



ZE¹-2SOL²

ist ein System zur Bereitstellung der thermischen Leistung für Gebäude ohne den Prozess der Verbrennung und mit so kleinem Strombedarf, dass auf die Energie von Atomkraftwerken verzichtet werden kann.

1 ZeroEmission

2 Energie solaire avec stockage au sol



INHALT

01	Rahmenbedingungen	16	Gebäudehülle
02	Leistungsbedarf Schweiz	17	Dach
03	Gebäudeziele	18	Selektive Verglasung
04	System 2Sol	19	Fussbodenregister
05	Carnot-Prozess	20	Automatisierung
06	Turbo-Niederhub-Wärmepumpe	21	Systemelemente 2Sol
07	Erdwärmespeicher	22	Kosten 2Sol
08	Bewirtschaftung Erdwärmespeicher	23	ZE-2Sol
09	Koaxial-Erdwärmesonde	24	Stromverteilung Europa
10	Regeneration Erdwärmespeicher	25	2Sol in der Schweiz
11	Hybridkollektor	26	Arbeitsplätze in der Schweiz
12	Warmwasseraufbereitung	27	Energieverordnung Schweiz
13	Durchlauferhitzer		
14	Umschaltapparat		
15	Lüftung		

01 RAHMENBEDINGUNGEN

ZE-2Sol orientiert sich an der Energiestrategie-studie Energiezukunft Schweiz¹ der ETH Zürich.

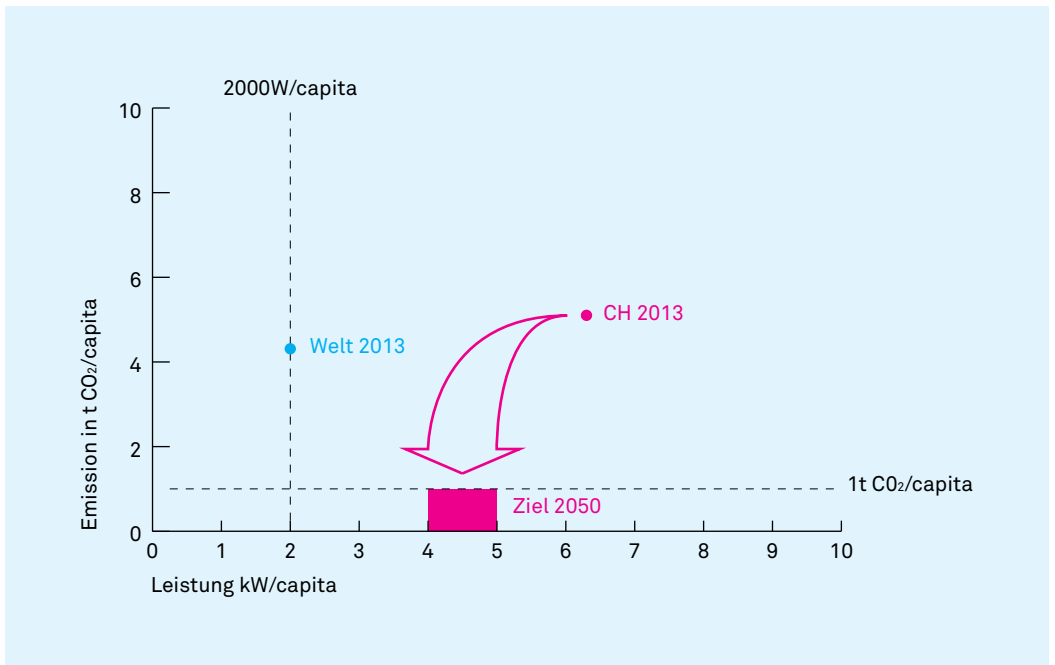
Das verbleibende Kohlendioxid-Emissionsbudget der Welt beträgt ca. 650 Gt CO₂ für die Zeitperiode 2014–2050, falls das Klimaziel des IPCC² eingehalten werden soll (max. Temperaturanstieg 2 K).

Ein Tiefbauauppenbagger verbraucht pro Stunde ungefähr 70 l Diesel und emittiert dabei 180 kg CO₂. Hochgerechnet auf ein Jahr mit 1300 Betriebsstunden ergibt sich eine Emission von 234 t CO₂. Bei einer Weltbevölkerung von 8 Mia. Menschen hat jeder Mensch in den nächsten 36 Jahren ein Guthaben von 444 Betriebsstunden eines Baggers. Dies entspricht ca. 12 Stunden Baggerfahren pro Mensch im Jahr.

Ab 2050 dürfen gemäss IPCC weltweit max. 8–10 Gt CO₂ jährlich emittiert werden. Bei 8 Mia. Menschen führt dies zu 1 t CO₂/Capita. Darin enthalten sind alle menschlichen Aktivitäten.

Die Erreichung dieser Ziele bedingt den gänzlichen Verzicht auf fossile und biogene Brennstoffe im Gebäudebereich. Der Verzicht ermöglicht der Schweiz nicht nur geopolitische Unabhängigkeit und Versorgungssicherheit, sondern auch Kostenersparnisse in Milliardenhöhe.

- 1 Energiestrategiestudie der ETH Zürich, 2008 (www.esc.ethz.ch/publications/energy/energy/Energiestrategie.pdf).
- 2 Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Report, 2007.

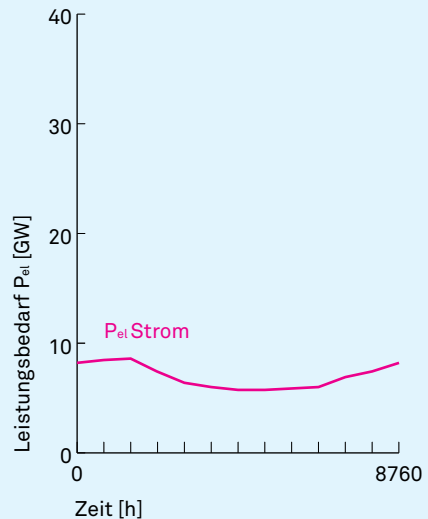
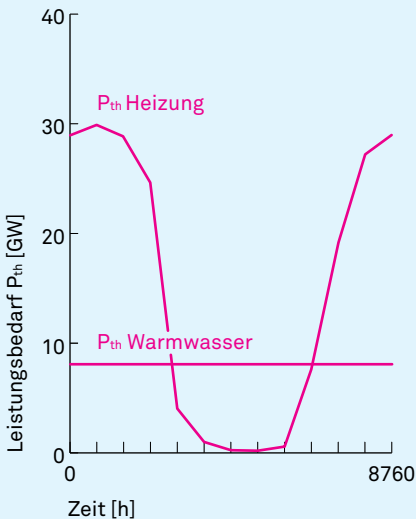


02 LEISTUNGSBEDARF SCHWEIZ

Die annähernd 800'000 in der Schweiz installierten Öl- und Gasheizkessel verbrennen pro Jahr ca. 8 Mio. Tonnen Öl oder Gas zu rund 80 TWh Wärme bei 30–80 °C Nutztemperatur. Die jährlichen CO₂ Emissionen belaufen sich auf ca. 23 Mio. Tonnen. Die thermische Spitzenleistung der Heizkessel beträgt mindestens 40 GW. Das AKW Gösgen hat eine Nennleistung von 1 GW.

Das elektrische Netz der Schweiz gibt am kältesten Tag max. 11 GW Leistung ab. Elektroheizungen verbrauchen davon ca. 2.2 GW. Der jährliche Stromverbrauch beläuft sich auf ca. 55 TWh.

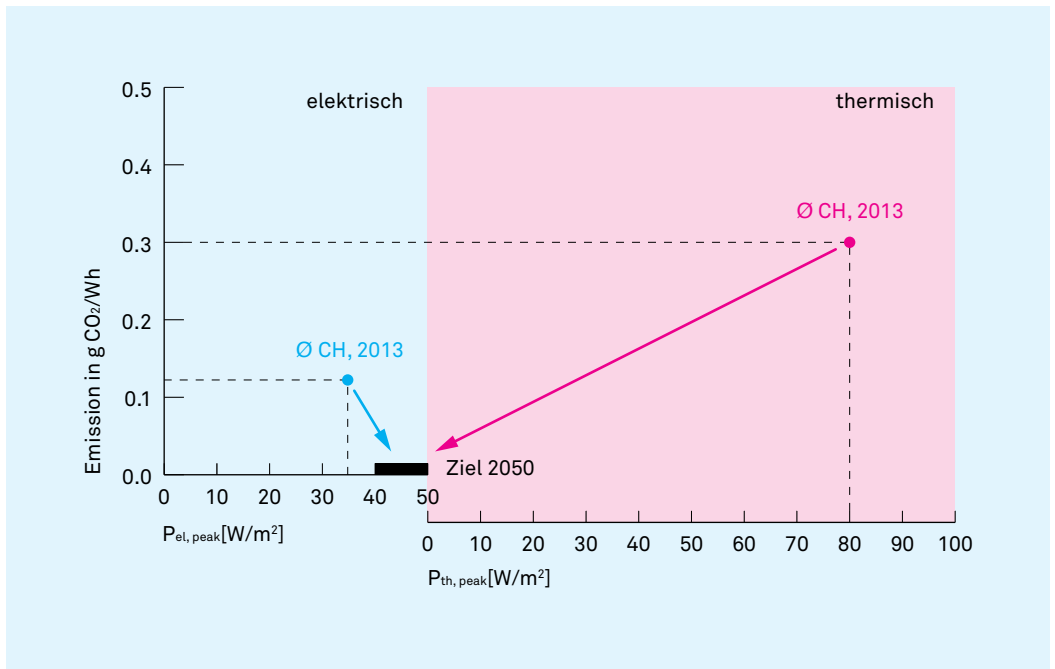
Der thermische Leistungsbedarf P_{th} für die Klimatisierung von Immobilien unterliegt starken saisonalen Schwankungen.



03 GEBÄUDEZIELE

Das Ziel der Transformation des Immobilienbestands Schweiz ist es, die Gebäude in den kältesten Stunden des Jahres absolut emissionsfrei betreiben zu können ($< 1 \text{ gCO}_2/\text{m}^2\text{h}$) und gleichzeitig den elektrischen Gesamtleistungsbedarf um max. 10–15% zu erhöhen.

Das Ziel soll ökonomisch optimal und ästhetisch befriedigend realisiert werden.



Von aussen zugeführte Leistung

04 SYSTEM 2SOL

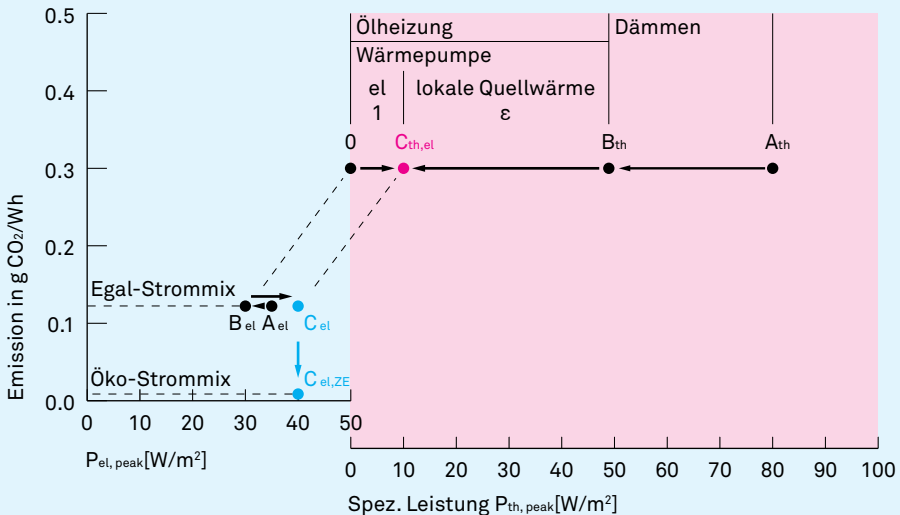
Das System 2Sol ermöglicht es, eine Wärmepumpe in den kältesten Stunden des Jahres mit einem Verhältnis Strom/Quellwärme, auch als „fraction of electrical power“ [fep] bezeichnet, von weniger als 10% in Neubauten, bzw. 16–18% in sanierten Gebäuden zu betreiben.

Das Verhältnis $f_{ep} = 1/\varepsilon$ ist entscheidend für die Eleganz des Systems 2Sol.

In einem ersten Schritt wird mittels passiver Massnahmen an der Gebäudehülle der Heizleistungsbedarf von Punkt A_{th} zu B_{th} verschoben. Die weitere Reduktion in Richtung von $C_{th,el}$ ist abhängig vom Wert f_{ep} . Die Elektroinstallationen werden im gleichen Zuge auf den aktuellen Stand gebracht und ermöglichen auf der Seite des Stromleistungsbedarfes die Verschiebung von Punkt A_{el} zu B_{el} .

Die Heizleistung B_{th} wird nicht von einer Ölheizung ($0.3 \text{ g CO}_2/\text{Wh}$), sondern von einer Wärmepumpe erbracht. Der Punkt $C_{th,el}$ gibt den effektiven Stromleistungsbedarf der Heizungsanlage an und wird zum allgemeinen Stromleistungsbedarf B_{el} addiert. Der Gesamtleistungsbedarf C_{el} steigt somit auf rund 40 W/m^2 . Der absolut emissionsfreie Betrieb ($< 1 \text{ g CO}_2/\text{m}^2\text{h}$) wird durch eine Verschiebung von C_{el} Egal-Strommix¹ zu $C_{el,ZE}$ Öko-Strommix erreicht.

1 Treibhausgas-Emissionen der Schweizer Strommixe, Bundesamt für Umwelt BAFU, 2012.



05 CARNOT-PROZESS

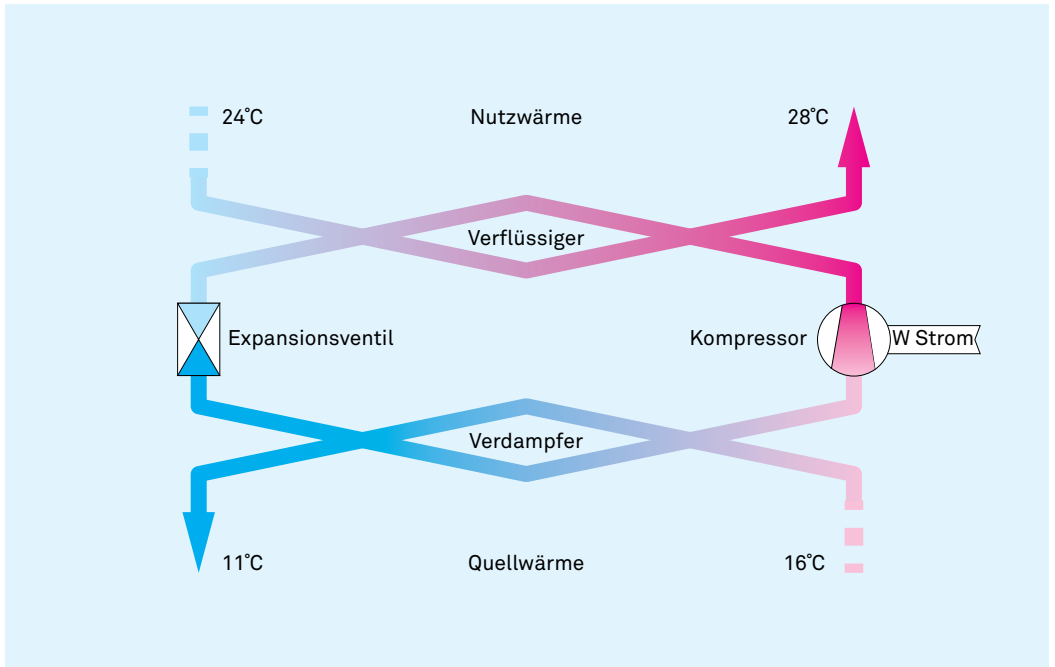
Die Wärmepumpe ist eine Maschine, mit welcher Quellwärme Φ_2 einer Wärmequelle mit tiefer Temperatur T_2 , (Gebäude: $< 20^\circ\text{C}$) zu Nutzwärme Φ_1 mit höherer Temperatur T_1 (Gebäude: $30\text{--}70^\circ\text{C}$) angehoben werden kann. Die Temperaturdifferenz $\Delta T_{\text{Hub}} = (T_1 - T_2)$ wird als Temperaturhub bezeichnet.

Der Wirkungsgrad fep berechnet sich aus:

$$\text{fep} = W / \Phi_2 = \Delta T_{\text{Hub}} / (g \times T_2).$$

Der Gütegrad g ist immer kleiner als 1 und bezeichnet die Effizienz der realen Maschine im Vergleich zu einer idealen, verlustfreien Maschine.

Der Gütegrad g ist stets abhängig vom Temperaturhub ΔT_{Hub} .



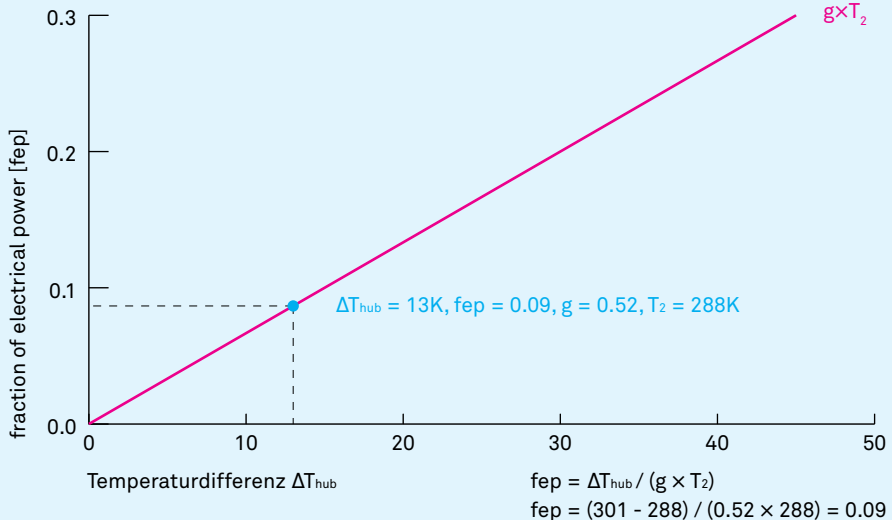
Funktionsprinzip einer Wärmepumpe

06 TURBO-NIEDERHUB-WÄRMEPUMPE

Turbo-Niederhub-Wärmepumpen weisen auch bei $\Delta T_{\text{Hub}} < 20 \text{ K}$ einen guten Gütegrad von $g > 0.5$ auf.

Diese Maschinen sind im grossen Leistungsbereich über 200 KW auf dem Markt erhältlich. Eine für den Gebäudebereich ausgelegte Turbo-Niederhub-Wärmepumpe mit einer max. Leistung von $\sim 20 \text{ KW}$ soll ab Mitte 2015 auf dem Markt verfügbar sein.

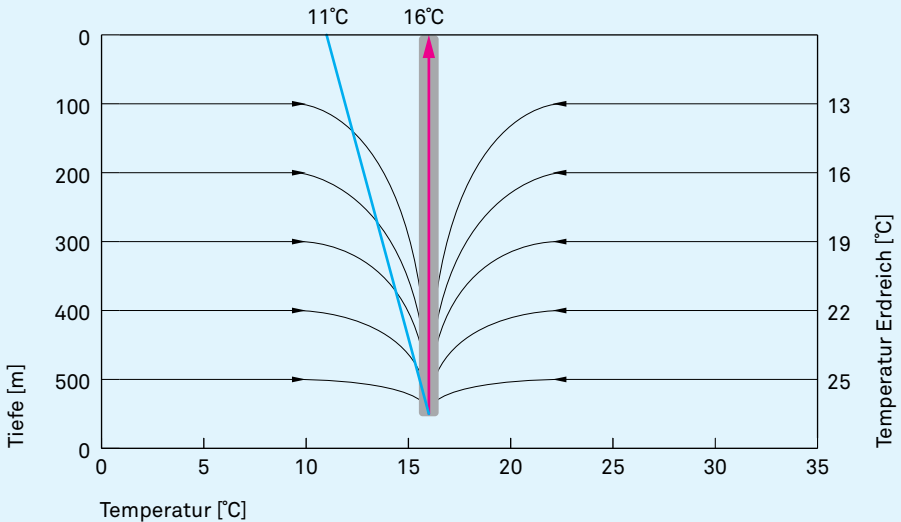
Damit wird ein ϵ -Wert von 10 möglich ($\text{fep} = 0.1$). Der Stromanteil im Nutzwärmefluss wird dadurch sehr klein. Das Ziel des Systems 2Sol ist es, Gebäude und Wärmequelle so aufeinander abzustimmen, dass die Wärmepumpe in den kältesten Stunden mit $\Delta T_{\text{Hub}} < 20 \text{ K}$ läuft.



07 ERDWÄRMESPEICHER

Im System 2Sol stammt die Quellwärme aus dem Erdreich unter dem Gebäude. Die angestrebte Tiefe beträgt ca. 550 m. Eine Erdwärmesonde bewirtschaftet den Erdreichszylinder von 6 m Durchmesser mit einem Gewicht von ca. 31'000 bis 40'000 t. Die Temperaturschwankung zwischen Sommer- und Winterbetrieb beträgt ca. 4 K.

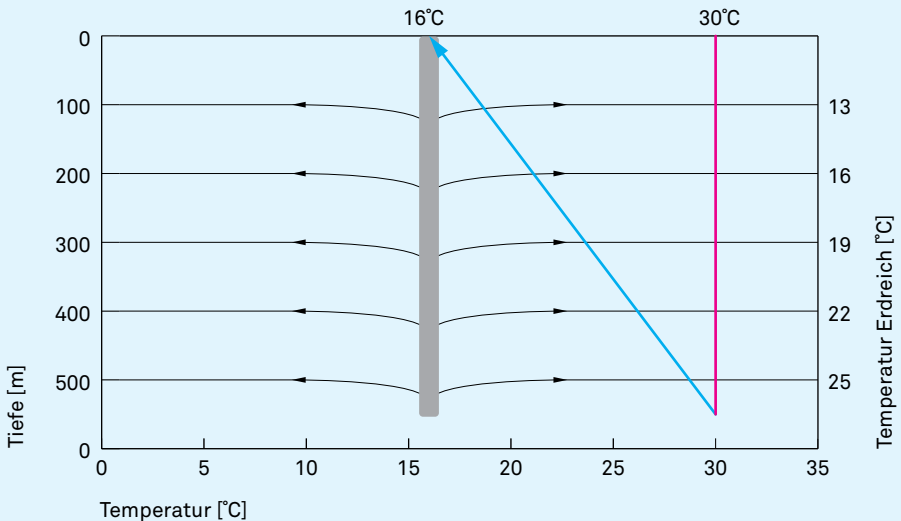
Die geerntete Energiemenge beträgt 50'000 kWh, was dem Brennwert von 5'000 l Heizöl entspricht. Somit kann auf den Import von 31 blue barrels [bbl] Heizöl verzichtet werden. Die Erdwärmesonde ist so dimensioniert, dass die Quellwärme stets über 15°C liegt.



08 BEWIRTSCHAFTUNG ERDWÄRMESPEICHER

Der geothermische Wärmestrom von 0.06 W/m^2 reicht nicht aus, um den Erdreichszylinder im Sommer wieder auf die natürliche Temperatur aufzuwärmen. Ohne Regeneration von der Achse her würde das Erdreich um die Sonde auskühlen.

Im System 2Sol wird dem Erdreich im Sommer mindestens gleich viel Wärme zugeführt, wie ihm im Winter entzogen wird. Die Temperatur der zugeführten Wärme ist ca. 15 K höher als die Temperatur der entzogenen Quellwärme. Die Speicherverluste sind also „nur“ qualitativer, nicht quantitativer Art.



09 KOAXIAL-ERDWÄRMESONDE

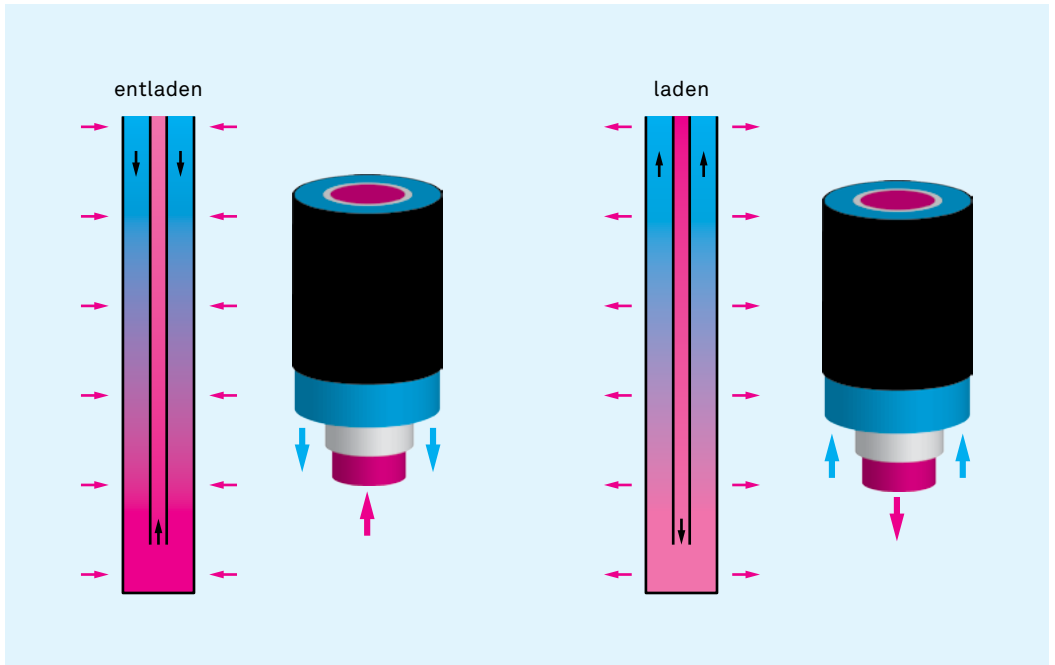
Die thermische Regeneration des Erdreichs erfolgt mittels einer Koaxial-Erdwärmesonde mit isoliertem Zentralrohr. Der periphere Mantel besteht aus einer flexiblen Membran, die durch den Überdruck an die Wand des Bohrlochs gepresst wird. Die Fließrichtung wird zwischen Lade- und Entladebetrieb umgekehrt.

Die thermische Belastung wird auf ca. 40W pro Laufmeter Erdwärmesonde limitiert.

Traditionelle U-Rohr-Erdwärmesonden sind aufgrund von Druckabfall, Bohrdurchmesser, Verlegung, Hinterfüllung, und Wärmeverlust für hohe Quelltemperaturen ungeeignet.

Weil Koaxial-Erdwärmesonden mit reinem Wasser betrieben werden und beim Bau keine

Betonhinterfüllung notwendig ist, sind sie in Trinkwasserschutzgebieten einsetzbar.



Koaxial-Erdwärmesonde im Winter- und Sommerbetrieb

10 REGENERATION ERDWÄRMESPEICHER

Die Regenerationswärme stammt direkt oder indirekt aus der Solarstrahlung.

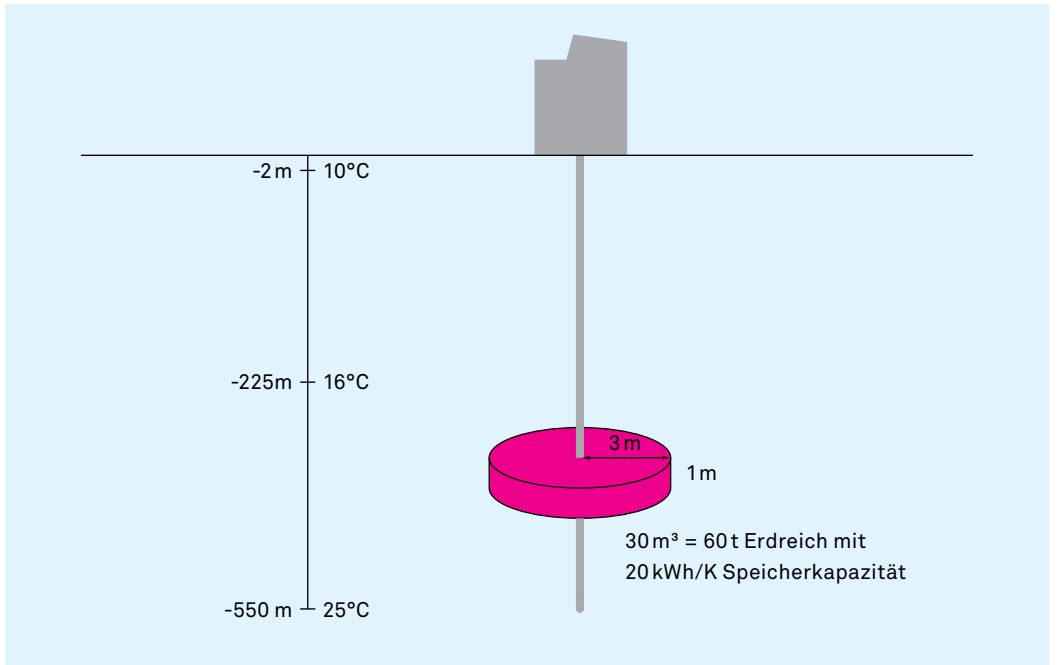
Darunter fallen:

- Abwärme von Hybridkollektoren.
- Abwärme aus Kälte- und Klimaanlage, die mit emissionsfreiem Strom betrieben werden. Idealerweise direkt mit Strom aus den Hybridkollektoren.
- Wärme aus thermischen Solarkollektoren.

Da im Sommer auch nördlich des 45. Breitengrades ein sehr grosses Angebot an Solarenergie in allen Erscheinungsformen (Strahlung, Wind, Niederschlag) vorhanden ist, kann sich das Gebäude im

Sommer selber mit erneuerbarer Energie für den Betrieb versorgen.

Die Abwärme der im Sommer betriebenen Anlagen reicht aus, um das Erdreich im Bereich zwischen 100–550 m thermisch zu regenerieren. In günstigen Fällen kann das Erdreich thermisch „überladen“ werden, was zur Folge hat, dass der Winterstrombedarf der Wärmepumpe von Jahr zu Jahr geringer wird.



Erdreichtemperaturen und Speicherkapazität

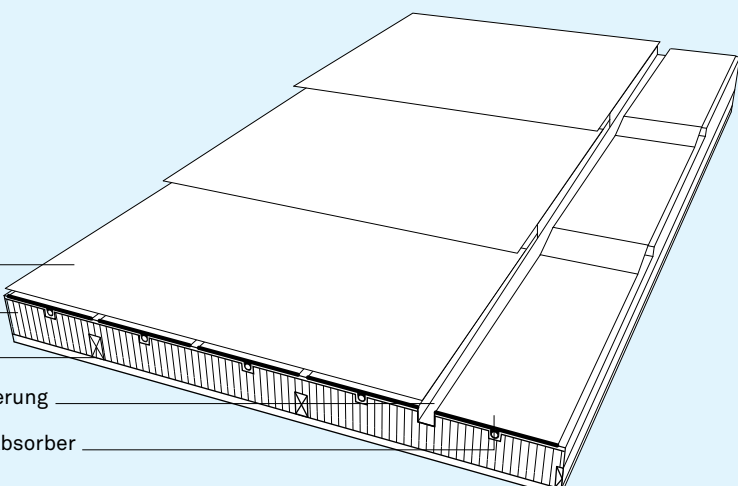
11 HYBRIDKOLLEKTOR

Photovoltaikpaneele sind Solarstrahlungsabsorber, die je nach Technologie zwischen 5–22% der solaren Strahlung in Elektrizität umwandeln. Die restlichen 78–95% der solaren Strahlung werden reflektiert oder absorbiert, was zur Erwärmung der Paneele führt.

Ein Hybridkollektor ist eine Kombination von Photovoltaikpaneelen und thermischen Kollektoren. Die Synergie der zwei Systeme führt einerseits durch die aktive, rückseitige Kühlung zu einem höheren elektrischen Wirkungsgrad der Photovoltaikpaneele und andererseits kann die abgeführte thermische Energie für die Warmwasseraufbereitung oder für die Erdreichregeneration verwendet werden.

Im System 2Sol werden die Hybridkollektoren fluidgekühlt. Auf dem Markt sind zwei energetisch

gleichwertige Systeme verfügbar. Sie unterscheiden sich bezüglich dem bautechnischen Integrationsgrad.

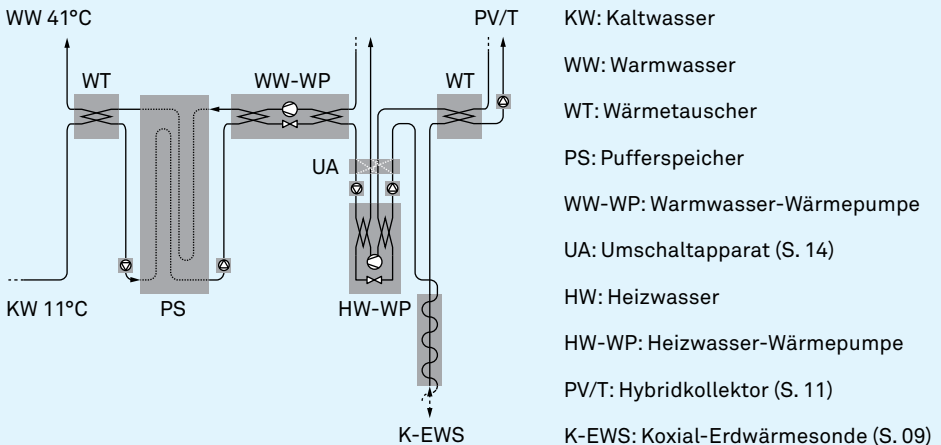


PV-Paneel
Dämmung
Tragstruktur
Dachentwässerung
Thermischer Absorber

12 WARMWASSERAUFBEREITUNG

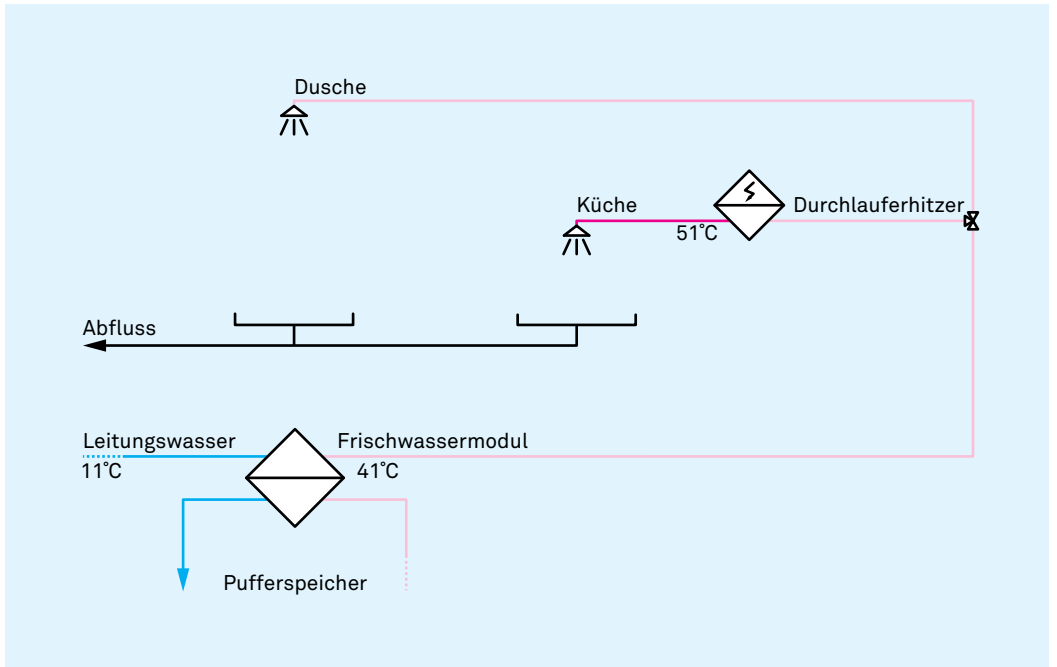
Im System 2Sol erfolgt die Warmwasseraufbereitung mit einer separaten Warmwasser-Wärmepumpe, die ihre Quellwärme immer und ausschliesslich aus dem Rücklauf der Heizwärmeverteilung bezieht. Die Warmwasserproduktion erfolgt ausschliesslich mittels eines Frischwassermoduls mit integriertem Wärmetauscher.

Das kalte Leitungswasser wird in einem Platten-Wärmetauscher von 11–14 °C auf max. 41–45 °C erhitzt. Zwischen Warmwasser-Wärmepumpe und Platten-Wärmetauscher ist ein Pufferspeicher eingebaut, der die thermische Leistung des Warmwassersystems sicherstellt. Dank des Durchflussverfahrens wird die Legionellengefahr minimiert, weil das Warmwasser erst kurz vor der Nutzung erwärmt wird.



13 DURCHLAUFERHITZER

Das auf 42–45 °C aufgewärmte Wasser ist warm genug für Aktivitäten wie Duschen, Baden und Spülen in der Küche. Bei Bedarf von höheren Wassertemperaturen können Armaturen mit integriertem, elektrischem (220 V) Durchlauferhitzer verbaut werden. Diese können das Warmwasser von 42–45 °C auf 52–55 °C erwärmen.



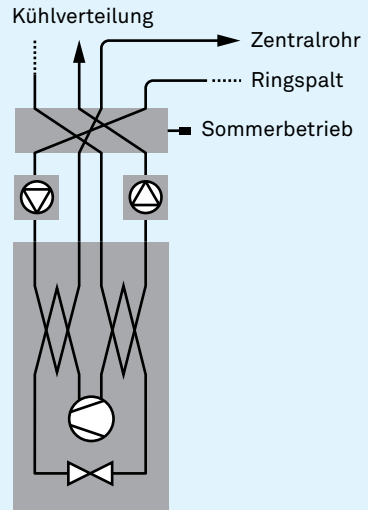
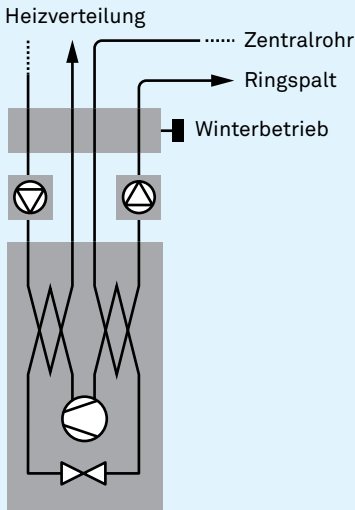
Durchlauferhitzer dezentral

14 UMSCHALTAPPARAT

Im System 2Sol wird die Abwärme des Hybridkollektors immer über einen direkt in den Erdwärmesondenkreislauf eingebauten Wärmetauscher eingespeist. So wird die Hydraulik vereinfacht.

Die Wärmepumpe kann alternierend heizen oder kühlen. Alle Betriebsschaltungen werden durch den Umschaltapparat mit einem einzigen Stellantrieb vorgenommen.

Der Umschaltapparat ermöglicht gleichzeitig die Umkehrung der Fließrichtung in der Koaxial-Erdwärmesonde.



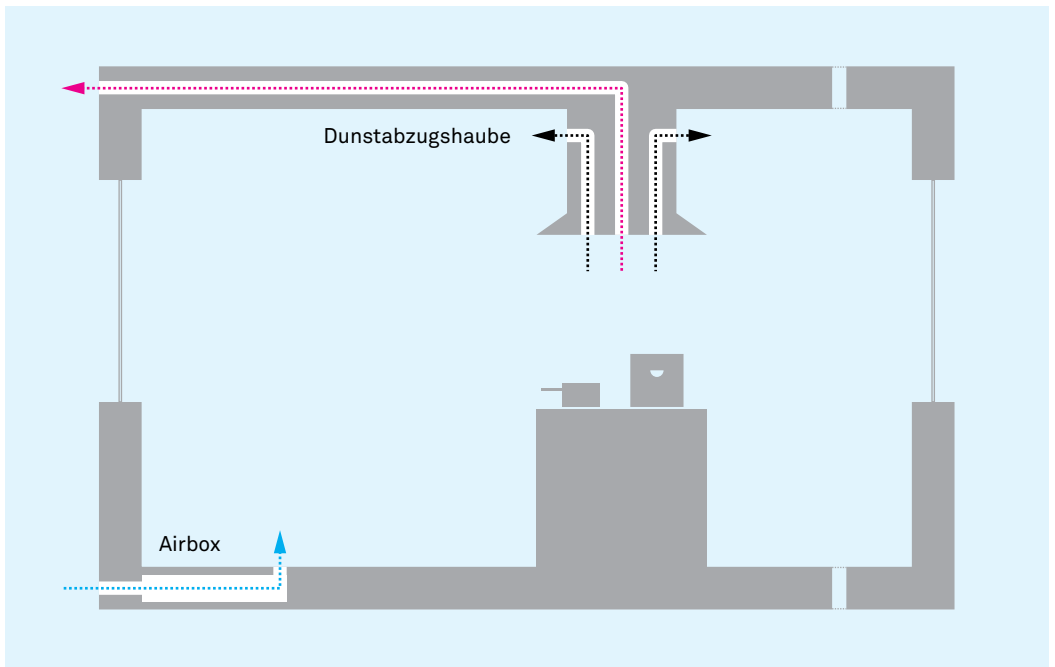
Umschaltapparat im Winter- und Sommerbetrieb

15 LÜFTUNG

Im System 2Sol wird auf die Wärmerückgewinnung aus der Abluft verzichtet. Die Quellwärme aus dem saisonalen Erdspeicher ist eleganter zu gewinnen als diejenige aus der Abluft (S.04).

Im Immobiliensektor Wohnen wird die Dunstabzugshaube in der Küche zum Abluftgerät für die Wohnung. Die Nasszellen werden mit gesteuerten Abluftventilatoren direkt nach aussen entlüftet.

Die Ersatzluft strömt durch eine Airbox, in der die Aussenluft gefiltert, erwärmt oder gekühlt wird, nach. Im Sommer wird die entzogene Wärme aus der Aussenluft für die Aufbereitung des Warmwassers verwendet (S.12). Fensteröffnungen sind jederzeit möglich. Die Airbox ermöglicht eine tiefere Vorlauftemperatur des Heizstroms und somit auch einen tieferen fep-Faktor.



Lüftungssystem mit Airbox und Dunstabzugshaube

16 GEBÄUDEHÜLLE

Das System 2Sol lässt einen Wärmefluss durch die Aussenwand von $\Phi_{\text{Transm}} 20\text{--}25\text{ W/m}^2$ zu, da die von aussen zugeführte elektrische Leistung mit $f_{\text{ep}} \times \Phi_{\text{Transm}}$ nur ca. 2 W/m^2 bei Neubauten und ca. 4 W/m^2 bei Sanierungen beträgt und die innere Oberflächentemperatur von ca. 17°C am kältesten Tag weder vom Komfort noch von der Schimmelpilzbildung her ein Problem an der Innenwand darstellt. Die gegenüber hochgedämmten Fassaden etwas höheren Aussenwandtemperaturen verhindern einen allfälligen Pilzbefall der Fassade.

Die abgebildete sanierte Aussenwandkonstruktion erfüllt für ein Gebäude im schweizerischen Mittelland alle bauphysikalischen Grundanforderungen, wenn ein Wärmedämmputz mit $\lambda < 0.035\text{ W/mK}$ verwendet wird.

Bestand:

Mauerwerk
 $d = 0.3\text{ m}$
 $\lambda = 0.5\text{ W/mK}$
 $R = 0.6\text{ m}^2\text{K/W}$

Verglasung 2-fach
 $U = 1.8\text{ W/m}^2\text{K}$

Konv. Putz
 $d = 0.025\text{ m}$
 $\lambda = 1.5\text{ W/mK}$
 $R = 0.017\text{ m}^2\text{K/W}$



$\theta_{w,i,\text{min}} = 12^\circ\text{C}$

$R_{\text{tot}} = 0.617\text{ m}^2\text{K/W}$

Sanierung:

Mauerwerk
 $d = 0.3\text{ m}$
 $\lambda = 0.5\text{ W/mK}$
 $R = 0.6\text{ m}^2\text{K/W}$

Verglasung 2 od. 3-fach
 $U = 1.0\text{ W/m}^2\text{K}$

Wärmedämmputz
 $d = 0.035\text{ m}$
 $\lambda = 0.035\text{ W/mK}$
 $R = 1.0\text{ m}^2\text{K/W}$



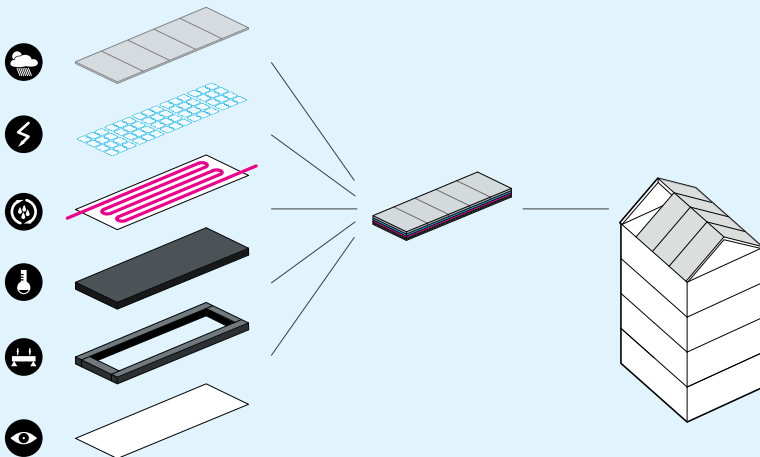
$\theta_{w,i,\text{min}} = 17^\circ\text{C}$

$R_{\text{tot}} = 1.6\text{ m}^2\text{K/W}$

17 DACH

Im System 2Sol/ erfüllt das Hybridkollektoren-Dach simultan mehrere Aufgaben:

- Vertikaler Gebäudeabschluss
- Witterungsschutz
- Hochwertige Wärmedämmung im Winter und im Sommer
- Abfuhr von 3/4 der Solarenergie im Sommer
- Reduktion der externen Kühllast im Sommer
- Produktion der Regenerationswärme im Sommer für die Wärmequelle im Winter
- Elektrizitätsproduktion im Sommer und teilweise im Winter

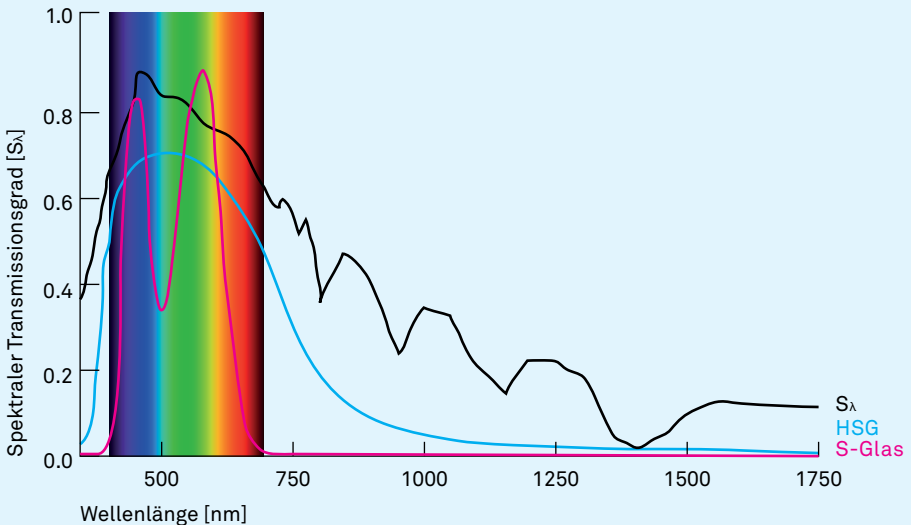


Funktionale Schichten Hybridkollektoren-Dach

18 SELEKTIVE VERGLASUNG

Im System 2Sol werden an sonnenexponierten Fassaden selektive Verglasungen eingesetzt, die nicht auf passive Solargewinne im Winter, sondern auf einen guten sommerlichen Sonnenschutz bei guter Tageslichtqualität optimiert sind. Die Gläser weisen eine hohe Selektivität $S = TL/g > 2.1$ auf und garantieren so einen niedrigen Energiedurchlassgrad $g < 0.25$ und einen hohen Lichttransmissionsgrad $TL > 0.55$. In Kombination mit der Fussbodenkühlung und der Nachtauskühlung kann gegebenenfalls auf weitere Verschattungssysteme wie z.B. Rafflamellenstoren verzichtet werden.

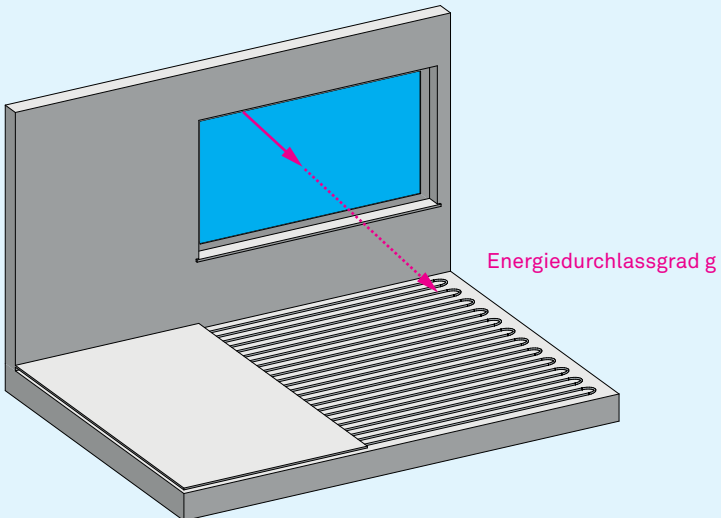
Die Balance zwischen Wärmeschutz und Wärmeeintrag muss sorgfältig abgewogen werden.



Selektive Gläser (S-Glas) im Vergleich zu herkömmlichen Sonnenschutzgläsern (HSG)

19 FUSSBODENREGISTER

Im System 2Sol werden die Fussbodenregister im Sommer zur aktiv bewirtschafteten Kühlfläche. Die Fussbodenregister sind mit individuellen Zirkulationspumpen ausgerüstet, die einzeln angesteuert werden können. Die Wegführung der Wärme über die Fussbodenregister wirkt sich positiv auf das Gesamtsystem aus und kann über die Warmwasser-Wärmepumpe (S. 12) genutzt oder über den Umschaltapparat (S. 14) mit leicht erhöhter Temperatur dem Erdspeicher zugeführt werden.



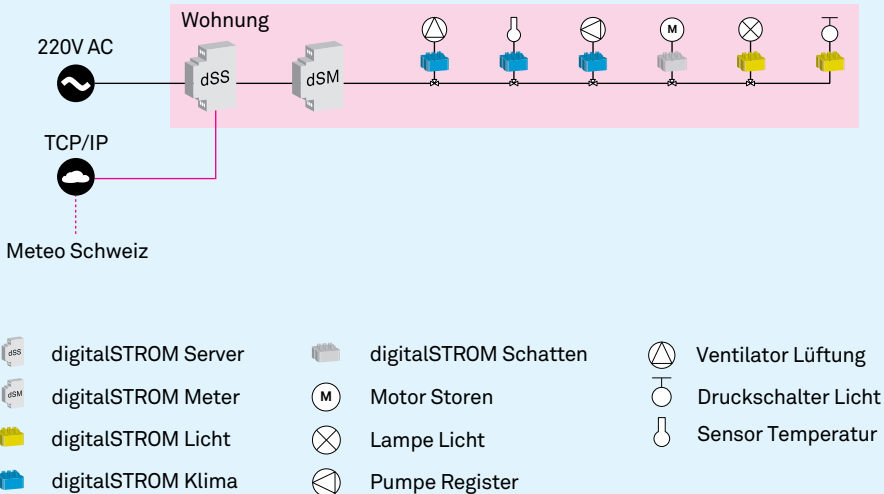
Fussbodenregister als Energieerntefläche

20 AUTOMATISIERUNG

Bei 2SoI werden die technischen Komponenten über zwei unabhängig voneinander operierenden Steuerungen verwaltet.

Die zentralen Elemente werden durch eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) reguliert, die in die Heizwasser-Wärmepumpe integriert ist (S.17).

Die Geräte in den Wohnungen bzw. Bürozellen werden über einen digitalSTROM-Server (dSS) verwaltet. Im dSS werden auch die Messdaten verarbeitet, die von den gebäudeinternen Sensoren oder über das Internet geliefert werden. Eine eigene Wetterstation ist nicht nötig, da Wetterdaten in Echtzeit über das Internet (z.B. Meteo Schweiz) bezogen werden können.



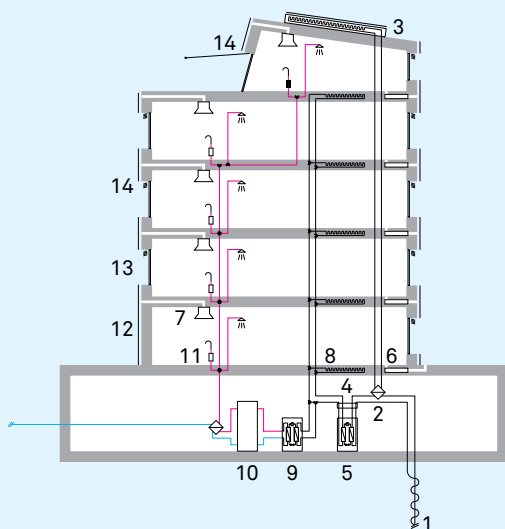
21 SYSTEMELEMENTE 2SOL

Das System 2Sol ist zusammengesetzt aus vielen, mehrheitlich neuen Bauelementen, die durch die Mitglieder der 2Sol-Allianz aufeinander abgestimmt angeboten werden.

Eine technisch optimierte Systemeinheit basiert auf einer rund 550m tiefen Koaxial-Erdwärmesonde, die ca. 16kW Quellwärmeleistung mit 15°C in den kältesten Stunden liefern kann. Die darauf abgestimmte Turbo-Niederhub-Wärmepumpe liefert rund 18kW Nutzwärmeleistung bei 28–40°C Austrittstemperatur.

Damit können rund 750m² Nutzfläche beheizt werden, wenn die Gebäudehülle genügend gedämmt ist (S.16). Die dazu passende Hybridkollektoren-Fläche beträgt ca. 80m².

Im System kommt eine einfache Hydraulik mit sehr präzisen Schnittstellen zur Anwendung. Die Steuerung der Heizwasser-Wärmepumpe übernimmt auch die Steuerung der drei Zirkulationspumpen und der Hydraulikschaltung mit dem Umschaltapparat.



- 1 Koaxial-Erdwärmesonde
- 2 Platten-Wärmetauscher
- 3 Hybridkollektor
- 4 Umschaltapparat
- 5 Heizwasser-Wärmepumpe
- 6 Lüftung Airbox
- 7 Dunstabzugshaube
- 8 Fussbodenregister
- 9 Warmwasser-Wärmepumpe
- 10 Pufferspeicher
- 11 Durchlauferhitzer
- 12 Wärmedämmputz
- 13 Selektives Glas
- 14 Sonnenschutz

22 KOSTEN 2SOL

Die Mehrkosten für 2Sol für rund 750m² Nutzfläche (NF) und 25 Bewohner berechnen sich zu ca. 129'000CHF, d.h. rund 172 CHF / m² NF oder rund 5'160 CHF pro Bewohner.

Das System liefert in der Jahresbilanz die gesamte thermische Energie für Heizung, Lüftung und Warmwasser. Für den Betrieb in den kältesten Stunden benötigt es ca. 2.5kW elektrische Leistung vom Netz. Die Zahl der benötigten Volllaststunden für diese Leistungsinstallation beträgt ca. 800 Stunden, d.h. rund 2000 kWh Strom müssen pro Jahr vom Netz bezogen werden.

Die kostensenkenden Vereinfachungen an der Gebäudehülle sind in der Kostenaufstellung nicht berücksichtigt.

Bauelemente

Abzug konventionell

Bauelemente			Abzug konventionell	
Koaxial-Erdwärmesonde	550 m	55'000	81'000 - 36'000	45'000
Platten-Wärmetauscher	40KW	2'000		
Umschaltapparat	1 Stk.	6'000		
Heizwasser-Wärmepumpe	18KW	18'000		
Heizverteiler à 7 Stränge	7 Stk.	7'000	-	7'000
Fussbodenregister	750 m ²	-	-	-
Hybridkollektor	80 m ²	64'000	64'000 - 32'000	32'000
Warmwasser-Wärmepumpe	6 KW	12'000	22'000 - 12'000	10'000
Frischwassermodul	1 Stk.	12'000		
Warmwasser-Durchlauferhitzer	7 Stk.	2'000		
Airbox	14 Stk.	28'000	-	28'000
Dunstabzugshaube	7 Stk.	28'000	28'000 - 21'000	7'000

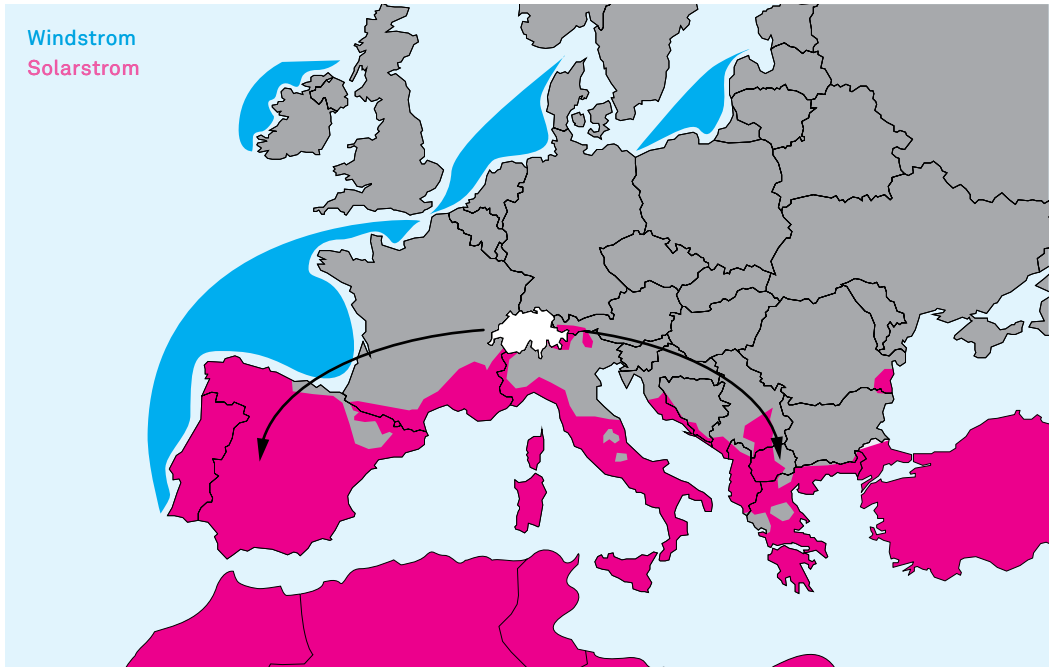
Mehrkosten 2Sol für 750m² in CHF

129'000

23 ZE-2SOL

2Sol kann zu einem ZE-2Sol System ausgebaut werden, wenn die elektrische Leistung von 2.5 kW durch eine „eigene“ emissionsfreie Stromerzeugungsanlage generiert wird.

Um die 2.5 kW Dauerleistung der Wärmepumpe inkl. Pumpen etc. mit Photovoltaik-Anlagen zu garantieren, muss rund viereinhalb mal mehr Leistung, also ca. 12 kW PV_{peak} installiert sein. Die anrechenbaren Kosten dafür sind rund 1.5 CHF/W $_{peak}$, sprich rund 18'000 CHF. Diese Kosten werden als ZESI (Zero Emission Supply Investments) bezeichnet. Der Strom muss erst dann real von Griechenland oder Spanien in die Schweiz fließen, wenn das ganze Stromnetz mit emissionsfreiem Strom betrieben wird.



Regionen für die Produktion von Wind- und Solarstrom

24 STROMVERTEILUNG EUROPA

Die 12 kW Photovoltaik-Anlage in Südeuropa erzeugt pro Jahr rund 14'000 kWh Strom, davon sind 2'000 kWh für den Betrieb der 2Sol-Anlage in der Schweiz reserviert. Die restlichen 12'000 kWh werden im Norden Europas nicht benötigt, da die Hybridkollektor-, die Wasser- und Windanlagen im Sommer genügend Strom produzieren.

Die Photovoltaik-Anlagen brauchen also einen zweiten (Sommer-) Kunden. Mittels der ZESI-Gelder sind rund 50 % der Photovoltaik-Installation „à fonds perdu“ finanziert. Der Restwert der 12 kW_{peak}-Anlage, aus der noch 12'000 kWh verkauft werden können, beträgt 18'000 CHF. Bei einer Annuität von 8 % (Jahreskosten 1'440 CHF / a) ergeben sich Energiekosten von 0.12 CHF pro kWh.

Der Sommerstrom kann also unsubventioniert an die lokalen Kunden abgegeben werden.

Interessant ist insbesondere die solare Meerwasserentsalzung mit Gegenosmoseanlagen. Mit den 12'000 kWh Strom können 3000 m³ Frischwasser produziert werden, dies entspricht dem Wasserverbrauch von über 40 Haushalten.

Das System ZE-2Sol kann zur Entschärfung der Wasserknappheit im Mittelmeerraum beitragen. Im weiteren Sinne wird es möglich sein, den Mittelmeerraum grossflächig zu begrünen.

Die ZESI-Gelder werden durch einen Contractor investiert, der treuhänderisch für die konkrete Abwicklung sorgt (z.B. Edisun Power Europe AG).



Terrassenlandschaft am Mittelmeer (www.welt-weit-wandern.de/bilder/344383.html)

25 2SOL IN DER SCHWEIZ

2Sol eignet sich für über 80% aller 2.4 Mio Immobilien der Schweiz. Die Investitionen von rund 130 Mia. CHF für die Erdwärmesonden und die Hybridkollektoren können bei den Öl- und Gaspreisen des Jahres 2013 (110 USD/bbl, entspricht 0.70 CHF/l) in weniger als 30 Jahren amortisiert werden. Ab 2045 entfallen Importe im Wert von über 8 Mia. CHF pro Jahr. Die Emissionen aus den konventionellen Heizungsanlagen werden um den Faktor 8–10 reduziert.

Kosten für Transformation und Nachrüstung:

1. 1000 Mio. m² bestehende Radiator- und Fussbodenregisterfläche.
+ 80 Mio. m² neue Hybridkollektorenfläche (Kosten ca. 60 Mia. CHF).
+ 10 Mio. m² bestehende Wärmetauscherflächen in gewerblichen Kältemaschinen produzieren im Sommer die gleiche Abwärme in kWh, wie die 8 Mio. Tonnen Öl und Gas enthalten, die jedes Jahr für ca. 10 Mia. CHF in die Schweiz importiert werden.
2. 50'000 Mio. Tonnen Erdreich, erschlossen durch 750 Mio. m neue Koaxial-Erdwärmesonden (Kosten ca. 70 Mia. CHF), speichern die durch die Anlagen gemäss Punkt 1 produzierte Abwärme vom Sommer in den Winter.

Die 80 Mio. m² Hybridkollektorfläche produzieren dreimal mehr Strom, als die Wärmepumpen des Systems 2Sol pro Jahr verbrauchen.

26 ARBEITSPLÄTZE IN DER SCHWEIZ

2Sol ist umsetzbar innert 30 Jahren mit Fachkräften, die problemlos rekrutiert und geschult werden können. Die Umsetzung kann beschleunigt werden durch eine stark progressive Subvention von Wärmepumpensystemen mit einem fep-Wert < 0.2 für bestehende Immobilien, gemessen bei Aussentemperaturen von unter -3°C .

Installation Koaxial-Erdwärmesonden:

- 1 Bohrgerät
50'000 m Sonden / a
- 30 Jahre
1.5 Mio. m Sonden pro Gerät
- 500 Geräte
- = 2'000 Arbeitsplätze

Installation Hybridkollektoren:

- 4 Mann-Montageequipe
10'000 m² Hybridkollektoren / a
- 30 Jahre
300'000 m² pro Equipe
- 2800 Equipen
- = 11'000 Arbeitsplätze

Die Transformation und Nachrüstung auf 2Sol generiert in den nächsten 30 Jahren über 13'000 Arbeitsplätze.

27 ENERGIEVERORDNUNG SCHWEIZ

Das System 2Sol kann mittels einer Änderung in der Energieverordnung Schweiz (EnV) sehr liberal und ohne direkte Subventionen gefördert werden.

Artikelentwurf:

„Bei der Realisierung des Systems ZE-2Sol kann auf die übermässige Wärmedämmung der Fassade, die Wärmerückgewinnung aus der Abluft und die individuelle Heizkostenabrechnung verzichtet werden. Der Nachweis ist durch die Messung von drei Temperaturen und des Stromverbrauchs der Wärmepumpe jährlich zu deklarieren. Werden die geforderten fep-Werte nicht erreicht, wird eine Ersatzmassnahme erforderlich. Die Nachbesserung kann lokal getroffen oder über die Erhöhung des ZESI kompensiert werden.“



IMPRESSUM

Herausgeber:

Prof. Dr. Hansjürg Leibundgut

Redaktion:

Prof. Dr. Hansjürg Leibundgut

Niklaus Haller

Nico Abt

Gestaltung:

Nico Abt

Gestaltungskonzept:

STVG – Mahrer, Lzicar

© 2013 beim Herausgeber.

Alle Rechte vorbehalten.

Professur für Gebäudetechnik

Institut für Technologie in der Architektur

ETH Zürich, HPZ G Stock

Schafmattstrasse 32, 8093 Zürich

www.busy.arch.ethz.ch



INDUSTRIEPARTNER

2SOL e.V.

Brandstrasse 33, 8952 Schlieren-Zürich

www.2sol.ch

Amstein + Walthert AG

Andreasstrasse 11, 8050 Zürich

www.amstein-walthert.ch

Broder AG

St. Gallerstrasse 128, 7320 Sargans

www.broder.ch

BS2 AG

Brandstrasse 33, 8952 Schlieren-Zürich

www.bs2.ch

Halter AG

Hardturmstrasse 134, 8005 Zürich

www.halter.ch

Meyer Burger AG

Schorenstrasse 39, 3645 Gwatt-Thun

www.meyerburger.ch

mivune AG

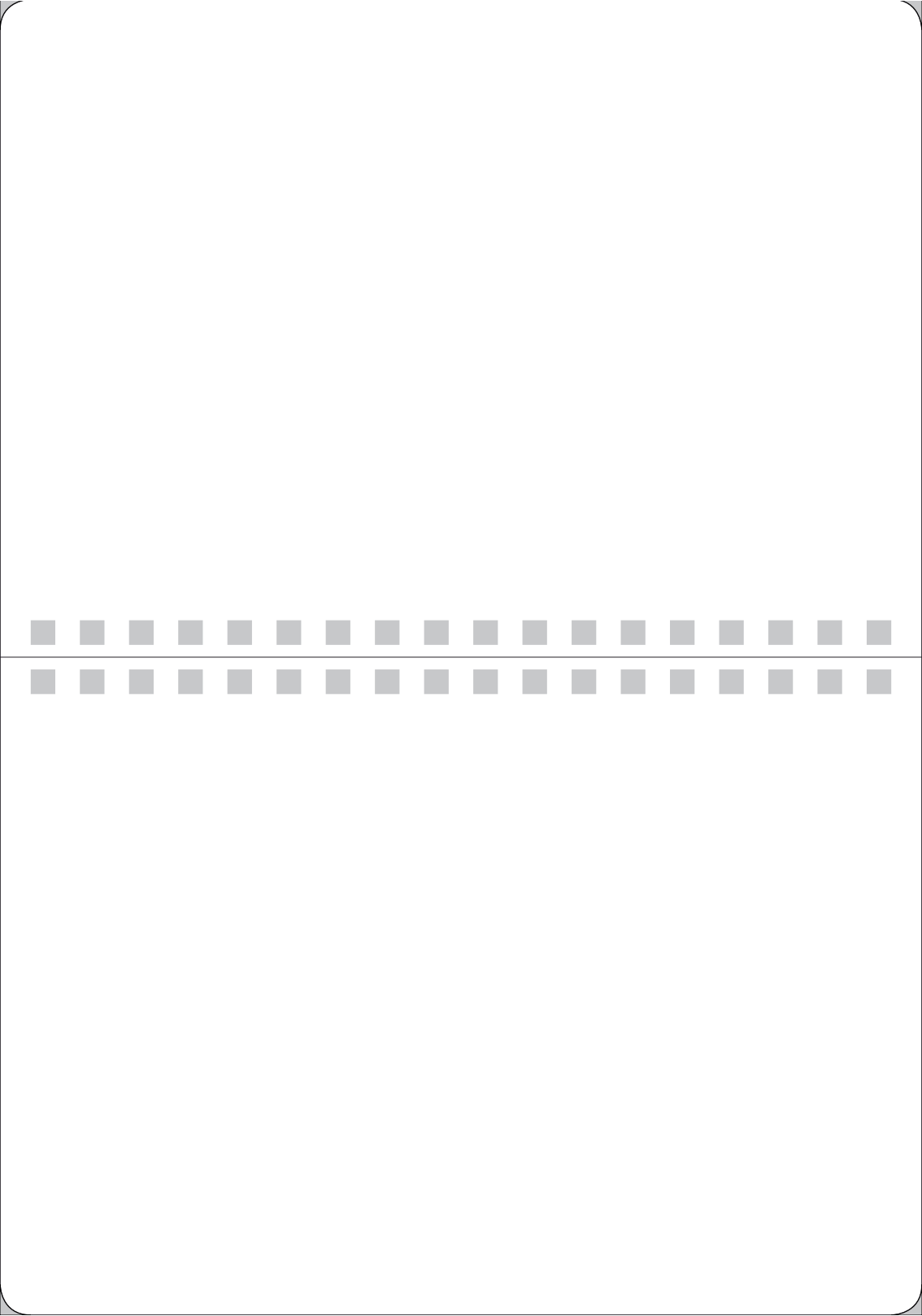
Brandstrasse 33, 8952 Schlieren-Zürich

www.mivune.com

Viessmann (Schweiz) AG

Härdlistrasse 11, 8957 Spreitenbach

www.viessmann.ch





Chair of Building Systems
Prof. Hansjürg Leibundgut

/ ITA
Institute of Technology in Architecture
Faculty of Architecture / ETH Zurich

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich