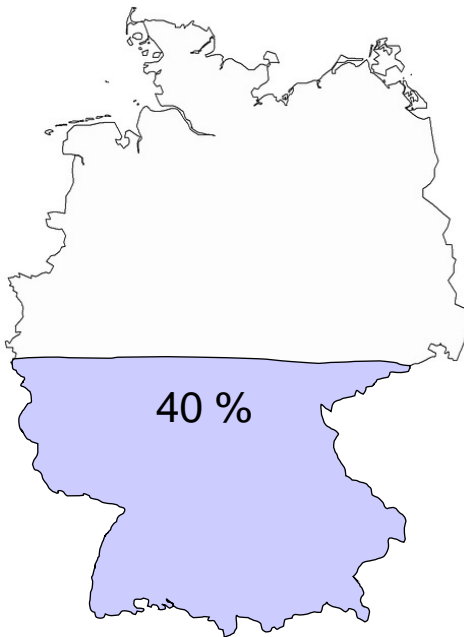


Bauthementag 2023

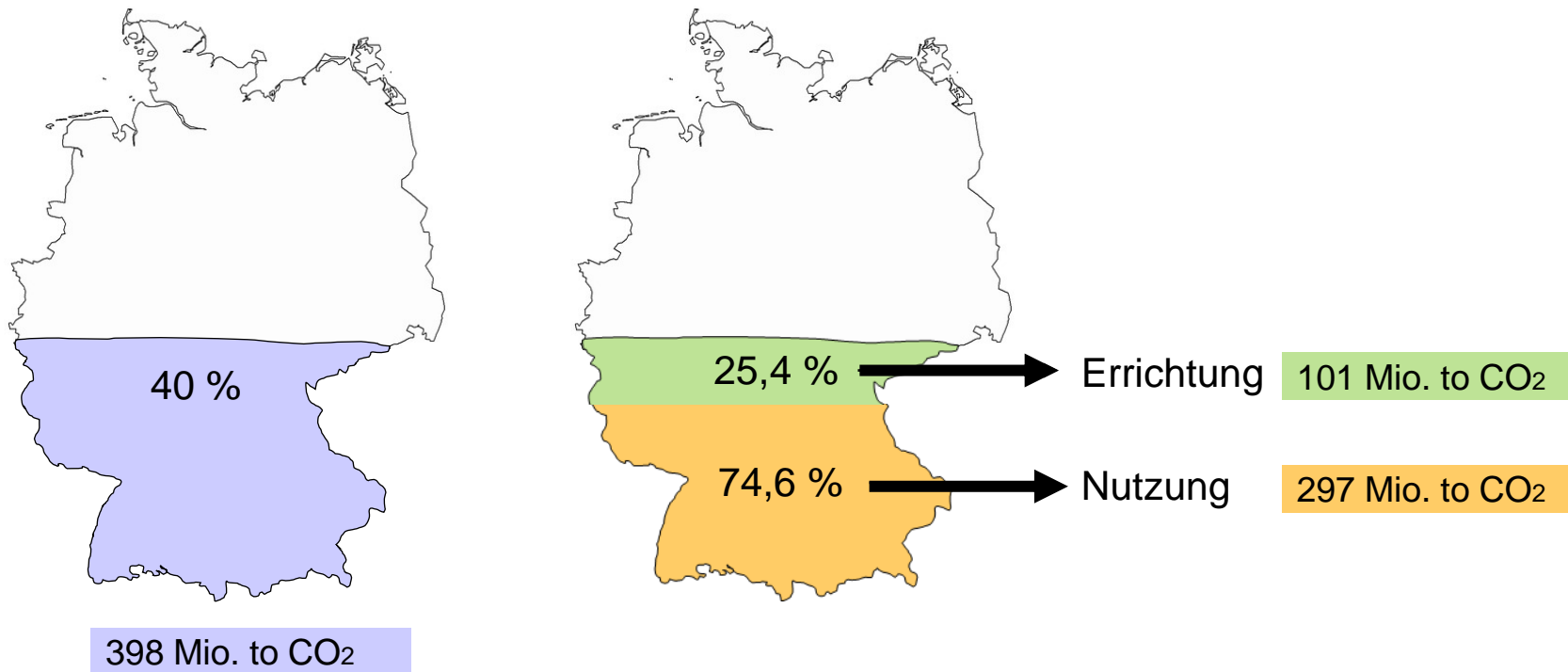
Auswirkungen von Wärmepumpen auf das Vorkommen
und die Qualität des Grundwassers – auch im Hinblick auf
aktuelle Gesetzgebungsvorhaben

23.08.2023
Alina Zdankina

40 % der CO₂-Emissionen in Deutschland entstehen durch die Errichtung und Nutzung von Hochbauten



40 % der CO₂-Emissionen in Deutschland entstehen durch die Errichtung und Nutzung von Hochbauten



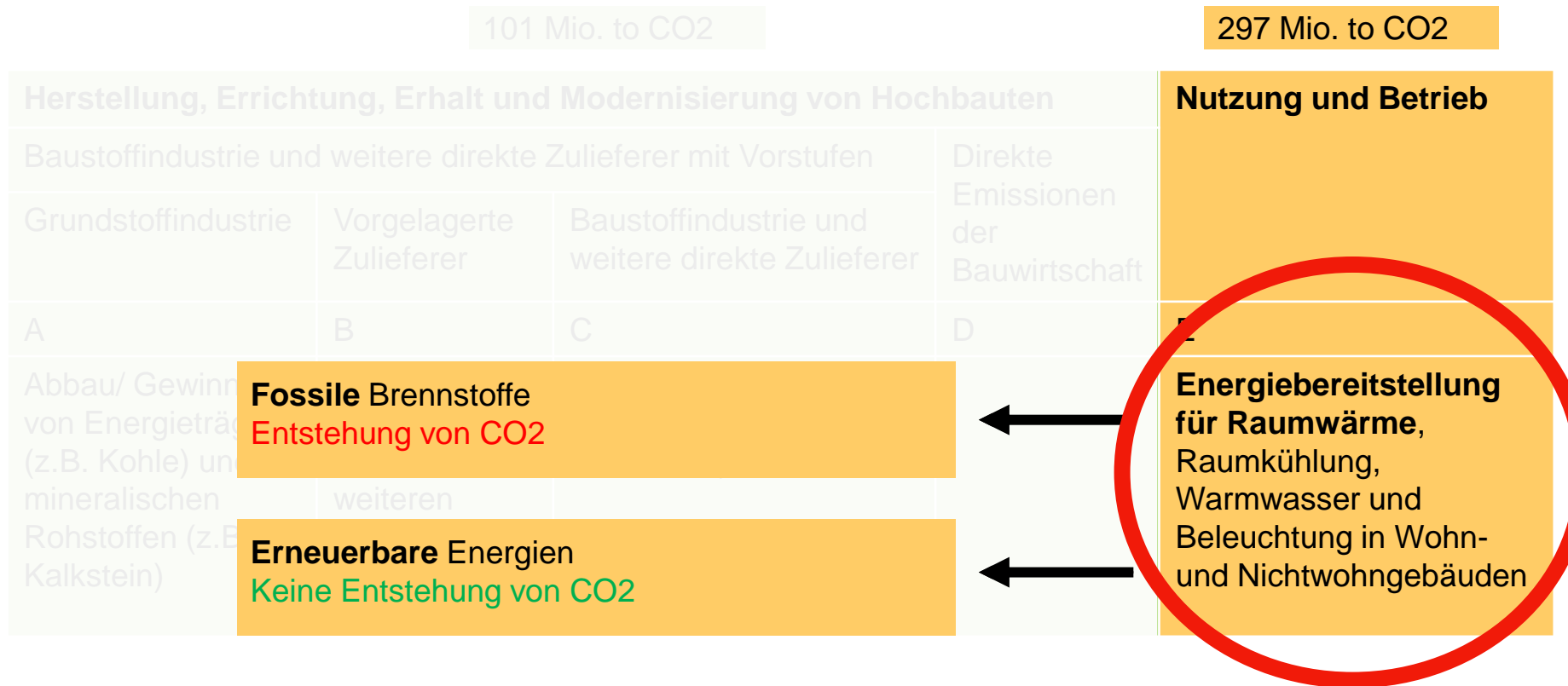
“Energiebereitstellung für Raumwärme” ist eine Teilgröße der Gebäudenutzung

101 Mio. to CO2

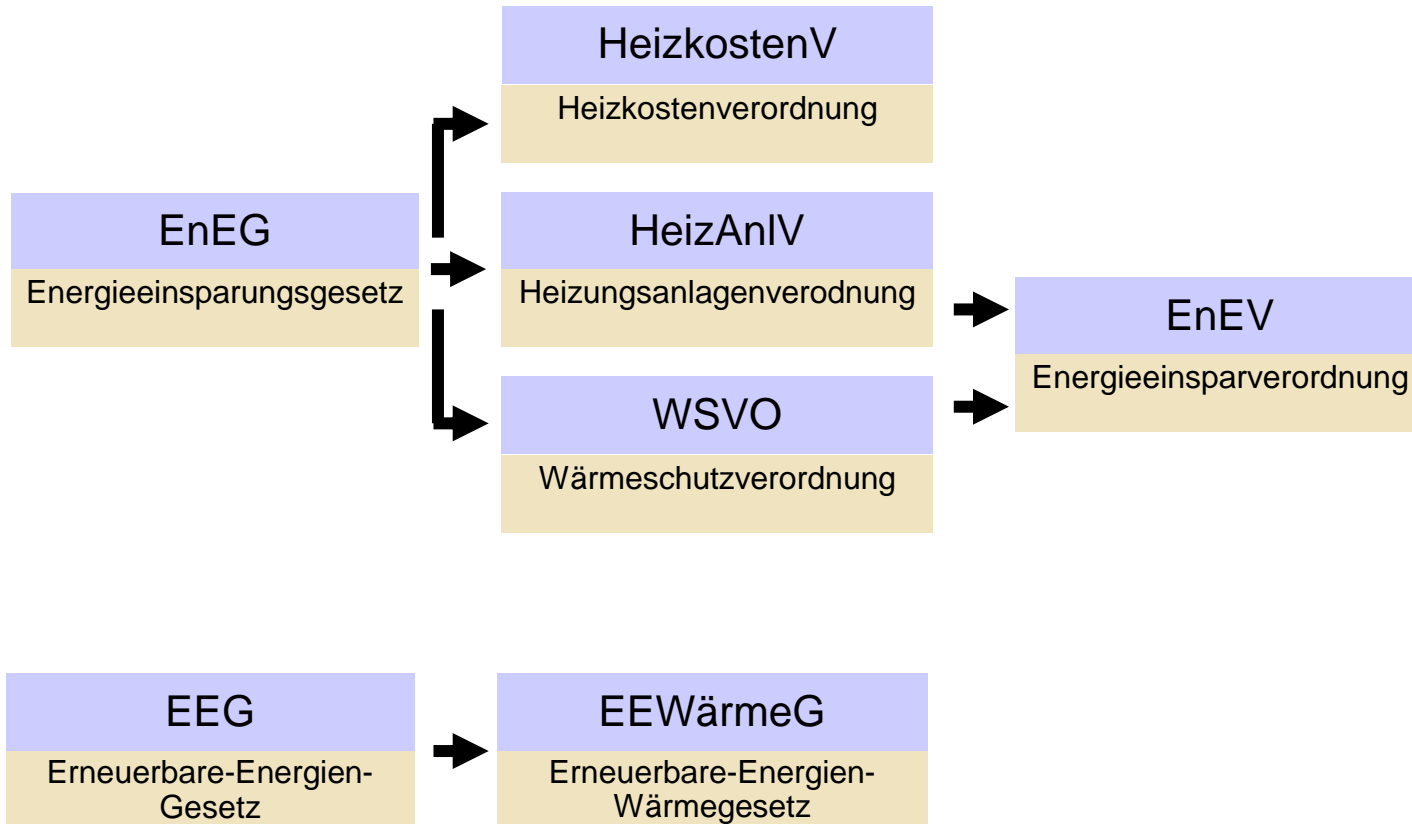
297 Mio. to CO2

Herstellung, Errichtung, Erhalt und Modernisierung von Hochbauten				Direkte Emissionen der Bauwirtschaft	Nutzung und Betrieb
Baustoffindustrie und weitere direkte Zulieferer mit Vorstufen			E		
Grundstoffindustrie	Vorgelagerte Zulieferer	Baustoffindustrie und weitere direkte Zulieferer		D	F
A Abbau/ Gewinnung von Energieträgern (z.B. Kohle) und mineralischen Rohstoffen (z.B. Kalkstein)	B Zulieferer der Baustoffindustrie und der weiteren direkten Zulieferer	C Baustoffhersteller (z.B. Zement) und weitere Zulieferer (z.B.			Energiebereitstellung für Raumwärme, Raumkühlung, Warmwasser und Beleuchtung in Wohn- und Nichtwohngebäuden

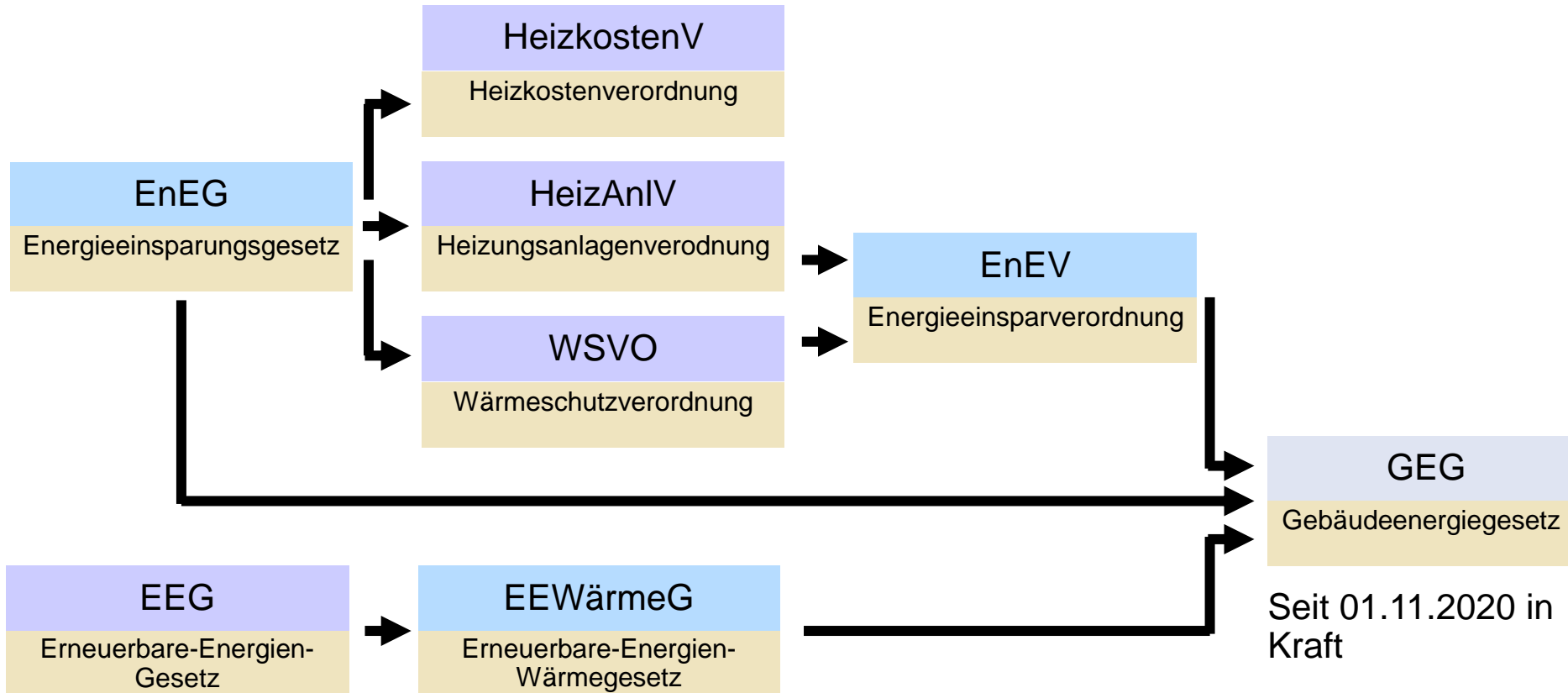
“Energiebereitstellung für Raumwärme” ist eine Teilgröße der Gebäudenutzung



Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude durch das GEG



Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude durch das GEG



Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude durch das GEG

- Aktuell gültig: GEG mit Änderungen vom **01.01.2023**
- Gesetzesentwurf: GEG mit weiteren Änderungen

GEG

Gebäudeenergiegesetz

Seit 01.11.2020 in
Kraft

Optimierung der Energiegewinnung und –nutzung durch GEG

■ § 1 GEG „Zweck und Ziel“

• § 1 (1) GEG

- Sparsamer Einsatz von Energie
- Zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien
- Schonung fossiler Ressourcen

• § 1 (2) GEG

- Energie- und klimapolitische Ziele der Bundesregierung einhalten
- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien für Wärme und Kälte

Koalitionsvertrag (2021)

IV. Respekt, Chancen und soziale Sicherheit in der modernen Arbeitswelt

Bauen und Wohnen

[...] Zum **1. Januar 2025** soll jede **neu eingebaute Heizung** auf der Basis von **65 Prozent erneuerbarer Energien** betrieben werden [...]

¹Bundesgesetzblatt Jahrgang 2020 Teil I Nr. 37, ausgegeben zu Bonn am 13. August 2020, Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze
https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/entwurf-geg.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (abgerufen am 09.082023)

Ab 2024 sollte möglichst jede neu eingebaute Heizung auf Basis von 65 % erneuerbaren Energien betrieben werden

Gesetzentwurf der Bundesregierung

Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Gebäudeenergiegesetzes, zur Änderung der Heizkostenverordnung und zur Änderung der Kehr- und Überprüfungsordnung

A. Problem und Ziel

[...] Der Koalitionsvertrag sah daher vor, dass ab dem Jahr 2025 jede **neu eingebaute Heizung** auf Basis von **65 Prozent erneuerbaren Energien** betrieben werden soll. Die Regierungskoalition hat vor dem Hintergrund des russischen Angriffs auf die Ukraine entschieden, dass schon **ab 2024** möglichst jede neu eingebaute Heizung diese Vorgabe erfüllen soll. [...]

Koalitionsvertrag (2021)

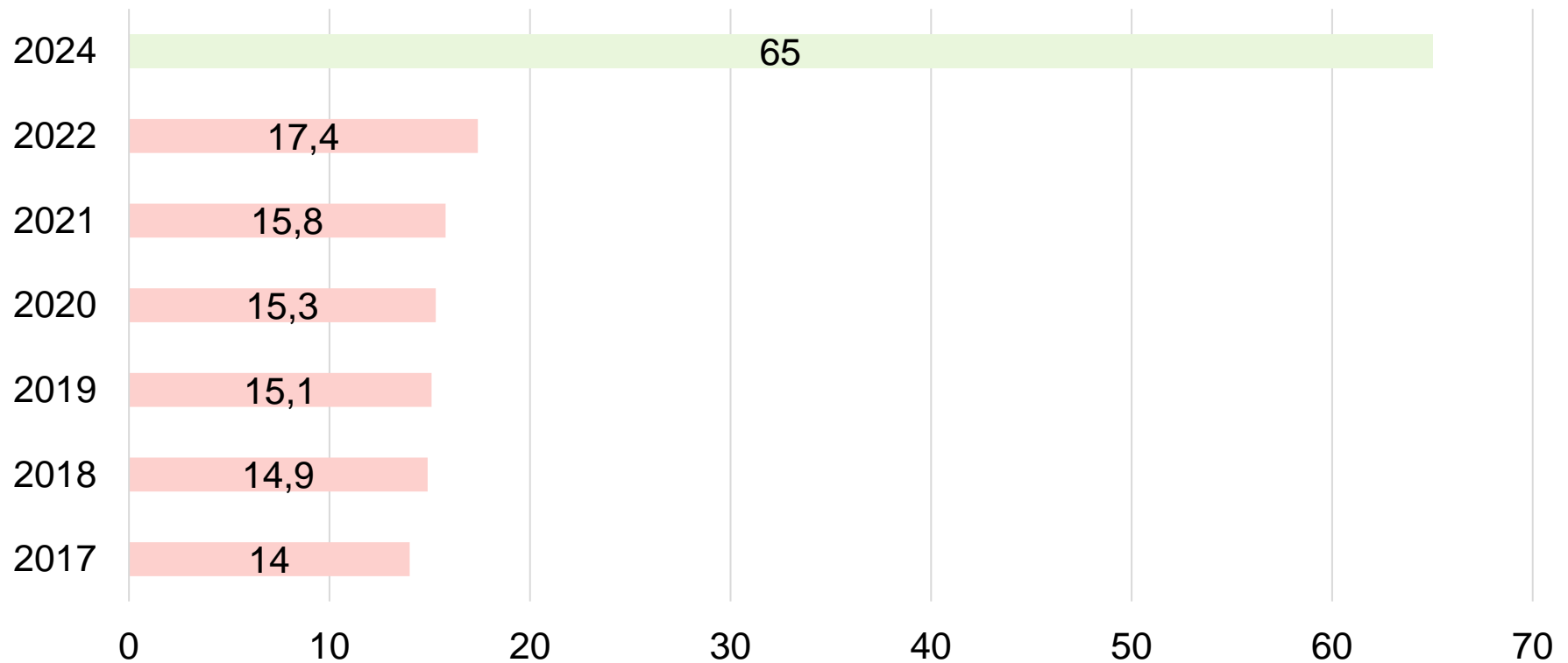
IV. Respekt, Chancen und soziale Sicherheit in der modernen Arbeitswelt

Bauen und Wohnen

[...] Zum **1. Januar 2025** soll jede **neu eingebaute Heizung** auf der Basis von **65 Prozent erneuerbarer Energien** betrieben werden [...]

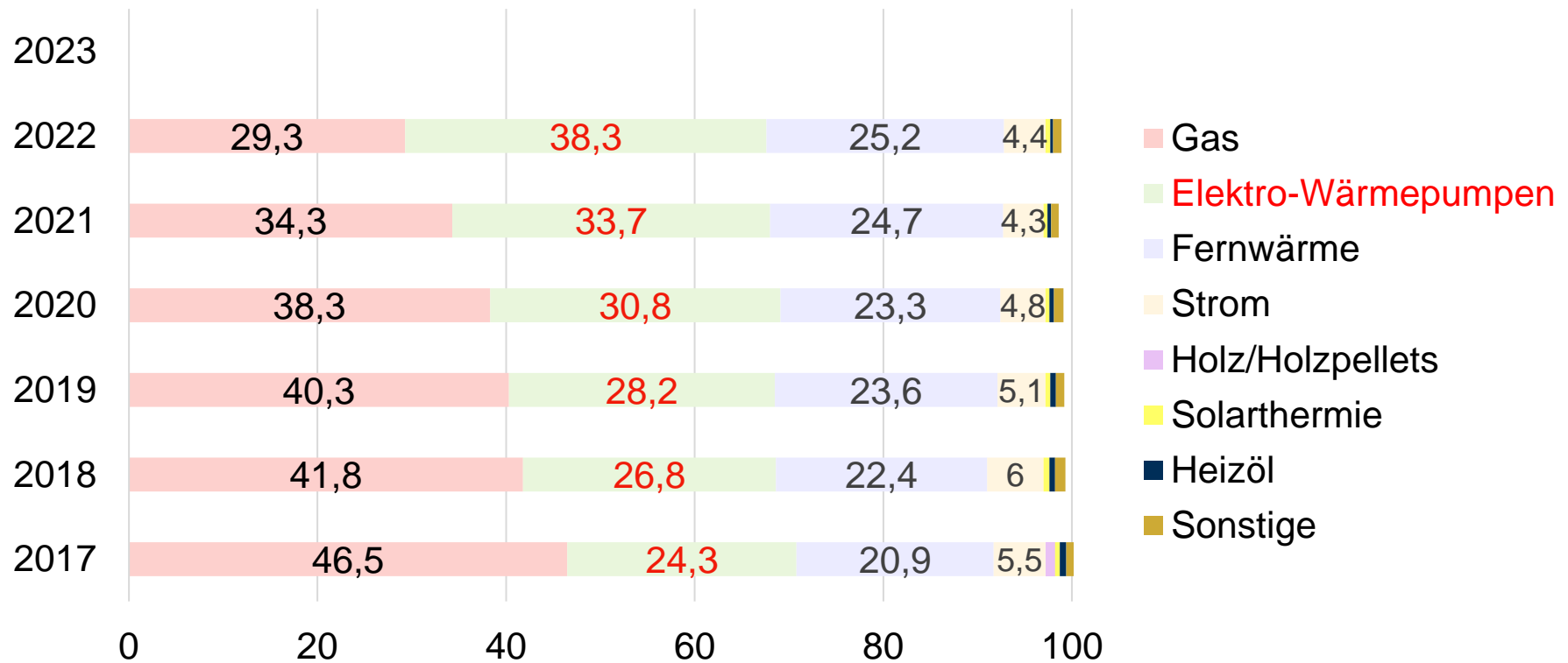
Anteil der Erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch Wärme und Kälte aktuell bei 17,4 %

Anteil erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte (einschließlich) Fernwärmeverbrauch



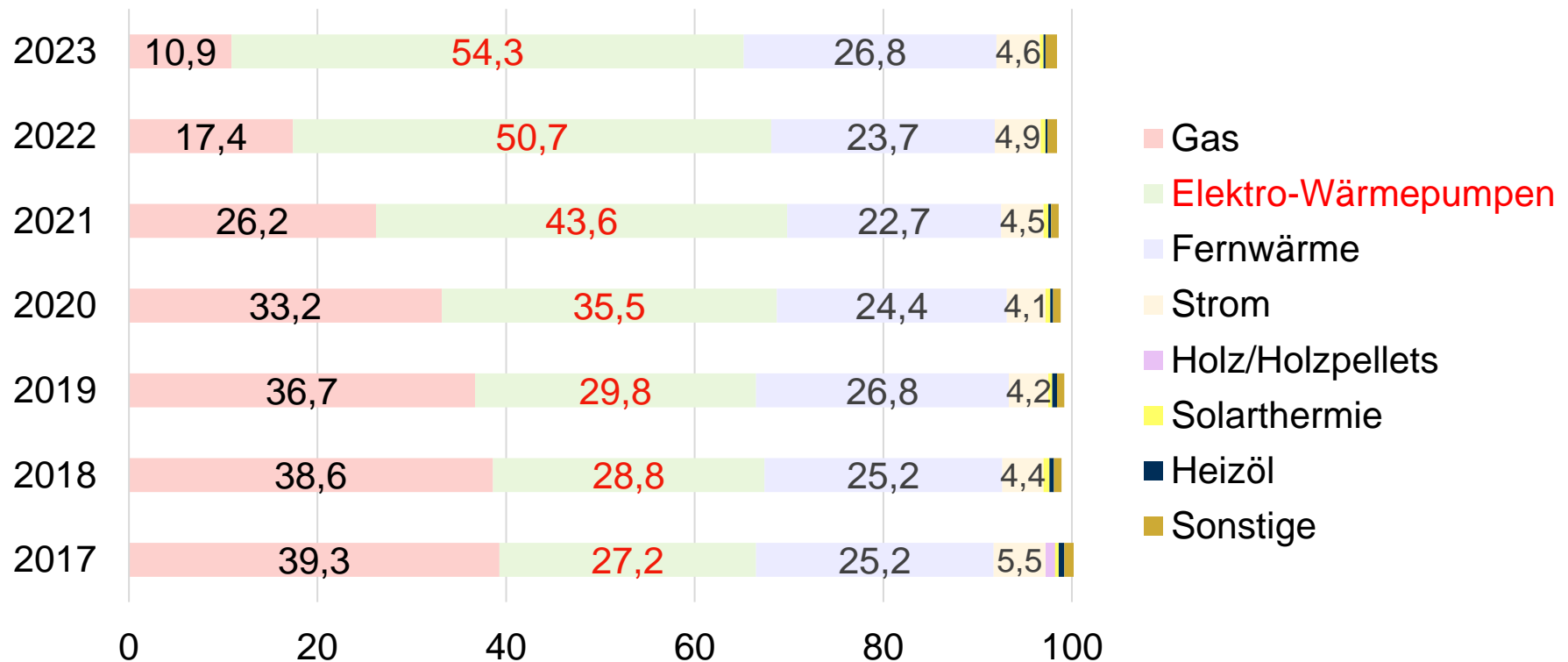
Trendentwicklung zur primären Energiegewinnung durch Elektro-Wärmepumpen für Baufertigstellungen

Entwicklung der Beheizungsstruktur im Wohnungsneubau - Baufertigstellungen



Trendentwicklung zur primären Energiegewinnung durch Elektro-Wärmepumpen für Baugenehmigungen

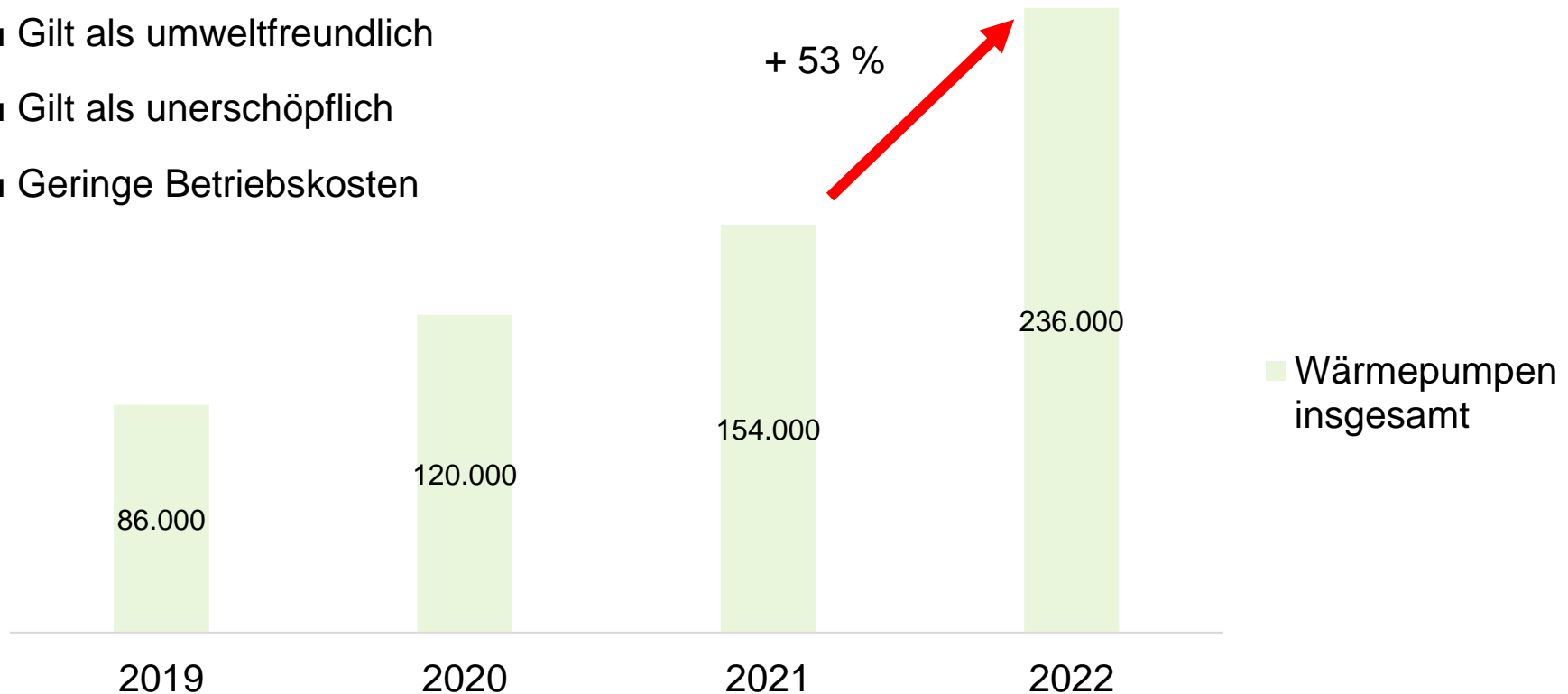
Entwicklung der Beheizungsstruktur im Wohnungsneubau - Baugenehmigungen



Absatz Wärmepumpen + 53 % (2021 -2022)

Ziel: Dekarbonisierung der
Wärmeversorgung

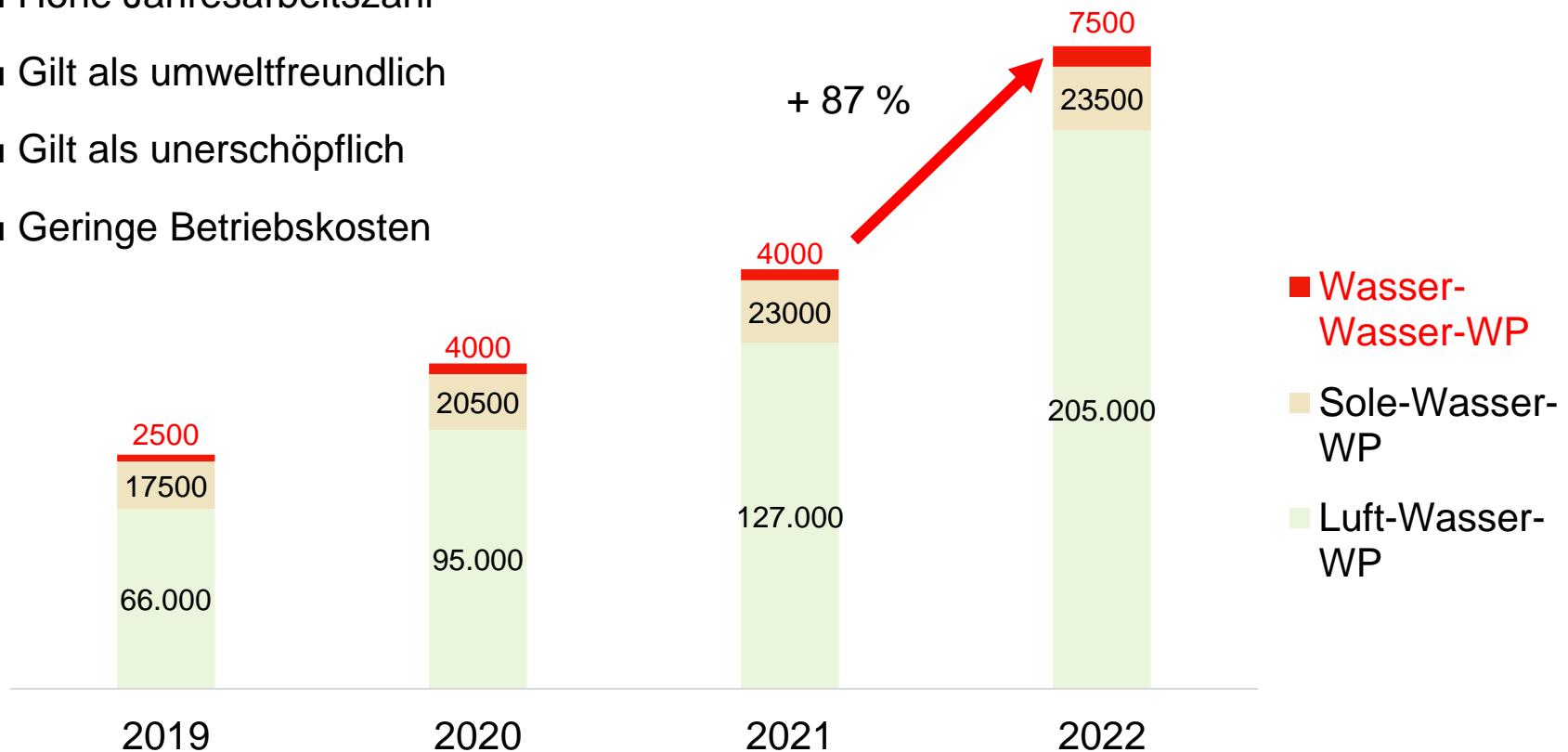
- Hohe Jahresarbeitszahl
- Gilt als umweltfreundlich
- Gilt als unerschöpflich
- Geringe Betriebskosten



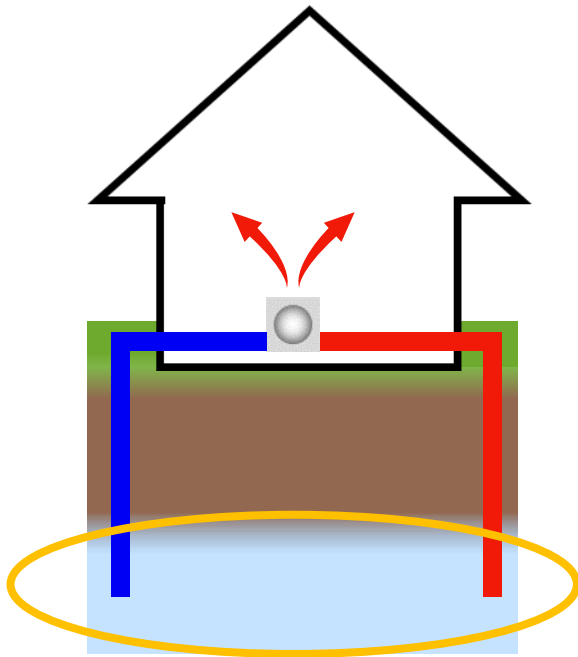
Absatz Wasser-Wasser-Wärmepumpen + 87 % (2021 – 2022)

Ziel: Dekarbonisierung der
Wärmeversorgung

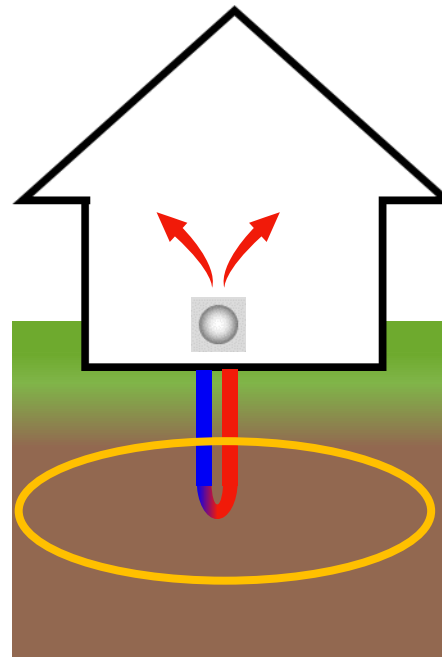
- Hohe Jahresarbeitszahl
- Gilt als umweltfreundlich
- Gilt als unerschöpflich
- Geringe Betriebskosten



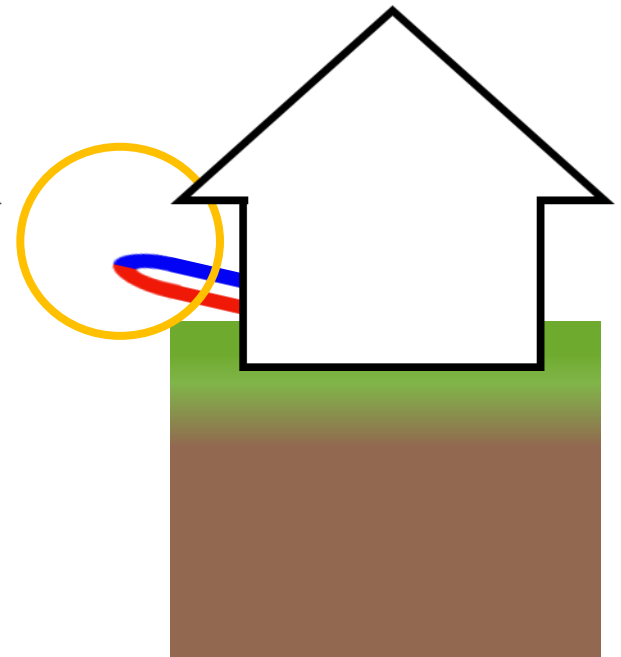
Wärmepumpen-Heizungsanlage: Wärmequellenanlage



Grundwasser

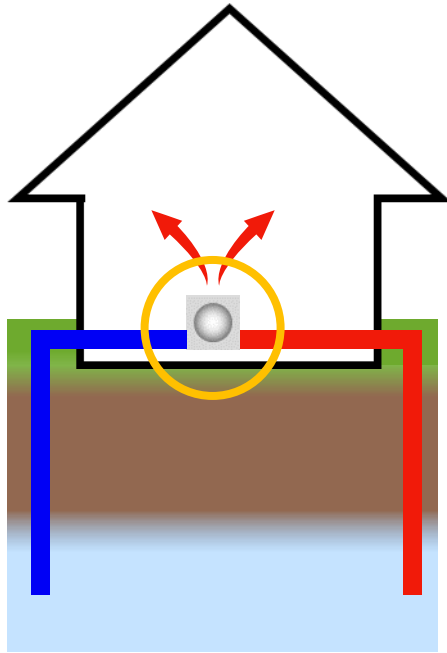


Erdwärme

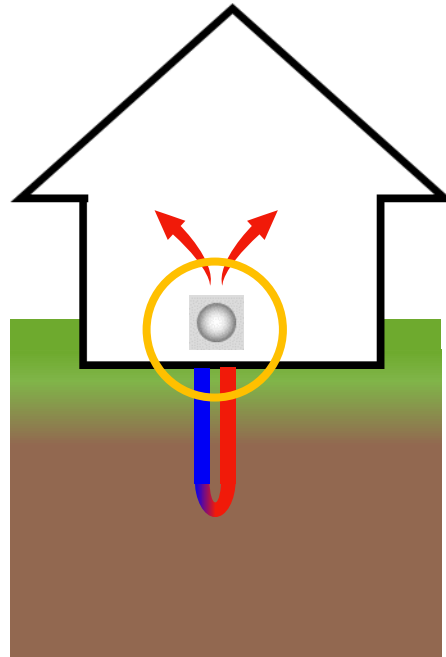


Luft

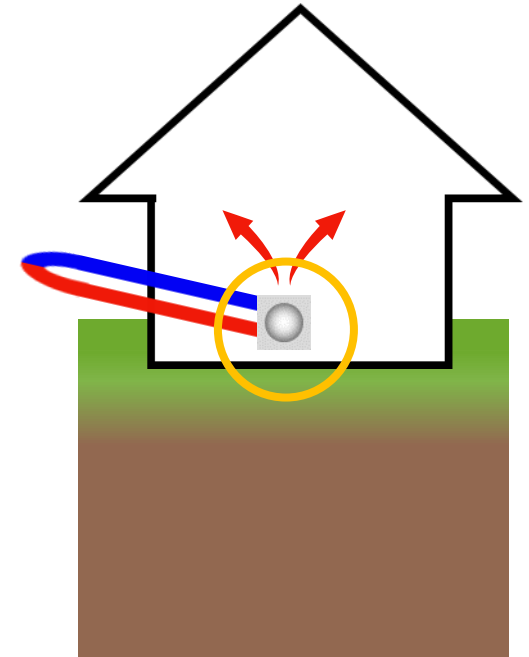
Wärmepumpen-Heizungsanlage: Wärmepumpe



Grundwasser

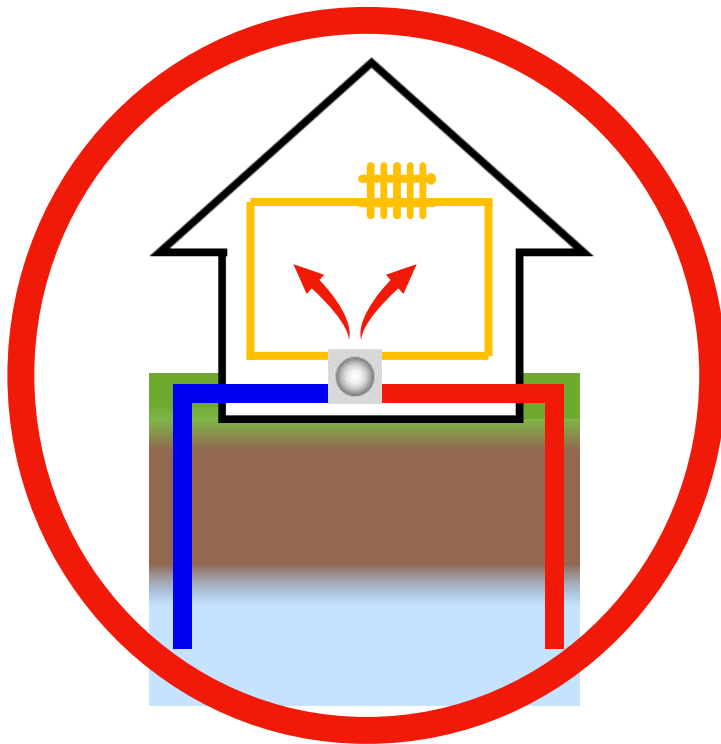


Erdwärme

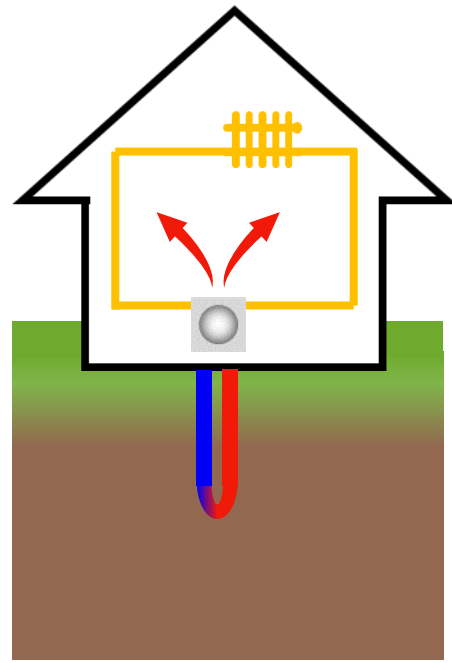


Luft

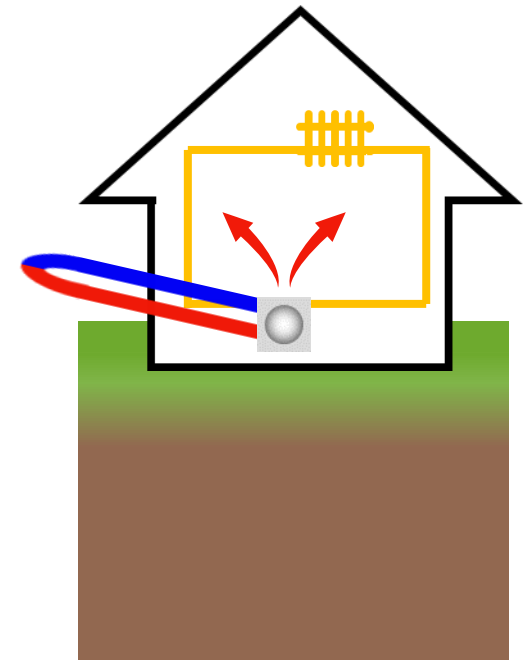
Wärmepumpenn-Heizungsanlage: Wärmeverteil- und Speichersystem



Grundwasser



Erdwärme



Luft

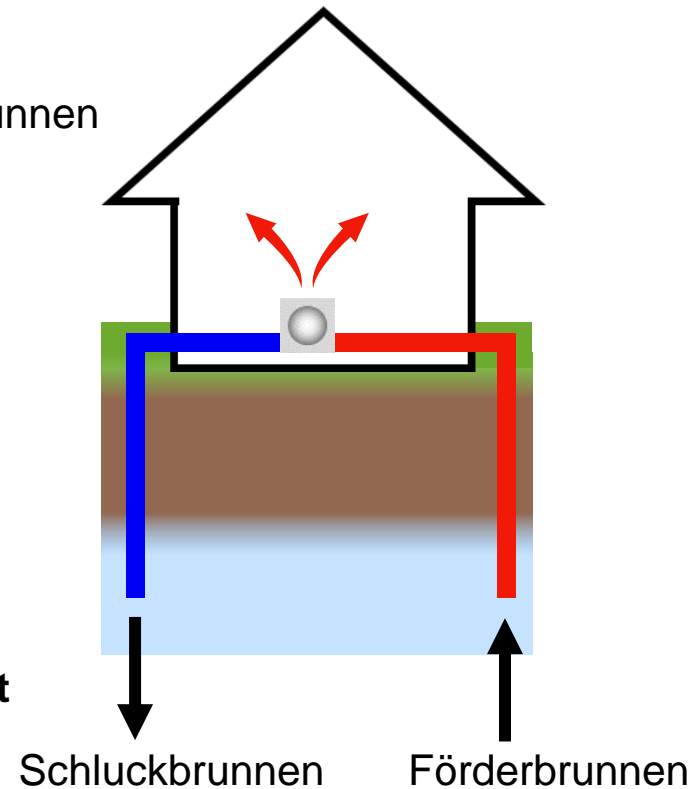
Entnahme und Wiedereinleitung von Grundwasser zur thermischen Nutzung ist erlaubnispflichtig § 9 Abs. 1 Nr. 5 WHG

Bodenschutzrecht

- Anzeigepflicht: Bohrungen für den Förder- bzw. Schluckbrunnen
 - § 49 WHG, Art. 30 BayWG

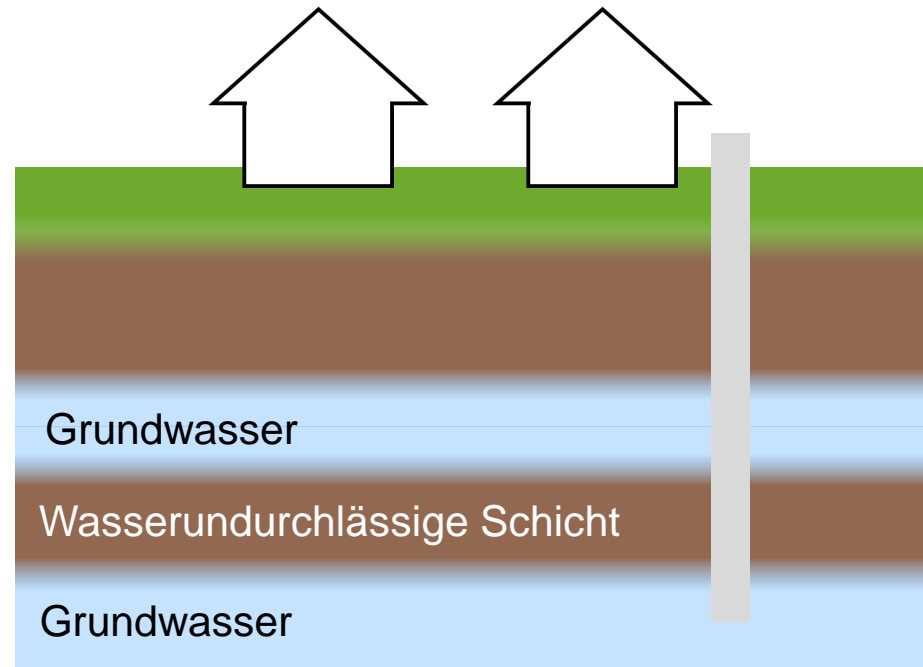
Wasserrecht

- Wasserrechtliche Erlaubnis § 8 Abs. 1 WHG
- Wasserschutzgebiet
 - Trinkwasserschutzgebiete Zone I und II
 - Heilquellenschutzgebiete Zone I und II
 - Trinkwassergewinnungsgebiete
- Nachweis der Eignung der Grundwasserbeschaffenheit
 - Probebohrungen



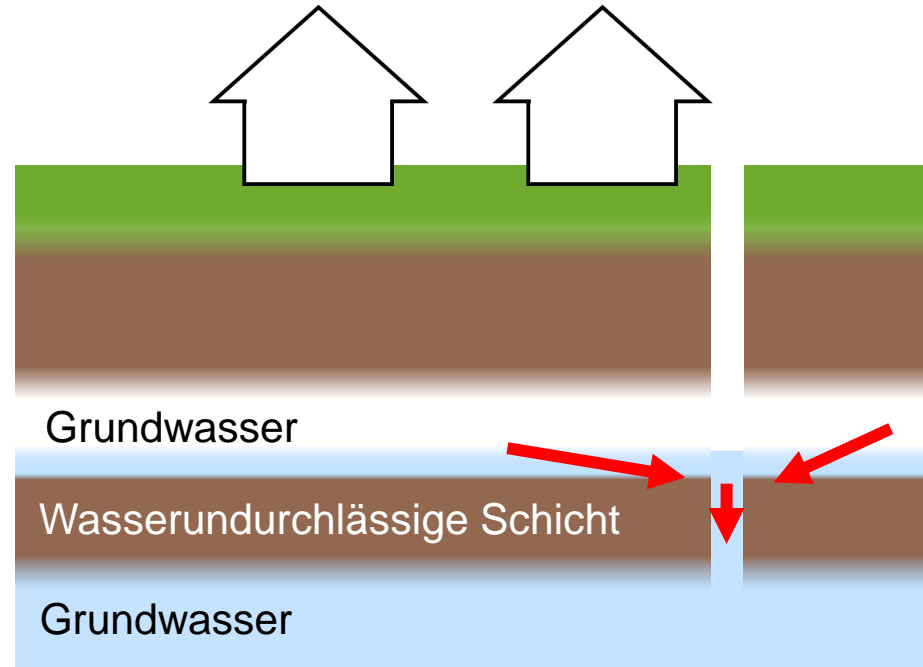
Die Errichtung von Brunnen kann sich auf die Qualität und das Vorkommen des Grundwassers auswirken

- Geohydraulische Auswirkungen
 - Absenkung des Grundwassers



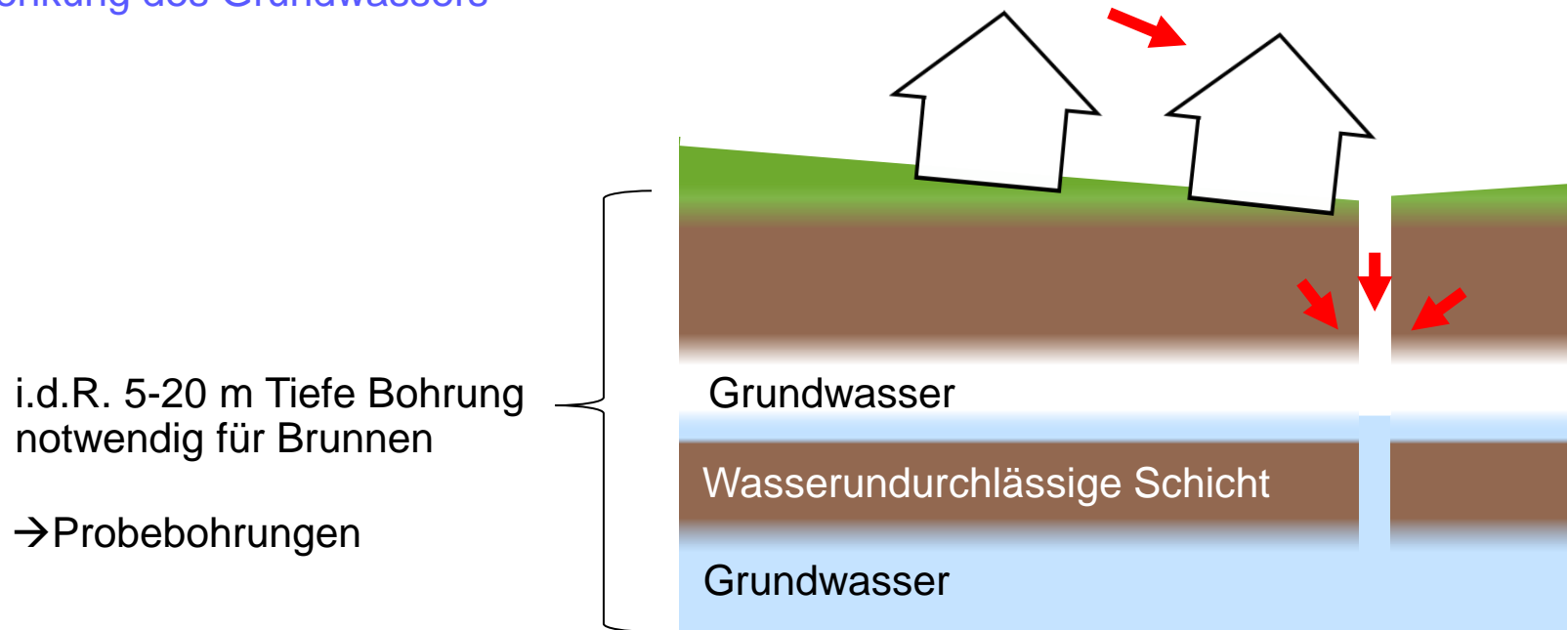
Durch die Verbdindung von Grundwasserschichten können Hohlräume im Boden entstehen

- Geohydraulische Auswirkungen
 - Absenkung des Grundwassers



Bohrmaßnahmen müssen an geologische Verhältnisse angepasst werden

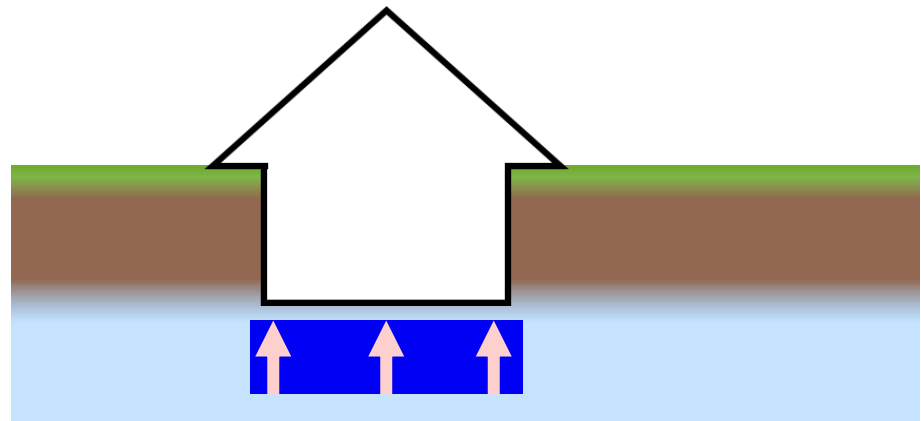
- Geohydraulische Auswirkungen
 - Absenkung des Grundwassers



Information aus den Bund/Länder-Arbeitsgruppen der Staatlichen Geologischen Dienste (2011) Fachbericht zu bisher bekannten Auswirkungen Geothermischer Vorhaben in den Bundesländern, Wiesbaden
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2019) Wasserwirtschaftliche Anforderungen an die Nutzung von oberflächennaher Erdwärme, LANUV-Arbeitsblatt 39
https://www.norddeutsche-geothermietagung.de/vortraege/2012/A5_Thormann_VHV_NGT2012_17Okt.pdf (Abgerufen am 14.08.2023)

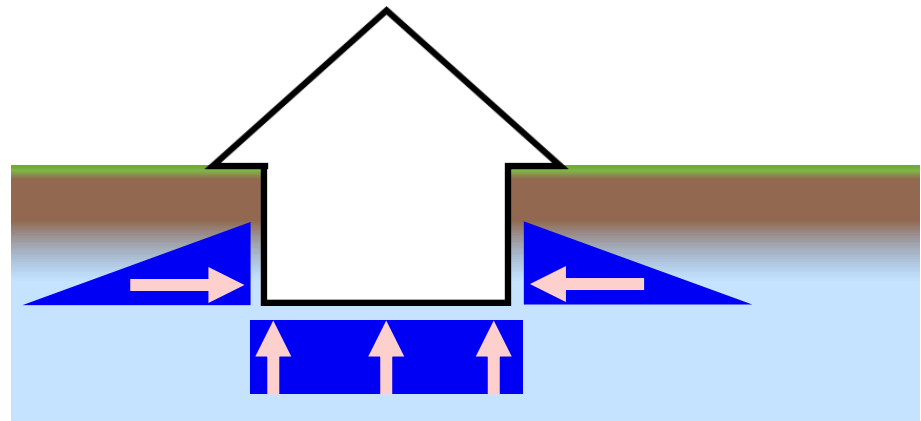
Eine Anhebung des Grundwassers führt zu einer Änderung der Druckbelastung am Gebäude

- Geohydraulische Auswirkungen
 - Absenkung des Grundwassers
 - **Anhebung des Grundwassers**



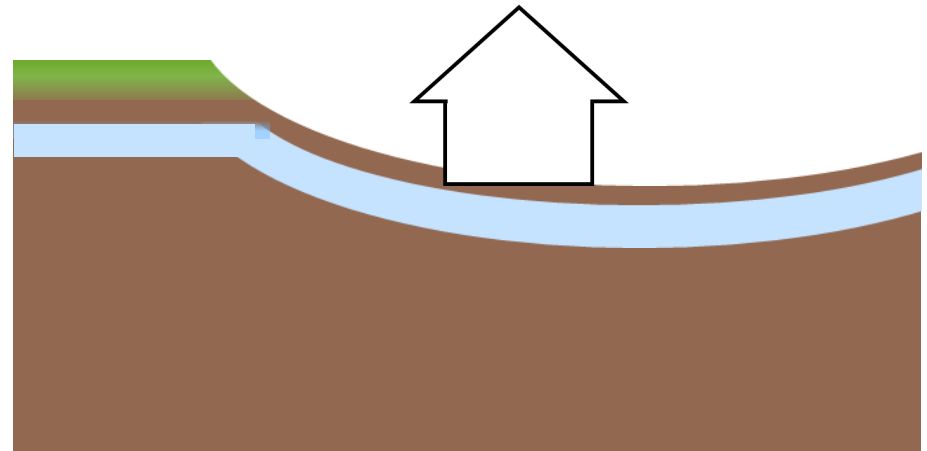
Eine Anhebung des Grundwassers führt zu einer Änderung der Druckbelastung am Gebäude

- Geohydraulische Auswirkungen
 - Absenkung des Grundwassers
 - **Anhebung des Grundwassers**



Aufsteigendes Grundwasser über die Erdoberfläche kann mit hohen Kosten verbunden sein

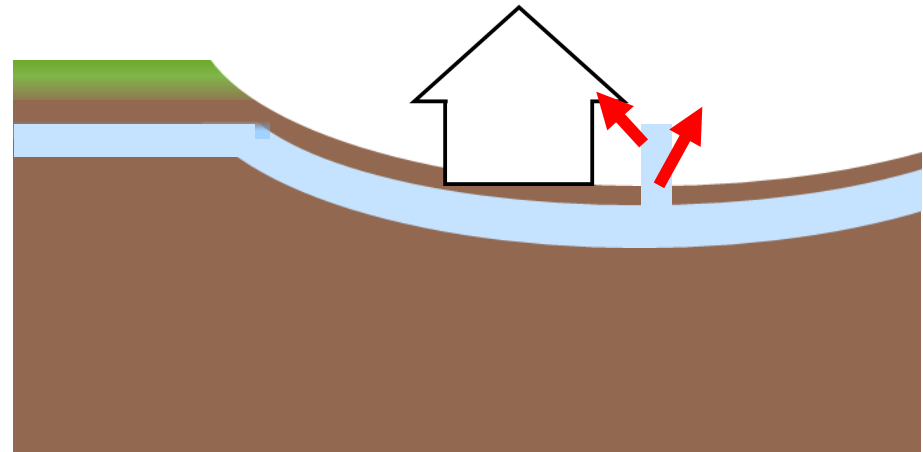
- Geohydraulische Auswirkungen
 - Absenkung des Grundwassers
 - Anhebung des Grundwassers
 - Artesischer Austritt des Grundwassers



Aufsteigendes Grundwasser über die Erdoberfläche kann mit hohen Kosten verbunden sein

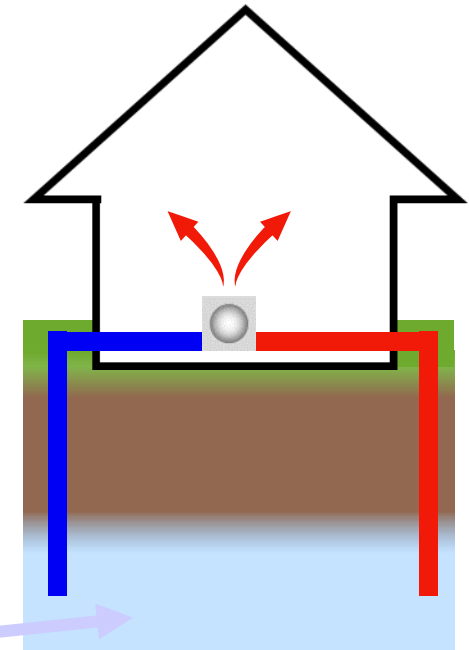
■ Geohydraulische Auswirkungen

- Absenkung des Grundwassers
- Anhebung des Grundwassers
- Artesischer Austritt des Grundwassers



Geänderte Stoffbedingungen im Grundwasser können die Betriebsfähigkeit der Wärmepumpe beeinflussen

- Geohydraulische Auswirkungen
 - Absenkung des Grundwassers
 - Anhebung des Grundwasserspiegels
 - Artesischer Austritt von Grundwasser
- Hydrochemische Auswirkungen
 - Mischung und Ausfällungen in Wässern



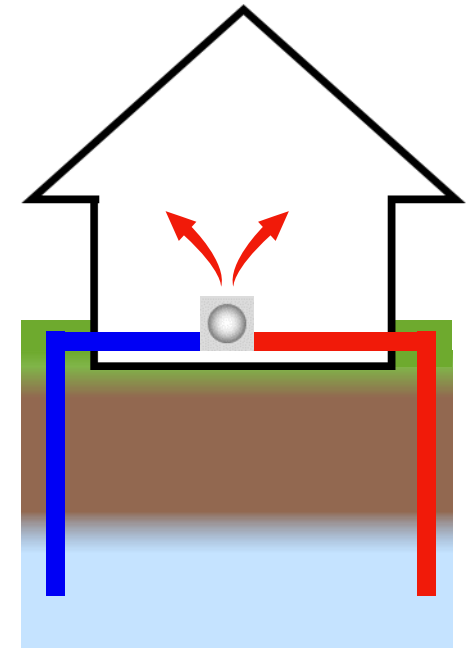
Grenzwerte z.B.

Mangan < 0,2 mg/l

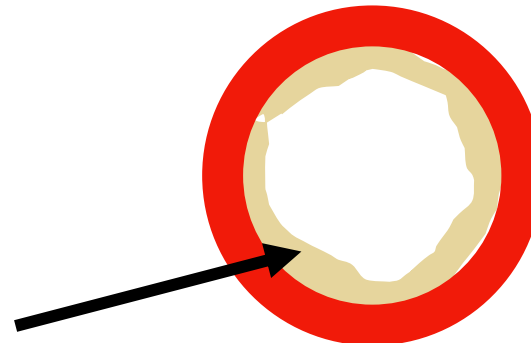
Eisen < 0,5 mg/l

Geänderte Stoffbedingungen im Grundwasser können die Betriebsfähigkeit der Wärmepumpe beeinflussen

- Geohydraulische Auswirkungen
 - Absenkung des Grundwassers
 - Anhebung des Grundwasserspiegels
 - Artesischer Austritt von Grundwasser
- Hydrochemische Auswirkungen
 - Mischung und Ausfällungen in Wässern



Querschnitt Schluckbrunnen:



z.B. Grenzwerte nicht eingehalten

→ Verockerung

Schadstoffeinträge können re- und irreversibel die Grundwasserqualität beeinflussen

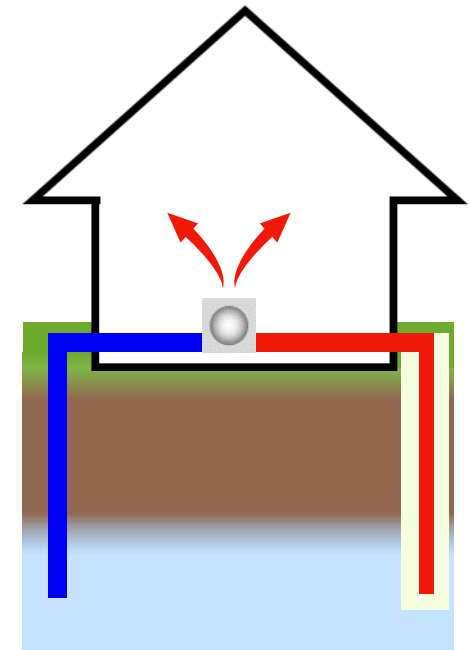
■ Geohydraulische Auswirkungen

- Absenkung des Grundwassers
- Anhebung des Grundwasserspiegels
- Artesischer Austritt von Grundwasser

■ Hydrochemische Auswirkungen

- Mischung und Ausfällungen in Wässern
- Stoffeintrag

→ z.B. pH-Veränderungen bei Aushärtung der Ringraumverfüllung mit Zement



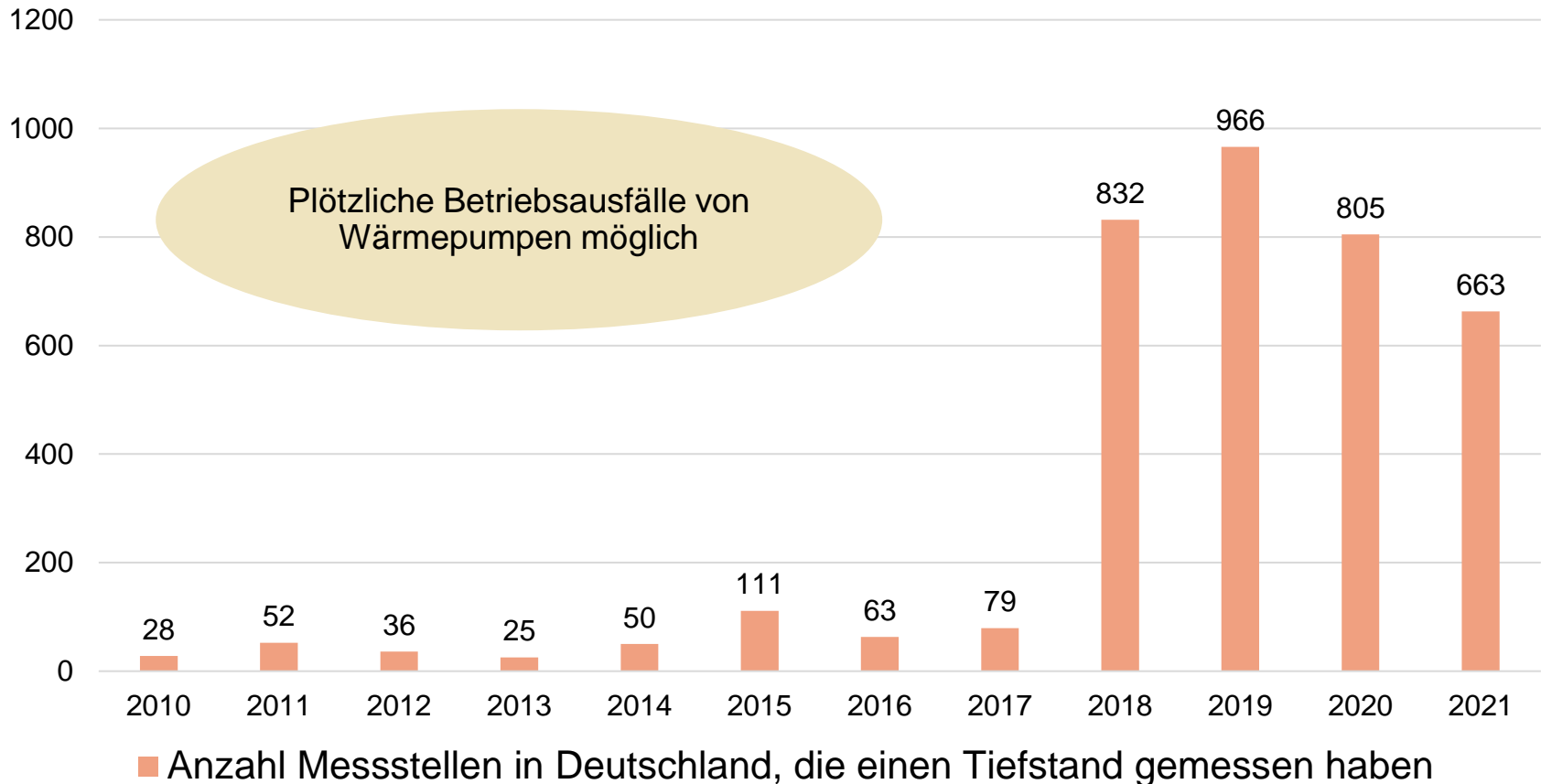
Der Zustand von 40,1 % des Grundwassers in NRW ist bezogen auf die **Chemische Qualität** “schlecht” (2019)

Flussgebiet	Zustand	Fläche NRW [ha]	Fläche [%]
Rhein	Gut	1.373.725	65,3
	Schlecht	728.746	34,7
Weser	Gut	417.025	84,0
	Schlecht	79.516	16,0
Ems	Gut	114.082	27,6
	Schlecht	298.930	72,4
Maas	Gut	137.382	34,5
	Schlecht	260.316	65,5
NRW	Gut	2.042.214	59,9
	Schlecht	1.367.508	40,1

Der Zustand von 12,6 % des Grundwassers in NRW ist bezogen auf das **mengenmäßige Vorkommen** “schlecht” (2019)

Flussgebiet	Zustand	Fläche NRW [ha]	Fläche [%]
Rhein	Gut	1.859.282	88,4
	Schlecht	243.189	11,6
Weser	Gut	496.541	100
	Schlecht	0	0
Ems	Gut	413.012	100
	Schlecht	0	0
NRW	Gut	2.979.589	87,4
	Schlecht	430.133	12,6

Trendentwicklung zur Senkung der Grundwasserstände

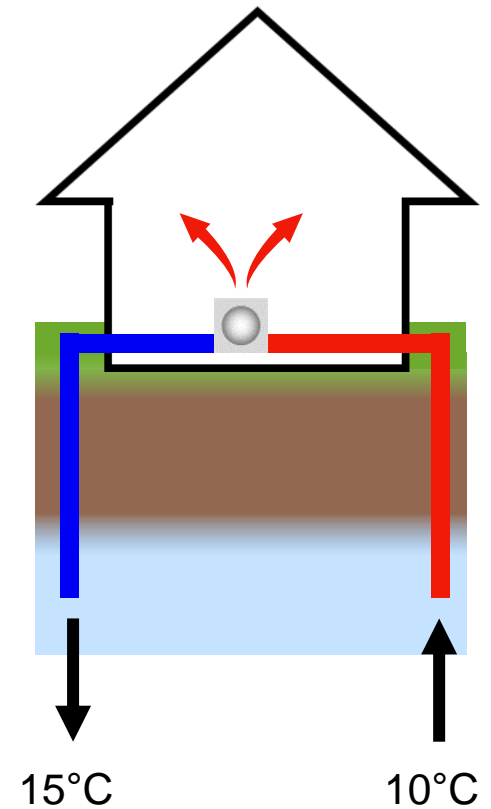


<https://www.br.de/nachrichten/bayern/vermehrt-berichte-ueber-ausfallende-grundwasser-waermepumpen,TkIHKS0> (abgerufen am 15.08.2023)
https://www.datawrapper.de/_uGcw3/ (Abgerufen am 15.08.2023)

Thermische Erwärmung kann zu mikrobakteriellen Änderungen im Grundwasser führen

- Geohydraulische Auswirkungen
 - Absenkung des Grundwassers
 - Anhebung des Grundwasserspiegels
 - Artesischer Austritt von Grundwasser
- Hydrochemische Auswirkungen
 - Mischung und Ausfällungen in Wässern
 - Stoffeintrag
- Thermische Auswirkungen
 - Erwärmung

Planungsfehler vermeiden



Maximale thermische Veränderung des Grundwassers $\Delta 6K$

- Geohydraulische Auswirkungen
 - Absenkung des Grundwassers
 - Anhebung des Grundwasserspiegels
 - Artesischer Austritt von Grundwasser
- Hydrochemische Auswirkungen
 - Mischung und Ausfällungen in Wässern
 - Stoffeintrag
- Thermische Auswirkungen
 - Erwärmung
 - Abkühlung

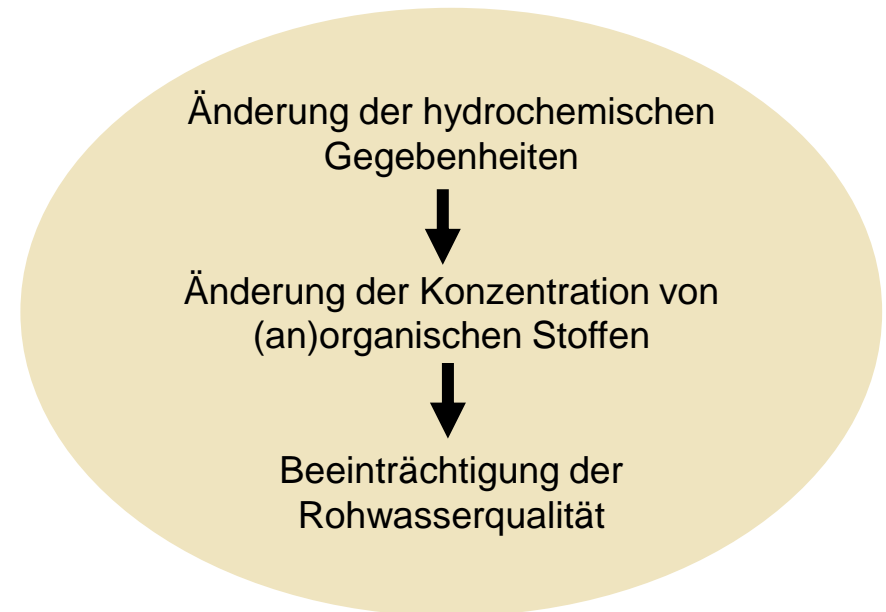
1. Max. Abkühlung auf 5°C

2. Max. Erwärmung auf 20°C

3. Max. Veränderung des eingeleiteten Wassers 6 K

Die Mineralisation des Grubenwassers kann biologische Prozesse beeinflussen

- Geohydraulische Auswirkungen
 - Absenkung des Grundwassers
 - Anhebung des Grundwasserspiegels
 - Artesischer Austritt von Grundwasser
- Hydrochemische Auswirkungen
 - Mischung und Ausfällungen in Wässern
 - Stoffeintrag
- Thermische Auswirkungen
 - Erwärmung
 - Abkühlung
- Biologische Auswirkungen



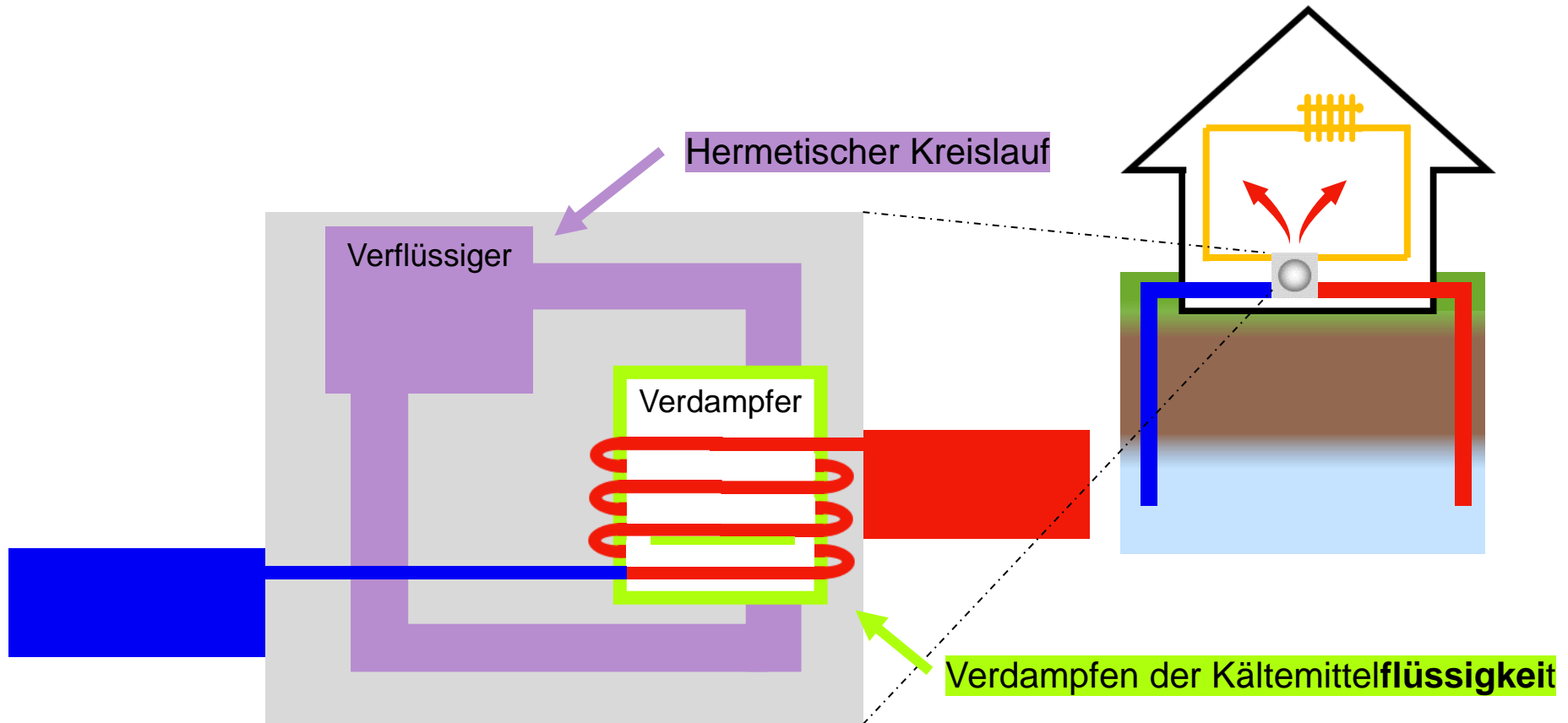
Quantifizierung der Auswirkungen nicht möglich

- **Geohydraulische Auswirkungen**
 - Absenkung des Grundwassers
 - Anhebung des Grundwasserspiegels
 - Artesischer Austritt von Grundwasser
- **Hydrochemische Auswirkungen**
 - Mischung und Ausfällungen in Wässern
 - Stoffeintrag
- **Thermische Auswirkungen**
 - Erwärmung
 - Abkühlung
- **Biologische Auswirkungen**

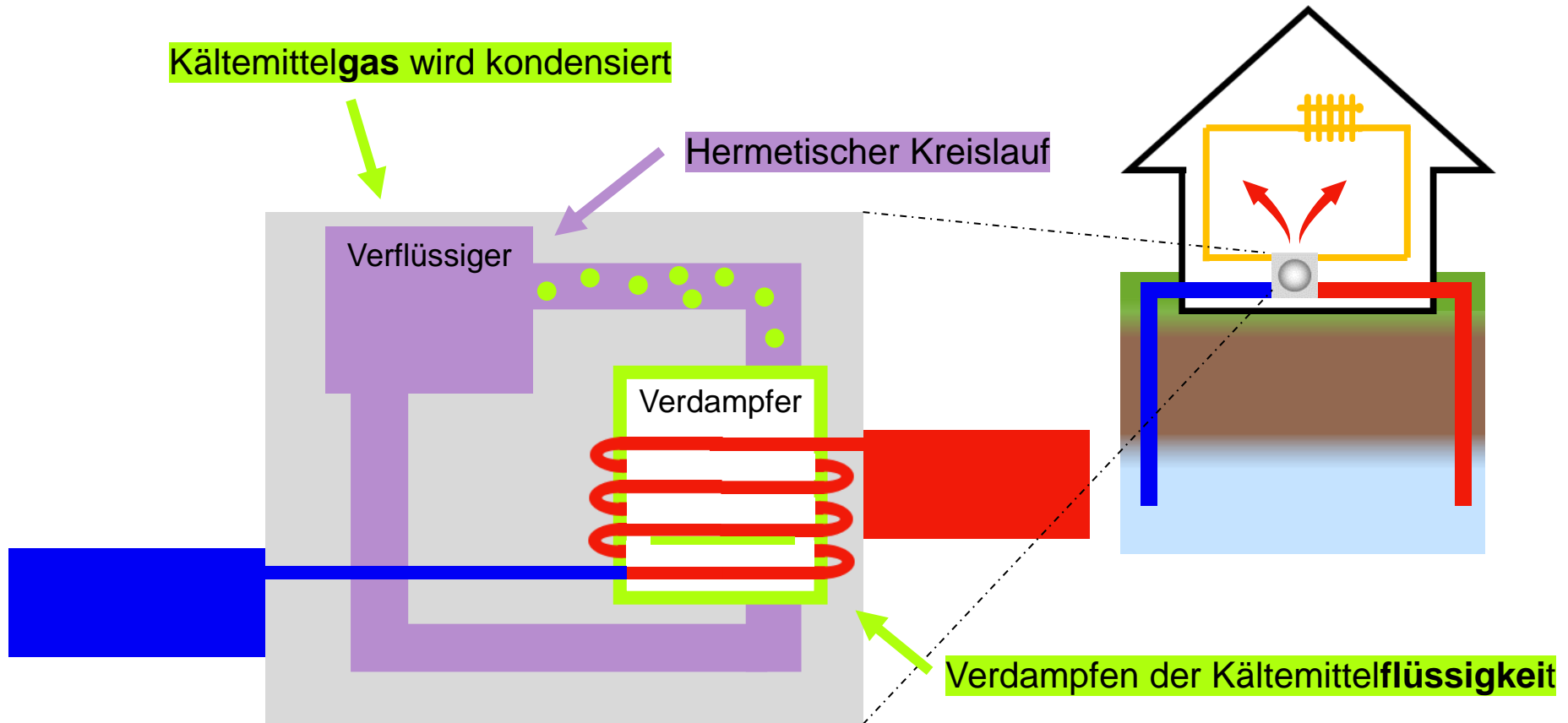
Lückenhafte statistische
Auswertung

- Abhängig von
permanenten Kontrollen
und Nachkontrollen

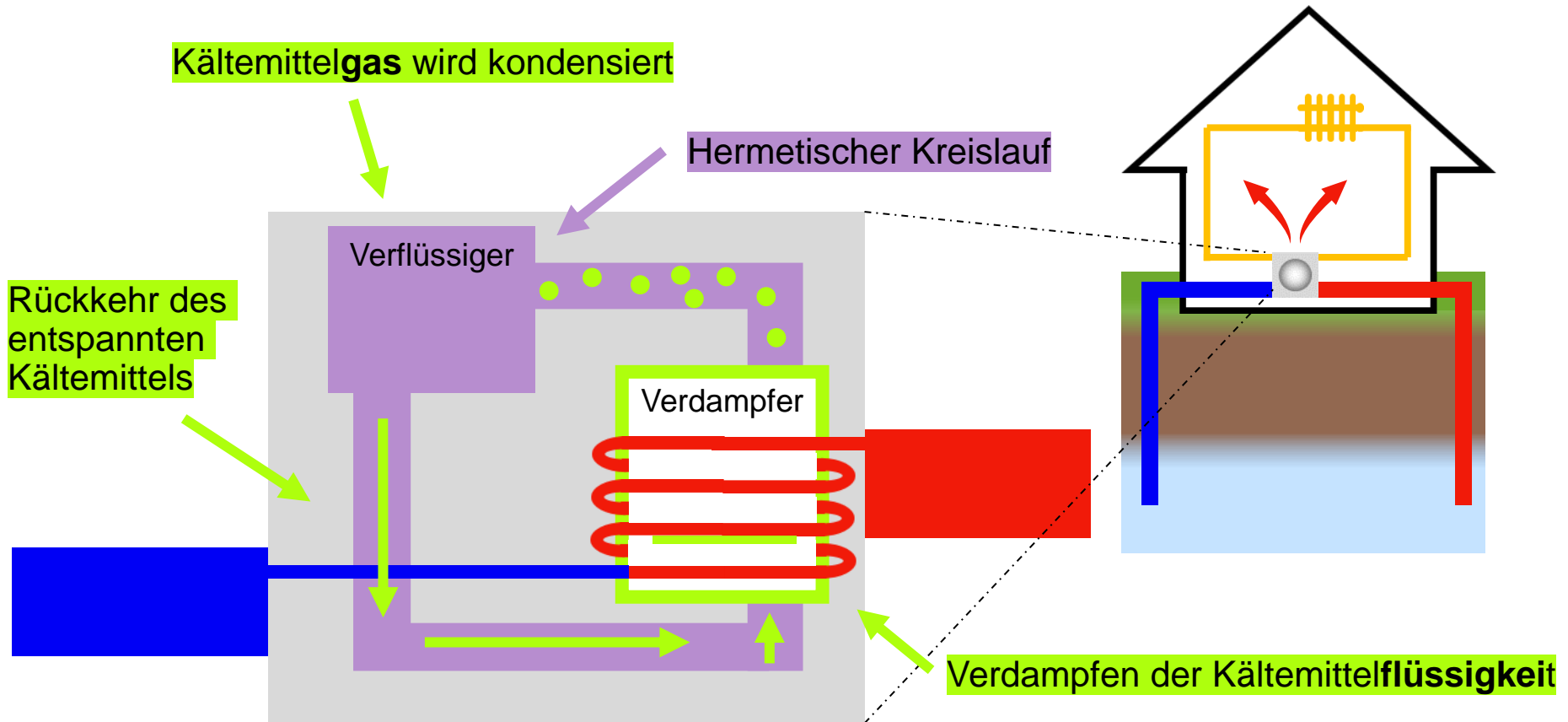
Durch Kältemittel kann die Wärmeenergie des Grundwassers aufgenommen und erwärmt werden



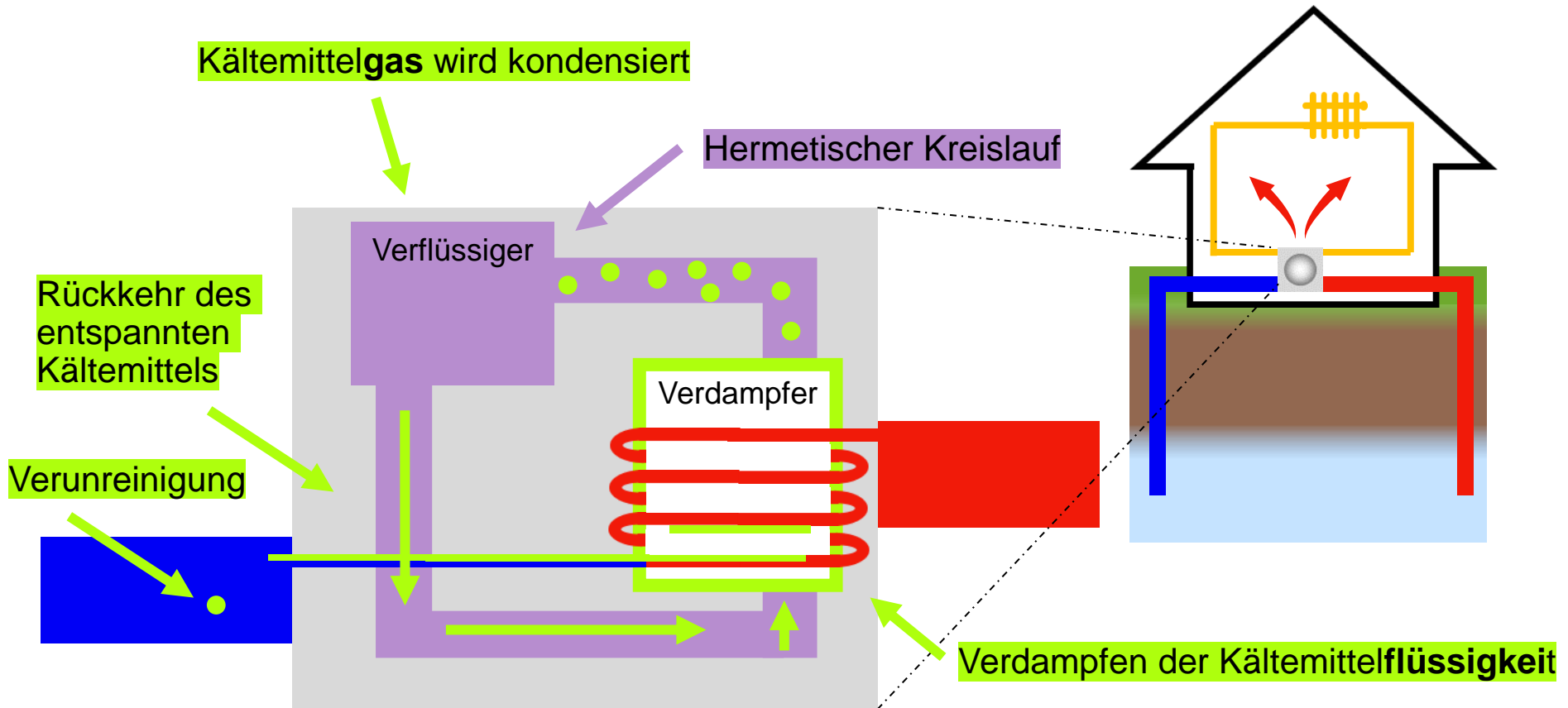
Durch die Kondensierung des Gases im Verflüssiger wird Wärme abgegeben



Das Kältemittel gelangt als Flüssigkeit in den Verdampfer zurück



Durch Leckagen im Kreislauf kann das Wärmemittel austreten und die Grundwasserqualität beeinträchtigen



Synthetische Kältemittel werden künstlich hergestellt

Synthetische Kältemittel	Kürzel	GWP
Fluorkohlenwasserstoff	R-134A	1.430
Gemisch aus Pentafluorethan (R 125), 1,1,1,2-Tetrafluorethan (R 134a) und 1,1,1-Trifluorethan (R 143a)	R-404A	3.980
Gemisch aus Difluormethan (R 32), Pentafluorethan (R 125) und 1,1,1,2-Tetrafluorethan (R 134a)	R-407C	1.770
Gemisch aus Difluormethan (R 32), Pentafluorethan (R 125)	R-410A	2.090



Global Warming Potential = Treibhauspotenzial

Richtgröße: **C02** besitzt einen GWP von **1**

Natürliche Kältemittel bestehen aus natürlich vorkommenden Stoffen

Natürliche Kältemittel	Kürzel	GWP
Ammoniak	R-717	0
Kohlendioxid	R-744	1
Propan (Kohlenwasserstoff)	R-290	3
Buten (Kohlenwasserstoff)	R-600a	3
Wasser	R-718	0

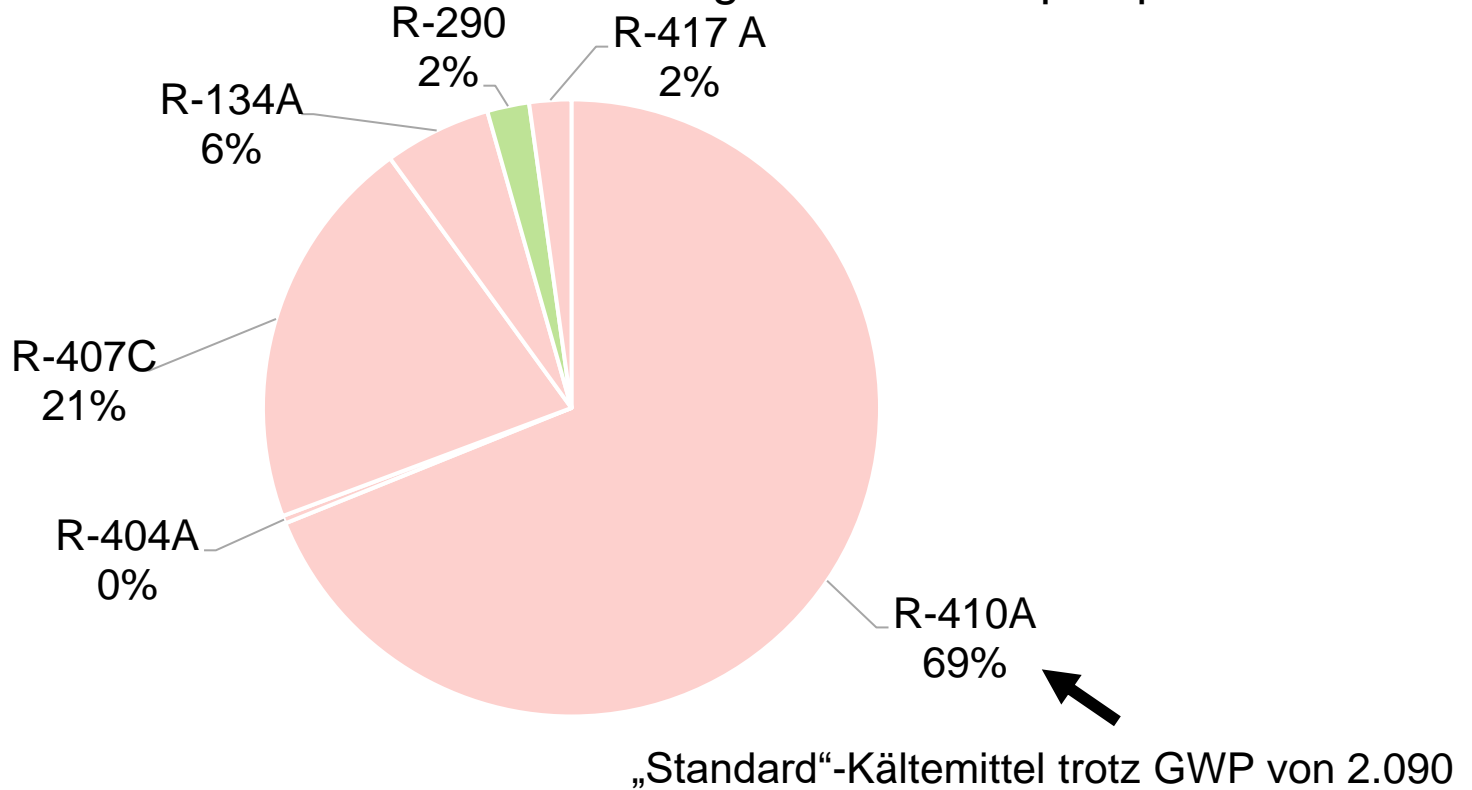


Global Warming Potential = Treibhauspotenzial

Richtgröße: **CO2** besitzt einen GWP von **1**

Synthetische Kältemittel verfügen über den größten Marktanteil

Anteil der Kältemittel in aktuell verfügbaren Wärmepumpen



<https://www.tega.de/de/r404a> (Abgerufen am 21.07.2023)

Fraunhofer ISE (2020) Abschlussbericht - Wärmepumpen in Bestandsgebäuden (Ergebnisse aus dem Forschungsbericht „Wpsmart im bestand“, Version 2.1

Natürliche Kältemittel sind besser, aber nicht “die Lösung”

Natürliche Kältemittel	Kürzel	GWP	Risiken
Ammoniak	R-717	0	<ul style="list-style-type: none"> -Einhaltung von strengen Anforderungen notwendig -Wassergefährdungsklasse 2 → Bei Freisetzung Gefahr für Grundwasser -Nutzung ist nur durch geschultes Personal erlaubt -Dokumentation des laufenden Betriebs notwendig (Dichtheitskontrollen, Wartungsarbeiten)
Kohlendioxid	R-744	1	<ul style="list-style-type: none"> -Hoher technischer Aufwand, hohe Kosten -Fehler treten im Vergleich zu synthetischen Kältemitteln „schneller und massiver“ auf

Es gibt **keine gesetzliche Wartungspflicht** beim Einsatz von W-W-Wärmepumpen-Anlagen

Natürliche Kältemittel	Kürzel	GWP	Risiken
Ammoniak	R-717	0	<ul style="list-style-type: none"> -Einhaltung von strengen Anforderungen notwendig -Wassergefährdungsklasse 2 → Bei Freisetzung Gefahr für Grundwasser -Nutzung ist nur durch geschultes Personal erlaubt -Dokumentation des laufenden Betriebs notwendig (Dichtheitskontrollen, Wartungsarbeiten)
Kohlendioxid	R-744	1	<ul style="list-style-type: none"> -Hoher technischer Aufwand, hohe Kosten -Fehler treten im Vergleich zu synthetischen Kältemitteln „schneller und massiver“ auf

Je nach Wärmepumpe werden Wartungsintervalle von 1 – 3 Jahren empfohlen

1. Zu wenig **Kontrolle** in Privathaushalten
2. Leckagen können zu spät erkannt werden und zu **Verunreinigungen** des Grundwassers führen
3. Fehlende **statistische Erhebungen** über tatsächliche Verunreinigung des Grundwassers

Bis ins Jahr 2030 soll die Nutzung von Kältemitteln auf 35 Mio. CO₂-Äquivalente verringert werden

VERORDNUNG (EU) Nr. 517/2014 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

vom 16. April 2014

über fluorierte Treibhausgase und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 842/2006

■ Gültig seit 01. Januar 2015

Kältemittel



→ Ende 2023: Novellierung der F-Gase-Verordnung

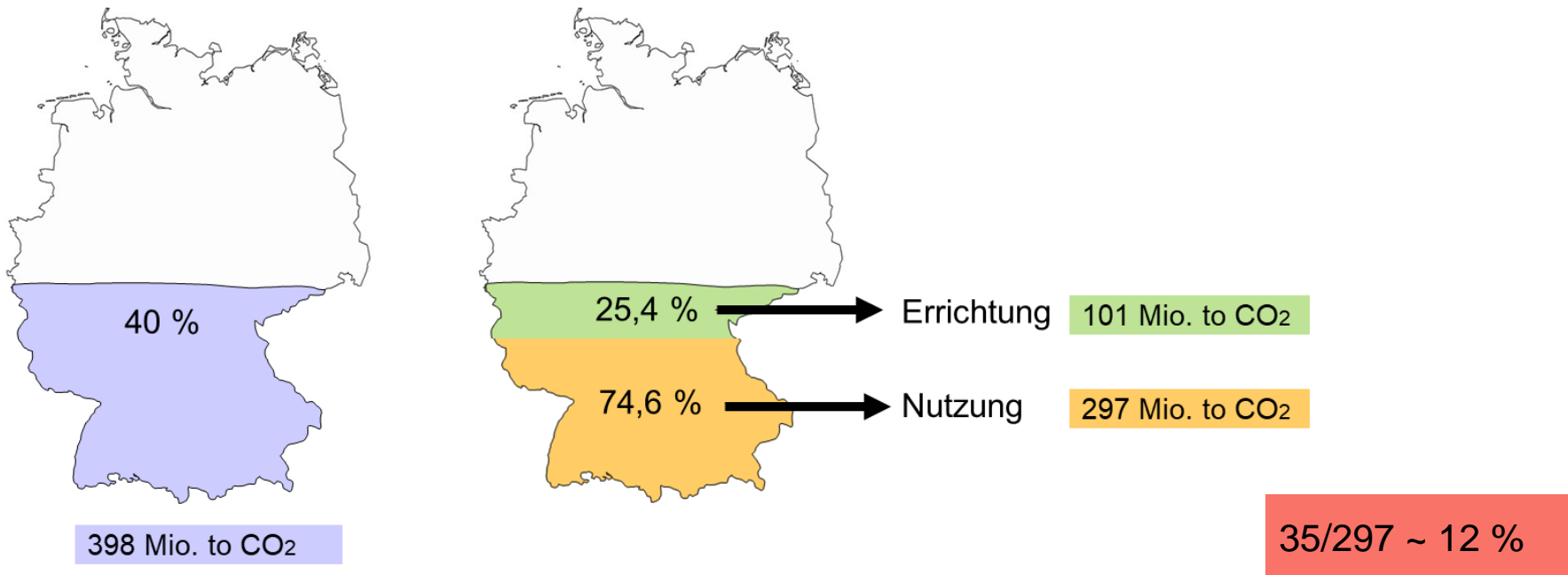
- Emissionen von fluorierten Treibhausgasen reduzieren durch schrittweise Beschränkung

Bis ins Jahr 2030 soll die Nutzung von Kältemitteln auf 35 Mio. CO₂-Äquivalente verringert werden

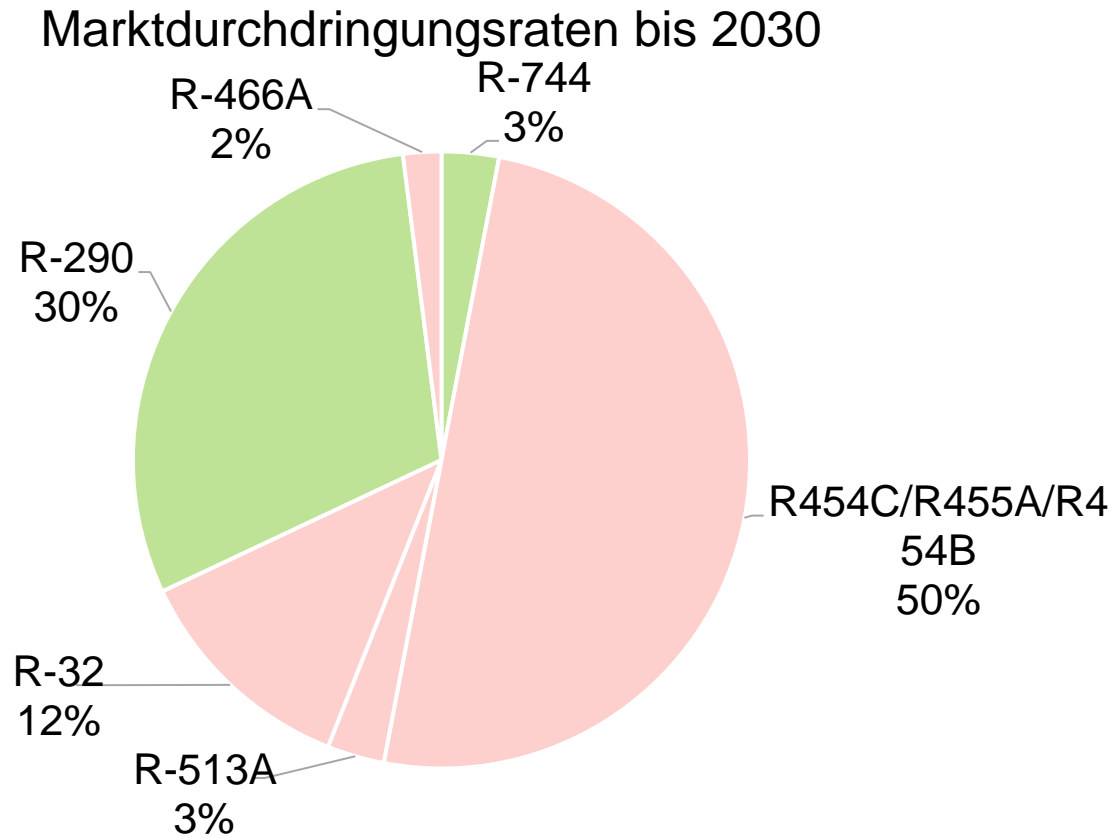
VERORDNUNG (EU) Nr. 517/2014 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

vom 16. April 2014

über **fluorierte Treibhausgase** und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 842/2006



Struktur von synthetischen Kältemitteln wird angepasst und GWP sinkt



<https://www.tega.de/de/r404a> (Abgerufen am 21.07.2023)

Fraunhofer ISE (2020) Abschlussbericht - Wärmepumpen in Bestandsgebäuden (Ergebnisse aus dem Forschungsbericht „Wpsmart im Bestand“, Version 2.1

Becker, Gloel, Moie (2022) Hauswärmepumpen mit natürlichen Kältemitteln - Entwicklung von Anforderungen an klimafreundliche und energieeffiziente Geräte für den Blauen Engel, Umweltbundesamt

Kosten - Einfamilienhaus

- Grundgerät 14.000 € - 18.750 €
- Installation & Zubehör 14.800 € - 22.500 €
- Kosten inkl. Einbau ~ **37.500 €**

Auch eine umweltfreundliche Wasser-Wasser-Wärmepumpe bleibt abhängig vom Grundwasser

- Umfangreiches Genehmigungsverfahren
 - Problem: Grundwasserzustand kann sich ändern
- Trendentwicklungen
 - Grundwasserspiegel sinken
 - Grundwasserqualität ist schon „schlecht“ (NRW)
 - Lange Pausen zwischen Wartungen der Wärmepumpe (Privathaushalt)
 - Grundwasserqualität bei privaten Haushalten kann variieren
- Kältemittel können die GW-Qualität beeinflussen
 - Fehlende statistische Daten
- Hohe Kosten
- Betrieb
 - Ausfälle möglich

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.