

Online-Informationsabend Degerloch-Hoffeld

Best-Practice Wärmepumpe, 13. Sept. 2021



Ralf Chevalier,
Freier Architekt

Bönnigheimer Str. 18,
70435 Stuttgart

Fon: 0711 / 8382949

info@chevalier-architekt.de

Projekte:

- Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung in Stammheim: Luft-Wasser-Wärmepumpe mit PV-Anlage und Aufladung Pufferspeicher
- Zweifamilienhaus in Steinhaldenfeld: Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdkollektoren und PV-Anlage
- Einfamilienhaus in Freiberg a.N.: Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonden und PV-Anlage

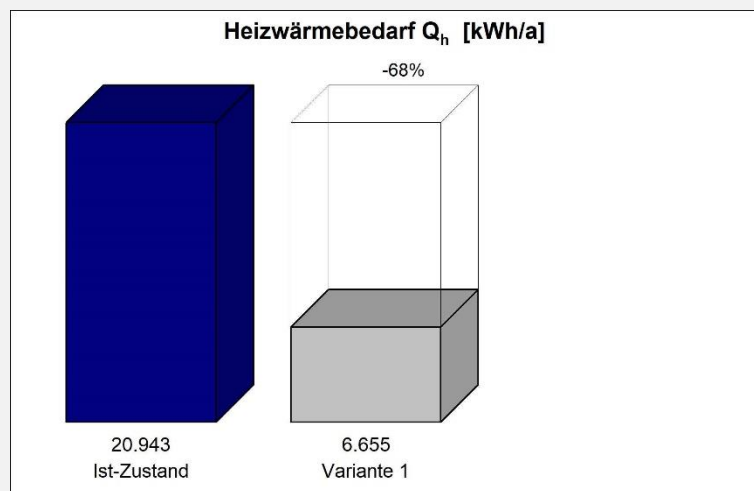
Fazit:

- Empfehlungen für Ihre Energetische Sanierung



- Baujahr 1992.
- Mauerwerk baujahresbedingt mit guten Dämmeigenschaften.
- Gute Sparrenhöhe, somit hoher Anteil an Zwischensparrendämmung möglich.
- Kein Gasanschluss, womit sich eine Wärmepumpe angeboten hatte.
- Bohrungen für Erdsonden sind aber geologisch nicht möglich. → Luft-Wasser-Wärmepumpe.
- Aufgrund enger Platzverhältnisse keine Außeneinheit für Wärmepumpe.
- Im EG wurde eine FBH und ein neuer Bodenbelag gewünscht, im OG und DG nicht.
- Eine Dachfläche ist direkt nach Süden orientiert, optimal für PV.
- Gestalterisch wenig Spielraum, da Doppelhaus als optische Einheit im Baulastenverzeichnis eingetragen ist.
- Eigentümerin wollte ein Gebäude mit einem zukunftsweisenden möglichst niedrigen Energieverbrauch.

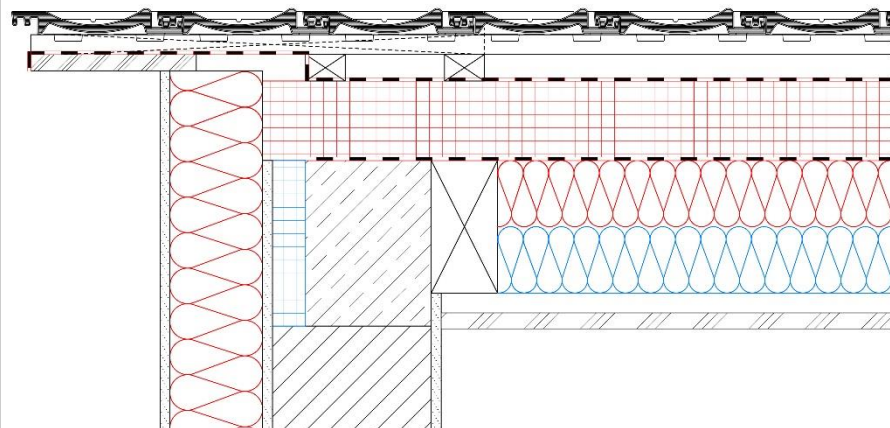
Absenkung Heizwärmebedarf = Optimale Dämmung



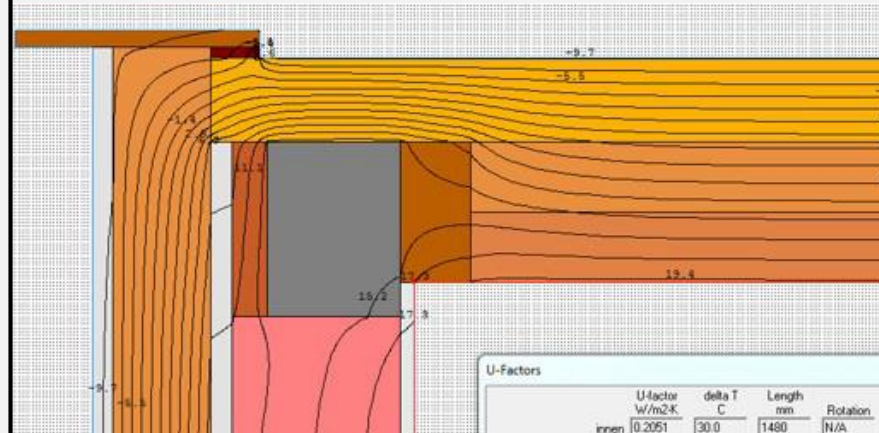
Besser als Neubau gemäß Energieeinsparverordnung

	Neubau nach (EnEV)	KfW-EH 55 (KfW)	IST Wert
Jahres-Primärenergiebedarf q_p [kWh/(m ² a)]	54,51	39,33	19,00
Transmissionswärmeverlust H_t [W/(m ² K)]	0,422	0,290	0,270

Hohe Dämmstärken



Wärmebrücken berechnen und minimieren



Wärmepumpe mit Inneneinheit und Pufferspeicher



Zuluft- und Abluftöffnung sowie Fensteröffnung



Wärmepumpe Inneneinheit mit Lüftungskanälen



Trennung zwischen Zu- und Abluft der Wärmepumpe



Fußbodenheizung mit 35 Grad Vorlauftemperatur



Heizkörper mit 45 Grad Vorlauftemperatur



PV-Anlage: 19 Module nach Süden mit Moduloptimierer



3-kW Heizstab mit einstellbarer Warmwassertemperatur



Aufbau der Anlage mit Wärmepumpe, 2 Heizkreisen, Pufferspeicher mit 2 Heizstäben und Frischwasserstation

Position des Moduls :

- 1 Wärme- / Kälteerzeuger
- 2 am Wärme- / Kälteerzeuger oder an der Wand
- 3 in der Station
- 4 in der Station oder an der Wand
- 5 an der Wand
- 6 in dem Regelgerät

Das gezeigte Anlagenschema ist eine unverbindliche Prinzipdarstellung. Nationale und regionale Vorschriften, technische Regeln und Richtlinien beachten.

Bosch Thermotechnik GmbH
Junkers Deutschland

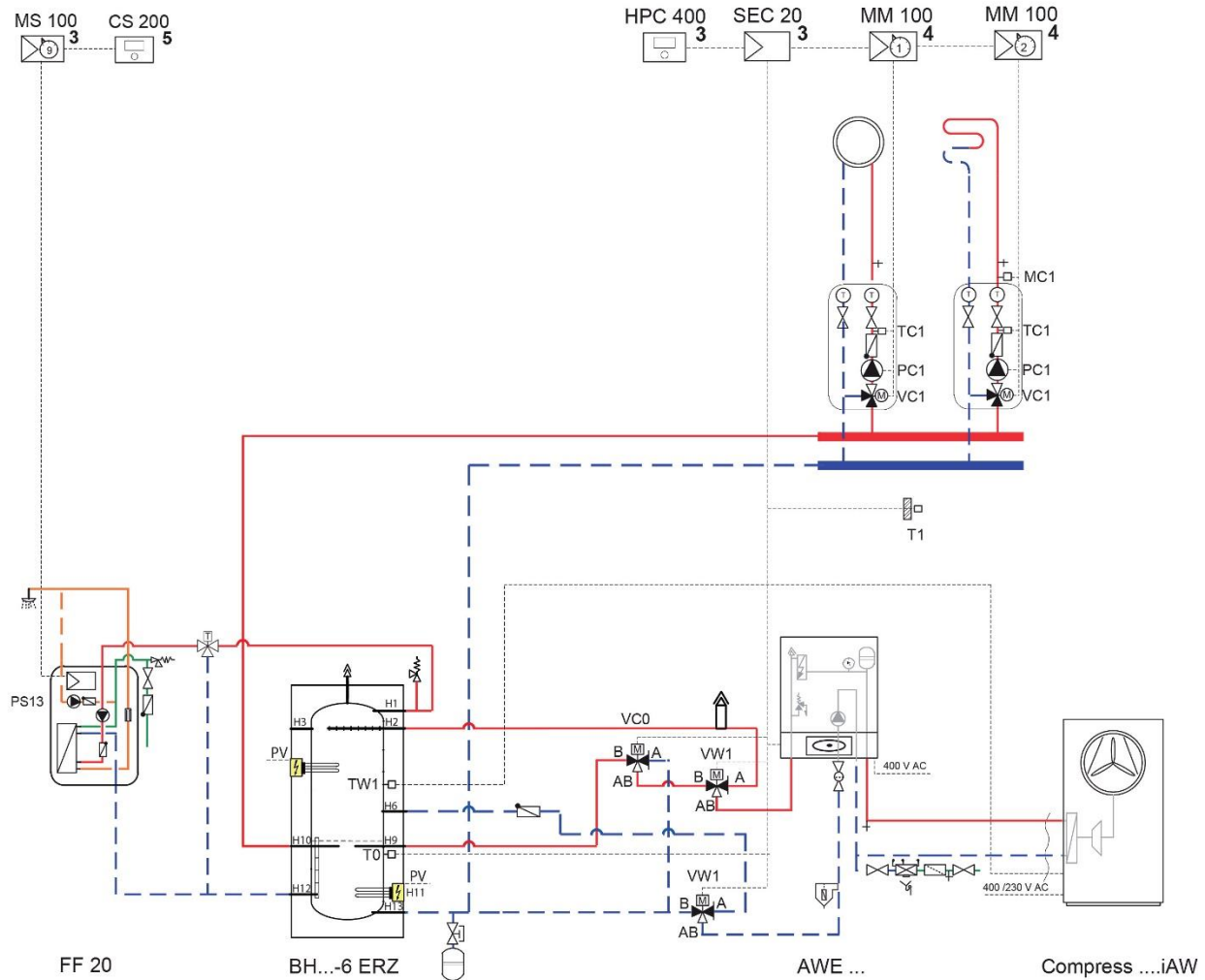
Bearbeiter Edward Lutsch
TTDJ / SOP1

thermotechnik-planung@
de.bosch.com

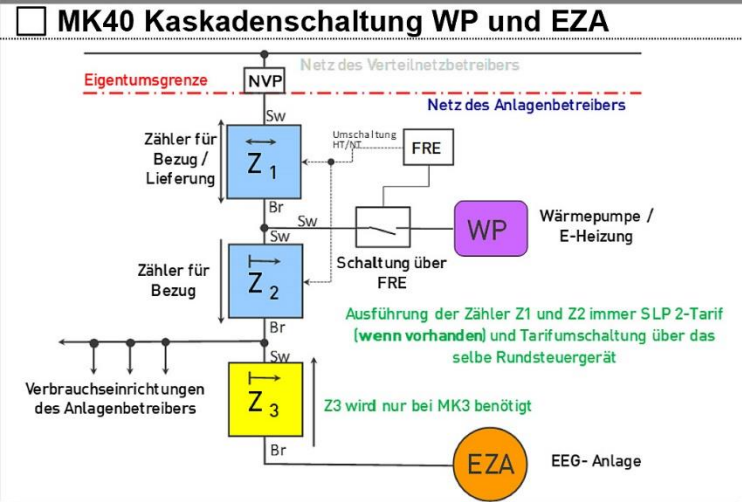
Telefon	01806/337 320**
Fax	01803/337 321*
Datum	24.09.201
ID Nr.	30034789
BV Nr.	1000023873
Version	1
Seite	1 von 2



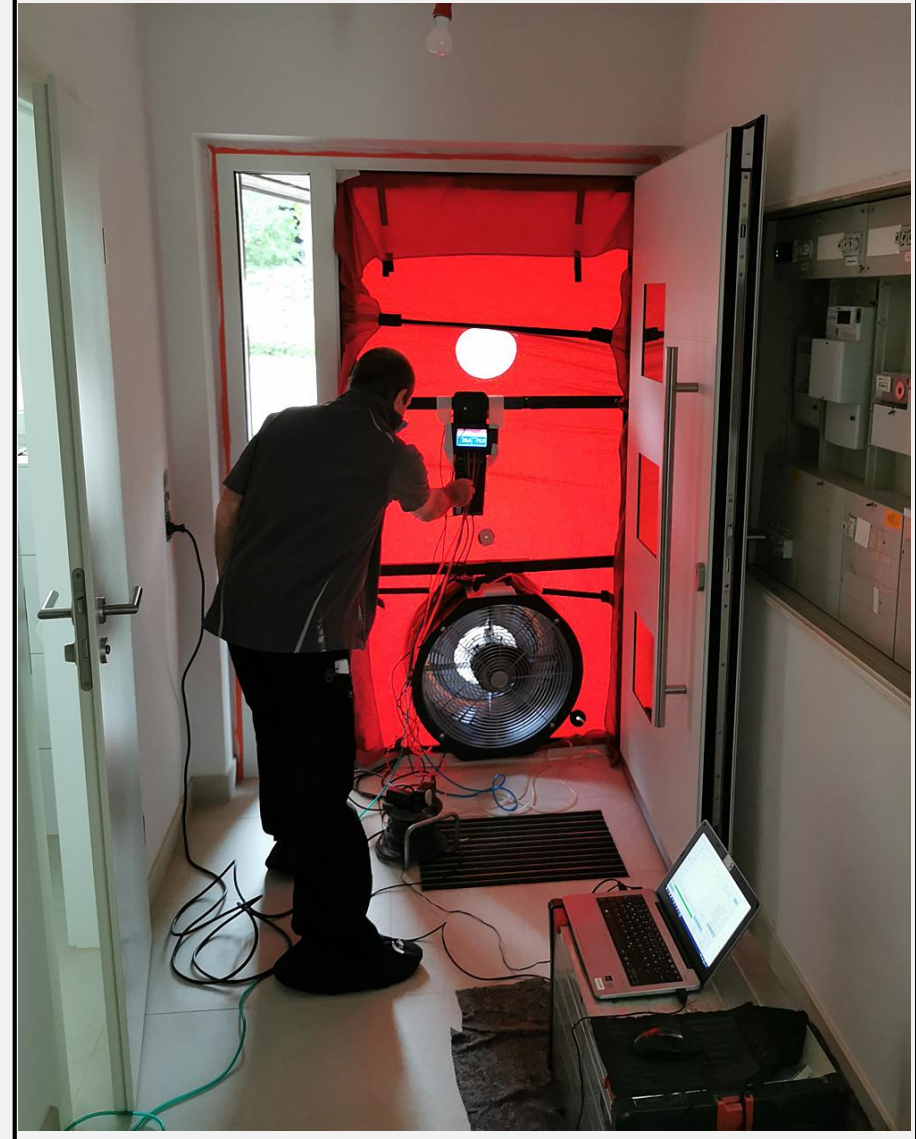
* Festnetzpreis 9 ct/min
** Festnetzpreis 20 ct/Gespräch Mobil
max. 60 ct/Gespräch



Nutzung PV-Strom für die Wärmepumpe



Leckageortung mit Luftdichtigkeitsstest



Schneetest: Lückenfreie Dachdämmung



Jahresarbeitszahl:

Jahresarbeitszahl (JAZ) von Juli 2020 bis Juni 2021:

- Ermittelt nach VDI 4650 Blatt 1 (2019): 3,91
- Berechnet vom Hersteller der WP: 3,10
- Gemessen in der Wärmepumpe: 2,52 → aber
 - Negative Beeinflussung des Wertes durch PV-Heizstäbe im Pufferspeicher!
 - Heizstab in der Wärmepumpe lief die ersten Monate fälschlicherweise zu 20%!
 - Bis Januar 2021 betrug die Vorlauftemperatur für die Heizkörper 50 Grad!
 - Punktuelle Unterstützung durch Holzofen nicht berücksichtigt!

FAZIT: Um eine bessere JAZ zu erreichen, muss die Vorlauftemperatur möglichst niedrig sein.

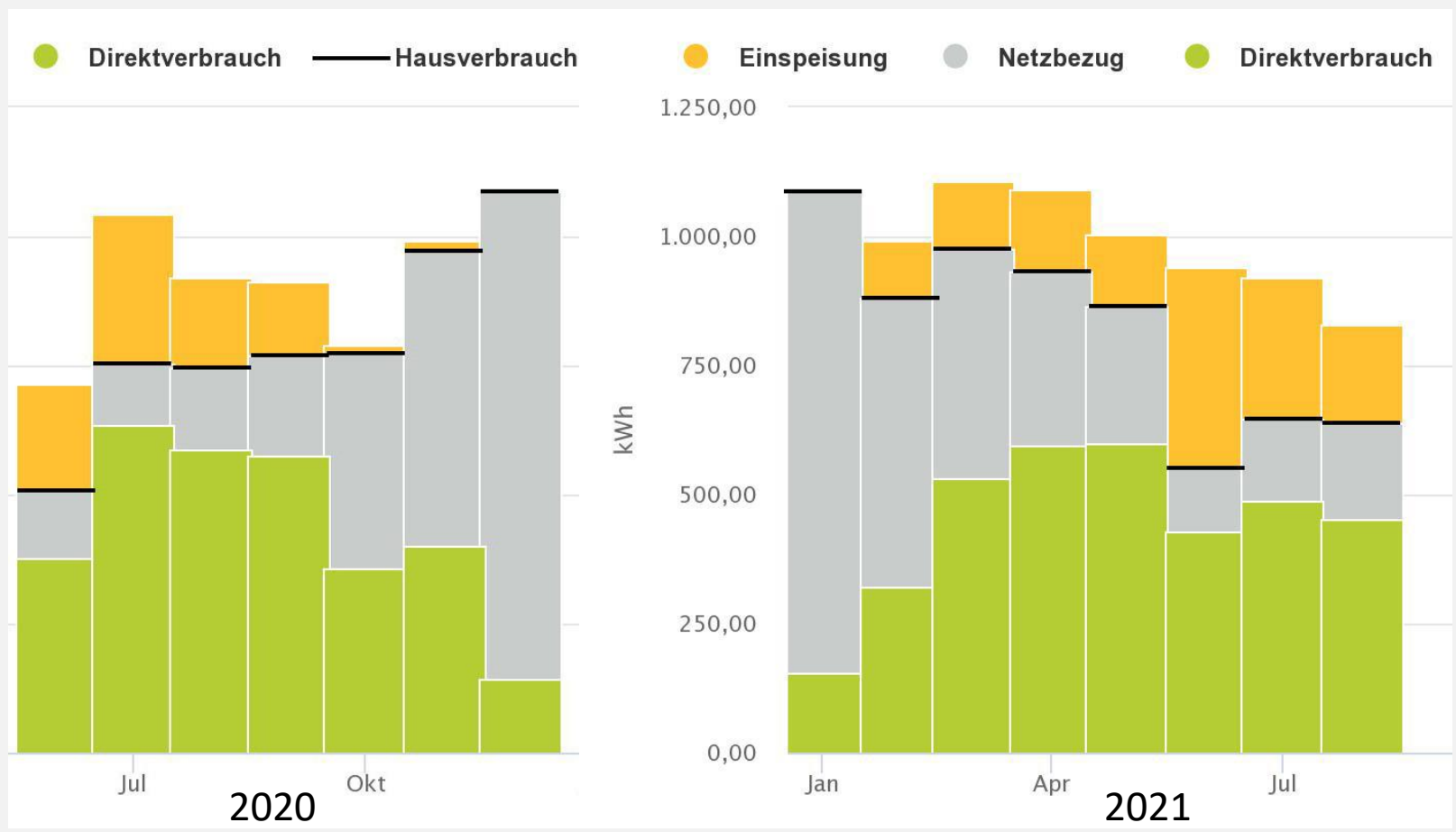
→ Nicht alleiniger Maßstab!

Auslegung der Anlage bewährt sich in der Praxis:

- Eine Zuschaltung des Heizstabes in der Wärmepumpe als zusätzlicher Wärmeerzeuger für tiefe Außentemperaturen war auch bei 2-wöchigem Dauerfrost nicht notwendig. **Die WP lief seit Januar 2021 monovalent.**
- Die vorgesehenen Vorlauftemperaturen waren für Heizkörper und Fußbodenheizung ausreichend, obwohl weitgehend im Home-Office gearbeitet wurde.
- Heizwärmebedarf mit 10.000 kWh/a geringfügig höher als im Energieausweis und deutlich niedriger, als vom Hersteller berechnet.
- Die Wärmepumpe bezog aus dem Netz 2.600 kWh/a, der im Energieausweis berechnete Endenergiebedarf liegt bei 2.000 kWh, mit den oben genannten Einflüssen somit annähernde Übereinstimmung.

Heizstäbe im Pufferspeicher leisten einen hohen Solarbeitrag:

- Die 2 Heizstäbe bezogen von der PV-Anlage innerhalb eines Jahres ca. 3.000 kWh Solarstrom und speicherten diesen mittels Erwärmung von Wasser für Heizung und Warmwasser im Pufferspeicher.
- Ihr Beitrag zur Deckung des Wärmebedarfs lag somit bei ca. 25%.
- Sie trugen maßgeblich dazu bei, die Eigenverbrauchsquote und den Autarkiegrad beim Solarstrom zu erhöhen.



Juli 2020 bis Juni 2021:

- | | | | |
|-------------------------|------------|----------------------------|-----------|
| - PV-Stromertrag: | 6.900 kWh | - PV-Strom Eigenverbrauch: | 5.300 kWh |
| - Gesamtstromverbrauch: | 10.400 kWh | - Eigenverbrauchsquote: | 75 % |
| - Netzeinspeisung: | 1.660 kWh | - Autarkiegrad: | 51 % |



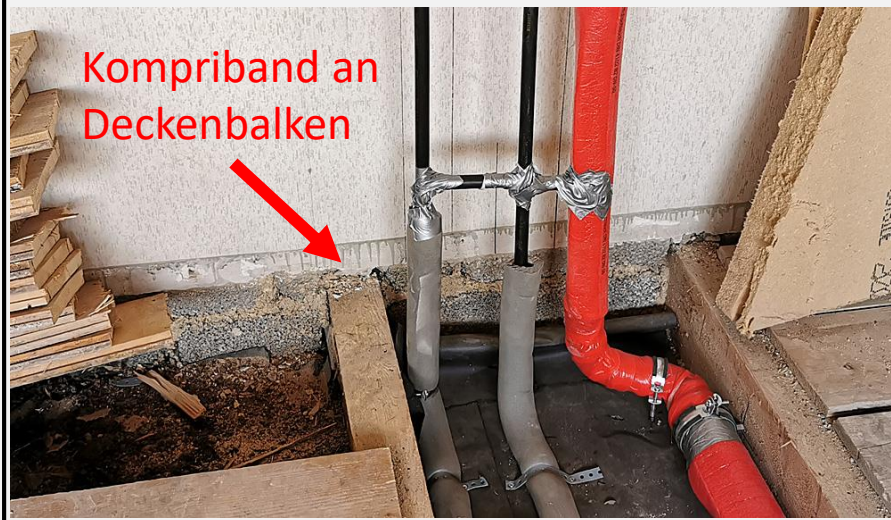
- Baujahr 1933, Erweiterung 1968.
- Aktuell unbewohnt.
- Bausubstanz schlecht. Erhalt, da elterliches Haus und Rücksicht auf graue Energie in der Substanz.
- Schaffung einer kleinen 2. Wohnung im OG. Einbau einer großen Gaube. Reduzierung der Wohnfläche je Bewohner/in. VORSICHT: Erfüllung Brand- und Schallschutz.
- Dachflächen bieten Platz für Photovoltaik.
- Wärmepumpe soll zur Ausführung kommen.
- Bohrungen geologisch schwierig, aber der große Garten bietet Platz für Erdkollektoren.
- Eigentümer möchten einen großen Teil an Eigenleistungen einbringen.
- Gestalterisch wenig Spielraum, da es weitgehende Festlegungen im Bebauungsplan gibt.
- Eigentümer möchten Minimierung des Energieverbrauchs und Einsatz einer ressourcenschonenden Technik.

- EEH 70, da Bodenplattendämmung nicht optimal.
- Einbau hoher Dämmstärken
- Wärmebrückenoptimierung.
- Einsatz ökologischer Dämmstoffe im Dach.
 - Zelluloseeinblasdämmung im verstärkten Sparrenbereich
 - Holzfaser-Aufdachdämmplatten
- Möglichst hohe Luftdichtigkeit f. Lüftungsanlage.

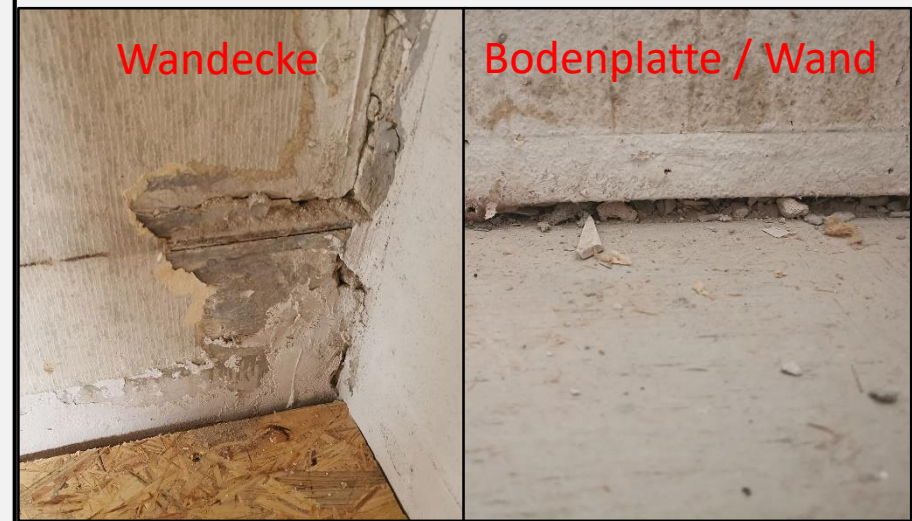
Luftdichtes Verputzen aller Außenwandflächen



Luftundichtigkeiten im Deckenbereich



Luftundichtigkeiten an Anschlüssen / Steckdosen



Erdkolektoranlage / Oberflächennahe Erdwärme



Erdkolektor / Einbautiefe 150 cm



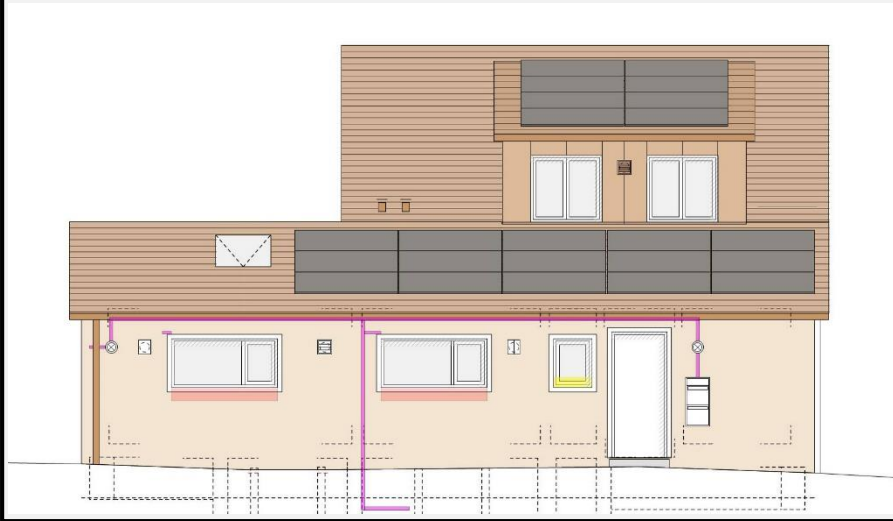
Kollektoren werden in Gräben eingebaut



Ausreichend Fläche / Zugänglichkeit Bagger



23 Kollektoren Westorientierung, 9,20 kWp



Simulation PV in 4 Jahreszeiten / Moduloptimierer

18.09.2021, 12:00
Sommer
mittags

Solar
Copyright TragWerk Döking+Purtak GmbH

Verlust ggü. Südorientierung 15 %
Verluste durch Verschattung

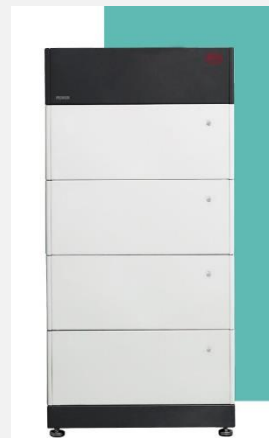
Bildquelle: TragWerk

Einbau eines Batteriespeichers 12 kWh

Vorrangschaltung:

- Haushaltsstrom
- Wärmepumpe
- Batteriespeicher

Zuschüsse von Kommune und Land



Bildquelle: Solar-Edge

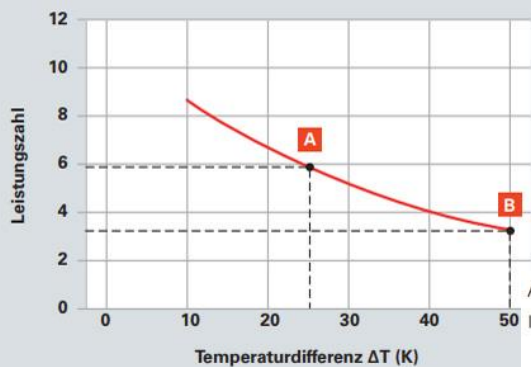
Dezentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung



Bildquelle: Lunos

Effektivität abhängig von Rahmenbedingungen

Abb. A.2.3-2 Temperaturdifferenz und Leistungszahl



A Bei $\Delta T = 25$ K beträgt hier die Leistungszahl fast 6

B Bei $\Delta T = 50$ K beträgt hier die Leistungszahl nur noch 3,3

Als Faustformel gilt:

- Vorklauftemperatur 1 K niedriger
→ Leistungszahl 2,5 % höher
- Quellentemperatur 1 K höher
→ Leistungszahl 2,7 % höher

Bildquelle: Viessmann

Heizlastberechnung/ Heizflächenauslegung

TOA Heizung MA DIN EN 12831-1:2020

Projekt / Realisation: ...

MASSSTABLISTE DIN EN 12831: ...

Von: ... Datum: ...

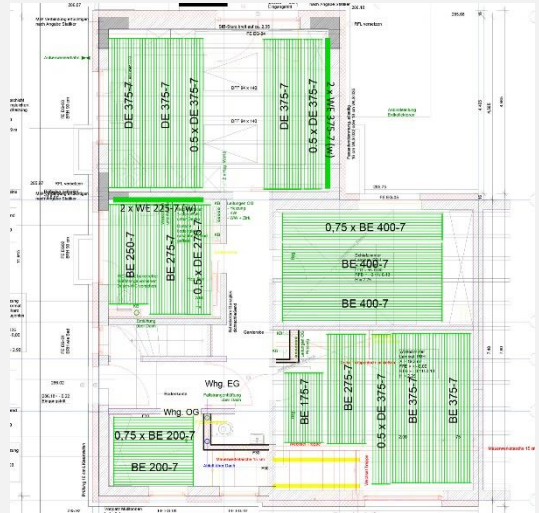
Gezeichnet: ...

Ausgangspunkt: ...

Abmessungen: ...

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2. Gebäude-Energiekennwerte (Mittelwerte)													
Wärmeleitfähigkeit der Bauteile λ [W/mK]: 1,00													
Wärmedurchgangskoeffizient $U_{i,e}$ [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R1} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R2} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R3} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R4} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R5} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R6} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R7} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R8} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R9} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R10} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R11} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R12} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R13} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R14} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R15} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R16} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R17} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R18} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R19} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R20} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R21} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R22} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R23} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R24} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R25} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R26} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R27} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R28} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R29} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R30} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R31} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R32} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R33} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R34} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R35} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R36} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R37} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R38} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R39} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R40} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R41} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R42} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R43} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R44} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R45} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R46} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R47} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R48} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R49} [W/m ² K]: 0,45													
Wärmedurchgangskoeffizient U_{R50} [W/m ² K]: 0,45													

Firma: ...

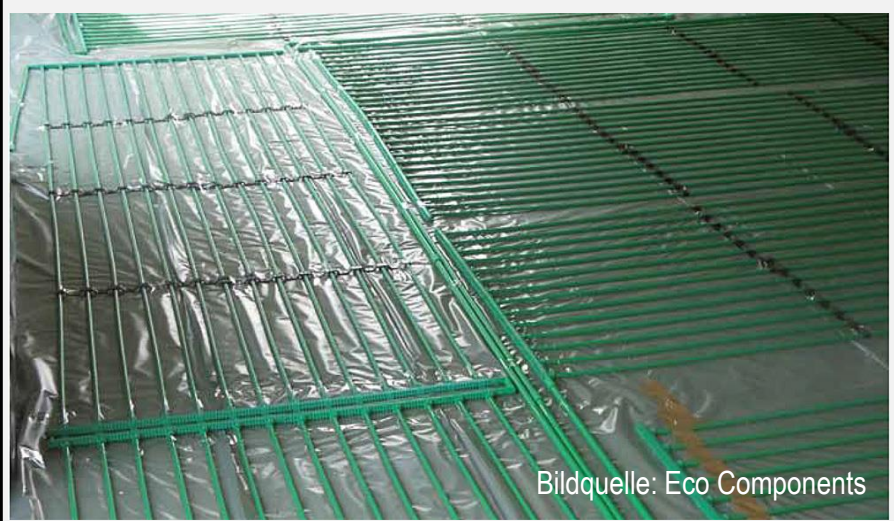


Wandeinbau Nassputz, Deckenheizung Trockenbau



Bildquelle: Eco Components

Fußbodenheizung im Estrich – 1 System



Bildquelle: Eco Components

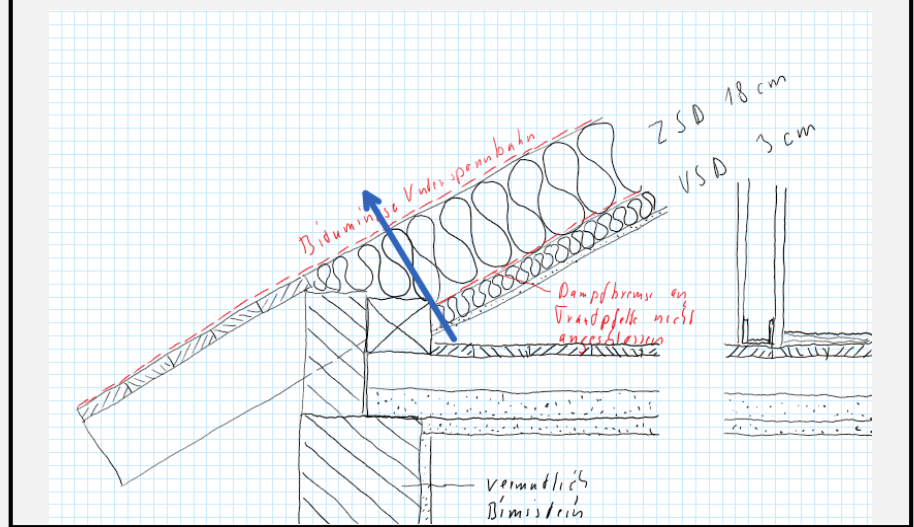


- Baujahr 1957, 2008 Erneuerung Wärmeverteilung, Dachdämmung und Gaube.
- Wärmeerzeuger Bestand = Ölzentralheizung
- Bausubstanz gut.
- Größere Fenster zum Garten gewünscht.
- Fassadendämmung.
- Neuer Fußbodenbelag im Erdgeschoss.
- Wärmepumpe soll zur Ausführung kommen.
- Bohrungen geologisch möglich.
- PV zur Herstellung des eigenen Stroms.
- Minimierung des Energieverbrauchs.

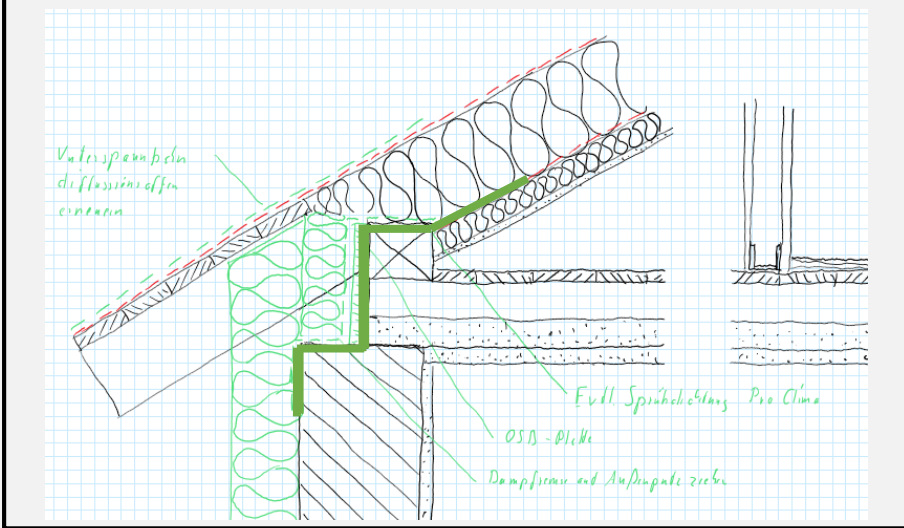
Dachanschlüsse der Dampfbremse nicht luftdicht.



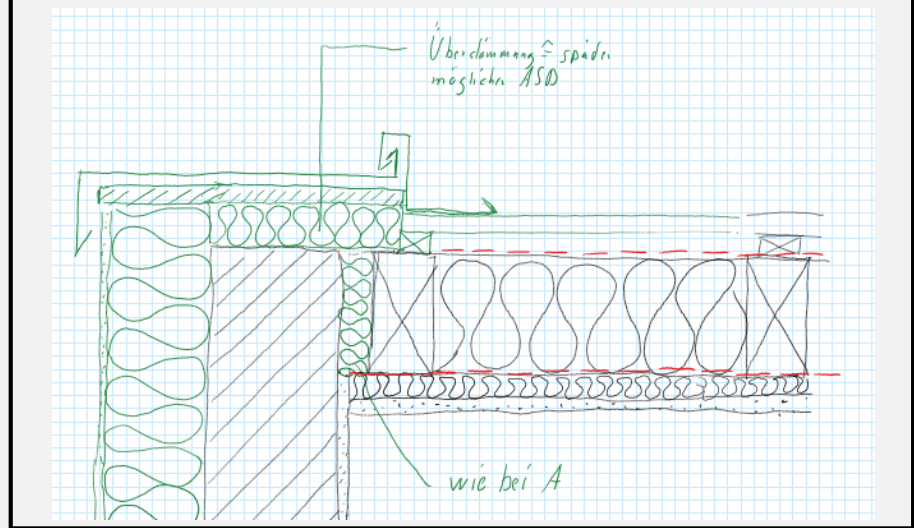
Kein Dampfbremsenanschluss an der Dachtraufe



Wärmebrücke minimieren / Luftdichtigkeit herstellen



Ortsgang: Wärmebrücke + Anschluss mögliche ASD



Wärmepumpe ersetzt Ölhzg. → 45% Förderung BEG

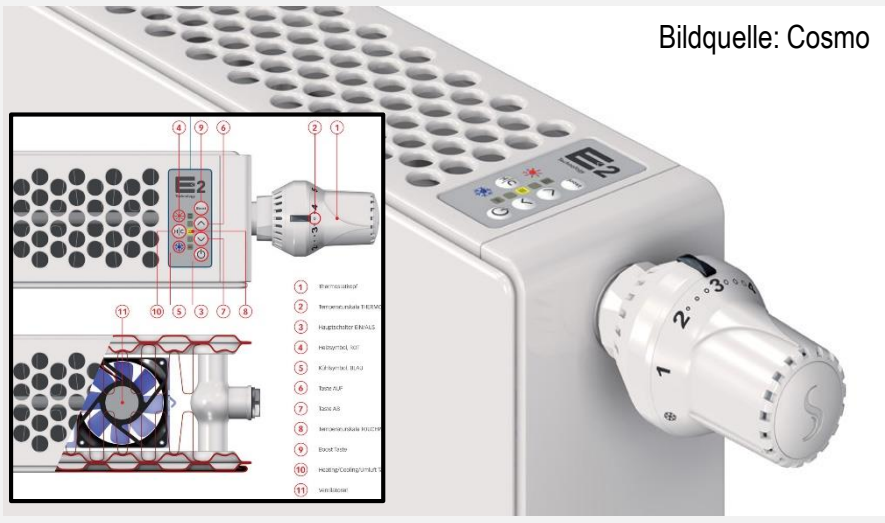


Berechnung, Anzahl Bohrungen, Bohrtiefe, Abstände

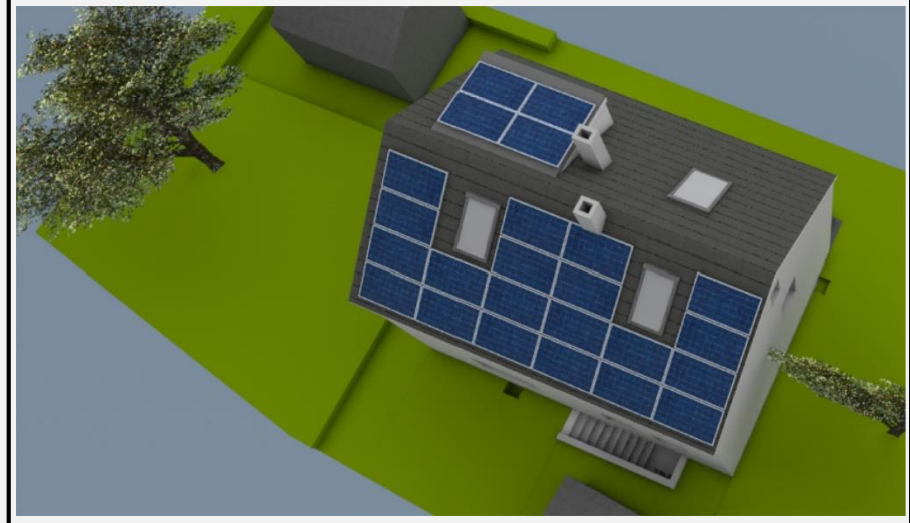
Ihr Haus	
Ihre Wärmepumpe:	Junkers Bosch Thermotechnik GmbH: Supraeco STE/STM 80-1
geplante Heizleistung	7.6 kW
Heizenergiebedarf p.a.	10250 kWh
Warmwasserenergiebedarf p.a.	4000 kWh
Jahresheizprofil	Standard Neubau Lastprofil
Ihre geologischen Rahmenbedingungen	
ungestörte standortspezifische Bodentemperatur	10.40 °C
spezifische Wärmeleitfähigkeit der geologischen Schichten	2.25 W/(m·K)
Ihr Bohrfeld (Ergebnis von Simulation, Planung und Optimierung):	
Anzahl Bohrungen	2
Tiefe je Bohrung	74m
Strömungstyp:	Turbulent
Sondentyp:	DOUBLE-U 32 PE100-RC
Druckverlust in der Sonde bei 3 Kelvin Spreizung in bar	
durchschnittliche Soletemperatur nach 25 Jahren (gewichtet nach Verbrauch)	4.3 °C
Effizienzgewinn gegenüber Anforderung aus VDI4650	8.8 %
Energieleistung: Ihre Bohrfeld erzeugt für Sie (in Megawattstunden) pro Jahr	11.2 MWh
voraussichtliche CO ₂ -Einsparung im Vergleich zu Gas über 20 Jahre Das entspricht: 104.9 Flügen von Frankfurt nach Mallorca	25.9t CO ₂

Geringe Vorlauftemperatur, „Wärmepumpenheizkörper“

Bildquelle: Cosmo



Photovoltaik-Anlage Süd-Ost-Orientierung



Machbarkeit prüfen – Geologische Verhältnisse!

Erdwärme wahrscheinlich möglich

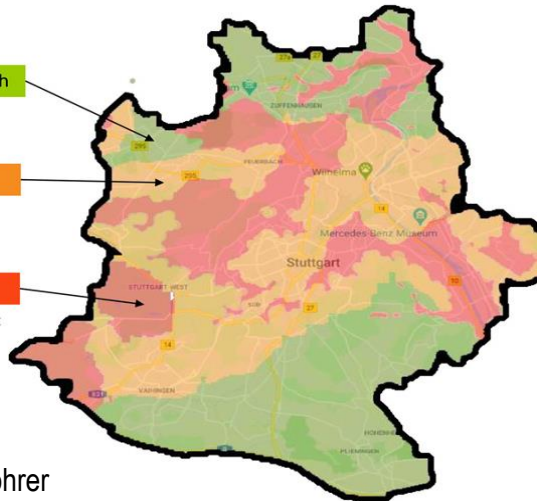
Kein WSG, Geologie bekannt

Erdwärme eventuell möglich

WSG, Geologie bekannt

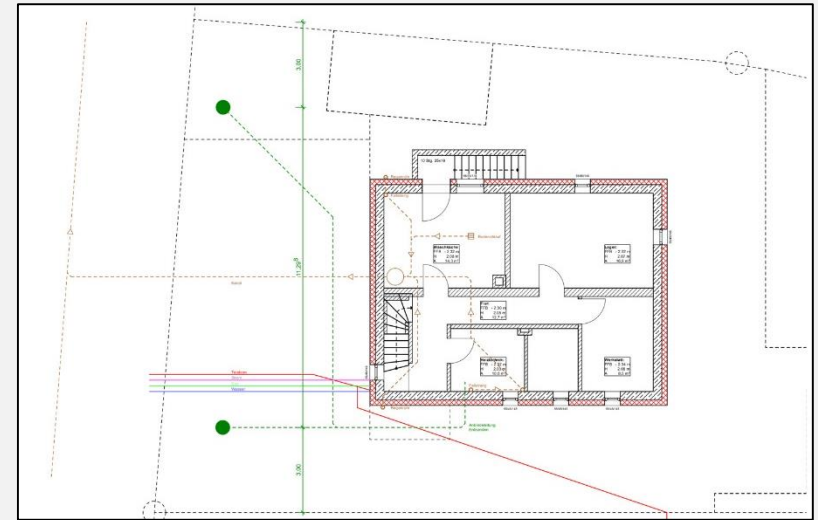
Erdwärme nicht möglich

WSG 1 oder 2 / Geologie unbekannt



Bildquelle: Die Erdwärmebohrer

Positionen Bohrungen bestimmen, Abstände einhalten!



Zugänglichkeit und Platzverhältnisse prüfen!



Aufstellmöglichkeit Bohrgerät und weitere Geräte



Bildquelle: Bauschweiz.ch

Umfassende und detaillierte Planung der Sanierung von Gebäudehülle und Heizung!

- Am Beginn möglichst umfassende Substanzuntersuchung
- Für die Heizung frühzeitig Fachingenieur oder erfahrenen Fachbetrieb involvieren
- Geringer Heizwärmebedarf → Gute Dämmung der Gebäudehülle
- Niedrige Vorlauftemperaturen → Am besten Flächenheizungen
- Heizwärmebedarfsberechnung, usw. durchführen lassen

Qualitätskontrolle

- Z.B. Luftdichtigkeitstest, evtl. schon am Beginn der Planungsphase
- Auswertung der Ergebnisse über mind. 1 Jahr verbunden mit Optimierung der Anlage

Bauen und Sanieren ist ein Prozess:

- Kein Bauvorhaben ist wie das anderen, die Voraussetzungen sind immer andere
 - Zustand des Gebäudes. Welche Bauteile sollen saniert werden?
 - Welche Zielvorstellungen haben die Eigentümer?
- Die Lösung entwickelt sich im Planungsprozess, weil immer neue Erkenntnisse und Ideen hinzukommen
 - Zeit lassen für den Planungsprozess und mehrere Meinungen einholen
 - Frühzeitige Festlegungen sparen im Endeffekt Zeit und Geld
 - Immer wieder entwickelt sich eine geplante Teilsanierung zu einer umfassenden und zukunftsweisenden Modernisierung, die aufgrund steigender Zuschüsse nicht wesentlich mehr kosten muss.