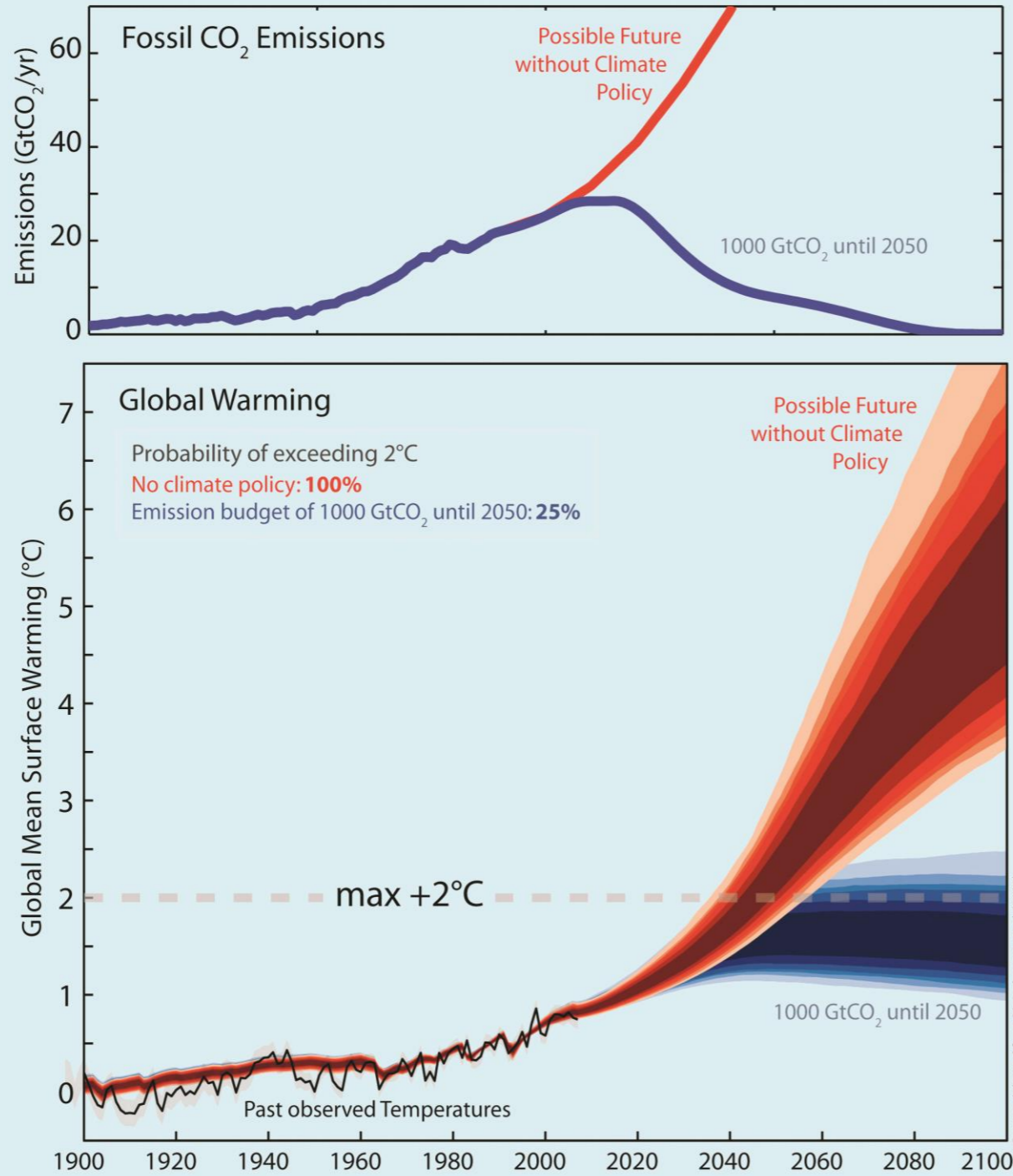


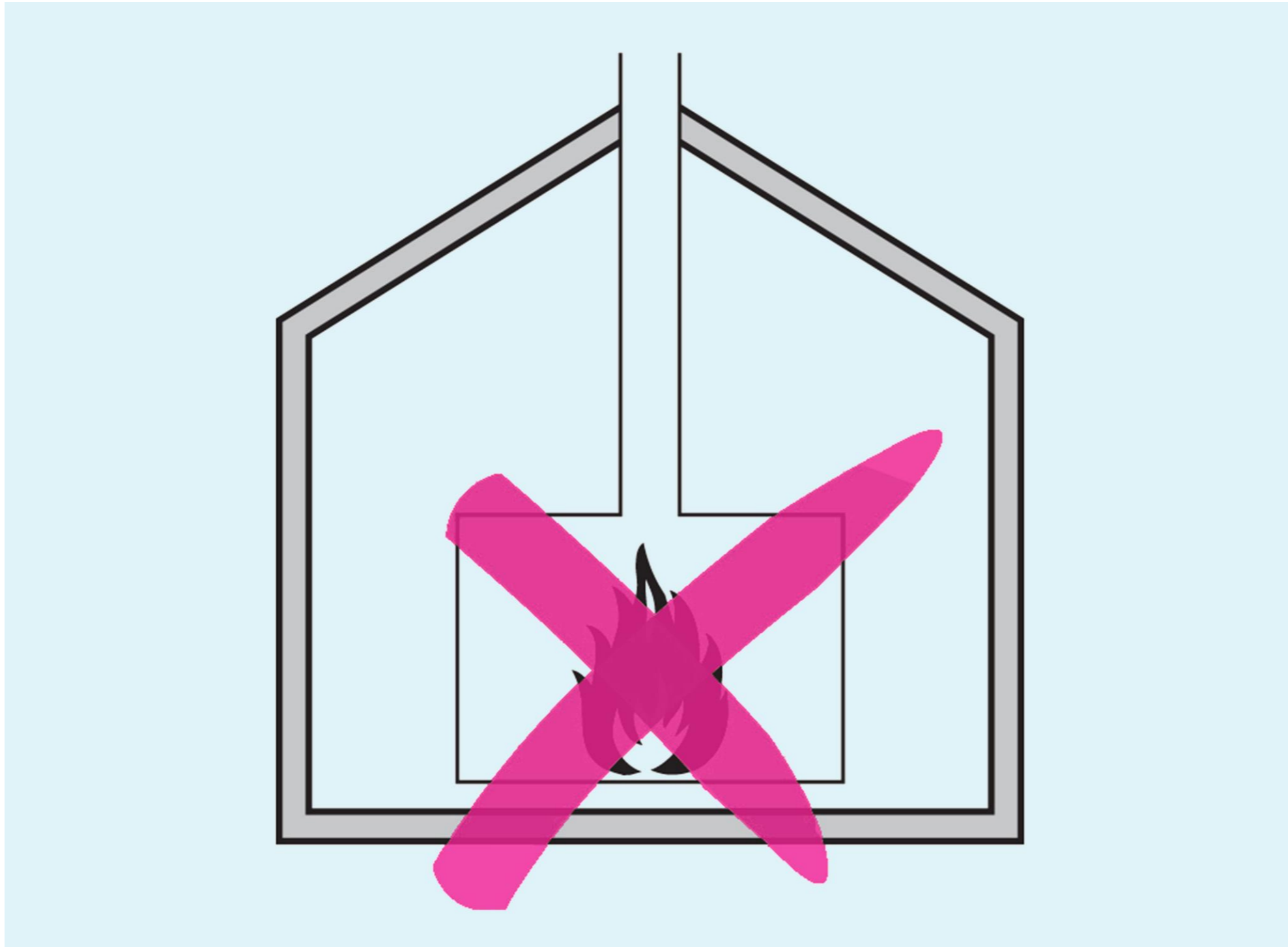
ZE-2sol

Prof. Dr. Hansjürg Leibundgut
Vortragsreihe, Mai 2014

IPCC-Zielgebiet für CO₂-Emissionen



Kohlenstoffverbrennung



Kernreaktor von Fukushima



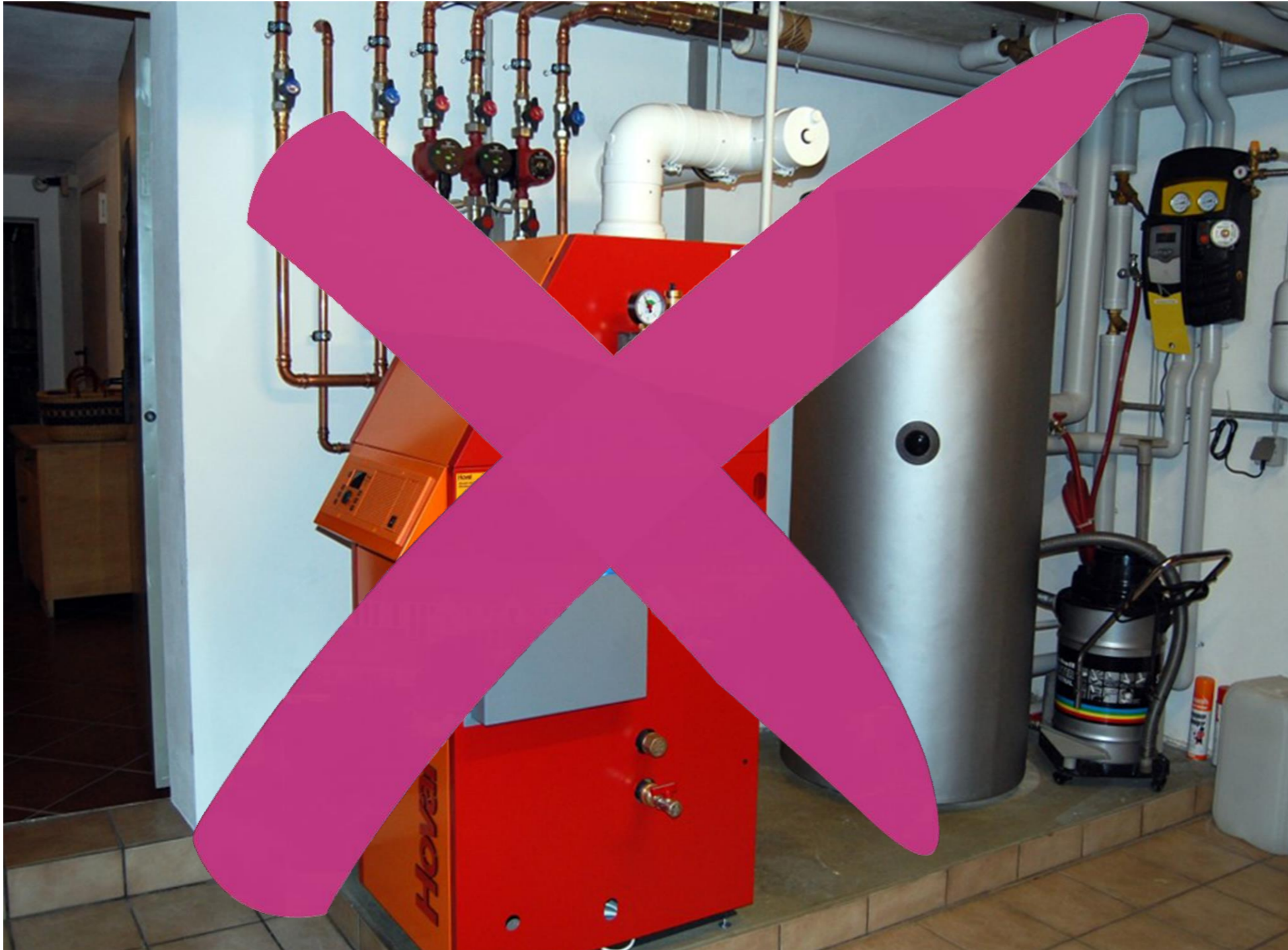
Kernspaltung



Es ist verboten, alte Kohlenstoffe zu verbrennen.

Es ist verboten, Kerne zu spalten.

Oelbrenner



Oelpumpe



Oelpipeline



Oeltanklager



Die Energiewende ist eine Technologiewende.

Passivhaus



Aufgesetzte Solarpanele



Solarpanele im Überschuss



Haus am Idaplatz, Zürich



Wenn wir das Problem dieser Häuser lösen können, können wir alle Probleme lösen.

Das Haus steht in der Stadt. Die Häuser verschatten sich im Winter gegenseitig. Passive Sonnenenergienutzung ist ungeeignet.

Eine Aussendämmung würde das ganze Quartier abwerten und wäre teuer.

Das Warmwasser ist schwieriger als das Heizen.

Behauptung:

die subventionierten Standardlösungen sind für das Haus am Idaplatz in Zürich und damit für hunderttausende ähnliche Gebäude untauglich.

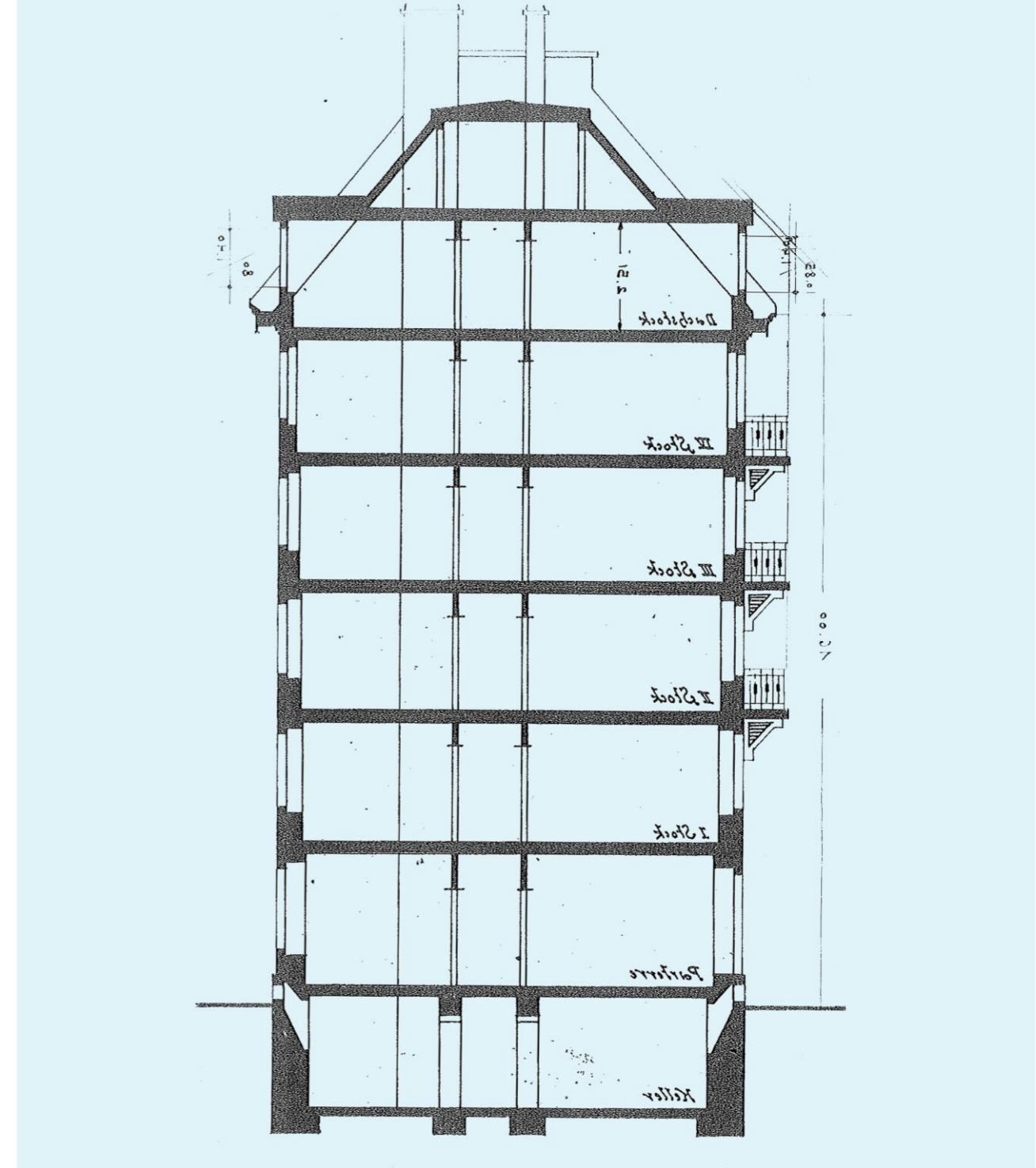
Haus am Idaplatz

bestehendes Haus im Schnitt

EBF = 950 m²

Q_h = 79 kWh/m²a

Q_{H+WW} = 95'000 kWh/a



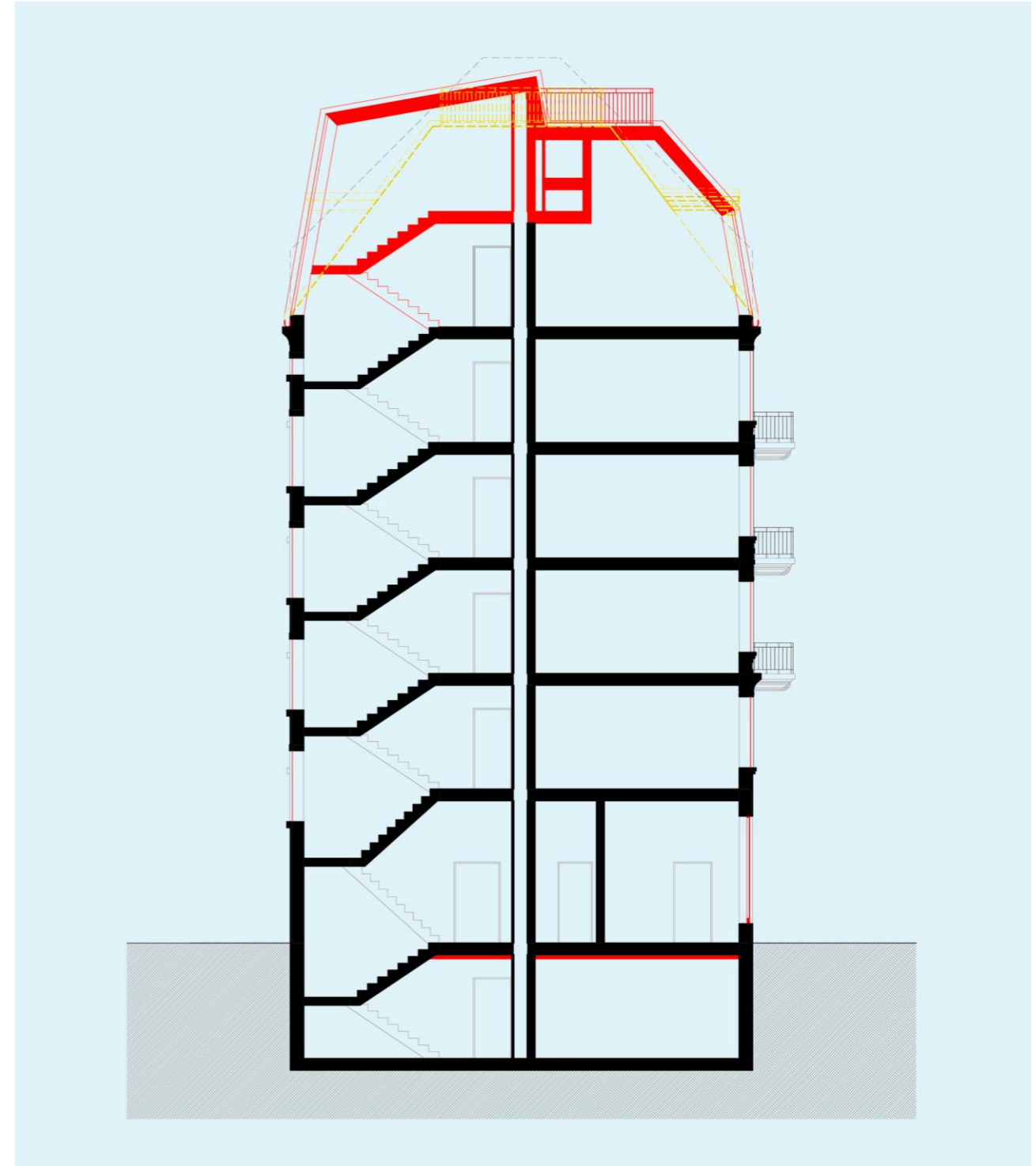
Haus am Idaplatz

neues Dachgeschoss, neue Fenster

EBF = 1080 m²

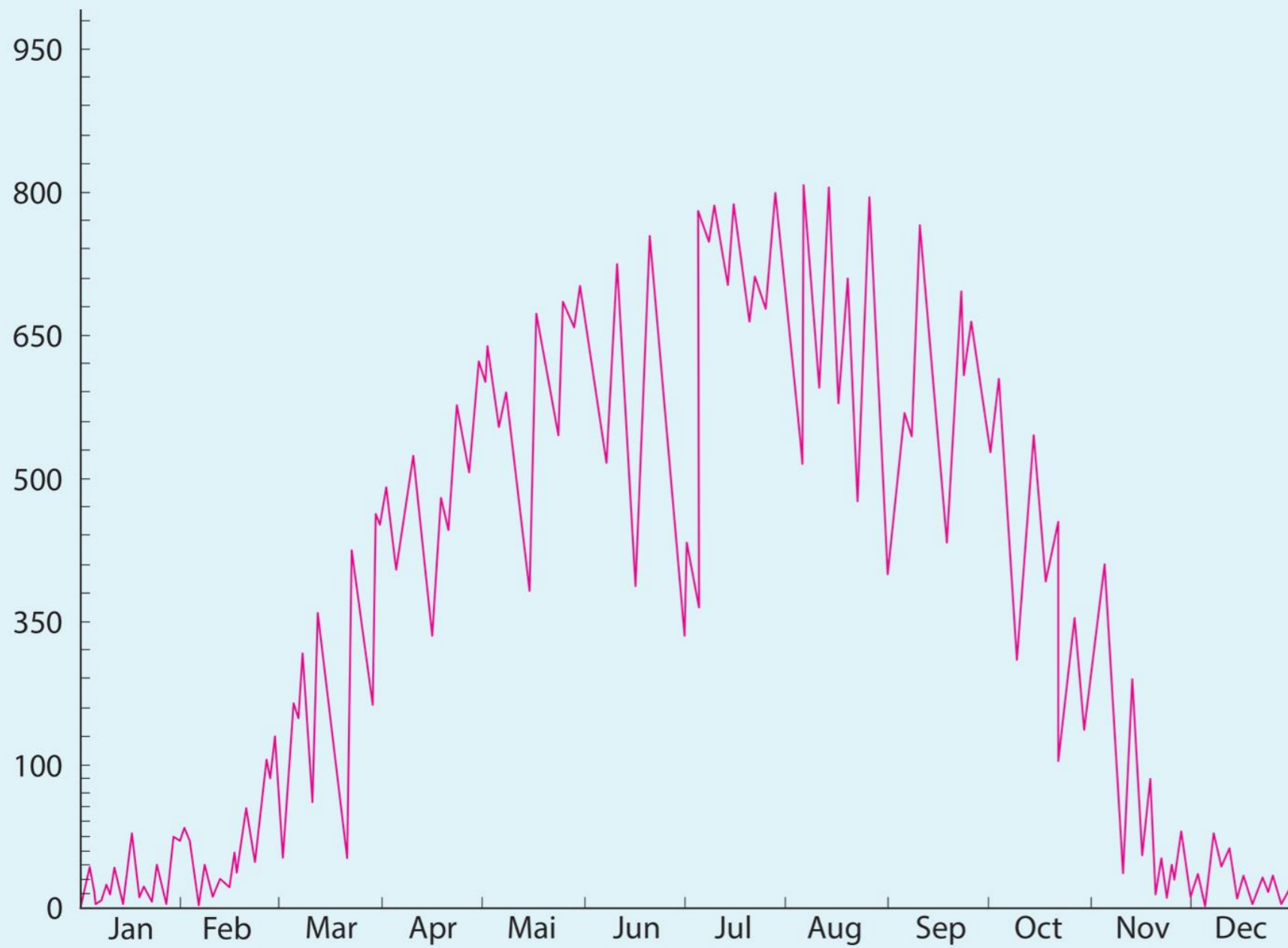
Q_h = 31 kWh/m²a

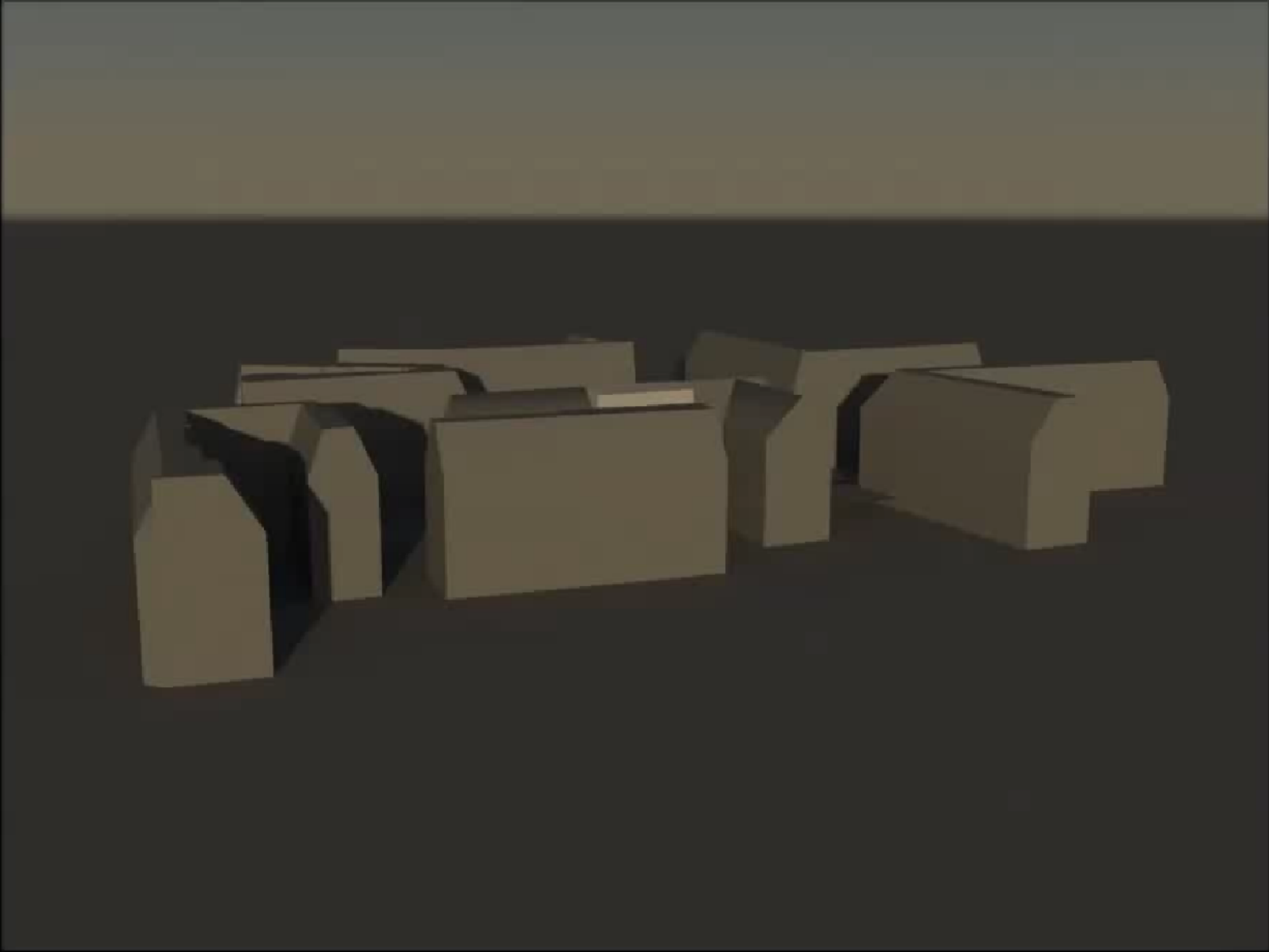
Q_{H+WW} = 54'600 kWh/a



Solareinstrahlung in Zürich

W/m² horizontal





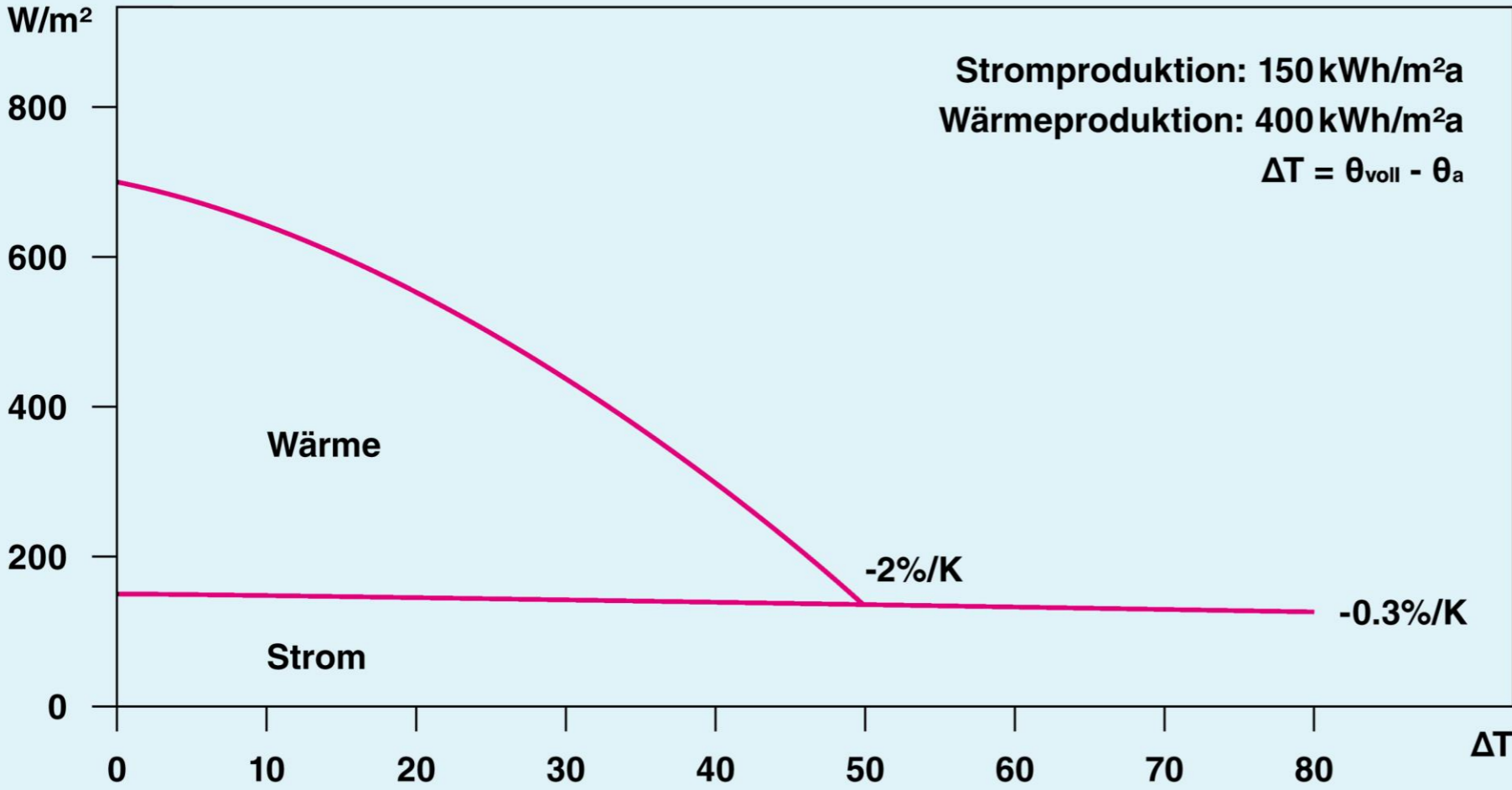
Das neue Dach erhält zwischen Februar und Oktober >140'000 kWh Solarstrahlung, und vergrössert den nutzbaren Wohnraum um 8-10%.

Dach des Hauses B35

Dachintegrierter Hybridkollektor PV/T

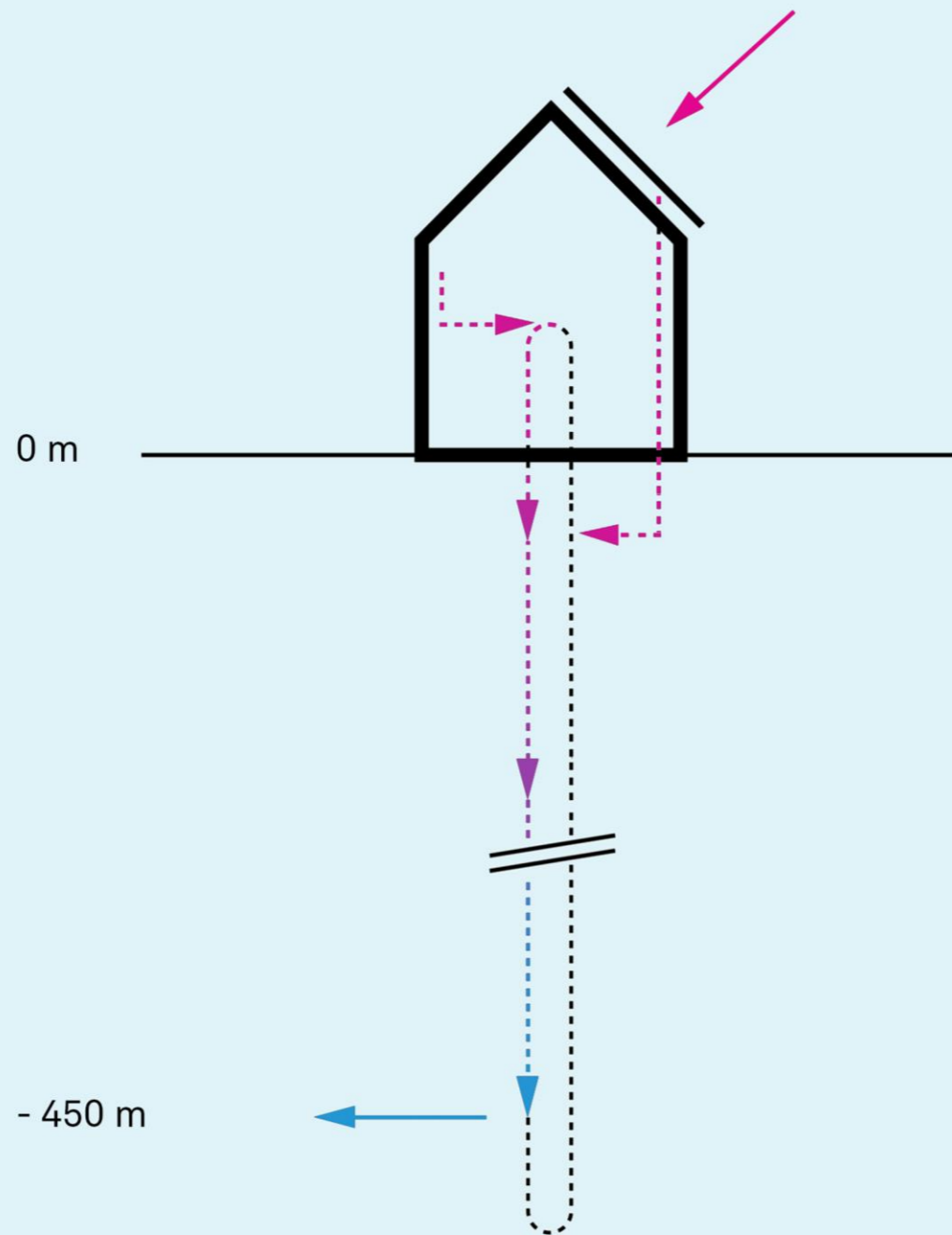


Wirkungsgrad des PV/T-Kollektors



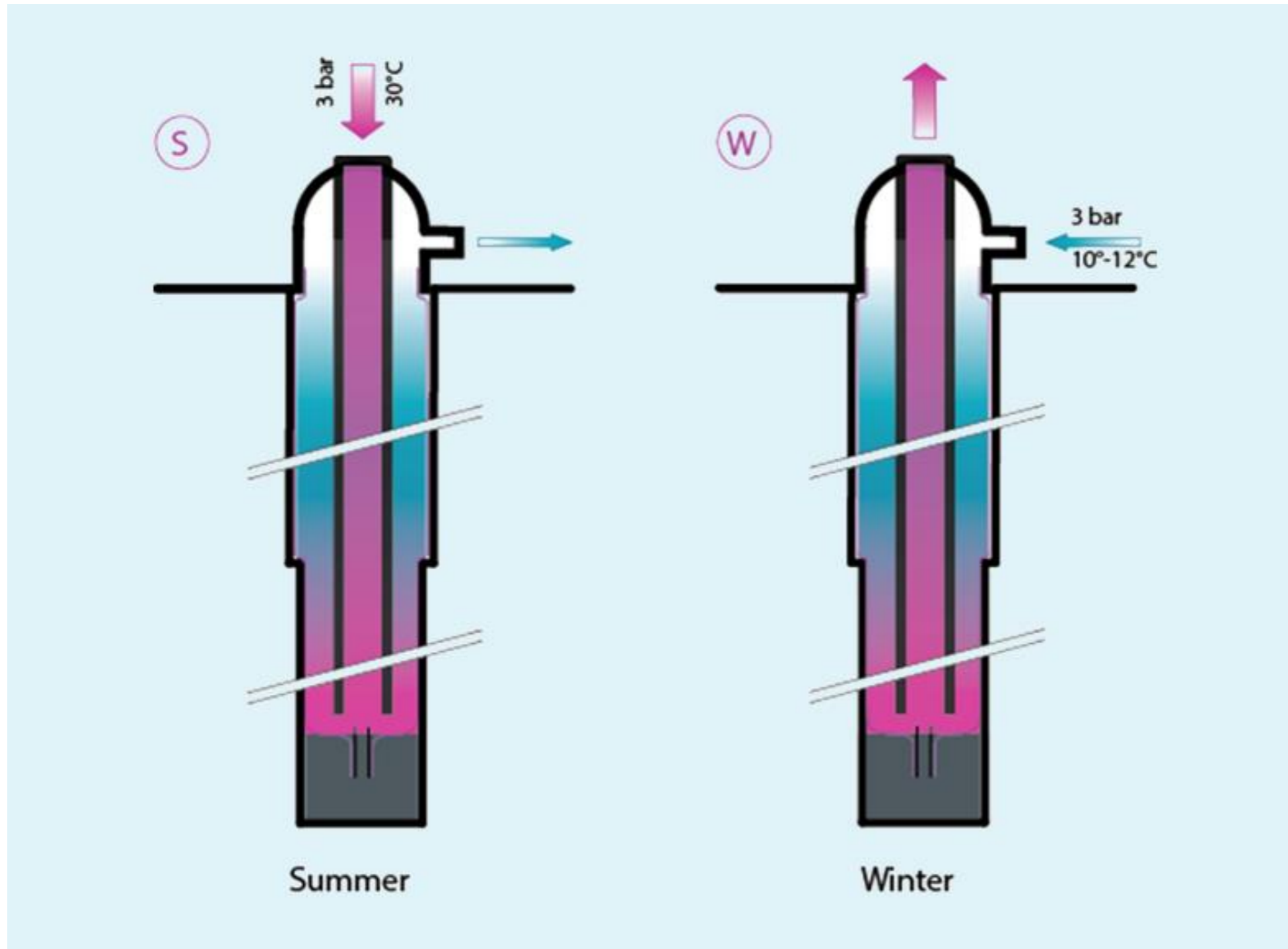
Das neue Dach liefert 50'000 kWh Wärme bei 30°C und zusätzlich 15'000 kWh Strom.

Ernten und speichern

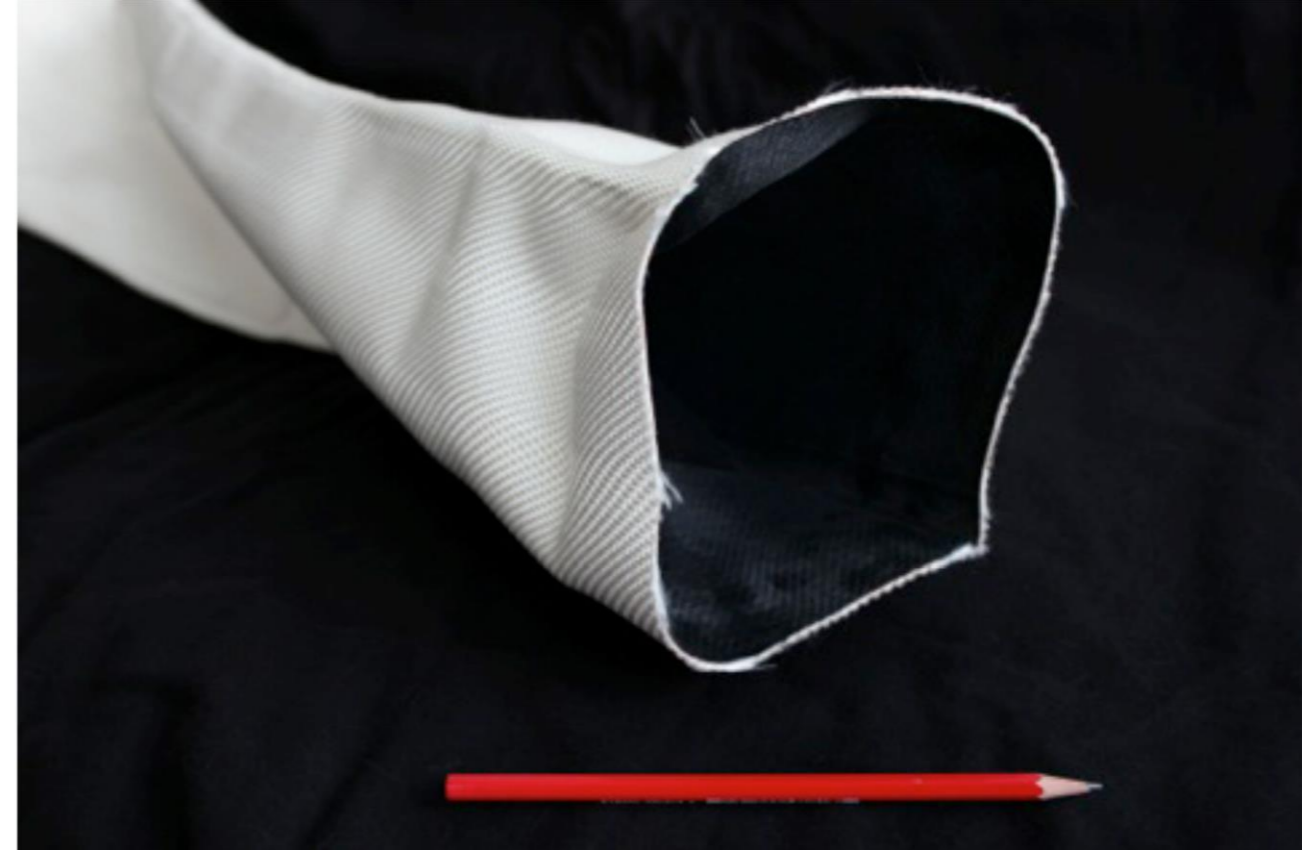


Die 50'000 kWh Abwärme des PV-Daches und weitere 20'000 kWh Abwärme aus dem Haus werden mittels einer neuen 550 meter langen Membran-Koaxial-Erdwärmesonde an 50'000 Tonnen Erdreich übertragen, dem im Winter zuvor 50'000 kWh Wärme entzogen wurde.

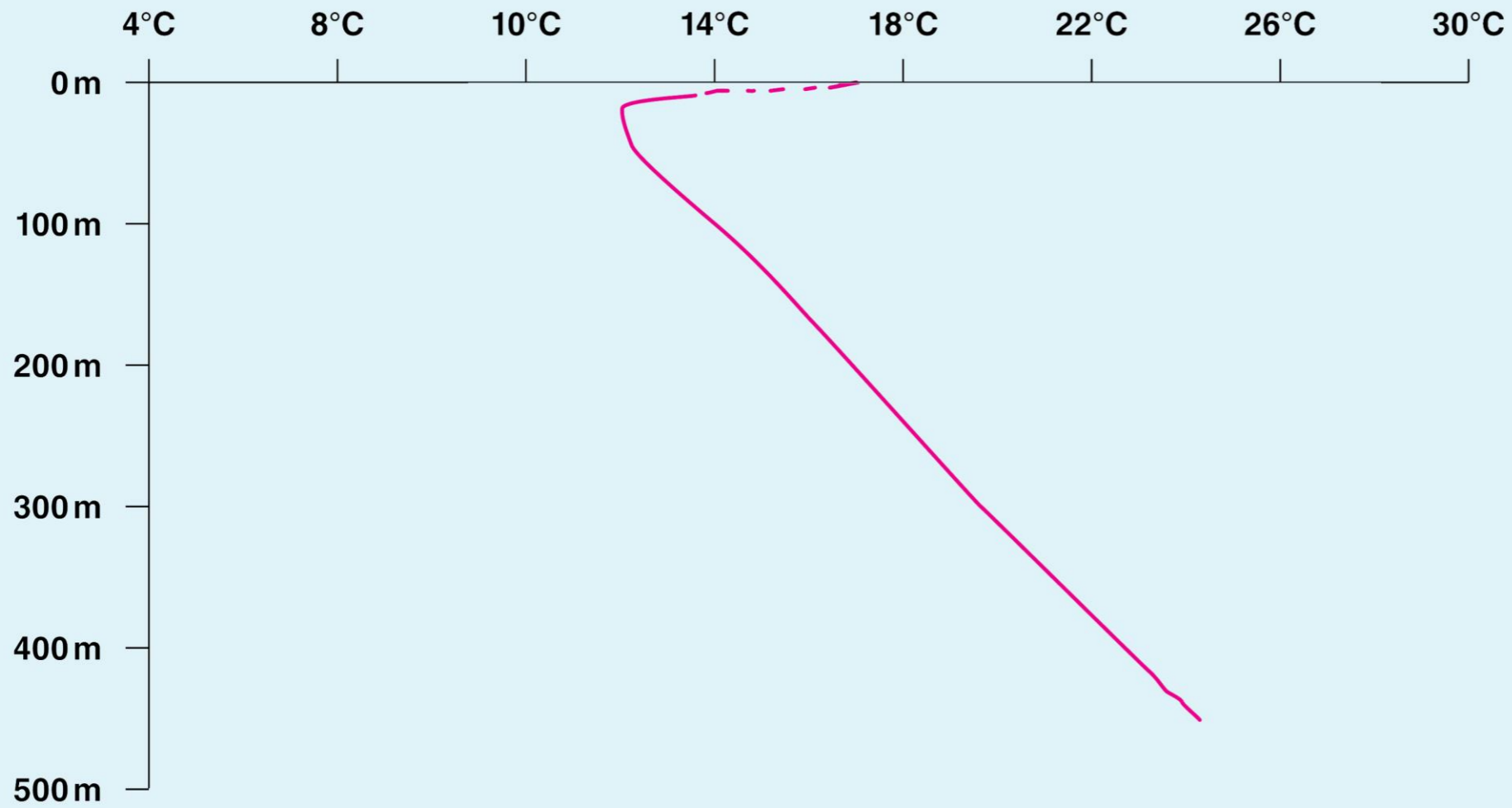
Koaxial-Erdwärmesonde mit Fließrichtungsumkehr



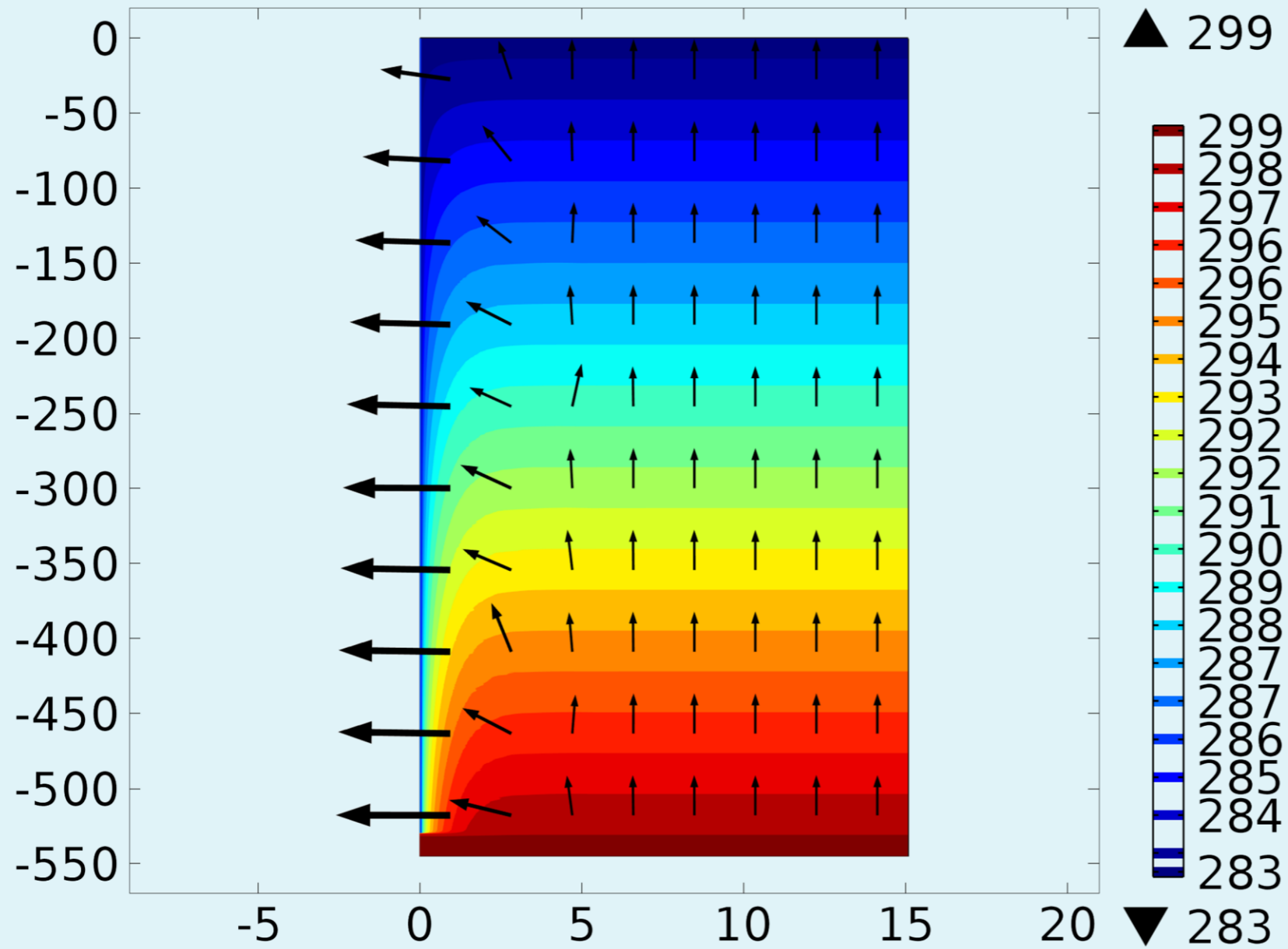
Membrane als Bohrlochsicherung



Das Temperaturprofil im Schweizerischen Mittelland



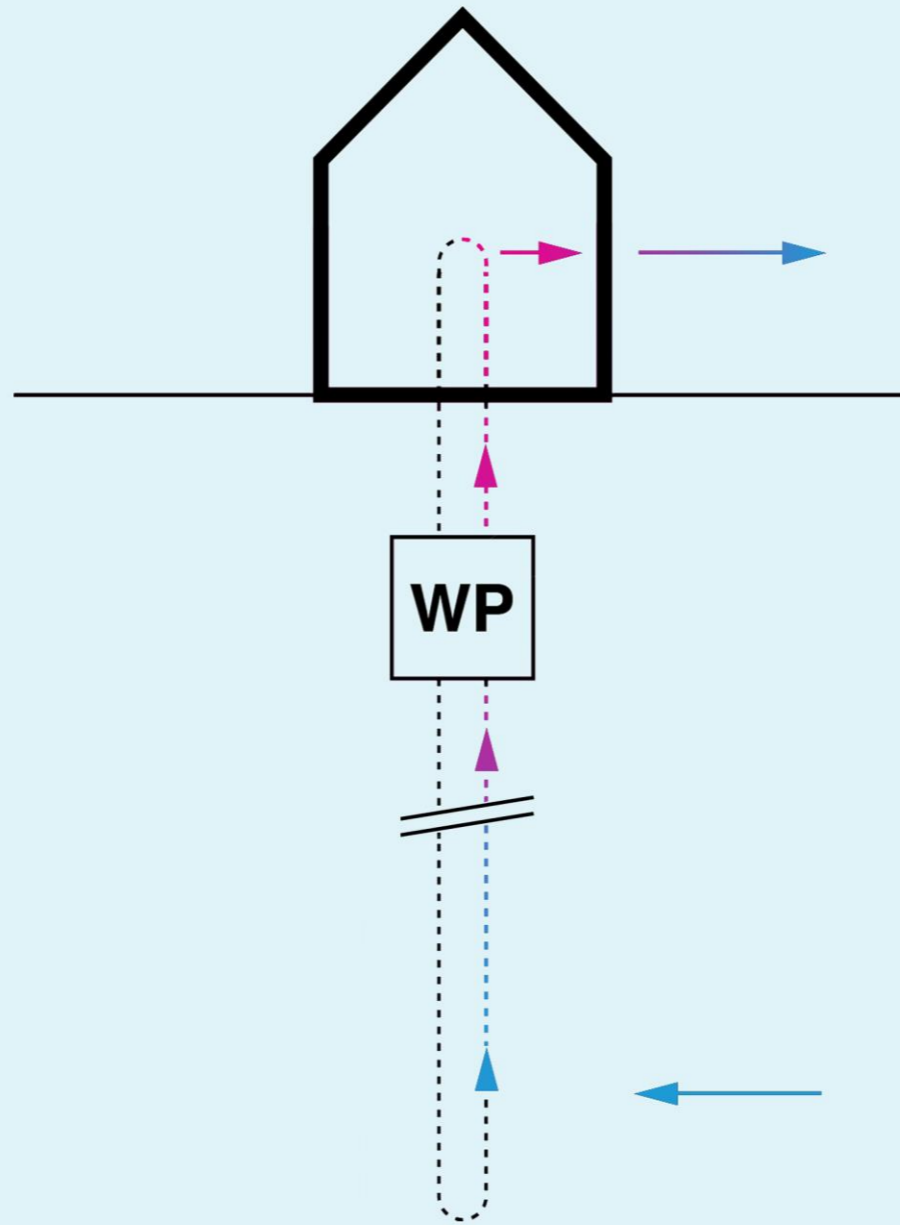
Isothermen und Wärmestromgradienten



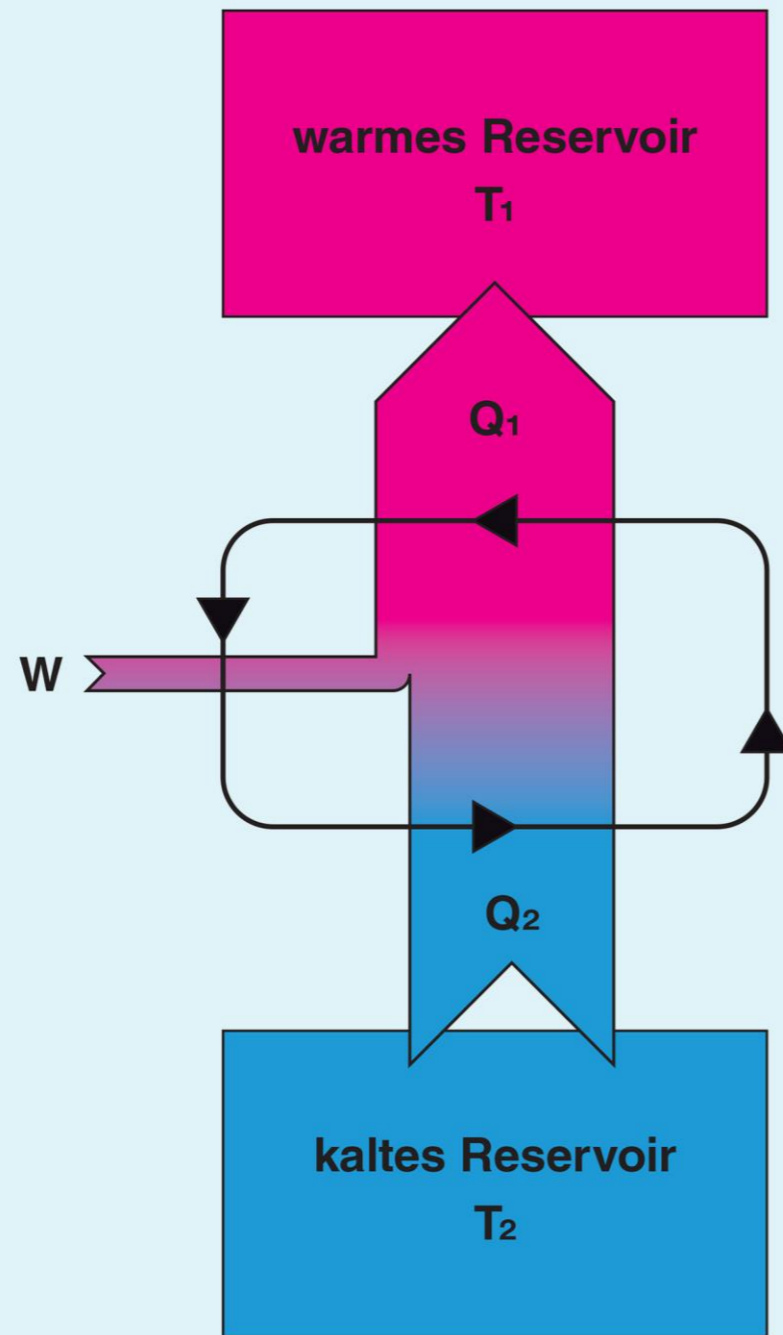
Der Wärmespeicher muss jährlich entleert werden.

Im Winter werden 50'000 kWh Wärme dem Erdreich wieder mittels der Erdwärmesonde entzogen. Das Wasser aus der Sonde weist am kältesten Tag eine Temperatur von 14°C-15°C auf. Es strömt durch den Verdampfer der Wärmepumpe.

Wärme aus dem Erdreich verwenden



Die Wärmepumpe



Wirkungsgrad (COP) der Wärmepumpe

$$\text{COP} = Q_1/W = g \cdot T_1 / (T_1 - T_2)$$

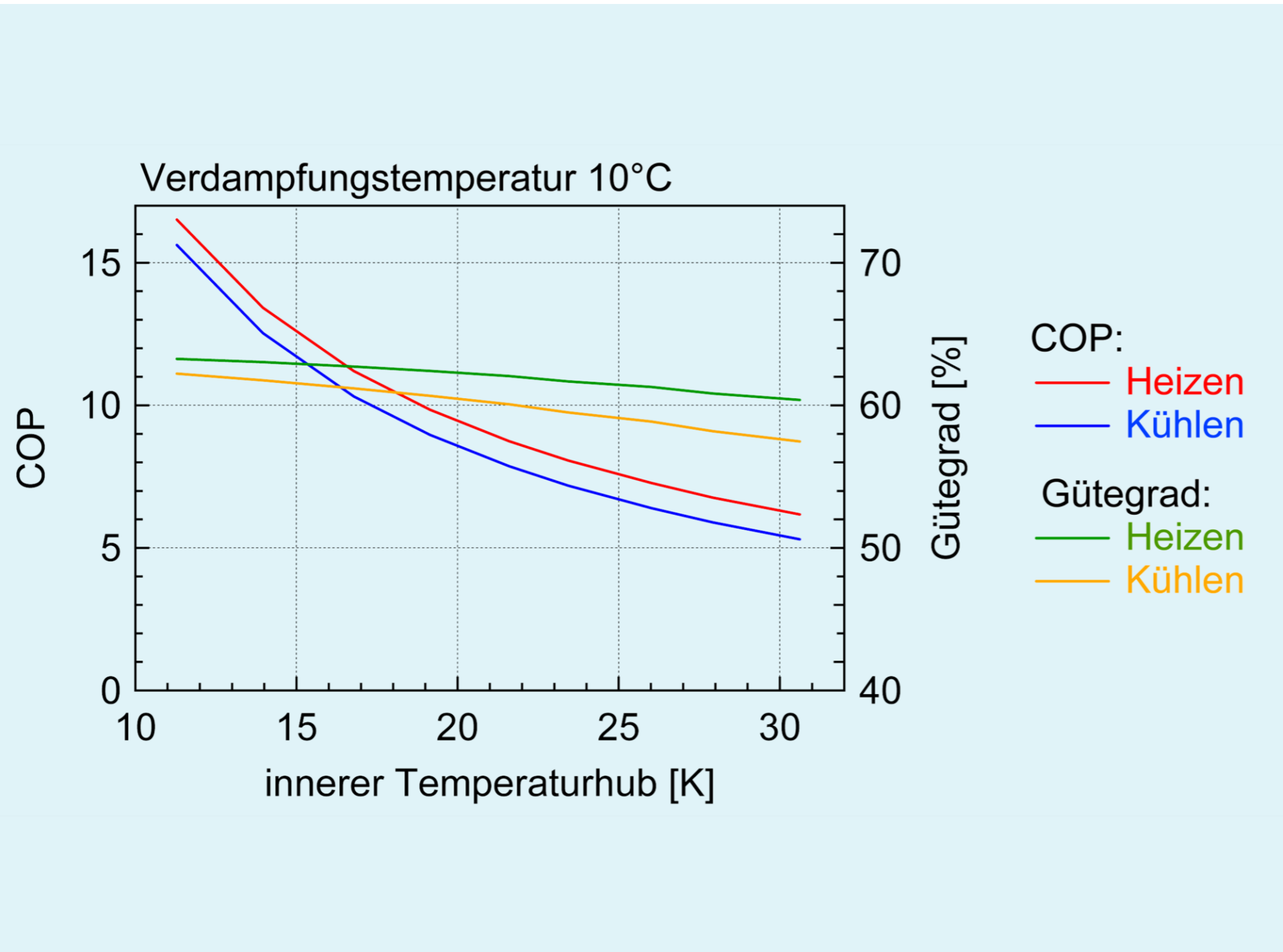
Mockup einer 15 kW-Turbowärmepumpe



Prototyp der 15 kW-Turbowärmepumpe



Messresultate der 15 kW-Turbowärmepumpe

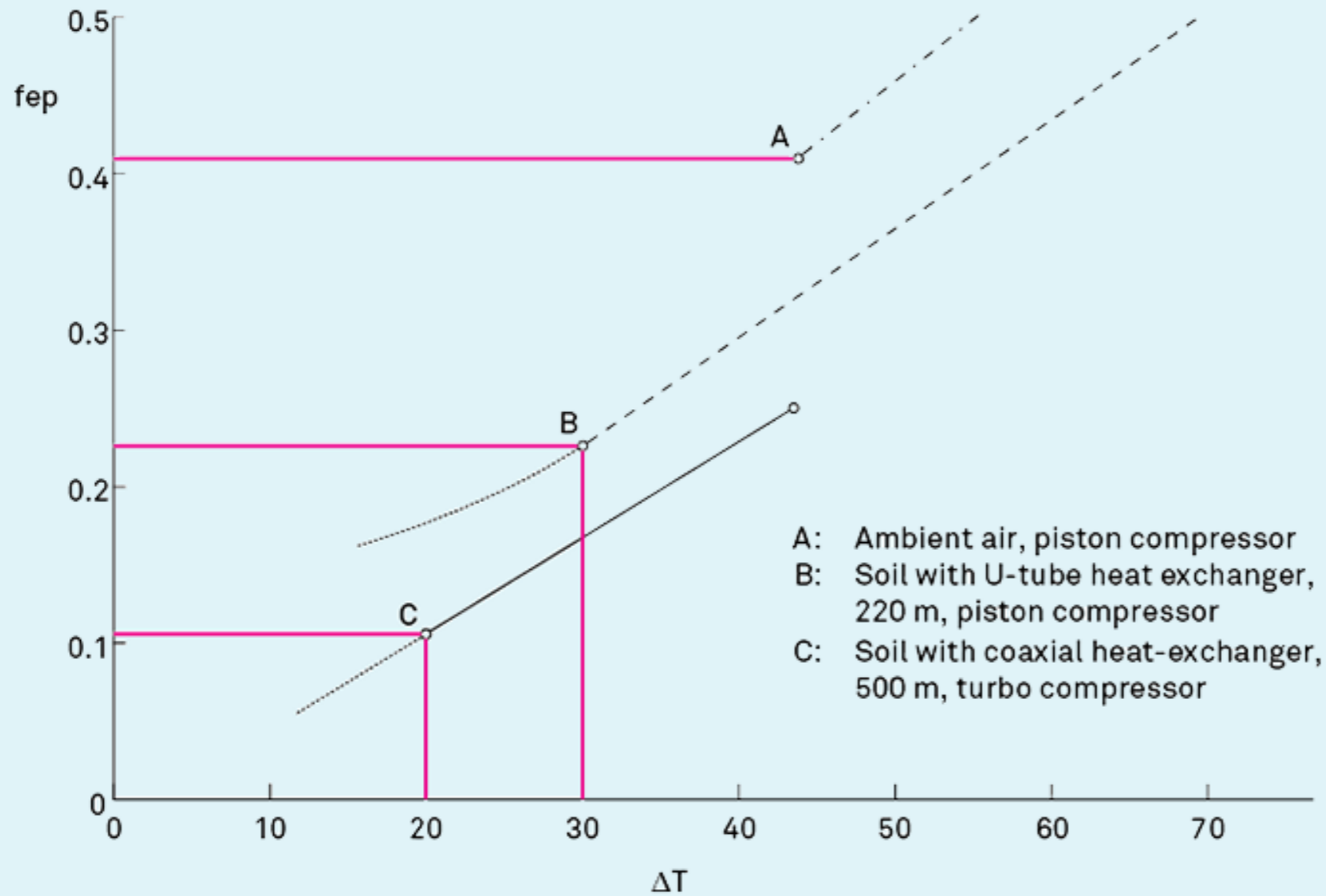


Stromanteil an der Heizwärme

fep: fraction of electrical power

$$fep = (T1-T2)/g \cdot T2$$

Stromanteile verschiedener Wärmepumpenheizungen am kältesten Tag



**Die neue Turbo-Wärmepumpe transformiert die Wärme aus dem Erdreich auf eine Nutztemperatur von 30°C-48°C.
Der Stromverbrauch hängt entscheidend ab von dieser Nutztemperatur.**

Alter Heizkörper



Neuer Heizkörper



Altes Fenster

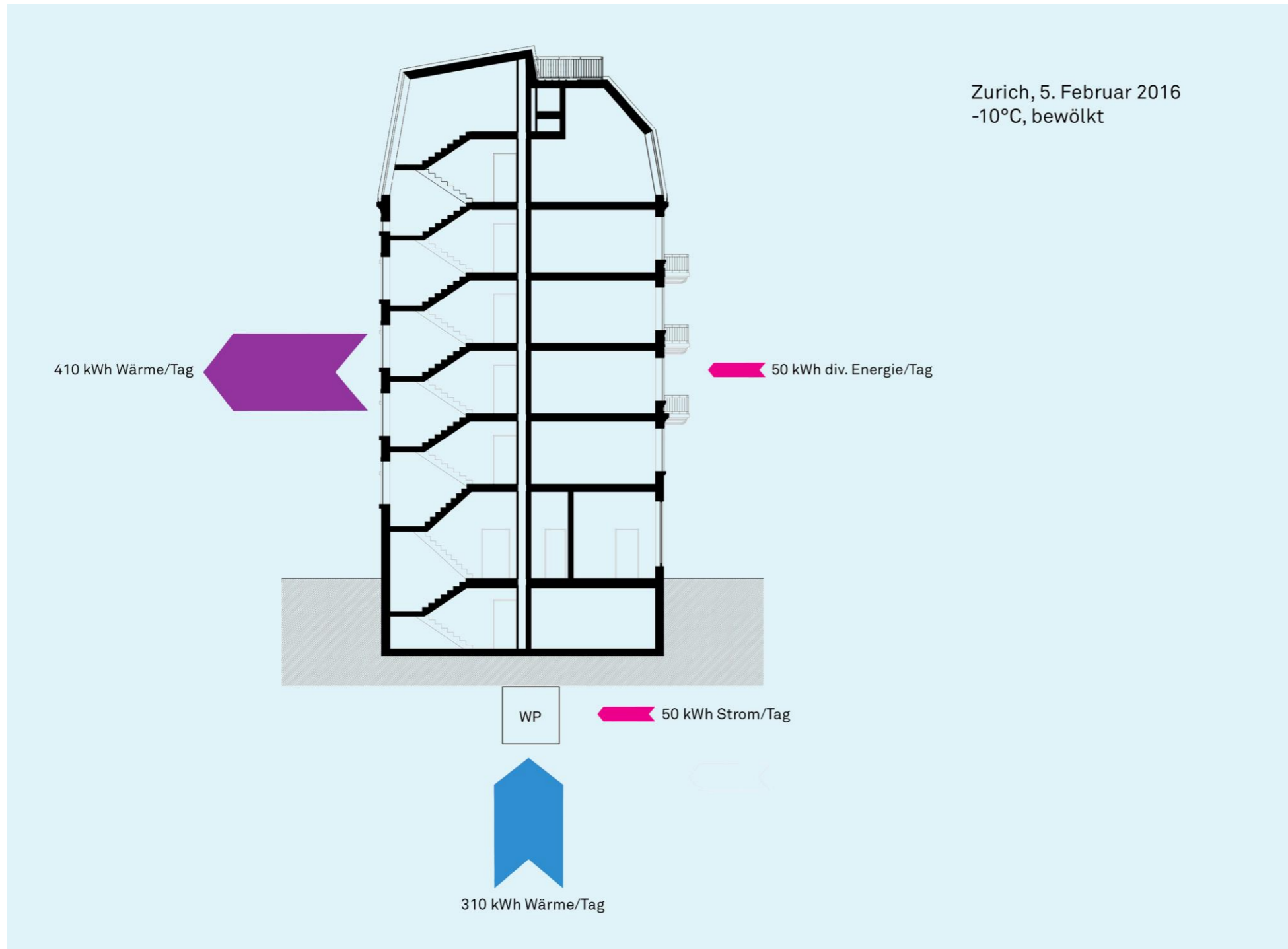


Neues Fenster



Dank Auswechseln der Fenster und Radiatoren kann die maximale Vorlauftemperatur von 50°C auf 35°C gesenkt werden. Die Wärmeverteilung bleibt gleich. Die Fassade bleibt gleich.

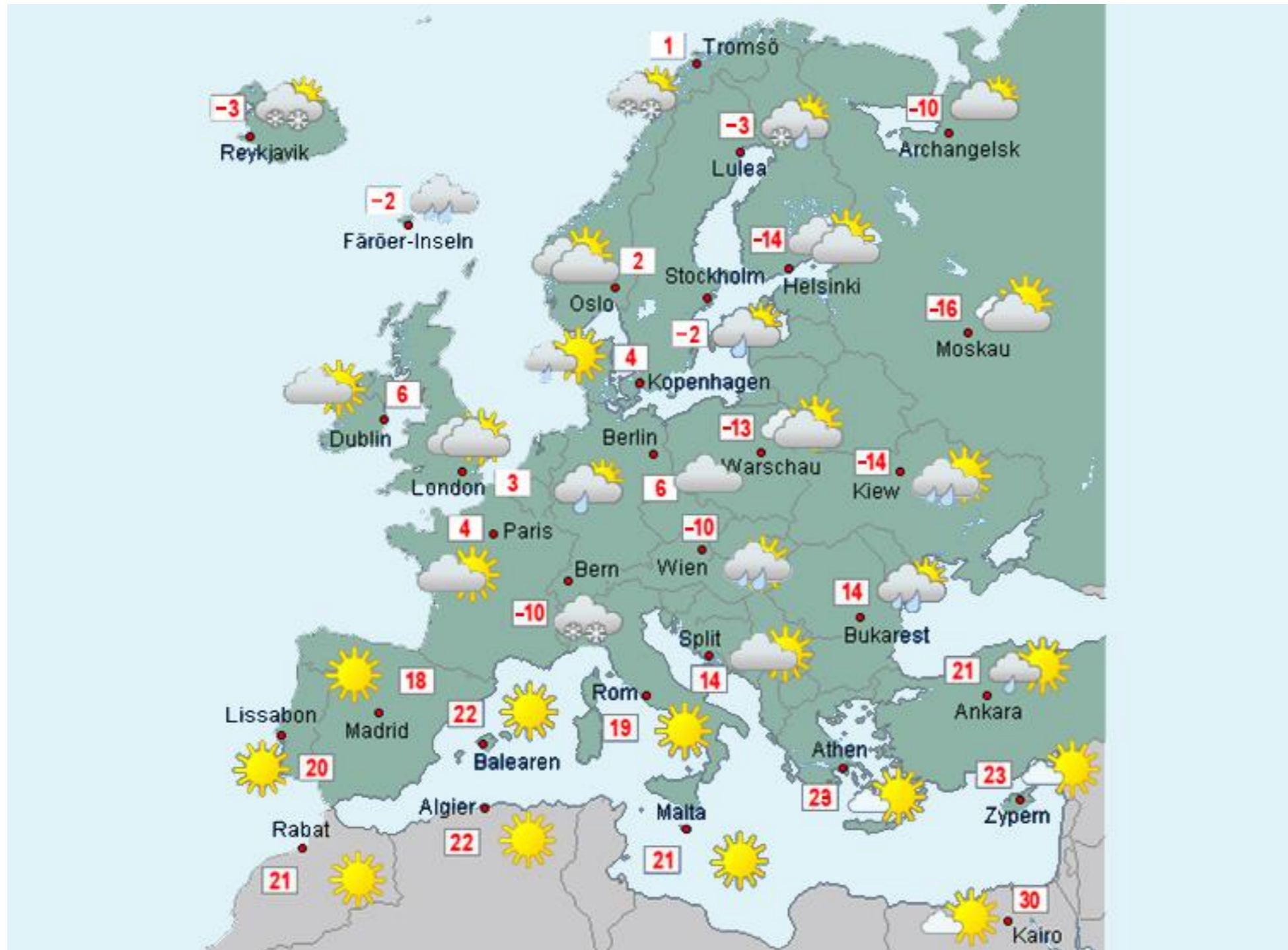
Energiebilanz Haus am Idaplatz



Haus am Idaplatz, Zürich



Wetterkarte Europa am 5. Februar 2016



ZeroEmission Supply Investment (ZESI)



Die ZESI stellt sicher, dass die 50 kWh/Tag Strom für den Betrieb der Wärmepumpe am kältesten Tag gleichentags in Südeuropa ohne staatliche Subventionen mit Photovoltaik erzeugt werden können.

PV-Anlage



Dafür werden 60 m² PV mit einer Peak-Leistung von 10 kW benötigt. Die Anlage kostet 20'000 Euro. Das Haus am Idaplatz benötigt den Strom aus dieser Anlage während maximal 48 Tagen (12 Wochen). Die ZESI beträgt 10'000 Euro.

PV-Anlage und Meerwasserentsalzung



Der Strom der PV-Anlage in Südeuropa wird während 40 Wochen zur Entsalzung von Meerwasser verwendet. Mit dem im Sommer produzierten Strom können 1 Million Liter Frischwasser produziert werden (rund 15 Haushalte oder 1 ha bewässertes Land). Dank der ZESI kostet das Frischwasser weniger als 1 Euro/m³ Frischwasser.

Terrassen an der ligurischen Küste



Haus am Idaplatz

1080 m² Wohnfläche, 9 Whg.

Kosten in CHF

PV/T	120 m ²	35'000
------	--------------------	--------

K-EWS	550 m	50'000
-------	-------	--------

T-WP	22 kW	25'000
------	-------	--------

Heizkörpersatz	30 Stk.	30'000
----------------	---------	--------

ZESI	10 kW	10'000
------	-------	--------

Total Investment		150'000 CHF
------------------	--	-------------

~150 CHF/m²

ZE-2sol Schweiz

Kosten

700 Mio m2 EBF

700 Mio m2 EBF/System ZE - 2sol

→ 1 Mio Systeme ZE – 2sol

→ 105 Mia CHF

ZE-2sol Schweiz

Wirtschaftlichkeit

Investment	105 Mia CHF
Ø Lebensdauer	33 Jahre
Zins	3.5 %
Annuität	6.5 %
Jahreskosten	6.8 Mia/a
Öl-/Gasimporte für Heizung	80 Mio Tonnen/a
Break-even	0.85 CHF/KG

ZE-2sol Schweiz

Machbarkeit

→ 1 Mio K - EWS in 30 Jahren

→ 33'000 K – EWS/a

→ 120 K – EWS/(Bohrgerät•a)

→ 275 Bohrgeräte, bedient durch 1'000 Arbeiter

Es gibt nichts Gutes, ausser man tut es.

2SOL