

# Klimafreundlich heizen – ohne Gas und Öl!

Lust auf Autarkie

**Dirk Hufnagel**

Ingenieurbüro für erneuerbare Energien und Energieberatung



1

Einstimmung

# 25.11.1973

Einstimmung

# Autofreier Sonntag

6

© Dirk Hufnagel 2023

3

3

## Vorbemerkungen

Gebäude und Verbräuche

Heizungen: „Früher war alles ... !“

Klimafreundlich Heizen mit erneuerbaren Energien

Heizleistung, Flächen- und Raumbedarf

Kosten und Förderung

Zusammenfassung und die nächsten Schritte

## Vorbemerkungen: Gebäudeenergiegesetz (GEG)

### Vorhandene fossile Heizung ...

- ... funktioniert: → darf erhalten bleiben
- ... defekt: → darf repariert werden
- ... irreparabel defekt: → darf ersetzt werden  
→ ... auch wieder fossil
- maximal: → 2045 (D ist klimaneutral!)

Quelle: GEG

5

## Vorbemerkungen: Gebäudeenergiegesetz (GEG)

### Wärmeplanung: Fristen und Folgen

- Städte > 100.000 EW: → 31.12.2026
- Städte ≤ 100.000 EW: → 31.12.2028
- danach:  
→ Wärmenetzanschluss
- oder:  
→ 65 % EE-Anteil
- oder:  
→ Ausnahmen

Quelle: GEG

Vorbemerkungen:  
Gebäudeenergiegesetz (GEG)

## Sichtweisen

**Pflicht:**

→ Vorschriften erfüllen

**Kür:**

→ 100 % EE anstreben

Quelle: GEG

7

Vorbemerkungen:  
Gebäudeenergiegesetz (GEG): **Fazit**

**Gebäudeenergiegesetz:** kommt

**Leitplanken:** stehen

**Details zur Umsetzung:** in Klärung

**eigenes Ziel:** **Pflicht** oder **Kür**

Einstimmung

**26.04.1986**

9

Einstimmung

**Tschernobyl**

## Vorbemerkungen

### Gebäude und Verbräuche

Heizungen: „Früher war alles ... !“

Klimafreundlich Heizen mit erneuerbaren Energien

Heizleistung, Flächen- und Raumbedarf

Kosten und Förderung

Zusammenfassung und die nächsten Schritte

11

Gebäude und Verbräuche:  
Ein- und Zweifamilienhäuser

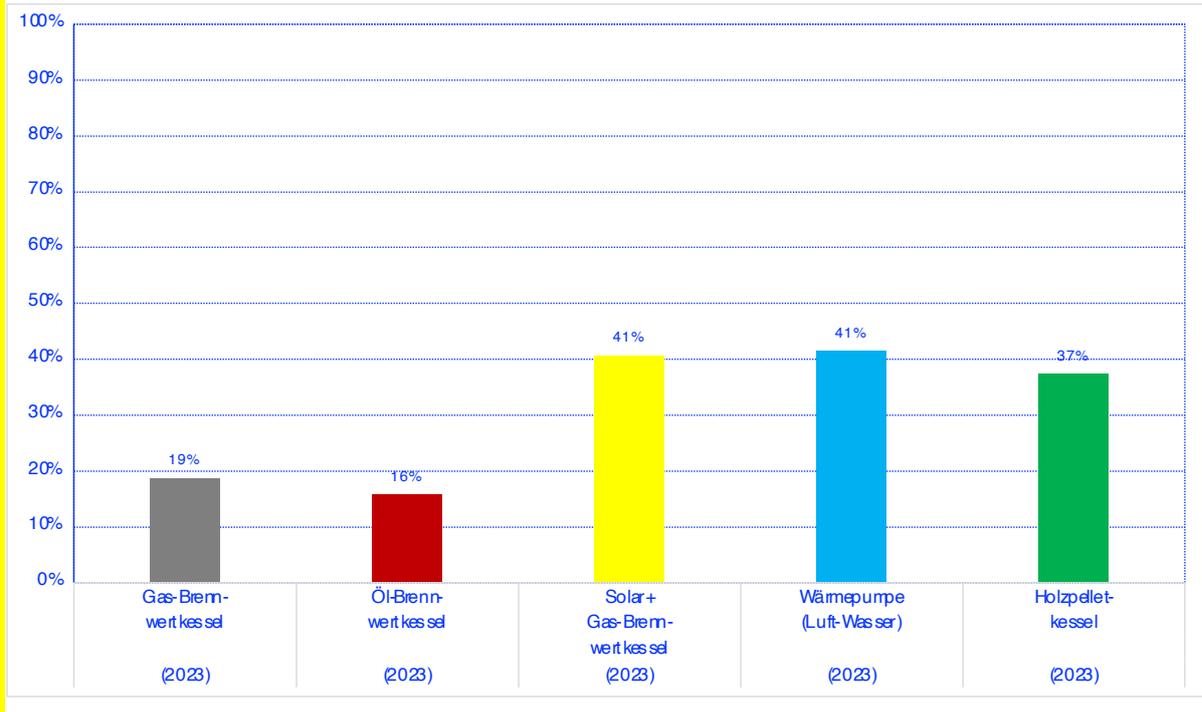
Wohnfläche: ??? qm

Wärme: 20.000 [kWh/a]

Erdgas ( $H_s$ ): 23.250 [kWh/a]

Heizöl ( $H_s$ ): 2.450 [l/a]

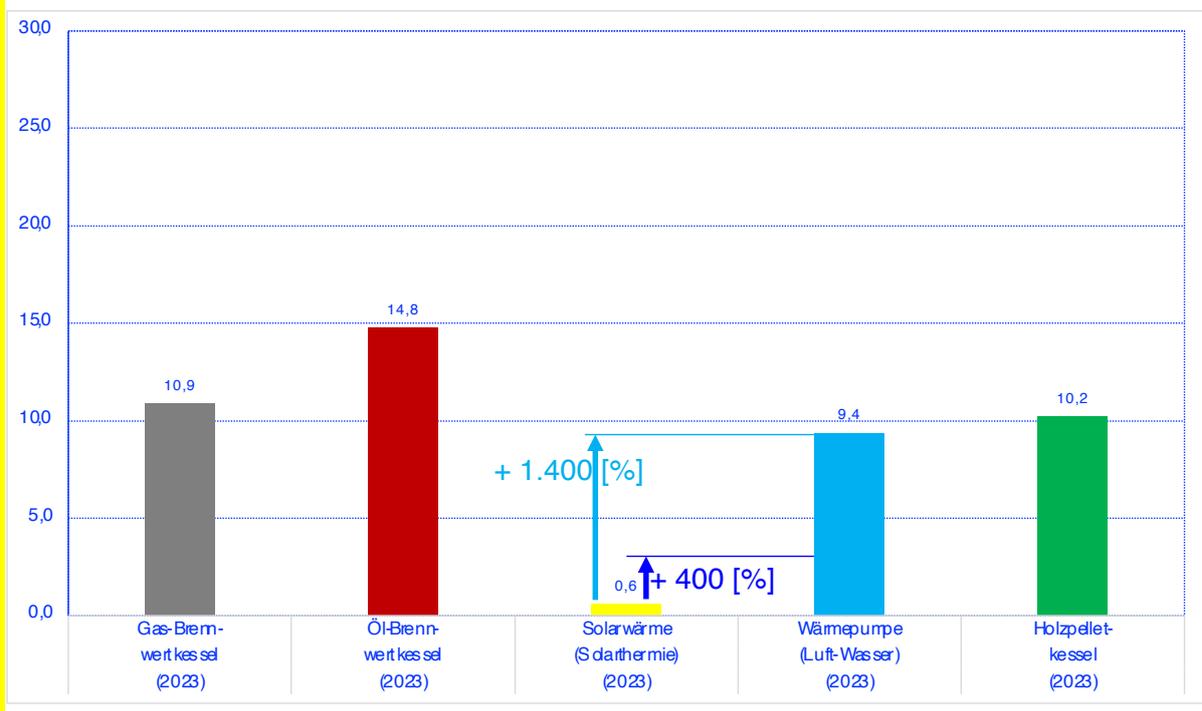
## Gebäude und Verbräuche: Investitionskosten zu Gesamtkosten [%]



Quelle: eigene Berechnungen

13

## Gebäude und Verbräuche: Wärmekosten im Betrieb [ct/kWh]



Quelle: eigene Berechnungen

Gebäude und

Verbräuche: **Fazit (fossil)**

Investitionskosten: gering → < 20 %

Betriebskosten: dominant → > 80 %

Brennstoffkosten:        überragend

Quelle:

15

Gebäude und

Verbräuche : **Fazit (erneuerbar)**

Investitionskosten: höher → > 40 %

Betriebskosten: geringer → < 60 %

„Brennstoff“kosten : weniger bedeutsam

Quelle:

Einstimmung

**11.03.2011**

17

Einstimmung

**Fukushima**

## Vorbemerkungen

### Gebäude und Verbräuche

Heizungen: „Früher war alles ... !“

Klimafreundlich Heizen mit erneuerbaren Energien

Heizleistung, Flächen- und Raumbedarf

Kosten und Förderung

Zusammenfassung und die nächsten Schritte

19

Heizungen: „Früher war alles ...  
... überschaubar!“: Flächenbedarf im Keller



Standfläche: 0,9 x 0,6 [qm] → 18 [kW<sub>th</sub>]

Standfläche: 0,9 x 0,7 [qm] → 46 [kW<sub>th</sub>]

Heizungen: „Früher war alles ...  
... schneller!“. Aufheizleistungen

Kesselleistung: groß → riesig

Aufheizleistung: groß → riesig

Systemtemperaturen: hoch

Zahlenwerte: 25 → > 60 [kW<sub>th</sub>]

CO<sub>2</sub>-Abgabe: ... Fehlanzeige ...

Quelle: eigene Berechnungen

21

Heizungen: „Früher war alles ...  
... schlecht und billig!“. Damals, vor 1973 ...

Effektivität: klein → winzig

Heizölpreise: 9 [Pf/Liter]

Eta (Warmwasser): 25 [%]

Wärmepreis: 3,40 [Pf/kWh]

(1,74 [ct/kWh])

Quelle: eigene Berechnungen

Heizungen: „Früher war alles ...  
... schlecht und billig!“. Damals, vor 1973 ...



Verteilverluste:

Wen schert's ...

Foto: Dirk Hufnagel

23

Heizungen: „Früher war alles ...  
... schlecht und billig!“. Heute, 2023 ...



Verteilverluste:

SO geht's!

Foto: Dirk Hufnagel

Heizungen: „Früher ...“:

## Fazit (fossil)

Kesseltechnik: kompakt + leistungsstark

Systemtemperatur: unbedeutend

Nutzungsgrade: unproblematisch

Fossile Energie: billig, stets verfügbar

Quelle: Dirk Hufnagel

25

Einstimmung

# 15.07.2021

Einstimmung

# Ahrtal-Flut

27

Vorbemerkungen

Gebäude und Verbräuche

Heizungen: „Früher war alles ... !“

**Klimafreundlich Heizen mit erneuerbaren Energien**

Heizleistung, Flächen- und Raumbedarf

Kosten und Förderung

Zusammenfassung und die nächsten Schritte

Klimafreundlich Heizen mit  
erneuerbaren Energien (EE): Wärmepumpe

## Definitionen und Begriffe

- monoenergetisch
- monovalent
- bivalent (alternativ / parallel)

Quelle: eigene Zusammenstellung

29

Klimafreundlich Heizen mit  
erneuerbaren Energien (EE): Begriffe und Definitionen

## monoenergetisch

- nur ein Energieträger in Gebrauch
- nur Strom oder nur Erdgas
- Bsp: Strom für Wärmepumpe und Heizstab

Quelle: eigene Zusammenstellung

## Klimafreundlich Heizen mit erneuerbaren Energien (EE): Begriffe und Definitionen

### monovalent

- nur eine Wärmequelle vorhanden
- Wärmequelle deckt jede Anforderung ab
- Bsp: nur Wärmepumpe; nur Gasheizung

Quelle: eigene Zusammenstellung

31

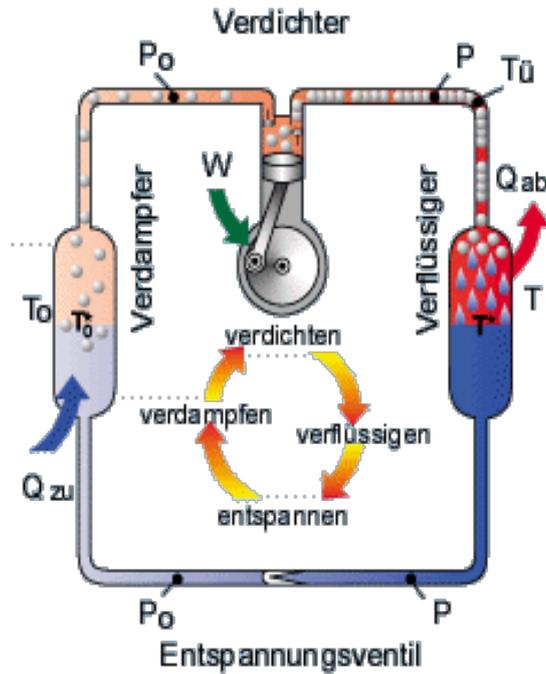
## Klimafreundlich Heizen mit erneuerbaren Energien (EE): Begriffe und Definitionen

### bivalent (evtl.: multivalent)

- (mind.) 2 Wärmequellen vorhanden
- Hauptwärmequelle deckt Teilbereich ab
- Rest wird durch 2. Wärmequelle versorgt
- Bsp: Wärmepumpe mit Heizstab
- el. Wärmepumpe + Heizstab = monoenergetisch

Quelle: eigene Zusammenstellung

# Wärmepumpenanlage: Schema + Funktionsweise (dynamisch)



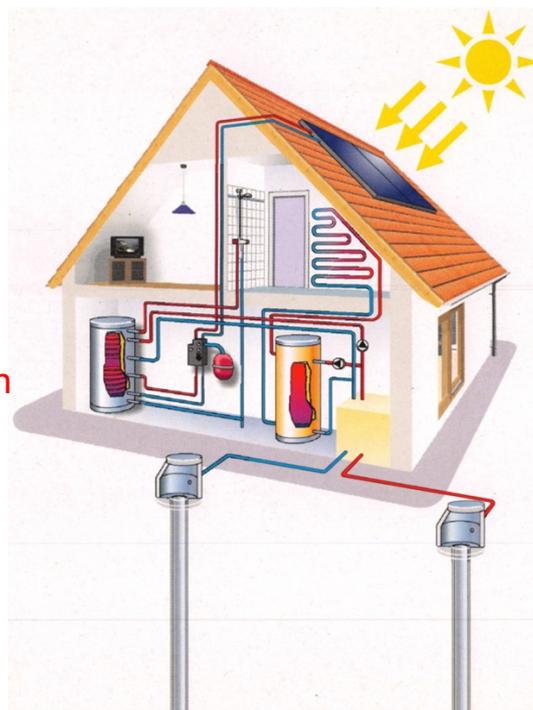
Quelle: Stiebel Eltron

33

# Wärmepumpenanlage: (Grund)wasser-Wasser-Variante

- + hoch effektiv
- + sehr leise

- Genehmigungen
- Flächenbedarf
- Abstände
- Bohrkosten
- Koordination
- Garten herrichten

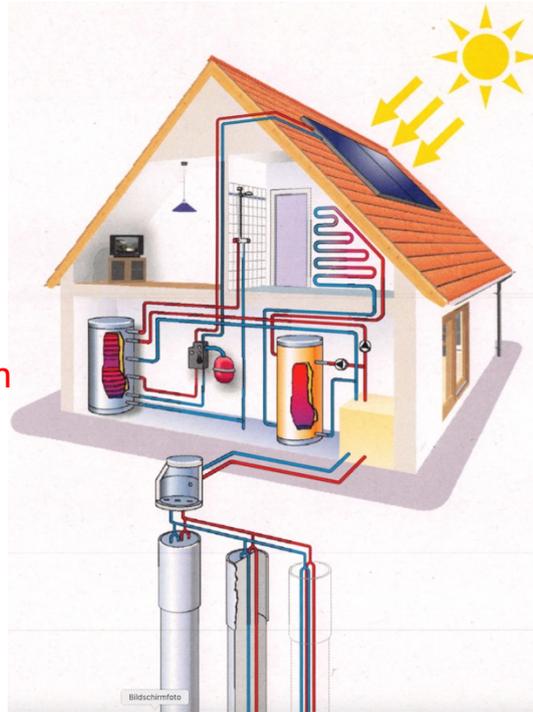


Quelle: Solarpraxis

## Wärmepumpenanlage: Sole-Wasser-Variante (Tiefe)

+ sehr effektiv  
+ sehr leise

- Genehmigungen
- Flächenbedarf
- Abstände
- Bohrkosten
- Koordination
- Garten herrichten



Quelle: Solarpraxis

35

## Wärmepumpenanlage: Sole-Variante (Abstandsregeln)



Bei mehreren Sonden ist ein Abstand zwischen den Sonden von **mindestens 5 m** erforderlich.

Abstand zur Grundstücksgrenze: 5 m!

Foto: Corona Solar GmbH

## Wärmepumpenanlage: Luft-Wasser-Variante (Monoblock – im Haus installiert)

- + keine Bohrgenehmigung
- + Garteneingriff gering
- + weniger Koordination
- + keine Tiefbaukosten

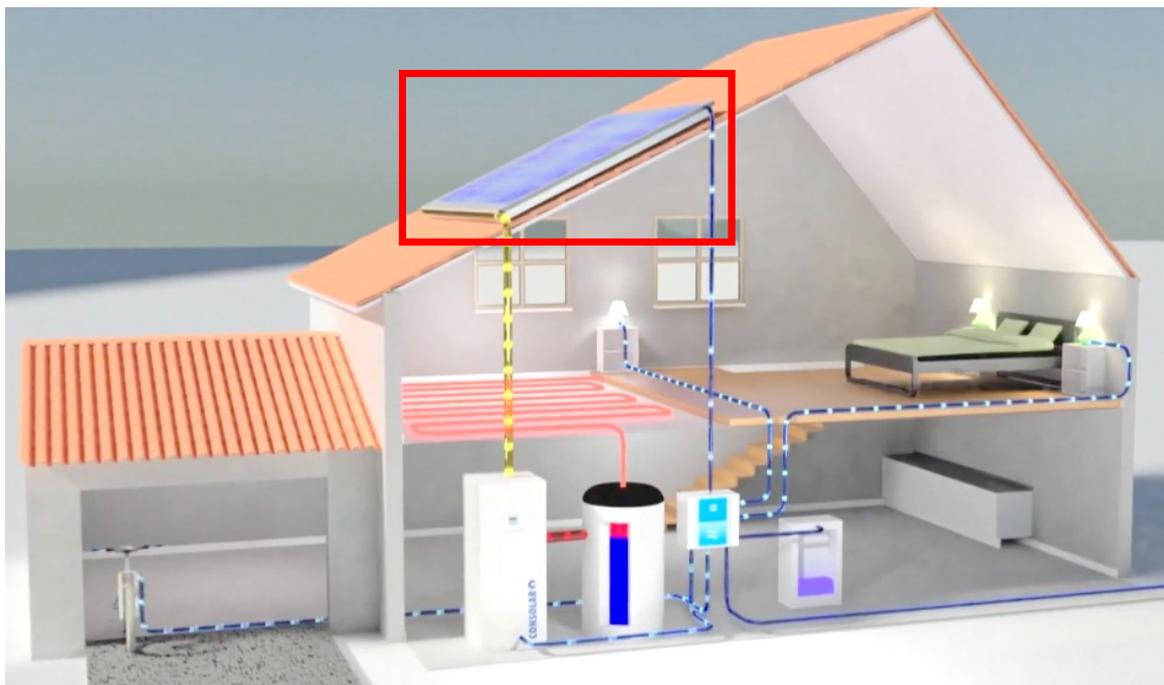
- nicht geräuschlos
- weniger effektiv
- Abstände



Quelle: Solarpraxis

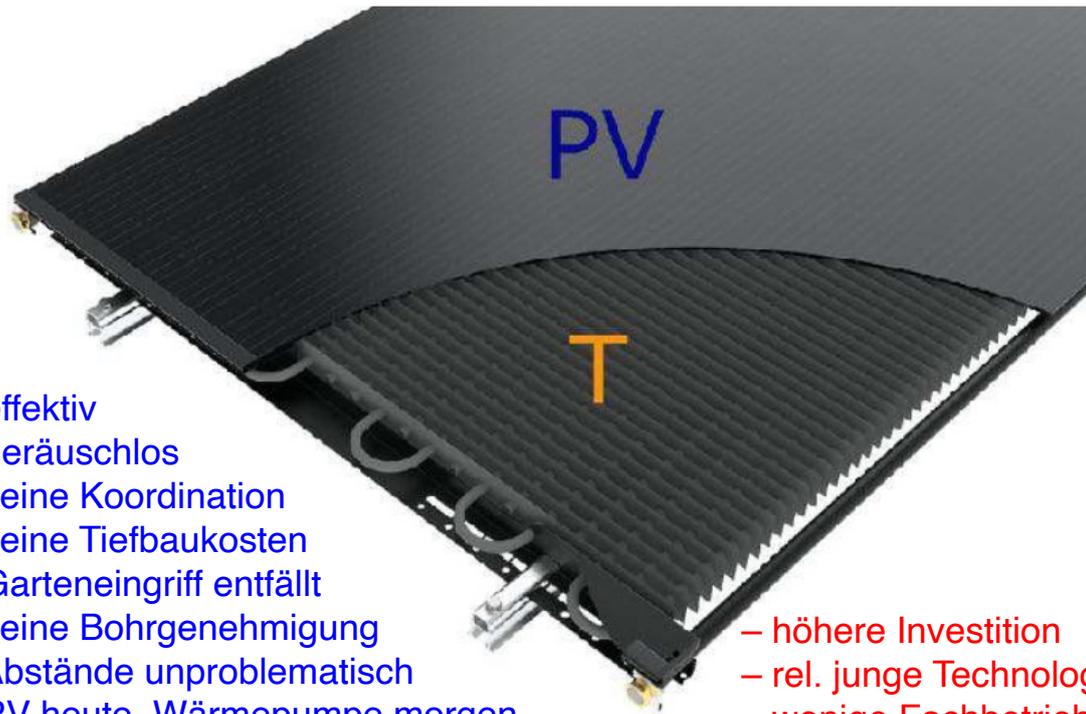
37

## Wärmepumpenanlage: Zwei in einem



Quelle: Consolar

## Wärmepumpenanlage: Zwei in einem: PVT (Wärmepumpenkollektor)



- + effektiv
- + geräuschlos
- + keine Koordination
- + keine Tiefbaukosten
- + Garteneingriff entfällt
- + keine Bohrgenehmigung
- + Abstände unproblematisch
- + PV heute, Wärmepumpe morgen

- höhere Investition
- rel. junge Technologie
- wenige Fachbetriebe

Quelle: Consolar

39

## Wärmepumpenanlage: Zwei in einem: PVT (Wärmepumpenkollektor)

### Link zur TV-Sendung im SWR über Wärmepumpenkollektoren:

In der Sendereihe „natürlich!“ gab es am 27.09.2022 einen Bericht zu besonderen Heizungsanlagen, die mit speziellen Sonnenkollektoren funktionieren:

<https://www.ardmediathek.de/video/natuerlich/sonnenkollektoren-fuer-strom-und-solarthermische-waerme/swr/Y3JpZDovL3N3ci5kZS9hZXgvczE3MzE5NTU>

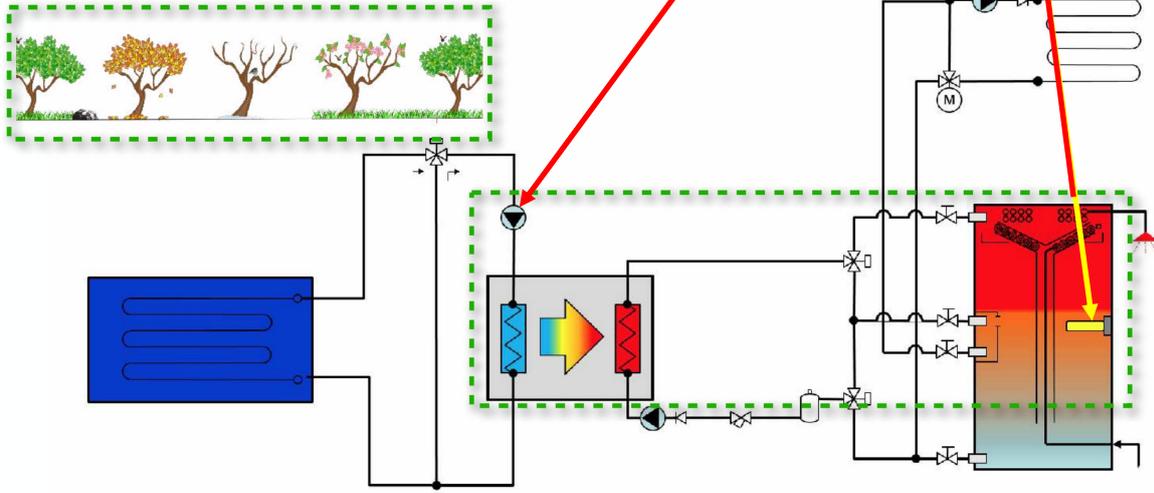
Besondere Merkmale sind:

- lautloser Betrieb ohne störende Lüftergeräusche vor dem Haus
- effiziente Ausnutzung von Dachflächen
- sehr gut geeignet für verdichtete Bebauung (z. B. Doppel- und Reihenhäuser), da viele Abstandsregelungen nicht greifen
- skalierbar in der Versorgung von Einfamilien- bis Mehrfamilienhaus
- Wärmepumpenkollektoren gelten brandschutztechnisch als unproblematisch und dürfen daher nahe an das Nachbargebäude auf dem Dach installiert werden
- gesteigerte Effektivität der Wärmepumpe ggü. handelsüblichen Außenluftwärmepumpen durch höhere Quellentemperaturen
- gesteigerte Effektivität in der Solarstromernte durch Modulkühlung
- keine komplexen Genehmigungsverfahren (z. B. untere Wasserbehörde, Nachweis der Kampfmittelfreiheit)
- alles aus einer Hand des Heizungsinstallateurs (keine zusätzliche Terminkoordination mit Bohrfirmen)
- förderfähig gem. div. Förderangebote- zeitversetzte Inbetriebnahme von Solarstromproduktion und Heizungsinstallation möglich (d. h. Wärmequelle befindet sich auf dem Dach und kann mit Installation der Wärmepumpe sofort genutzt werden)

Werten Sie die Inhalte bitte nicht als Firmenempfehlung oder Schleichwerbung: Aber die Darstellung ist gut nachvollziehbar und bietet einen ersten Einstieg ins Thema.

# Wärmepumpenanlage: Jahresarbeitszahlen (JAZ/VDI 4650)

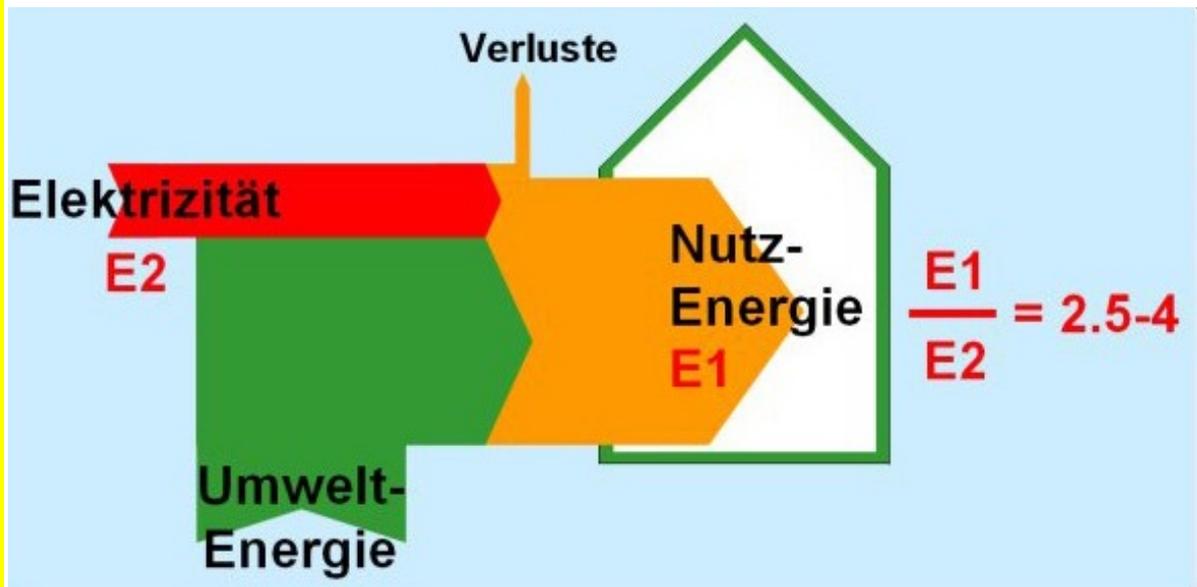
Effizienz der WP über 1 Jahr inkl. Verdampferpumpe und Heizstab



Quelle: Consolar

41

# Wärmepumpenanlage: Effektivität – Randbedingungen



Quelle: dimplex.de

## Wärmepumpenanlage: Effektivität erhöhen

Wärmequelle

wärmer

Wärmesenke

kühler

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

43

## Wärmepumpenanlage: Rangliste Effektivität

hoch effektiv:

Grundwasser

> 4,5

effektiv:

Erdreich-Sole

4 – 4,5

effektiv:

PVT-Kollektor-Sole

3,8 – 4,3

weniger effektiv: Außenluft

3,1 – 3,9

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

## Wärmepumpenanlage:

Jahresarbeitszahlen und Stromverbrauch [kWh/a]

Wohnfläche: ??? qm

Wärme: 20.000 [kWh/a]Erdgas (H<sub>s</sub>): 23.250 [kWh/a]Heizöl (H<sub>s</sub>): 2.450 [l/a]

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

45

## Wärmepumpenanlage:

Jahresarbeitszahlen und Stromverbrauch [kWh/a]

Grundwasser (4,8) 4.170

Erdreich-Sole (4,3) 4.660

PVT-Kollektor-Sole (4,2) 4.770

Außenluft (3,6) 5.560

*Außenluft (2,9) 6.900*

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

Klimafreundlich Heizen mit erneuerbaren Energien (EE): feste Biomasse (Holz)

# Biomasse

Brennstoffarten und „Kessel“technik

Brennstofflager und Fördertechnik

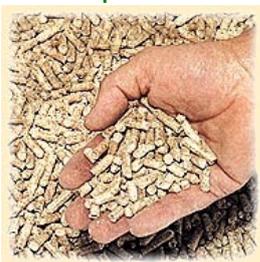
Raum- und Flächenbedarf

Quelle: eigene Zusammenstellung

47

Holzheizkessel:  
Brennstoffübersicht und „Kessel“bauarten

Holzpellets



praktisch



Holzhackschnitzel



günstig



Stückholz



gemütlich



Quelle: kwb.net

## Holzheizkessel: Kesseldaten

Heizleistung (Holzpelletkessel)	[kW <sub>th</sub> ]	8 bis 300
Wasserinhalt (10 bis 20 [kW <sub>th</sub> ])	[l]	66
Gewicht (10 bis 20 [kW <sub>th</sub> ])	[kg]	> 300
Standfläche (inkl. Wartung)	[m <sup>2</sup> ]	1,6 x 2,3

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

49

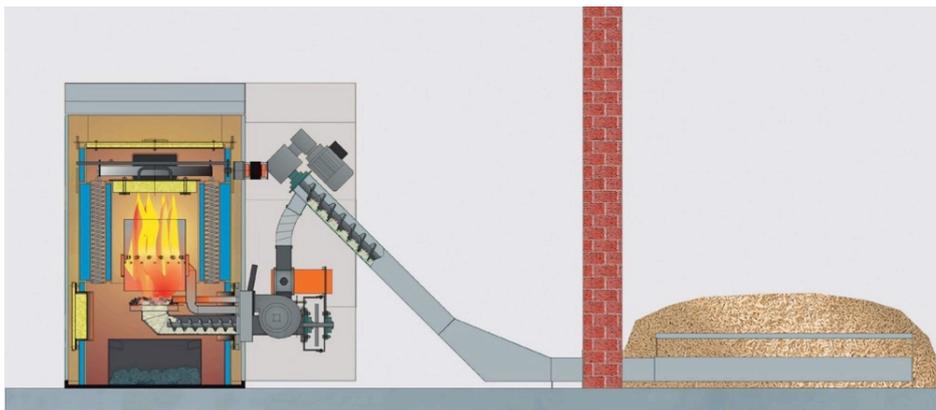
## Holzheizkessel: Kesseldaten – Erkenntnis

1 x Kesselstart = Kessel selbst aufheizen

Holzesselkombi = Solarwärme!

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

## Holzheizkessel: Fördertechnik



Quelle: paradigma.de

51

## Holzheizkessel: Lagerraum

Heizölverbrauch = 2.450 [l/a]

Äquivalent Holzpellets = 5.300 [kg/a]

Lagervolumen alt = 8,1 [cbm/a]

Holzpellet+Solarwärme ≈ 4.000 [kg/a]

Lagervolumen neu ≈ 6 [cbm/a]

# Holzheizkessel: Situation im Keller



Fotos: Dirk Hufnagel

53

# Holzheizkessel: Situation im Keller



Fotos: Dirk Hufnagel

# Holzheizkessel: Situation im Keller



Fotos: Dirk Hufnagel

55

# Holzheizkessel: Situation im Keller



Fotos: Dirk Hufnagel

## Holzheizkessel: Situation auf dem Dach



Fotos: Dirk Hufnagel

57

## Holzheizkessel: Betankung und Brennstoffanlieferung



**Stellplatz für LKW (Silolastwagen)**  
**Entfernung zum Pelletlager  $\leq 30$  [m]**

Klimafreundlich Heizen mit  
erneuerbaren Energien (EE): Solarwärme (Solarthermie)

# Solarwärme

Funktionsprinzip

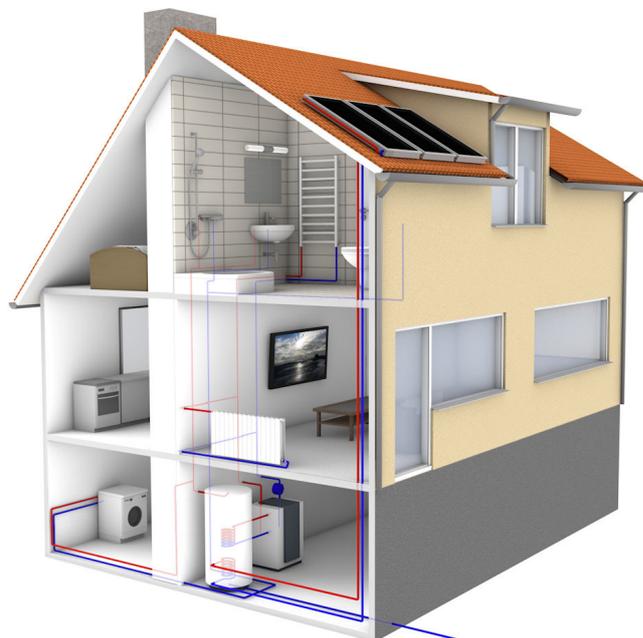
Sonnenkollektoren

Wärmespeicher

Flächenbedarf

59

Solarwärme:  
Systemtechnik



# Solarwärme: Flachkollektoren und deren Anordnung



Quelle: Schüco

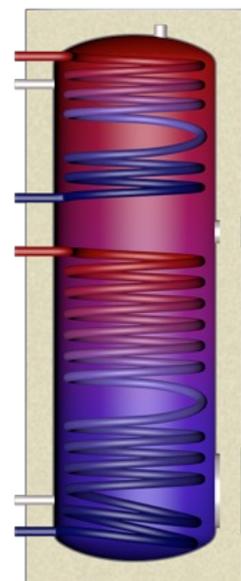
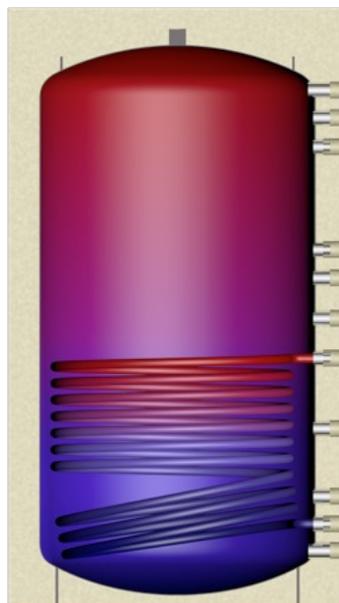
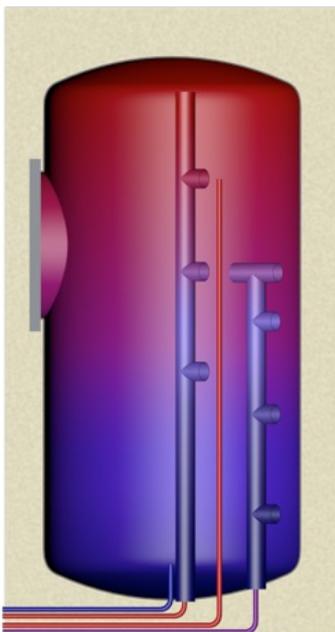
61

# Solarwärme: Wärmespeicher: Energiedrehscheibe

750 l

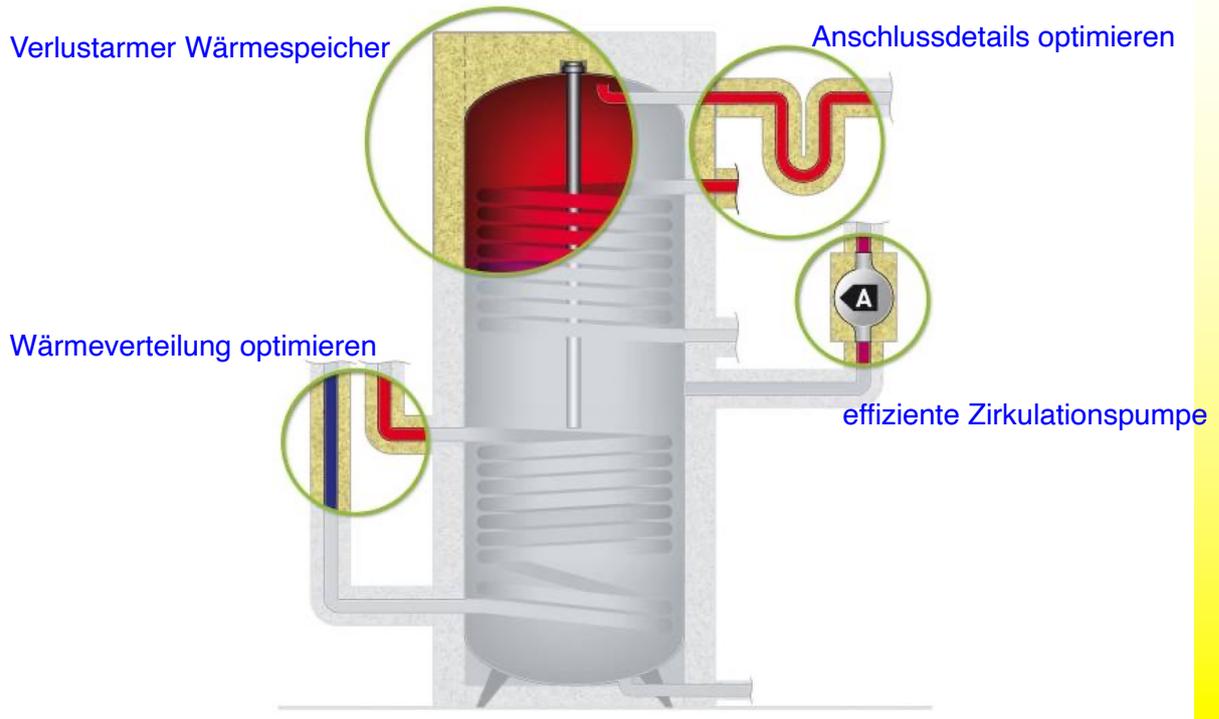
800 l

300 l



Quelle: Ulf Hansen-Röbbel & Dirk Hufnagel

## Solarwärme: Wärmespeicher: optimieren!



Quelle: proKlima – Der energycity-Fonds

63

Klimafreundlich Heizen mit  
erneuerbaren Energien (EE): Hybridheizungen

# Hybridheizung

Kombinationen

Rein erneuerbar – oder auch fossil?

EE-Wärmeanteil: 65% – 80 % – 100 %?

# Klimafreundlich Heizen mit Hybridheizungen: Kombinationen

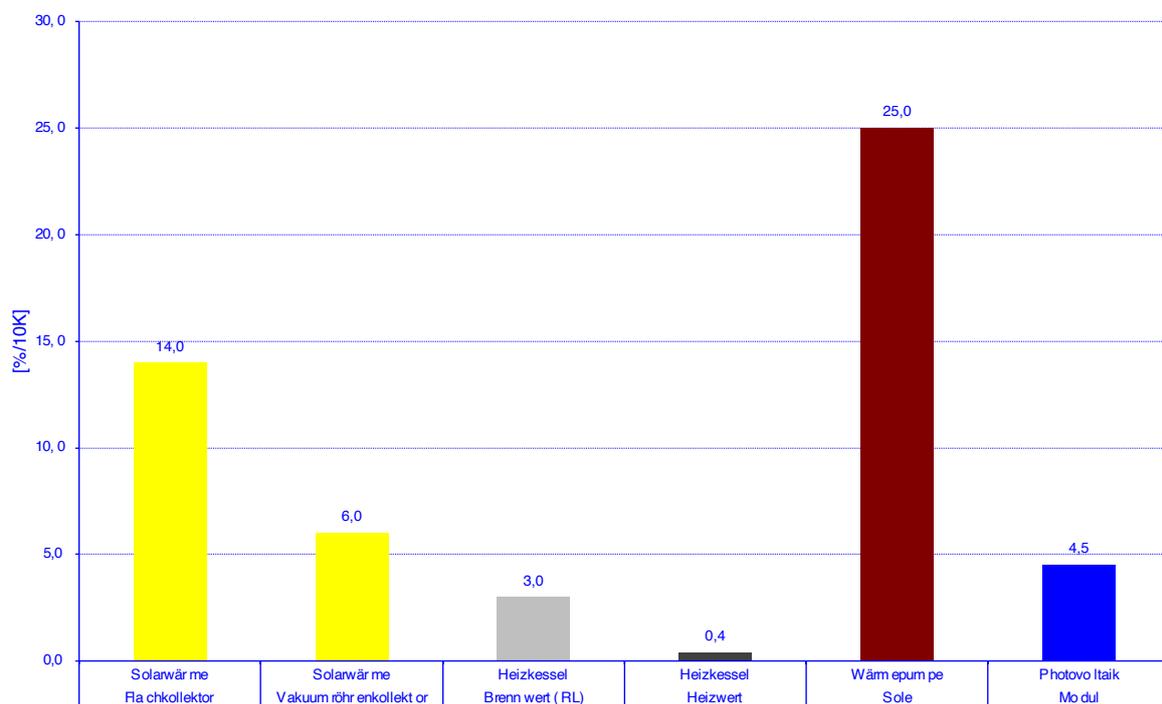
## bivalent

- fossil-erneuerbar (Gas/Öl + EE: 15 ... 80 %)
  - Heizölkessel + Solarwärme
  - Gasheizkessel + Wärmepumpe
- rein erneuerbar (EE + EE)
  - el. Wärmepumpe + Solarwärme = Strom-basiert

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

65

# Wärmeerzeuger: Ertrags-/ Nutzungsgradminderung [%/10 K]



Quelle: ISFH

Klimafreundlich Heizen ...:

## Fazit (erneuerbar)

EE-Heizungen: vielfältig

Wärmequelle 1: kostenlos + unendlich

Wärmequelle 2: kostet + begrenzt

Energieaufwand zur Produktion

→ CO<sub>2</sub>-Emissionen: ≠ null!

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

67

Einstimmung

# 16.05.2023

## Einstimmung

# Bologna (Italien)

69

## Vorbemerkungen

Gebäude und Verbräuche

Heizungen: „Früher war alles ... !“

Klimafreundlich Heizen mit erneuerbaren Energien

Heizleistung, Flächen- und Raumbedarf

Kosten und Förderung

Zusammenfassung und die nächsten Schritte

Heizleistung, Raum-  
und Flächenbedarf: Erdreich-Wärmepumpe

# Tiefenbohrfläche:

80 ... 160 [m<sup>2</sup>]

(6 ... 12 [kW<sub>th</sub>])

Quelle: eigene Berechnungen

Heizleistung, Raum-  
und Flächenbedarf: Holzpellettheizung

# Aufstellfläche:

8 ... 12 [m<sup>2</sup>]

(8 ... 50 [kW<sub>th</sub>])

Quelle: eigene Berechnungen

Heizleistung, Raum-  
und Flächenbedarf: Holzpellettheizung

# Pelletlagerraum:

8 ... 20 [m<sup>3</sup>]

(4 ... 10 [t])

Quelle: eigene Berechnungen

73

Heizleistung, Raum-  
und Flächenbedarf: Sonnenkollektoren Fläche

# Kollektorfläche:

10 ... 20 [m<sup>2</sup>]

(7 ... 14 [kW<sub>th</sub>])

Quelle: eigene Berechnungen

Heizleistung, Raum-  
und Flächenbedarf: Wärmespeicher Volumen

# Speichervolumen:

300 ... 1.000 l

(17 ... 93 [kWh])

Quelle: eigene Berechnungen

Heizleistung, Raum-  
und Flächenbedarf: Wärmespeicher Fläche

# Speichervolumen:

300 ... 1.000 l

(1,5 ... 3 [m<sup>2</sup>])

Quelle: eigene Berechnungen

Heizleistung, Raum- und

Flächenbedarf: **Fazit (erneuerbar)**

Heizleistung: gering bis hoch

Verfügbarkeit: variabel bis verlässlich

EE-Heizungen brauchen ...

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

77

Einstimmung

**18.07.2023**

## Einstimmung

# Phönix (USA)

79

## Vorbemerkungen

Gebäude und Verbräuche

Heizungen: „Früher war alles ... !“

Klimafreundlich Heizen mit erneuerbaren Energien

Heizleistung, Flächen- und Raumbedarf

**Kosten und Förderung**

Zusammenfassung und die nächsten Schritte

## Kosten und Förderung

### Veranstaltungstipp:

Montag, 30.10.2023 ab 19 Uhr:  
Digitale Abschlussveranstaltung  
mit Gruppenberatungen

- Fördermittel up-to-date
- regionale Beratungsangebote

Quelle: Kreis Gütersloh

81

## Kosten und Förderung

### EE-Heizungen:

- Anschaffungskosten > Fossilheizung
- Anschaffungskosten EE: Gesamtsystem gefördert

Kombination von Förderangeboten beachten!

- Bund (BAFA, KfW) und NRW (Progress)

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

## Kosten und Förderung: Randbedingungen (2023)

Erdgas: 0,12 [EUR/kWh]

Holzpellets: 0,09 [EUR/kWh]

Heizstrom: 0,30 [EUR/kWh]

Ertrag Solarwärme: 380 [kWh/qm x a]

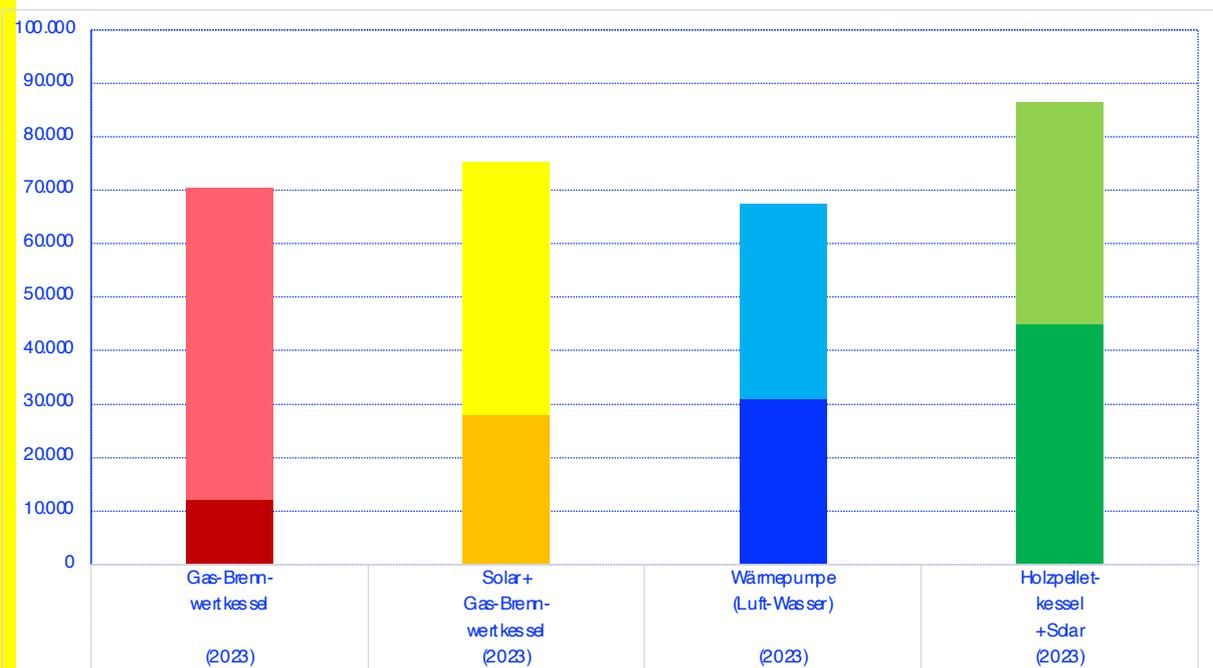
Bonus Solarwärme Wärmeverz.: + 5 [a]

Betriebskosten (20 a): Hilfstrom, Wartung, Schorni

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

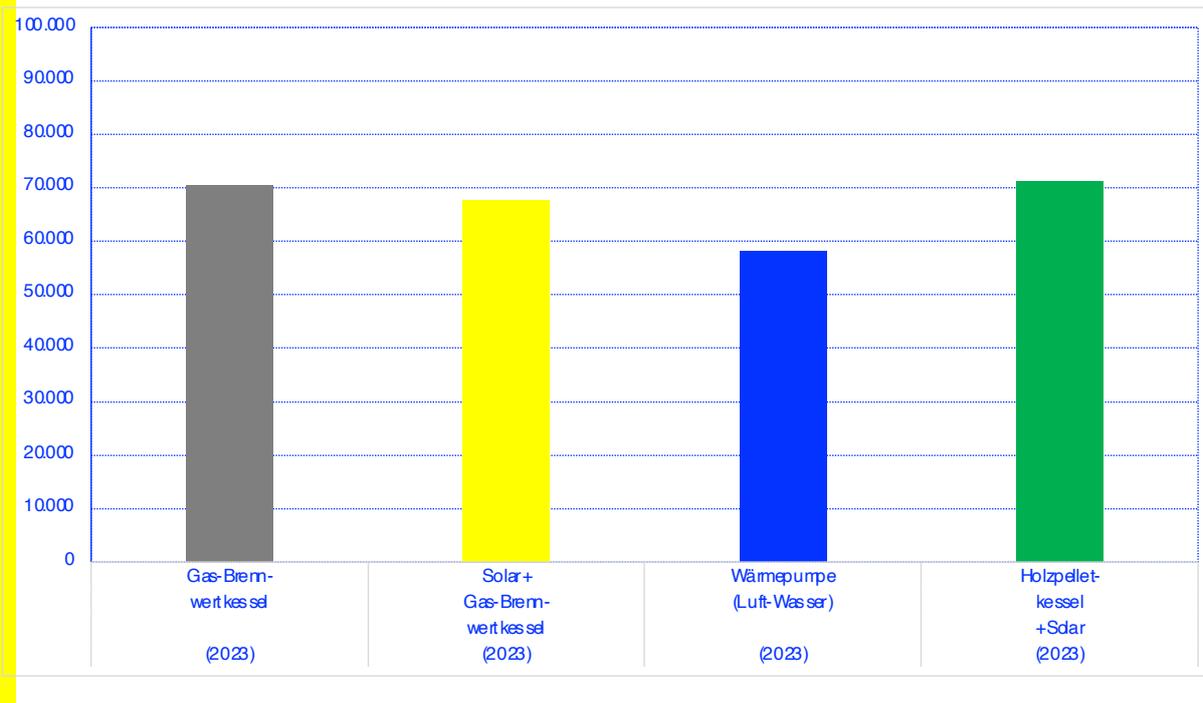
83

## Kosten und Förderung: Gesamtkosten ohne Förderung (2023)



Grafik: Dirk Hufnagel

## Kosten und Förderung: Gesamtkosten inkl Förderung (2023)



Grafik: Dirk Hufnagel

85

## Kosten und Förderung: Fazit (Kosten)

Gas-BWK: kein Schnapper

Gas-Solar: Kosten wie BWK

Wärmepumpe: nur anfangs teurer

Pellet-Solar: anfangs teurer, am Ende ... auch

Kosten und Förderung:

## Fazit (Förderung)

Gas-BWK: ohne

Gas-Solar: nur für Solar

Wärmepumpe: hoch

Pellet-Solar: mittel

Quelle:

87

Einstimmung

# 03.09.2023

Einstimmung

# Sant Jordi (Spanien)

89

Vorbemerkungen

Gebäude und Verbräuche

Heizungen: „Früher war alles ... !“

Klimafreundlich Heizen mit erneuerbaren Energien

Heizleistung, Flächen- und Raumbedarf

Kosten und Förderung

**Zusammenfassung und die nächsten Schritte**

## Zusammenfassung und die nächsten Schritte: Start

GEG → Leitplanken für  $\geq$  (15 ...) 65 [%] EE-Anteil

Entscheidung: Warum nicht EE mit 80 ... 100 [%]?

→ Plan aufstellen: Zeit und Ziele

→ Rasch beginnen mit EE-Heizung (Hybrid)

→ Dann mit Wärmedämmung EE-Anteil steigern

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

## Zusammenfassung und die nächsten Schritte: Plan aufstellen

Individueller Sanierungsfahrplan (iSFP)

→ Plan beauftragen: Optimierung und Förderung

→ Plan mit Förderung für Förderung

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

## Zusammenfassung und die nächsten Schritte: Mit Umsetzung starten

### Bestehende Heizung verbessern

- fossil-Hybrid: Solarwärme + alter Kessel (>20 [%])
- fossil-Hybrid: Wärmepumpe zu fossilem Kessel
- Kleine Wärmepumpe – EE-Anteil (>70 [%])
- Kleine WP  $\approx$  50 [%] Gebäudeheizlast

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

93

## Zusammenfassung und die nächsten Schritte: Gebäudeheizlast

### Wärmeverteilung optimieren

- Raumheizlast und Heizfläche ermitteln
- $\sum$  Raumheizlasten = Gebäudeheizlast
- Systemtemperaturniveau und Heizflächentausch
- Tausch = Ersatz, Vergrößerung oder Ergänzung

Zusammenstellung: Dirk Hufnagel

„Wir sind nicht nur  
verantwortlich für das,  
was wir tun,  
sondern auch für das,  
was wir nicht tun.“

Quelle: Molière (1622 – 1673)

95

Wie viel Sonne kann mein Haus?

Mehr als ich dachte!

Dirk Hufnagel

