



Mehr Unabhängigkeit durch Wärmepumpen in Verbindung mit Photovoltaik

26.10.2022, Bauzentrum München

Dipl.-Ing. Sven Kersten

Zur Person

Dipl.-Ing. (FH) Sven Kersten



- Referent für den Bundesverband Wärmepumpe e.V.
- Zugelassener Referent für die VDI 4645
- Regional Manager DACH, NIBE Climate Solutions, International Affairs
- NIBE Gruppe: alpha innotec, CTC GIERSCH, KNV, NOVELAN, NIBE Systemtechnik, WATERKOTTE, ...
- Bis 31.12.2021 Leiter Marktinitiativen EnergieAgentur.NRW

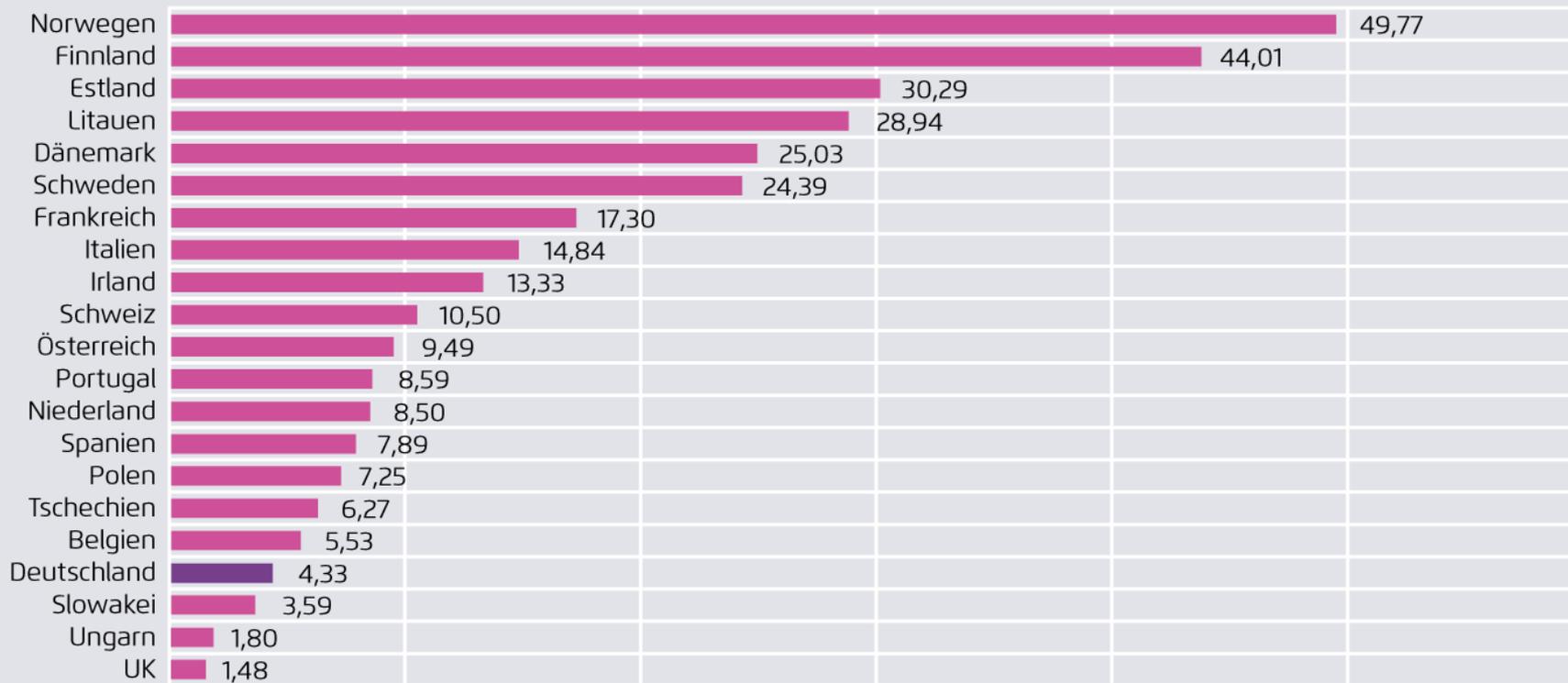
sven.kersten@nibe.se

Einführung

Wärmepumpenabsatz in Europa

Wärmepumpenabsatz pro 1.000 Haushalte im europäischen Vergleich (2021)

Abbildung 4-1



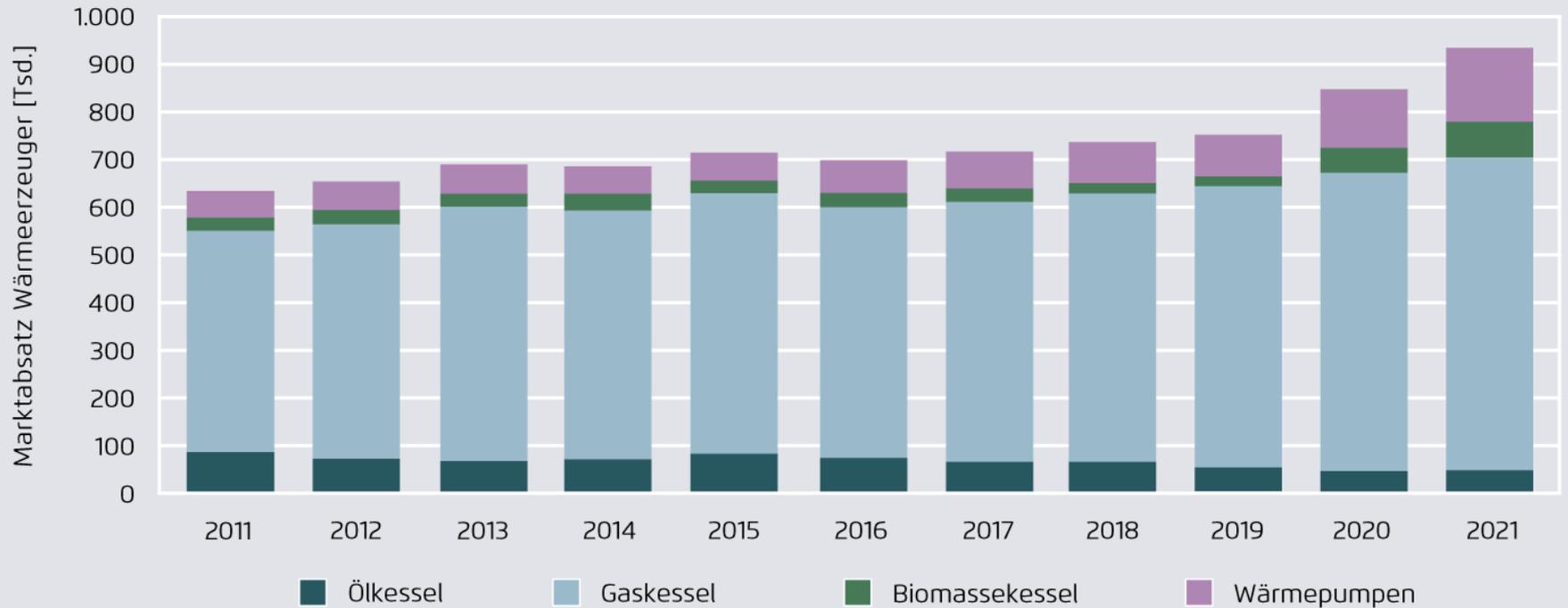
Abgesetzte Wärmepumpen pro 1.000 Haushalte (2021)

Agora Energiewende basierend auf Marktdaten von EHPA (2022)

Absatz Wärmegerzeuger

Marktabsatz der Wärmegerzeuger in Deutschland 2011–2021

Abbildung 2-4

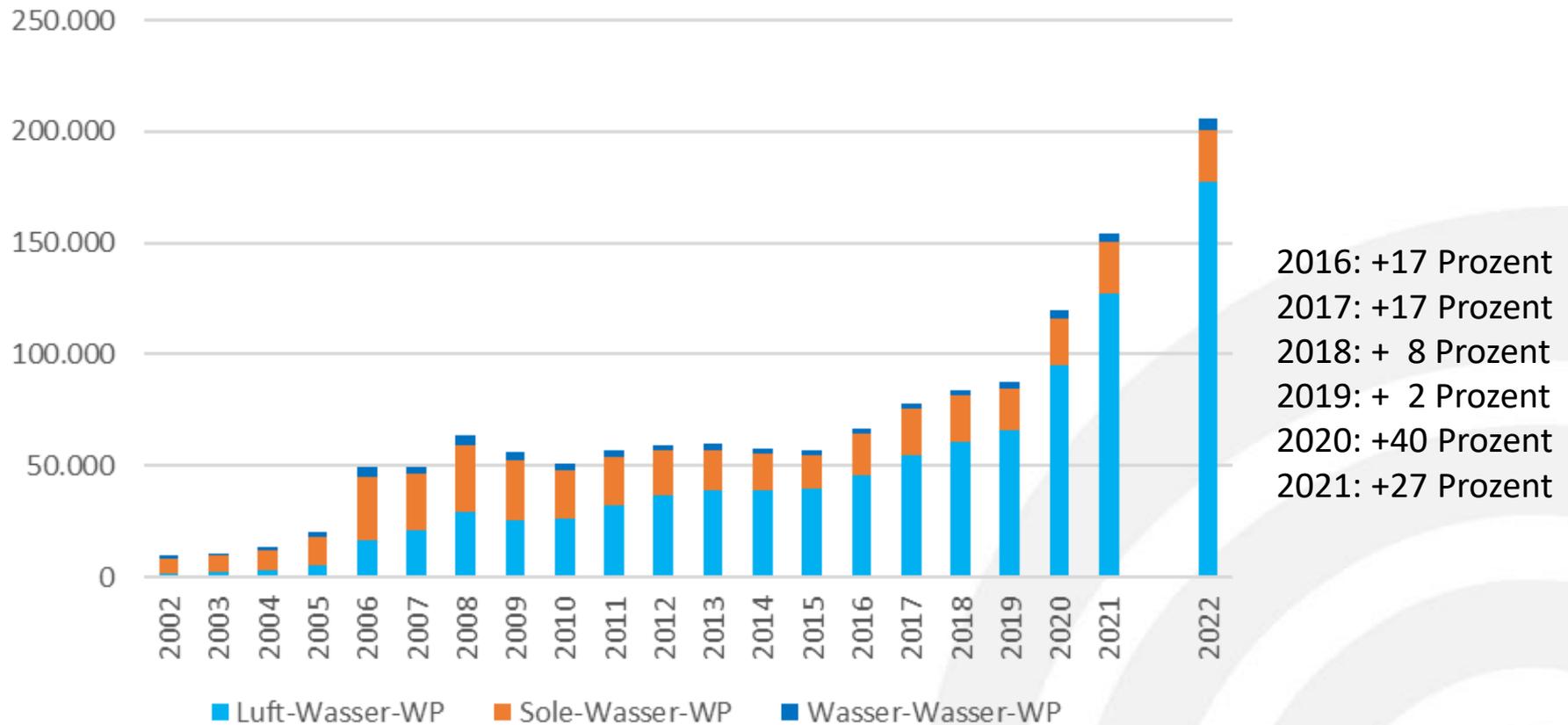


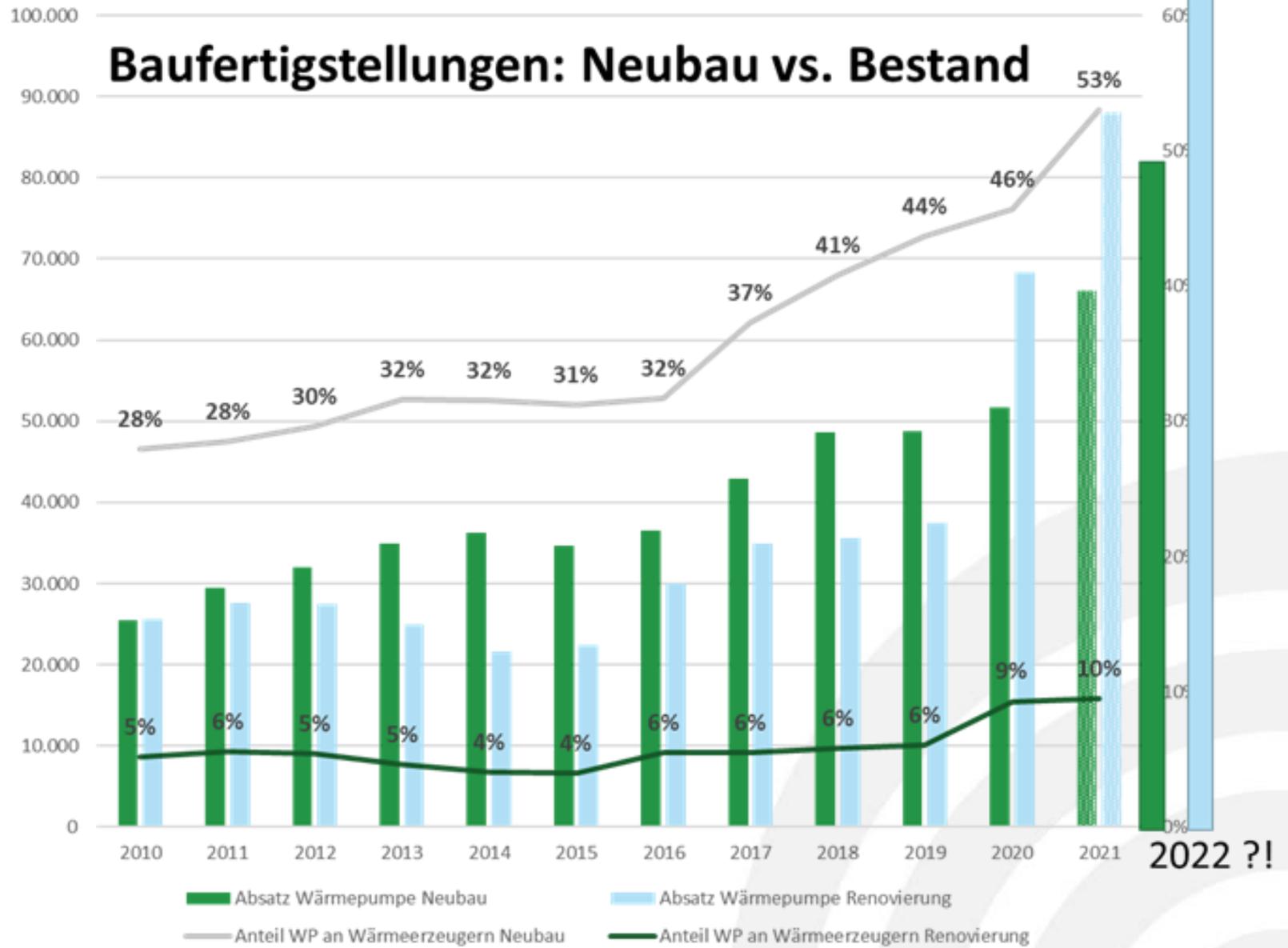
Öko-Institut basierend auf Marktdaten des Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH) (2021 und 2022)

Absatzentwicklung

Heizungswärmepumpen

Absatzstatistik bis 2021 - Hochrechnung 2022

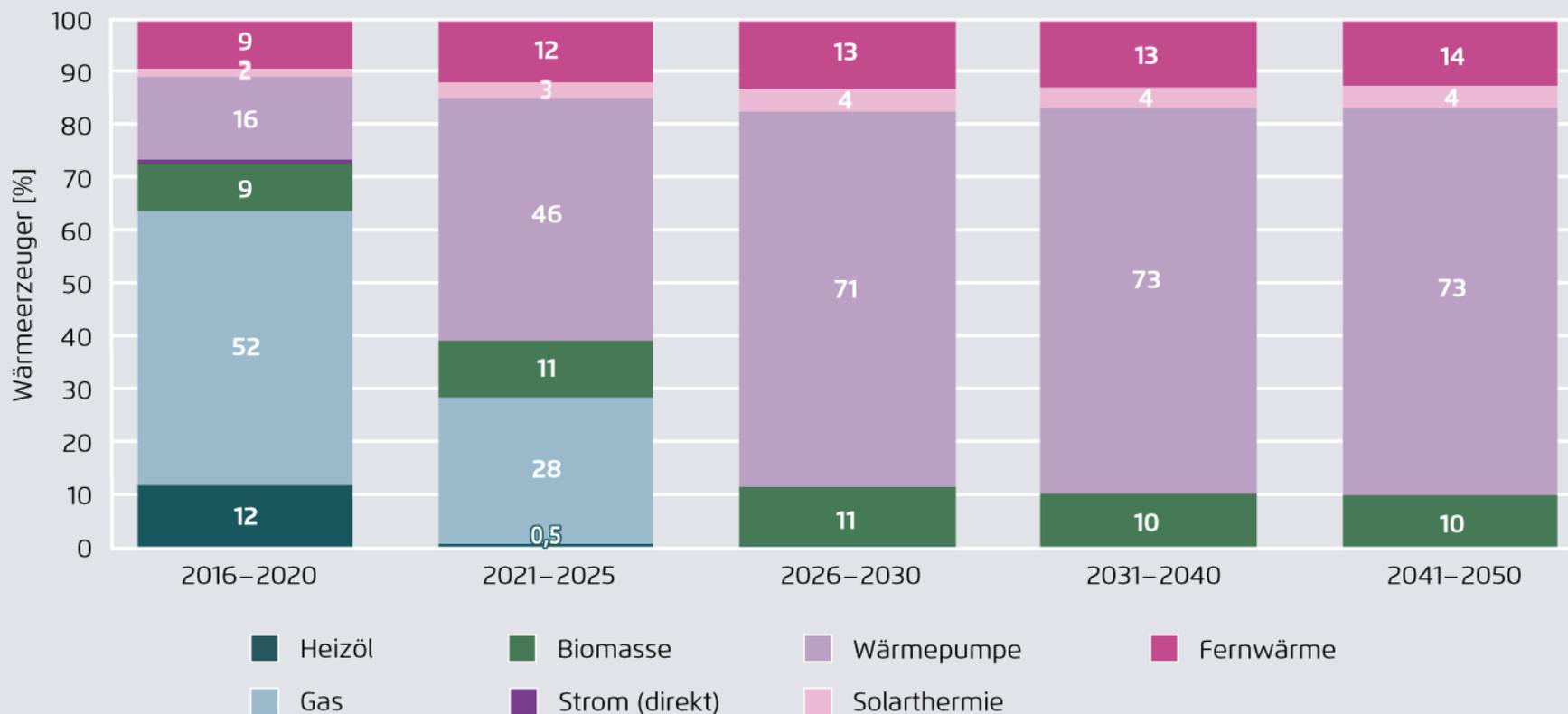




Entwicklung Absatz Wärmeerzeuger

Absatzstruktur der Wärmeerzeuger (Raumwärme) in Deutschland

Abbildung 2-1



Agora Energiewende et al. (Hg.) (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045

23.500 Wärmepumpen im September installiert

Wärmepumpenabsatz wächst stark

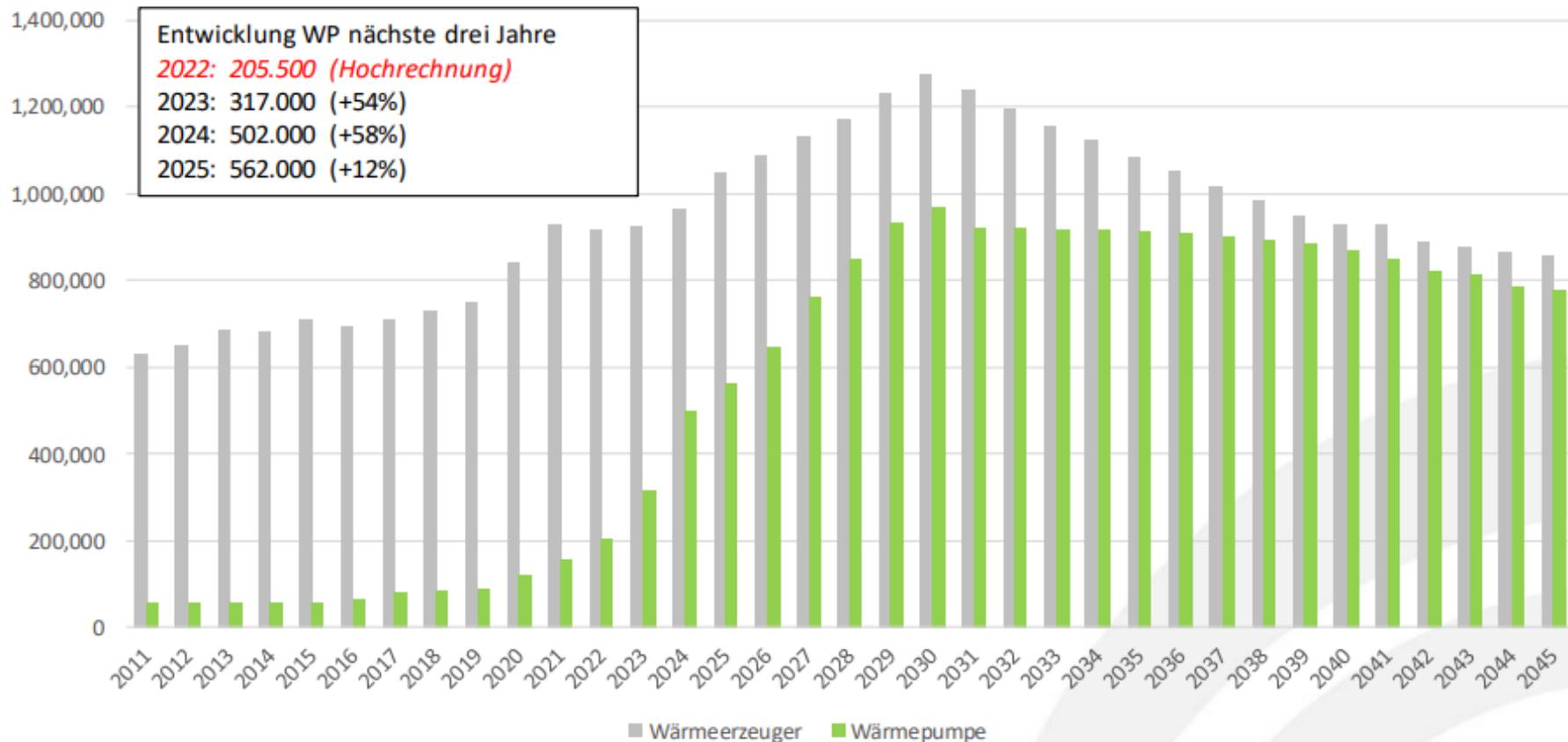


Absatzplus von Heizungswärmepumpen in Prozent ggü. dem Vorjahresmonat
Daten: BDH/BWP Absatzstatistik

WÄRMEPUMPE
HEIZEN IM GRÜNEN BEREICH 

Ab 2024 > 500.000 WP pro Jahr!

Gesamtmarkt Wärmerezeuger und Wärmepumpen



Öko-Institut und Fraunhofer ISE (2022): Durchbruch für die Wärmepumpe. Praxisoptionen für eine effiziente Wärmewende im Gebäudebestand.

Ergebnisse auf einen Blick:

1 Eine gesetzlich verankerte und ambitioniert gestaltete **65-Prozent-Regel senkt den Gasverbrauch und hilft die Gebäude-Klimaziele zu erreichen.** Ausnahmeregelungen sollten eng gefasst sein. (Nachhaltige) Biomasse ist knapp und sollte Gebäuden vorbehalten sein, die anders schwer zu versorgen sind. Wasserstoff steht mittelfristig im Wärmemarkt nicht ausreichend zur Verfügung und stellt keine sinnvolle Umsetzungsoption dar.

2 Die **65%-Regel schafft Planungssicherheit für Marktakteure und fördert so den Aufbau von Wärmepumpen-Fertigungskapazitäten und neuen Geschäftsmodellen.** Dies unterstützt den notwendigen Hochlauf auf 500.000 Wärmepumpen pro Jahr ab 2024 und ermöglicht deutschen Wärmepumpenherstellern, Kostenreduktionspotenziale durch stärker automatisierte Fertigungsprozesse zu erschließen.

3 **Wärmepumpen heizen auch im Bestand ohne oder mit geringen Sanierungsmaßnahmen effizient.** Wärmepumpen am Markt erfüllen schon heute nahezu alle denkbaren Anforderungen. In sehr vielen Fällen arbeiten Wärmepumpen auch mit vorhandenen Heizkörpern erfolgreich und liefern kostengünstiger Wärme als Gaskessel.

4 **Mehr Fachkräfte für die Installation – dafür braucht es begleitende Maßnahmen.** Um ausreichend Fachkräfte zu qualifizieren, müssen die Ausbildungsinfrastruktur gefördert, die Fortbildung finanziert und die Ausbildungscurricula aktualisiert werden. So werden neue, attraktive Berufsfelder geschaffen, während Qualität und Tempo des Wärmepumpen-Einbaus steigen.

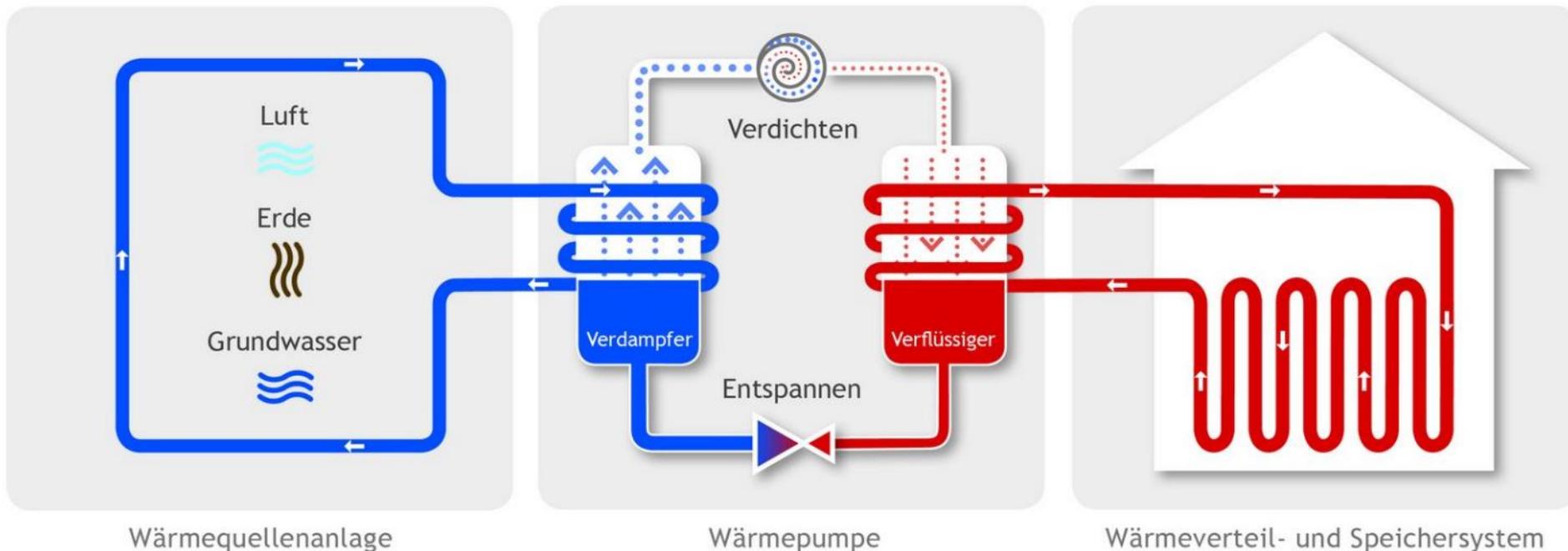
Funktionsprinzip, Effizienzkriterien, Kältemittel

Funktionsweise einer Wärmepumpe

Siedetemperatur verschiedener Kältemittel

Ammoniak NH_3	(R-717)	= -33,0 °C bei 1,00 bar
Propan	(R-290)	= -42,0 °C bei 1,00 bar
Kohlenstoffdioxid CO_2	(R-744)	= -57,0 °C bei 1,00 bar
Wasser		= +100 °C bei 1,00 bar

Natürliche Kältemittel = höhere Drücke = Temperatur 65-75°C



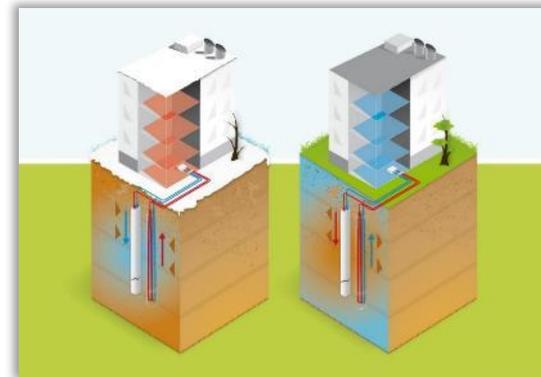
Heizen und Kühlen mit Wärmepumpe

Der Mensch ist heutzutage an eine Klimatisierung **gewöhnt** (z.B. Auto).

Gestiegene Komfortanforderungen der Nutzer und hoher Wärmeschutz der Gebäude führen zu einem **zunehmenden Bedarf** an Gebäudekühlung.

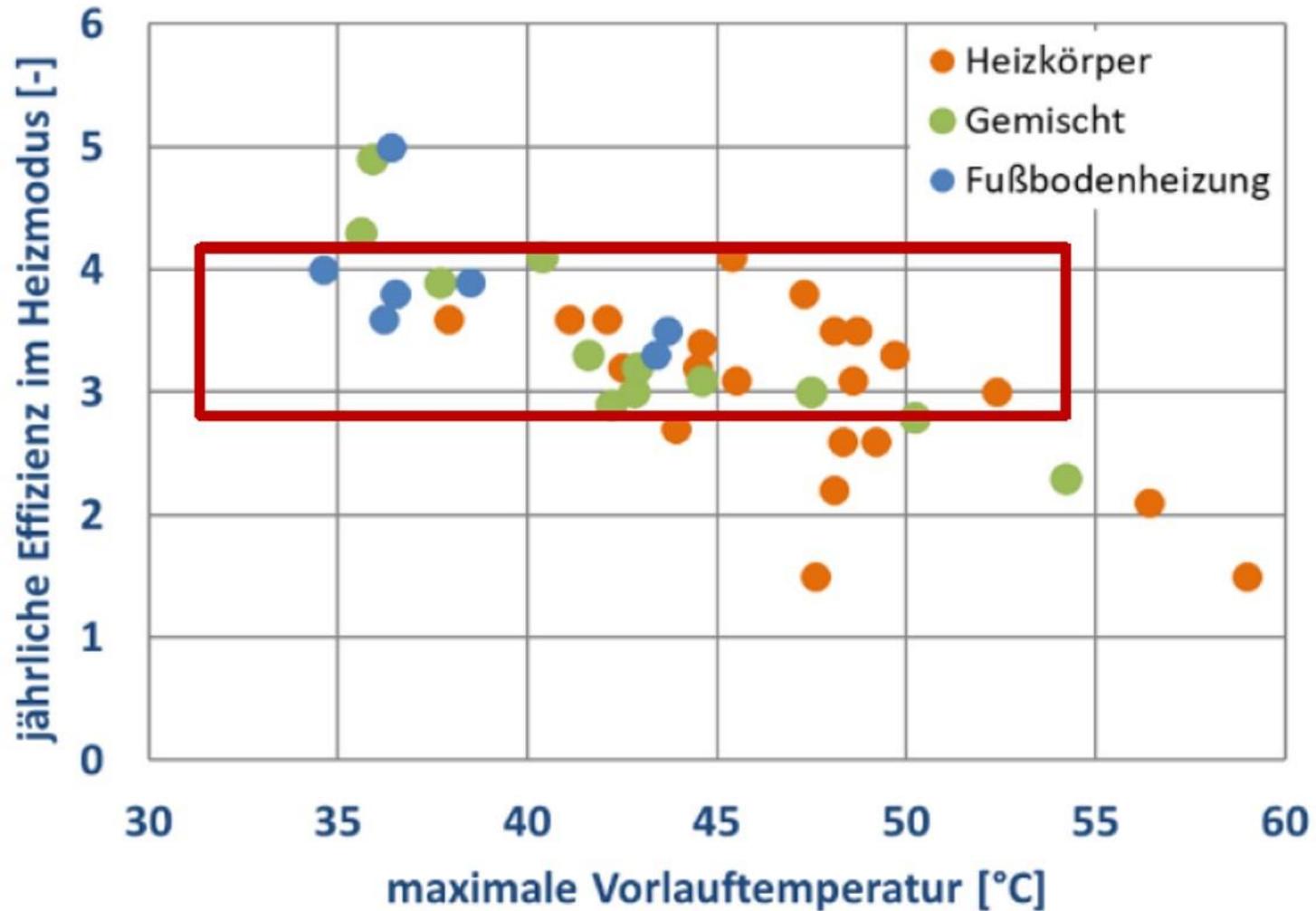
Heizungsanlagen mit Wärmepumpen bieten die **technische Möglichkeit** zu Kühlbetrieb über **aktive oder passive** Kühlung.

Kühlung ermöglicht **Regenerierung** der Wärmequelle Erdreich.



Effizienz und Wärmeübergabesystem (Luft/Wasser-WP)

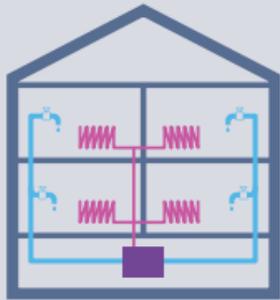
Quelle: Dr. Marek Miara, Fraunhofer ISE



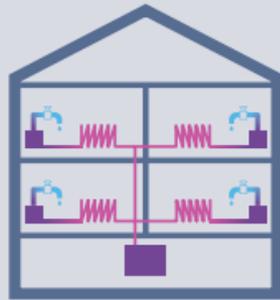
Ersatz von Gasetagenheizungen in MFH

Generelle Klassifizierung der Lösungen in Mehrfamilienhäusern

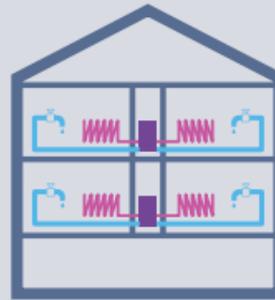
Abbildung 3-6



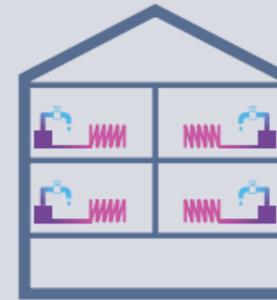
Zentralisiertes
Wärmepumpen-System
für das gesamte Gebäude



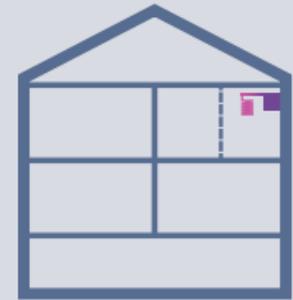
Kombination
zentral / dezentral



Wärmepumpe
für mehrere
Wohneinheiten



Wärmepumpen für
einzelne Wohnungen



Wärmepumpen für
einzelne Räume

Gebäude

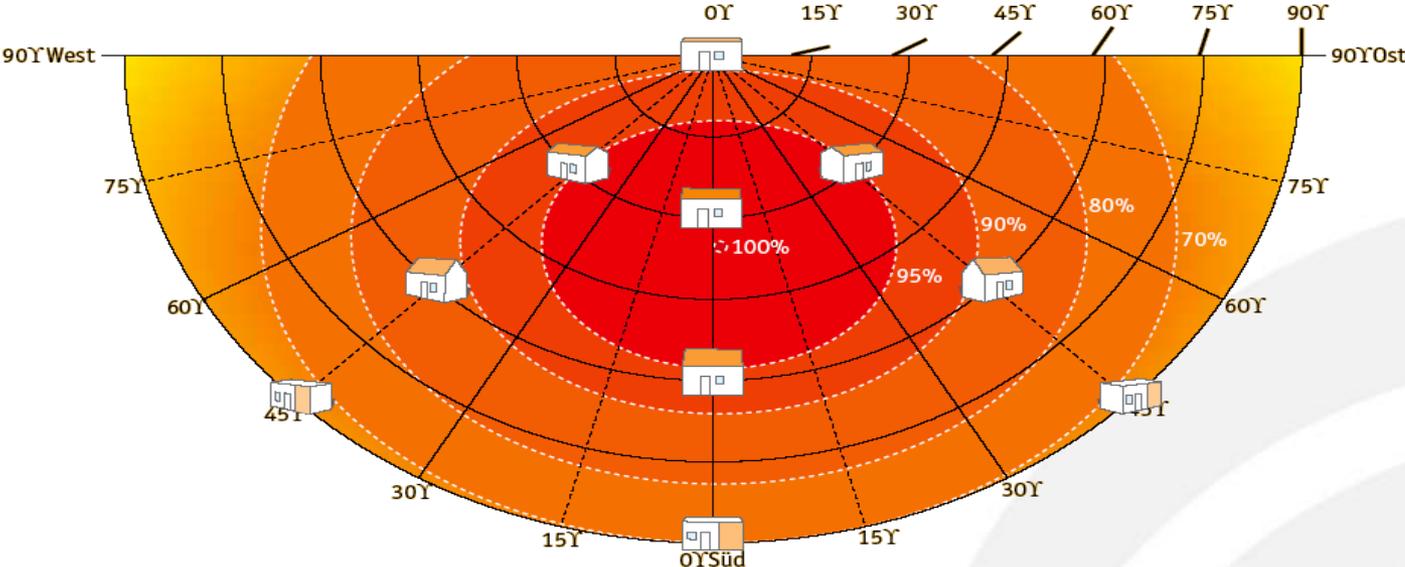
Raum

IEA/Fraunhofer ISE (2022)

Kombination Wärmepumpe und Photovoltaik

1. Dachausrichtung

Dachneigung und Ausrichtung



Aus Vortrag: Woche der Sonne c/o Bundesverband Solarwirtschaft

Photovoltaik und Denkmalschutz



- Quelle: Bayerisches Landesamt für Denkmalschutz



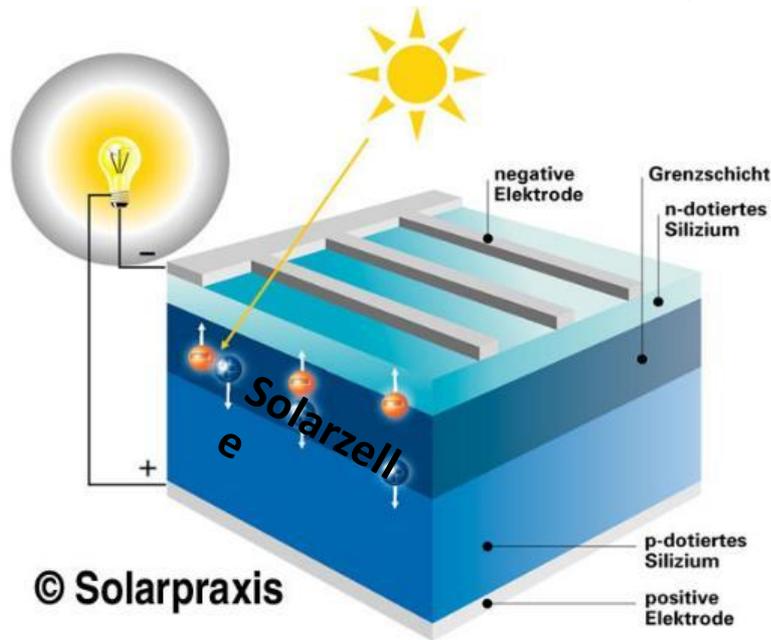
Quelle: <https://www.diegruene.ch>



Funktionsprinzip der Photovoltaik

Erste Komponente: Solarmodul

Funktionsweise, Aufbau, Arten.

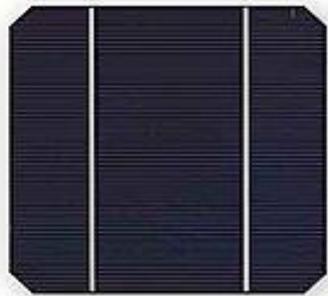


- hauchdünne Silizium-Scheibe (0,3 mm)
- 2 Schichten mit unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften:
 - +Pol und -Pol
 - (Dotierung mit Fremdstoffen ermöglicht Leitfähigkeit)
- Leiterbahnen leiten den Gleichstrom ab
- DC/AC Umwandlung im Wechselrichter

Komponenten einer Photovoltaikanlage

Monokristallines Silizium

- Höchste Wirkungsgrade (bis ca.28%)
- Aufwendigere Herstellung



Quelle: Bosch-Solar

Komponenten einer Photovoltaikanlage

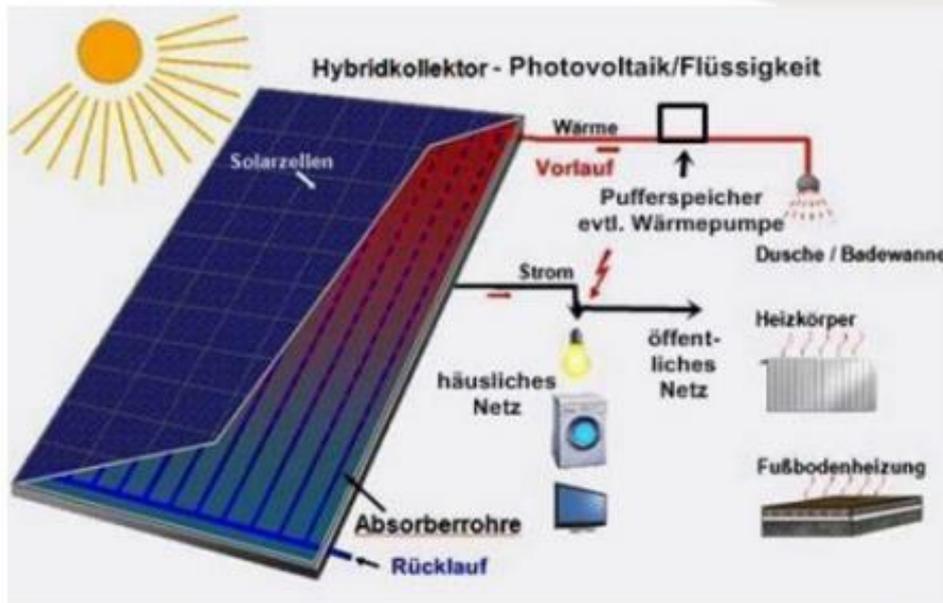
Polykristalline Module s Silizium

- Wirkungsgrade (bis ca. 20%)
- Kostengünstigere Herstellung



Quelle: Solarworld

PVT - Hybridkollektor

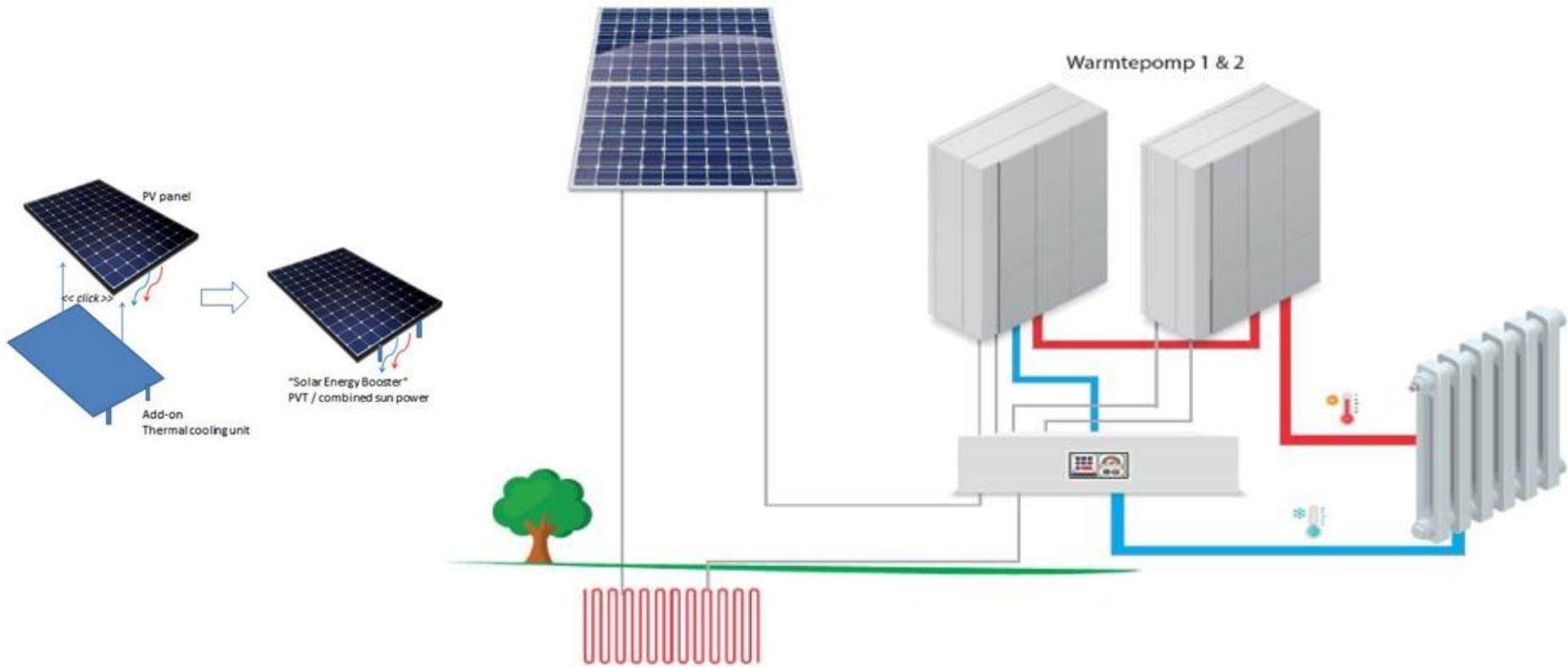


Quelle: www.bosy-online.de

Wirkungsgrad eines PV-Moduls sinkt mit steigender Modultemperatur
→ Abführen der Wärme zur Effizienzsteigerung und Wärmenutzung!

- wasser- und luftbasierte, (un-)abgedeckte PVT-Kollektoren sind mittlerweile am Markt verfügbar
- Optimierungsproblem: möglichst hohe Temperatur zur Wärmeerzeugung aber möglichst geringe Temperatur für PV
- Wärme muss kontinuierlich abgeführt werden können

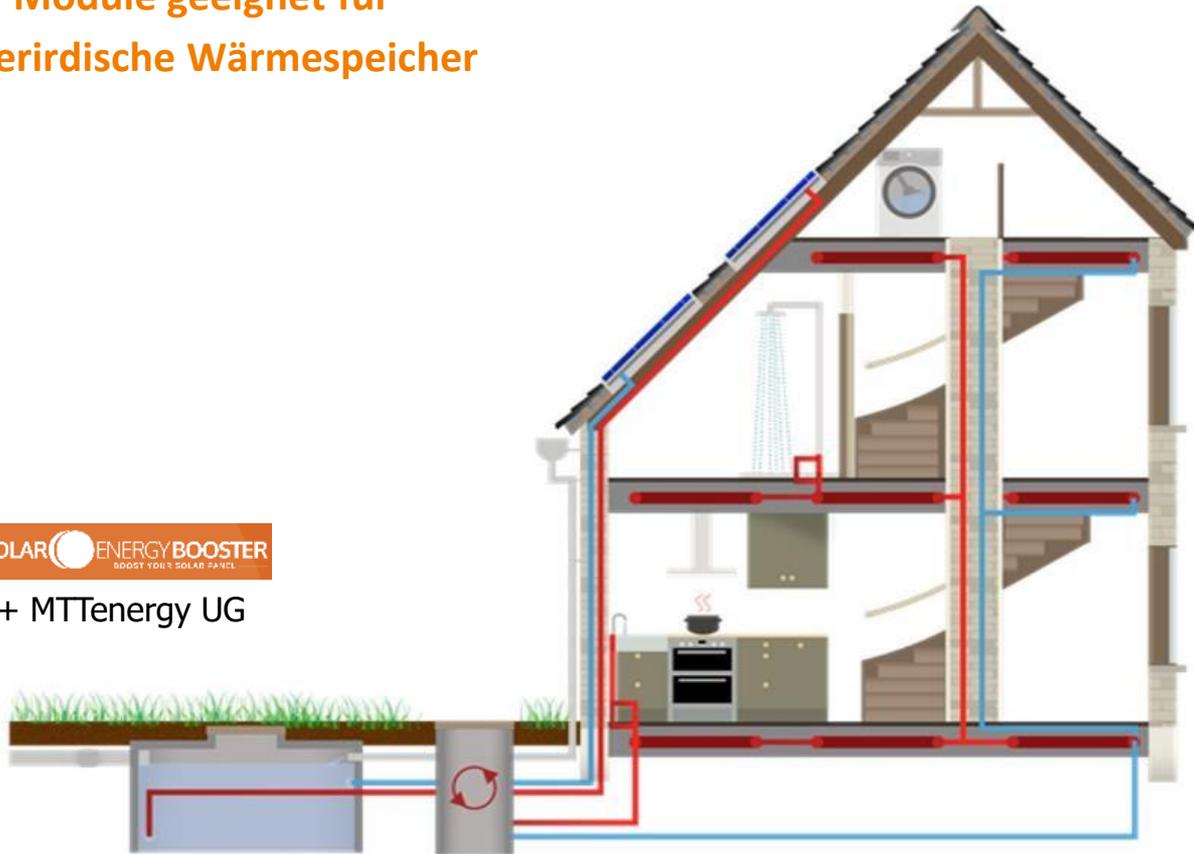
PVT Module aus vorhandenen PV-Modulen und solarthermischen Modulen zum Nachrüsten an der Modulrückseite!



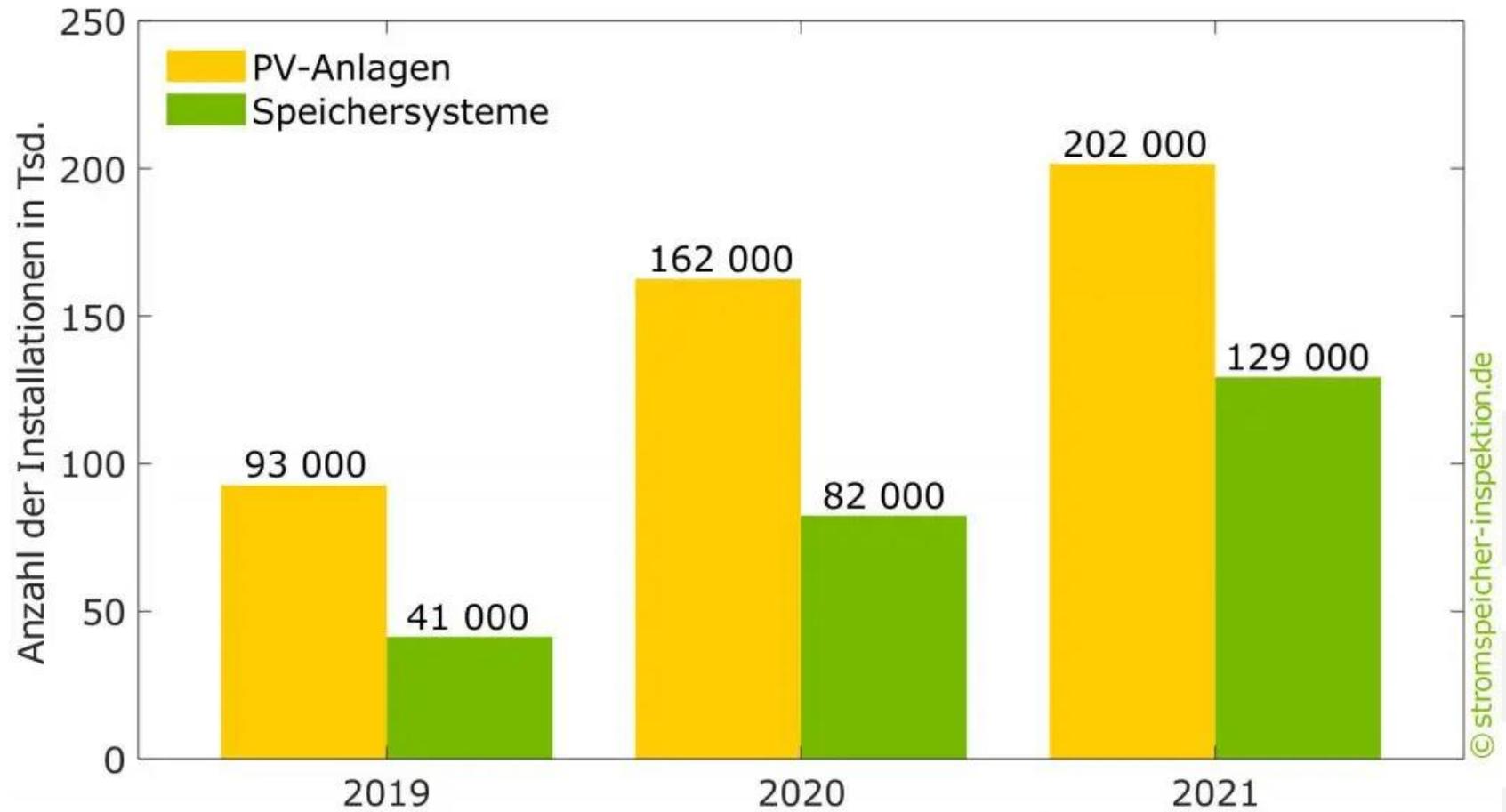
PVT Module geeignet für
unterirdische Wärmespeicher

SOLAR ENERGY BOOSTER
BOOST YOUR SOLAR PANEL

+ MTTenergy UG



Stromspeicher



Stromspeicher

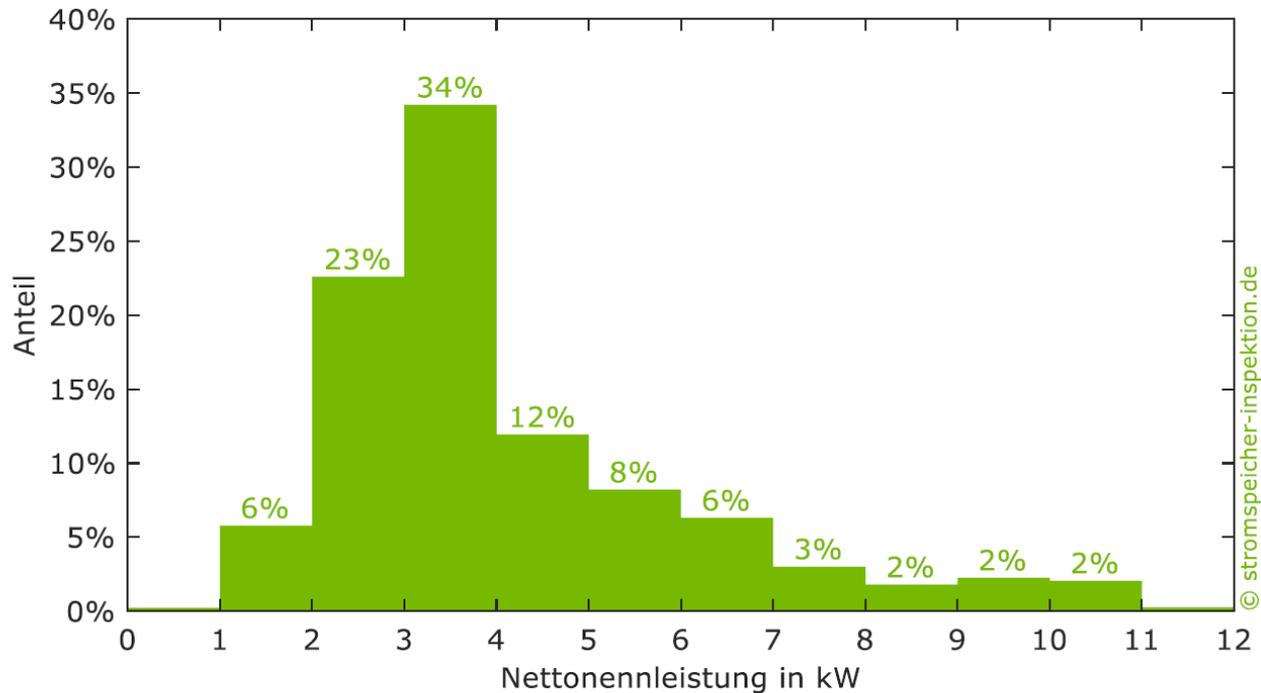


Bild 4 Häufigkeitsverteilung der Nettonennleistung der im Jahr 2019 installierten Speichersysteme mit einer nutzbaren Speicherkapazität kleiner 20 kWh und einer Nettonennleistung kleiner 20 kW (Anzahl der Systeme: 36.400, Daten: Marktstammdatenregister).

Stromspeicher

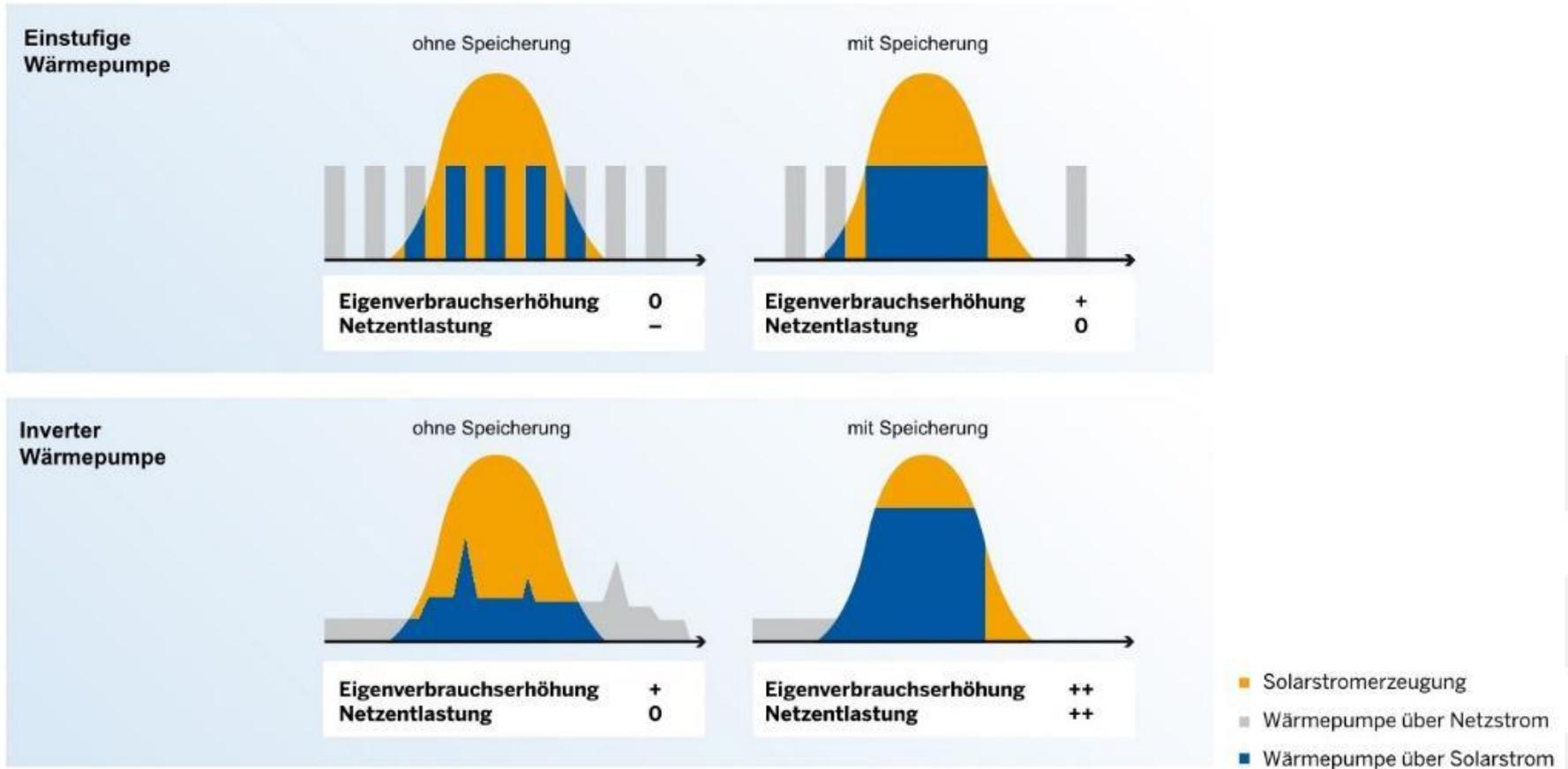
sinnvolle Obergrenze der nutzbaren Speicherkapazität

≥ 10	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	10,5 kWh	12,0 kWh
9	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	10,5 kWh	12,0 kWh
8	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	10,5 kWh	12,0 kWh
7	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	10,5 kWh	10,5 kWh
6	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	9,0 kWh	9,0 kWh
5	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	7,5 kWh	7,5 kWh	7,5 kWh
4	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	6,0 kWh	6,0 kWh	6,0 kWh	6,0 kWh
	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000

Stromverbrauch in kWh/a

Kombination von PV und Wärmepumpe

- Vergleich einstufige vs. Inverter-Wärmepumpe



Quelle: EnergieAgentur.NRW

Wärmepumpen besitzen Schnittstelle zur PV

Das SG Ready-Label wird an Wärmepumpen-Baureihen verliehen, deren Regelungstechnik die Einbindung der einzelnen Wärmepumpe in ein intelligentes Stromnetz ermöglicht.

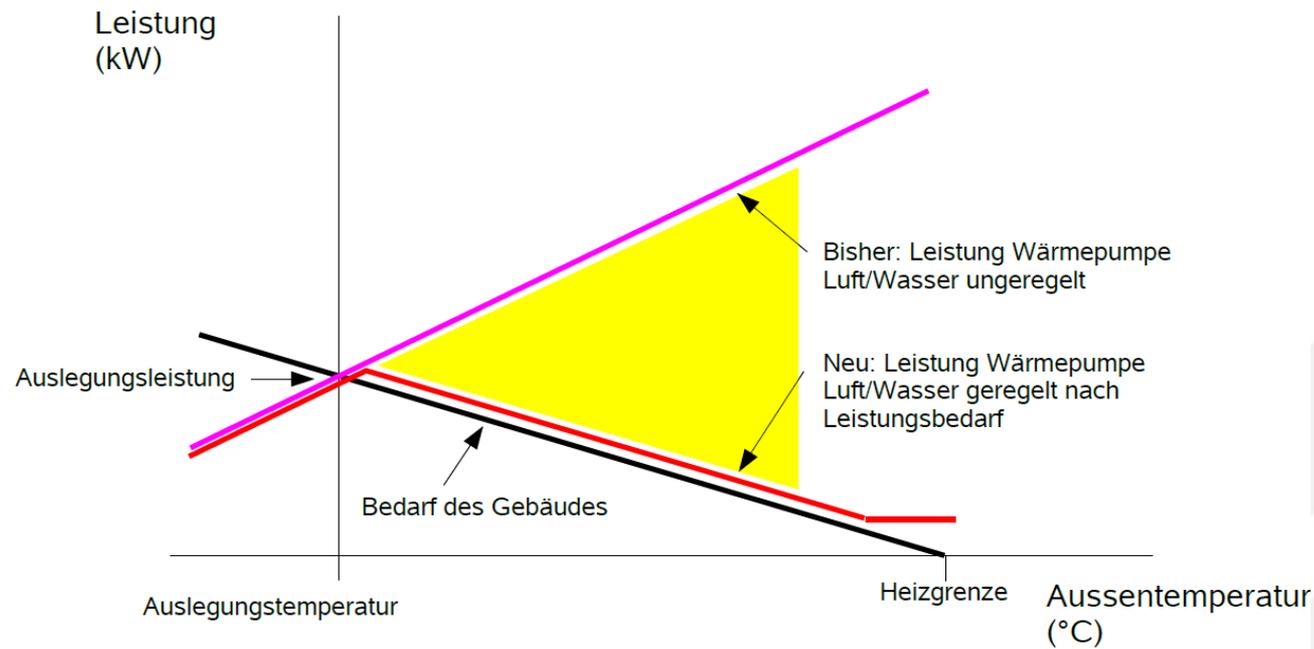
Es kann von Wärmepumpen-Herstellern und Vertriebsunternehmen beantragt werden. Zur Vergabe des Labels müssen die Voraussetzungen gemäß Kapitel 2 der Regularien (s. u.) erfüllt werden.

Das Label wird nur in Deutschland vergeben und besitzt darüber hinaus keine Gültigkeit.



validity check of this label at www.waermepumpe.de/sg-ready

Modulierende Luft/Wasser-Wärmepumpe



Modulierende Heizleistung z.B. 6 bis 12 kW
Strom-Anschlussleistung z.B. 1,7 bis 3,4 kW

Quelle: Viessmann

Tool Berechnung WP, PV, Speicher

Microsoft Excel - Tool für Wärmepumpe, PV und Batteriespeicher

Gebäude | **Haushaltsstrom** | **Pufferspeicher** | **Warmwasserbereitung (Speicher)**

Heizwärmebei
 Beheizte Fläche
 spezif. Heizw
 ungefähre Hei
 (Vorschlag für
 spezif. ungefä
 Heizgrenztemp
 Bivalentzpunkt
 Verlegeabstand
 max. benötigte
 Radiatoren
 Heizperiode
 Januar
 Februar
 März
 April
 Mai
 Juni
 Heizkurve
 Steigung
 Parallelversch

Wärmeverlust/24h: 2,5 kWh/24h
 Wärmeverlust: 104 W
 bei WW-Temp. (Herstellerangabe): 65 °C
 bei Aufstellraumtemp. (Hersteller): 15 °C
 tatsächliche Aufstellraumtemp.: 12 °C

Wärmeverlust/24h: 2,5 kWh/24h
 Wärmeverlust: 104 W
 bei WW-Temp. (Herstellerangabe): 65 °C
 bei Aufstellraumtemp. (Hersteller): 15 °C
 tats., durchschn. Aufstellraumtemp.: 12 °C

Photovoltaikanlage
 Größe: 6 kWp
 Süden, Dachneigung 40 °
 Ertrag: 5816 kWh/a

Batteriespeicher
 Kapazität: 10 kWh
 Entladbar bis: 20 %
 max. Lade-/Entladeleistung: 4,5 kW
 Systemwirkungsgrad: 95 %

Wärmebedarf
 täglicher Bedarf: 4 kWh
 jährlicher Bedarf: 1460 kWh
 tägl. Verbrauch, Duschen mit 38 °C: 123 l
 Anteil morgens: 80 %
 Duschzeit bei Standardduschkopf mit 10 l/min [min]: 9,83
 Uhrzeit [h]: 07:00
 Anteil abends: 20 %
 Duschzeit mit Standardduschkopf mit 10 l/min [min]: 2,46
 Uhrzeit [h]: 21:00

max. elektrische Leistungsaufnahme: 2,71 kW
 max. Lade-/Entladeleistung: 4,5 kW
 Systemwirkungsgrad: 95 %

Duschzeit mit Standardduschkopf mit 10 l/min [min]: 2,46
 Uhrzeit [h]: 21:00

Simulationsergebnisse Wärmepumpe

	Heizung	Warmwasser	Gesamt
Wärmebedarf [kWh]	18788	1460	20248
Speicherverlust [kWh]	216	692	908
Wärmeerzeugung [kWh]	19645	1958	21603
Stromverbrauch Wärmepumpe [kWh]	5105	609	5714
Jahresarbeitszahl	3,85	3,22	3,78
Betriebsstunden [h]	1885	225	2110
Kompressorstarts			1283
durchschnittliche Laufzeit [min]			99

Stromverbrauch der Wärmepumpe

Kategorie	Stromverbrauch [kWh/a]	Anteil [%]
Heizung	5105	89%
Warmwasser	609	11%

Warmwasserbereitung (Speicher)

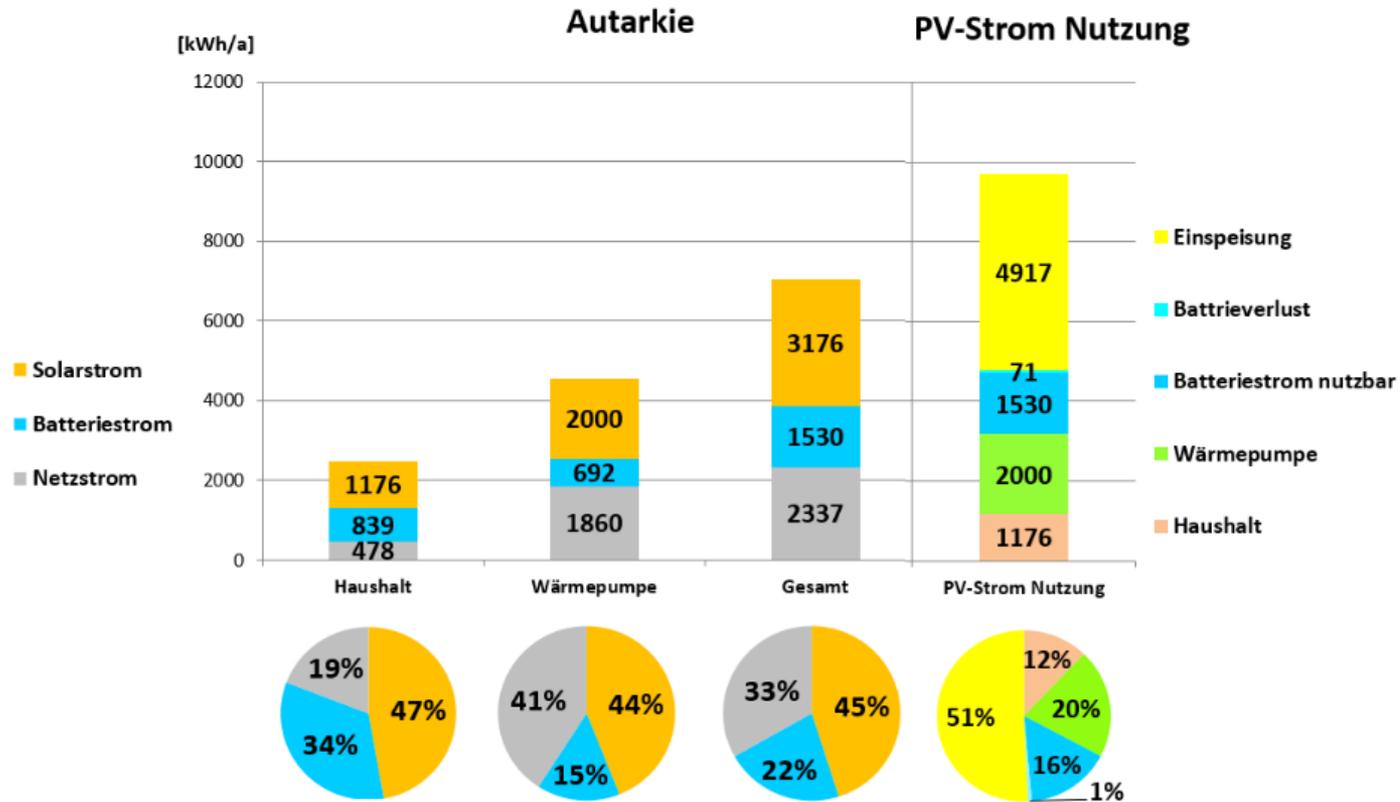
300 l
 48 °C
 43 °C
 60 °C

Wärmepumpe	Warmwasser	Gesamt
Wärmebedarf	1460	20248
Speicherverlust	692	908
Wärmeerzeugung	1958	21603
Stromverbrauch	609	5714
Jahresarbeitszahl	3,22	3,78
Betriebsstunden	225	2110
Kompressorstarts		1283
durchschnittliche Laufzeit		99

Wärmepumpe

Wärmepumpe

Tool Berechnung WP, PV, Speicher

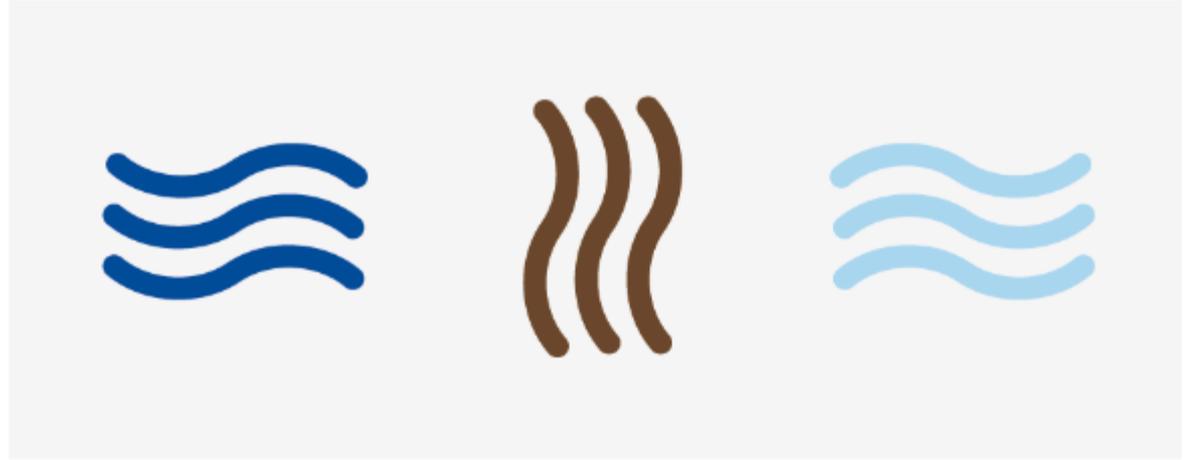


Tool Berechnung WP, PV, Speicher

Gebäude	Wärmebedarf	Heizlast	PV-Anlage	Stromspeicher	Autarkie Wärmepumpe
Niedrigenergiehaus 140 m ²	10.000 kWh	6 kW	6 kWp	6 kWh	42+ 6=48%
Neubau 140 m ²	15.000 kWh	9 kW	6 kWp	6 kWh	27+10=37%
Altbau 140 m ²	25.000 kWh	14 kW	6 kWp	6 kWh	15+10=25%
Altbau 140 m ²	25.000 kWh	14 kW	10 kWp	10 kWh	32+13=45%

Quelle: EnergieAgentur.NRW

Sole/Wasser-Wärmepumpe, Lithium-Stromspeicher,
250 W Solarmodule Süd-Dach 30°



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

sven.kersten@nibe.se

Die in dieser Präsentation enthaltenen Informationen sind urheberrechtlich geschützt. Die Vervielfältigung und Weitergabe dieser Präsentation an Dritte ist nicht, bzw. nur mit Einverständnis der Verfasser gestattet.