LowTEMP2.0

Storskalig solvärme

Krav, möjligheter och intregrering i fjärrvärmesystem

Lägg till namn, organisation, event, datum

Interreg Baltic Sea Region
EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND

Utbildningspaket för LowTEMP – ÖVERSIKT

LowTEMP2.0

Inledning

- Introduktion till klimatmål
- Energiförsörjning & lågtempererad fjärrvärme
- Fjärrvärme i Östersjöområdet

Energistrategier och pilotprojekt

- Metodik för utveckling av energistrategier
- Pilotenergistrategier – mål och förutsättningar
- Pilotenergistrategier – exempel
- Pilotåtgärder
- Beräkning av växthusgasutsläpp
- Livscykelanalys

Ekonomiska aspekter

- Beräkning av livscykelkostnader
- Lönsamhet och finansieringsbehov
- Värmeavtal och tariffer
- Affärsmodeller och alternativ finansiering

Tekniska aspekter

- Fjärrvärmenät
- Kraftvärme
- Storskalig solvärme
- Spillvärme
- Storskaliga värmepumpar
- Power2Heat och Power2X
- Islagring av solvärme och saltlager
- Värmepumpar
- Distributionssystem
- Tappvarmvatten
- Ventilationssystem

Inspiration

- Goda exempel 1
- Goda exempel 2

Interreg Baltic Sea Region
EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND

Innehåll

- **Solinstrålning och värmeproduktion**
- **Översikt – solvärmesystem och driftscenarion/operating modes**
  - Plana solfångare
  - Vakuumrörsolfångare
    - Indirect-flow evacuated tube collectors / heat-pipe principle
    - Direct-flow evacuated tube collectors / Compound Parabolic Concentrator (CPCs)
  - Egenskaper hos värmemedium/vätska
- **Installation och design av system**
  - Orientering, vinkel och effektivitet
  - Utformning och hopkoppling av av solfångare
  - Tichelmannprincipen
  - Hantering av stagnation

Innehåll

- **Teknisk och ekonomisk effektivitet**
  - Skillnad mellan enskilda solfångarnes och ett systems energiproduktion
  - Årlig täckningsgrad
  - Säsongslagrings påverkan på den årlig täckningsgraden
  - Nyckelfaktorer för investeringskosntad och lönsamhet
- **Feed-in principer**
  - Hydralisk integrering av solvärme
  - Solvärme i kombination med andra bränslen
- **ANNEX & översikt över pilotprojekt**

Solinstrålning & värmeproduktion

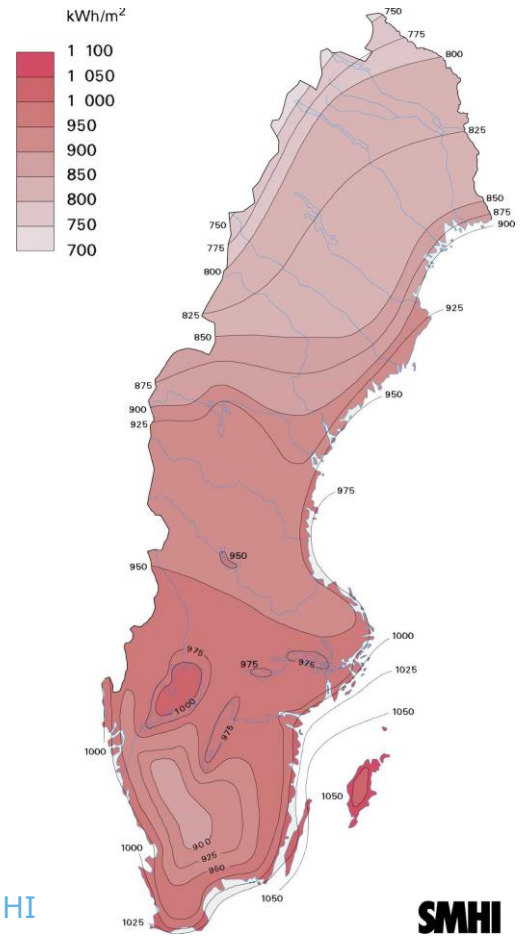
- **Årlig genomsnittnlig solinstrålning i Sverige:** 1060 W/ m²

  (ungefär 1/8 av tiden med perfekta förutsättningar)
- **Soltimmarna varierar mellan olika platser;** 2019 var spannet 1436h till 2217 h
- **Ungefärlig genomsnittsinstrålning på solfångarna:**

  1/8 x 24h (3h per dag)

  or 1/8 x 8760 h/a = +/- 1100 drifttimmar/år

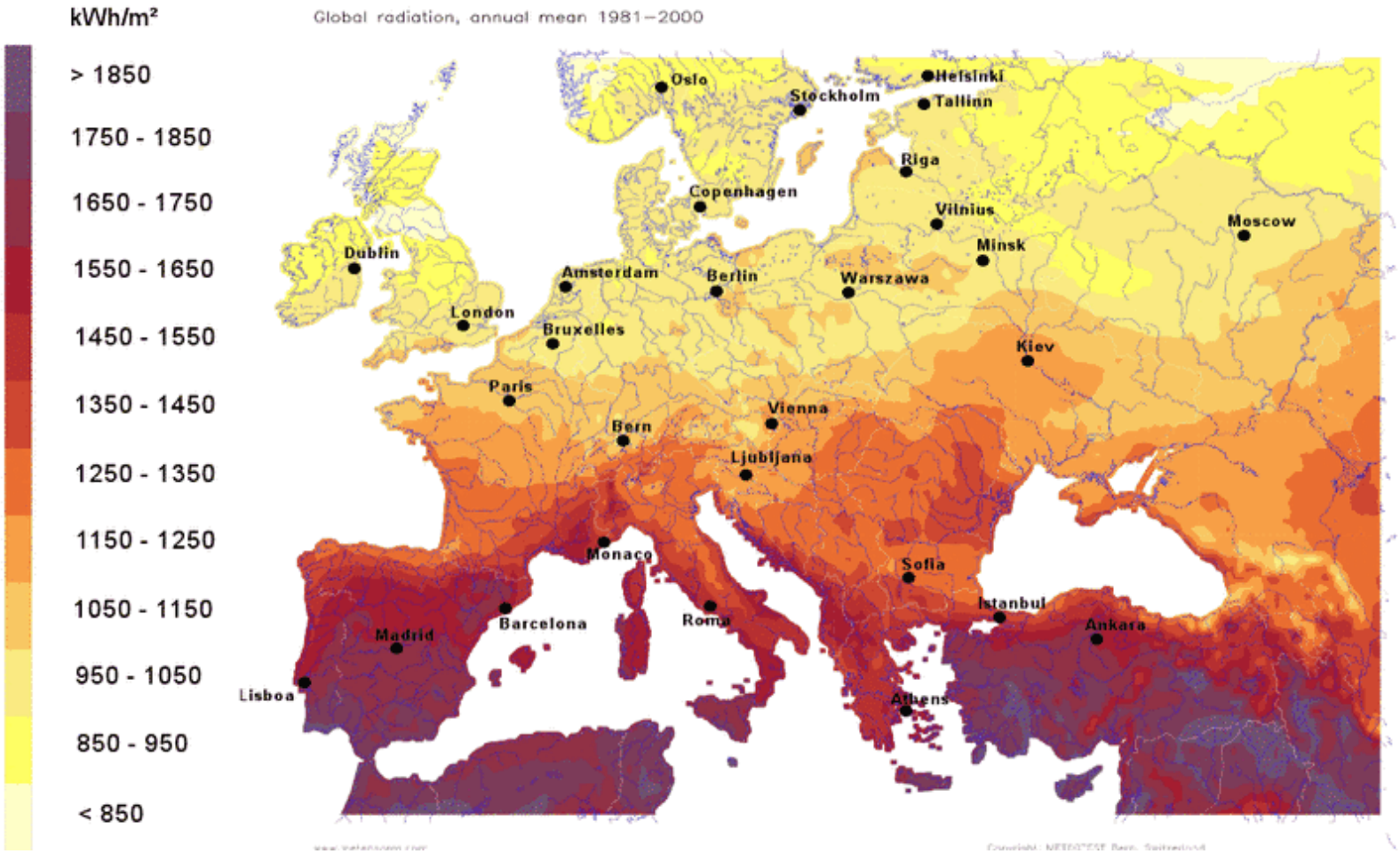
  → +/- **<u>1100 kW/h per m²a</u>**



Källa: Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme (2017): planning manual District heating

Källa: SMHI

Solinstrålning och värmeproduktion



- Den årliga produktionen är beroende av ett antal faktorer
  - väder
  - Typ av kollektor
  - Platsspecifika förutsättningar
  - Dimensionering och energiutnyttjandet
  - Installationvinkel
  - Etc…

Källa: Meteonorm 2008 [2]

Översikt – solvärmesystem & drift/operating modes

- **Var ska solfångare placeras?**
  - Markmonterade solfångare

    (billigaste lösningen, beror på markpriser, avstånd till fjärrvärmenät och kunder, värmeanvädningen, lagring och andra parametrar)
  - Takmonterade solfångare (särskilt intressant för stora och platta tak)

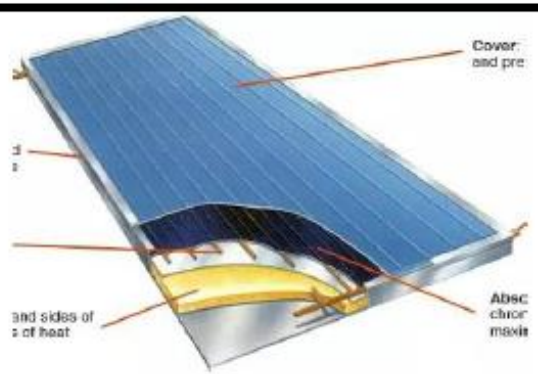
- **Vilka kollektortyper är vanligast på marknaden?**
  - Plana solfångare
  - Vakuumrörsolfångare

Källa: Ritter XL Solar

Källa: Ritter XL Solar [3]

Källa & copyright: Stefan Simonides [4]

Översikt – solvärmesystem & driftlägen

types	flat plate collectors	evacuated tube collectors		
	conventional / high performance collectors	indrect flow	direct flow	
		heat-pipe principle	evacuated tube	Compound Parabolic Concentrator
	 Source: sunpower	Source: baunetz_wissen		

Källa: sunpower & baunetz_wissen ; adjusted by AGFW-Project GmbH [5]

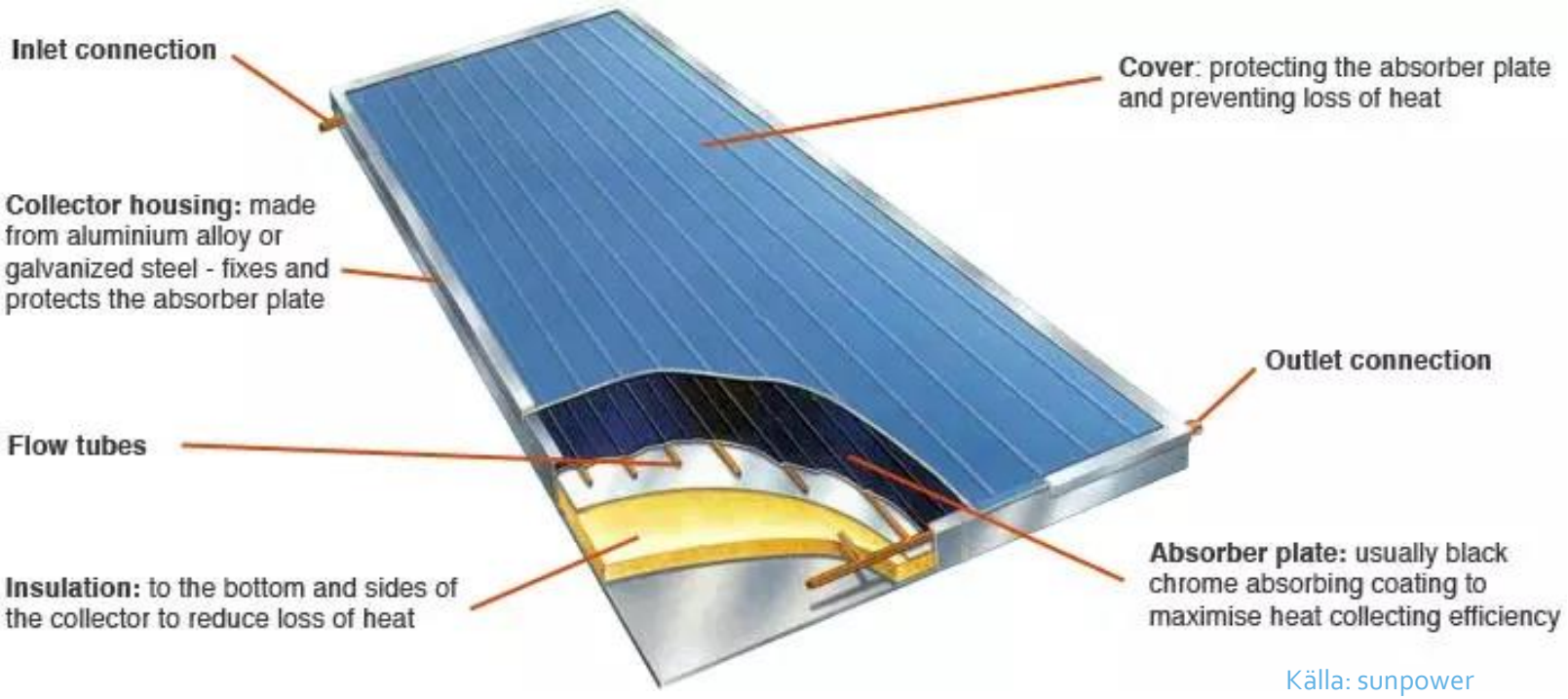
Plana solfångare

- Plana solfångare använder en plan kollektor som är isolerad med mineralull, polyurethane foam eller andra material
- Isolering är mindre effektiv än vakuumisoleringen i vakuumrörsolfångare
- Högeffektiva plana solfångare har absorbenter i koppar

Källa & copyright: Stefan Simonides [4]

Plana solfångare

- Ungefärlig årlig energiproduktion på 500-550 kWh per solfångare
- Drifttemperatur på 30 till 80 °C
- Vid väl genomtänkt dimensionering, kan den nå stagnationstemperatur på 150-200 °C
- Kan installeras i serie eller parallellkrets
- Installationsvinkeln kan variera
- Vätskan består ofta av vatten och frostskyddsmedel



Källa: sunpower

Vakuumrörsolfångare

Källa: Ritter XL Solar

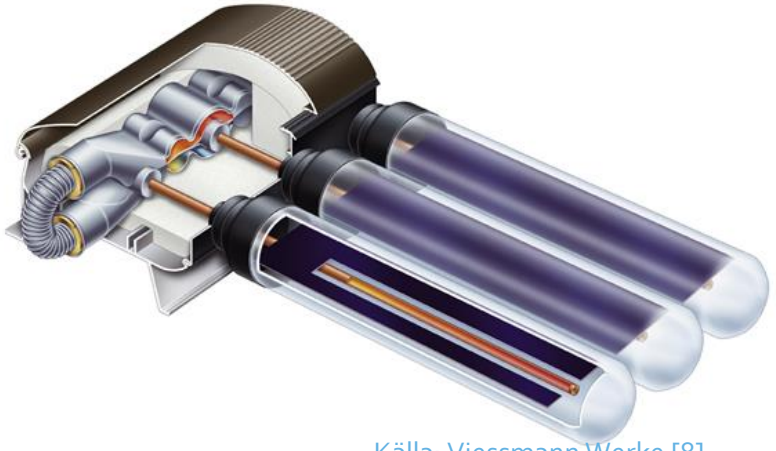
Källa: Solites [6]

Källa: Ritter XL Solar

Vakuumrörsolfångare

- Vakuumrörsolfångare består ofta av parallella rader av dubbelmantlade glasrör som är förmonterade i så kallade kassetter
- Den goda isolerförmågan uppnås genom vakuum i det yttre glasröret
- Kopparröret överför värmen med en värmeväxlare genom ett indirekt flöde eller genom ett direkt flöde där vätskan cirkulerar i ett U-format kopparrör i det inre glasröret.
- Högre temperaturer möjliga (över 200 °C, upp till 350°C)
- Högre verkningsgrad än plana solfångare vid uttag av höga temperaturre, över 80°C
- Högre verkningsgrad än plana solfångare
- Dyrare i investering än plana solfångare

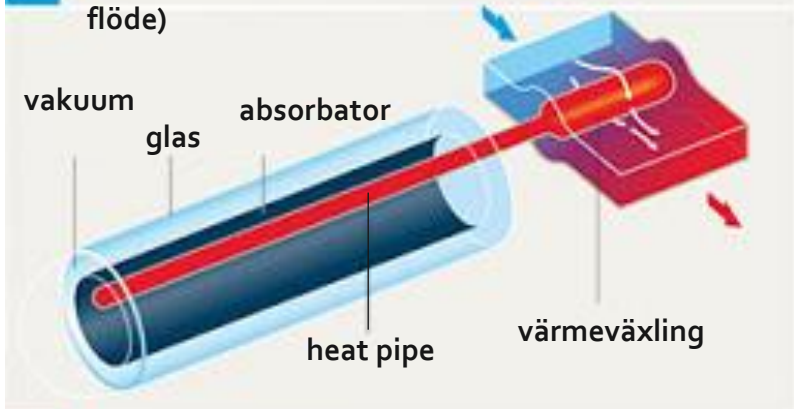
Källa: Ritter-XL-Solar [7]



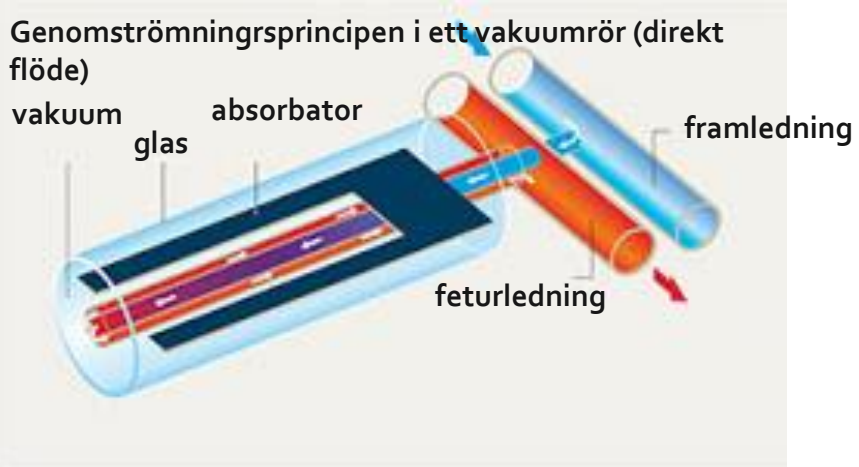
Källa: Viessmann Werke [8]

Vakuumrörsolfångare

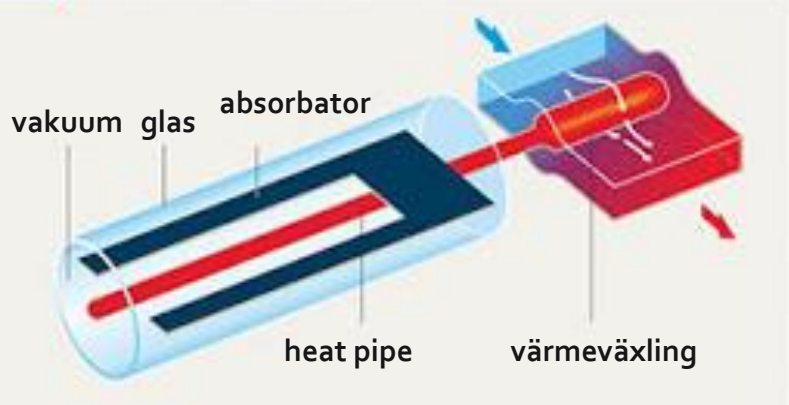
Heat pipeprincipen i ett „Sydneyrör" (indirekt flöde)



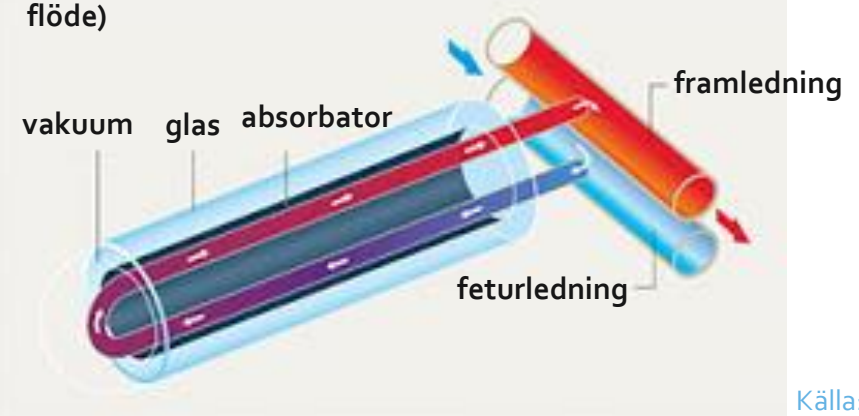
Genomströmningrsprincipen i ett vakuumrör (direkt flöde)



Heat pipeprincipen i ett vakuumrör (indirekt flöde)



Genomströmningsprincipen i ett „Sydneyrör" (direkt flöde)



Källa: Solarwärme (2014); translated & adjusted [9]

Vakuumrörsolfångare or heat-pipe principle

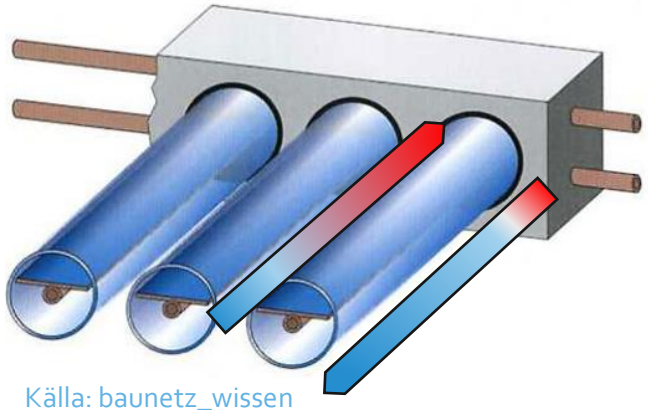
- Kopparpistongen (s.k. heat pipe) är ofta monterad bakom/under absorbatorn
- Röret är fyllt med en värmebärare (ofta glykol)
- Värmeöverföringen sker i toppen av röret

När värmebäraren kondenseras avges värme, som sedan överförs via värmeväxlaren till värmesystemet

Värmemediet rinner tillbaka ner i röret och värms upp igen

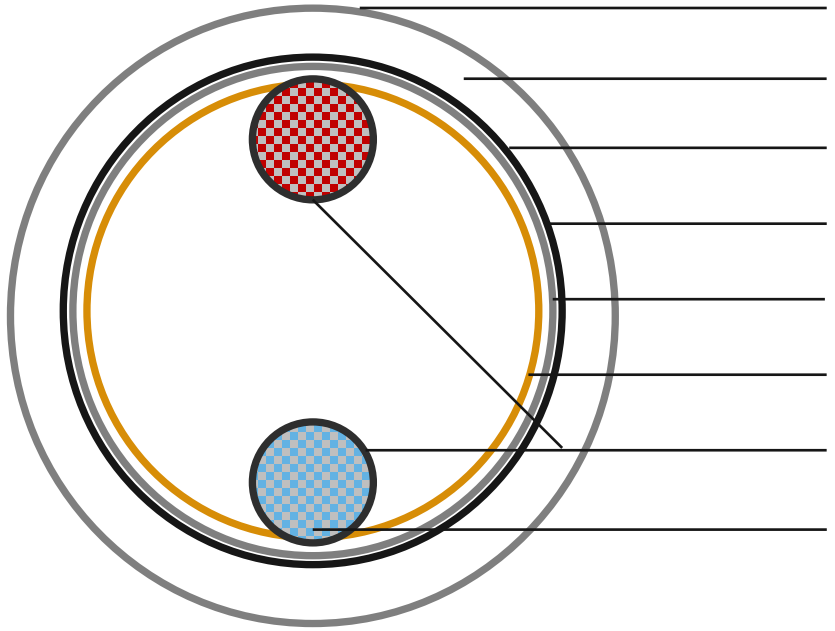
→Fungerar också under dagar med låg solinstrålning, eftersom vätskan förångas redan vid låga temperatur run 25 °C (solfångarens temperatur)

→ Lägre tryckförluster till följd av värmeväxling vid framledningsröret



Källa: baunetz_wissen

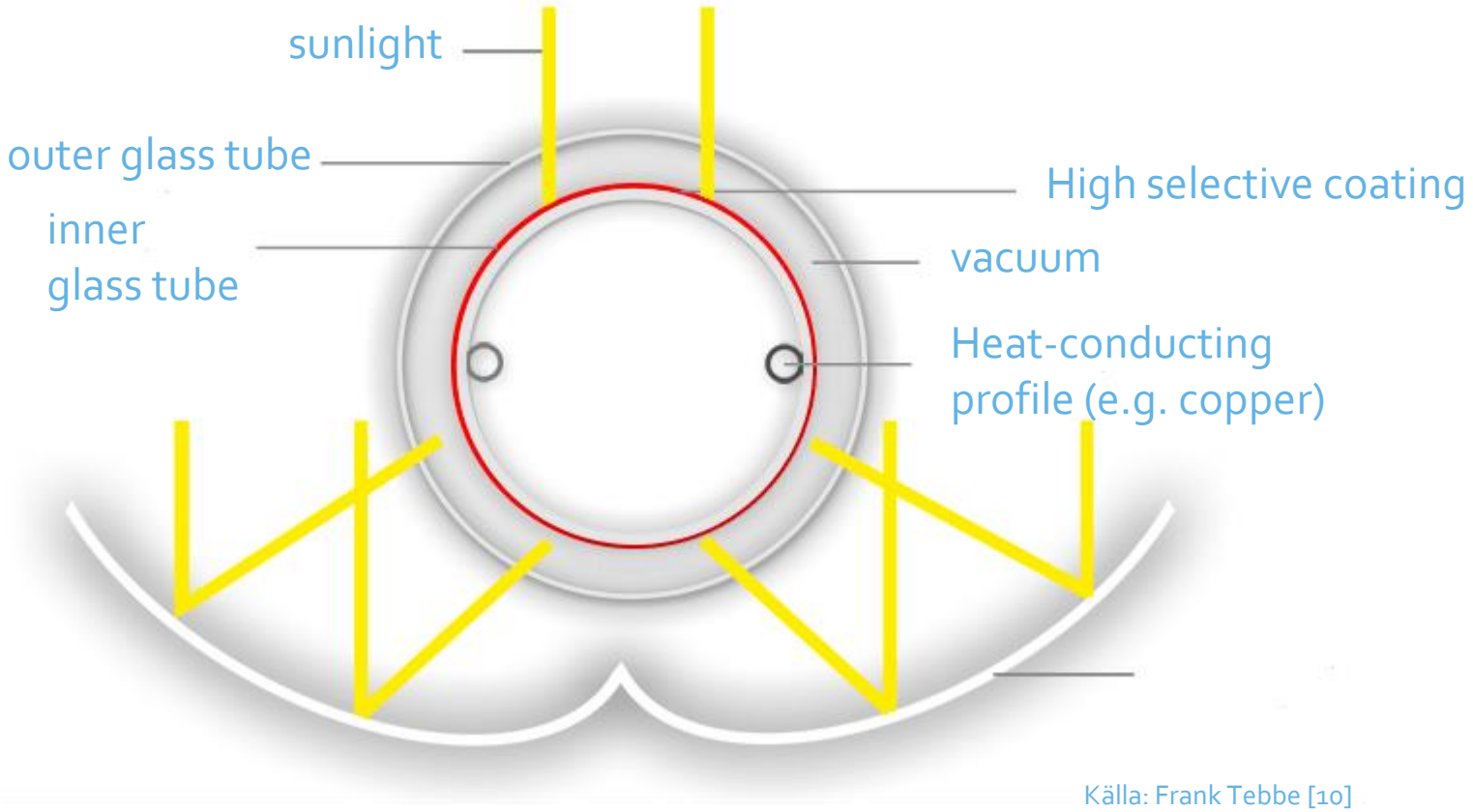
Vakuumrörsolfångare



Källa: Ritter-XL-Solar

Koncentrerande solfångare

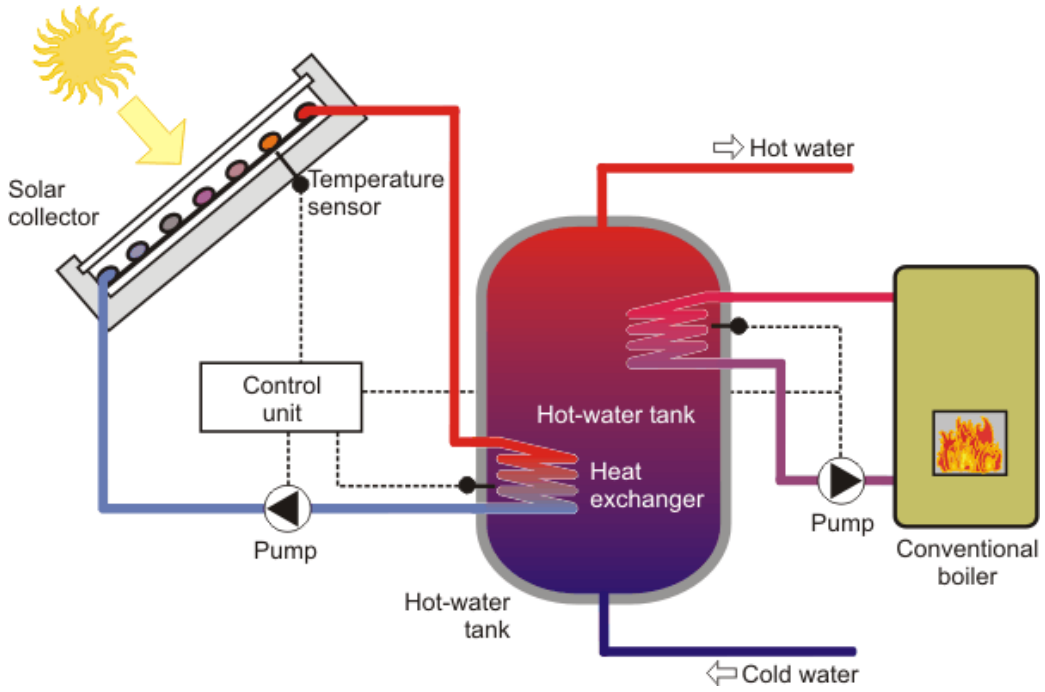
- Består av en absorbator som är placerad i ett reflekttråg med två paraboler vända mot varandra
- Reflekterar solinstrålningen in mot solfångaren, vilket ger en stor acceptansvinkel
- Eftersom reflektormaterialet är billigare än absorbatorn, så kan denna lösning potentiellt sänka kostnaden för solfångarinstallatationen.



Källa: Frank Tebbe [10]

Värmebärarens egenskaper

- Värmebärare i solfjärrvärme ≠ hetvatten i fjärrvärmenätet
- Värmen växlas vid produktionsanläggning/termiska lagret via värmeväxlare
- Heat is exchanged at the top of evacuated tube-collectors



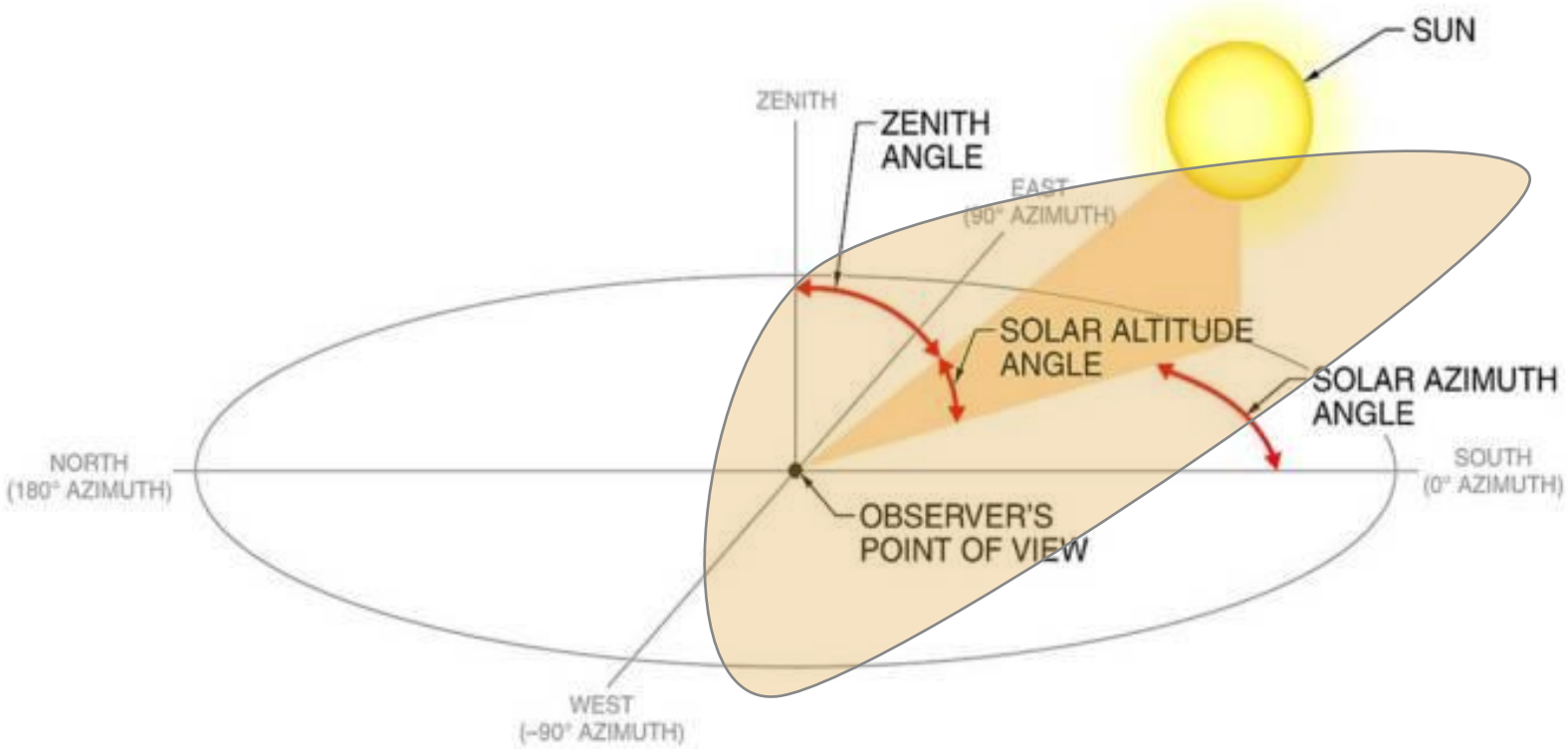
Källa: Volker Quaschning [11]

Viktiga egenskaper för värmebärare i fjärrvärmeansluten solvärme

- Hög temperaturstabilitet
- Låg viskositet (due to heat capacity)
- Hög värmekapacitet
- Miljöanpassad
- Korrosionsinhibator (avmineralised vatten etc.)
- Frostskydd (pfta en mix mellan vatten och alcohol, t.ex. proylenglykol)

Installation och design av system

Orientering, lutning och verkningsgrad



Källa: www.solargyaan.com[12]

Installation och design av system

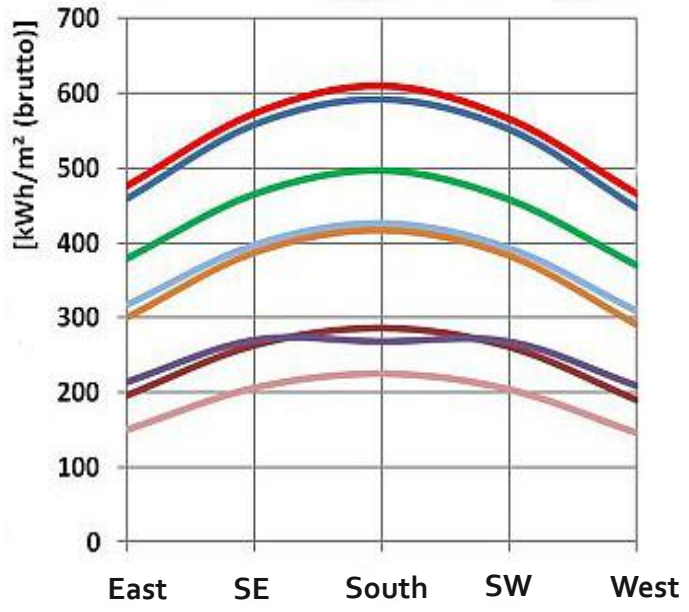
Orientering, vinkel och verkningsgrad

- Solfångaren har högst verkningsgrad när dess axel är i 90 gr vinkel mot solinstrålningen
- verkningsgraden varier med klockslag och säsong
- I Europa är ofta den optimala installationsvinkeln för solfångare och solceller 25° to 45°, men vinklar upp till 60° förekommer relativt ofta
- Ju högre vinkel, desto större energiproduktion under vinterhalvåret och på morgon/kväll
- Höga vinklar bidrar till att minska risken för produktionstoppar och termisk stagnation på sommaren, men sänker också framledningstemperaturen från solfångarna, vilket kan vara ett problem om värmen ska nyttjas I t.ex. fjärrvärme

→ Den riktning en anläggning installeras I beror på platsspecifika förutsättningar och hur den planerade användningen av solvärme ser ut (uppvärmning / tappvarmvatten / båda / med eller utan säsongslager)

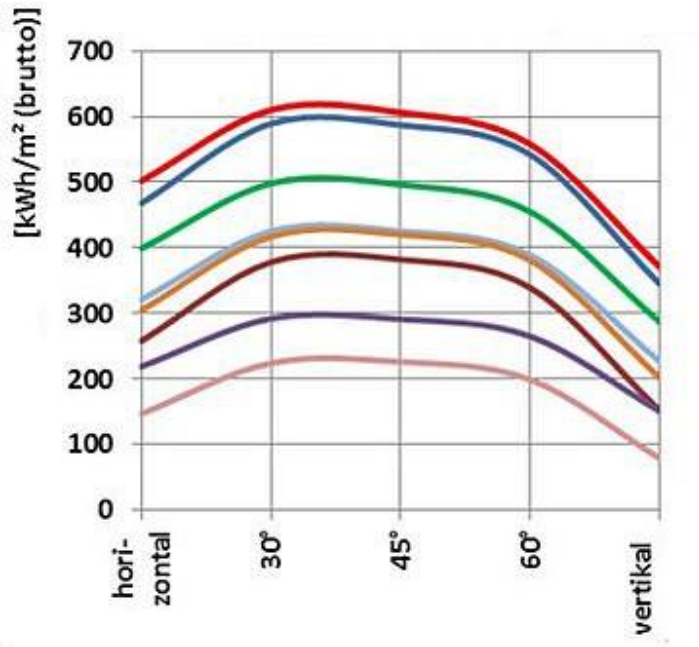
Installation och design av system

Orientering, vinkel och verkningsgrad



Beräkningsexempel för olika typer av solfångare

- Plats: Würzburg, Tyskland
- Lutning: 75°, men olika riktningar
- Genomsnittlig solfångartemperatur: 75 C°



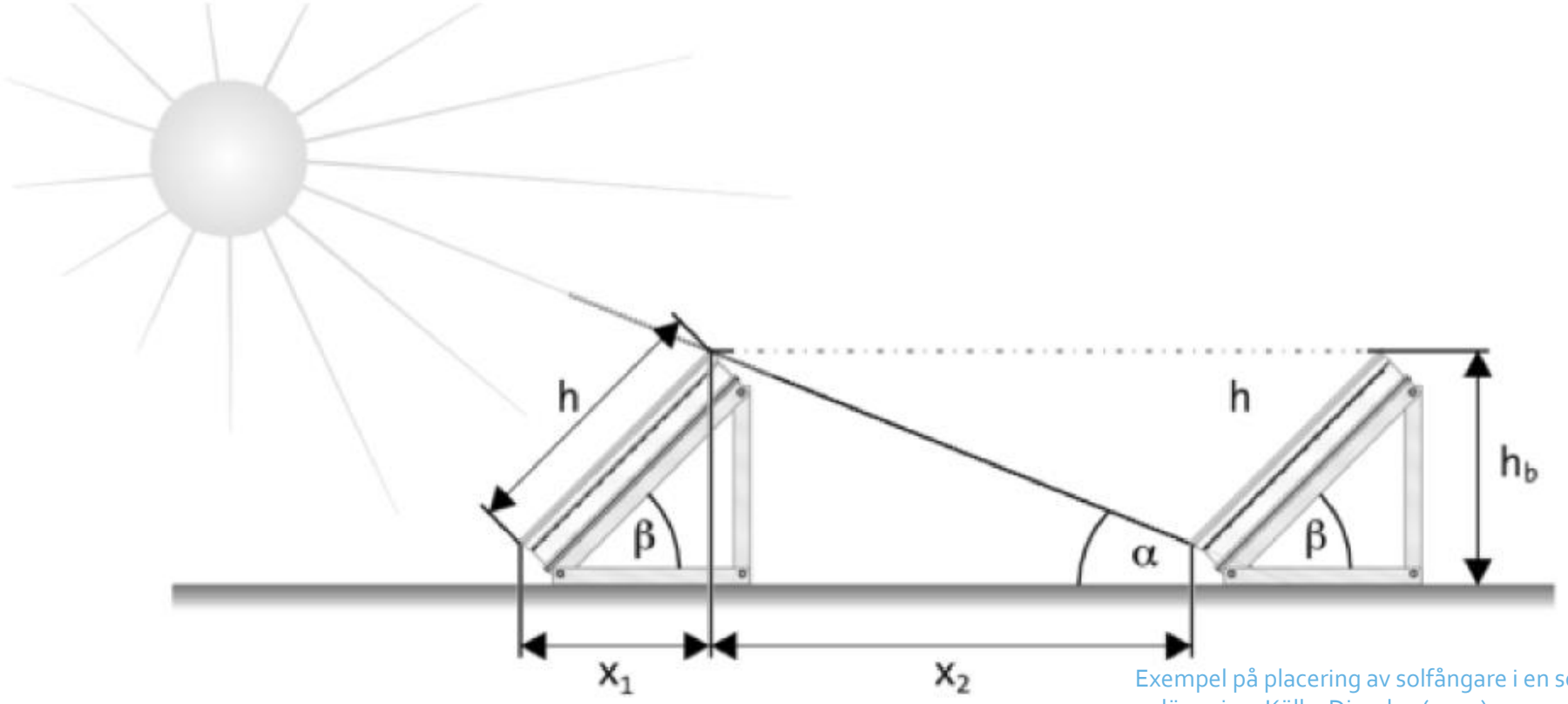
Beräkningsexempel för olika typer av solfångare

- Location: Würzburg, Germany
- Orientering: Rakt sydlig, men olika lutningar
- Genomsnittlig solfångartemperatur: 75 C°

Källa för exemplet: Paradigma (översatt och anpassat)

Installation och design av system

Planering av anläggning



Exempel på placering av solfångare i en solfångar-anläggning. Källa: Dimplex (2010)

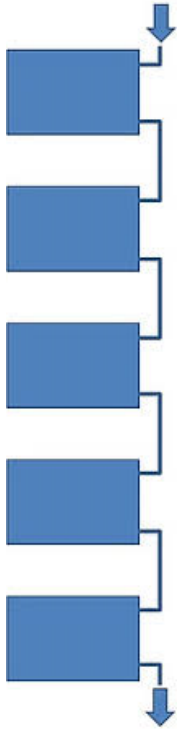
Installation och design av system

Planering av anläggning och koppling

- Storskaliga solvärmeanläggningar kan designas i serie eller parallellkopplas

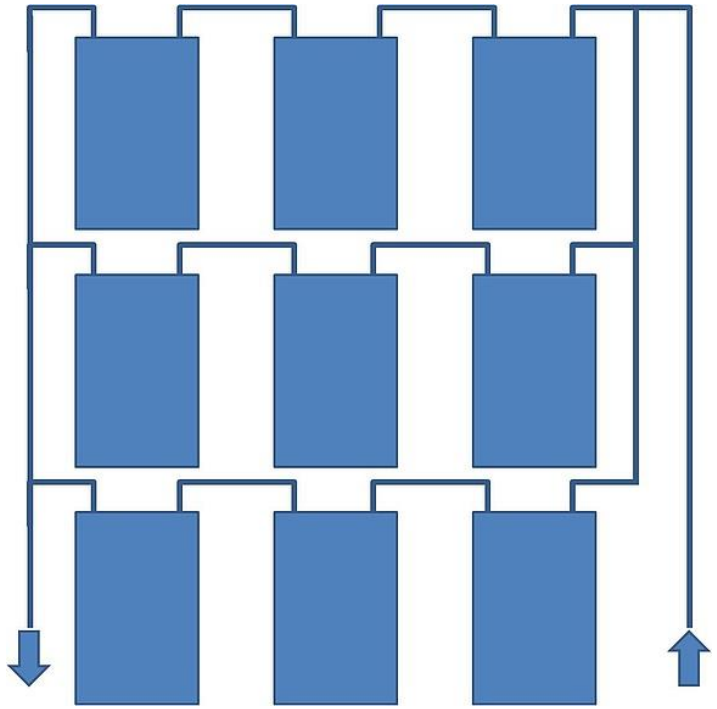
Seriekoppling

- Höga tryckförluster
- Hög pumpkapacitet
- Jämnt flöde
- Mindre rördragning / lägre installations-kostnad



Parallellkoppling

- Låga tryckförluster
- Lägre pumpkapacitet
- **Tichelmannprincipen** nödvändig för jämnt flöde
- Lägre flödeshastighet
- ΔT beor på solfångarna i seriekopplingen
- Lämpligt för storskalig solvärme i fjärrvärmesystem



Serie- och parallel koppling. Own illustrations AGFW-Project GmbH

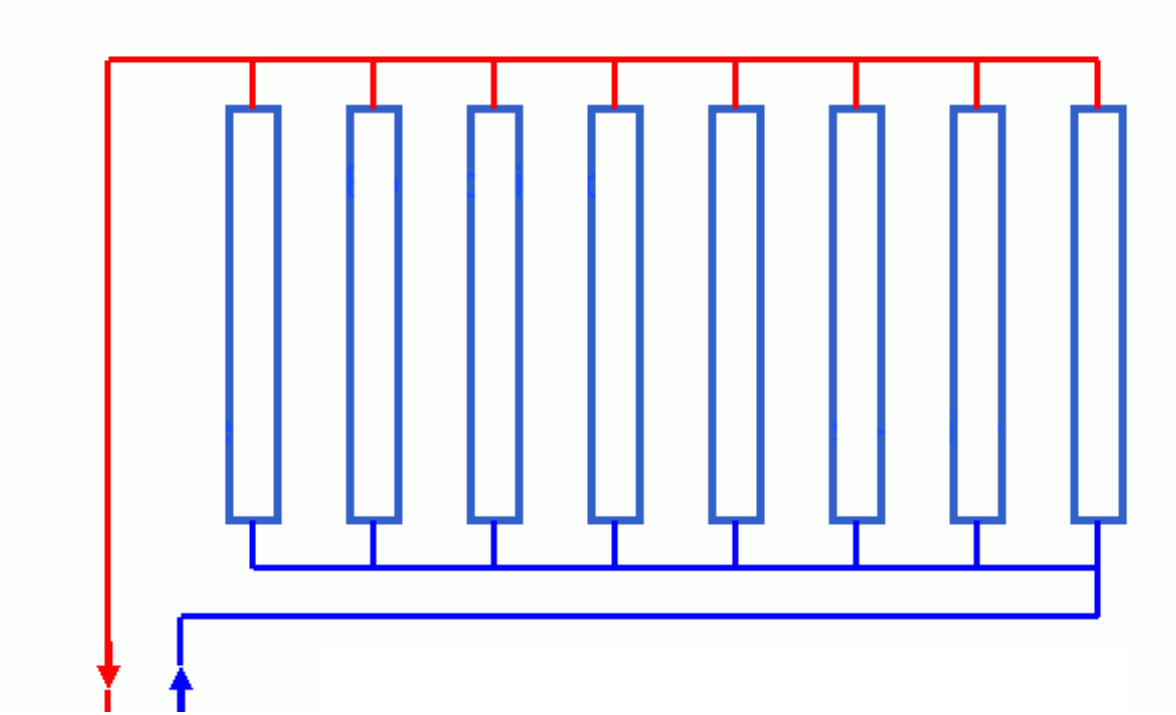
Installation och design av system

Tichelmannprincipen:

- Lika längdförhållande mellan tillopp och returledning
- Värmemediet rör sig i jämn hastighet
- Jämna tryckförluster i hela systemet
- Jämn flödesfördelning

→Minskat behov av rör

→ Mindre behov av styrnings



Tichelmann-principen. Own illustrations AGFW-Project GmbH

Hantering av stagnation

Designtemperatur

Designtemperaturen är den maximala temperatur som en solfångare eller en solfångarkrets kan klara utan att förstöras. Designtemperaturen i hela kretsen avgörs av den komponent som har lägst designtemperatur.

Drifttemperatur

Drifttemperaturen definieras av den maximala temperatur i solfångaren eller solfångarkretsen under normal drift.

→ **bestäms ax den maximala lagringstemperatur**
→ **bestäms av värmebehovet i det anslutna fjärrvärmenätet**

Stagnation

Stagnation beskriver ett stadium där flödet i solfångaren har blivit stört av någon anledning, trots att det är tillräcklig solinstrålning tillgänglig för att producera solvärme.
→ the fluid in the solar thermal collector is heated up to a temperature where the absorbed energy equals the losses

(Källa: Frank, E., Mauthner, F., & Fischer, S. (2015). Overheating prevention and stagnation handling in solar process heat applications. *International Energy Agency-Solar Heating and Cooling Task*, 49.)

Hantering av stagnation

„Hantera stagnation…

…om stagnation är ett acceptelt driftläge"

„Förebygga överhettning…

… om stagnation inte är ett accepterat driftläge"

Keymark-Certificates: http://www.estif.org/solarkeymarknew/

TÜVRheinland®
DIN CERTCO

itw

Page 1/2

Summary of EN 12975 Test Results, annex to Solar KEYMARK Certificate	Licence Number	
	Issued	2015-11-30

Stagnation temperature - Weather conditions see note 2	Tstg	301	°C
Effective thermal capacity	ceff = C/Ag	9.18	kJ/(m²K)
Max. intende operation temperature - see note 3	Tmax,op	160	°C
Max. operation pressure - see note 3	pmax,op	1000	kPa

((Exempel på en keymark-certifikat. Källa: www.estif.org)

→ **Försiktighets- och säkerhetsåtgärder vid är viktiga aspekter att beakta i planerings- och dimensionsfasen.**

(Citerat från Frank, E., Mauthner, F., & Fischer, S. (2015). Overheating prevention and stagnation handling in solar process heat applications. *International Energy Agency-Solar Heating and Cooling Task*, 49.)

Interreg Baltic Sea Region
EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND

Hantering av stagnation

LowTEMP2.0

Effekter av stagnation:

- Ökat tryck och ångbildning i solfångaren
- Ånga i solfångarkretsen
- Hög belastning på systemkomponenter (e.g. packningar)
- Värmebäraren/glykolet skär sig

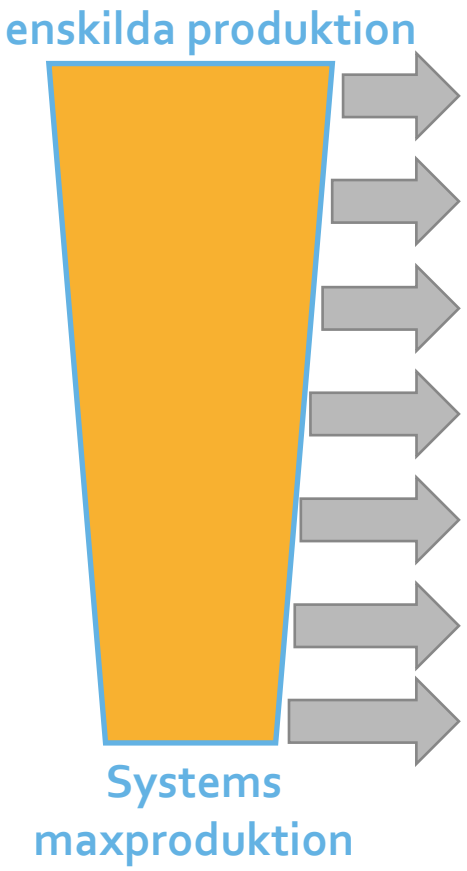
Hantering av stagnation:

- Dränerande system (för gykol är det särskilt viktigt att detta hanteras förebyggnade innan stgnation uppstått)
- Stäng av pumpar och expansionskärl
- Aktiv avkylning, t.ex. Med vatten och en andra värmeväxlare (extra well and absorption well will be needed)

→ **Att systemet ska kunna acceptera stagnation behöver övervägas och behöver planeras in redan i design- och planeringsfasen**

Interreg Baltic Sea Region
EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND

Verkningsgrad och lönsamhet



Differens mellan solfångarnas och systemets värmeproduktion

Skillnaden uppstår på grund av…

- … uppvärming på morgonen och avkylning på kvällen
- … in pipes and valves
- … lagring
- … stagnation
- … aktiva insatser för skydda mot frost
- … frostskyddsmedel
- … värmexäxlare

Skillnaden mellan solfångarnas produktion och systemets produktion kan grovt uppskattas att motsvara 10 % av den årliga solinstrålningen

Källa: Egen illustration AGFW-Project GmbH

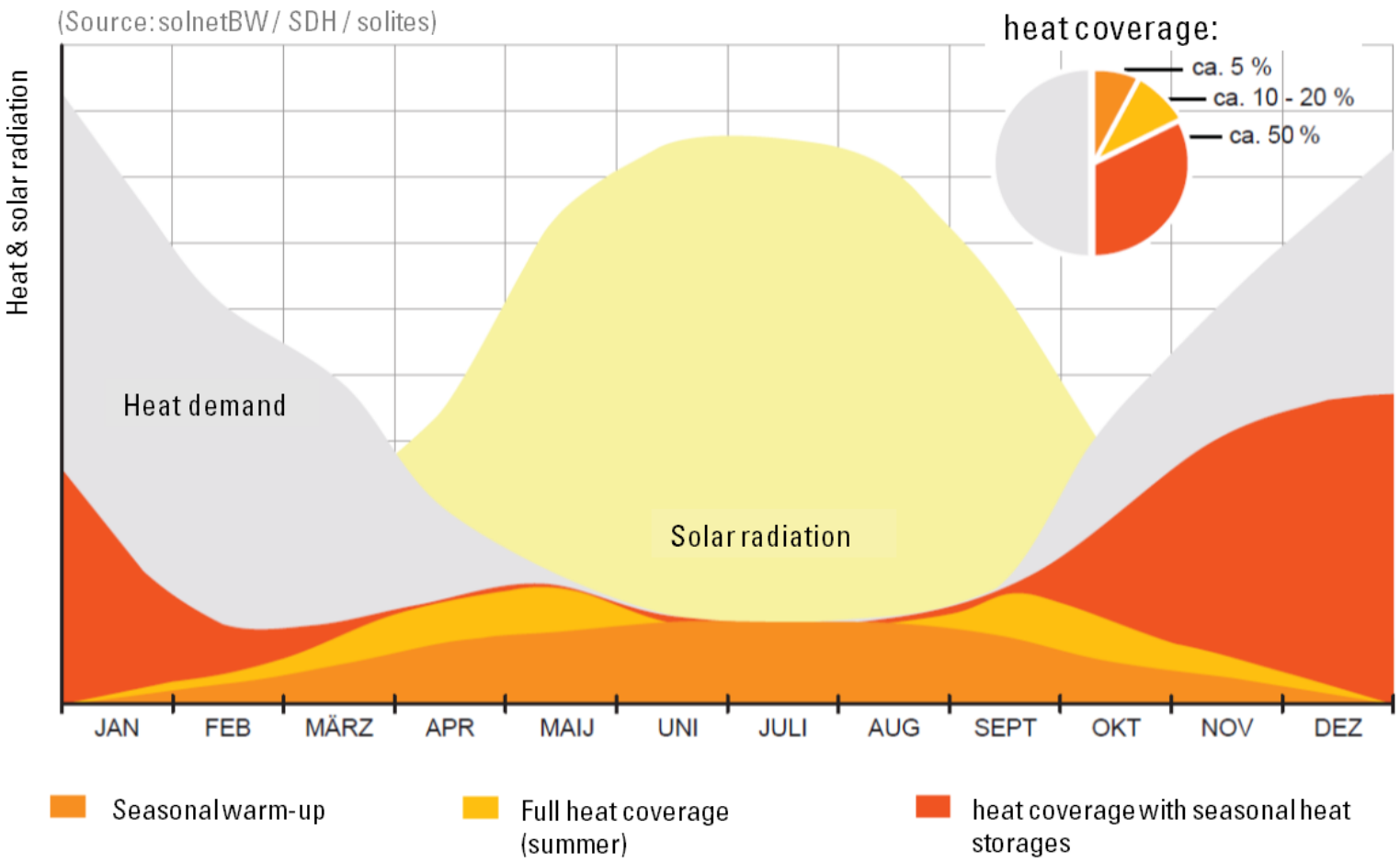
Årlig täckningsgrad

Täckningsgraden beror på:

- Integreringen av solvärmeproduktionen i fjärrvärmesystemet (inmatningspunkt, framledning, returledning)
- Planeradavsättning för värmen och temperaturkrav (tappvarmvatten, rumsvärmare, golvvärme etc.)
- Byggnadsstruktur (nybyggnadsområde, befintlig bebyggelse)
- Solenergisystemets design (utjämnande lager, säsongslager eller direkt användning)
- Direkt eller indirekt inmatning

→ Sol I fjärrvärme kan leverera mellan 30-60 % av varmvattenbehovet (100 % på sommaren)
→ Säsongslager kan öka solens täckningsgrad I fjärrvärmesystemet genom att att lagrat vatten boostas med en fjärrvärmepump i övergångsperioder

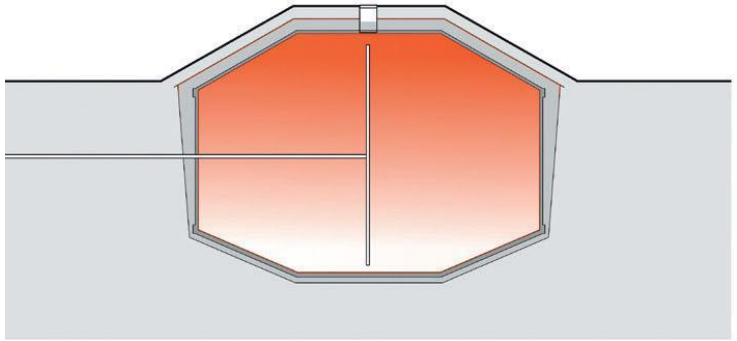
Öka den årliga täckningsgraden termiska lager



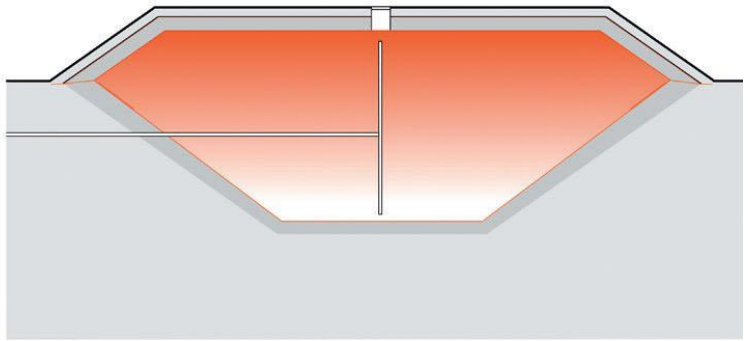
Säsongslager i Friedrichshafen, Tyskland med en kapacitet på 12.000 m³ (Källa: bine.info)

Öka den årliga täckningsgraden termiska lager

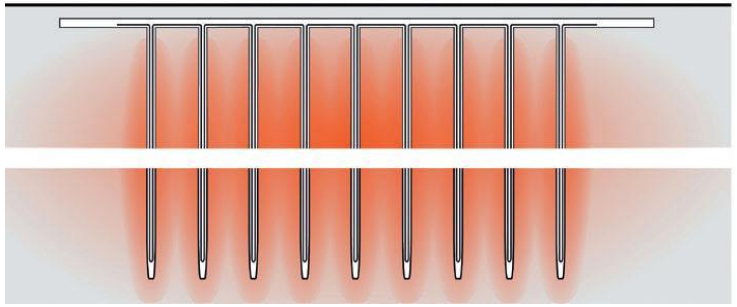
Värmelager (tank)
(60 till 80 kWh/m³)



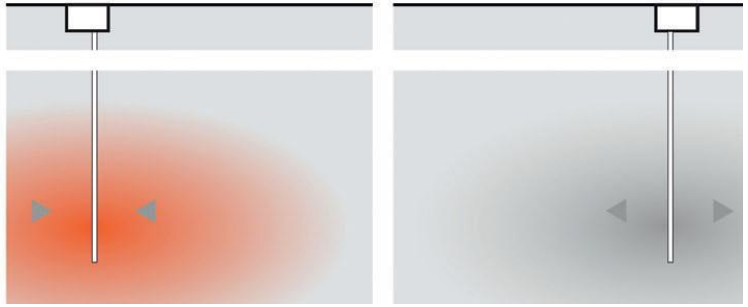
Groplager
(30 till 80 kWh/m³)



Borrhållslager
(15 till 30 kWh/m³)



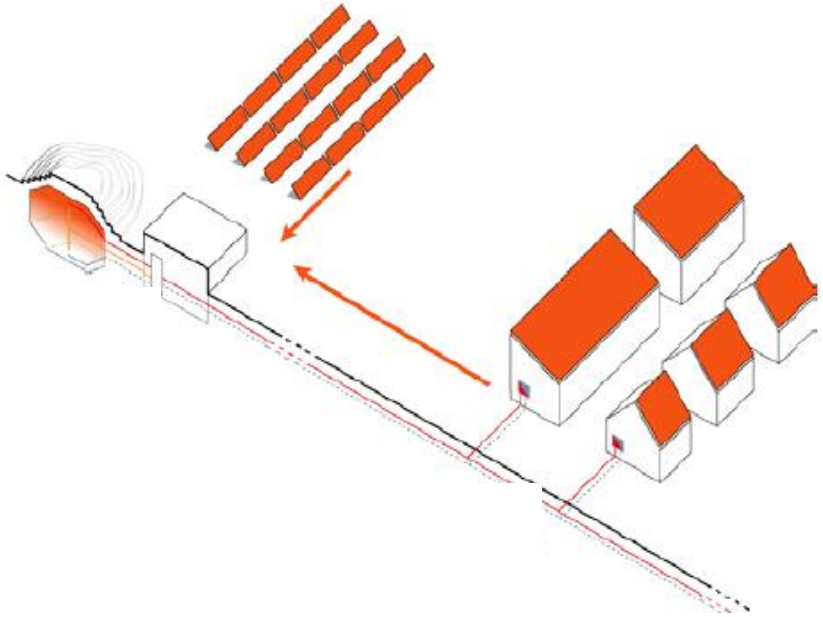
Akviferlager
(30 till 40 kWh/m³)

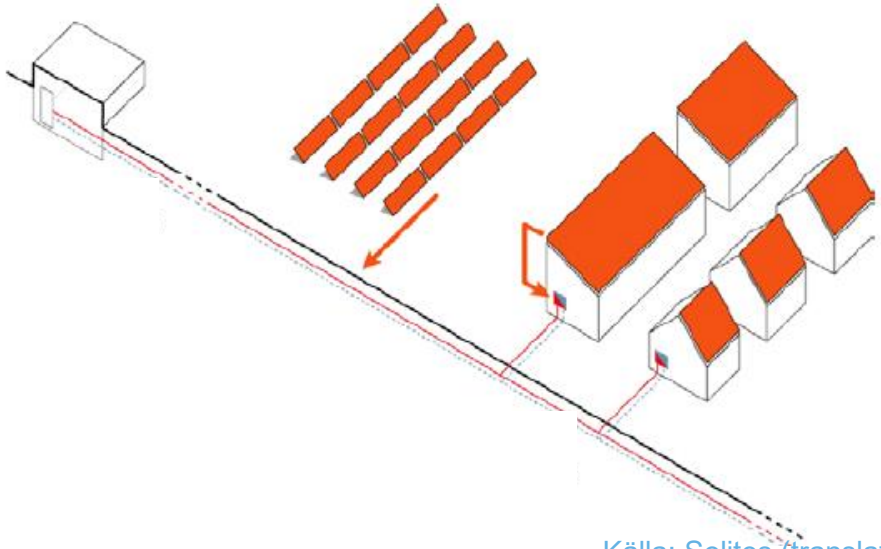


Källa :ikz.de (översatt)

Inmatning av solvärme på fjärrvärmenät

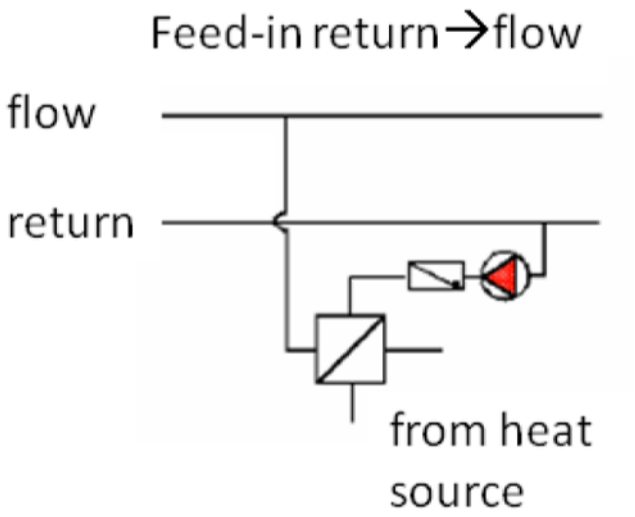
- Decentraliserad produktion: solvärmeanläggning är inte lokaliserad nära någon storskalig värmeproduktionsanläggning
- Centraliserad produktion: inmatningspunkten kan vara en överföringsstation (solvärmeanläggningen är lokaliserad i anslutning till annan värmepoduktion, t.ex. fjärrvärme, kraftvärme)





Källa: Solites (translated)

Inmatningsprinciper – decentraliserad produktion



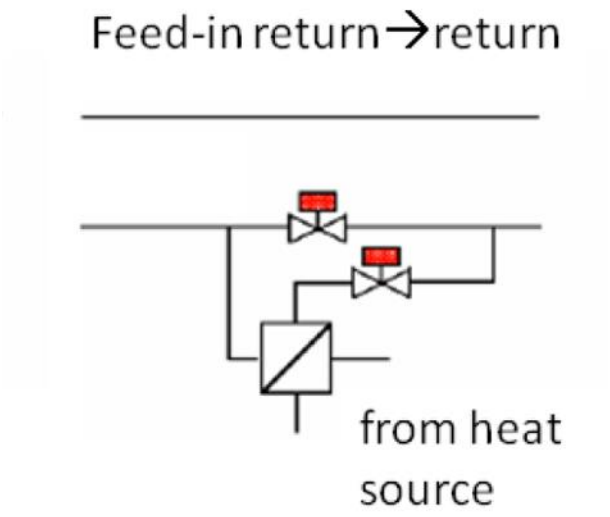
- Arbetstemperaturen i solfångarna beror på flödet och returledningen
- Flödet i solfångaren måste anpassas efter den efterfrågande framledningstemperaruen
- Inmatningspumpen måste hantera tryckskillnader mellan flödet och returledningen (kan uppgå till flera bar)

  + stabil returtemperatur

  - hög pumpkapacitet krävs

(Figur & Quoted from Solar District Heating (SDH) (2012). [13]

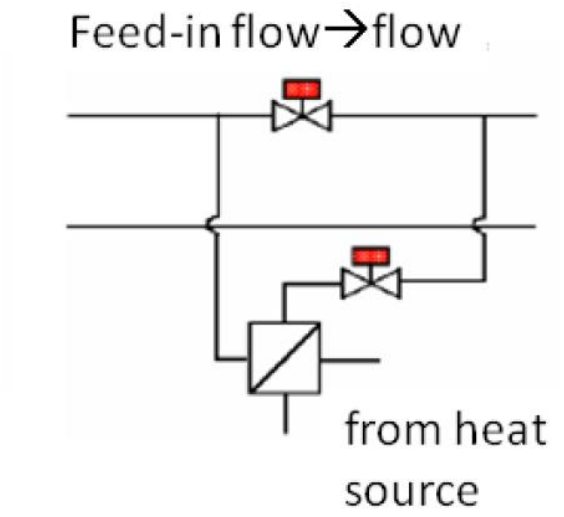
Inmatningsprinciper – decentraliserad produktion



- Drifttemperaturen för solvärmeanläggningen är lägre än andra inmatningslägen
- Hög solvärmeproduktion
- Ingen energi krävs för pumpning
- Konstant flöde i solfångarna
- Nätoperatören måste installera ett flödesmotstånd för att kontrollera inmatningen från solvärmeanläggningen
- Det är inte gynnsamt med höga returtemperaturer

(Figur & Quoted from Solar District Heating (SDH) (2012). [13]

Inmatningsprinciper – decentraliserad produktion

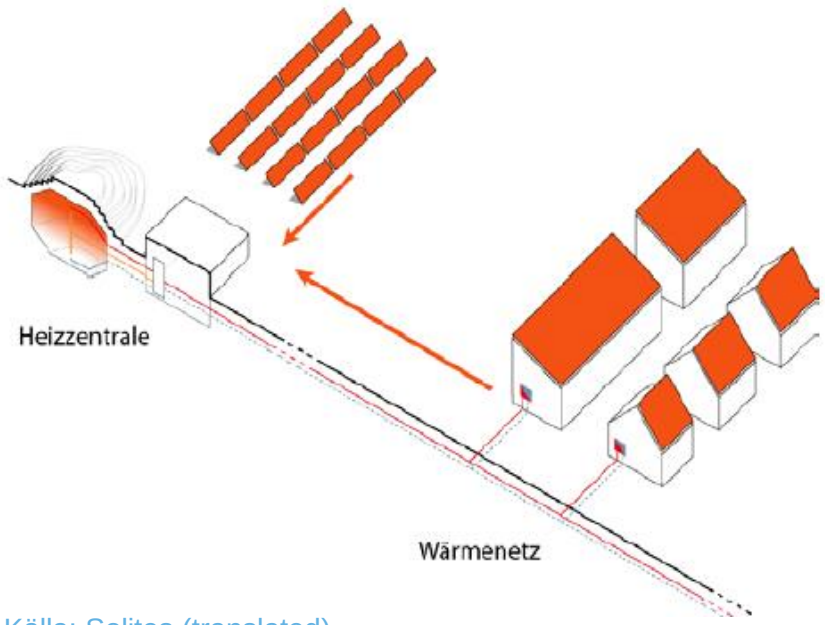


- Hög arbetstemperatur i solfångarna krävs
- Låg verkningsgrad och energiproduktion till följd av den höga arbetstemperaturen

(Figur & Quoted from Solar District Heating (SDH) (2012). [13]

Inmatningsprinciper – centraliserad produktion

- Värmeöverföring sker genom värmeväxlare vid värmeverket
- Tydlig skillnad mellan solvärmen produktionscykel och fjärrvärmesystemets behov
- Solvärmen kan kombineras med andra värmekällor och –tekniker



Källa: Solites (translated)

Solvärme kombinerad med andra energikällor

- Tekniskt sätt, kan solvärme kombineras med vilken annan energikälla som helst

→**Lönsamheten och miljönyttan beror på ett flertal faktorer och behöver utvärderas för varje specifikt fall**

Exempel:

- **Ökad returflöde**
  - **<u>Sparar primärenergi:</u> ökad returtemepratur/** / ökad täckning av tappvarmvatten på sommaren
  - Höga returtemperaturer är inte alltid önskvärt av nätoperatörerna
- **Solvärme i kombination med kraftvärme**
  - Solvärmeanläggningar I fjärrvärmesystem kan leda tiill lägre elproduktion

Huvudsakliga kostnader för investering och drift

- Köp eller leasing av mark
- Solfångare
- Installation inklusive kompletterande fjärrvärmerör inom området
- Frostskyddsvätska
- Transmission piping (collector field to heat exchanger unit)
- Värmeväxlare (inclusive pumpar, expansionskärl, kontroll etc.)
- Anslutning till befintligt fjärrvärmesystem
- Lagring
- Styrsystem
- Design och optimering
- Övrigt (t.ex. Byggnad, markarbete, stängsel, skötsel etc.)

(Quoted from Solar District Heating (SDH) (2012). Solar district heating guidelines – Collection of fact sheets WP3-D3.1 & D.3.2. Page 8 Fact sheet 2.3

Faktorer som påverkar investeringskostnader och lönsamhet

- Värmebehov & dimensionering
- Storlek på lager/behov av säsongslager (behövs annan Teknik installeras, t.ex. värmepumpar)
- Tomtstorlek och markpris behöver, kostnader för att hantera bygglov och andra tillståndsrelaterade frågor
- Vilken typ av solvärmesystem behövs? / Vilken temperaturnivå krävs?
- Vilken resurser och vilken infrastruktur finns redan på plats? Vilket inmatningsscenario för solvärme kommer det vara?

  → rörkostnader
- Vilken täckningsgrad ska solvärmen ha? Hur lång produktionsperiod?

  → Inmatning i framledning, returledning eller båda?
- Hur mycket kan vi spara i den befintliga värmeproduktionen (t.ex. biomassa)?
- Hur mycket finansiering finns tillgänglig, bade egen och extern
- Vilka är finansieringskostnaderna (ränta, rörligt eller bundet lån och hur länge)?
- Den förmodade energiprisutvecklingen kommande år?

Författare

AGFW-Project GmbH
Project company for rationalisation, information & standardisation

Georg Bosak
Department of urban development

Stresemannallee 30
60596 Frankfurt am Main
Germany

E-mail: info@agfw.de
Tel: +49 69 6304 - 247
www.agfw.de

ANNEX I: Möjligt scenario
Krav för fjärrvärmeleverantör/Solvärmeaktör

- Fjärrvärme baserad på solvärme innebär ojämn energiproduktion
- Det behöver kontrolleras om värme kan matas in på nätet vid den planerade inmatningspunkten
- **Sommarscenario:** lågt värmebehov, men hög solvärmeproduktion
- **Följande principer behöver beaktas:**
  - **Solvärmeproduktion under en dag << värmebehovet I fjärrvärmenätet under en dag**

  → värme kan matas in på nätet regelbundet

  - **Solvärmeproduktion under en dag < or = värmebehovet i fjärrvärmenätet under en dag**

  → inmatning är inte alltid möjlig → utjämningslager kan vara en fördel

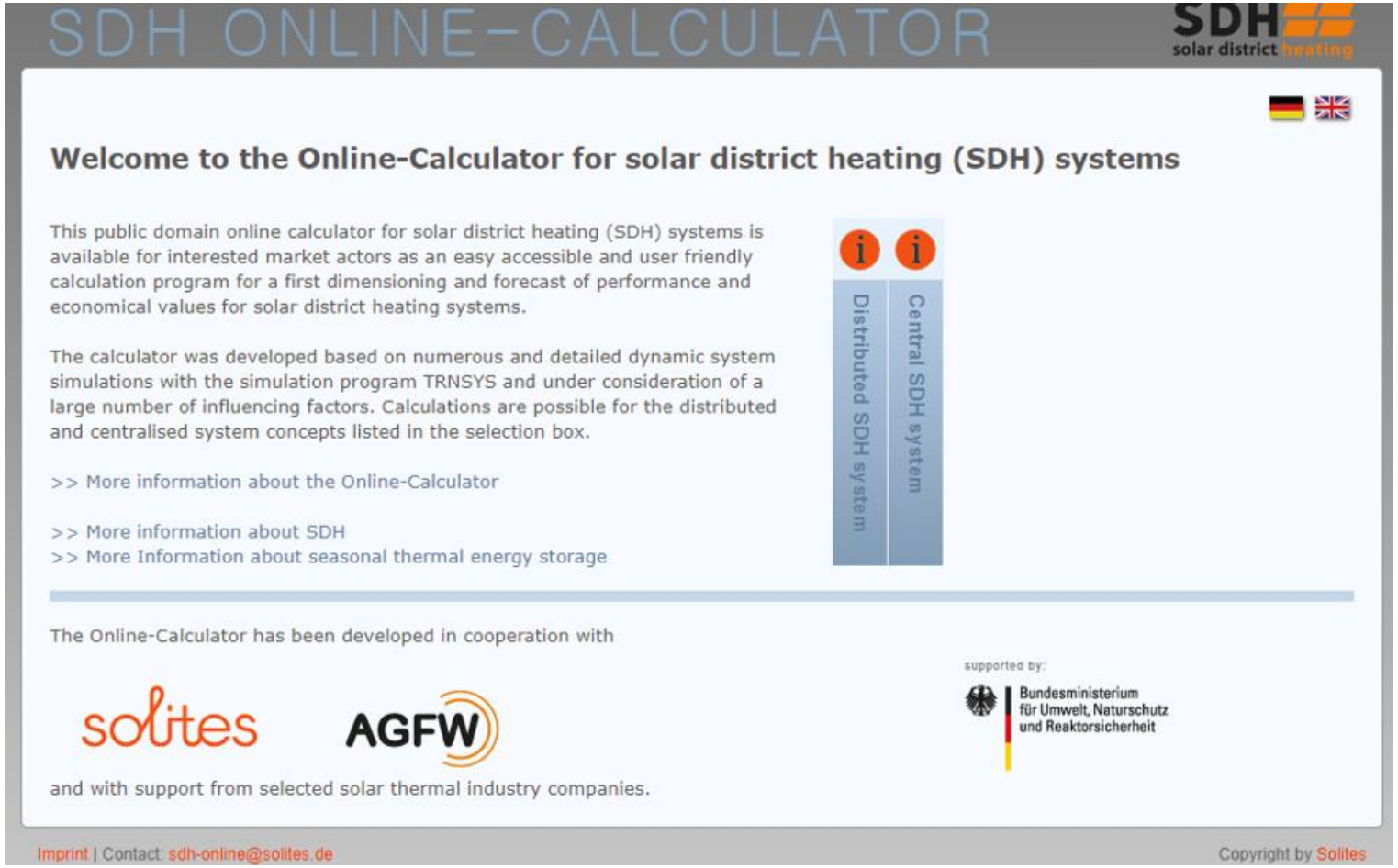
  - **Solvärmeproduktion under en dag > värmebehovet i fjärrvärmenätet under en dag**

  → utjämningslager är helt nödvändigt för att kunna anpassa nät inmatning på nätet ska ske

  - Anläggningens storlek beror på hur mycket värme nätet kan hantera från inmatningspunkten

ANNEX II: SDH Online-Calculator

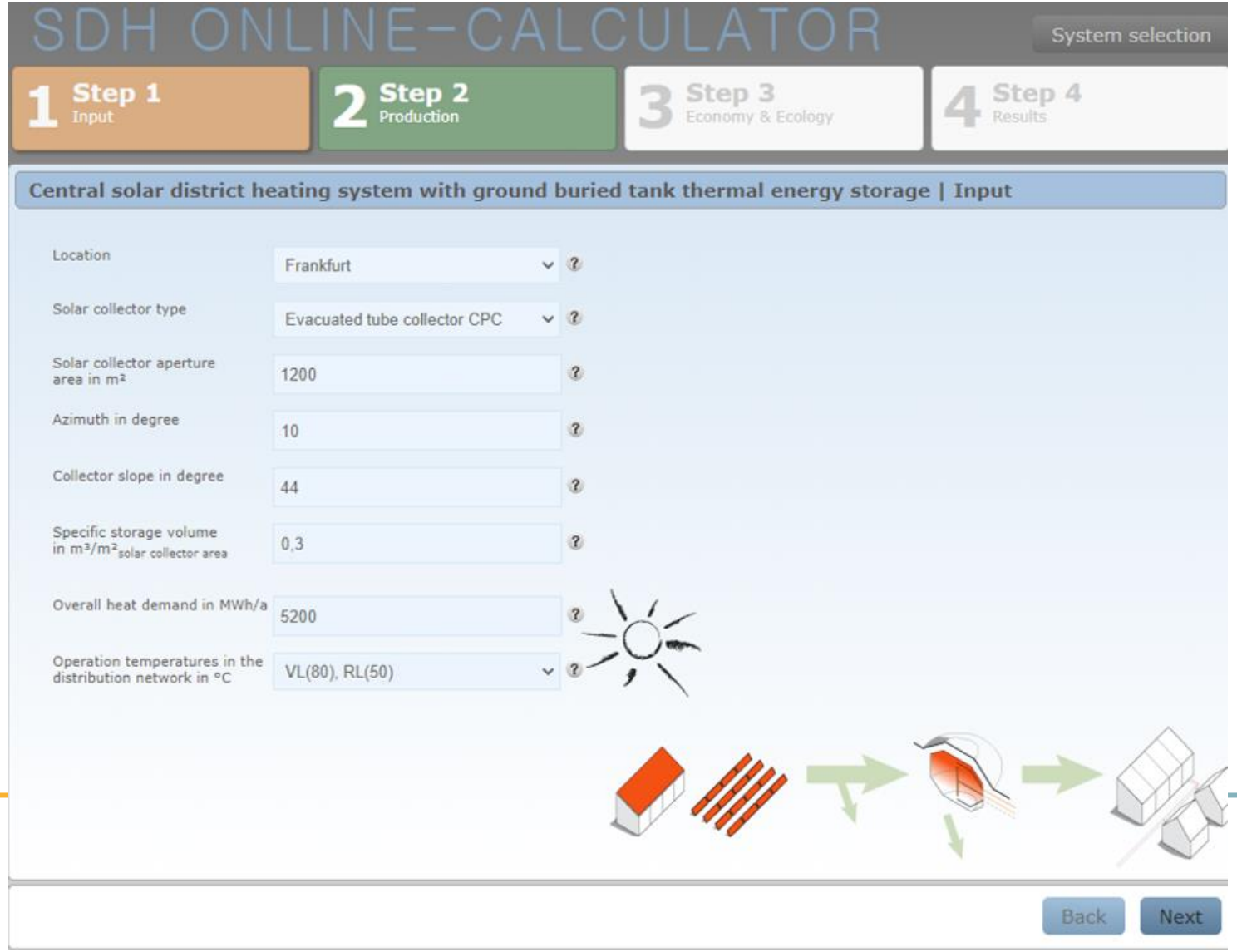
http://www.sdh-online.solites.de/?lang=en-US



- Ett kostnadsfritt program för att räkna på solvärmebaserade fjärrvärmesystem
- Framtaget av tyska fjärrvärmeföreningen AGFW och Solites.

SDH Online-Calculator

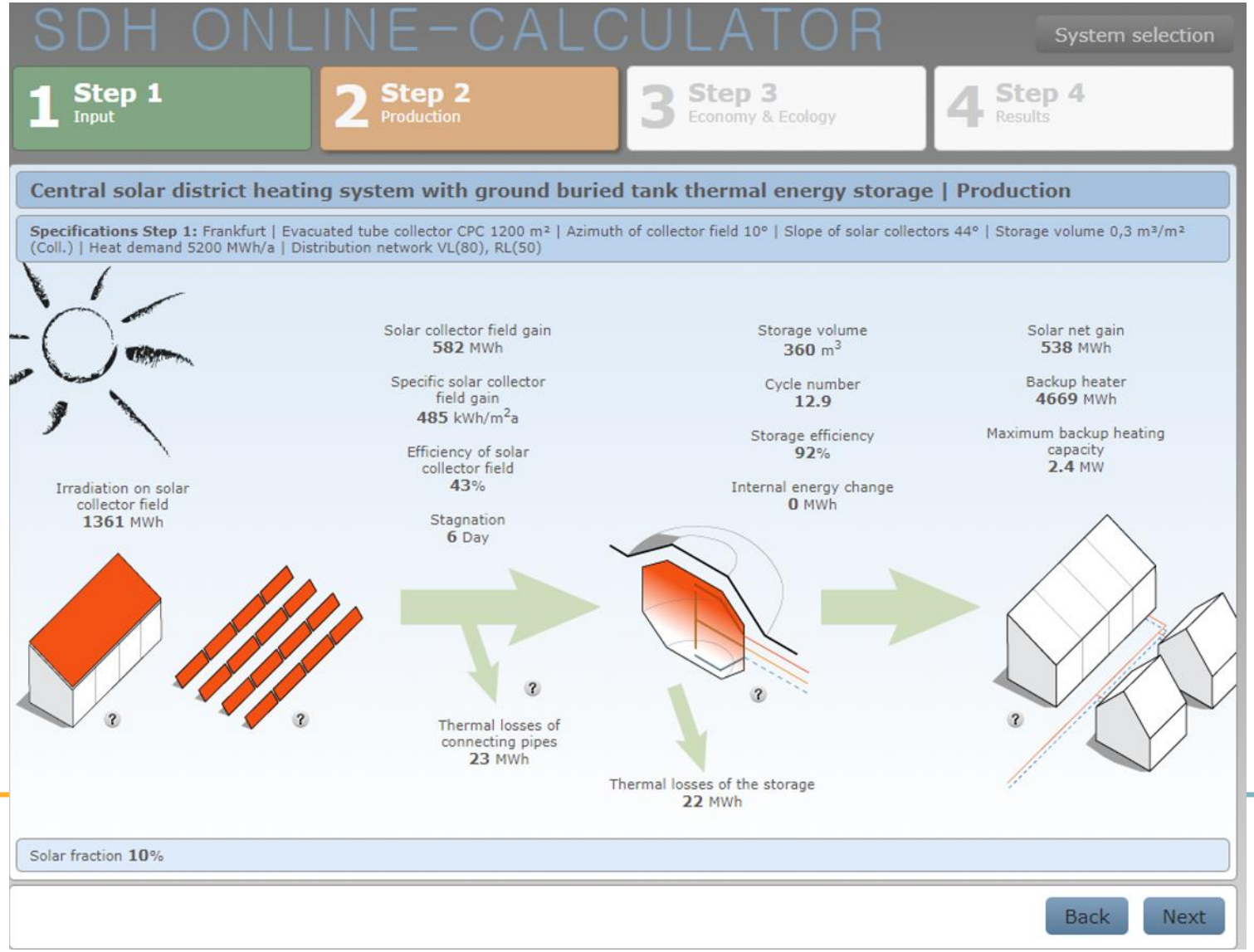
http://www.sdh-online.solites.de/?lang=en-US



- Exempel på vilken in-data som ska fyllas I för beräkning av dimensionering

SDH Online-Calculator

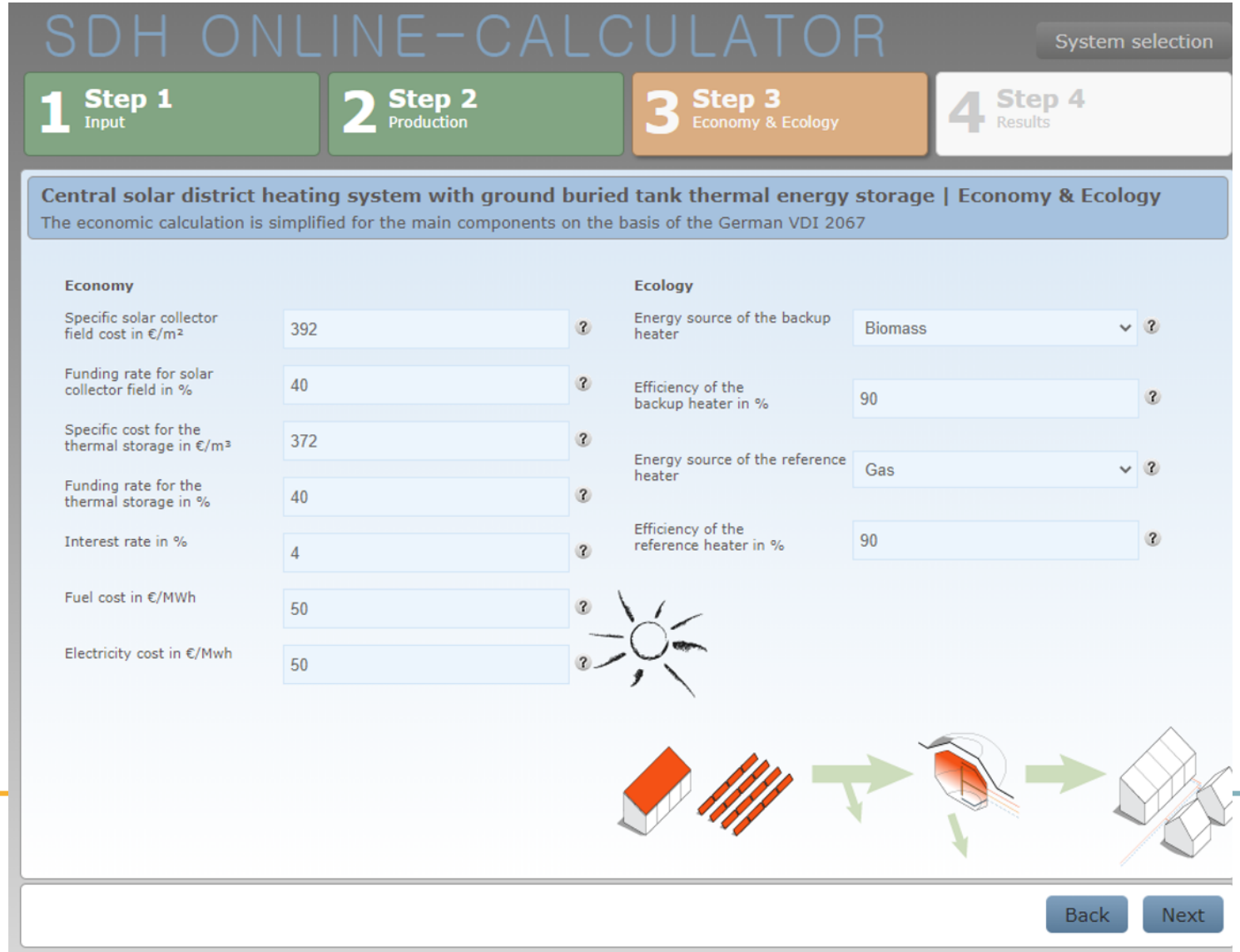
http://www.sdh-online.solites.de/?lang=en-US



- Exempel på resultat

SDH Online-Calculator

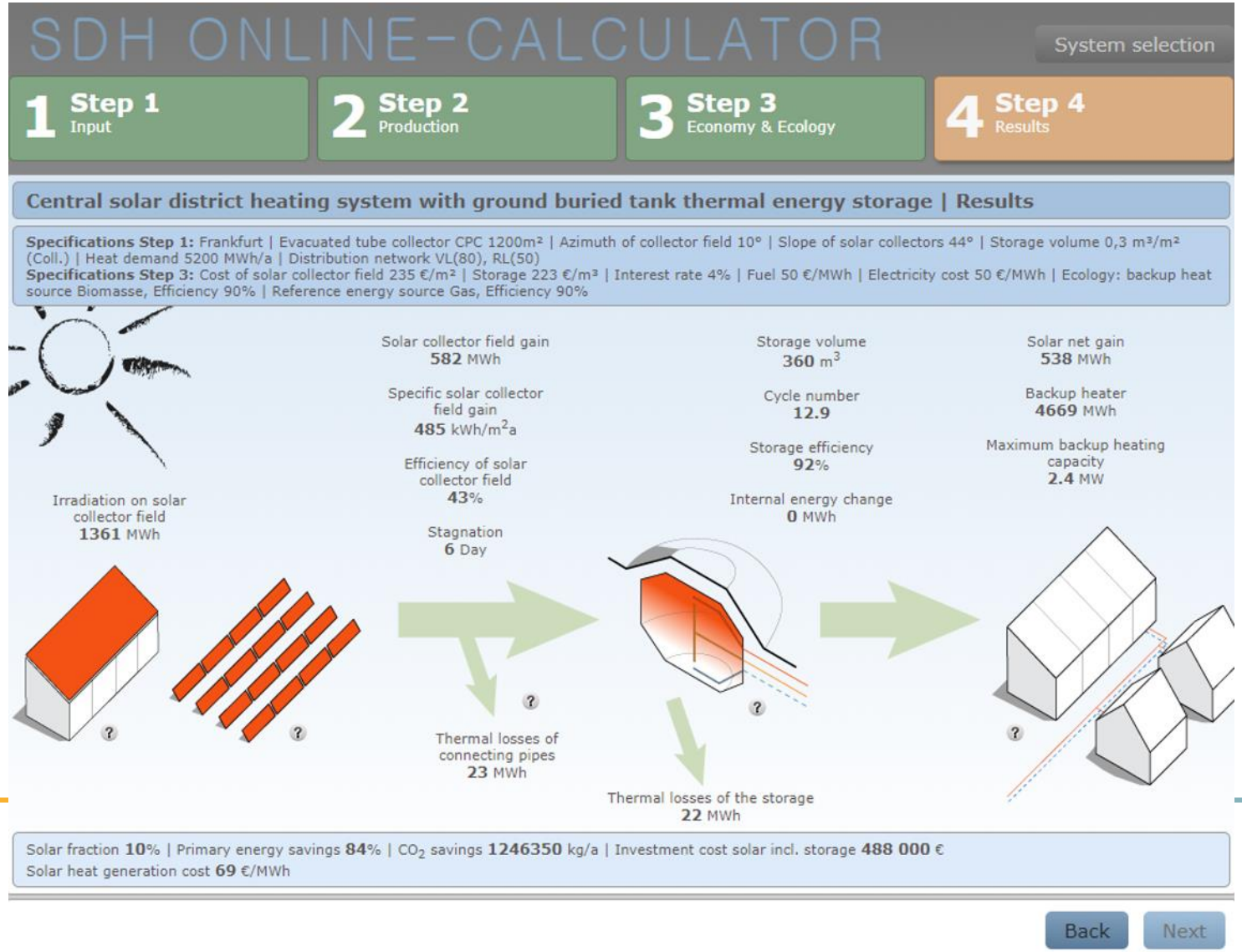
http://www.sdh-online.solites.de/?lang=en-US



- Exempel på vilken in-data som ska fyllas I för kostnads- och miljöberäkning

SDH Online-Calculator

http://www.sdh-online.solites.de/?lang=en-US



- Exempel på resultat

Referenser

- [1] Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme (2017): planning manual District heating
- [2] Metenorm 2008: MeteoTest, Bern.
- [3] Ritter XL Solar. https://www.ritter-xl-solar.de/anwendungen/solare-fernwaerme/
- [4] LowTEMP Project. Copyright Stefan Simonides.
- [5] Sunpower. https://www.sunpower-solar.com & baunetz_wissen. https://www.baunetzwissen.de/glossar/h/heat-pipe-prinzip-674868. Adjusted by AGFW-project GmbH
- [6] Solites. https://www.solites.de/
- [7] Ritter-XL-Solar. https://www.ritter-xl-solar.de/
- [8] Viessmann Werke. www.viessmann.com
- [9] Solarwärme (2014). Translated & adjusted by AGFW Project-GmbH
- [10] Frank Tebbe: http://www.paradigma-tebbe-gmbh.de/solar.htm
- [11] Volker Quaschning: https://www.volker-quaschning.de/articles/fundamentals4/index.php
- [12] Frank, E., Mauthner, F., & Fischer, S. (2015). Overheating prevention and stagnation handling in solar process heat applications. *International Energy Agency-Solar Heating and Cooling Task*, *49*.
- [13] Solar District Heating (SDH) (2012). Solar district heating guidelines – Collection of fact sheets WP3-D3.1 & D.3.2. Page 2-5 Fact sheet 6.2)

Översättning och anpassning

Sustainable Business Hub
Nordenskiöldsgatan 24
211 59 Malmö
Sweden

E-mail: communication@sbhub.se

www.sbhub.se
www.lowtemp.eu