

Wärmepumpen: Funktion, Chancen und Grenzen

14.10.2023

Gregor Daun
Neckargemünd
Klimamesse

1

Disclaimer / Haftungsausschluß



Der Inhalt dieser Präsentation dient nur zu Informationszwecken. Die Autoren haben alle Informationen und Bestandteile nach bestem Wissen zusammengestellt. Dennoch garantieren wir nicht für die Vollständigkeit, Richtigkeit, Aktualität und technische Exaktheit der in dieser Präsentation bereitgestellten Informationen und schließen jegliche Haftung aus.

© Gregor Daun, 2022

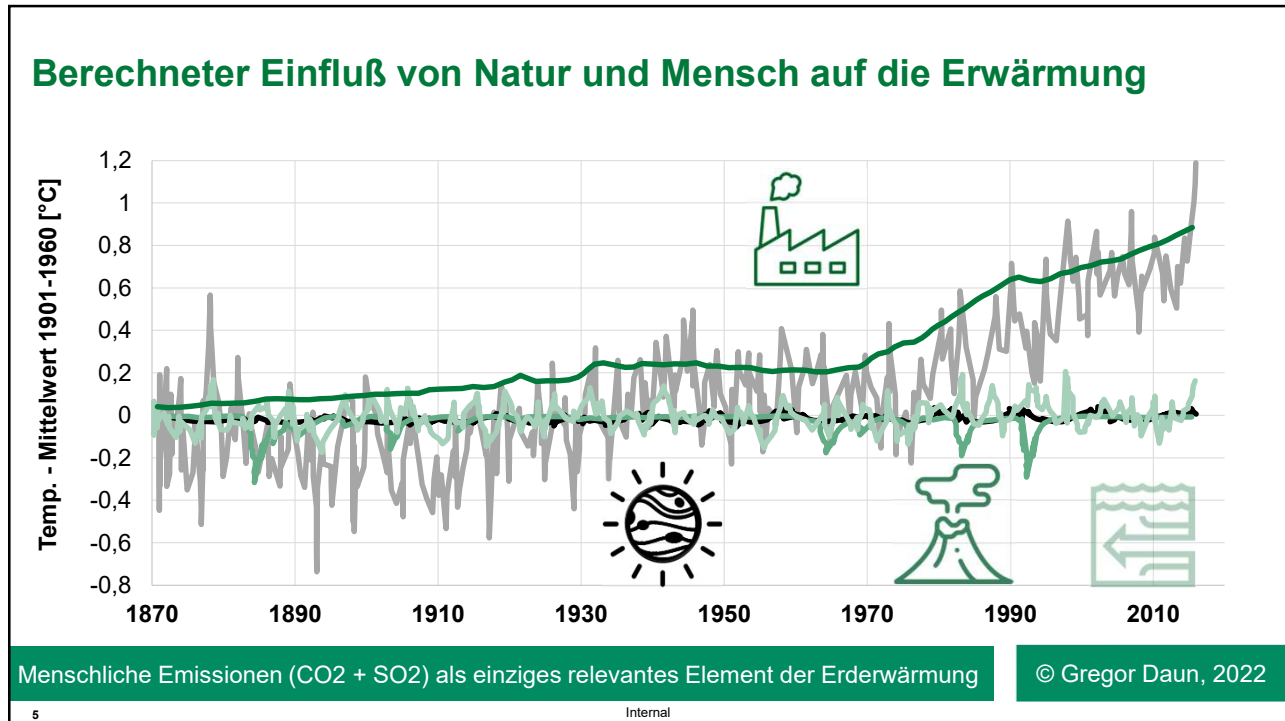
2

Warum brauchen wir neue Heizungen ohne Emissionen?

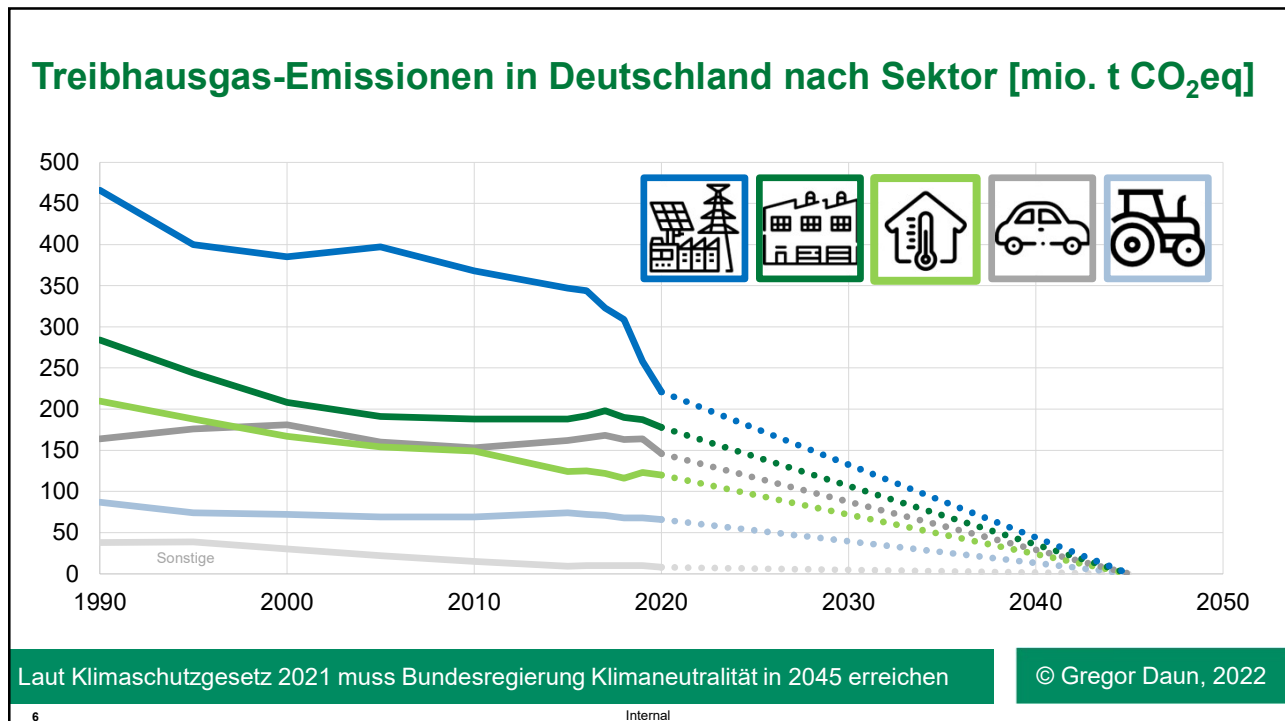
3

Klimawandel (Natürlich)	Erderwärmung (durch Menschen)
	
Klimawandel hatte natürliche Gründe, Erderwärmung ist von Menschen gemacht	
© Gregor Daun, 2022	

4



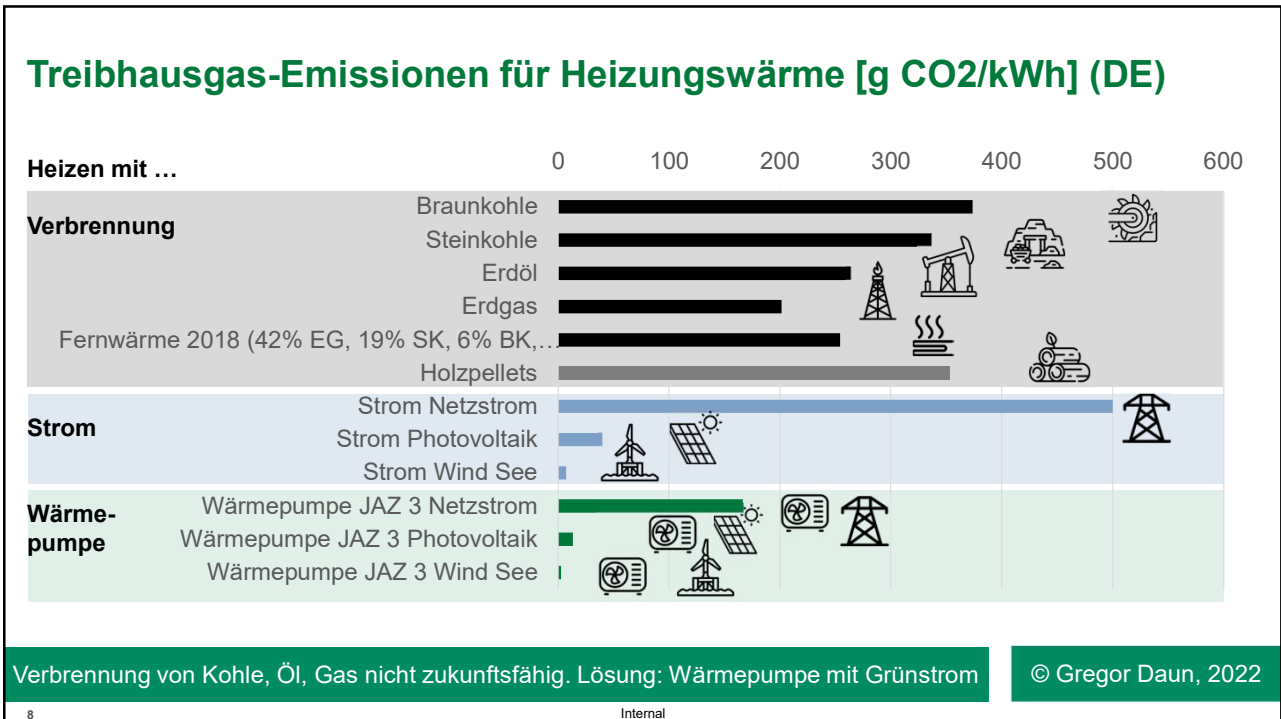
5



6

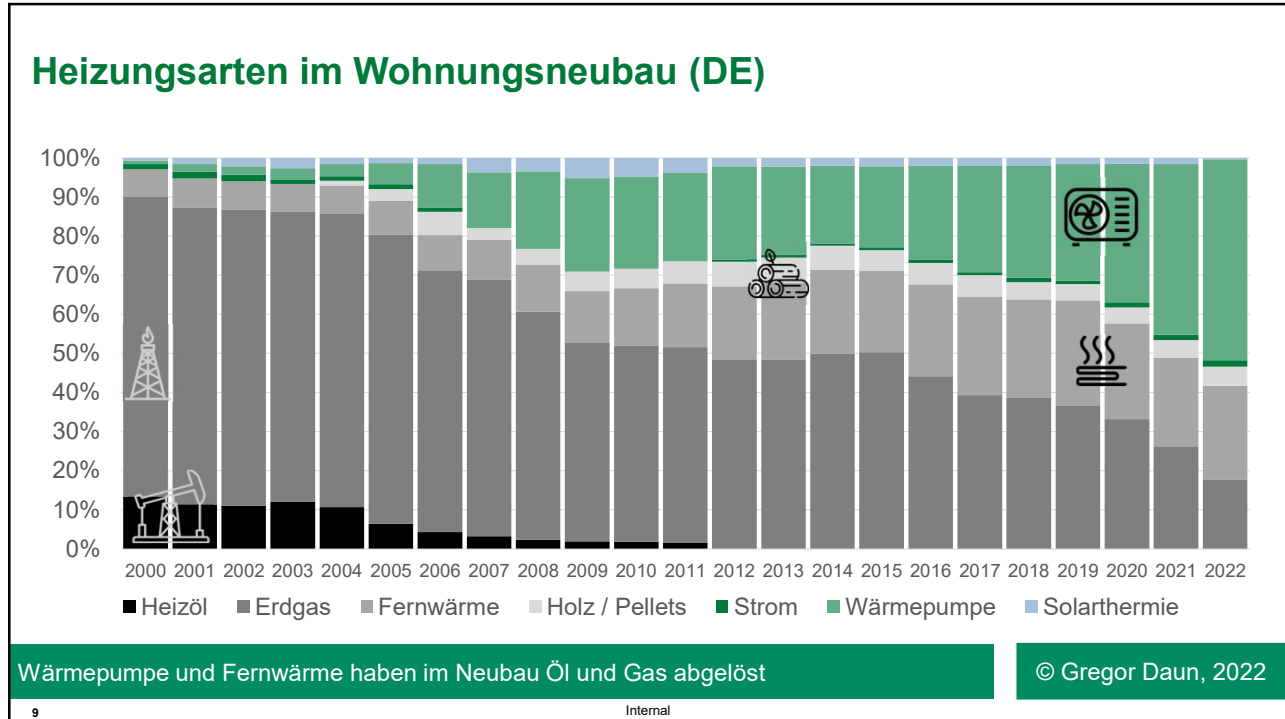
Wie heizen wir heute?

7

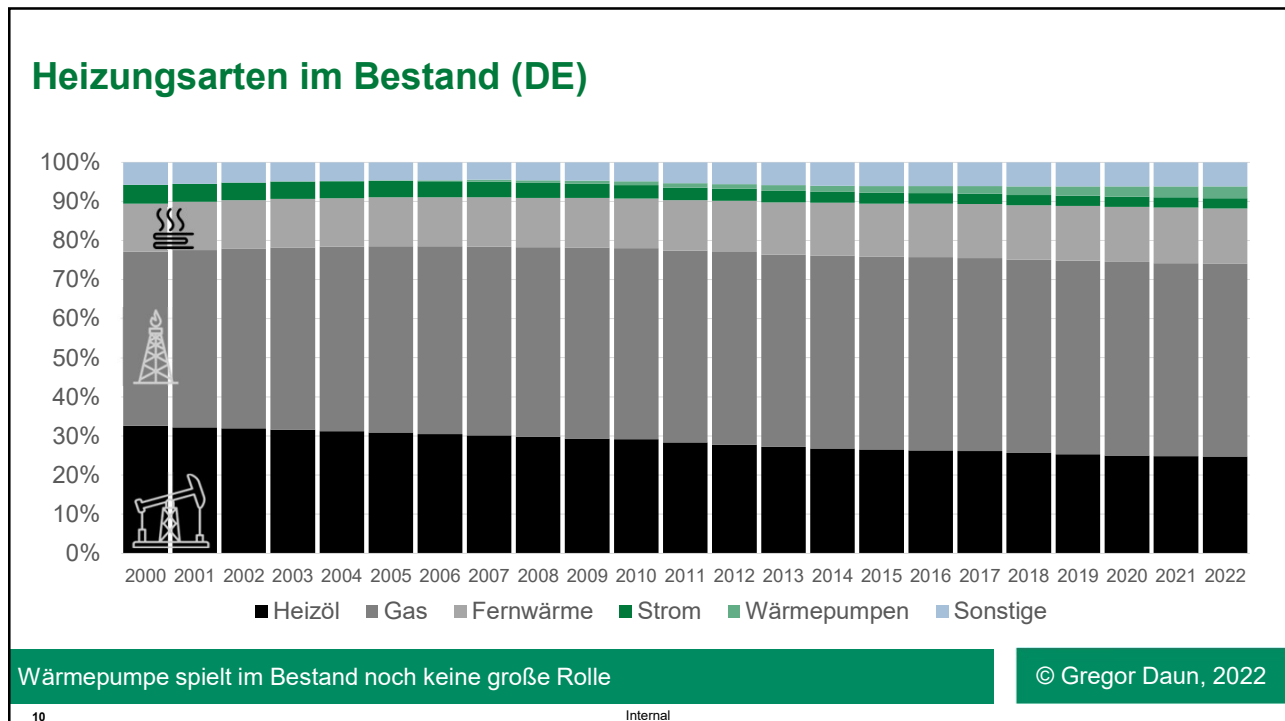


8

8



9

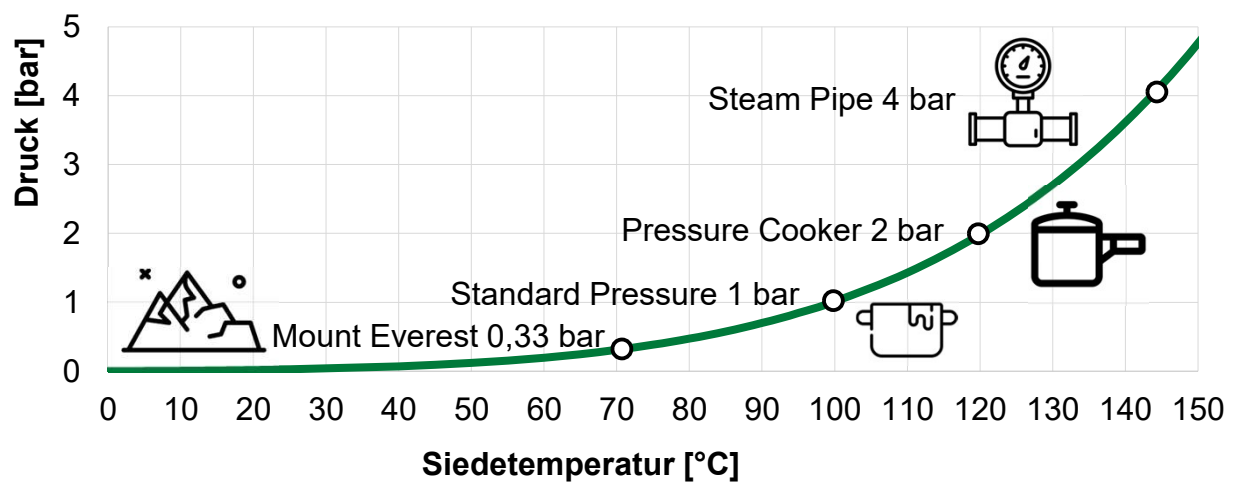


10

Wie funktioniert eine Wärmepumpe?

11

Wärmepumpe – Siedetemperatur und Druck (Beispiel Wasser)



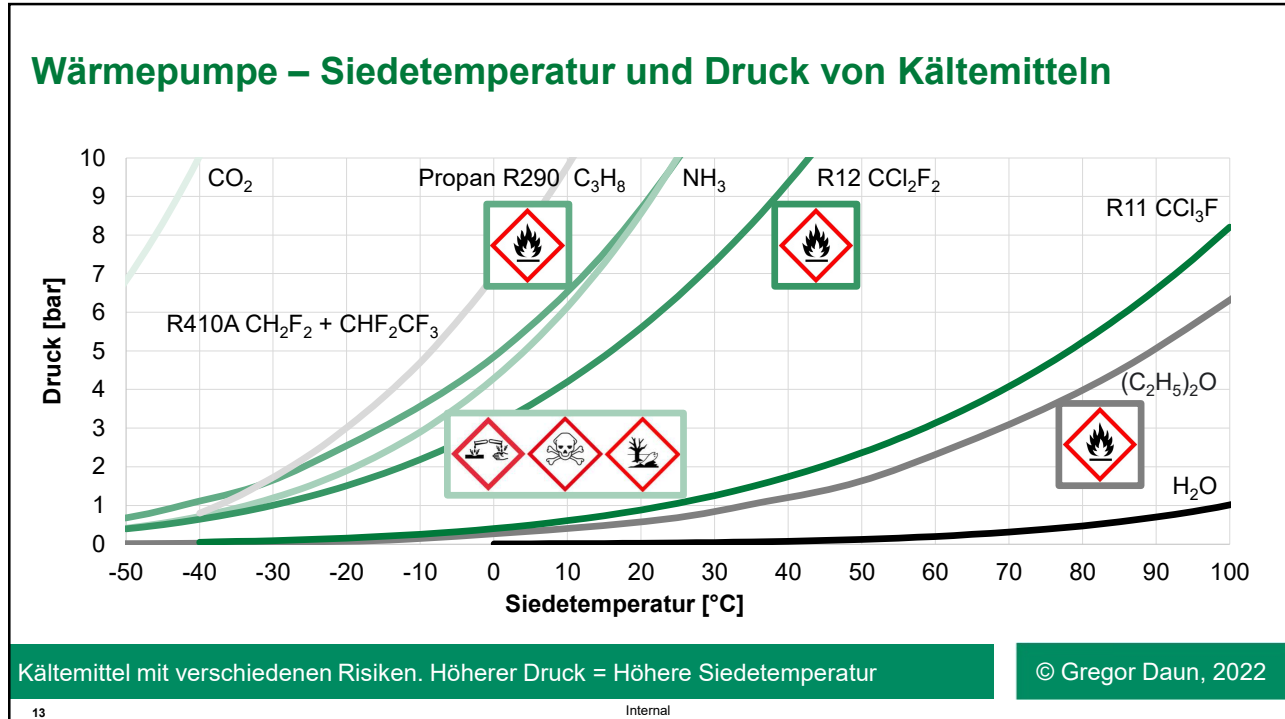
Höherer Druck = höhere Siedetemperatur

© Gregor Daun, 2022

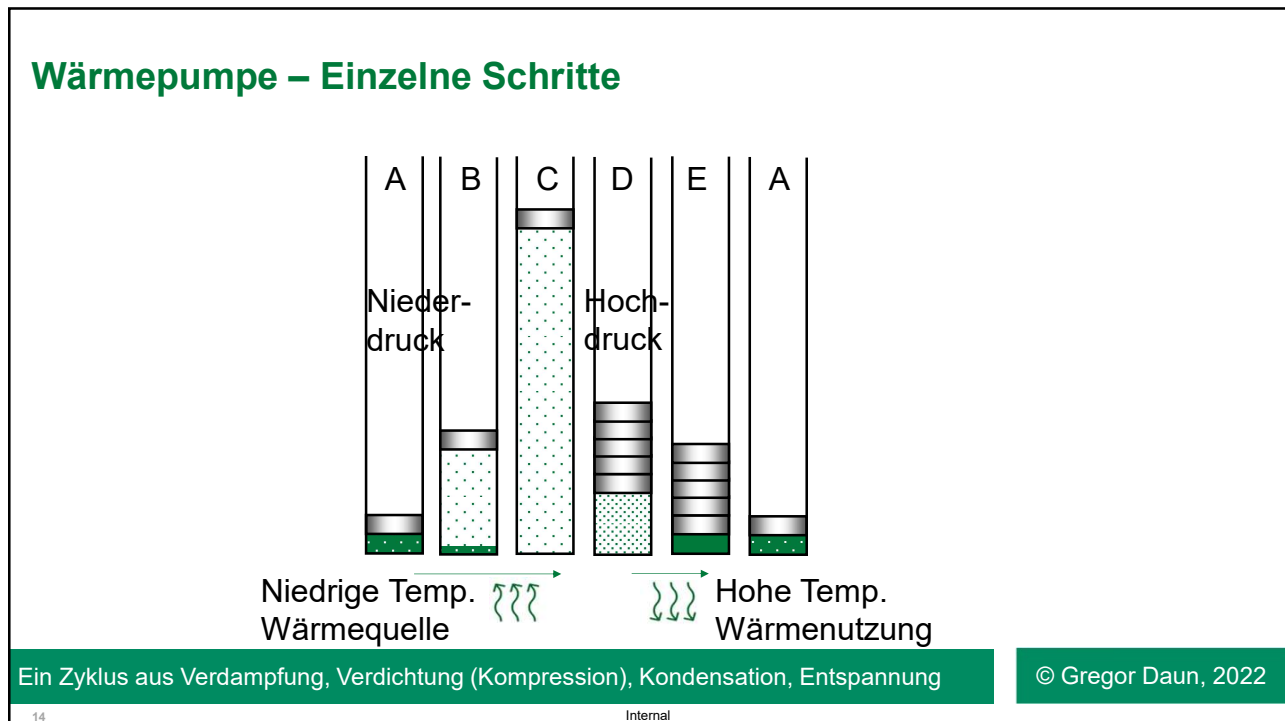
12

Internal

12



13



14

Wärmepumpe – Kompression erzeugt Wärme / Temperaturanstieg

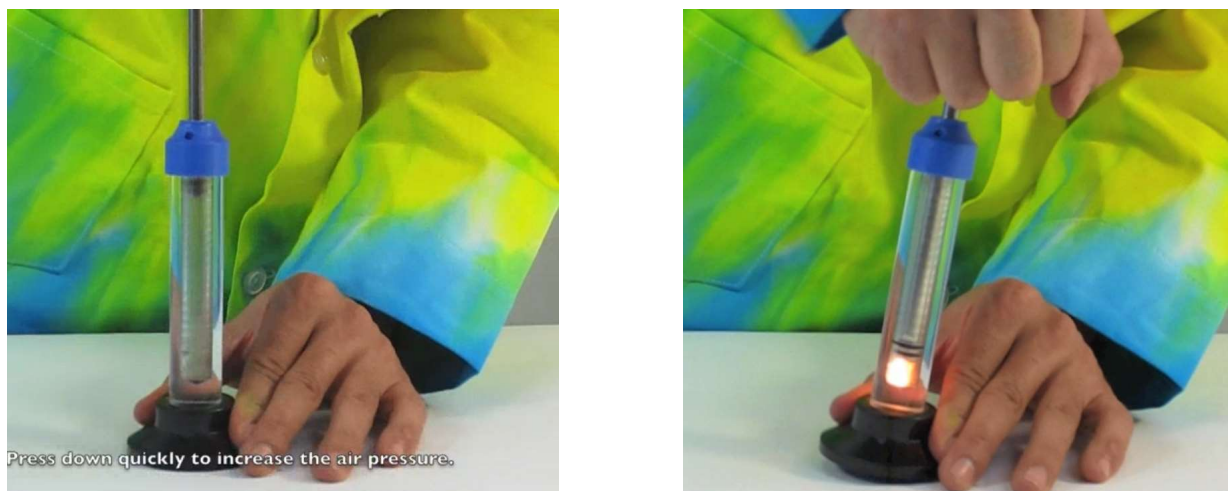


Durch die Verdichtung (Kompression) wird Energie zugeführt und die Temperatur erhöht

© Gregor Daun, 2022

15

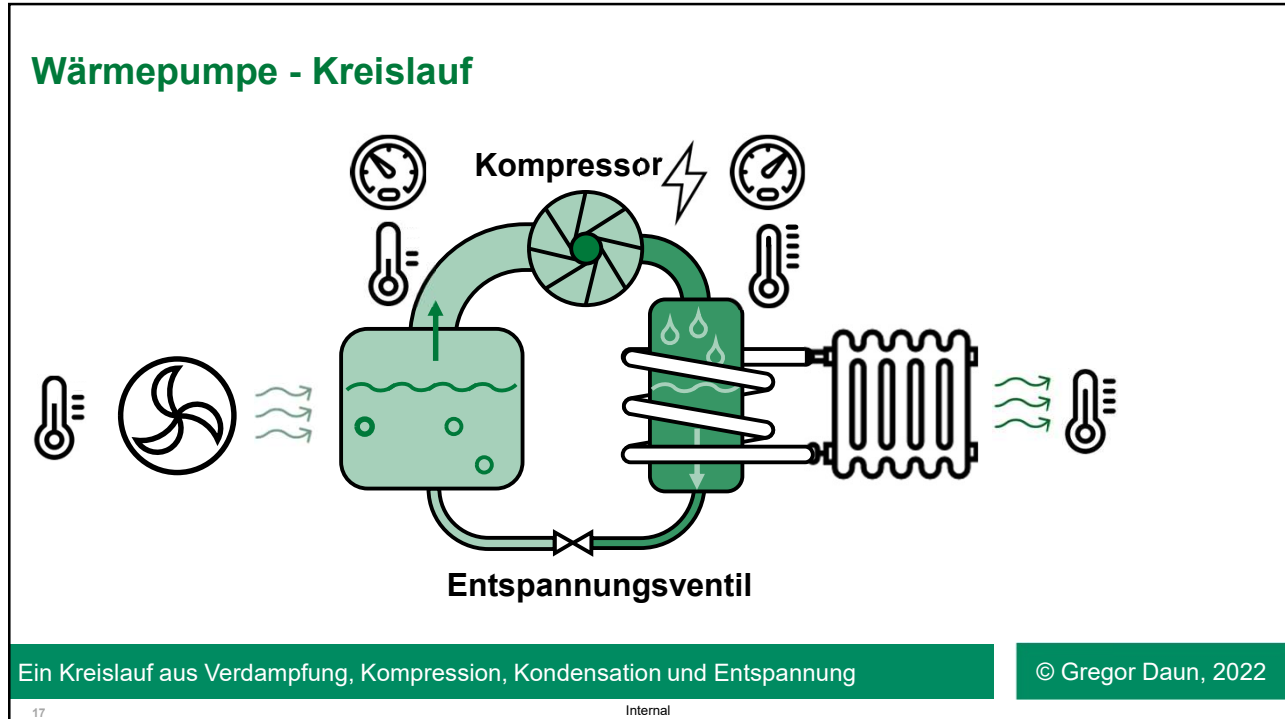
Wärmepumpe – Kompression erzeugt Wärme / Temperaturanstieg



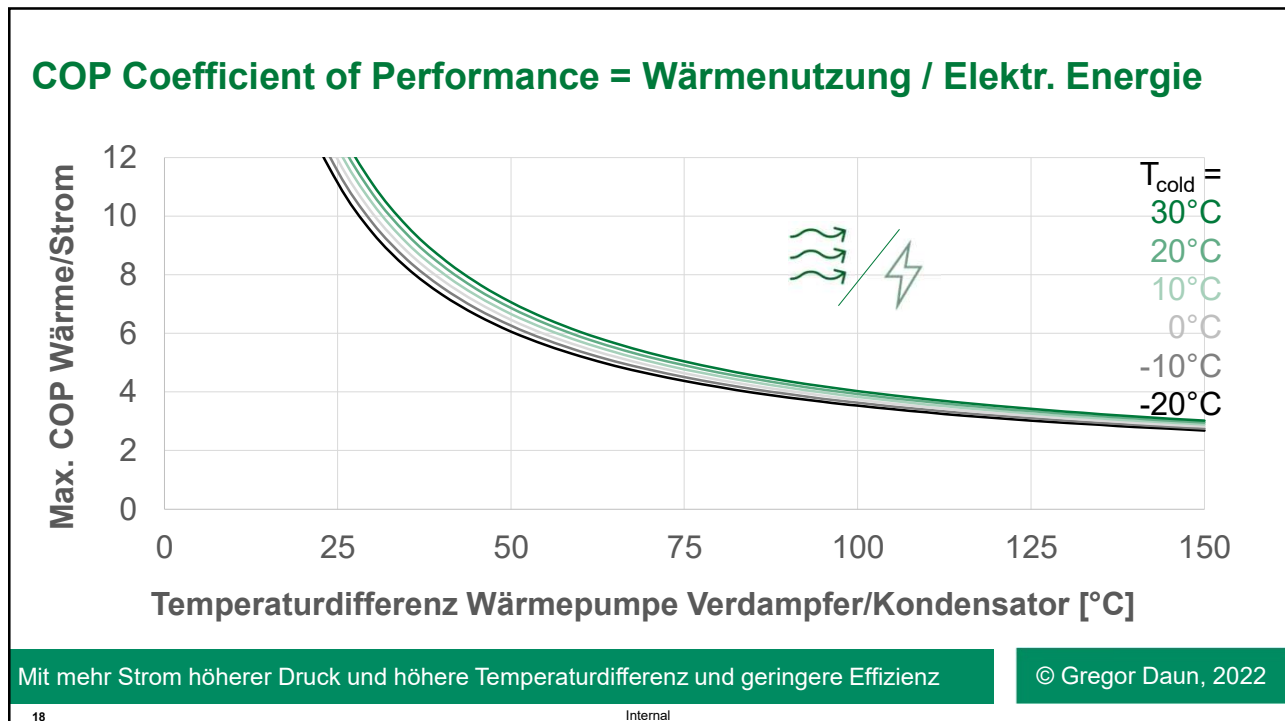
Beispiel: Die Verdichtung von reiner Luft erzeugt Temperatur zum Zünden von Baumwolle

© Gregor Daun, 2022

16

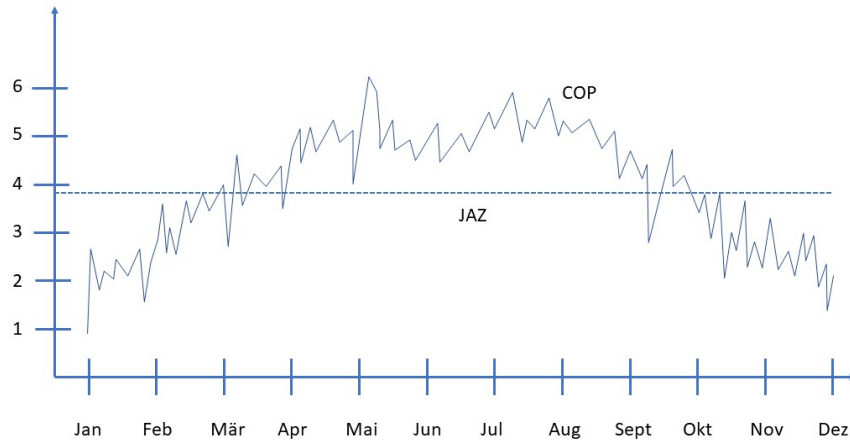


17



18

Jahresarbeitszahl und COP



Jahresarbeitszahl JAZ ist der Mittelwert des COP über die Zeit gemittelt.

© Gregor Daun, 2022

19







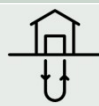
Internal

19

Was gibt es für Wärmepumpe-Typen?

20

Jahresarbeitszahlen von Kombinationen Wärmequelle + Heizung

Wärmequelle	Heizung			
Durchschnittliche Jahresarbeitszahl Grobe Schätzung	Fußboden-/Wandheizung 35°C 	Warmluftgebläse 40°C 	Flächenheizkörper 50°C 	Gußheizkörper 65°C 
 Luftwärme -10°C bis +20°C	3,6	3,3	2,7	
 Bodenwärme, 1 m tief, 0 bis +10 °C	5	4,5	3,2	1,8
 Tiefenwärme, 100 m tief, +15 °C	6	5	4	3

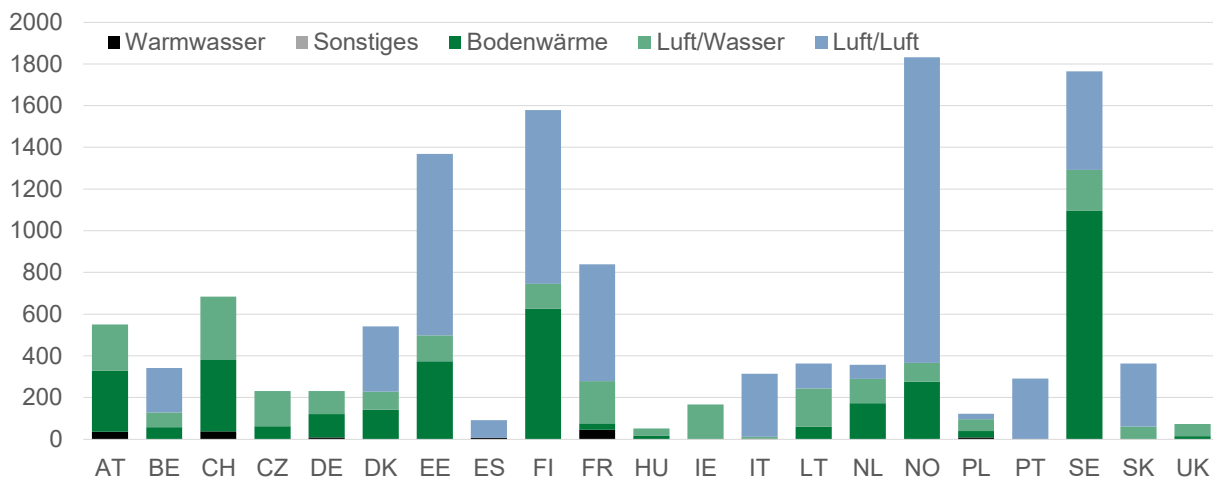
© Gregor Daun, 2022

21

Internal

21

Nutzung von Wärmepumpen [kWh/Einwohner Jahr] in Europa



Skandinavien (SE, NO, FI, DK) ist Vorreiter bei der Nutzung von Wärmepumpen

© Gregor Daun, 2022

22

Internal

22

Wie laut ist die Wärmepumpe?

23

Wärmepumpen und Lärm

Emission LWAeq gemessen in dezibel (dbA)

- Wärmepumpe



- Direkt am Außengerät
LWAeq Schalleistungspegel an der Schallquelle = 45 bis 65 dB(A)
- Vergleich:
20 dB Blätterrauschen,
30 dB Flüstern
60 dB Normale Konversation

Immission LAeq (dbA)

- Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden in reinen Wohngebieten:



- LAeq Schallpegel am Empfänger in dB(A) =
Tags 50 dB(A), Nachts 35 dB(A)
- Gemessen 0,5 m vor der Mitte des geöffneten Fensters (außerhalb des Gebäudes) des vom Geräusch am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raumes (nach DIN 4109):
- Wohn- und Schlafräume, Kinderzimmer, Arbeitsräume/Büros

Wärmepumpen direkt vor dem Schlafzimmerfenster sind zu laut und brauchen Abstand

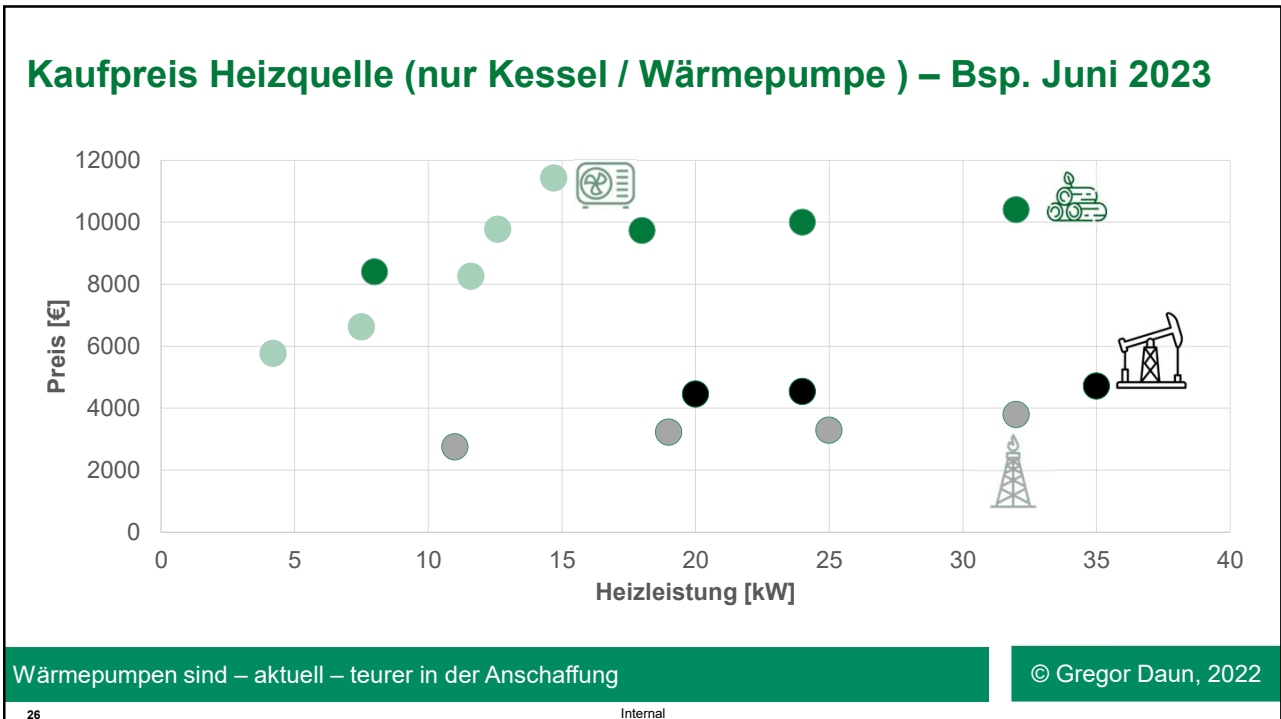
© Gregor Daun, 2022

Internal

24

Wie teuer ist das Heizen mit Wärmepumpe?

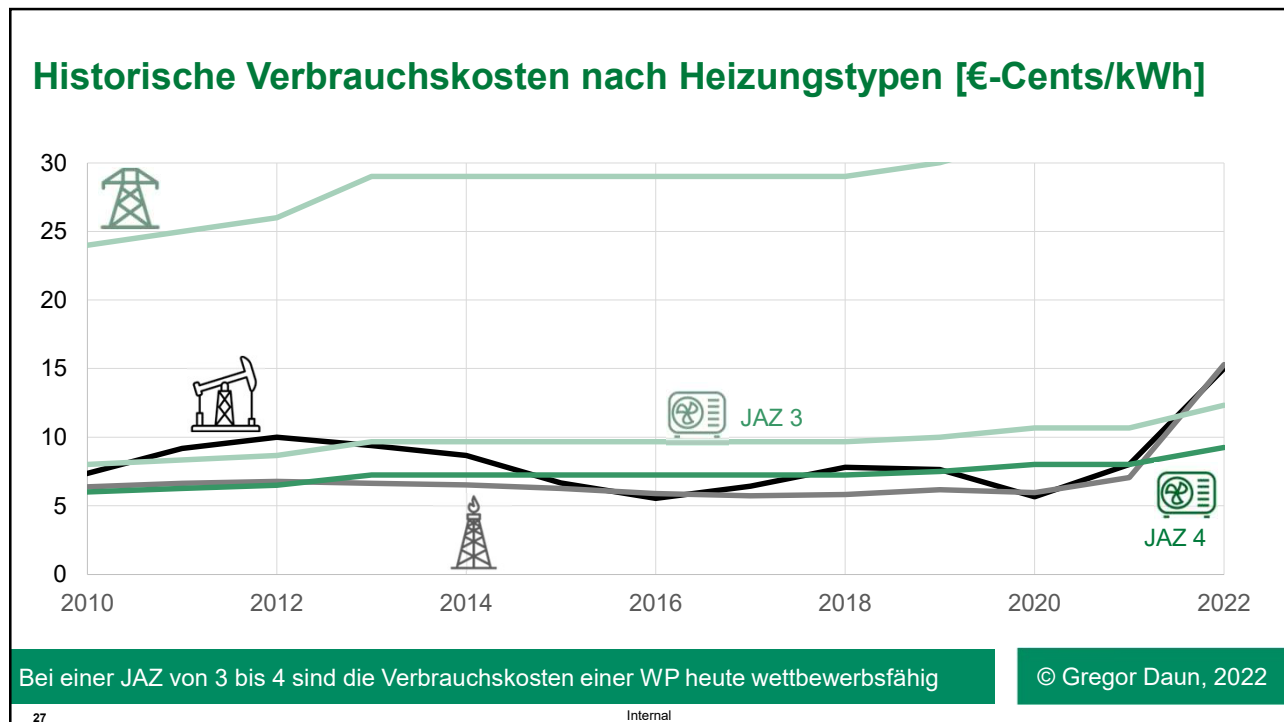
25



26

Internal

26



27

Brauchen wir Dämmung, Fußbodenheizung und Photovoltaik für die Wärmepumpe?

28

Die Wärmepumpe funktioniert wie eine andere Heizung

Benötigt die Wärmepumpe zuerst eine Dämmung von Haus oder Wohnung?

Erlaubter Energieverbrauch [kWh / m² Jahr] nach Baujahr



Nein, nicht zwingend, mit einer schlechten Wärmedämmung braucht man aber mehr Öl oder Gas oder eben Wärmepumpenstrom

Braucht die Wärmepumpe eine Fußbodenheizung?

Jahresarbeitszahlen von Kombinationen Wärmequelle + Heizung

Wärmequelle	Luft/Wasser	Luft/Luft	Wasser/Wasser	Wasser/Luft	Wasser/Wasser
Luft/Wasser +15°C	3,8	3,3	2,7	2,7	2,7
Luft/Luft +10°C	4,5	4,5	3,2	3,2	3,2
Wasser/Wasser +10°C	4,5	4,5	3,2	3,2	3,2
Wasser/Wasser +15°C	4,5	4,5	3,2	3,2	3,2

Nein, aber Heizkörper wie Konvektoren oder Radiatoren brauchen eine höhere Temperatur und die Wärmepumpe arbeitet weniger effizient.

Braucht die Wärmepumpe eine Photovoltaik-Anlage?

Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung [%]



Nein, braucht sie nicht. Photovoltaik ist eine gute und effiziente Quelle für Strom, aber die Wärmepumpe braucht den meisten Strom in kalten Winternächten. Dafür braucht es mehr Windstrom.

Zusätzliche Investitionen in Dämmung, Fußbodenheizung oder PV sind kein Muss!

© Gregor Daun, 2022

Internal

Erste Schritte zur Wärmepumpe

Schritte in Richtung Wärmepumpe

Schritt

Beispiel Haus mit Einliegerwohnung

- | | |
|---|--|
| 1. Eigenanalyse und erste Optimierung | |
| ▶ Eigenen Verbrauch / Heizlast feststellen: | 2000 l Öl |
| ▶ Wärmebedarf über Energieinhalt und Effizienz Brenner | $2000 \text{ l Öl} * 1 \text{ kWh/l Öl} * 90\% = 18.000 \text{ kWh}$ |
| ▶ Vorlauftemperatur in kalter Winternacht ablesen | 55°C |
| ▶ Vorlauftemperatur absenken | 50°C |
| 2. Energieberatung Verbraucherzentrale: https://verbraucherzentrale-energieberatung.de/ | |
| 3. Wärmebedarfsanalyse durch Sachverständigen Gutachter für Antrag auf Förderung | |

© Gregor Daun, 2022

31

Internal

31

Literatur

32

Quellen-Nachweis je Folie

- Berechneter Einfluß von Mensch und Natur auf die Erderwärmung: <https://science2017.globalchange.gov/chapter/3/>
- Treibhausgas-Emissionen in Deutschland nach Sektor [mio. t CO₂eq]: <https://www.bmuv.de/media/infografiken-zur-klimabilanz>
- Treibhausgas-Emissionen für Heizungswärme [g CO₂/kWh] (DE):
 - ▶ Steinkohle, Braunkohle, Naphta: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/co2_emission_factors_for_fossil_fuels_correction.pdf
 - ▶ Fernwärme: <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/heizung/fernwaerme/>
 - ▶ Strommix: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-26_cc-45-2021_strommix_2021.pdf
 - ▶ Photovoltaik und Windenergie: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06_cc_35-2021_oekobilanzen_windenergie_photovoltatik.pdf
 - ▶ Pellets: <https://www.chathamhouse.org/2021/10/greenhouse-gas-emissions-burning-us-sourced-woody-biomass-eu-and-uk/annex-emissions-wood>
 (... For the purposes of this report, we have used the average of reported consumption and emissions from Drax for the years 2013–19, which gives a conversion factor of 1.80 tonnes CO₂ per tonne of wood pellets (see Table 7).)
 Pellet Energiegehalt: <https://epc.bioenergyeurope.org/about-pellets/pellets-basics/pellet-standards/> (5,1 kWh/kg)
 1800 kg CO₂/ 5100 kWh = 353 g CO₂/kWh
- Heizungsarten im Wohnungsneubau (DE): Bis 2021: <https://www.tga-fachplaner.de/meldungen/heizungstechnik-neubau-waermepumpe-ist-das-dominierende-heizsystem>
 2022: <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/beheizungsstruktur-baugenehmigungen-aktuell/>
- Heizungsarten im Bestand (DE): <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/beheizungsstruktur-wohnungsbestand/>
- Quellen der Fernwärme im Bestand: <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/heizen-und-warmwasser/fernwaerme-so-heizen-sie-weder-kosten-noch-klima-ein-34038>
- Wärmepumpe – Siedetemperatur und Druck von Kältemitteln: Stoffdatensammlungen, Sicherheitsdatenblätter
- Wärmepumpe – Kompression erzeugt Wärme / Temperaturanstieg:
 - ▶ Verdichtungssimulation: <https://www.tec-science.com/thermodynamics/thermodynamic-processes-in-closed-systems/why-does-pressure-and-temperature-increase-during-the-compression-of-a-gas/>
 - ▶ Versuch mit Feuerkolben: <https://www.teachersource.com/product/fire-syringe-demo#prod-video>
- Jahresarbeitszahl und COP: <https://energiewende.eu/cop-scop-eta-jaz/>

© Gregor Daun, 2022

33

Internal

33

Quellen-Nachweis je Folie

- Jahresarbeitszahl und COP: <https://energiewende.eu/cop-scop-eta-jaz/>
- Jahresarbeitszahlen von Kombinationen Wärmequelle + Heizung: <https://www.jahresarbeitszahlen.de/theorie-und-praxis/feldstudien-und-ergebnisse> <https://www.energie-experten.org/heizung/waermepumpe/leistung/jahresarbeitszahl> Eigene Interpolation bzw. Extrapolation von Stützwerten – alles Schätzwerte
- Nutzung von Wärmepumpen [kWh/Einwohner Jahr] in Europa: <https://www.ehpa.org/market-data/> und Statistiken zur Einwohnerzahl
- Wärmepumpen und Lärm: <https://www.sbz-monteur.de/gut-zu-wissen/schallemissionen-von-waermepumpen>
https://www.waermepumpe.de/uploads/tx_bcpagelflp/BWP_LF_Schall_final.pdf <https://www.waermepumpe.de/schallrechner/>
- Kaufpreis Heizquelle (nur Kessel / Wärmepumpe) – Bsp. Juni 2023: Eigene Vergleichsrecherche für einen deutschen Hersteller beim Internetportal <https://www.heizungsdiscout24.de/>
- Historische Verbrauchskosten nach Heizungstypen [€-Cents/kWh]:
 - ▶ Öl: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2633/umfrage/entwicklung-des-verbraucherpreises-fuer-leichtes-heizoel-seit-1960/>
 - ▶ Gaspreis: <https://www.bdew.de/presse/pressemappen/gaspreis-und-co-2-preis/>
 - ▶ Strompreis: <https://www.tech-for-future.de/strompreisentwicklung/>
- Kosten Stromerzeugung in Großkraftwerken in EU [€-Cents / kWh]: Abb. 8 in <https://www.bundestag.de/resource/blob/887090/1867659c1d4edcc0e32cb093ab073767/WD-5-005-22-pdf-data.pdf>

© Gregor Daun, 2022

34

Internal

34