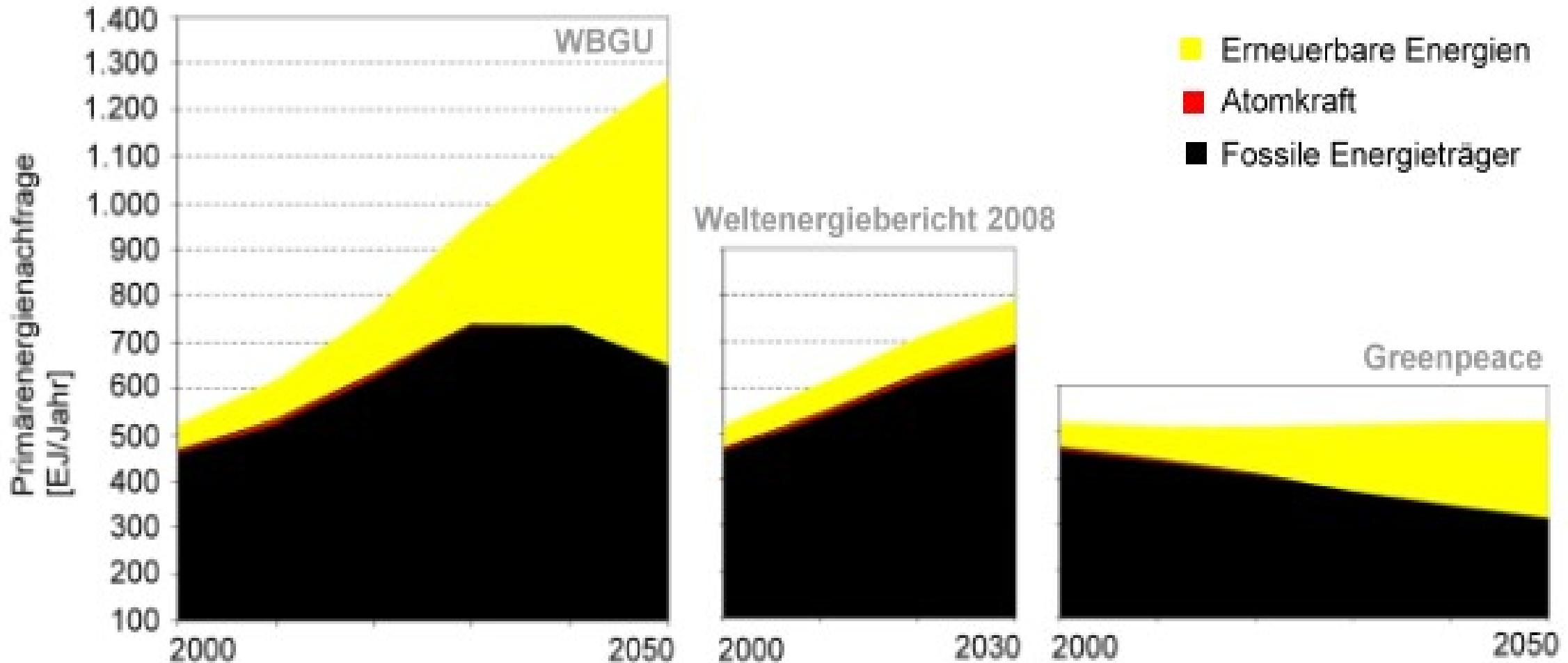
Quelle

Nachfrage: Emissionsvermeidung durch Elektrifizierung



Quelle

Angebot: Anstieg volatiler Erneuerbarer Energien



Quelle



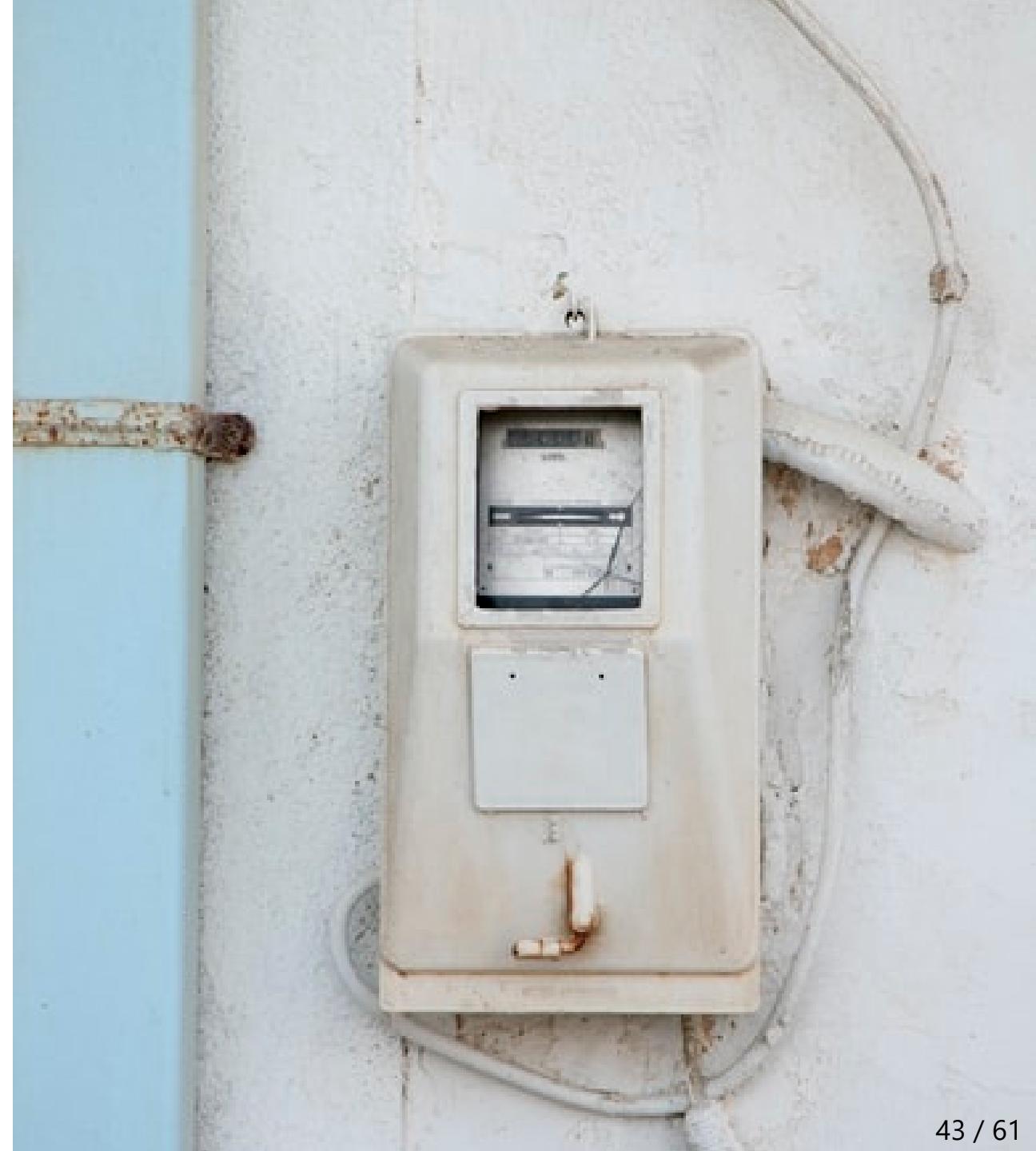
Fazit

- Strom als "**wertvollster**" Energieträger, da geringe Umwandlungsverluste
- zunehmend höherer Teil an **Energiedienstleistungen** wird aus Strom gedeckt
- **Stromangebot wird zeitlich flexibel**
(Photovoltaik und Wind nicht immer verfügbar - Dunkelflaute)
- Nicht nur Menge des Strombezugs, sondern auch dessen **Zeitpunkt ist entscheidend**
- EVU und Netzbetreiber benötigen **Daten** über Erzeugung und Verbrauch zu Planung und Optimierung
- EVU und Netzbetreiber haben **Anreize** den Verbrauch der Endverbraucher steuernd **zu beeinflussen**

Smart Metering

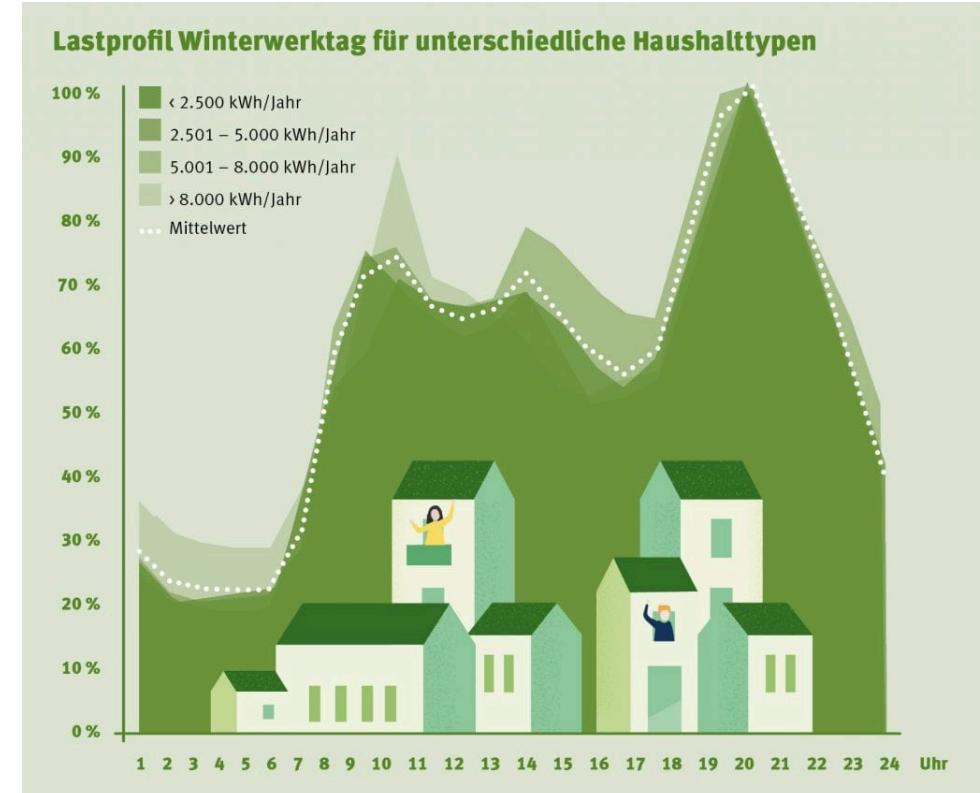
Herkömmliche Zähler

- **integrierende** Messung
- keine Messzeitreihe
- **Visuelles Ablesen** eines Momentanwerts



Standardlastprofile

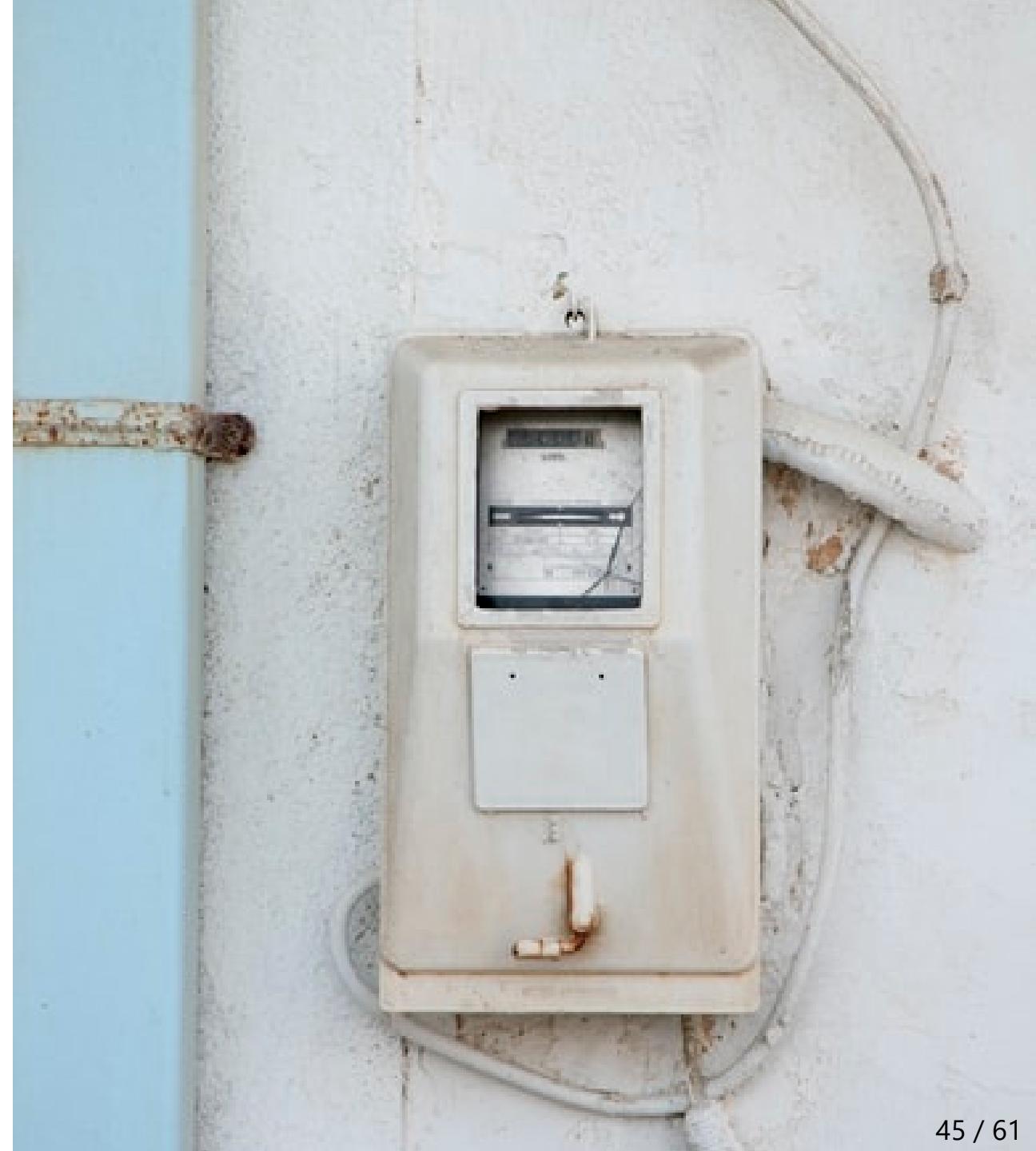
- auf historischen Daten basierende Annahmen über typische Verbrauchsmuster
- gemittelt (enthalten keine Lastspitzen)
- dienen der Planung (z.B. Auslegung des Netzes, Beschaffung von Strom an der Strombörse)
- zunehmend unpräzise



Quelle

Intelligente Zähler

- (Smart Meter) sind **Gas-, Wasser- oder Stromzähler**, die digital Daten auszeichnen, senden und ggf. auch empfangen (Busteilnehmer)
- Basisfunktionen:
 - **Messung**
 - **Datenspeicherung**
 - **Kommunikation**



Komponenten eines Smart Meters (AT)

Digitaler Wechselstromzähler



1. Welche Smart-Meter-

1 Kommunikationsmodul mit Plomben

Dieses Kommunikationsmodul gibt es in zwei Ausführungen:

- Power-Line-Communication (PLC)
Die Übertragung erfolgt über das bestehende Stromnetz
(IKB-Standard, rechts beim digitalen Drehstromzähler abgebildet).
- Mobilfunk-Übertragung (wie hier links beim digitalen Wechselstromzähler abgebildet).

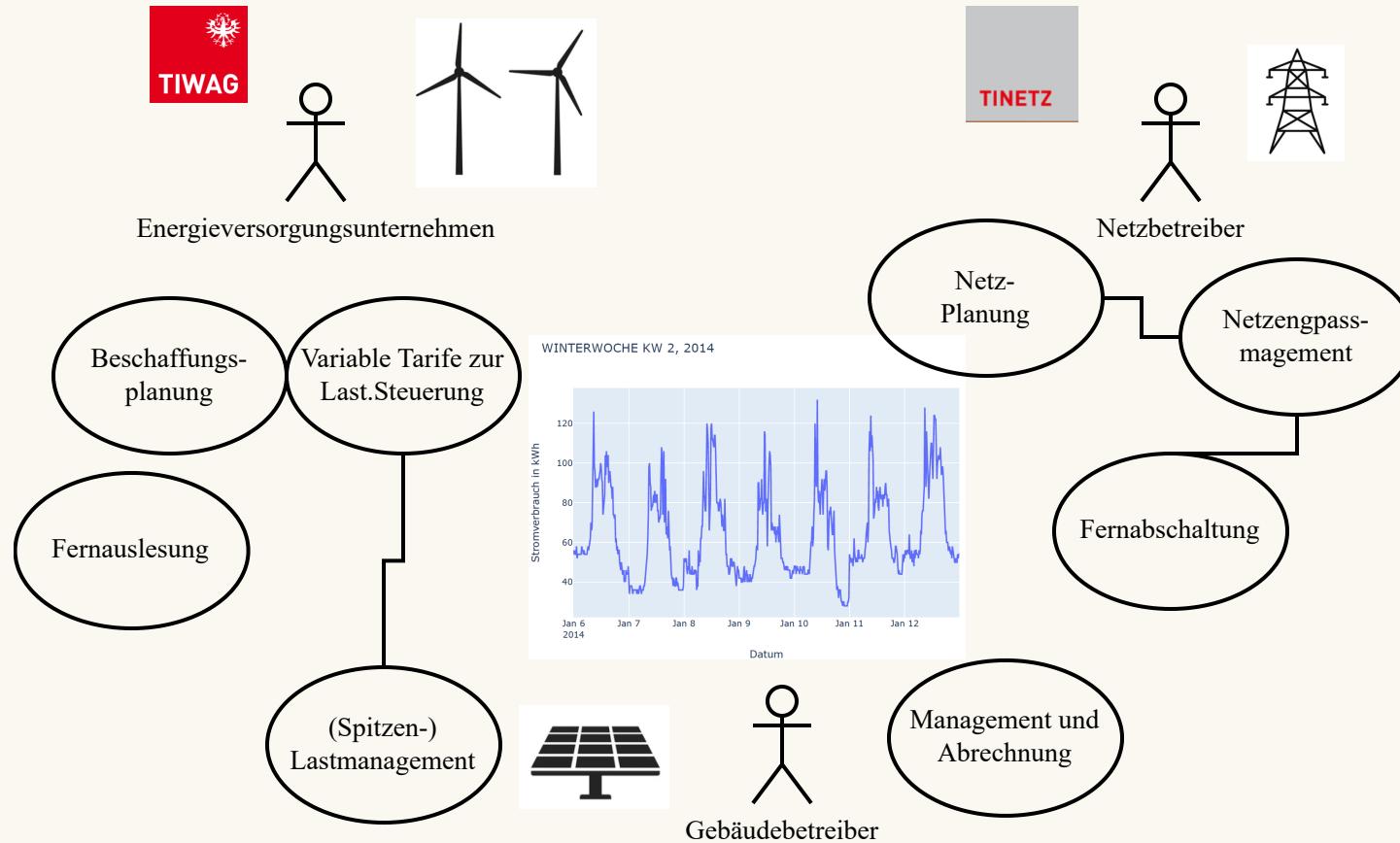
2 Kundenschnittstelle (siehe Seite 11)

3 Impuls-LED

zeigt den Energieverbrauch an:
blinkt rot -> Strom wird verbraucht
leuchtet rot-> kein Stromverbrauch.

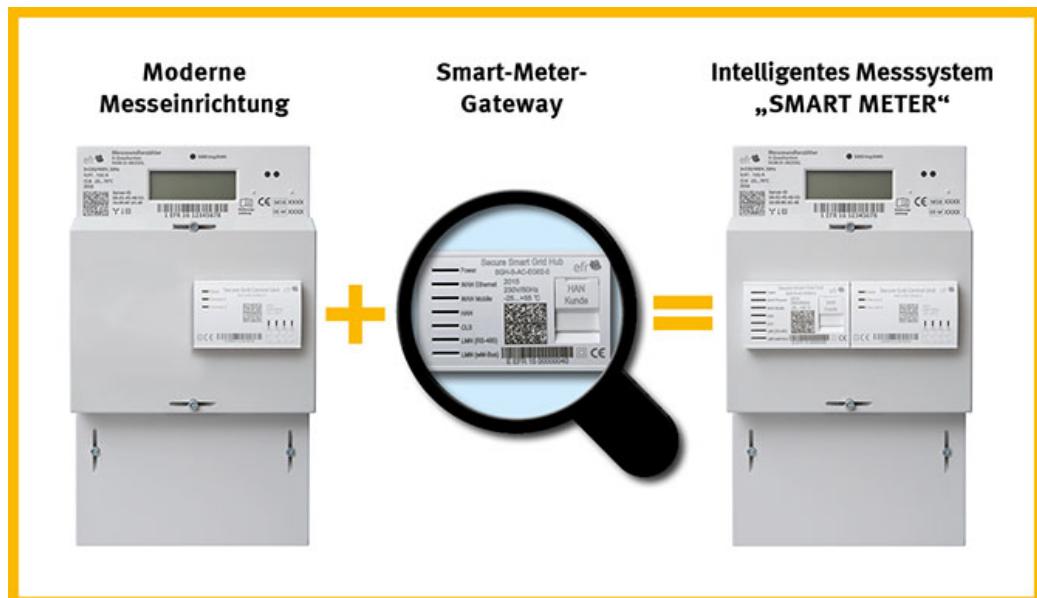
4 Anzeigetaste (je nach Hersteller orange oder grau) für das Einschalten der Display-Beleuchtung (siehe Seite 5) und die

Kommunikation zwischen verschiedenen Rollen



Komponenten eines Intelligentes Messsystems (D)

- Strikte Trennung in zwei kompatible Komponenten:
- **Modernen Messeinrichtung** erfasst Energiefluss digital
- Smart Meter Gateway **Kommunikations-Schnittstelle**, welche die Zählerwerte speichern, Daten verarbeiten und mit einem Netzwerk kommuniziert (Kommunikationsmodul)



Kommunikationsmodul

- Anbindung über diverse Bus-Systeme
(Power-Line-Communication, Mobilfunk, M-Bus,
TCP/IP, ...)
- ermöglicht **Fernauslesung**:
Energieversorgungsunternehmen kann
Stromverbrauch aus der Ferne ablesen
- **Privatsphäre**: Bedenken, dass auf Verhalten und
Anwesenheit geschlossen werden kann

Multimedia Content Identification Through
Smart Meter Power Usage Profiles

Ulrich Greveler, Benjamin Justus, and Dennis Loehr

Computer Security Lab
Münster University of Applied Sciences
D-48565 Steinfurt, Germany
`{greveler|benjamin.justus|loehr}@fh-muenster.de`

Kommunikationsmodul: Einführung neuer Stromtarife

- **Zeitvariable Tarife:** Strom kostet mehr zu Hochlastzeiten (abends, Wärmepumpen)
- **Last-variable Tarife:** Strom kostet in Abhängigkeit der bezogenen Leistung
- **Zeit-dynamische Tarife:** Strompreise können sich flexibel verändern (z.B. alle 15 Minuten)

HOURLY



der Dynamische Durchschnittspreis¹ 2021

10,600 Cent/kWh netto	12,720 Cent/kWh brutto
Preisanpassung	stündlich

[Details](#)

[Jetzt Bestellen](#)

Quelle

Gesetzliches

- **EU Richtlinie 2006:** allen Mitgliedstaaten, soweit technisch machbar, finanziell vertretbar und im Vergleich zu den potentiellen Energieeinsparungen angemessen, alle Endkunden in den Bereichen Strom, Erdgas, Fernheizung und/oder -kühlung und Warmbrauchwasser individuelle Zähler
 - tatsächlichen Energieverbrauch des Endkunden
 - und die tatsächliche Nutzungszeit anzeigt
- mögliche Lösung: M-Bus Sensor + Display

Kundenschnittstelle (Home Area Network)

- in Österreich nicht fix definiert
- Spannung, Wirkleistung, Blindleistung aller Phasen
- häufig MBUS, aber auch andere Bussysteme
- teilweise verschlüsselt

[Quelle](Konzept für einen „Smart-Meter Kundenschnittstellen Adapter“ zur Standardisierung der Datenbereitstellung in der Kundenanlage)

Netzbetreiber	Zählertyp	P1	MBUS	MEP	W-MBUS	IR
Netz Niederösterreich	SAGEMCOM T216-D Kaifa		x			
Innsbrucker Kommunalbetriebe	Kaifa MA110M Kaifa MA309M		x			
Salzburg Netz	Kaifa MA110M Kaifa MA309M		x			
TINETZ	Kaifa MA110M		x			
Tiroler Netze	Kaifa MA309M		x			
Vorarlberger Energienetze	Kaifa MA110M Kaifa MA309M		x			
Netz Oberösterreich	Siemens TD-3510/11 Siemens TD-3512				x	x
KNG	Iskra AM550E/AM550T	x				
Kärnten Netz	Siemens IM150/350	x				
Wiener Netze	Siemens IM150/350 Iskra AM550E/AM550T			x		x
Netz Burgenland	Landis&Gyr E450s4				x	x
Energienetz Steiermark	Landis&Gyr E450			x		
Energienetze Graz	SAGEMCOM T216-D	x				
Feistritzwerke	SAGEMCOM S210	x				
Energy Services	Landis&Gyr E450		x			
Energie Klagenfurt	Landis&Gyr E451		x			
Energy Services	NES MTR1000/3000			x		
Linz Netz	Kamstrup		x			
	NES MTR1000/3000 Gen 3.1/3.2			x		
	NES MTR1000/3000 Gen 4			x		x

Stand Smart Meter Rollout Europa 2020

Land	Durchdringung in %	Bemerkung
Spanien	100	
Irland	100	
Dänemark	100	
Finnland	100	
Malta	100	
Italien	99	Treiber Stromklau?
Luxemburg	95	
Österreich	95	Praktisch
Frankreich	95	

Land	Durchdringung in %	Bemerkung
Griechenland	80	
Polen	80	
Rumänien	80	
Deutschland	23	Overengineering
Lettland	23	

Quelle

Eichrecht

- **abrechnungs-relevante** Zähler müssen eich-rechtlich zugelassen sein
- **Maß- und Eichgesetz** (MEG)
 - Mengenmessgeräte für Gas,
 - Mengenmessgeräte für sauberes Wasser aus Versorgungsleitungen,
 - Mengenmessgeräte für thermische Energie (Wärmezähler, Kältezähler),
 - Elektrizitätszähler
- Zähler muss bei in Verkehr bringen der Europäischen Messgeräte-Richtlinie MID entsprechen
- **Regelmäßig überprüft** (geeicht) werden





SMART METER

Meine Entscheidungsmöglichkeiten



STROMZÄHLER
„Opt-Out“

Was kann das Gerät?

Zeigt aktuellen Zählerstand

Nach Info-Schreiben über den Zählertausch das Smart Meter „OPT-Out“ deutlich ausdrücken, damit man einen DSZ und keinen Smart Meter bekommt.



SMART METER
(Standard)

Speichert 15-Min.-Messwerte und übermittelt den Tagesverbrauch an Netzbetreiber

Kein Handlungsbedarf



SMART METER
(mit „Opt-In“)

Speichert und übermittelt 15-Minuten-Messwerte an den Netzbetreiber

Ausdrücklich der Übermittlung von 15-Minuten-Werten zustimmen

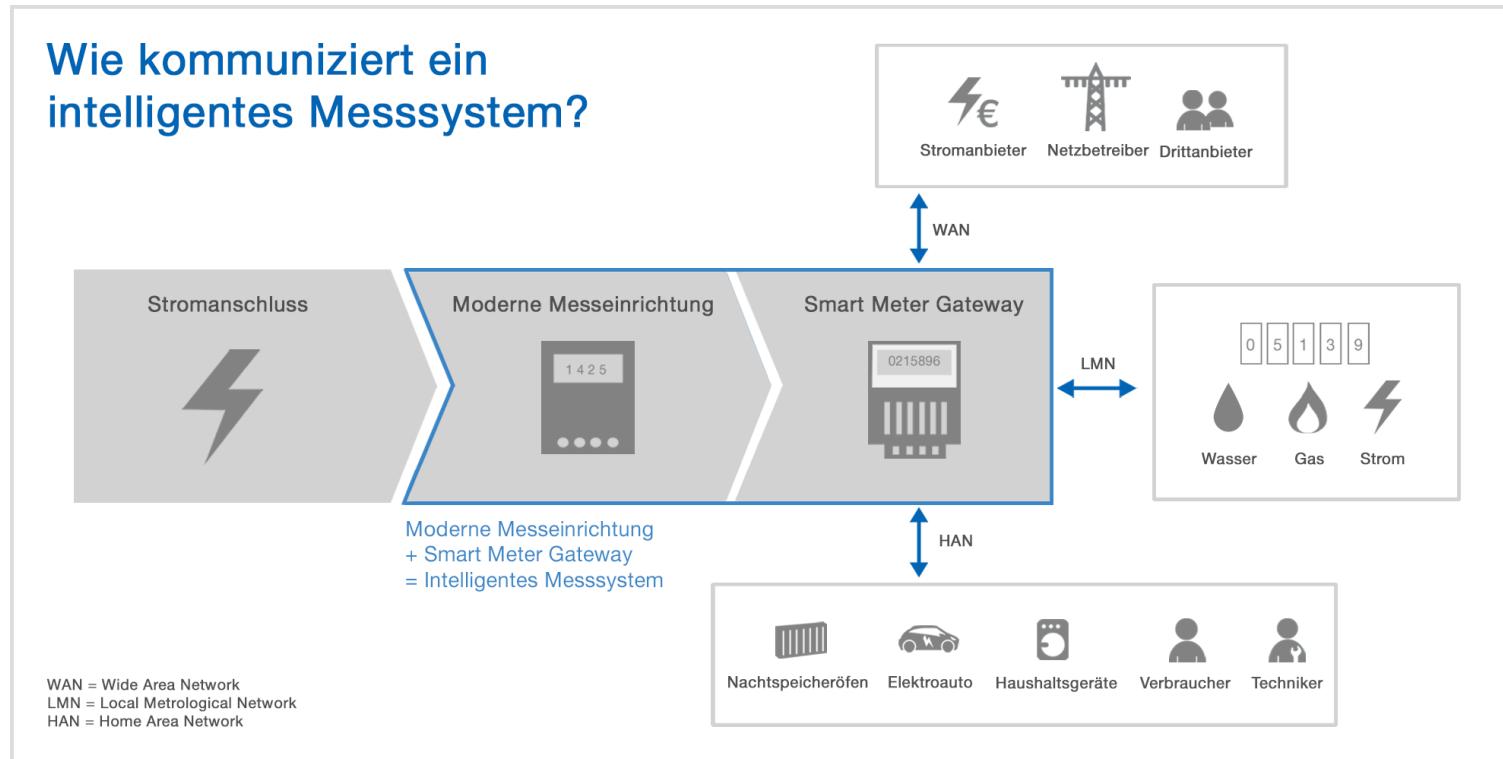


Besonderheit Deutschland

- Technische Richtlinie 03109-1 **Anforderungen an die Interoperabilität** der Kommunikationseinheit eines intelligenten Messsystems
- **Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik** – BSI definierte umfassende Anforderungen, welche von den Herstellern umgesetzt werden mussten
 - z.B. Übertragung über asymmetrische Verschlüsselung und Zertifizierung
 - **Standardisierte Basisfunktionen** (Tarifanwendungsfälle)

Smart Meter Deutschland

- soll Ökosystem zum Vernetzung verschiedenster Akteure spielen
- Zusätzlich zur Kommunikationsmodul (WAN) und Kundenschnittstellen (HAN) können noch weitere Zähler integriert werden (LMN)



Quelle

Tarifanwendungsfälle

NAME		BESCHREIBUNG
TAF 1	Datensparsame Tarife	Auslesen von Zählerstand auch als Summe von Verbrauch und Einspeisung mehrerer Zähler (minimale Auflösung: ein Zählerstand pro Monat).
TAF 2	Zeitvariable Tarife	Zeitabhängiger Stromtarif für mehrere Tarifstufen (ähnlich heutigem HT/NT-System).
TAF 3	Lastvariable Tarife	Leistungsabhängiger Stromtarif für mehrere Laststufen: Die für die jeweilige Stufe zugrunde liegende Leistung kann durch den Istwert oder durch einen Mittelwert bestimmt werden.
TAF 4	Verbrauchsvariable Tarife	Einteilung der verbrauchten Energie in Verbrauchsstufen, wobei jede Stufe ein Mengenkontingent aufweist: Ist das Kontingent einer Stufe überschritten, wird zur nächsthöheren gewechselt.
TAF 5	Ereignisvariable Tarife	Ereignisabhängiger Stromtarif in definierten Tarifstufen: Die Ereignisse können SMGW-intern oder durch einen externen berechtigten Akteur hervorgerufen werden.
TAF 6	Abruf von Messwerten im Bedarfsfall	Für nicht planbare Situationen wie Umzug, Lieferantenwechsel etc. werden für die letzten 6 Wochen tägliche Messwerte vorgehalten.
TAF 7	Zählerstandsgangmessung	Erfassung (im Takt der Registerperiode) und Versendung von Zählerstandsgängen (Verbrauch und Erzeugung).
TAF 8	Erfassung der Extremwerte für Leistung	Min.- bzw. Max.-Leistung im Abrechnungszeitraum wird durch den jeweiligen Leistungsmittelwert je Registereintrag gebildet (Verbrauch und Erzeugung).
TAF 9	Ist-Einspeisung einer Erzeugungsanlage	Leistungsabfrage im Rahmen einer Energiemanagementmaßnahme (darf nicht zu Abrechnungszwecken verwendet werden).
TAF 10	Abruf von Netzzustandsdaten	Periodisch oder bei Ereignis (Über- oder Unterschreitung eines Schwellwertes).
TAF 11	Steuerung von unterbrechbaren Verbrauchseinrichtungen und Erzeugungsanlagen	Bei Steuersignal oder weiteren externen Ereignissen werden der Zeitpunkt sowie der aktuelle Zählerstand festgehalten.
TAF 12	Prepaid-Tarif	Es wird eine bestimmte Energiemenge bereitgestellt und bei Überschreiten bzw. einem definierten Schwellwert ein Signal an EMT und Kunde generiert.
TAF 13	Letztverbraucher-Visualisierung	Alternative Bereitstellung der Messwerte an der WAN- anstatt der HAN-Schnittstelle für die Visualisierung.

© hw.design, München

Quelle

Kritik an Deutschem System

- **Späte Markteinführung**
- **hohe Kosten** (>100 €/a)
- **Überreglementierung**
 - Kein Freiraum für Tarifentwicklung
- Anforderungen
 - EVU über WAN-Schnittstelle: Abrechnung auf 15 Minuten-Basis ausreichend
 - Liegenschaftsbetreiber über HAN-Schnittstelle: Mess- und Regelung in Gebäudeleittechnik erfordert höhere Auflösung (**Parallelstruktur**)

Heutige Messkonzepte und Verdrahtungsschemen

