

Netzentlastung und Netzausbauvermeidung durch dezentralen Ausgleich von Verbrauch und Erzeugung in Gebäuden und Gebäudenetze

Dr. Jörg Lange,
Wissenschaftlicher Referent Klimaschutz im Bundestag (KiB) e.V., Freiburg, Berlin

im Rahmen des 47. Fachgespräch der Clearingstelle EEG | KWKG - Dezentrale Erzeugungs- und Verbrauchskonzepte -

Ausgewählte Ergebnisse aus einem Projekt „**Kommunale sektor- und spartenübergreifende Energieleitplanung (KSSE)**“

- gefördert mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt -



Projektpartner



Ingenieurbüro Dipl.-Ing.
H. U. BROSZIEWSKI

- ✓ Flexibilität vor Ort spart Netzausbau?
- ✓ Ohne die Nutzung der Flexibilitätsoptionen vor Ort wird Energiewende zu teuer und ggf. scheitern?
- ✓ Kommunale Planung muss sich auch um zusätzlich benötigten Strom und die Infrastrukturplanung kümmern?

Sicht der Praxis?

Endbericht wird voraussichtlich Ende Juni/Anfang Juli 24 veröffentlicht.
Er enthält u.a.

- Auswertung einer Onlineumfrage von Experten aus der Praxis zum GEG, WPG (93 Fragen / 339 Antwortende).
- Auswertung von 66 kommunalen Wärmeplänen in Baden-Württemberg
- ➔ • Auswertung zahlreicher Fallbeispiele energetischer Sanierung zu Residuallast, Flexibilität und Kosten
- Energetische Betrachtung zur Residuallast von Beirat Matthias Seelmann-Eggbert

Projektpartner KSSE



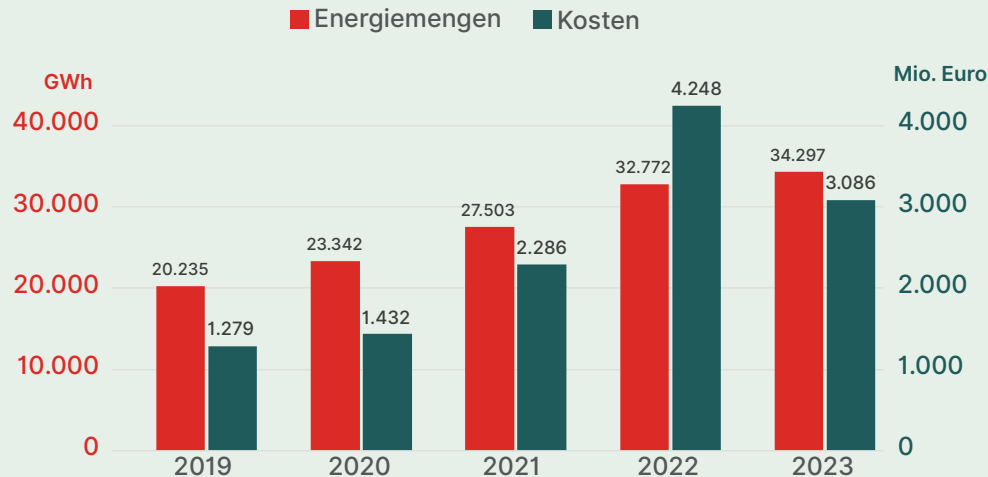
Ingenieurbüro Dipl.-Ing.
H. U. BROSIWESKI

- gefördert mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt -



- GEG & WPG berücksichtigen Auswirkungen auf Strombedarf und Infrastrukturausbau unzureichend.
- Kraftwerksstrategie (Ausschreibung) und Kapazitätsmarkt bisher ohne Flexibilitätsanreize auf regionaler oder lokaler Ebene (Fortschreibung KWKG?).
- Gebäudeenergiegesetz (GEG) und Wärmeplanungsgesetz (WPG) sowie Langfristszenarien weitgehend fokussiert auf die Wärme/Wärmepumpe.
- GEG, WPG oder auch BEG enthalten keine/kaum Anreize zur Nutzung dezentraler Flexibilitäten.
- Auch die Kraft-Wärme-Kopplung als eine Form der Flexibilität im GEG nicht genannt. Wie die Reform des KWKG im Rahmen der Kraftwerksstrategie entwickelt wird, ist unklar, welche Rolle Biogas-Speicherkraftwerke spielen können auch (Biomassestrategie)?
- Bislang kaum Flexibilitätsanreize die vor Ort ankommen.

Netzentgelte 2024 nach BDEW Strompreisanalyse Feb. 2024 (zum 1.1.2024)
11,51 Cent/kWh (allein aus den Übertragungsnetzen 6,43 Cent/kWh)



Wann kommen nodale Preise?

Energiemengen und Kosten des Netzengpassmanagements (smard.de)

Netzentgelte 2024 nach BDEW Strompreisanalyse Feb. 2024
(zum 1.1.2024) **11,51 Cent/kWh**
(allein aus den Übertragungsnetzen 6,43 Cent/kWh)

+18 Cent/kWh bis 2045 für Haushaltskunden ???

Die Kurzstudie „Eine Abschätzung der Netzausbaukosten und die resultierenden Netzentgelte für Baden-Württemberg und Deutschland zum Jahr 2045“ des EWI Köln schätzt den Netzausbaubedarf für Deutschland auf 732 Mrd. €, davon für das Verteilnetz 430 Mrd.€. **Der Netzausbaubedarf in Deutschland zum Jahr 2045 würde danach eine Steigerung der Netzentgelte um 18,0 Cent/kWh für Haushaltskunden, 15,2 Cent/kWh für Gewerbekunden und 7,0 Cent/kWh für Industriekunden ergeben. Damit würden sich laut der Studie die Netzentgelte der Haushaltskunden, mit Bezug auf das Jahr 2024, mehr als verdoppeln** (ef.Ruhr GmbH 2024).

Bei der Abschätzung wurde eine Abschreibungsdauer von 40 Jahren, eine zu 40 % auf Eigenkapital und zu 60 % auf Fremdkapital verteilte Kapitalstruktur und eine Verzinsungsrate von 5,5 % (WACC) der jährlichen Kapitalkosten angenommen.



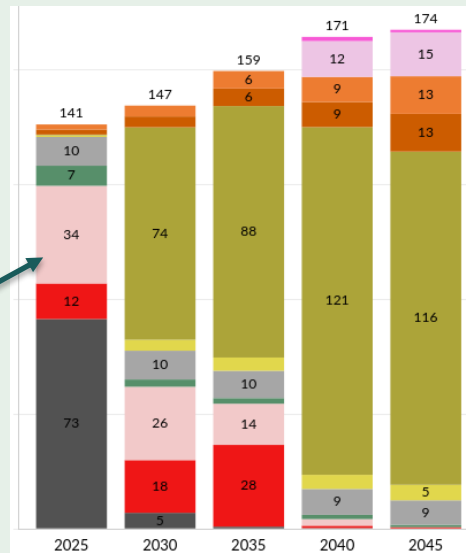
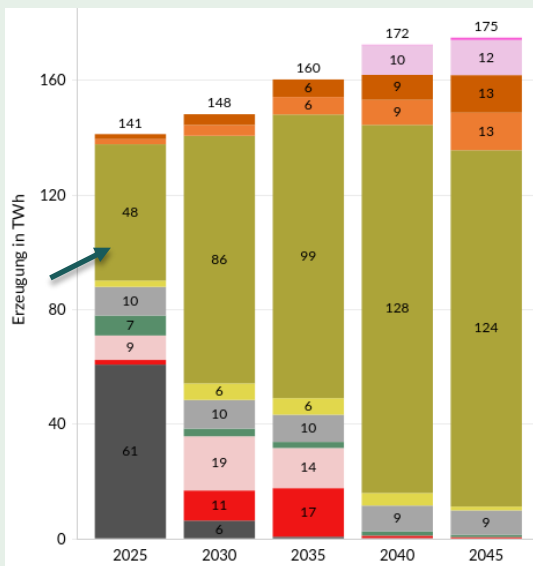
T45-Strom



T45-Strom* (Update)

Szenario 2021

Revision2024



Wärmeerzeuger in
Fernwärmenetzen T45-Strom (2021)
zu T45-Strom*

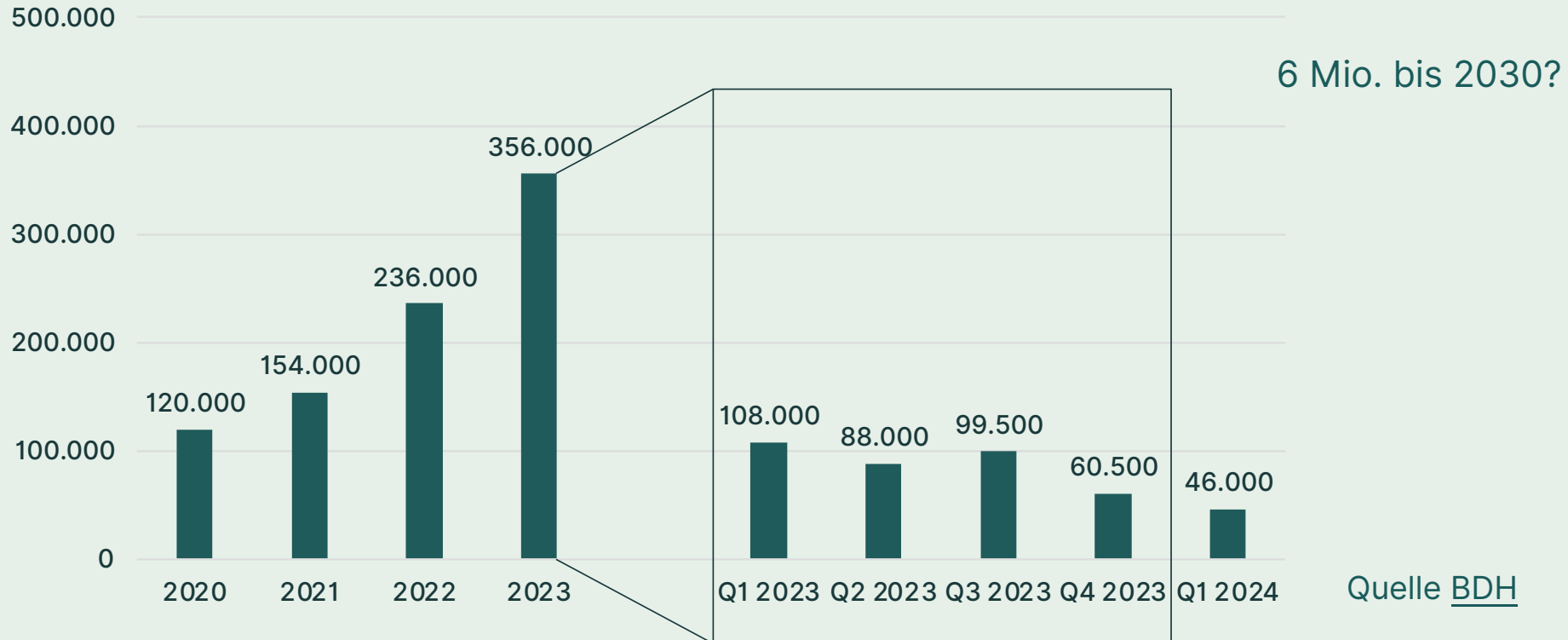


Ausbau Großwärmepumpen
offensichtlich verzögert

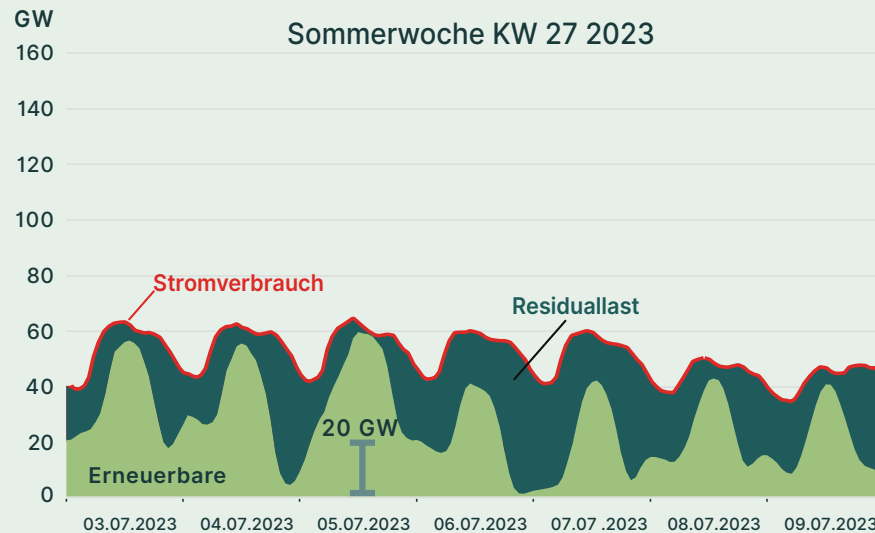
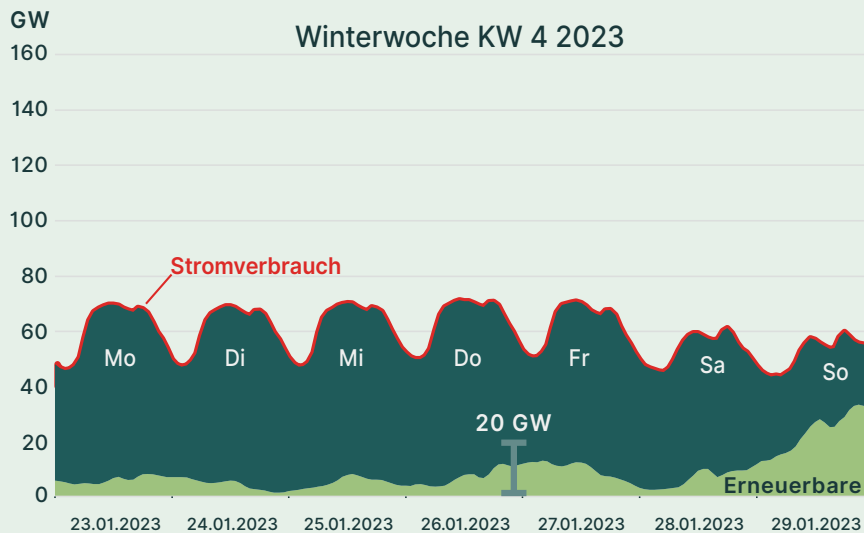
(aus [Langfristszenarien 2024](#), S. 14)

GEG 16.10.23

Entwicklung Wärmepumpenabsatz in Deutschland

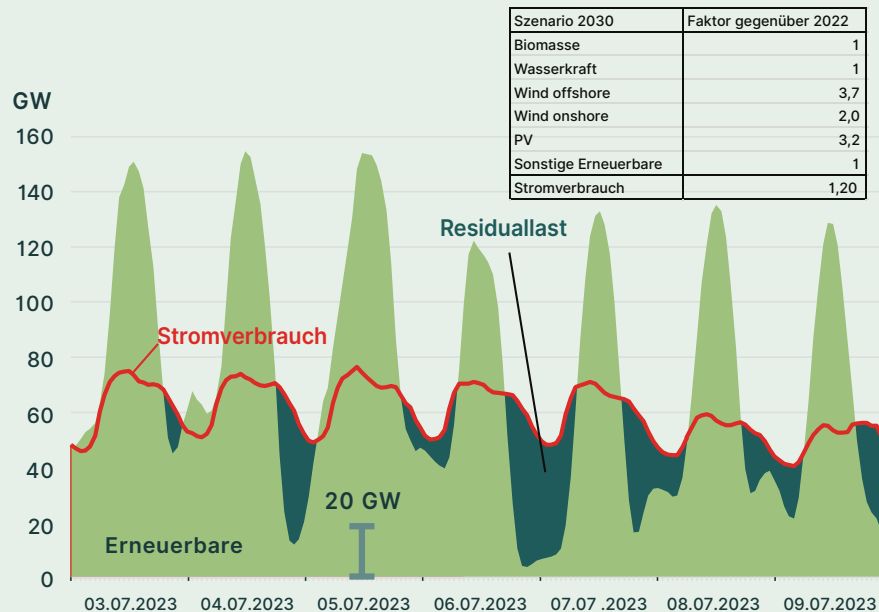
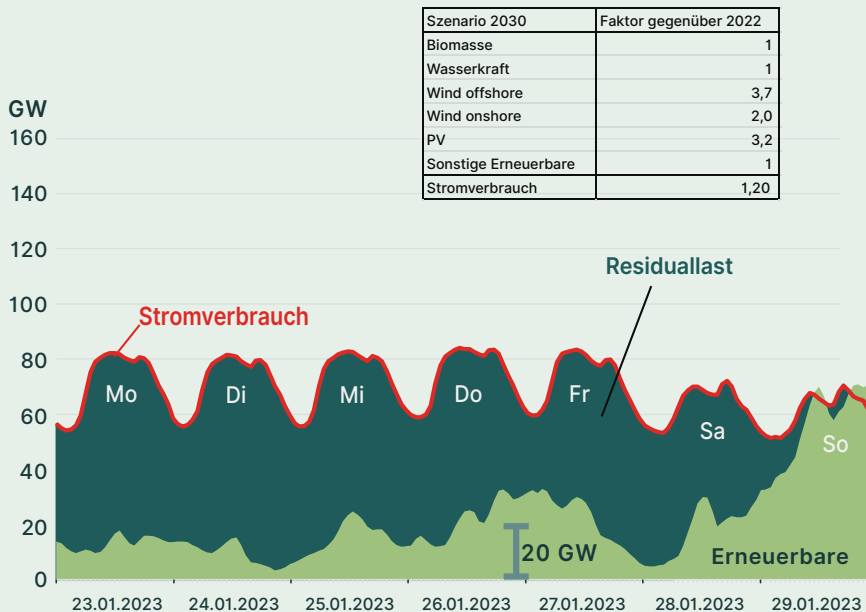


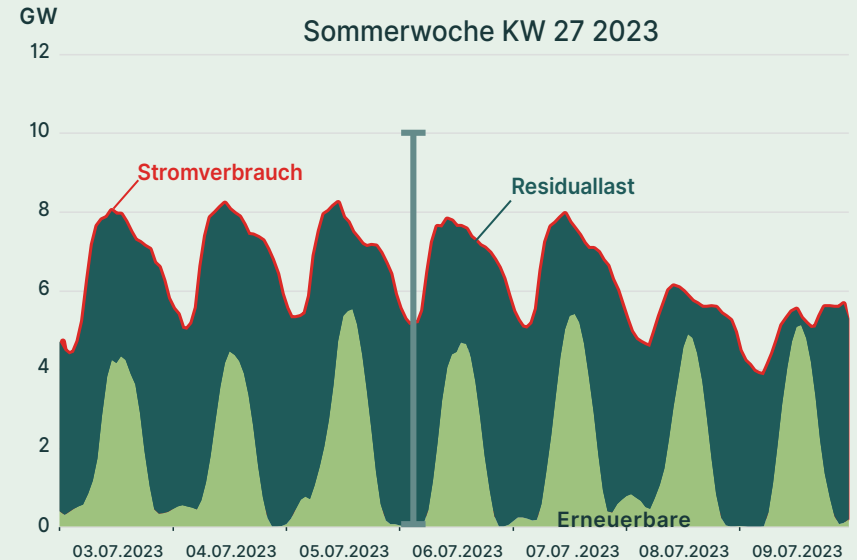
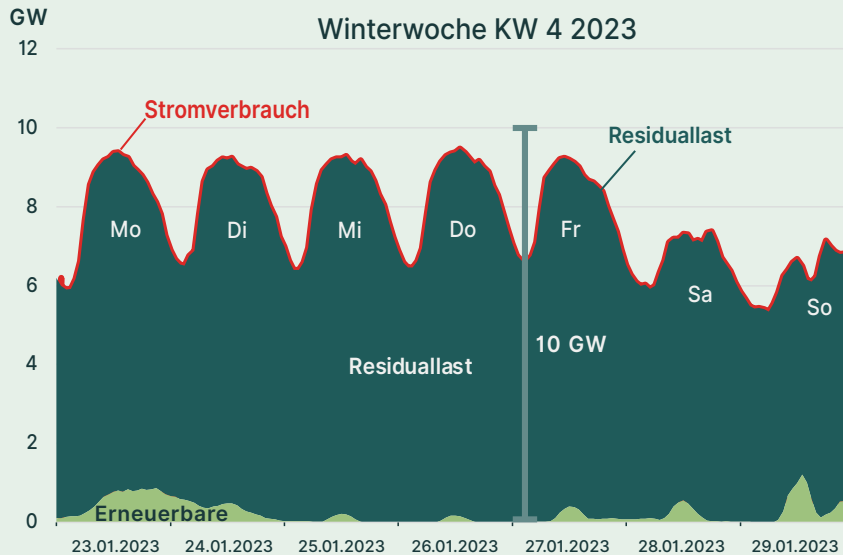
- Residuallast
- GEG umfasst auch Gebäudenetze (bis 16 Gebäude).
Darunter auch viele Nichtwohngebäude (Gewerbe & Industrie).
- Was bedeutet Stromnetzausbau für die Netzentgelte?
- Monitoring?
- Regelung?
- Abbau oder Umbau Erdgasnetz?
- ...

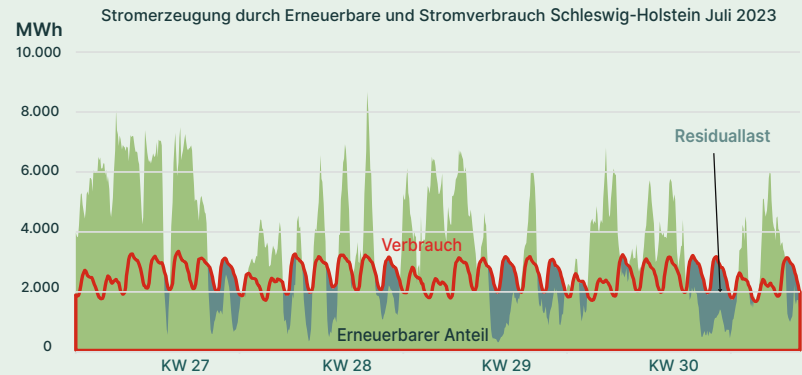
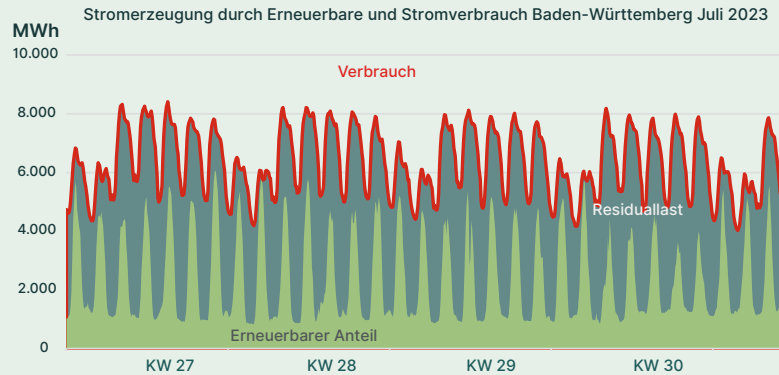
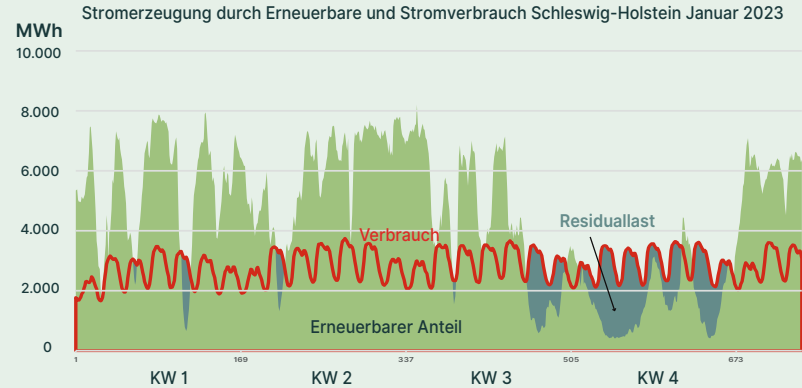
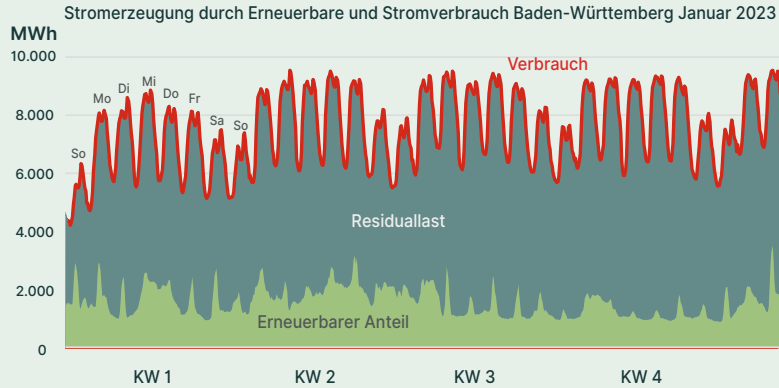


Daten: smard.de

ohne Speicher und Lastverschiebung

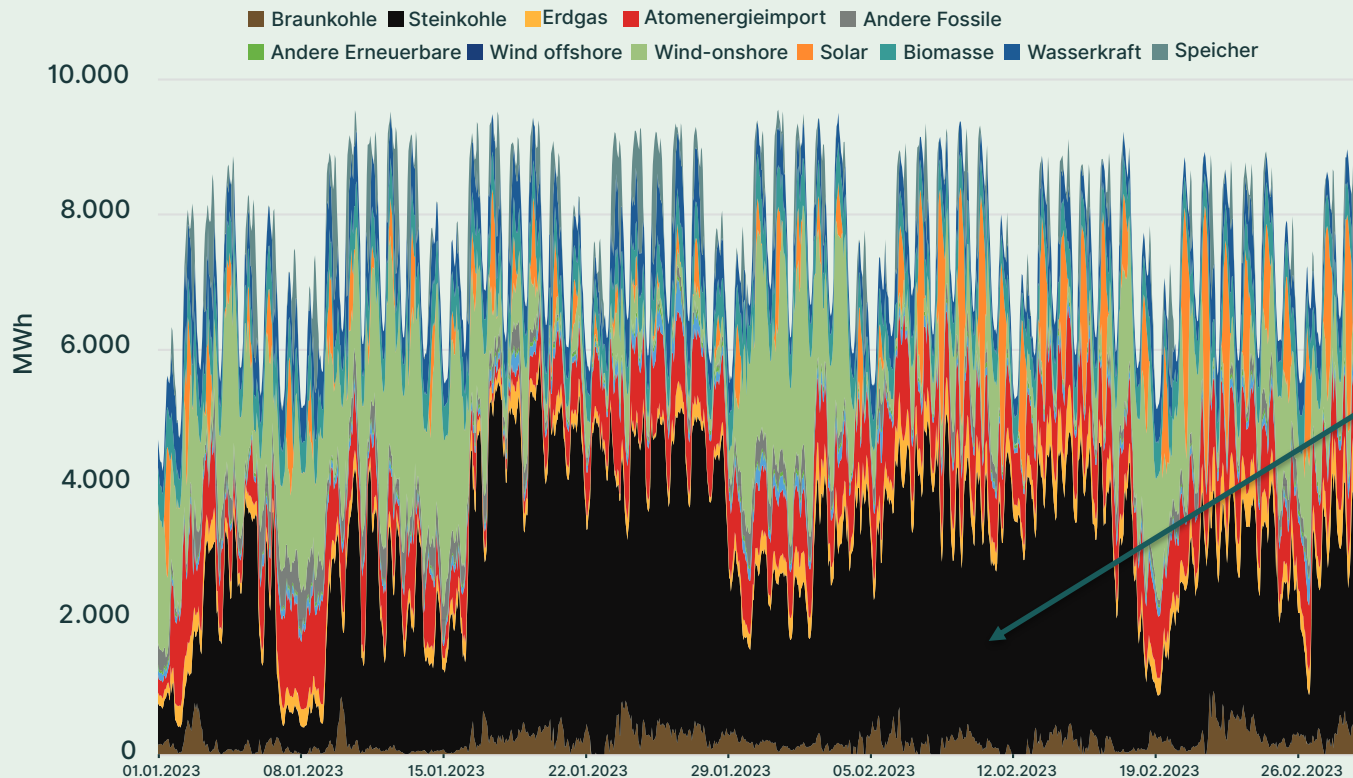






Daten [CO2Map](#)

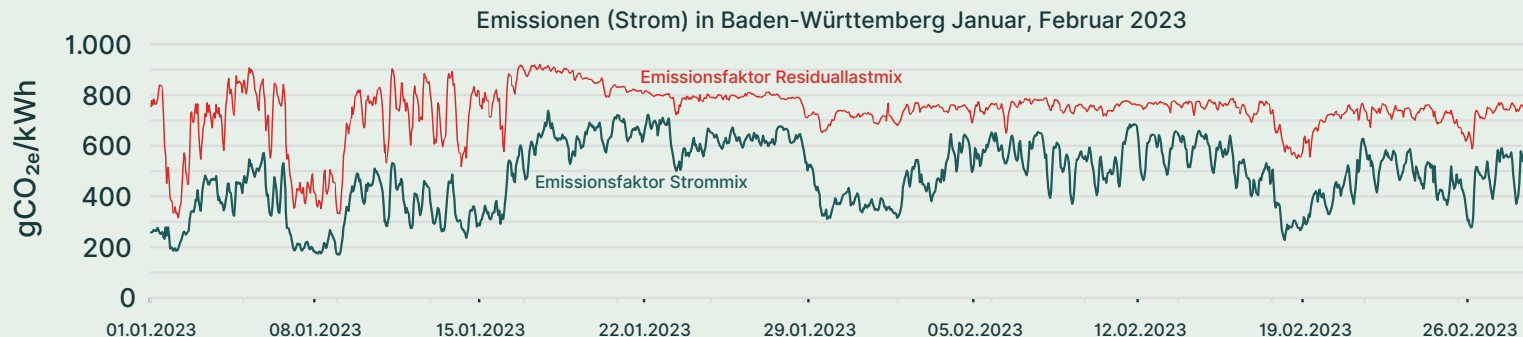
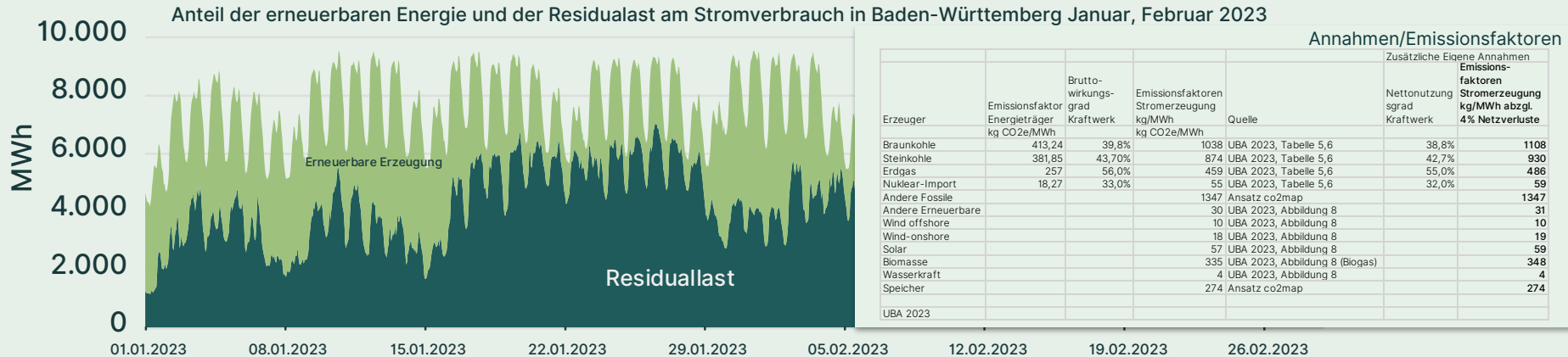
Stromverbrauch und Herkunft in Baden-Württemberg Januar, Februar 2023



Wie lange ist Residuallast
in BW noch Steinkohle
dominiert?

Quelle <https://co2map.de>
Daten [CO2Map](#)

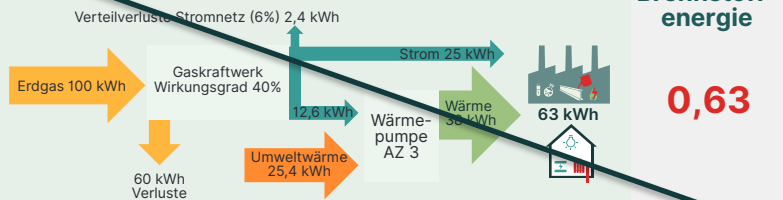
Wie soll zukünftig Strom für die Regelung bewertet werden?



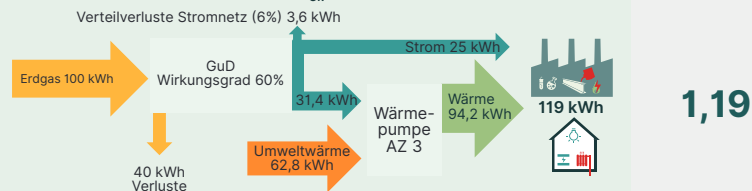
Quelle <https://co2map.de>
Daten [CO2Map](https://co2map.de)

Woher kommt der zusätzliche WP-Strom bei kleiner 100%EE?

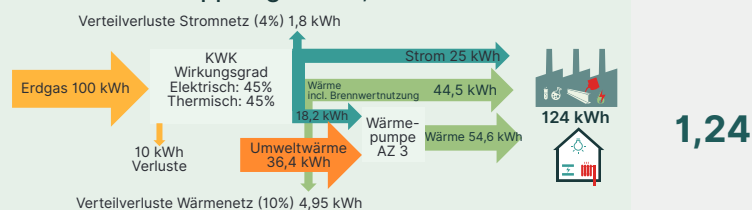
Gaskraftwerk ohne KWK > 10 MW_{el.}



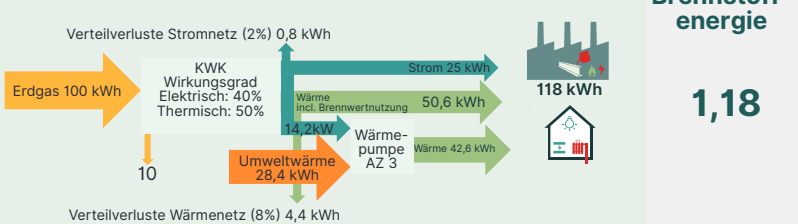
GuD-Gasturbine > 10 MW_{el.}



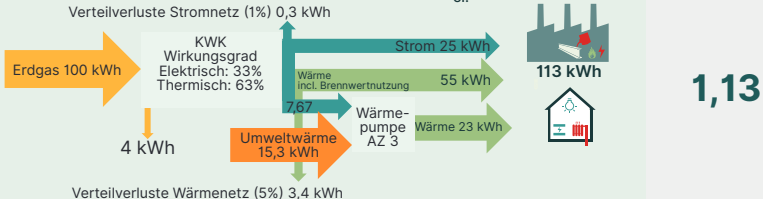
Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), 8-10 MW



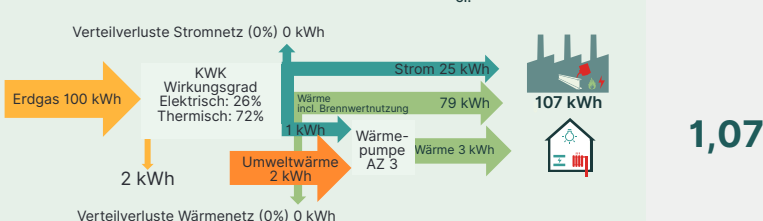
Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), 400 kW_{el.}



Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), 50 kW_{el.}

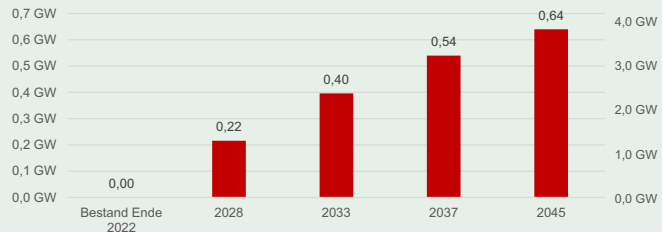


Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), 7,5 kW_{el.}

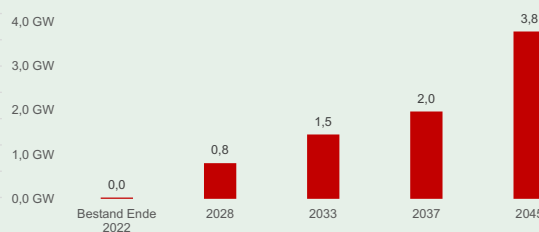


Flexibilität vor Ort?

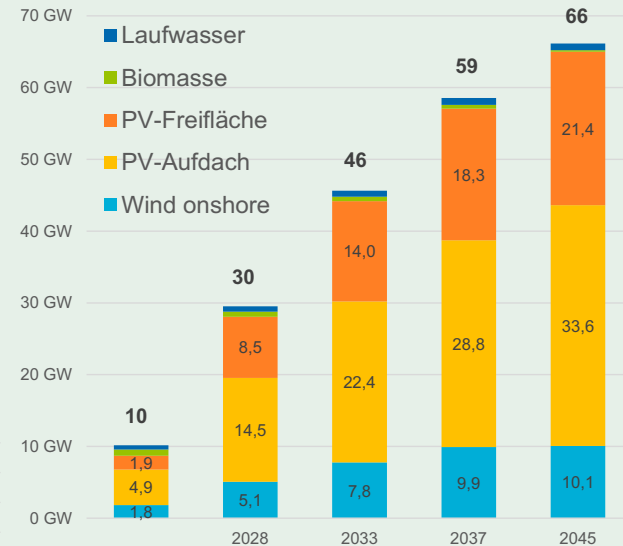
Power to Gas



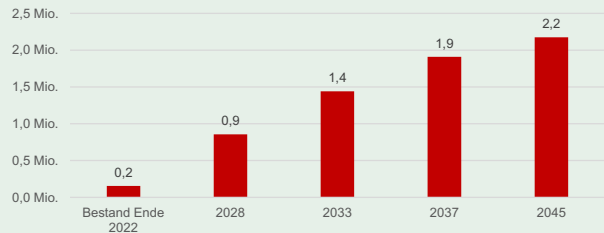
Kleinspeicher



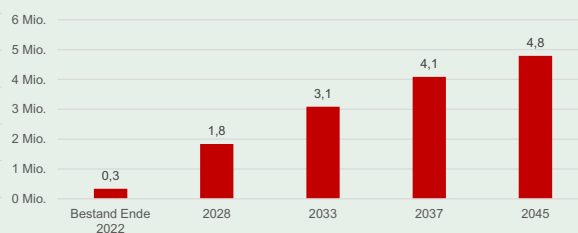
EE-Ausbau



Haushaltswärmepumpen



Elektro-PKW

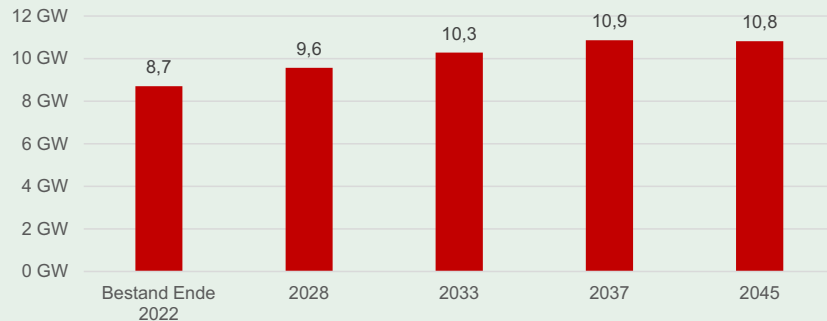


aus Regionalszenario Südwest 2023

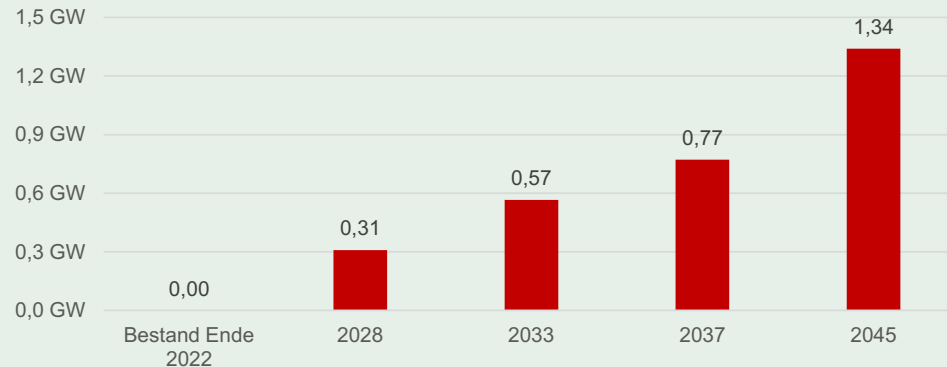
„Im Folgenden werden unter haushaltsnahen Flexibilitäten der flexible Einsatz von Wärmepumpen und das Ladeverhalten von Elektrofahrzeugen verstanden. Das **Potenzial der Lastverlagerung des konventionellen Gerätebestands in privaten Haushalten wird als gering eingeschätzt**. Aus Sicht des Regionalszenarios ist das **Heben dieser Potenziale aufgrund der erheblichen Eingriffe in die private Lebensführung unwahrscheinlich**.“

aus S.29 Regionalszenario Südwest 2023

Gleichzeitige konventionelle Last gesamte Planungsregion SÜDWEST



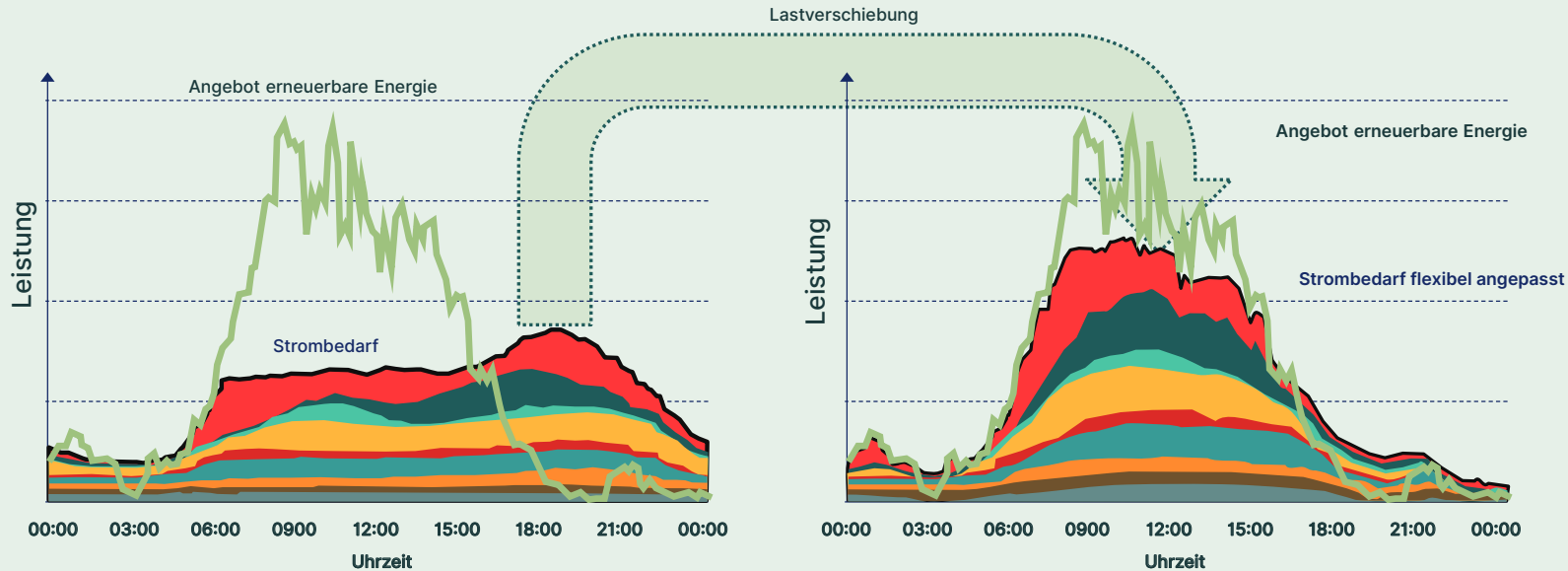
Entwicklung DSM-Leistung für den Industrie- und GHD-Sektor für die gesamte Planungsregion SÜDWEST



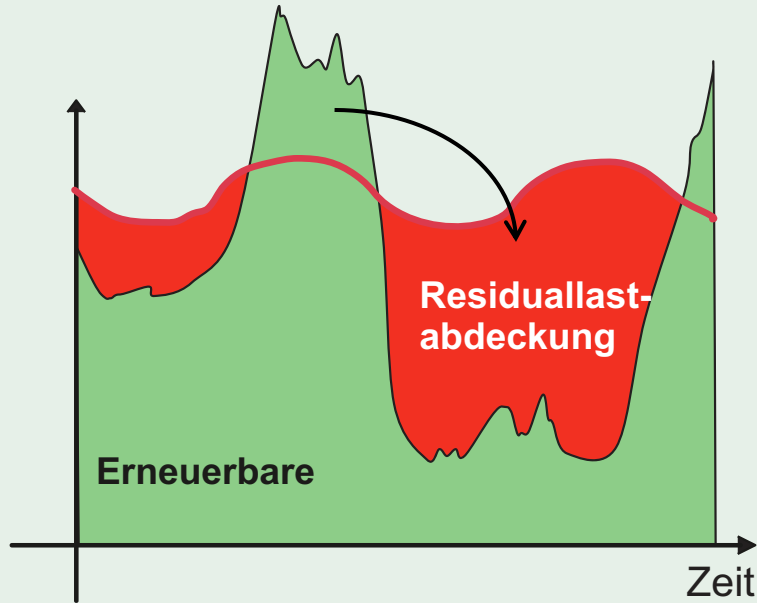
1. Flexibilität durch Lastverschiebung vor Ort

- Wassererhitzer
- Wassererhitzer
- Waschmaschine
- Geschirrspüler
- Gefrierschrank
- Klima/Lüftung
- Trockner
- Umwälzpumpe
- Kühlschrank

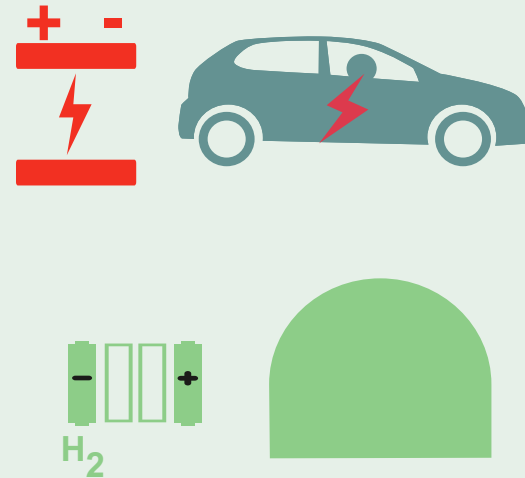
Nachfrageflexibilität

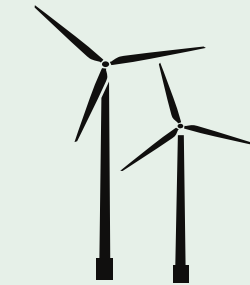
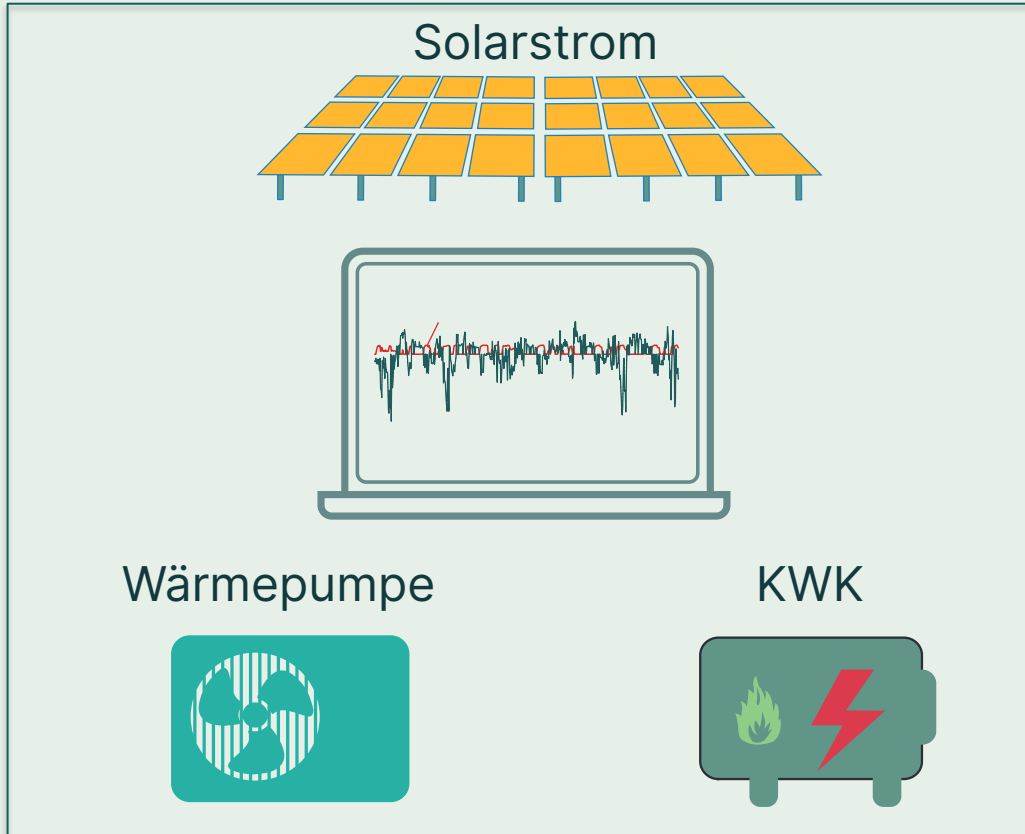


Schematische Darstellung zur Verschiebung von Lasten über den Tag (Grafik verändert nach solarlago.de).
Fallbeispiel Allensbach

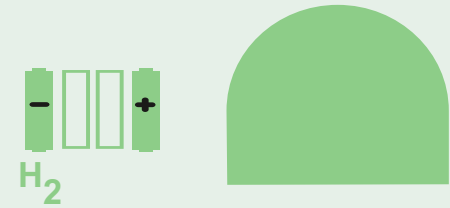


Speicher





Windstrom



Angebotsflexibilität

➔ Speicherkraftwerk

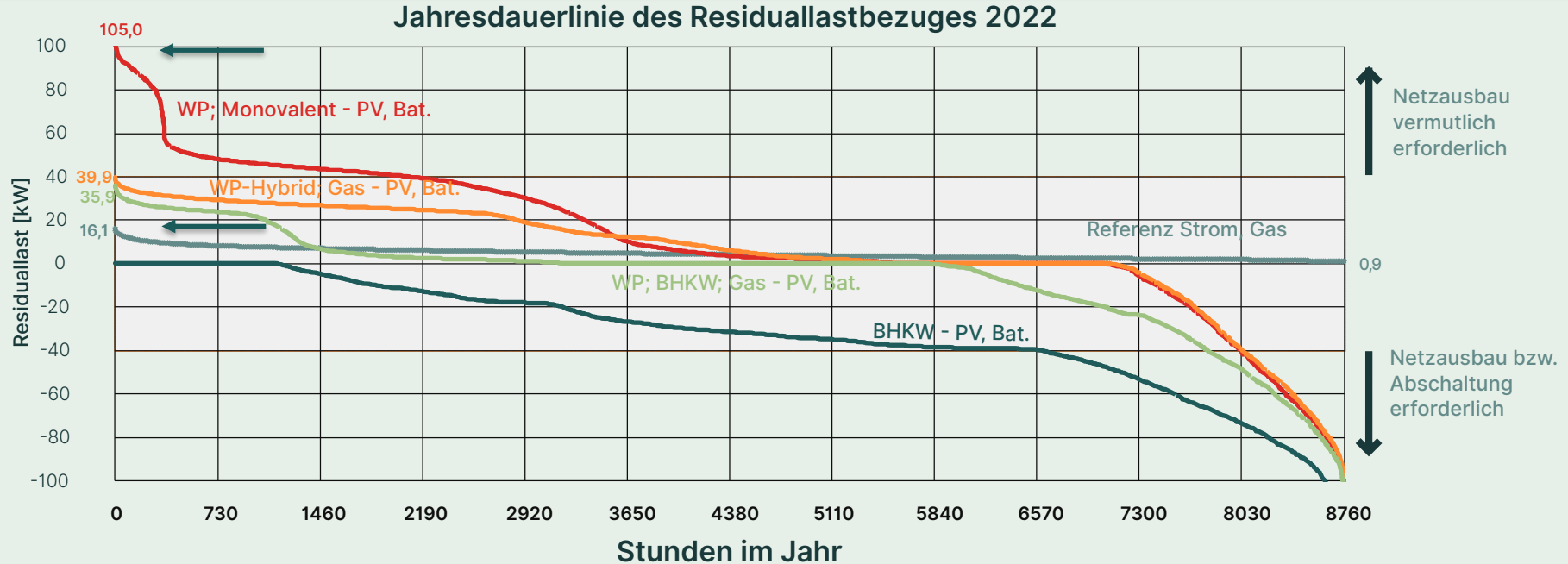
Fallbeispiel aus Staufen



Fläche	3840	m ²		
Bewohner*innen	70			
Wärmebedarf	465	MWh/a	121	kWh/m ² *Jahr
Raumwärme	330	MWh/a	66	kWh/m ² *Jahr
Warmwasser	135	MWh/a	35	kWh/m ² *Jahr
Nutzenergie Warmwasser	45	MWh/a	12	kWh/m ² *Jahr
Norm-Heizlast	180	kW		
Haushaltsstrombedarf	76	MWh/a		
PV	158	kWp		
Pufferspeicher	200	kWh		

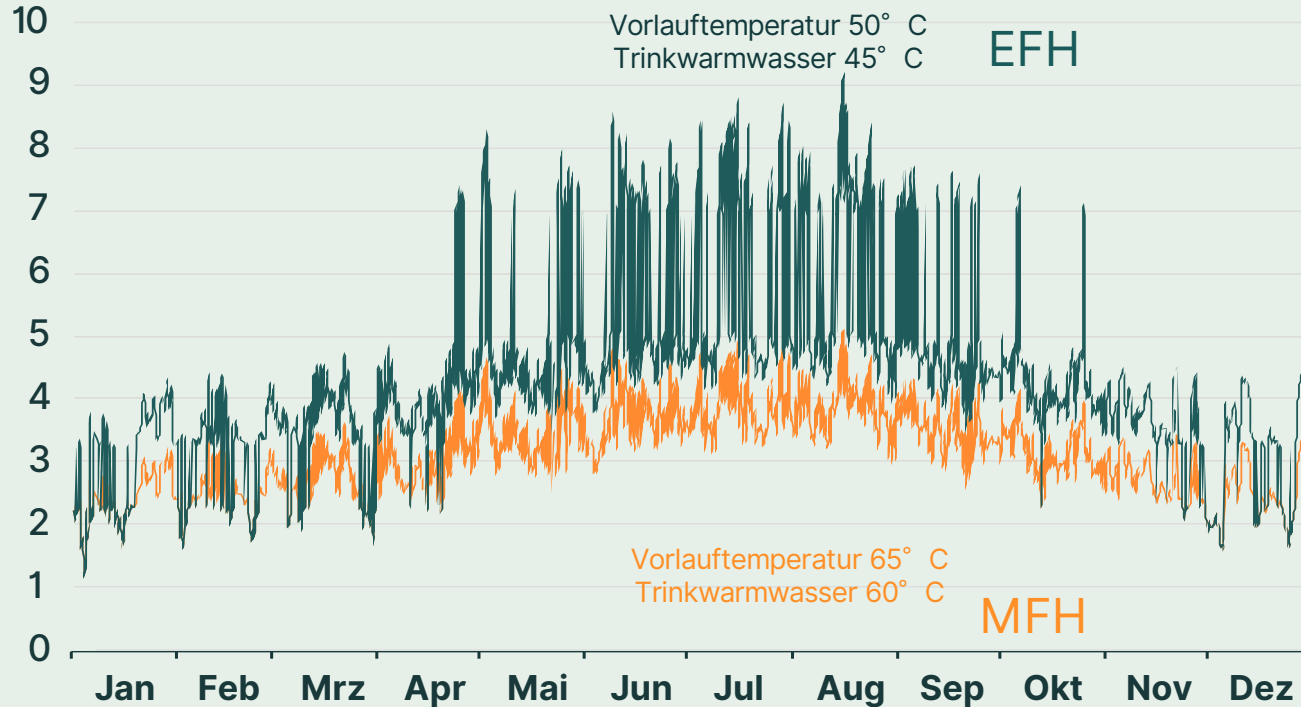
Sanierungsvarianten Wärmeerzeuger

Beschreibung	Gastherme	BHKW	Wärmepumpe
Gastherme	180 kWth.	-	-
Gas + BHKW	80 kWth.	100 kWth. / 50 kWel.	-
WP Monovalent	-	-	180 kWth.
WP nach §71h	130 kWth.	-	54 kWth.
WP + BHKW + Gaskessel	50 kWth.	54 kWth. / 28 kWel.	54 kWth.



- Durch einen monovalenten Betrieb der Wärmepumpe steigt der maximale Residuallastbezug bei größeren Wohngebäuden mit mittlerem Wärmebedarf um das **Sechseinhalbfache** (von 16,1 auf 105 kW_{el.}) an.
- Bei einer Hybridheizung und der Auslegung der Nennleistung der Wärmepumpe bei -7°C Außentemperatur auf etwa 30% der maximalen Heizleistung der Wärmepumpe kann die Erhöhung der Residualspitzenlast auf den Faktor von etwa 2,5 reduziert werden.

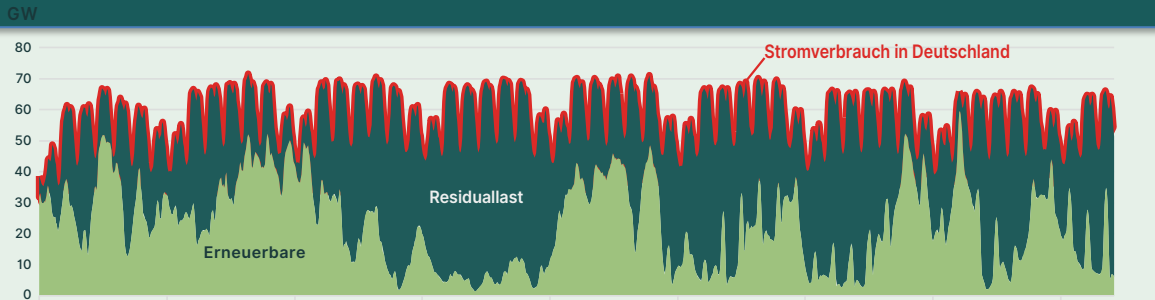
Wärmepumpeneffizienz (COP) von Außentemperatur und Vorlauftemperatur abhängig



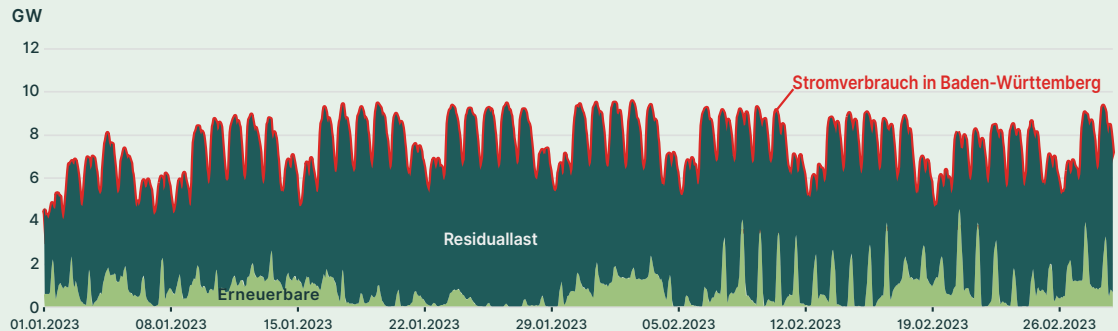
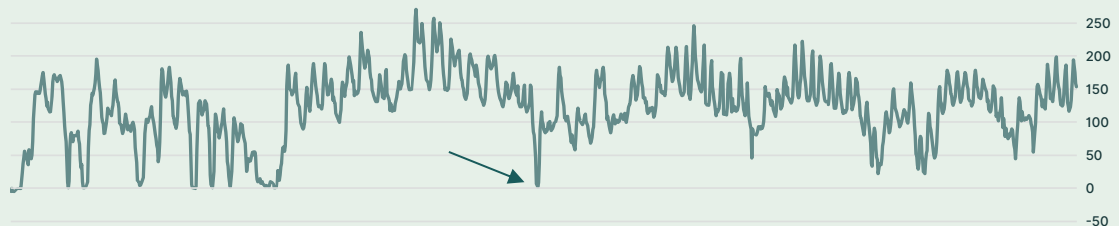
Modellierter COP von Wärmepumpen in Abhängigkeit der Vorlauftemperatur und Trinkwarmwassertemperatur im Jahresverlauf (2022)

- ✓ Bei einem monovalenten Einsatz von Wärmepumpen steigt die Residualspitzenlast von Wohngebäuden mit mittleren spezifischen Wärmebedarfen beim Stromverbrauch um den Faktor 6.
- ✓ Bei einer Hybridheizung und der Auslegung der Nennleistung der Wärmepumpe bei -7°C Außentemperatur auf etwa 30% der maximalen Heizleistung der Wärmepumpe kann die Erhöhung der Residualspitzenlast auf den Faktor von etwa 2,5 reduziert werden.
- ✓ Bei der Auslegung der Wärmepumpe hängt die notwendige Nennleistung der Wärmepumpe stark von der maximal notwendig zu erreichenden Vorlauftemperatur ab. Bei einer maximal notwendigen Vorlauftemperatur von 35° liegt der Wirkungsgrad etwa doppelt so hoch wie bei einer Vorlauftemperatur von 65°C . Zudem erreichen zahlreiche Wärmepumpen ab -7° Außentemperatur bei Vorlauftemperaturen von 65°C bereits nur noch Wirkungsgrade (COP) unter 2.

Steuerung nach dem bundeseinheitlichen Strombörsenpreis?



€/MWh
300
250
200
150
100
50
0
-50



Vor Ort
eben sehr
verschieden

Beispiel Wohnungseigentümergeinschaft (WEG)

- Zwei Häuser, Baujahr 2006,
- Wohnfläche 2.520 m² ca. 60
Bewohner
in 10 vermieteten und 14 selbst
genutzten Wohnungen + 2
Ferienwohnungen und 1
Ferienzimmer
- Gemeinsamer Stromanschluss,
verbunden über eine
Wärmeleitung

Energiekonzept bisher

- **Gemeinschaftliche Eigenversorgung über Kundenanlage mit
Sammel- und Unterzähler Wohnungsstrom**
- BHKW 16 kW_{el}. (monovalent, Erdgas)
- Solarthermie (60 qm)
- Solarstrom (21 kWp) Volleinspeisung + Balkonsolar 14kWp
- Kontrollierte Be- und Entlüftung mit WR
- Windkraftbeteiligung St. Peter
- LED-Außenbeleuchtung
- Stromsparende Haushaltsgeräte
- Kochen mit Erdgas
- Stromsparende Aufzüge
- Energiesparen, gem. Tiefkühltruhen, Waschmaschinen
- 2022: Intelligente Heizungsregelung
- Wärmepumpe 13 kW_{th}. Inbetriebnahme Mai 2023

Wie geht es weiter?

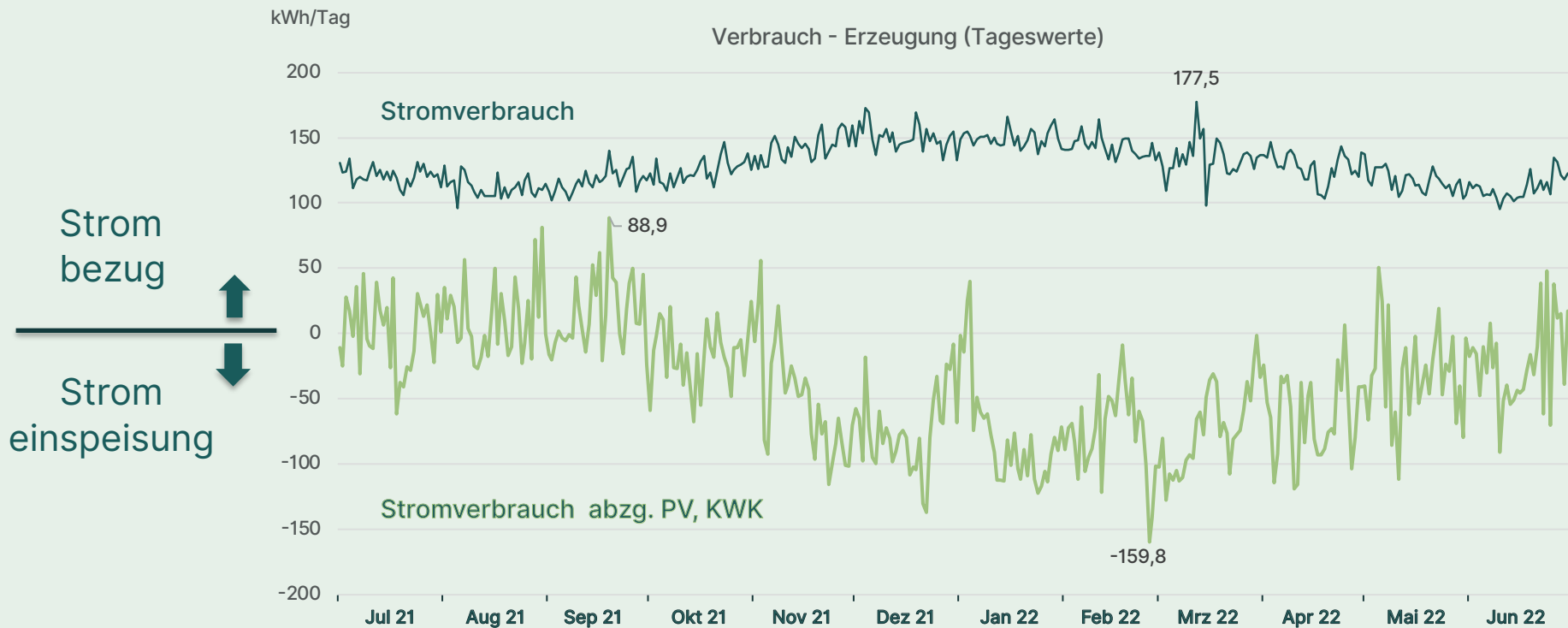
- 2026: Erweiterung PV; Batteriespeicher Second Life?
- 2030: H₂-Versorgung BHKW?



Fallbeispiel MFH Freiburg-Vauban

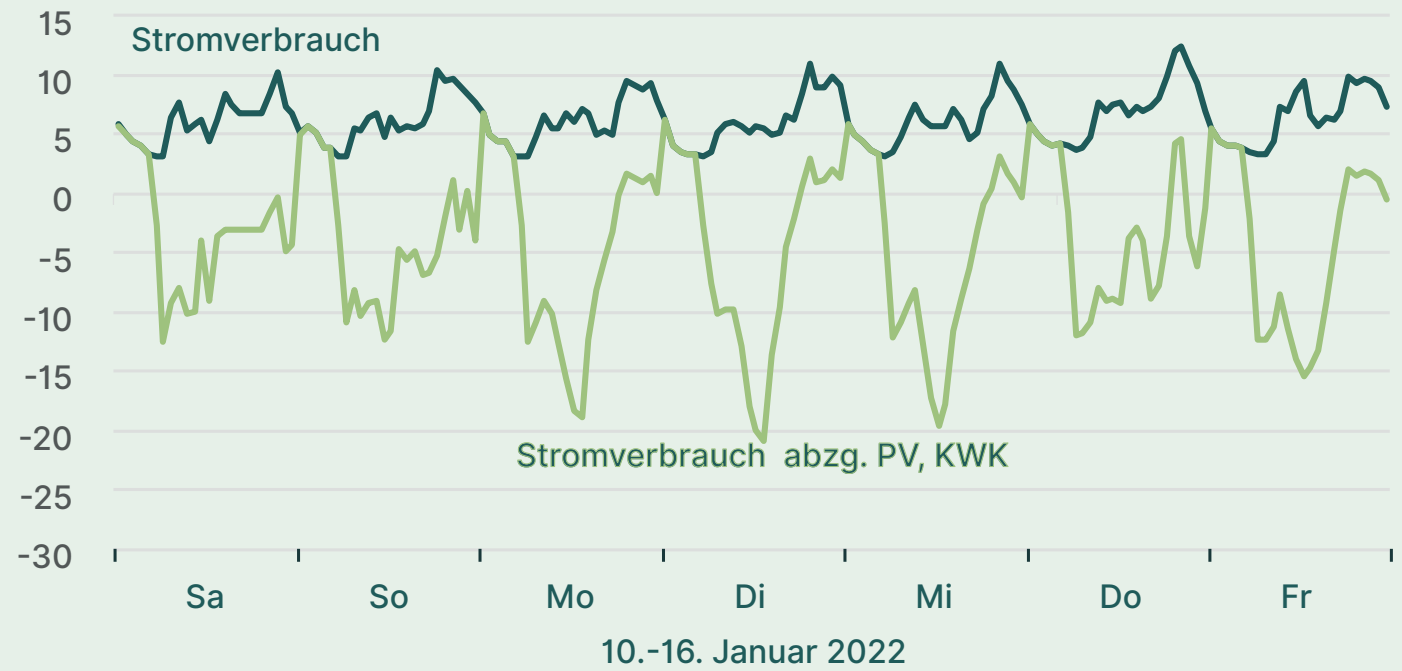
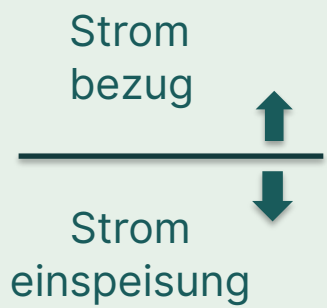
2 Gebäude

Einwohner	Ca. 60			
Wohnfläche	2520	m ²	42	m ² pro Einwohner
Wohneinheiten	25	kWh/a		
Wärmebedarf	100.286	kWh/a	39,8	kWh/ m ² *a
davon Warmwasser	46.800	kWh/a	18,6	kWh/ m ² *a
davon Raumwärme	53.486	kWh/a	21,2	kWh/ m ² *a
Strombedarf (Haushalte & Allgmeinstrom)	46.366	kWh/a	18,4	kWh/ m ² *a
Norm-Heizlast	57,6	kW		
PV	35	kWp		
Pufferspeicher	92	kWh		
KWK elektrische Leistung	16	kW _{el.}		
Wärmepumpe thermische Leistung	13	kW _{th.}		

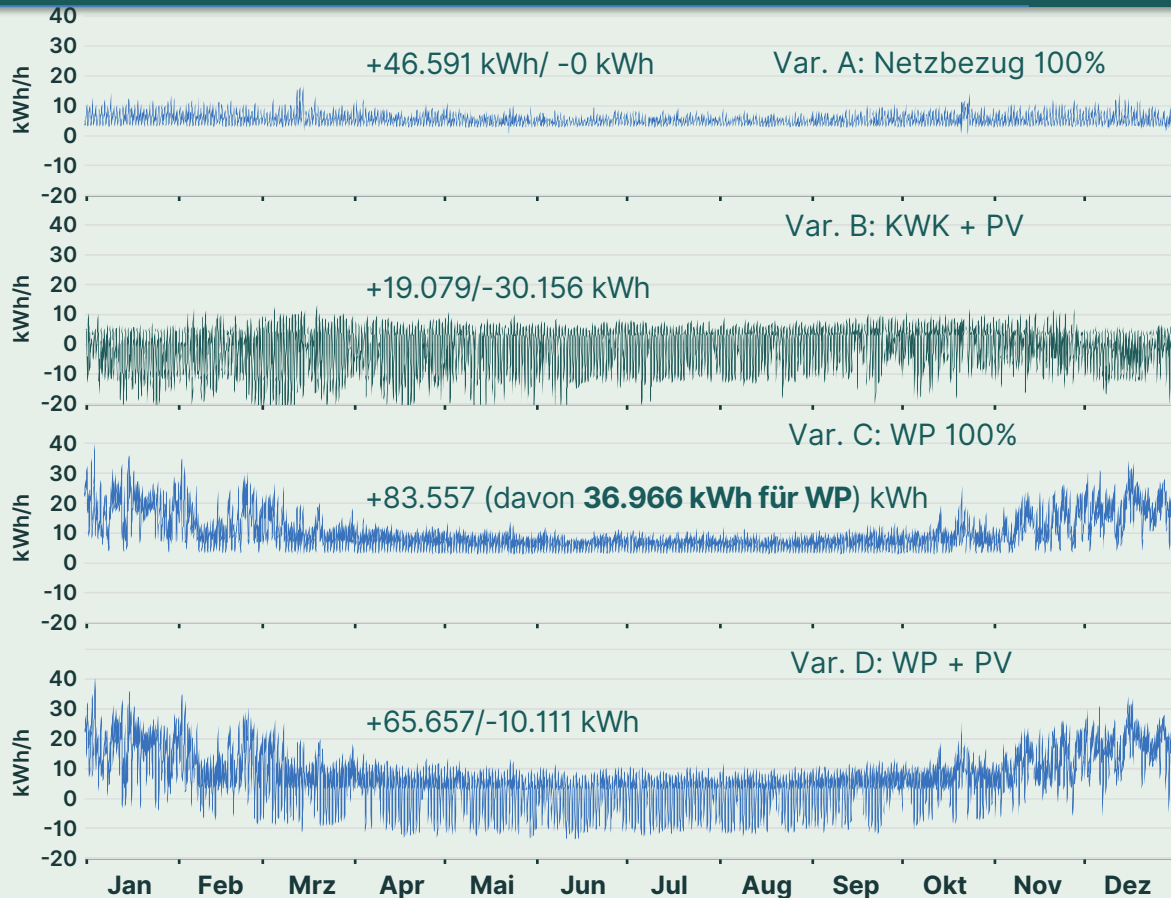


➔ Mit der kostengünstigen Erzeugung von Residuallast im Winter können z.B. Wärmepumpen effizient versorgt werden.

Strombezug/einspeisung mit und ohne Solar- und BHKW- Strom in Winterwoche



Angaben
in kWh/a
+ = Strombezug
- = Einspeisung



Heute hilfsweise:
Wärmepumpe nur, wenn PV
oder KWK-Strom zur
Verfügung steht

Zukünftig: nach
prognostizierten, regionalen
Residuallastemissionen
(marginaler Netzmix)?
z.B.

[CO₂-Monitor](#)

[eCO₂grid](#)

[CO₂Map](#)

[Electricity Maps](#)

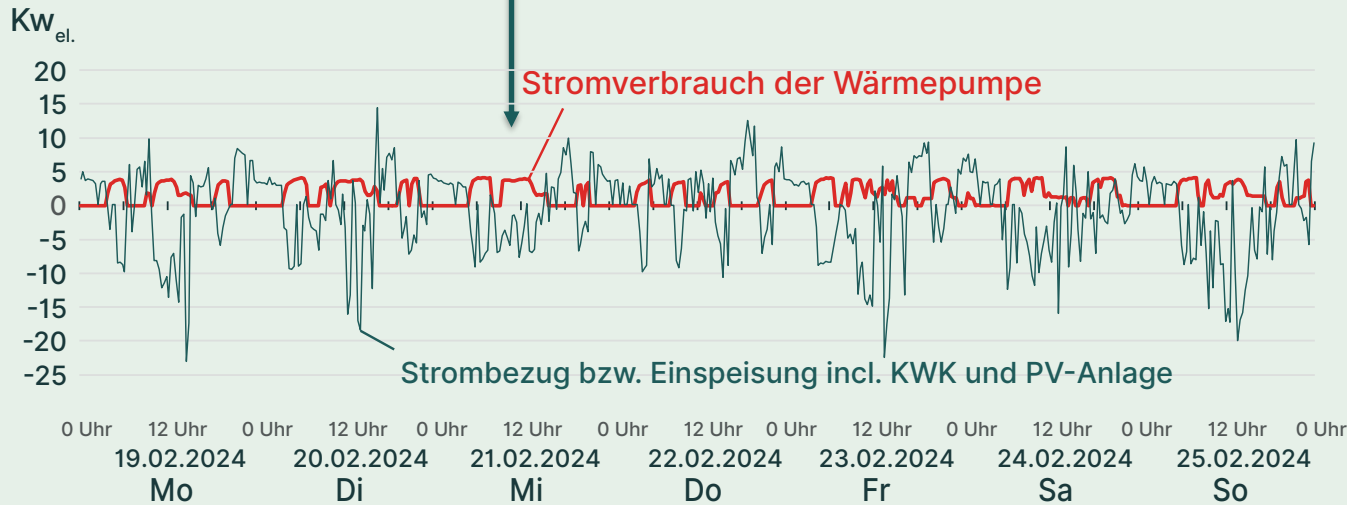
[STROMDAO](#)

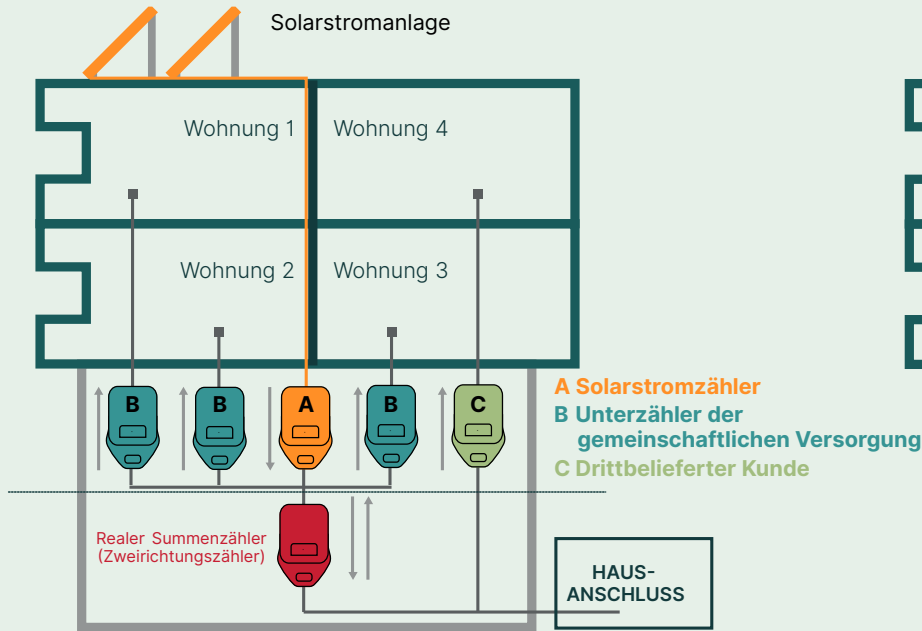
[Agorameter](#)

WP läuft bei
Überschusseinspeisung

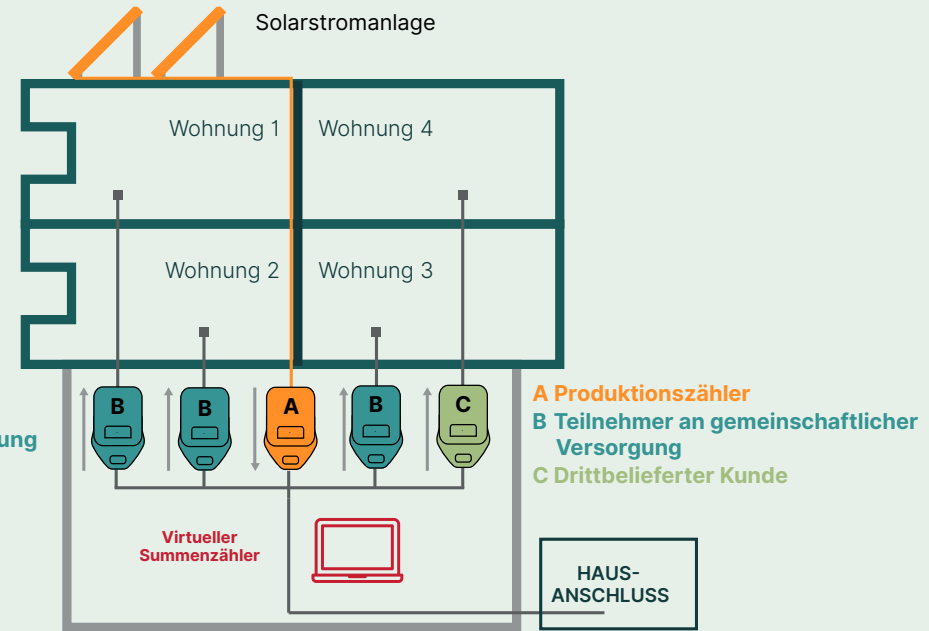
Stromverbrauch der Wärmepumpe

Strombezug bzw. Einspeisung incl. KWK und PV-Anlage





mit Summenzählern und Jahreswerte über Betriebskosten (Nebenkostenabrechnung Verwalter)



nach § 42b (nur Solarstrom)
Viertelstundenwerte über Dienstleister und Gebäudestromnutzungsvertrag

Jährliche Kosten

Reststrombezugskosten

Investitionskosten Solarstromanlage (PV), z.B. linear über 15-20 Jahre

Investition KWK-Anlage z.B. linear über 10-15 Jahre

Gas- /Wartungskosten KWK

Jährliche Einnahmen

Einspeisevergütung KWK (KWK-Index+KWK Bonus)

Einspeisungsvergütung PV

Summe Stromkosten geteilt durch kWh Summe Unterzähler

Nebenkostenabrechnung für 2022 aus dem Beispiel Haushaltsstrom als Teil der Hausgeldabrechnung?

Kosten Wohnungsstrom 7429,2€ / 27.957 kWh = 26,5 Cent/kWh

Wohnung 101 m²

Zweipersonenhaushalt

MFH, Baujahr 2006

Beispiel für Hausgeldabrechnung 2022

Hausverwaltung N.N. GmbH & Co. KG

6. Juni 2023

Für den Zeitraum vom 1.1.2022 bis 31.12.2022

auf Mieter nach BetrKV umlegbare Ausgaben

Verteilung nach Verbrauch	Gesamtausgaben	Verbrauch WEG	Ihr Verbrauch	Ihr Anteil
Wasser	7.188,70 €	2012,084 cbm	39,904 cbm	142,57 €
Warmwasseraufbereitung	2.298,20 €	45254,5 kWh	486,4 kWh	24,70 €
Strom Wohnungen	7.429,20 €	27957,0 kWh	355,0 kWh	94,34 €
Waschmaschinenutzung		2754 mal	57 mal	40,90 €
Trocknernutzung	14,35 €	51 mal	0 mal	0,00 €
Verteilung nach Festanteilen	Gesamtausgaben	Anteil	Umlageart	Ihr Anteil
Allgemeinstrom	4.053,02 €	0,0410265	MEA	166,28 €
Allgemeinwasser	0,00 €	0,0410265	MEA	0,00 €
Kochgas	480,57 €	0,0410265	MEA	19,72 €
Niederschlagswasser	602,24 €	0,0410265	MEA	24,71 €
Warmwasser Grundkosten	984,94 €	0,0403546	Fläche	39,75 €
Wärme Heizung	4.225,31 €	0,0403546	Fläche	170,51 €
Abfall	1.397,76 €	0,0410265	MEA	57,35 €
Aufzug	2.240,29 €	0,0410265	MEA	91,91 €
Gartenpflege	587,40 €	0,0410265	MEA	24,10 €
Reinigung	65,00 €	0,0410265	MEA	2,67 €
Versicherungen	3.202,86 €	0,0410048	Versi	131,33 €
Summe umlegbare Ausgaben	36.745,99 €			1030,84 €

Energiekosten 2022	
Warmwasser nach Verbrauch	24,70 €
Wohnungsstrom	94,34 €
Allgemeinstrom	166,28 €
Kochgas	19,72 €
Warmwasser Grundkosten	39,75 €
Heizung	170,51 €
Summe	515,30 €

	MFH Freiburg, Objektversorgung mit PV, KWK					MFH Freiburg, Fernwärme				
Beheizte Fläche [m²]					2520					3460
	kWh	kWh/m²	Kosten 2022	€/kWh	€/m²*Monat	kWh	kWh/m²	Kosten 2022	€/kWh	€/m²*Monat
Heizung inkl. Warmwasser	103.496	41,1	7.508 €	0,07	0,25	165.779	47,9	18.699 €	0,11	0,45
Haushaltsstrom und Allgemeinstrom	43.209	17,1	11.482 €	0,27	0,38	90.182	26,1	29.010 €	0,32	0,70
Summe	146.705	58,2	18.990 €	0,34	0,63	255.961	74,0	47.709 €	0,43	1,15

- Bei größeren Gebäuden (Wohn- Büro, wie Produktionsgebäuden) und Gebäudenetzen (nach dem GEG sind Gebäudenetze Wärmeverbände bis zu 16 Gebäuden) bieten sich vor allem aus Gründen der Minderung der Residuallast und der Kosten, Kombinationen aus Wärmepumpen, dezentraler KWK (umrüstbar auf „grüne“ Gase), Photovoltaik und eines gemeinschaftlichen Stromversorgungskonzeptes (ggf. auch Energysaving) an.
- Im Rahmen von kommunalen Wärmeplänen und Sanierungsfahrplänen sollte ein Kostenvergleich Wärmenetzanschluss zu dezentraleren Lösungen auch aus Nutzersicht erfolgen und transparent dargestellt werden können. Dazu sollten aktuelle Preise (Preisblätter) für die Nah- und Fernwärme sowie Preisprognosen bei einem Ausbau in geeigneter und aktueller Form z.B. über eine Webseite zu den einzelnen Versorgungsgebieten zugänglich sein.

- Aufnahme der Verteilung von Stromkosten (incl. des Wohnungsstroms) in den Katalog nach §2 BetrKV einschließlich der Versorgung der Mietobjekte.
- Vereinfachung durch Zulassung der Umlage auch der Investitionen von Stromerzeugungsanlagen auf die Betriebskosten ähnlich der Modernisierungsumlage auf die Miete, um die Position „Stromkosten“ für Mieter transparenter abzugrenzen und die Umsetzung nachträglicher Installation von PV oder KWK-Anlagen auf/in MFH zu erleichtern.
- Ausnahme von den EVU-Pflichten nach EnWG §3(18) für die Tätigkeit der Strom- und Stromkostenverteilung hinter einem Netzverknüpfungspunkt (ohne Durchleitung durch das öffentliche Netz). Der Versorgungsgemeinschaft wird selbst überlassen, über welchen Verteilungsschlüssel und mit welchen Zählern sie Kosten (Investitions- und Betriebskosten) von EE- und KWK-Anlagen innerhalb der Versorgungsgemeinschaft (Eigentümern / Mietenden) zugewiesen (verteilt) werden.

Die Abrechnung von Wohnungsstrom über eine gemeinschaftliche Eigenversorgung innerhalb einer Kundenanlage ohne Viertelstundenmessung über die Betriebskostenabrechnung ist

- **einfach** und von jeder Hausverwaltung leistbar
- **transparent**
- **kostensparend**
- reizt **systemdienliche Lastverschiebungen an**, z.B. durch Aufladen von E-Fahrrädern bei Sonnenüberschuss Anschalten von Elektrogeräten wie Waschmaschine, Spülmaschine usw.
- stellt mit PV und KWK ggf. kostengünstig Residualstrom für z.B. Wärmepumpen (auch in der Nachbarschaft) zur Verfügung

- Flexibilitätspotentiale vor Ort noch weitgehend ungenutzt?
- Ohne die Nutzung aller Formen der Flexibilitätspotentiale bei Lastverschiebung, Erzeugung und Speicherung wird aus meiner Sicht die Energiewende zu teuer und damit scheitern!
- Voraussetzung für die Nutzung von Flexibilitätsoptionen Monitoring und Regelung?
- Wohin führen der Stromnetzausbau und die damit verbundenen Netzentgelte?
- Kommunen kommen um sektor- und spartenübergreifende Energieleitplanung (KSSE) – Infrastrukturplanung und Anreizen für dezentrale Flexibilität nicht herum.

www.agora-energiewende.de



<https://neon.energy/Neon-Mehrwert-Flex.pdf>



<https://klimaschutz-im-bundestag.de/massnahmen-pakete/verursachergerechte-lokale-strompreise/>

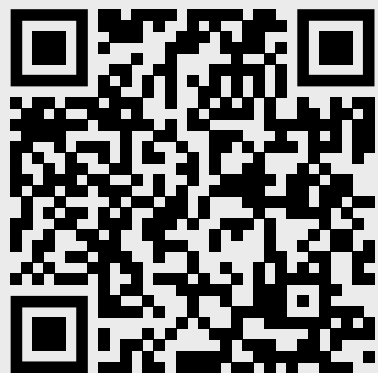
Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Nähere Infos unter <https://klimaschutz-im-bundestag.de>

Mitglied werden: <https://klimaschutz-im-bundestag.de/mitglied-werden/>

Spenden: <https://klimaschutz-im-bundestag.de/spenden/>

Newsletter abonnieren: <https://klimaschutz-im-bundestag.de/newsletter/>

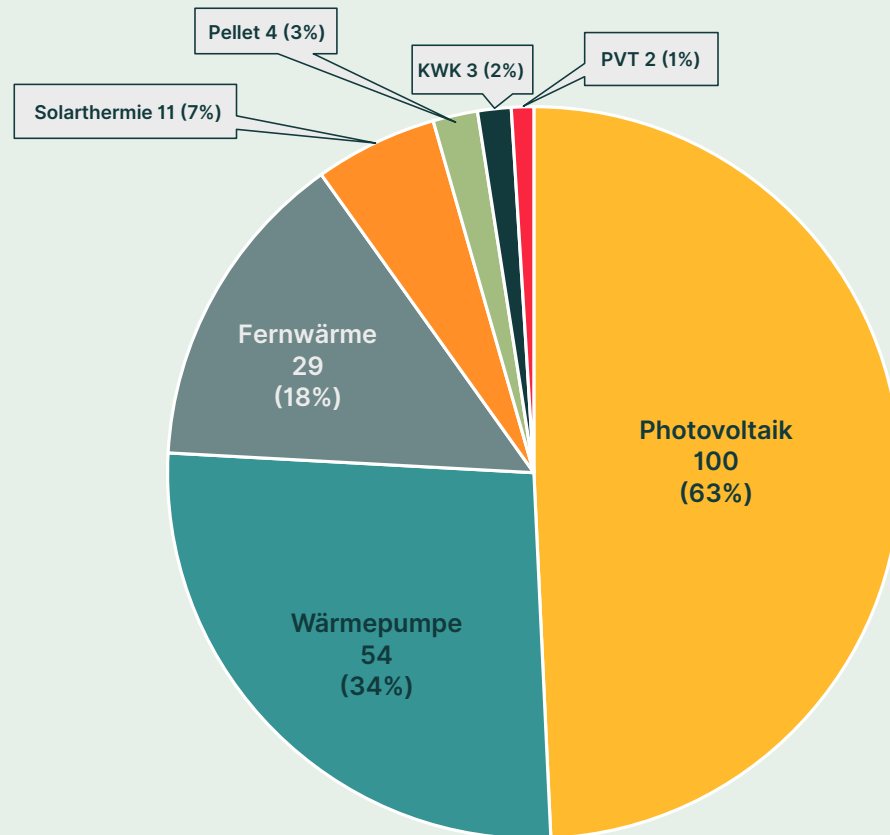
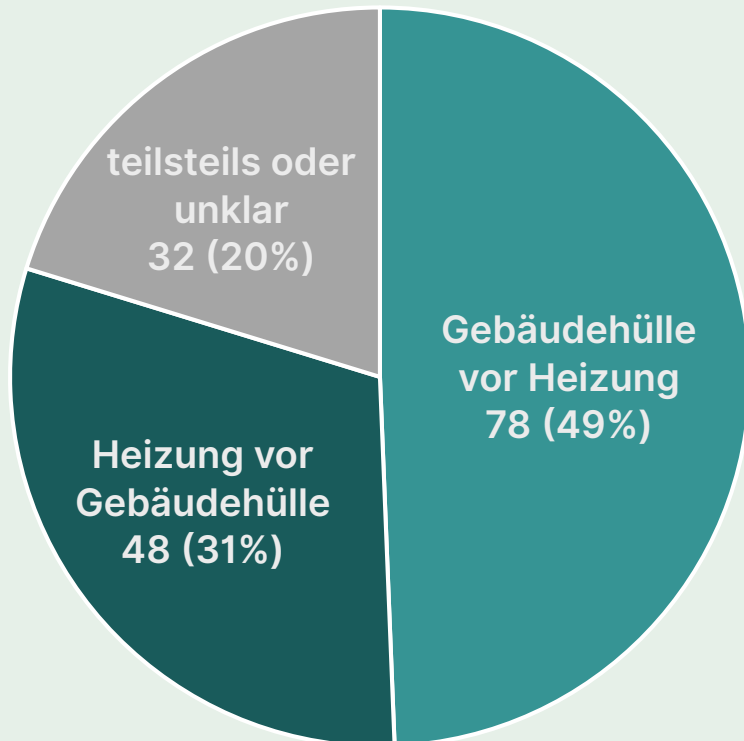


Spenden erwünscht

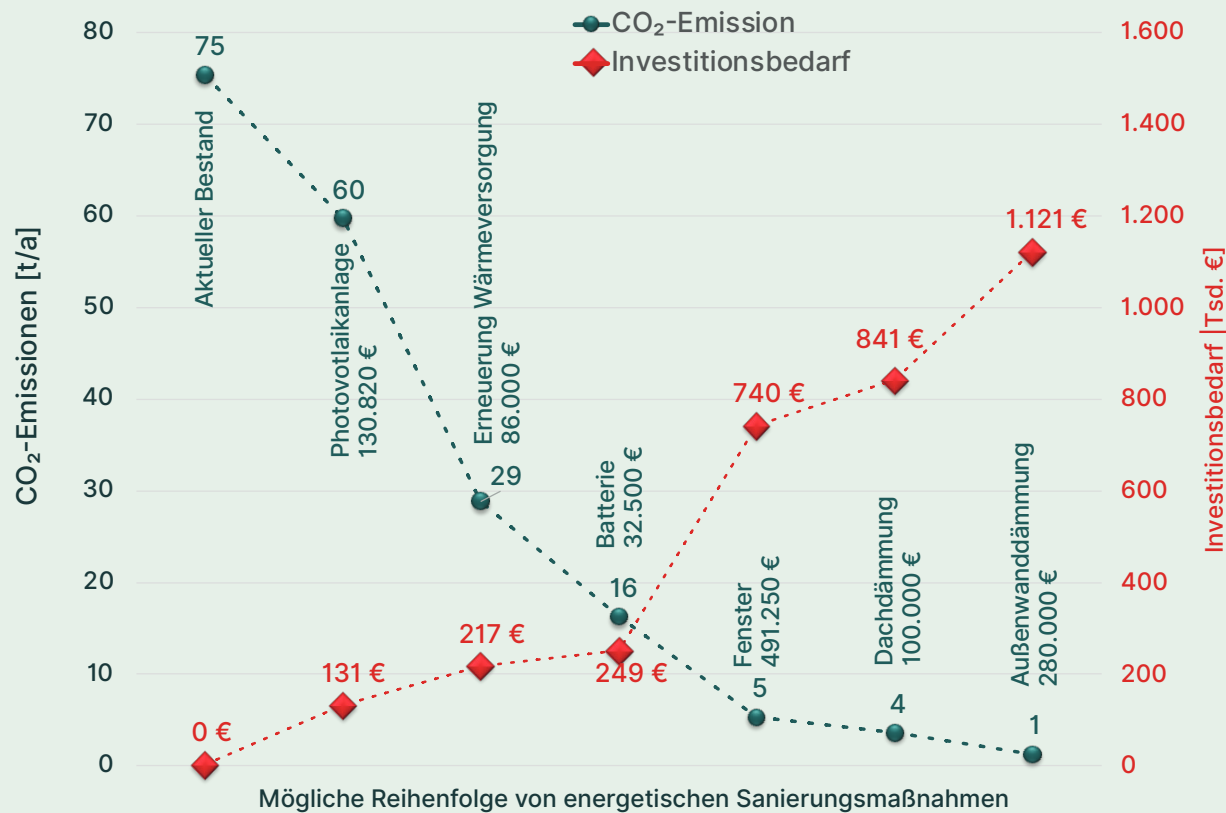
Interesse am KSSE-Projekt geweckt?

E-Mail an joerg.lange@klimaschutz-im-bundestag.de

Zusätzliche Präsentationsfolien bei entsprechenden Fragen oder sollte noch Zeit sein



Sanierungsfahrpläne: Erst dämmen und dann erst Heizung sanieren?



Kennzahlen zum Mehrfamilienhaus in Lörrach

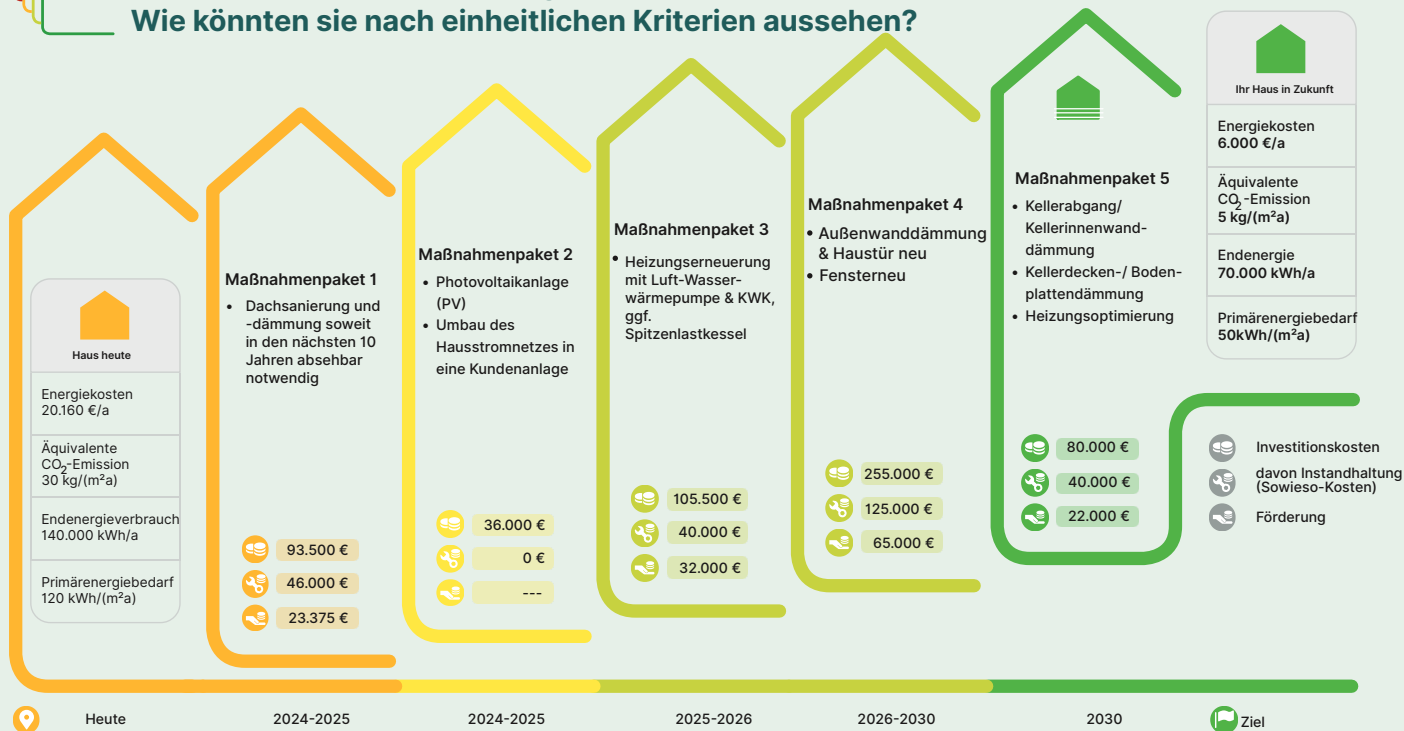
Fläche	1475 m ²		
Bewohner*innen	42		
Wärmebedarf	221 MWh/a	150 kWh/m ² *Jahr	
Raumwärme	167 MWh/a	113 kWh/m ² *Jahr	
Warmwasser	29 MWh/a	20 kWh/m ² *Jahr	
Nutzenergie Warmwasser	19 MWh/a	13 kWh/m ² *Jahr	
Norm-Heizlast	93 kW		
Haushaltsstrombedarf	21 MWh/a		
PV	84 kWp		

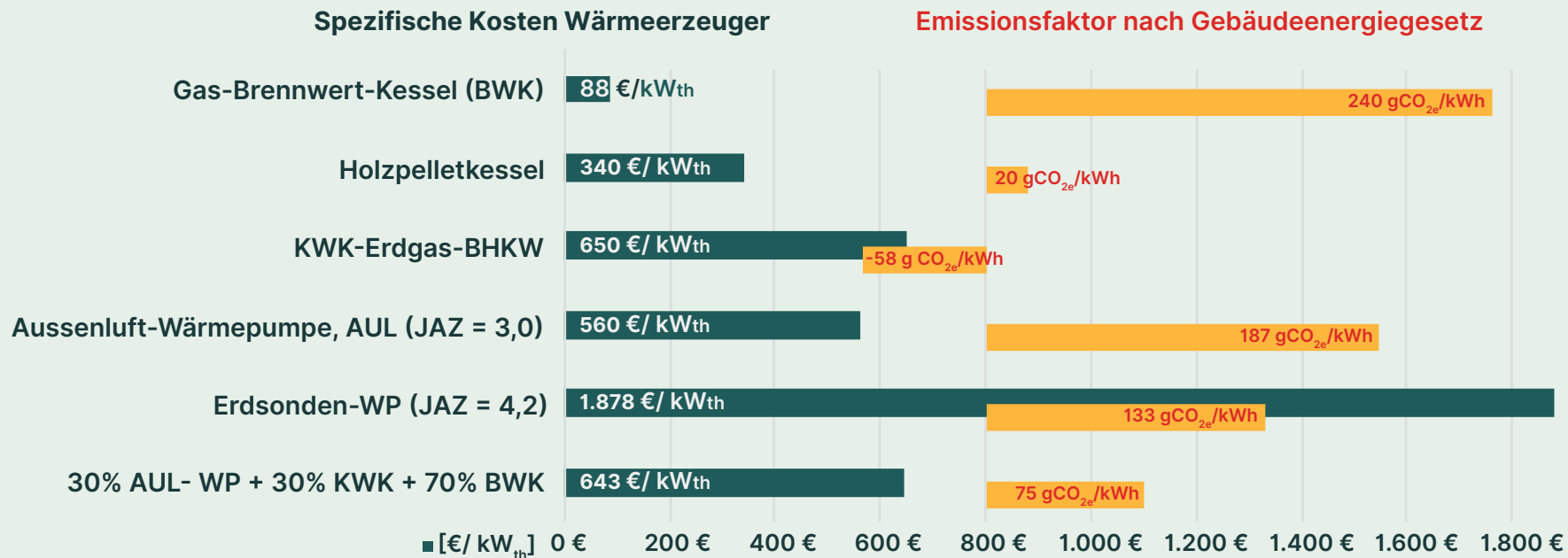
Maßnahme/Werte	U-Wert Bestand	U-Wert nach Sanierung	Einsparung	Spez. Investitionskosten	Fläche	Investitionskosten	Einsparung	Amortisation	Bemerkung
	[W/m²K]	[W/m²K]	[kWh/a]	[€/m²]	[m²]		[€/a]	[a]	
Dachdämmung	0,40	0,20	11.902	125	802	100.250 €	1.428 €	70	Dachdämmung: + 18 cm
Fenster austausch	0,69	0,68	72.836	750	655	491.250 €	8.740 €	56	Dreifachverglasung + WD Fenster
Außenwand	0,60	0,22	27.082	225	1.244	279.900 €	3.250 €	86	Außenwand: 10 cm
PV-Anlage			72.447			91.200 €	15.214 €	6	
Gaskessel & WP						53.780 €	352 €	153	
Gaskessel & BHKW						87.600 €	6.526 €	13	

Maßnahme	Investition	Kumulierter Investitionsbedarf	Einsparung Wärme	Erdgas	Strom PV	Strom für WP	Eigenstromanteil	Strom (Gesamt)	Eigenbedarf	Einspeisung	CO2-Emission
	[€]	[€]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[t/a]
Aktuelle Situation	0	0	0	238.523	0	0	0%	31.607	31.607	0	75
PV-Anlage 78 kWp	130.820	130.820	0	238.523	72.447	0	21%	31.607	25.001	65.841	60
Energieversorgung (Wärmepumpe)	85.857	216.677	0	40.566	72.447	62.299	50%	93.906	47.141	25.682	29
Batterie / Bidirektionales Laden 50 kWh	32.500	249.177	0	40.566	72.447	62.299	64%	93.906	33.994	12.535	16
Erneuerung Verglasung	491.250	740.427	72.836	8.006	72.447	47.851	59%	79.458	32.657	25.646	5
Dachdämmung	100.250	840.677	11.902	2.946	72.447	45.408	58%	77.015	32.269	27.701	4
Außenwanddämmung	279.900	1.120.577	27.082	0	72.447	37.154	55%	68.761	30.943	34.628	1

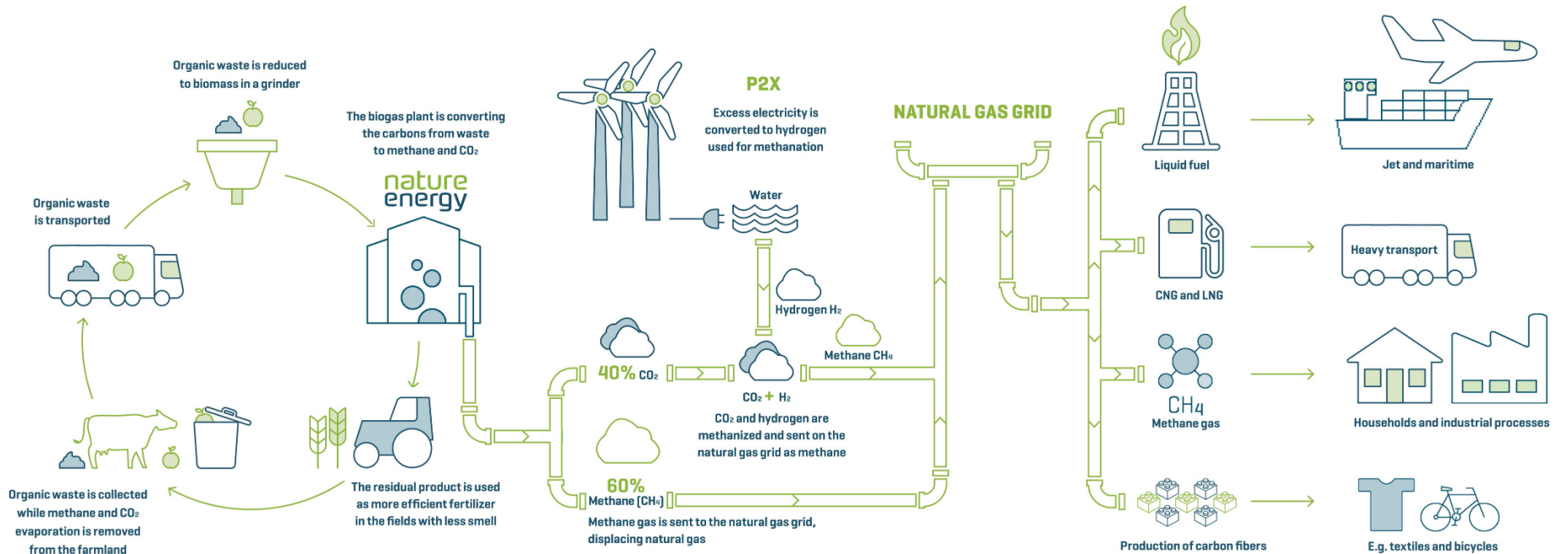


Standardisierte Sanierungsfahrpläne für jedes Gebäude? Wie könnten sie nach einheitlichen Kriterien aussehen?





Prozentzahlen der Kombination aus Aussenluftwärmepumpe und Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage beziehen sich auf die max. Heizleistung. Berechnung Emissionen nach Gebäudeenergiegesetz: Strommix, ca. 560 g/ CO_{2e} Verdrängungsmix KWK ca. 860 g/ CO_{2e}, Erdgas ca. 240 g/CO_{2e}, Holzkessel ca. 20 g/CO_{2e}



<https://nature-energy.com/sustainability/how-we-work>