

BRANCHENTAGE 2023

Systemdienliche Gebäude Warum es auf die Hülle ankommt

Andreas Holm, FIW

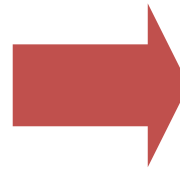
Bamberg, 12.09.2023



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG



Veränderte Beheizungsstruktur



Wärmepumpen werden zum zentralen Wärmeerzeuger

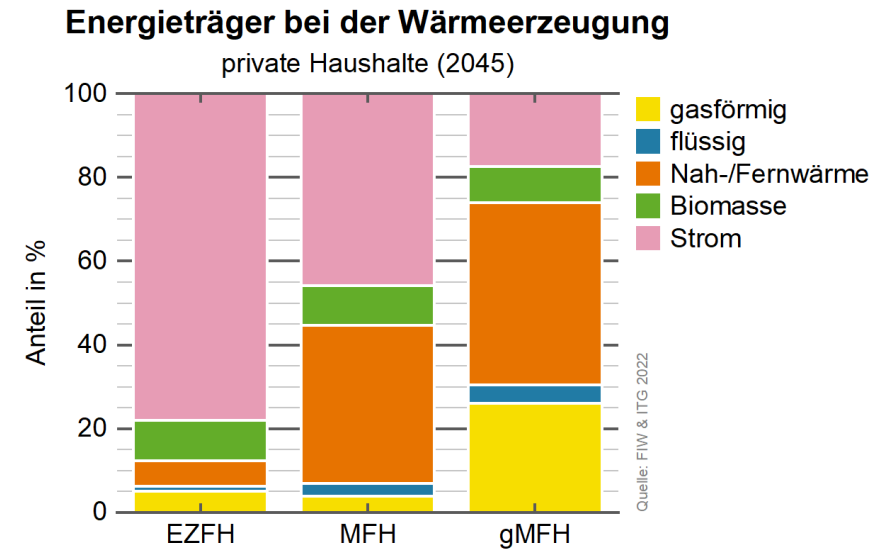
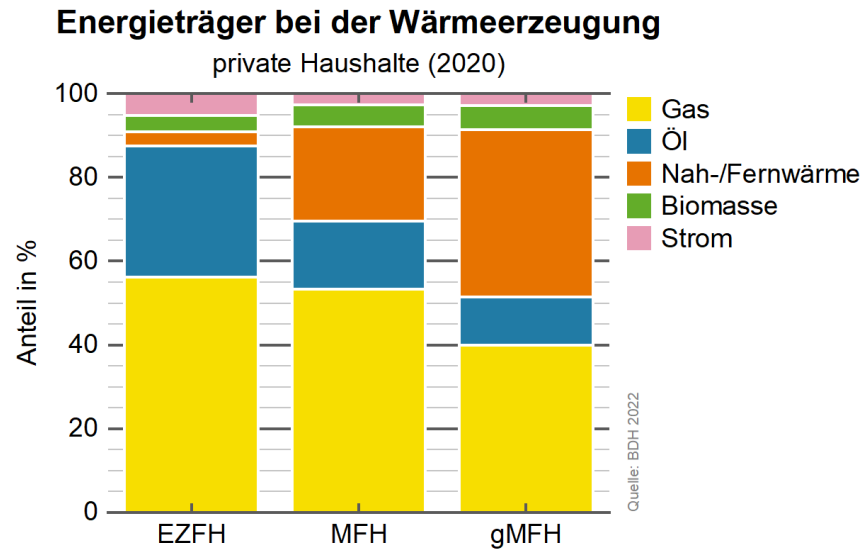
Szenarienvergleich der "Big 5" Klimaneutralitätsszenarien



Hotel Residenz am Hof in Bamberg

Anzahl der Wärmepumpen in Mio.

2030	4,6	6,5	3,9	6	4,2
2050	11,0	14,8	8,0	16	15,6



Sowohl Wärmepumpen als auch Nah-/Fernwärme setzen zukünftig ein NT-System voraus!

Gebäudestrategie Energieeffizienz & Klimaneutralität



Zwei Ebenen der Skepsis (für Effizienz)

einzelne Gebäude

Wärmepumpen sind politisch gewollt. Warum sollte ich mein Gebäude zukunftssicher dämmen, wenn zusammen mit billigen Solarzellen meine Energiekosten trotzdem auf Null zurückgeht?

Zwei Ebenen der Skepsis (für Effizienz)

einzelne Gebäude

Wärmepumpen sind politisch gewollt. Warum sollte ich mein Gebäude zukunftssicher dämmen, wenn zusammen mit billigen Solarzellen meine Energiekosten trotzdem auf Null zurückgeht?

Das Strom- bzw. Wärmenetz wird „grün“. Warum muss mein Gebäude effizienter werden, wenn es nur mit erneuerbarer Energie betrieben wird?

Strom- bzw. Wärmenetz

Agenda

1 Perspektive des einzelnen Gebäudes

1.1 Energiekosten

1.2 Technische Restriktionen

2 Perspektive des Energiesystems

2.1 Anteil vorbereiteter Gebäude für den Wärmepumpenhochlauf steigern

2.2 Senken der Gleichzeitigkeit elektrischer Lasten

2.3 Resilienz bei Brown-Outs

2.4 Auswirkungen auf die Sektorziele

3 Fazit

Agenda

1 Perspektive des einzelnen Gebäudes

1.1 Energiekosten

1.2 Technische Restriktionen

2 Perspektive des Energiesystems

2.1 Anteil vorbereiteter Gebäude für den Wärmepumpenhochlauf steigern

2.2 Senken der Gleichzeitigkeit elektrischer Lasten

2.3 Resilienz bei Brown-Outs

2.4 Auswirkungen auf die Sektorziele

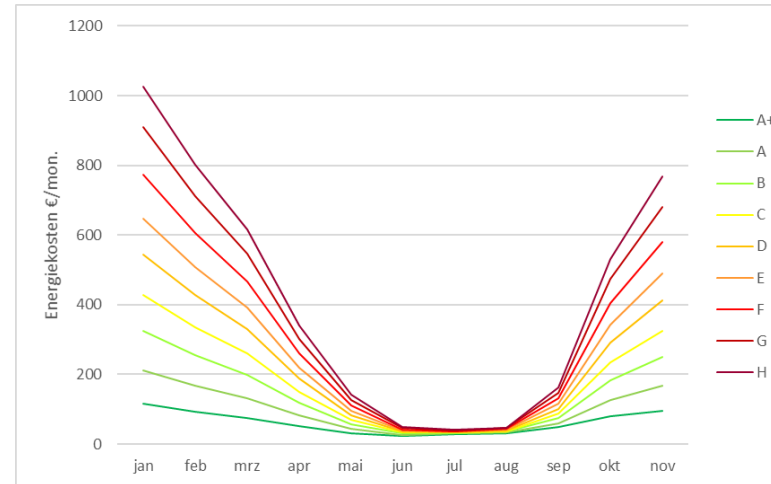
3 Fazit

Energiekosten in 2022 - Gasheizungen

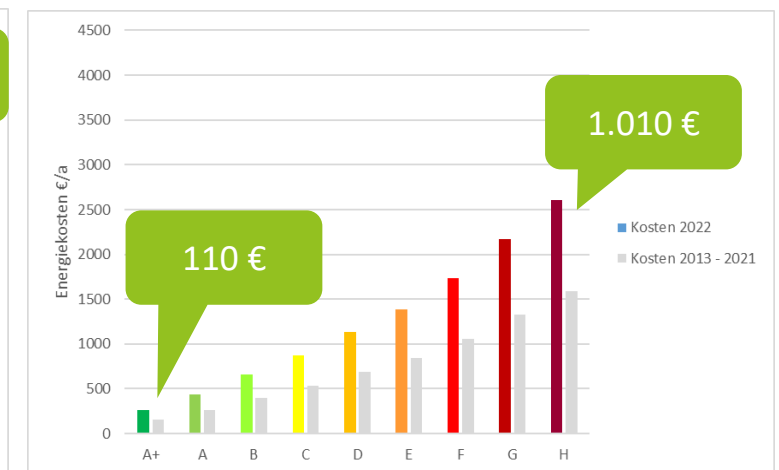
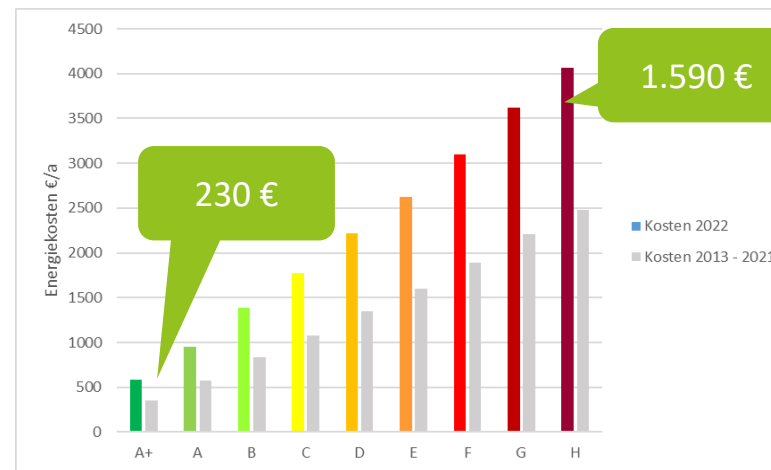
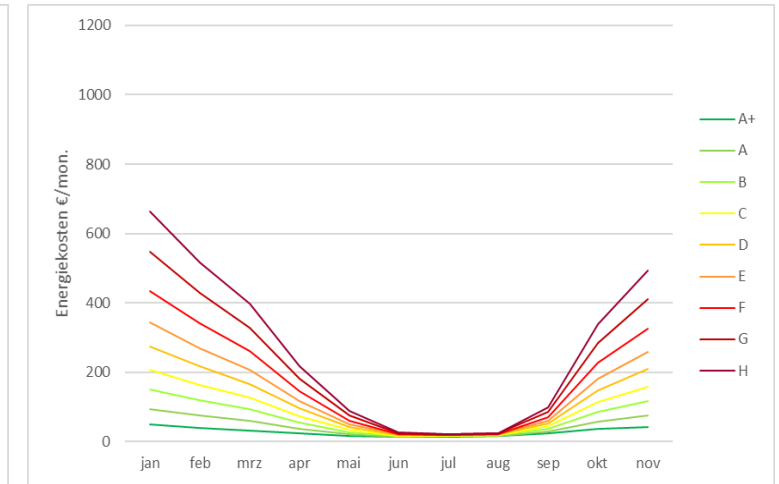
Monatliche Heizkosten in 2022 in Abhängigkeit von der Effizienzklasse

Jahreskosten 2022 im Vergleich zum mittleren Preisniveau 2013 - 2021 (grau) unter Berücksichtigung des sparsameren Verhaltens (25% Einsparungen)

Einfamilienhaus



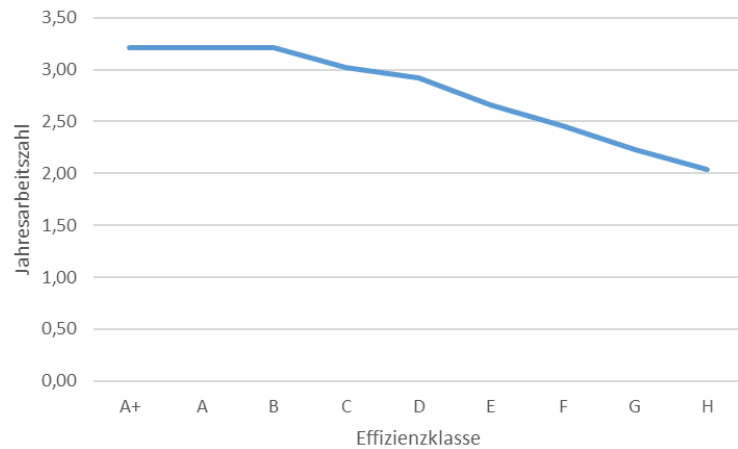
Wohnung in MFH



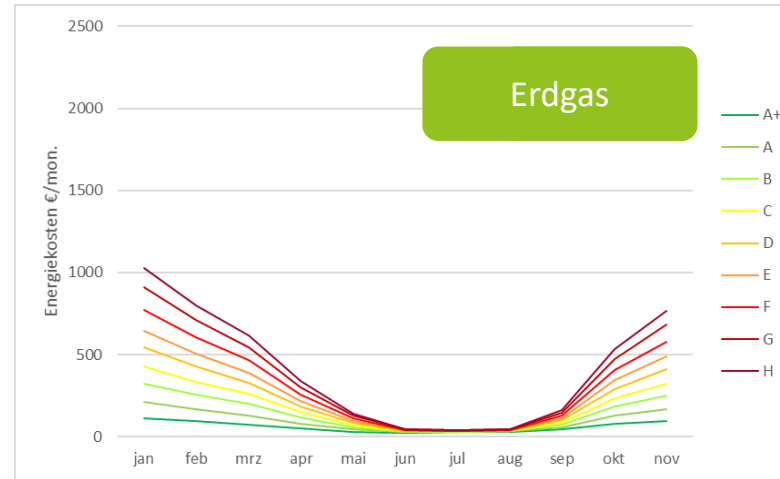
Die gestiegenen Energiepreise wirken sich je nach Effizienzklasse sehr unterschiedlich aus.

Energiekosten in 2022 - Wärmepumpen

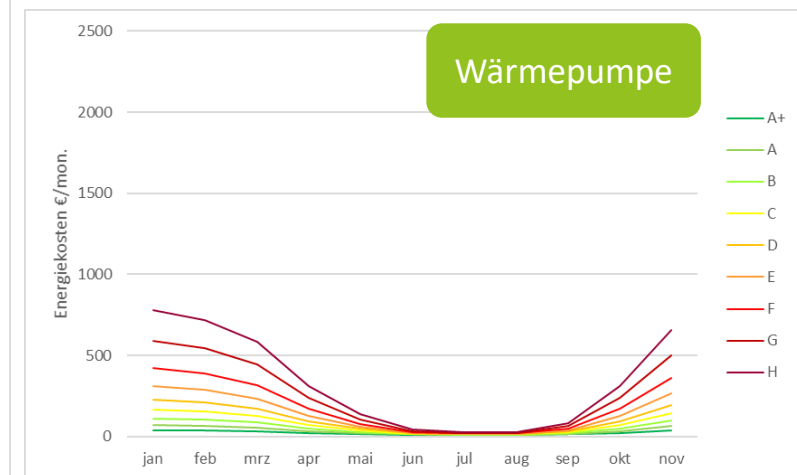
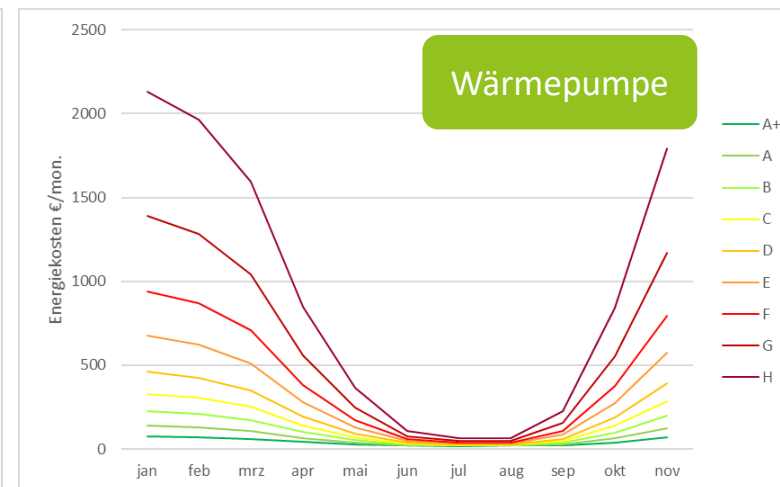
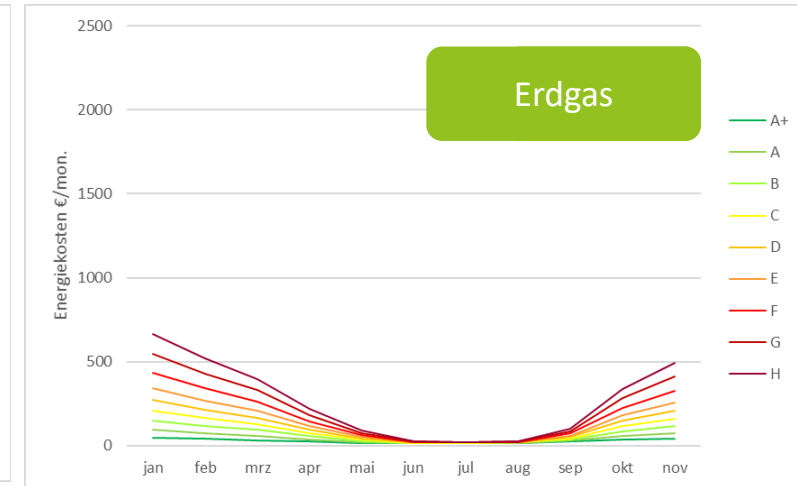
Die Effizienz von Wärmepumpen sinkt bei schlechter Gebäudeeffizienz



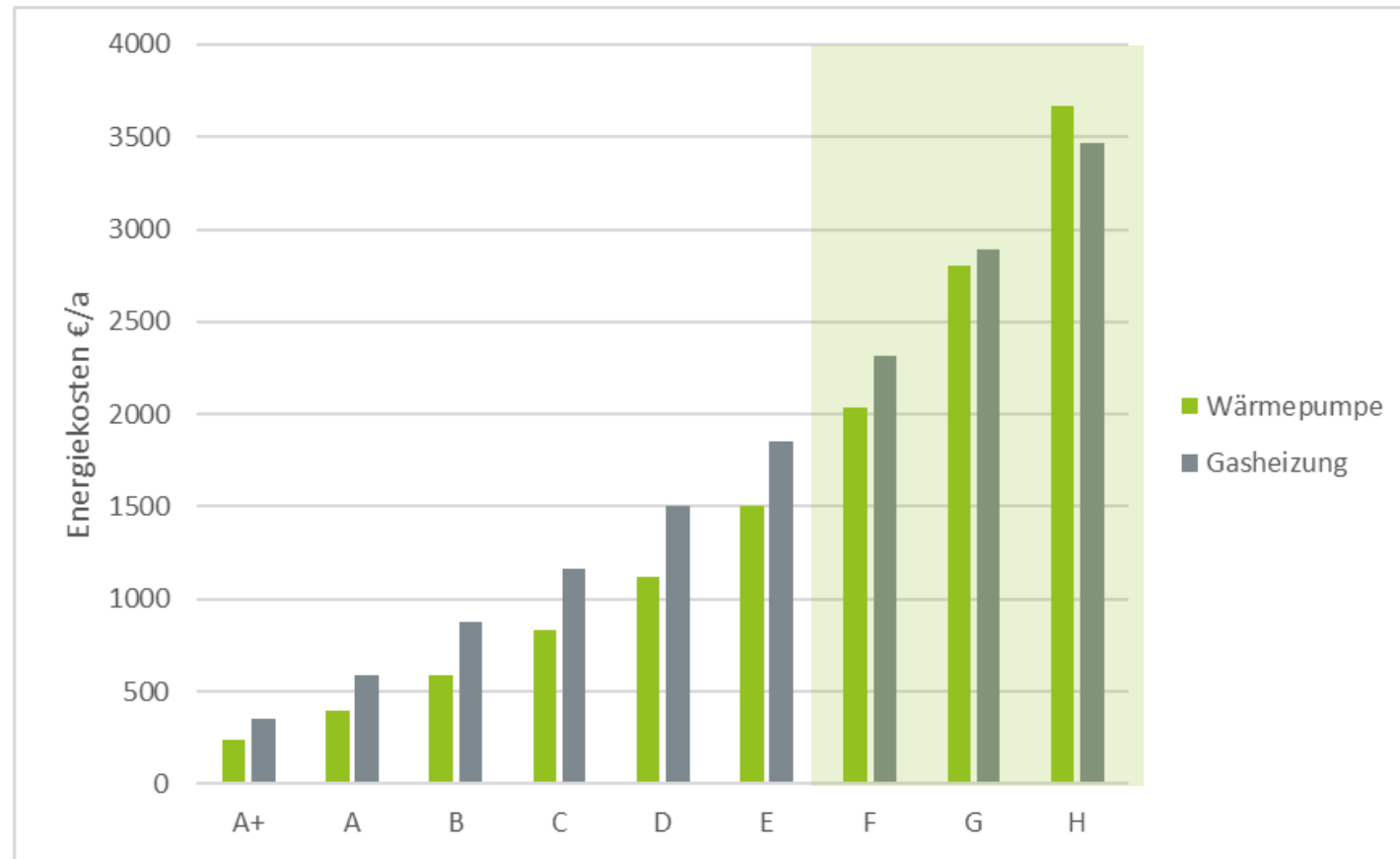
Einfamilienhaus



Wohnung in MFH



Energiekosten in 2022 im Vergleich



Bei Wärmepumpen wirkt sich eine schlechte Effizienzklasse stärker aus als bei Gasheizungen.

Agenda

1 Perspektive des einzelnen Gebäudes

1.1 Energiekosten

1.2 Technische Restriktionen

2 Perspektive des Energiesystems

2.1 Anteil vorbereiteter Gebäude für den Wärmepumpenhochlauf steigern

2.2 Senken der Gleichzeitigkeit elektrischer Lasten

2.3 Resilienz bei Brown-Outs

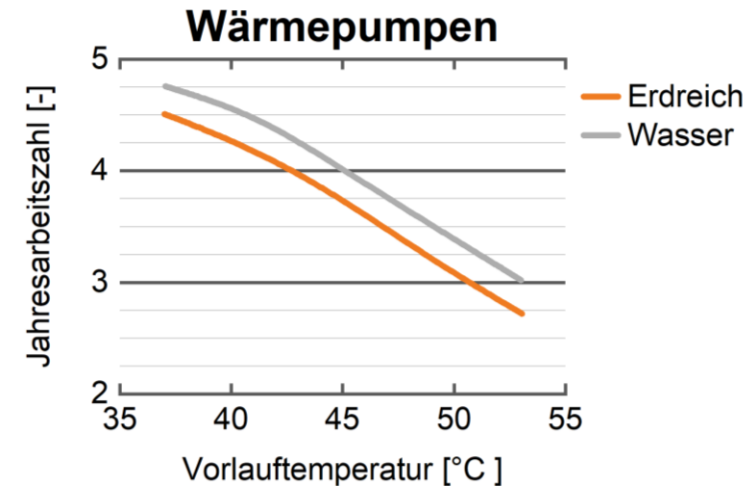
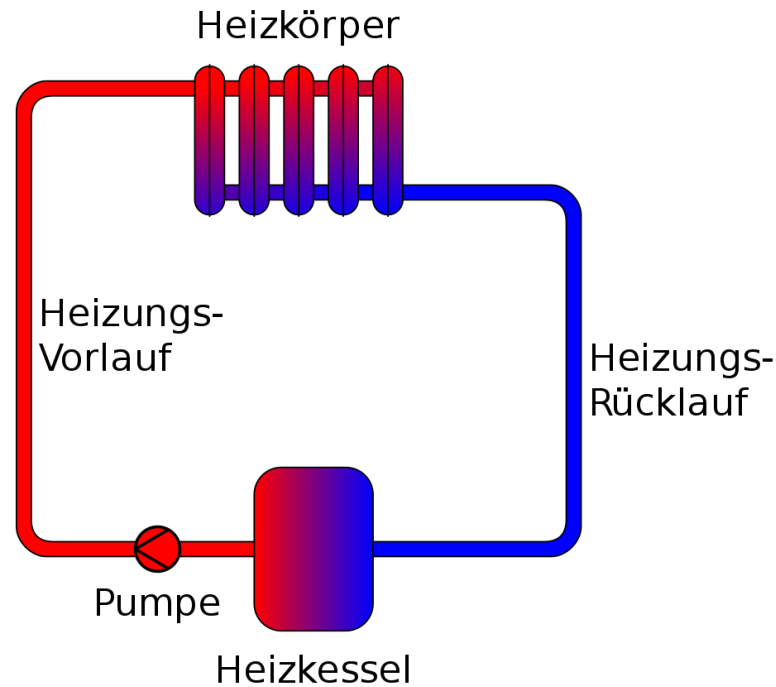
2.4 Auswirkungen auf die Sektorziele

3 Fazit

Technische Restriktionen für Wärmepumpen in ineffizienten Gebäuden

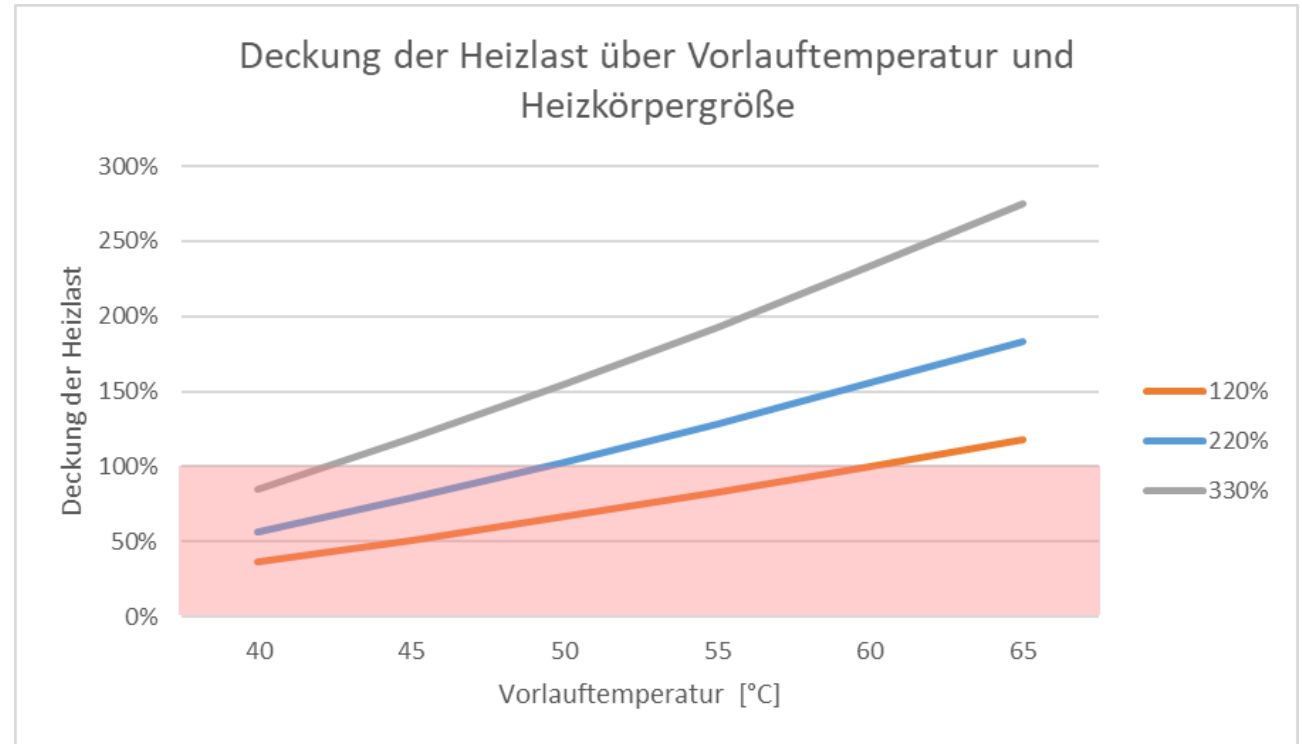
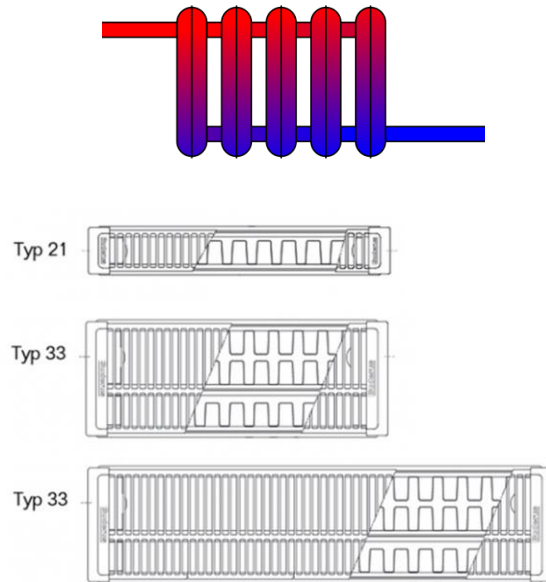
Einer Absenkung der Vorlauftemperatur sind zwei Grenzen gesetzt:

- Kann der Heizkörper die Heizlast abdecken?
- Können die Rohrleitungen die Wärmemenge transportieren?



Technische Restriktionen für Wärmepumpen in ineffizienten Gebäuden

Kann der Heizkörper die Heizlast abdecken?

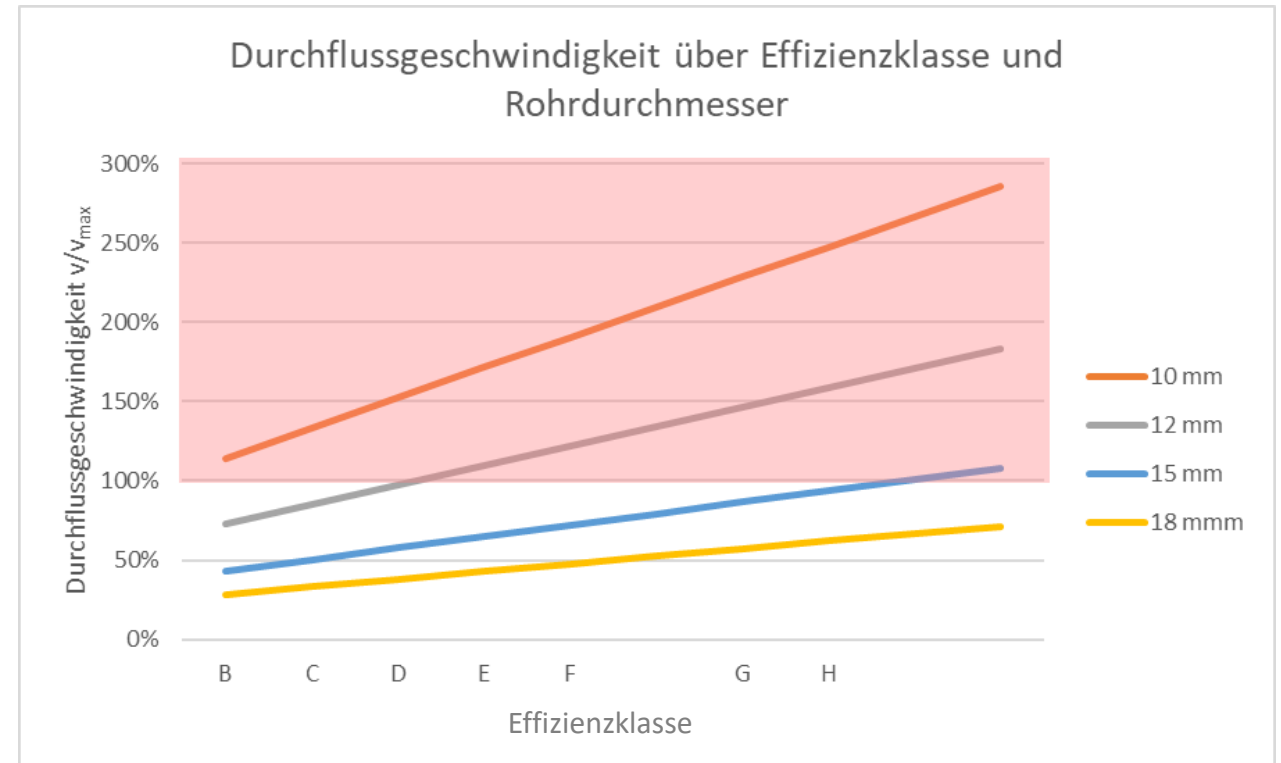
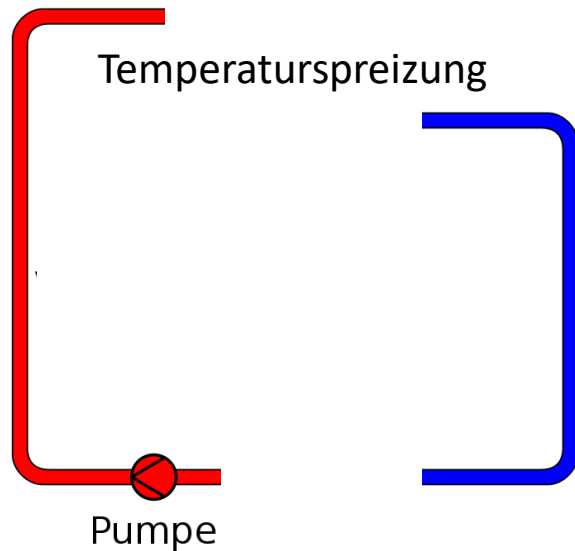


Bei einer Absenkung der Vorlauftemperatur können Heizkörper, die zu

- 120% überdimensioniert sind, die erforderliche Heizlast nicht abdecken
- 220% überdimensioniert sind, noch bei einer Vorlauftemperatur von 50°C decken
- 330% überdimensioniert sind, noch bei einer Vorlauftemperatur von 45°C decken

Technische Restriktionen für Wärmepumpen in ineffizienten Gebäuden

Können die Rohrleitungen die Wärmemenge transportieren?

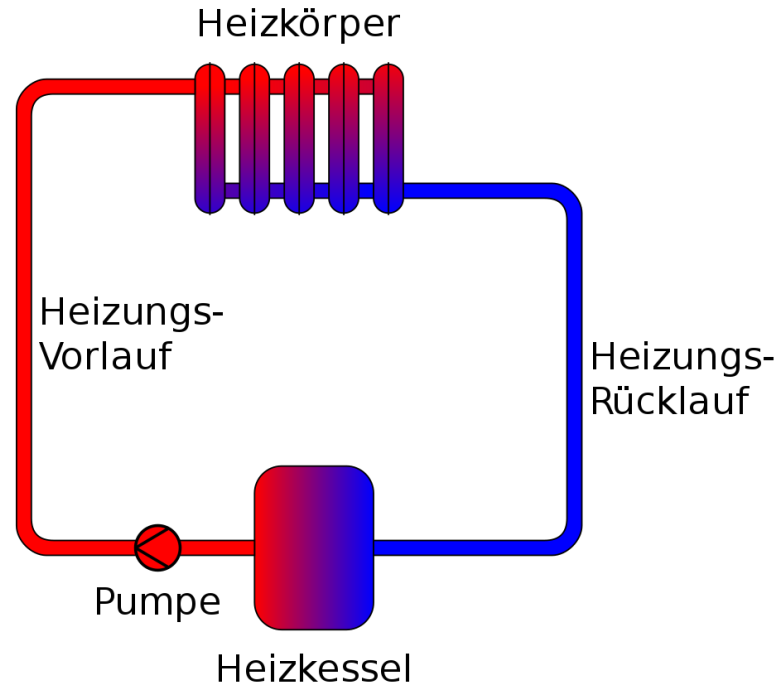


Die max. Durchflussgeschwindigkeit in Rohrleitungen wird überschritten:

- abhängig von Rohrdurchmessern (nachträglich nicht zu ändern)
- abhängig von der Temperaturspreizung (bei Wärmepumpen kleiner als 10 K)

Technische Restriktionen für Wärmepumpen in ineffizienten Gebäuden

→ Kombination der zwei Grenzen



- Technische Restriktionen für Wärmepumpen in ineffizienten Gebäuden bestehen ab Effizienzklasse F
- Restriktionen hängen stark von den individuellen Gegebenheiten ab
- **Je besser die Gebäudeeffizienz, desto effizienter funktionieren die Wärmepumpen**
- **Statt nur die Restriktionen an der Heizungsanlage zu beheben, sollte die Gebäudeeffizienz verbessert werden**



Agenda

1 Perspektive des einzelnen Gebäudes

1.1 Energiekosten

1.2 Technische Restriktionen

2 Perspektive des Energiesystems

2.1 Anteil vorbereiteter Gebäude für den Wärmepumpenhochlauf steigern

2.2 Senken der Gleichzeitigkeit elektrischer Lasten

2.3 Resilienz bei Brown-Outs

2.4 Auswirkungen auf die Sektorziele

3 Fazit

Agenda

1 Perspektive des einzelnen Gebäudes

1.1 Energiekosten

1.2 Technische Restriktionen

2 Perspektive des Energiesystems

2.1 Anteil vorbereiteter Gebäude für den Wärmepumpenhochlauf steigern

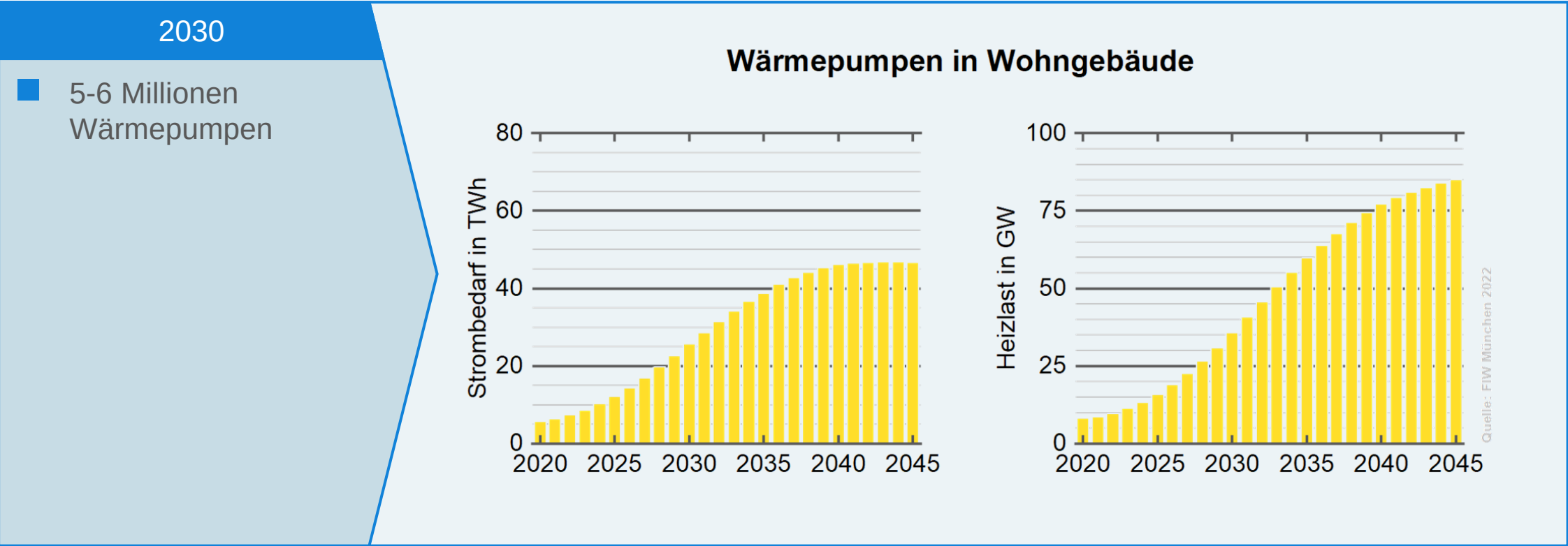
2.2 Senken der Gleichzeitigkeit elektrischer Lasten

2.3 Resilienz bei Brown-Outs

2.4 Auswirkungen auf die Sektorziele

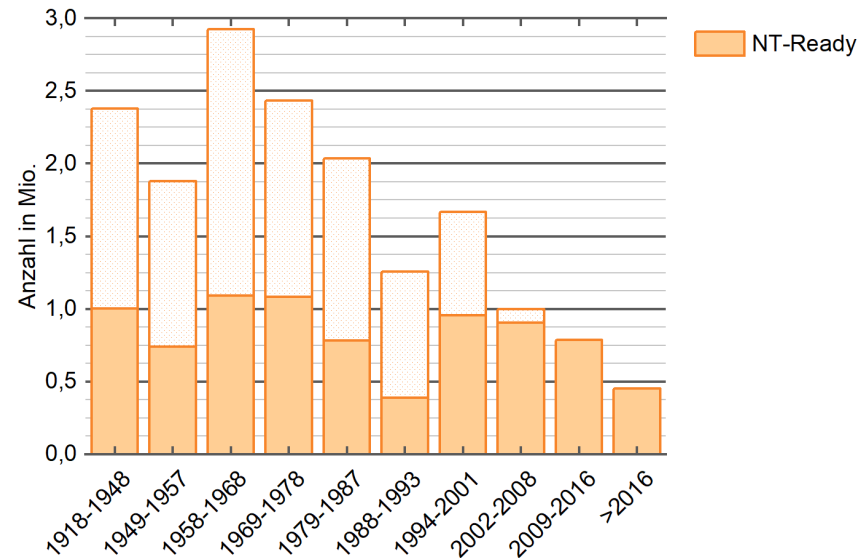
3 Fazit

Elektrifizierung der Gebäude



Der Strombedarf wird deutlich steigen
Verschiebung der elektrischen Last in den Winter

Wohngebäude



Wärmepumpen-Offensive

- Ab 2024 sollen jährlich 500.000 neue Wärmepumpen installiert werden
→ mehr als die Hälfte aller neuen Wärmeerzeuger sollen Wärmepumpen sein!
- Im Gebäudebestand werden Wärmeerzeuger turnusmäßig erneuert.
→ „zufälliger“ Prozess

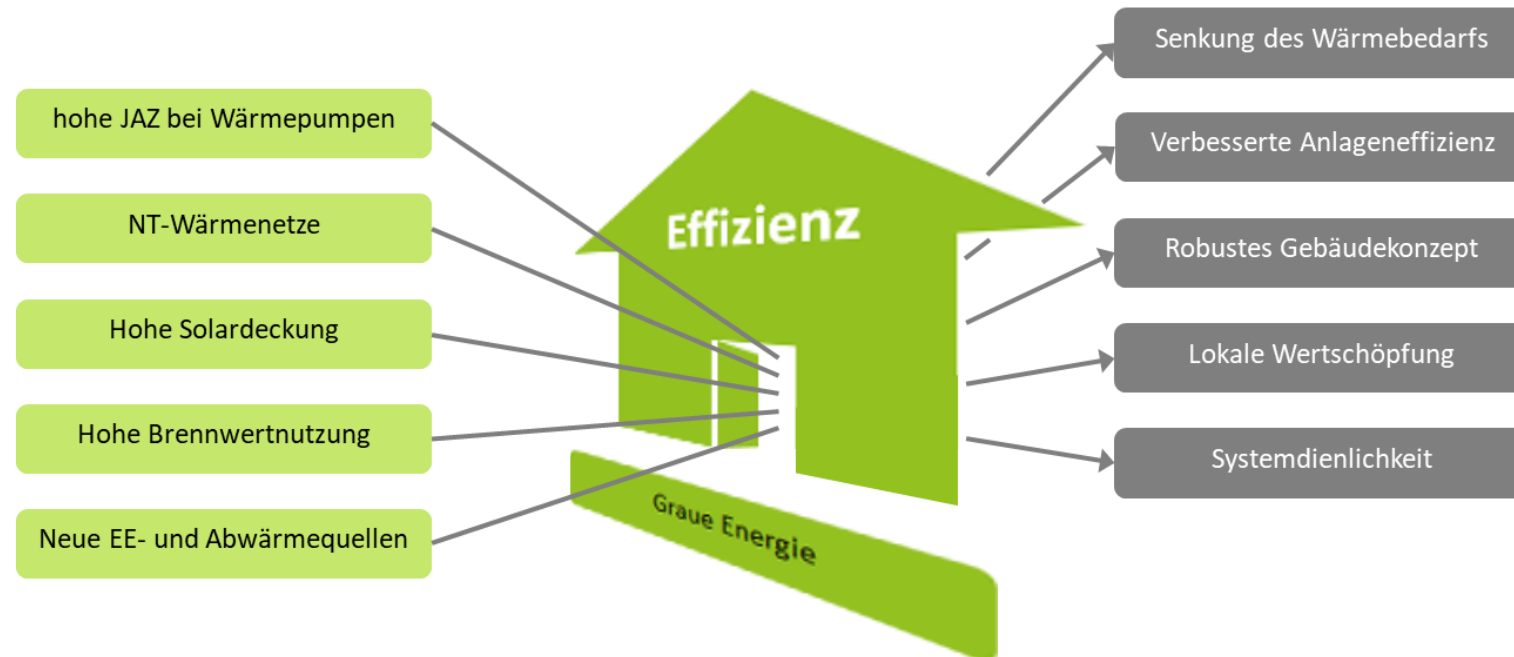
Bereits die Hälfte aller Gebäude ist derzeit auf den effizienten Einsatz einer Wärmepumpe vorbereitet !



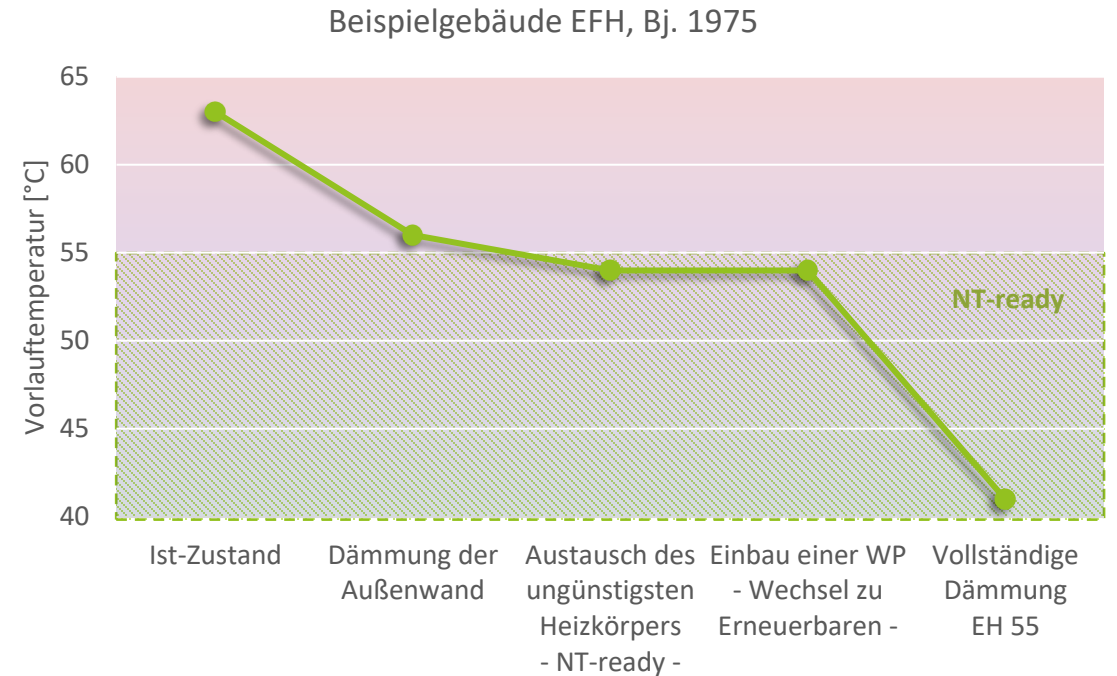
→ jährlich 500.000 Wärmeerzeuger in geeigneten Gebäuden
Für die WP-Offensive müssen ausreichend geeignete Gebäude verfügbar sein

NT-ready – Vorschlag für einen neuen Standard

- Gebäude sind NT-ready, wenn ihre max. Heizungs-Vorlauftemperatur 55°C oder weniger beträgt.
- NT-ready ist eine **eindeutige Aussage**, dass ein Gebäude für erneuerbare Energien vorbereitet ist.
- Umgekehrt sind Temperaturen über NT-ready **kein Ausschlusskriterium** für Wärmepumpen.
- NT-ready ist ein **Zwischenschritt** auf dem Sanierungspfad. Durch folgende Sanierungsmaßnahmen kann die Vorlauftemperatur noch weiter gesenkt und die Anlageneffizienz noch weiter gesteigert werden.



NT ready - Geplanter Umstieg auf erneuerbare Energien - Beispiel



- Dämm-Maßnahmen gezielt auf NT-ready abstimmen und im Kopplungsprinzip umsetzen
- NT-ready erreichen bevor der Wärmeerzeuger getauscht werden muss
- Zukünftige Maßnahmen vorplanen (Umsetzung mit Sanierungsfahrplan)

Agenda

1 Perspektive des einzelnen Gebäudes

1.1 Energiekosten

1.2 Technische Restriktionen

2 Perspektive des Energiesystems

2.1 Anteil vorbereiteter Gebäude für den Wärmepumpenhochlauf steigern

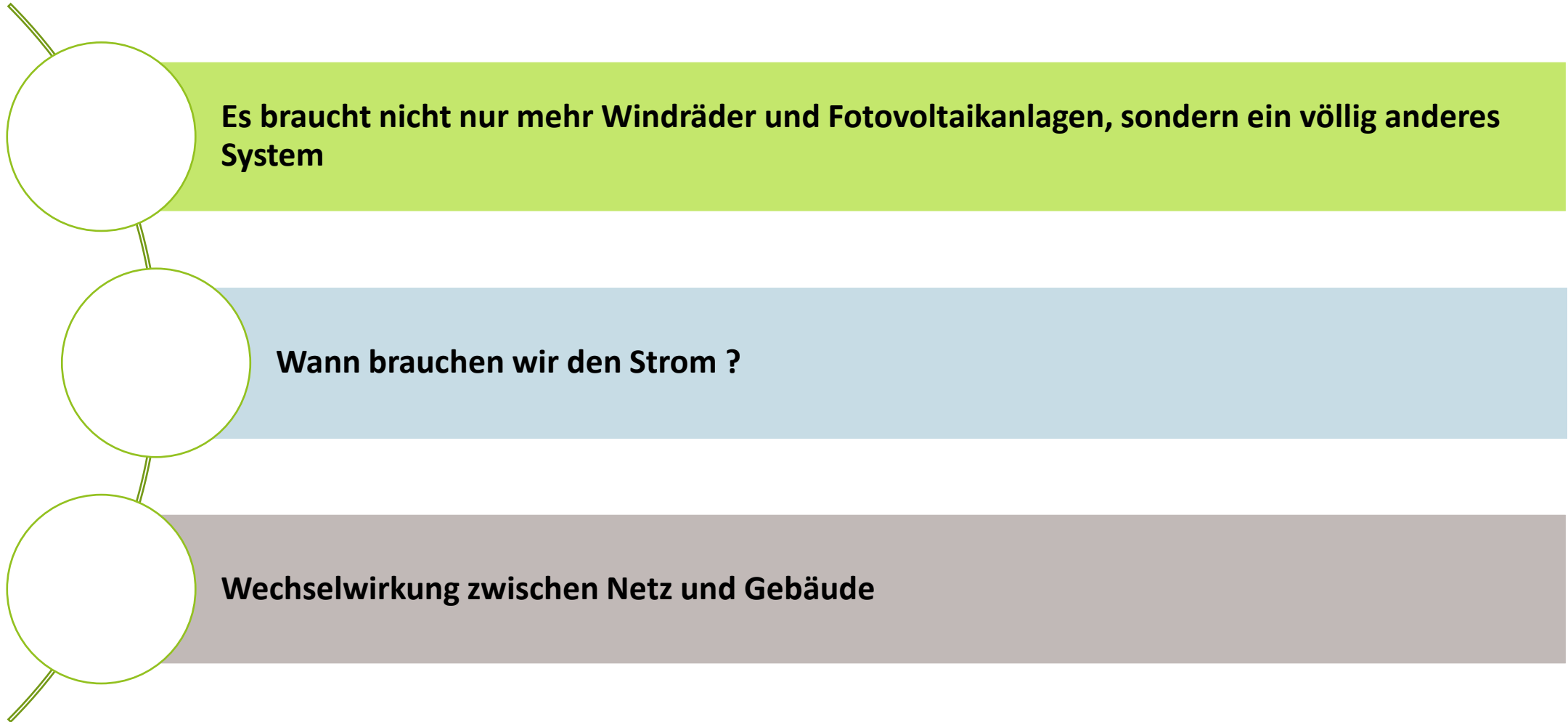
2.2 Senken der Gleichzeitigkeit elektrischer Lasten

2.3 Resilienz bei Brown-Outs

2.4 Auswirkungen auf die Sektorziele

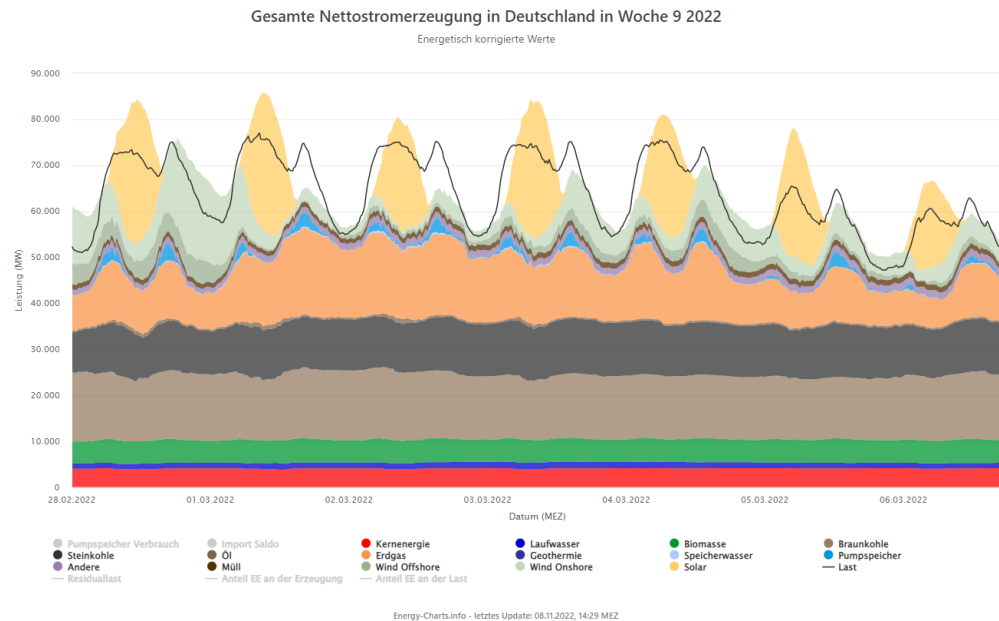
3 Fazit

Woran müssen wir außerdem denken?

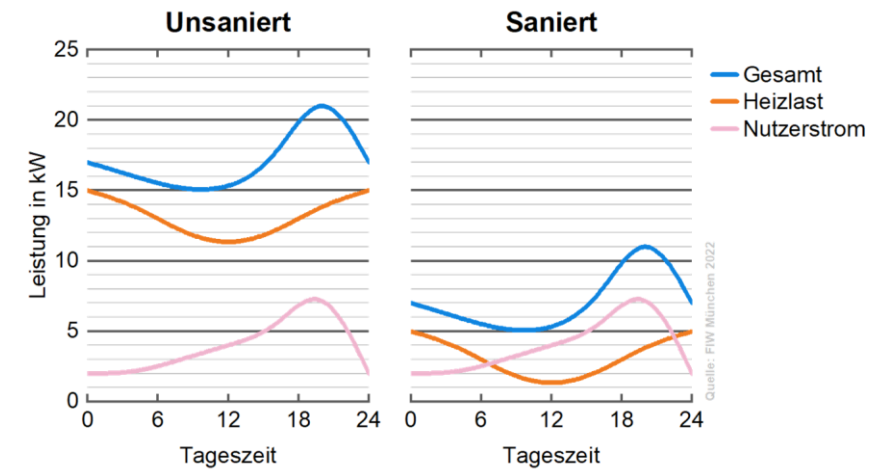


Das Wann wird wichtig !

Stromnetz

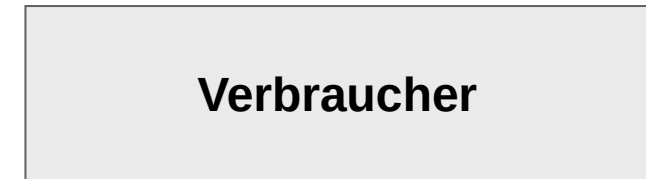
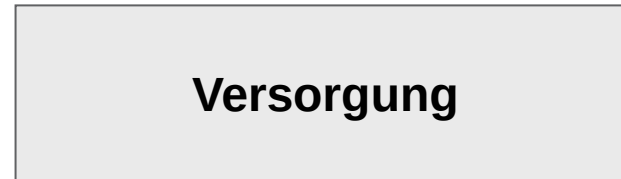


Gebäude



Zum Teil erheblicher zeitlicher Unterschied zwischen Stromerzeugung und -Bedarf

Wechselwirkung zwischen Netz und Gebäude



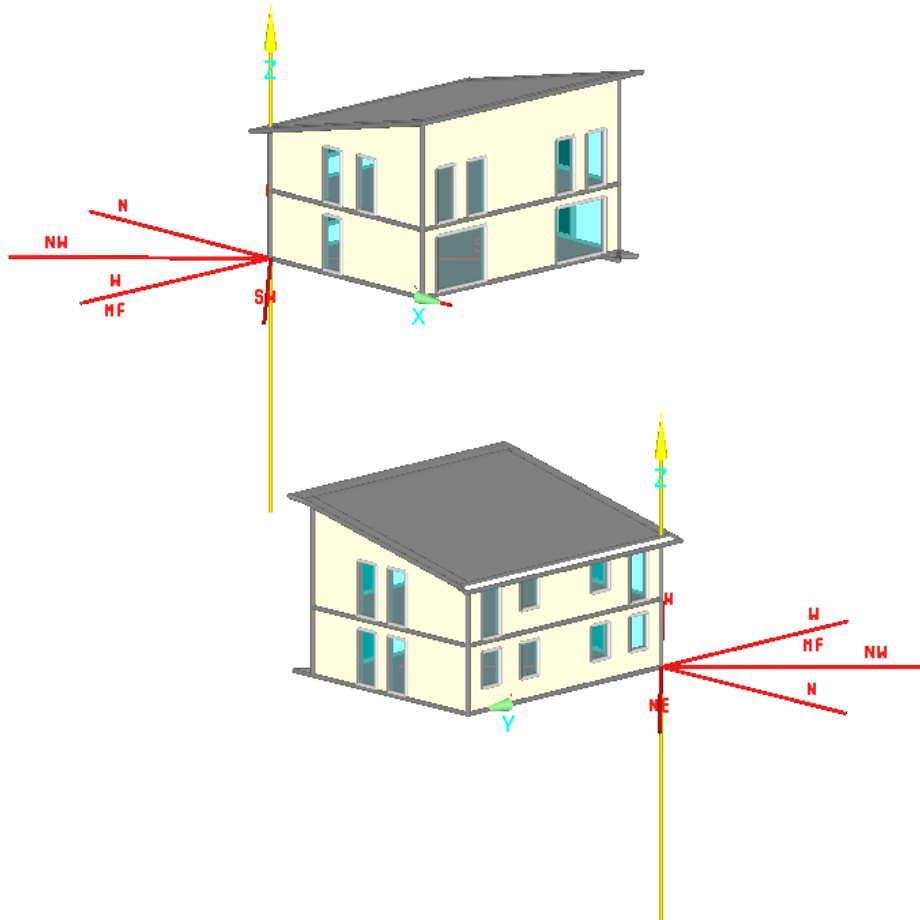
Flexibilität



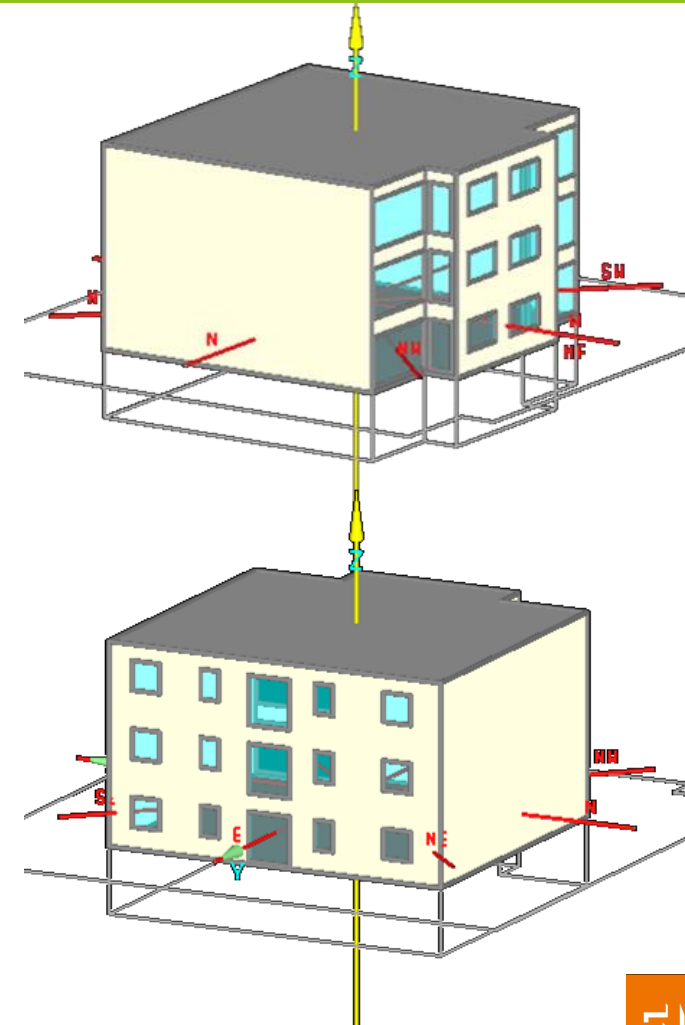
i Elektrifizierung führt zu einer Verschiebung der Stromlast in den Winter

Beispielberechnungen

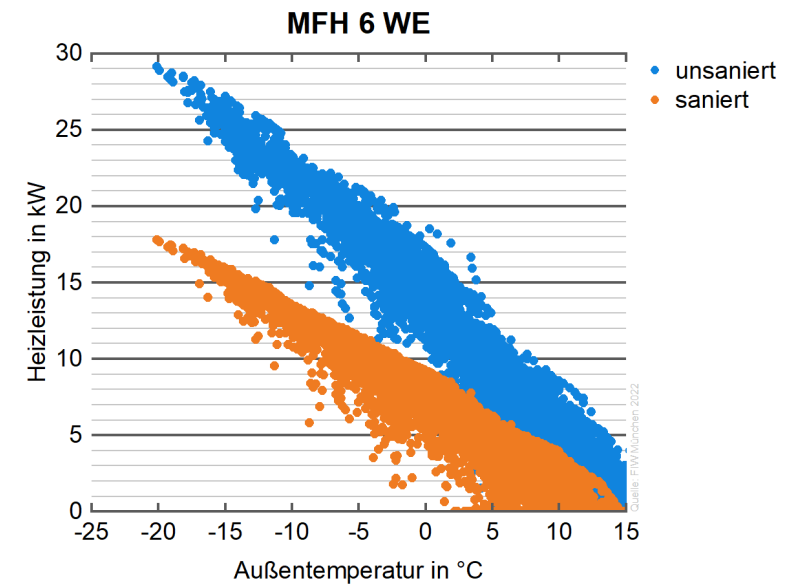
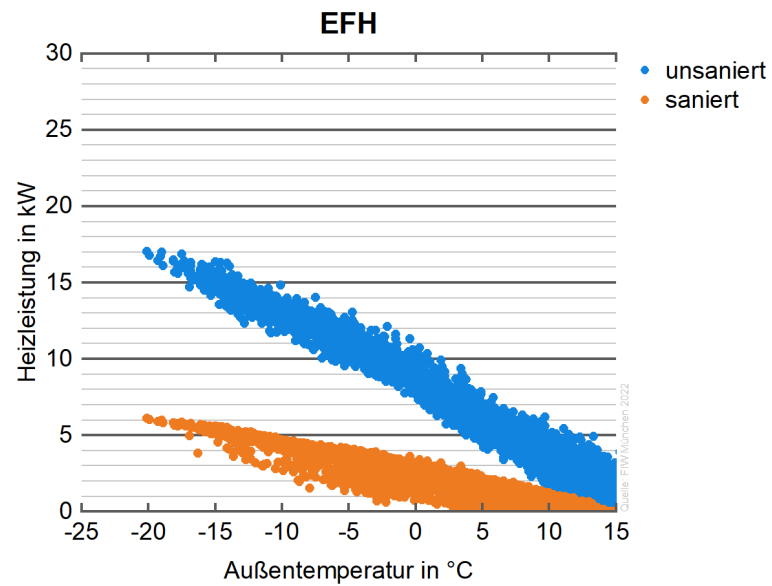
EFH



MFH 6 WE – geschlossene Bebauung



Einfluss des Wärmeschutzes auf die Heizlast



Investitionskosten

- direkt proportional zur Leistung

Mittlere Investitionskosten (netto) (größenabhängig)			
Wärmepumpe	ON-OFF	460 - 1.900 €/kW	Zusätzliche Leistungen
	Inverter	300 - 1.650 €/kW	



Luft-Wasser-Wärmepumpe

Allgemeines

Die Wärmepumpe kann innen als auch außen aufgestellt werden. In der Monoblock-Ausführung befinden sich alle wichtigen Komponenten innerhalb der Wärmepumpe. Bei Split-Geräten sind bis auf den Verflüssiger alle für den Kältekreis notwendigen Komponenten in der Außeneinheit. Die Inneneinheit beinhaltet den Verflüssiger und die hydraulischen Komponenten sowie die Regelung. Umfangreiche Erdarbeiten oder Bohrungen entfallen.

Technische Daten

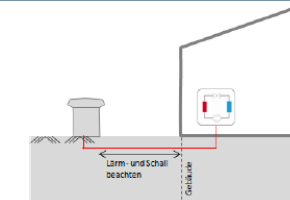
Gehäuse / Abdeckhaube	Blech
Abmessung	TxBxH (z. B. EFH) 2,0 x 2,0 x 2,0 m (abhängig von Bauweise: Monoblock oder Split-Gerät sowie therm. Leistung)
Temperaturniveau der Quelle	-7 bis 30 °C

Kennwerte (abhängig von Randbedingungen)

Spez. Heizleistung	6 bis > 100 kW
Wärmeträgermedium	Kältemittel

Einbau/Verlegung (Mindestabstände)

Wärmepumpe im Außenbereich
Abstände (TA)
und die
zu beachten
erforderlicher



Mittlere Investitionskosten (netto) (größenabhängig)

Wärmepumpe	ON-OFF	460 - 1.900 €/kW	Zusätzliche Leistungen (u.a. bundeslandabhängig)
	Inverter	300 - 1.650 €/kW	

Schallschutzverkleidung

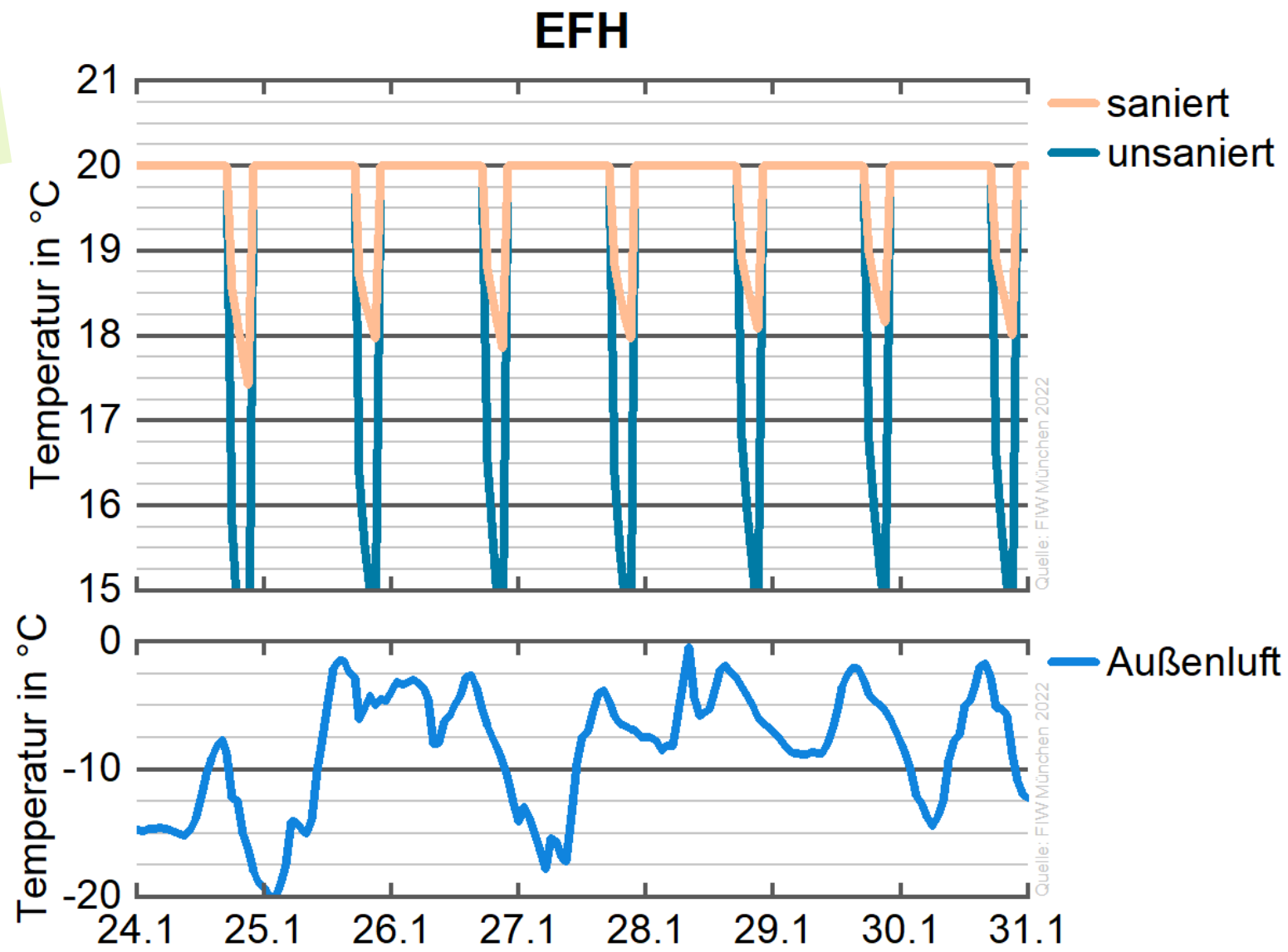
Einsatzgebiete

Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie Nichtwohngebäude
Nachträglicher Einbau auch bei Bestandsgebäuden möglich

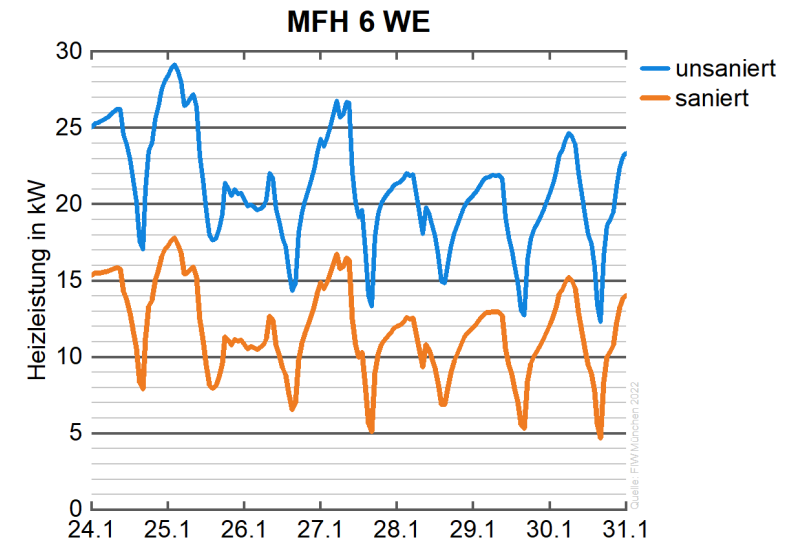
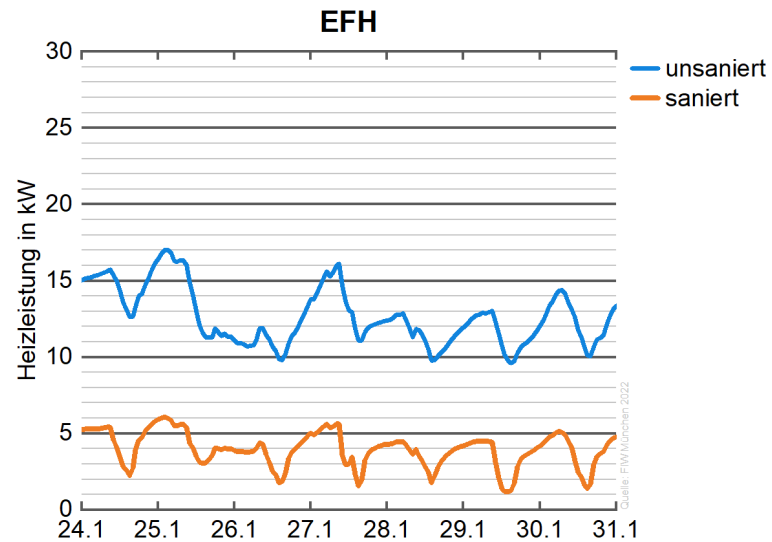
Randbedingungen/Bemerkung

- keine behördliche Genehmigungen erforderlich
- Leitflächen und Randbedingungen der jeweiligen Bundesländer sind zu beachten
- Lärm- und Schallpegel ist zu beachten

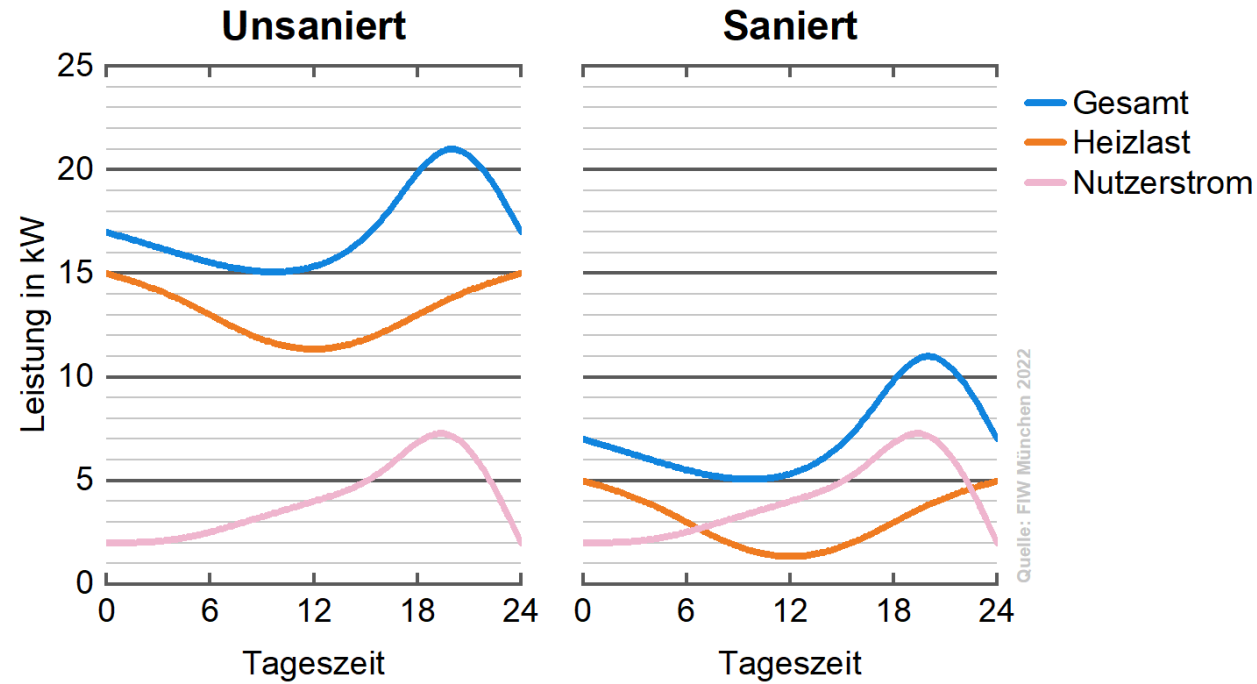
§ 14a
Energiewirtschafts-
gesetz



Einfluss des Wärmeschutzes auf die Heizleistung

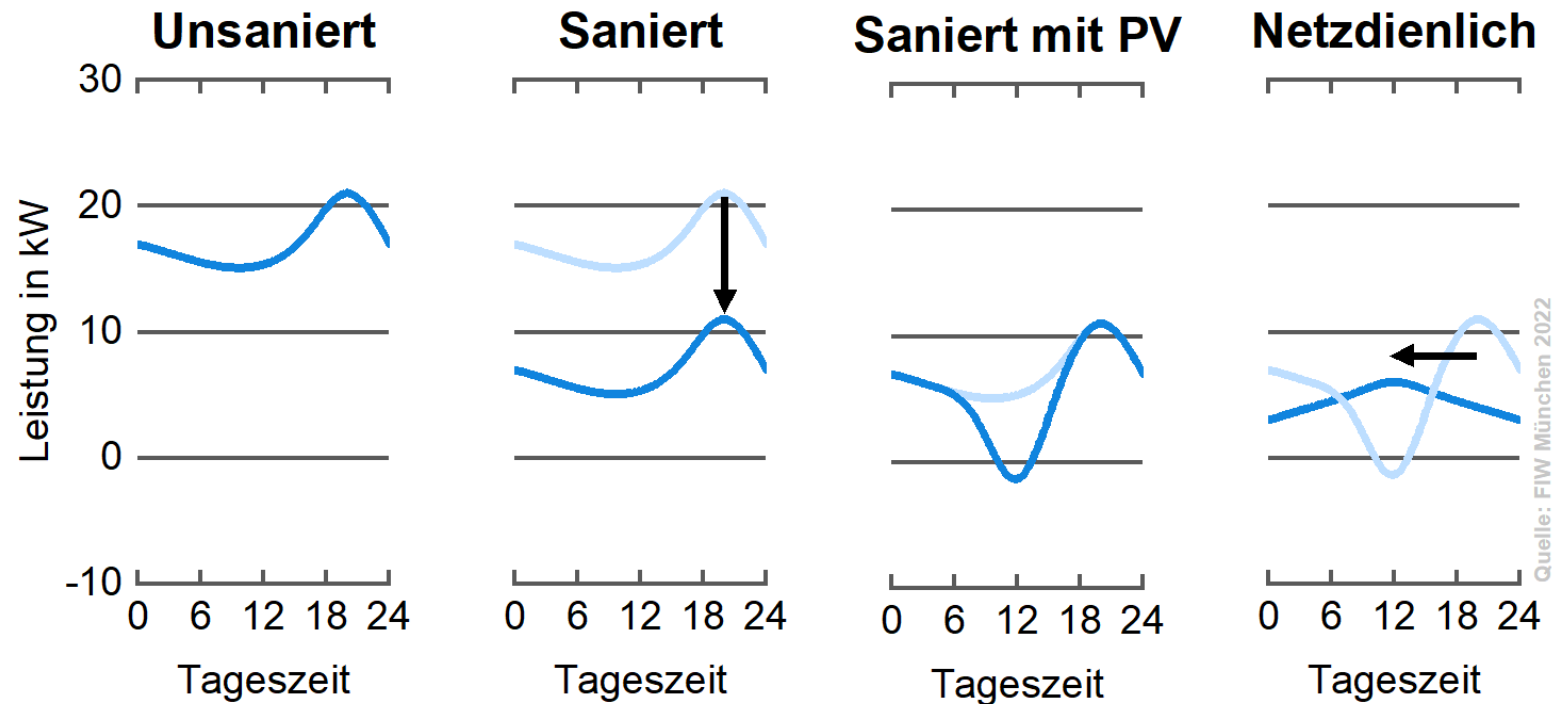


Lastminimierung: Vorteile einer guten Wärmedämmung



zukunftsorientierte gedämmte Gebäude reduzieren die Spitzenlast im Winter um den Faktor 2 – 3
→ diese Spitze bestimmt die benötigte Netzkapazität !

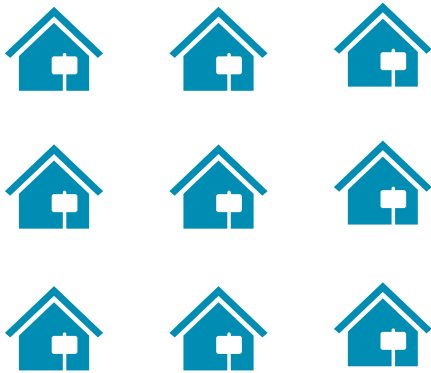
Wechselwirkung zwischen Netz und Gebäude



gut gedämmte Gebäude können die Spitzen der Heizlast in die „günstigeren“ Stunden verschieben

Wechselwirkung zwischen Netz und Gebäude

Ungedämmt



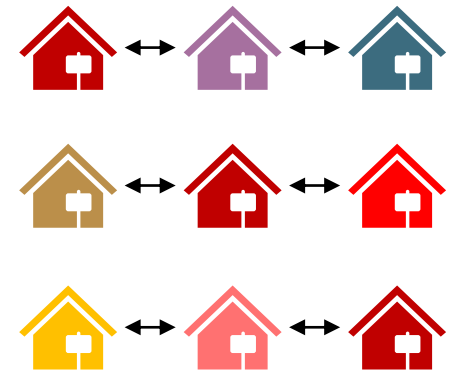
$$9 * 15 \text{ kW} = 135 \text{ kW}$$

Gedämmt



$$9 * 5 \text{ kW} = 45 \text{ kW}$$

Gedämmt und
Netzintegriert



$$9 * 3 \text{ kW} = 24 \text{ kW}$$



erhebliche Entlastung für das Stromnetz

Agenda

1 Perspektive des einzelnen Gebäudes

1.1 Energiekosten

1.2 Technische Restriktionen

2 Perspektive des Energiesystems

2.1 Anteil vorbereiteter Gebäude für den Wärmepumpenhochlauf steigern

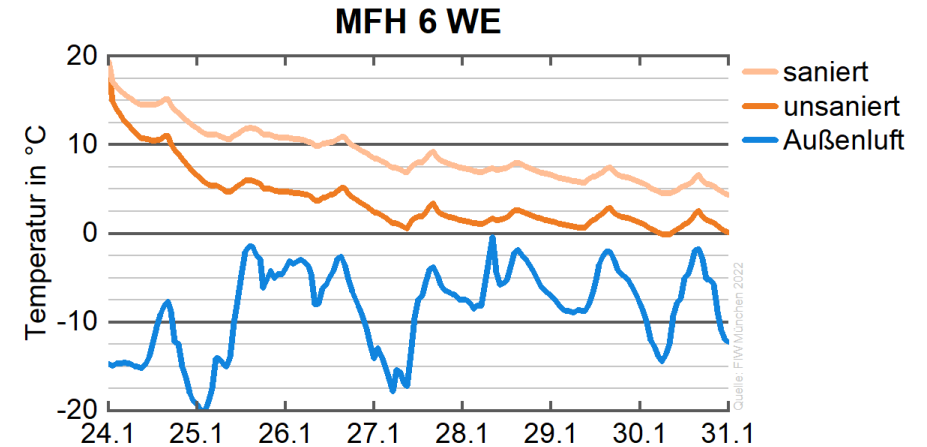
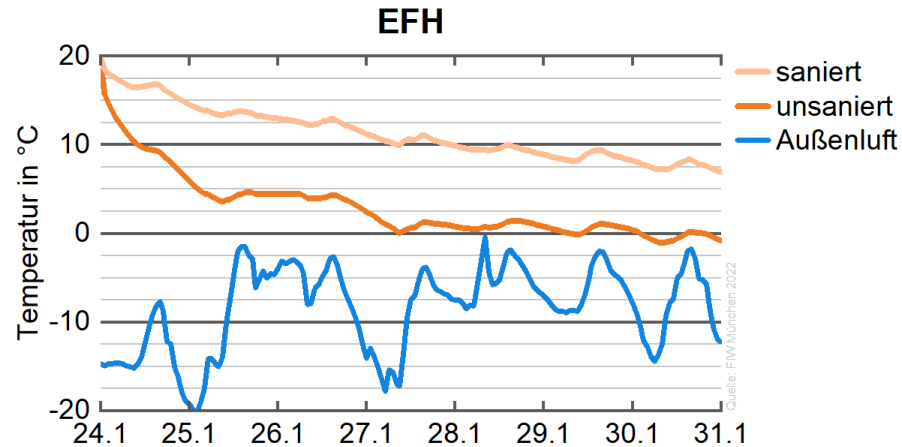
2.2 Senken der Gleichzeitigkeit elektrischer Lasten

2.3 Resilienz bei Brown-Outs

2.4 Auswirkungen auf die Sektorziele

3 Fazit

Resilienz bei Brown-Out



1

gut gedämmte Gebäude sind bei Ausfall der Energieversorgung weniger schadensanfällig als ungedämmte oder schlecht gedämmte Gebäude

2

das Absinken der Raumtemperatur und damit der thermische Behaglichkeit verläuft bei gut gedämmten Gebäuden deutlich langsamer

3

eine Notversorgung ist leichter zu bewerkstelligen

Agenda

1 Perspektive des einzelnen Gebäudes

1.1 Energiekosten

1.2 Technische Restriktionen

2 Perspektive des Energiesystems

2.1 Anteil vorbereiteter Gebäude für den Wärmepumpenhochlauf steigern

2.2 Senken der Gleichzeitigkeit elektrischer Lasten

2.3 Resilienz bei Brown-Outs

2.4 Auswirkungen auf die Sektorziele

3 Fazit

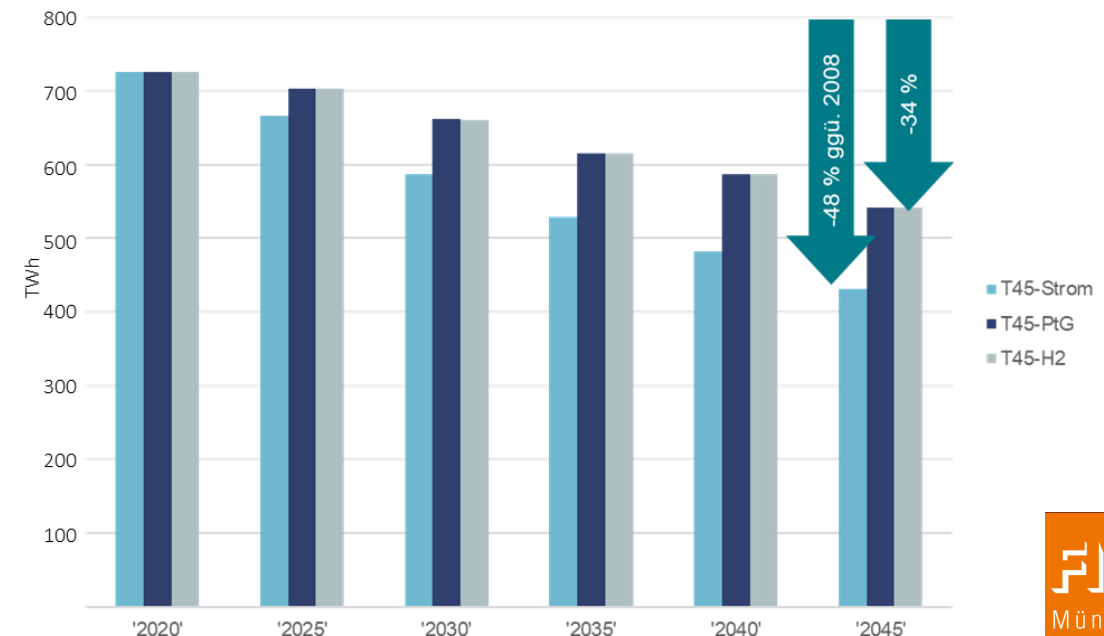
Zusammenhang zwischen Gebäudeeffizienz und Wärmepumpen-Zahl

Langfristszenarien 2022

Vergleich von zwei Wärmepumpenszenarien

- mit sehr hoher Effizienz
- mit gehobener Effizienz

	T45-Strom	T45-RedEff
Neubauanforderung	Effizienzhaus 40	Effizienzhaus 40
Sanierungsanforderung	Effizienzhaus 55	Effizienzhaus 70
Sanierungsrate	1,95%	1,49%
Anzahl Wärmepumpen 2030	5,7 Mio.	8,0 Mio.
davon Hybrid-Wärmepumpen 2030	0,34 Mio.	0,63 Mio.
Stromverbrauch Wärmepumpen 2030	34,7 TWh	63,9 TWh
Stromverbrauch Gebäude gesamt 2030	71,3 TWh	93,9 TWh
Installierte Leistung Wärmepumpen 2030	26,7 GW	31,1 GW
mittlere Arbeitszahl der Wärmepumpen 2030	3,0	2,8



Zusammenhang zwischen Gebäudeeffizienz und Wärmepumpen-Zahl

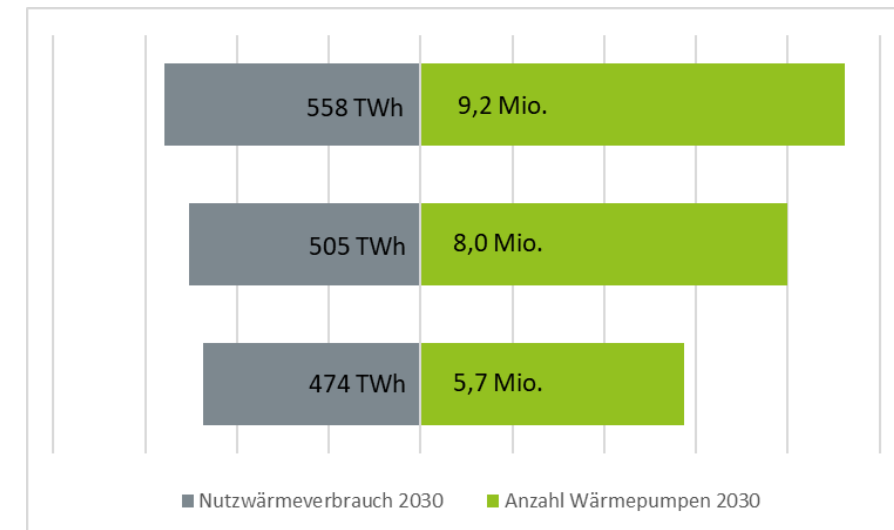
Langfristszenarien 2022

Vergleich von zwei Wärmepumpenszenarien

- mit sehr hoher Effizienz
- mit gehobener Effizienz



Das Sektorziel für 2030 bedeutet, dass nur 57% der Menge an fossilen Brennstoffen für Gebäude zur Verfügung steht. **Je besser die Gebäude gedämmt sind, desto mehr Gebäude können mit dieser Menge versorgt werden. Je schlechter die Gebäude gedämmt sind, desto mehr Gebäude müssen erneuerbare Heizungen nutzen.**



Agenda

1 Perspektive des einzelnen Gebäudes

1.1 Energiekosten

1.2 Technische Restriktionen

2 Perspektive des Energiesystems

2.1 Anteil vorbereiteter Gebäude für den Wärmepumpenhochlauf steigern

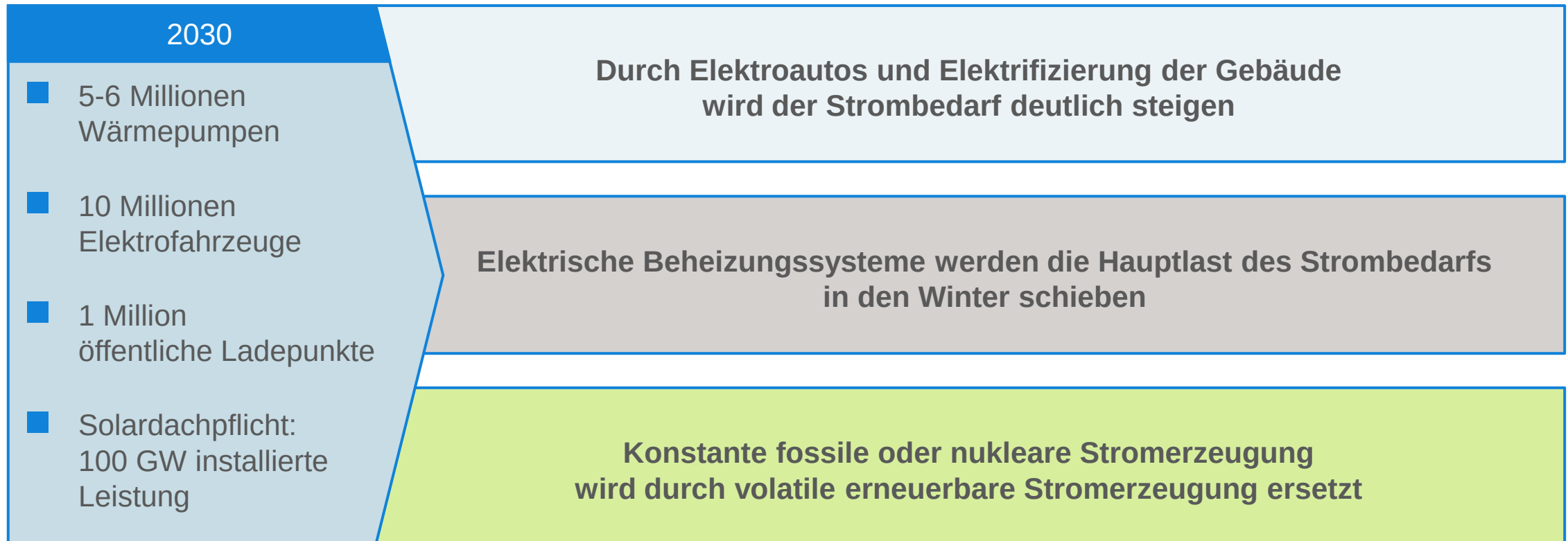
2.2 Senken der Gleichzeitigkeit elektrischer Lasten

2.3 Resilienz bei Brown-Outs

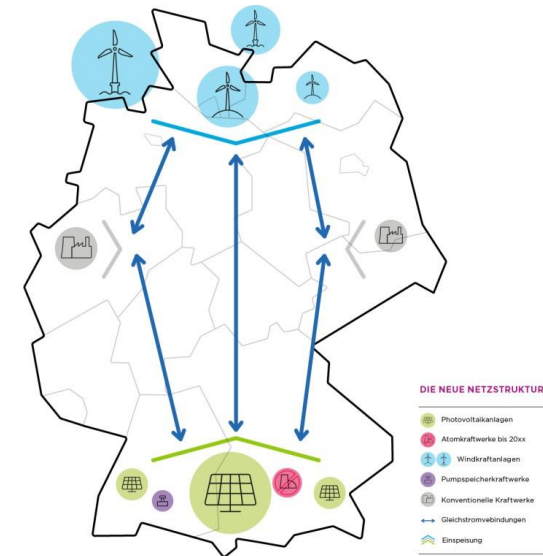
2.4 Auswirkungen auf die Sektorziele

3 Fazit

Das Stromnetz wird sich verändern



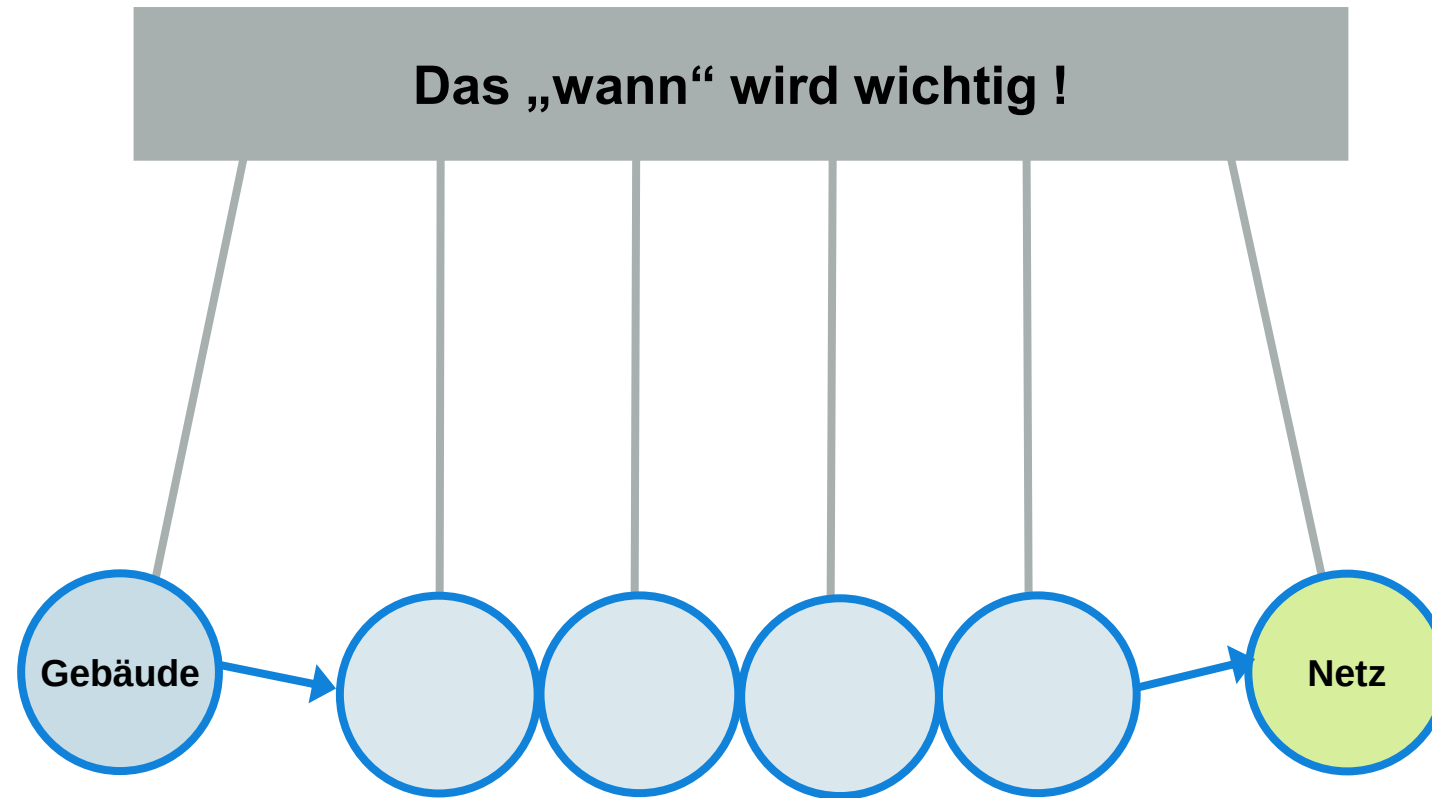
Stromnetze im Wandel



<https://www.amprion.net/Netzausbau/>

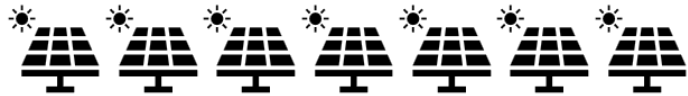
Je "mehr" die
Leitungen transportieren müssen,
desto mehr Investitionen
sind erforderlich

Niedrige Verbrauchsspitzen und
ein geringerer jährlicher
Energieverbrauch reduzieren
die erforderlichen Investitionen !

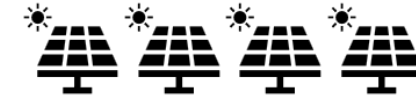


- 1 Lastminimierung
- 2 Flexibles und reaktives Lastenmanagement

Business As Usual



Netzeffiziente Gebäude



**Zukunftsfähig gedämmte Gebäude bedeuten
einen geringen Bedarf und geringere Lasten**

Es braucht nicht nur mehr Windräder und Fotovoltaikanlagen,
sondern ein völlig anderes System

1

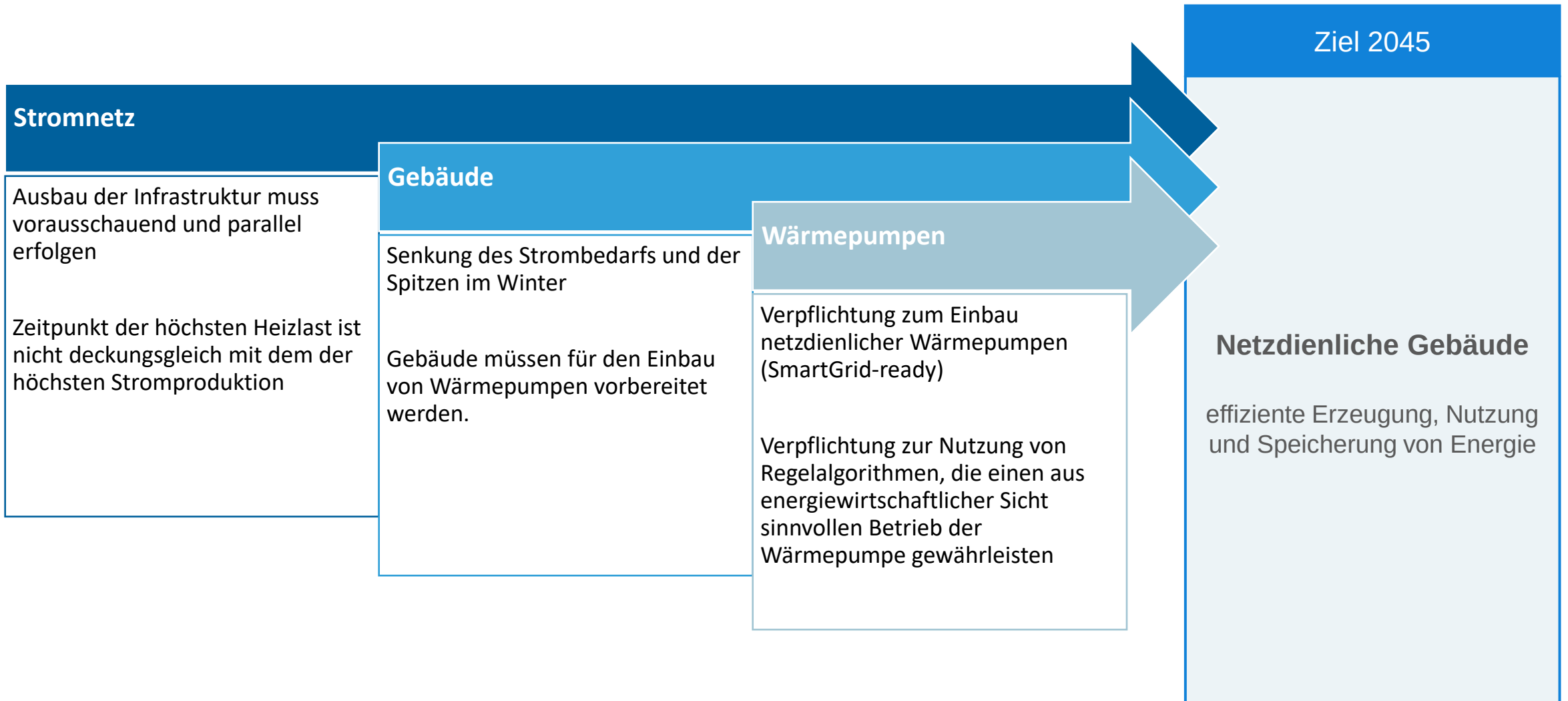
Der Verbrauch von Strom muss minimiert werden

2

Der Verbrauch von Strom muss flexibler werden

3

Die Gebäude sind Energieerzeuger und Energiespeicher



Wechselwirkung zwischen Netz und Gebäude



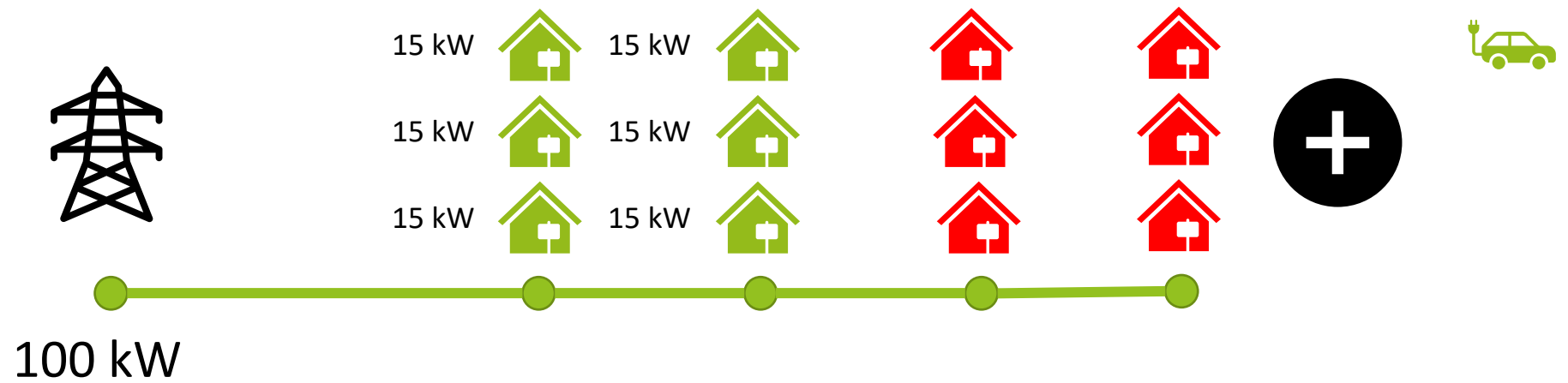
Wohnviertel aus den
1980er Jahren

Wechselwirkung zwischen Netz und Gebäude

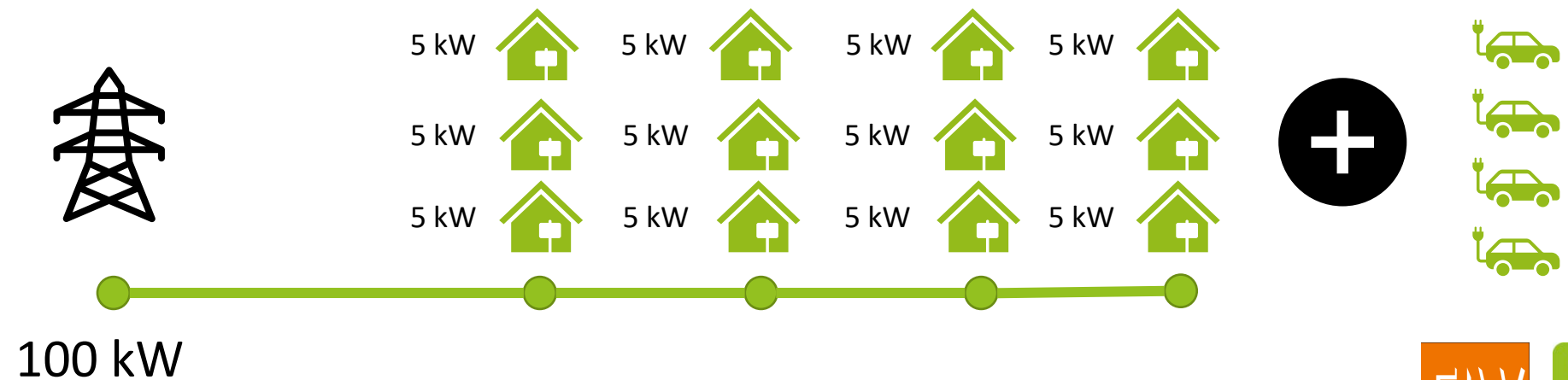


Wohnviertel aus den
1980er Jahren

ungeplant



optimiert



Internationale Vergleich

Wall U-values by construction period

Source: ENTRANZE (adjusted after quality check)

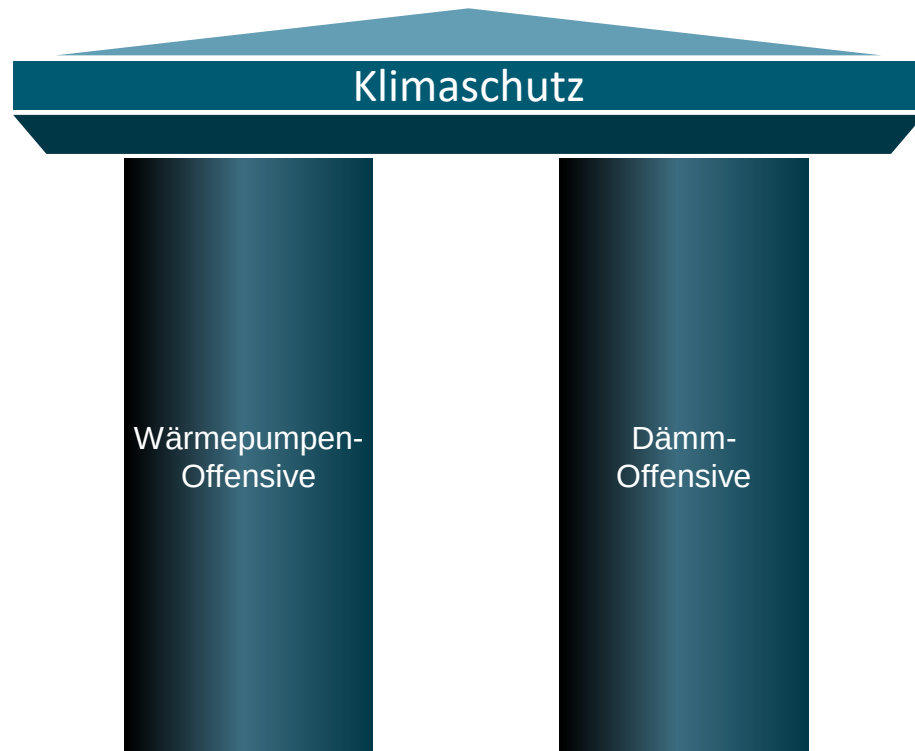
Code	Country	Source	Unit	< 1945	1945-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2008	Weighted average
AL	Albania		W/m ² K	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	0,60	2,10
AT	Austria	MonMech	W/m ² K	1,55	1,28	1,00	0,65	0,50	0,45	1,07
BA	Bosnia		W/m ² K	1,45	1,45	1,45	1,20	1,10	0,90	1,33
BE	Belgium	TABULA	W/m ² K	1,84	1,84	1,84	1,54	1,54	0,78	1,71
BG	Bulgaria	BPIE	W/m ² K	1,61	1,61	1,49	1,20	0,94	0,43	1,29
CH	Switzerland		W/m ² K	1,55	1,28	1,00	0,65	0,50	0,45	1,07
CY	Cyprus	CY-STAT	W/m ² K	2,10	1,75	1,39	1,39	1,39	1,39	1,45
CZ	Czech Rep.	BPIE, TAB	W/m ² K	0,84	0,80	0,80	0,70	0,45	0,38	0,74
DE	Germany	IWU	W/m ² K	1,76	1,30	0,74	0,66	0,28	0,35	1,06
DK	Denmark	BPIE, TAB	W/m ² K	0,84	0,85	0,49	0,35	0,35	0,25	0,67
EE	Estonia	TABULA, B	W/m ² K	0,48	0,48	0,33	0,26	0,23	0,23	0,37
EL	Greece	RES-H	W/m ² K	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	0,60	2,10
ES	Spain	TABULA, C	W/m ² K	2,52	2,13	2,13	1,60	1,60	0,80	1,78
FI	Finland	BPIE	W/m ² K	0,60	0,56	0,41	0,29	0,28	0,26	0,42
FR	France	BPIE, TAB	W/m ² K	2,50	2,50	1,00	0,84	0,40	0,38	1,52
HR	Croatia	HR stat	W/m ² K	1,28	1,46	1,28	1,28	0,83	0,34	1,17
HU	Hungary	BPIE	W/m ² K	1,60	1,60	1,30	0,80	0,80	0,45	1,20
IE	Ireland	CSO 2011	W/m ² K	1,70	1,70	1,70	1,10	0,78	0,32	1,10
IS	Iceland		W/m ² K	0,60	0,56	0,41	0,29	0,28	0,26	0,42
IT	Italy	BPIE, TAB	W/m ² K	1,80	1,60	1,60	1,00	0,85	0,85	1,50
KS	Kosovo		W/m ² K	1,45	1,45	1,45	1,20	1,10	0,90	1,33
LT	Lithuania	RES-H, Sta	W/m ² K	0,99	0,99	0,54	0,54	0,54	0,18	0,76
LU	Luxembourg	BPIE	W/m ² K	1,00	1,56	0,62	0,57	0,48	0,35	0,92
LV	Latvia		W/m ² K	1,00	1,00	0,90	0,50	0,50	0,18	0,79
ME	Montenegro		W/m ² K	1,45	1,45	1,45	1,20	1,10	0,90	1,33
MK	Macedonia		W/m ² K	1,61	1,61	1,49	1,20	0,94	0,43	1,29
MT	Malta	ODYSSEE, E	W/m ² K	2,80	2,80	1,76	1,76	1,76	1,57	2,21
NL	Netherlands	RES-H	W/m ² K	1,82	1,53	1,53	0,58	0,52	0,40	1,24
NO	Norway		W/m ² K	0,48	0,48	0,25	0,25	0,18	0,18	0,33
PL	Poland	BPIE, TAB	W/m ² K	1,76	1,23	0,73	0,73	0,73	0,43	1,00

Zusammenfassung

Gebäudedämmung ...

- macht unabhängig von ungewissen **Energiepreisen**,
 - weil der Verbrauch sinkt
 - und die Effizienz steigt
- unterstützt den Einbau von Wärmepumpen in **Bestandsgebäuden**
 - sichert damit den Erfolg der **Wärmepumpen-Offensive** ab
- entlastet **Stromnetze und Stromerzeuger** durch
 - senken der **Spitzenleistung** zur Beheizung an den kältesten Tagen
 - flexiblen, systemdienlichen Heizbetrieb durch hohes **Wärmespeichervermögen**
- erhöht die **Resilienz** bei Brown-outs durch langsames Auskühlen der Gebäude
- ist **unverzichtbar**, um die **Klimaschutzziele** des Gebäudesektors mit einem realistischen Einsatz von erneuerbaren Energien einzuhalten

Gleichwertigkeit



Ziele einer Dämm-Offensive

- Gebäudedämmung als zentrales und unverzichtbares Instrument zur Zielerreichung verankern
- Heben der Synergie-Effekte von hoher Gebäudeeffizienz und Wärmepumpen
- Kostensenkungs-Potenziale heben (z.B. neue Dämmstoffe)
- Absicherung der Wärmepumpen-Offensive

Dämm-Offensive - Eckpunkte

- **Ziele**
 - Der Endenergieverbrauch für Raumwärme soll bis 2030 um xy% sinken, bis 2045 um xx% ggü. 2008
 - Bis 2030 müssen yy% der ungedämmten Wohneinheiten, die vor 1995 errichtet wurden, gedämmt werden.
- **Umsetzung / Größtmögliche Wirkung durch Fokussierung**
 - Worst-Performing Buildings (wie in der BEG definiert)
 - Gebäude, in denen der Heizkessel älter als 15 Jahre ist, für Wärmepumpen vorbereiten
 - Gebäude, die mit geringerem Aufwand leicht zu dämmen sind
- **Enabler stärken / Hindernisse adressieren**
 - Instrumente und Förderung am Zielpfad ausrichten
 - Fachkräfte-Nachschub sichern (Ausbildung, Fortbildung)
 - Akteure zusammenführen: Hersteller, Innungen, Handwerker
- **Komplexität reduzieren**
 - Standardisierungen
 - Kompendium mit Standardlösungen, Planungs-Atlas
- **Kommunikation**
 - Zielbild und Transformationspfad klar kommunizieren