

# Solarwärmetagung Swissolar 2021 Hedingen





**GUNEP** GmbH  
Holzenergiezentrum  
Dürmetweg 2  
4457 Diegten



**GUNEP** GmbH  
Bernfeldweg 32  
3303 Jegenstorf



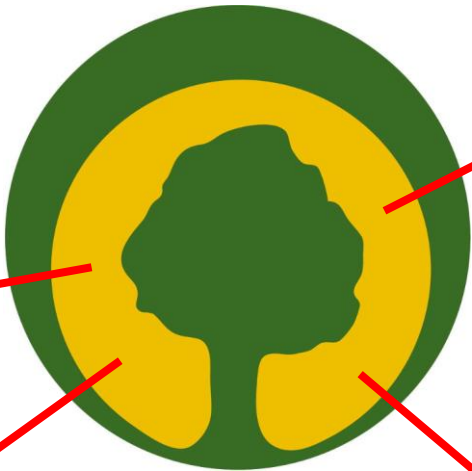
Minergie-A  
BE 050



Planung von Holzwärmeversorgungen



Wer ist GUNEP GmbH



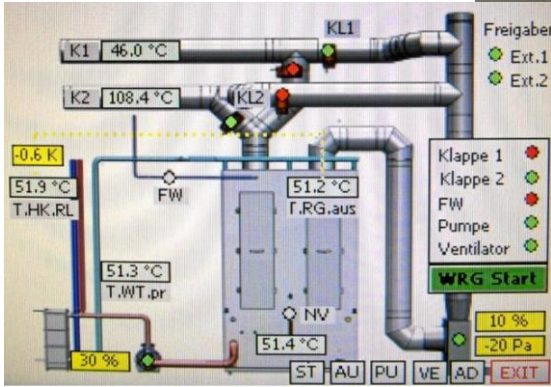
Solarthermieanlagen



Solarstromanlagen



Kondensationsanlagen  
von Holzfeuerungen



# Solarenergie

**Passive  
Nutzung**

**Technische  
Nutzung**

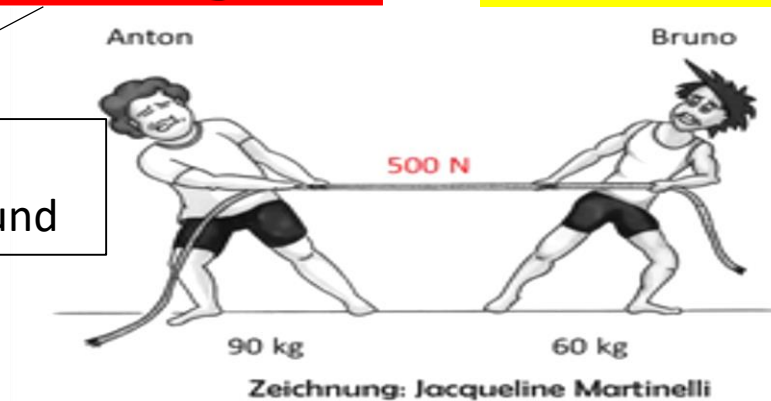
**Direkte  
Nutzung**

**Thermische  
Nutzung**

**Elektrische  
Nutzung**

**Prozesstechnische  
Nutzung**

In Verbindung mit  
einem Wärmeverbund



Ausgangslage: thermische Nutzung

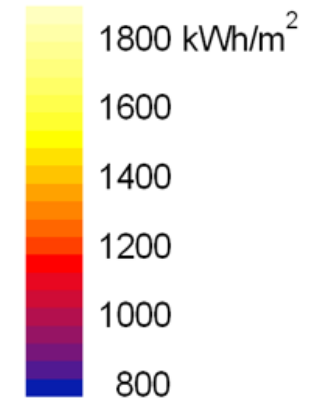
Wirkungsgrade bis über 80 %  
der Einstrahlungsenergie. Reale  
Jahresnutzung bis 60 %, d.h. ca.  
**600 kWh/m<sup>2</sup>\*a**

elektrische Nutzung

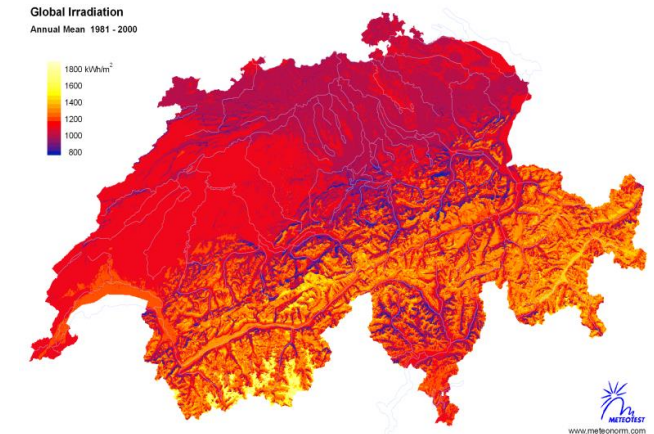
Wirkungsgrade bis 20 %  
der Einstrahlungsenergie.  
Reale Jahresnutzung bis  
**200 kWh/m<sup>2</sup>\*a**

## Global Irradiation

Annual Mean 1981 - 2000

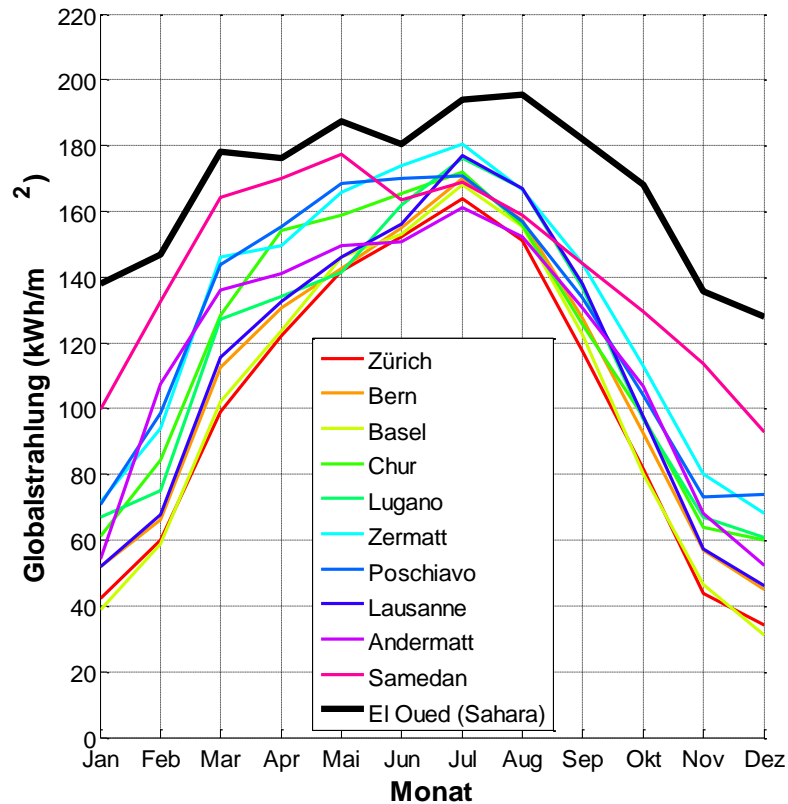


Global Irradiation  
Annual Mean 1981 - 2000

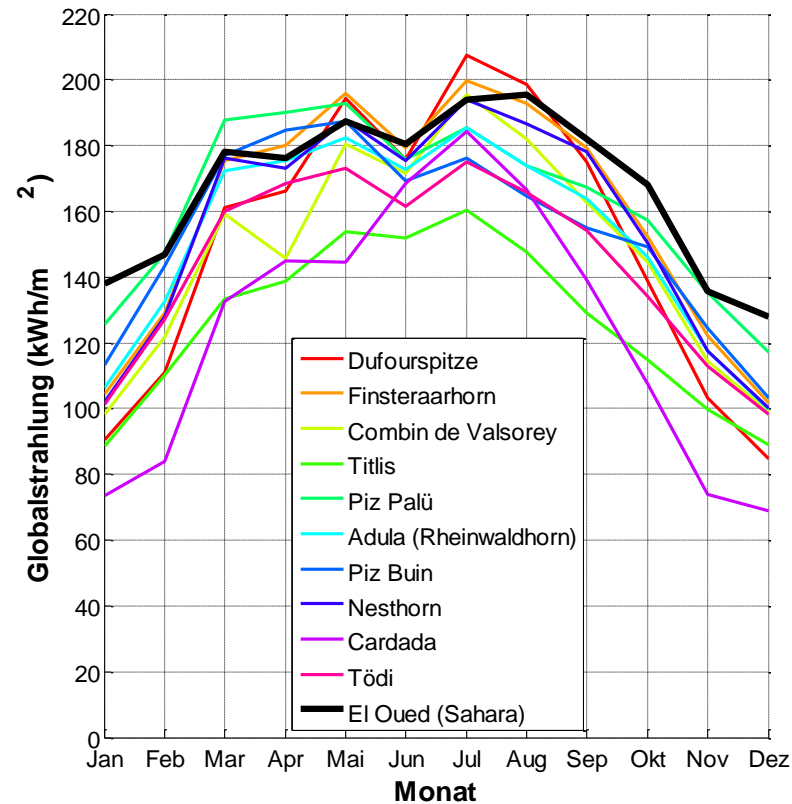


## Monatliche Globalstrahlung

Monatliche Sonneneinstrahlung (Städte)



Monatliche Sonneneinstrahlung (Berge)



Ausgangslage: thermische Nutzung

elektrische Nutzung

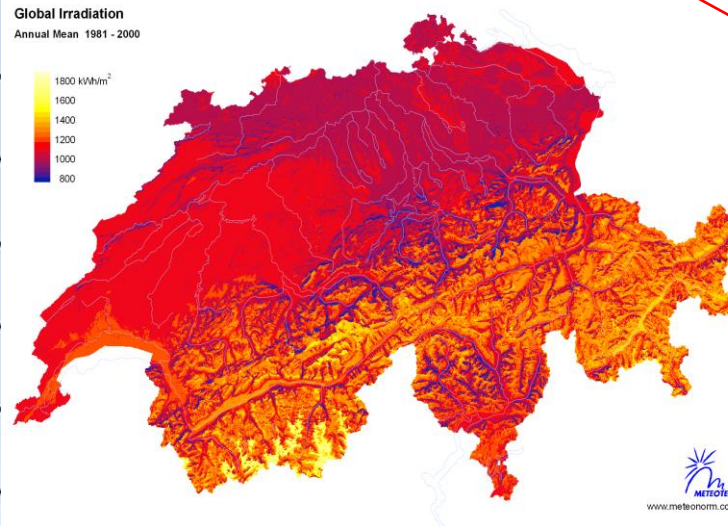
Wirkungsgrade bis über 80 %  
der Einstrahlungsenergie. Reale  
Jahresnutzung bis 60 %, d.h. ca.  
**600 kWh/m<sup>2</sup>\*a**

Wirkungsgrade bis 20 %  
der Einstrahlungsenergie.  
Reale Jahresnutzung bis  
**200 kWh/m<sup>2</sup>\*a**

Monatserträge in kWh je m<sup>2</sup> Kollektorfläche bei unterschiedlichen Arbeitstemperaturen

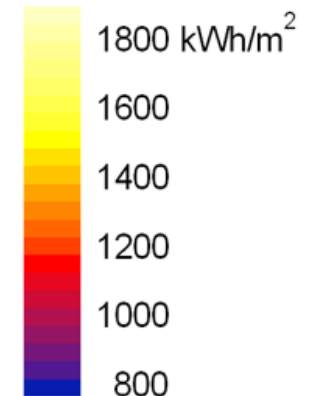
Koll. Temp.	Jan kWh/m <sup>2</sup>	Feb kWh/m <sup>2</sup>	Mrz kWh/m <sup>2</sup>	Apr kWh/m <sup>2</sup>	Mai kWh/m <sup>2</sup>	Jun kWh/m <sup>2</sup>	Jul kWh/m <sup>2</sup>	Aug kWh/m <sup>2</sup>	Sep kWh/m <sup>2</sup>	Okt kWh/m <sup>2</sup>	Nov kWh/m <sup>2</sup>	Dez kWh/m <sup>2</sup>	Jahr kWh/m <sup>2</sup>
10°C	31	49							86	57	35	24	866
20°C	26	43							76	48	28	20	752
30°C	22	38							67	41	24	17	652
40°C	18	33							58	35	19	14	564
50°C	15	28							50	29	16	11	483
60°C	24	24							43	24	12	8	409
80°C	6	16	20	31	33	31	41	44	30	16	7	4	280

Mittlere Kolleortemp.



## Global Irradiation

Annual Mean 1981 - 2000



Quelle: SPF



## Ausgangslage: Wo stehen wir?

### Musterbeispiel Dänemark im Vergleich zur Schweiz

Die Schweiz ist noch nirgends!

1	SDH Plant database – Solar District Heating						
2	Plant	Operation	Owner	Country	City	Apert. area in m2	Capacity in kWth
3	Silkeborg	2016	Silkeborg Forsyning	Denmark	Silkeborg	156 694	110 000
4	Vojens	2012	Vojens Fjernvarme	Denmark	Vojens	70 000	49 000
5	Gram	2009	Gram Fjernvarme	Denmark	Gram	44 836	31 385
6	Dronninglund	2014	Dronninglund Fjernvarme	Denmark	Dronninglund	37 573	26 300
7	Marstal	1996	Marstal Fjernvarme	Denmark	Marstal	33 300	23 300
8	Gråsten	2012	Gråsten Fjernvarme	Denmark	Gråsten	30 206	21 144
9	Ringkøbing	2010	Ringkøbing Fjernvarmeværk	Denmark	Ringkøbing	30 000	21 000
10	Brønderslev	2016	Brønderslev Forsyning	Denmark	Brønderslev	26 929	19 000
11	Toftlund	2013	Toftlund Fjernvarme	Denmark	Toftlund	26 000	18 200
12	Aalestrup	2016	Aalestrup-Nørager Energi	Denmark	Aalestrup	24 129	16 900
13	Helsingør	2012	Helsingør Fjernvarme	Denmark	Helsingør	22 831	16 000
14	Hjallerup	2015	Hjallerup Fjernvarme	Denmark	Hjallerup	21 546	15 082
15	Vildbjerg	2014	Vildbjerg Tekniske Værker	Denmark	Vildbjerg	21 244	14 900
16	Hadsund	2015	Hadsund Bys Fjernvarmeværk	Denmark	Hadsund	20 513	14 360
17	Nykøbing Sjælland	2014	Nykøbing Sj. Varmeværk	Denmark	Nykøbing Sjælland	20 084	14 000
18	Øster Tønder	2016	Øster Tønder Varmeværk	Denmark	Nykøbing Falster	20 000	14 000
19	Brædstrup	2007	Brædstrup Fjernvarme	Denmark	Brædstrup	18 612	13 027
20	Tarm	2013	Tarm Varmeværk	Denmark	Tarm	18 585	13 010
21	Aulum	2015	Aulum Fjernvarme	Denmark	Aulum	16 015	11 200
22	Hundested	2015	Hundested Varmeværk	Denmark	Hundested	15 876	11 113
23	Tønder	2009	Tønder Kraftvarmeværk	Denmark	Tønder	15 800	11 000
24	Løgstrup	2014	Løgstrup Fjernvarmeværk	Denmark	Løgstrup	15 500	10 300
25	Furø	2016	Furø Varmeværk	Denmark	Furø	15 400	10 800
26	Løgskloster	2015	Løgskloster Fjernvarme	Denmark	Løgskloster	15 276	10 700
27	Jotum	2015	Jotum Energi	Denmark	Pedrup	15 183	10 600
28	Jelling	2016	Jelling Varmeværk	Denmark	Jelling	15 000	10 500
29	Nykøbing Mors	2016	Nykøbing Mors Fjernvarmeværk	Denmark	Nykøbing Mors	15 000	10 500
30	Tommestrup	2016	Tommestrup Bys Fjernvarme	Denmark	Tommestrup	15 000	10 500
31	Løkken	2016	Løkken Varmeværk	Denmark	Løkken	14 318	10 443
32	Oksebo	2010	Oksebo Varmeværk	Denmark	Oksebo	14 745	10 000
33	Steges	2016	Steges Fjernvarme	Denmark	Steges	14 500	9 850
34	Østervang	2015	Østervang Sjælland	Denmark	Roskilde	14 112	9 880

196 Anlagren > 1000 m2 > 700 kWth

Schweiz: 4 Anlagren, tot. 4929 m2

Zubau total im 2020 = 32'000 m2



# World's largest solar district heating plant with concentrating collectors

Submitted by Baerbel Epp on September 25, 2020

The installation in Baotou consists of two fields of parabolic trough collectors, a 22,000 m<sup>2</sup> rooftop field on XuChen's factory hall next to the company's headquarters and a 71,000 m<sup>2</sup> system put up at ground level. The 93,000 m<sup>2</sup> (65 MW<sub>th</sub>) SDH plant is the world's second-largest after Denmark's Silkeborg (110 MW<sub>th</sub>) installation but the biggest using concentrating collectors. It provides 500,000 m<sup>2</sup> of residential buildings, buildings in a neighbouring industrial zone and a shopping mall with solar heat.



Aperture area of ground-mounted parabolic trough solar field	71,000 m <sup>2</sup>
Aperture area of rooftop parabolic troughs	22,000 m <sup>2</sup>
In operation since	October 2016 (ground-mounted field) and June 2017 (entire SDH plant)
Heat transfer medium	Thermal oil
Solar circuit temperature	220 °C
Total tank volume for both solar fields	66,000 m <sup>3</sup>
Type of storage	14 steel tanks
Maximum tank water temperature	95 °C
Floor space heated by SDH system	500,000 m <sup>2</sup> (residential buildings, buildings in neighbouring industrial zone and shopping mall)
Estimated annual solar yield	83 million kWh
Specific solar yield	887 kWh/m <sup>2</sup> of aperture area
Backup system	Gas and electric boilers
Solar plant operator	XuChen Energy
Total amount invested in solar fields, including storage, installation and heat network	RMB 0.55 billion (USD 81.05 million)
Specific investment costs per m2 of aperture area, including heat network	872 USD/m <sup>2</sup>
CAPEX funded by	regional government (100 % funding)

Technical and financial data on the SDH plant in Baotou. Source: XuCheng



# World's largest solar district heating plant with concentrating collectors

Submitted by Baerbel Epp on September 25, 2020

## Faktenlage:

Kollektorfläche: 93'000 m<sup>2</sup> (9.3 ha)  
Feldfläche: geschätzt ca. 30 ha  
Energieertrag: 83'000 MWh  
Spez. Ertrag: 892 kWh/m<sup>2</sup>\*a  
Kosten: 872 USD / 800 CHF/m<sup>2</sup>  
Investment: 81.1 Mio USD / 74.6 Mio CHF  
Kapitalkosten: 5.491 Mio CHF/a (20 Jahre / 4 % Zins)  
Energiekosten: 6.6 Rp./kWh Kapitalaufwand  
Unterhalt: 1.0 Rp./kWh (1% der Investitionsk.)  
**Total: 7.6 Rp./kWh**  
Fragen: Land? Verteilkosten?  
Umsetzbar in Schweiz?



Aperture area of ground-mounted parabolic trough solar field	71,000 m <sup>2</sup>
Aperture area of rooftop parabolic troughs	22,000 m <sup>2</sup>
In operation since	October 2016 (ground-mounted field) and June 2017 (entire SDH plant)
Heat transfer medium	Thermal oil
Solar circuit temperature	220 °C
Total tank volume for both solar fields	66,000 m <sup>3</sup>
Type of storage	14 steel tanks
Maximum tank water temperature	95 °C
Floor space heated by SDH system	500,000 m <sup>2</sup> (residential buildings, buildings in neighbouring industrial zone and shopping mall)
Estimated annual solar yield	83 million kWh
Specific solar yield	887 kWh/m <sup>2</sup> of aperture area
Backup system	Gas and electric boilers
Solar plant operator	XuChen Energy
Total amount invested in solar fields, including storage, installation and heat network	RMB 0.55 billion (USD 81.05 million)
Specific investment costs per m <sup>2</sup> of aperture area, including heat network	872 USD/m <sup>2</sup>
CAPEX funded by	regional government (100 % funding)

Technical and financial data on the SDH plant in Baotou. Source: XuCheng



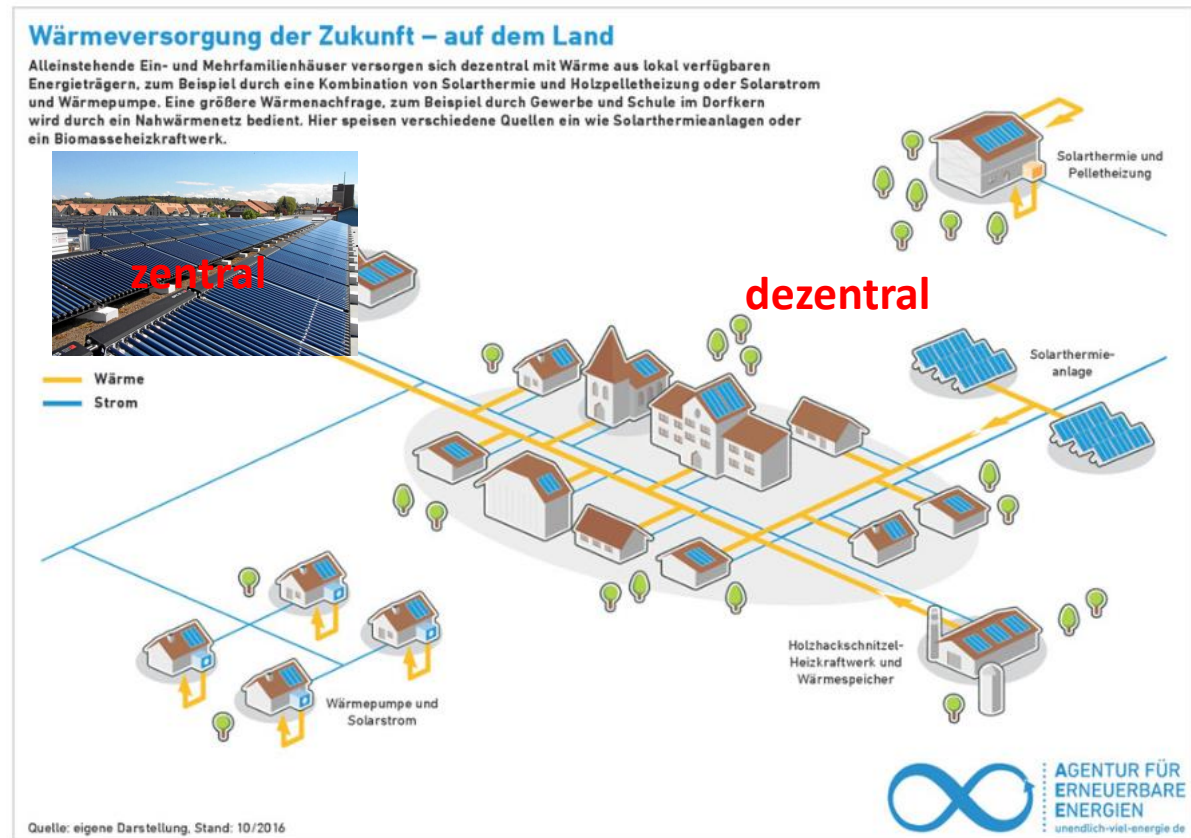
Entscheidungsfaktoren für  
dezentrale oder zentrale Kollektoranlagen

WV XY	Zentral	Dezentral
<b>Platz</b>		+
<b>Technik</b>	+	
<b>Kosten</b>	+	
<b>Machbarkeit Komplexität</b>	+	

Diese Beurteilungsskala gilt NICHT für Solarstromtechnik

Soll ein Wärmeverbund im Ganzjahresbetrieb oder ohne  
Sommerbetrieb betrieben werden?

WV XY	Zentrale Solaranlage	Dezentrale Solaranlage	Ohne Solar
Kleinverbund	<b>ja</b>	<b>nein</b>	<b>nein</b>
Grossverbund	<b>ja</b>	<b>nein</b>	<b>ja (nein)</b>



© Agentur für Erneuerbare Energien e.V. | eigene Darstellung Stand: 10/2016



# Wärmeverbund Melchnau 2012



**Kondensation**  
**Ertrag: 234'552 kWh/a**  
**313 Sm3/a**  
**111 fm3/a**

## Solaranlage Flachkollektoren

Fläche: 67.2 m2

Ertrag: 530 kWh/m2\*a

35`600 kWh/a



WZ Sonnenkollektoren							
Zeitstempel	Tage	kWh	m3	Zählerstand um 00:00 Uhr			
				kWh	m3		m3/MWh
08.02.2012	328	34099	1858	91706	5218		54.49
01.01.2013	424	33831	2055	125805	7076		60.74
01.03.2014	306	35697	2017.78	159636	9131		56.53
01.01.2015	365	37704	2097.77	195333	11148.78		55.64
01.01.2016	366	33278	1818.54	233037	13246.55		54.65
01.01.2017	365	38492	2026.87	266315	15065.09		52.66
01.01.2018	365	36105	1870.7	304807	17091.96		51.81
01.01.2019	365	7456	556.59	340912	18962.66		74.65
01.01.2020	285	34391	1927.21	348368	19519.25		56.04
<b>Total</b>	<b>3169</b>	<b>291053</b>					

WZ Biomasse							
Zeitstempel	Tage	kWh	m3	Zählerstand um 00:00 Uhr			
				kWh	m3		m3/MWh
01.01.2016	366	2825500	-634529.09	10306310	743275.39		-224.57
01.01.2017	365	2893730	369122.6	13131810	108746.3		127.56
01.01.2018	365	2291729	282803.77	16025541	477868.9		123.4
01.01.2019	365	2506530	386562.21	849350	126679.2		154.22
01.01.2020	285	1600590	324423.81	3355880	513241.41		202.69
<b>Total</b>	<b>1746</b>	<b>12118079</b>					

Zusammenfassung Jahre 2016/17/18/19/20			
<b>WZ Sonnenkollektoren</b>	<b>149'722 kWh</b>	<b>1%</b>	
<b>WZ Holzessel</b>	<b>12'118'079 kWh</b>	<b>90%</b>	
<b>WZ Kondensation</b>	<b>1'172'760 kWh</b>	<b>9%</b>	
<b>Total Energie</b>	<b>13'440'561 kWh</b>	<b>100%</b>	

WZ Kondensation							
Zeitstempel	Tage	kWh	m3	Zählerstand um 00:00 Uhr			
				kWh	m3		m3/MWh
08.02.2012	328	150820	29586	408830	77865		196.17
01.01.2013	424	266300	43357	559650	107451		162.81
01.03.2014	306	94150	20770.8	825950	150808		220.61
01.01.2015	365	182630	31713.6	920100	171578.8		173.65
01.01.2016	366	291800	52139.9	1102730	203292.4		178.68
01.01.2017	365	239420	66001.59	1394530	255432.3		275.67
01.01.2018	365	243700	63990.4	1633950	321433.89		262.58
01.01.2019	365	232990	69567.52	1877650	385424.29		298.59
01.01.2020	285	164850	51357.6	2110640	454991.81		311.54
<b>Total</b>	<b>3169</b>	<b>1866660</b>					

1172760 kWh



## Wärmeverbund Schüpfen WLS AG:

Gesamtleistung: 3.7 MW

Thermische Solaranlage Baujahr 2013

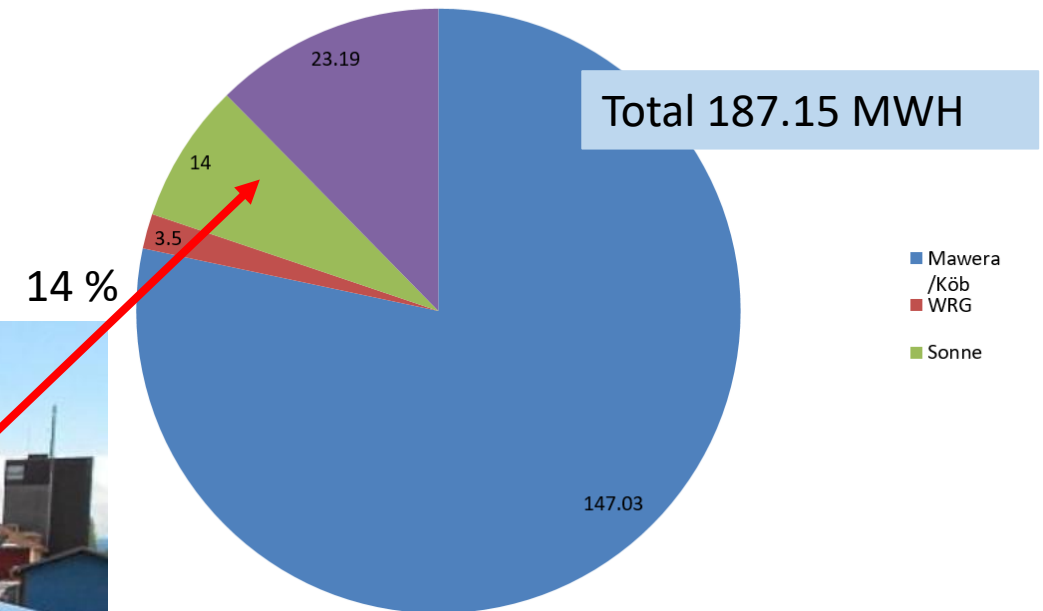
Solar-Kollektorfläche: **460 m<sup>2</sup> Vakuumröhren**

**Jahresertrag: 161'000 kWh/a**

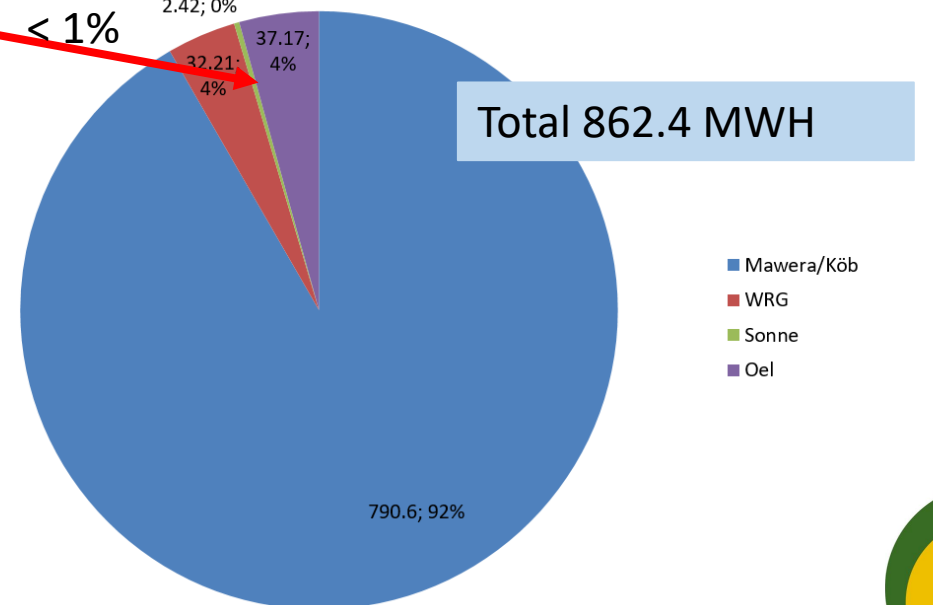
**Spez. Kollektorertrag: 350 kWh/m<sup>2</sup>\*a**



WLS Produktion in MWh, August 2014



WLS Produktion in MWh, November 2014



## Wärmeverbund Burggemeinde Pieterlen:

Gesamtleistung: 1. Etappe: 550 kW Holz + 700 kW Öl

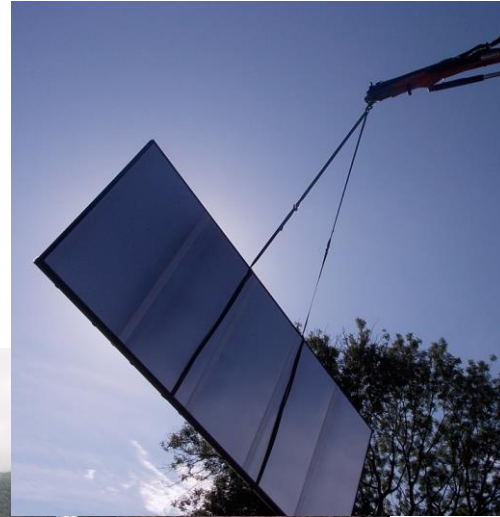
Thermische Solaranlage Baujahr 2016

**Solar-Kollektorfläche: 138 m<sup>2</sup>**

**Speichervolumen: 18'000 l (130 l/m<sup>2</sup>)**

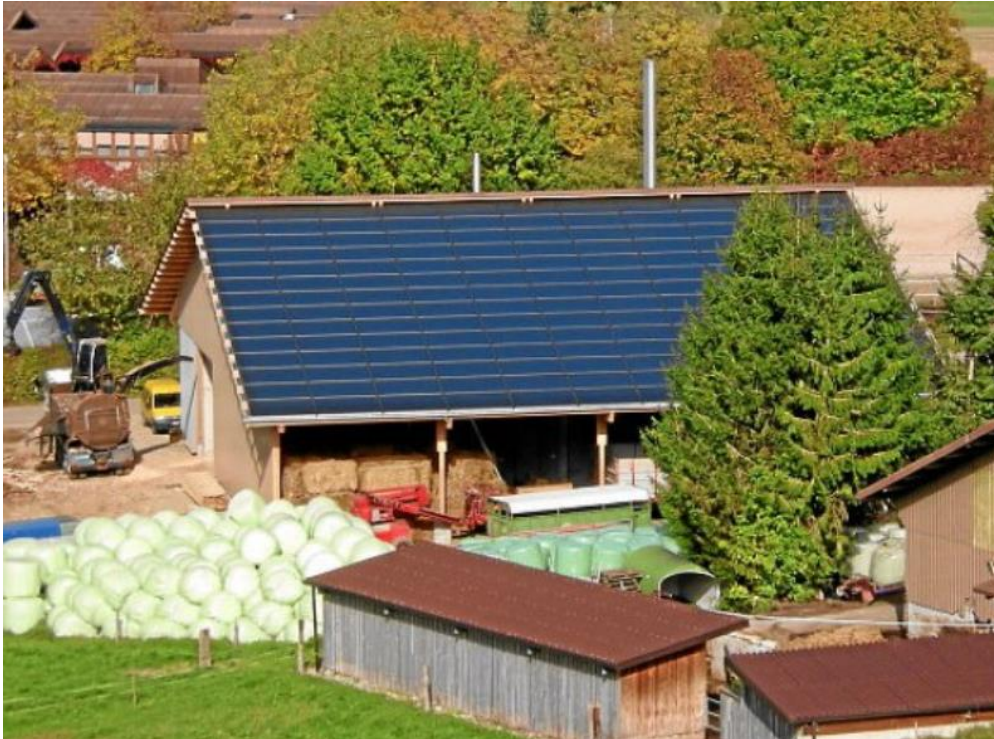
**Jahresertrag: 55 MWh/a**

**Spez. Kollektorertrag: 400 kWh/m<sup>2</sup>\*a**

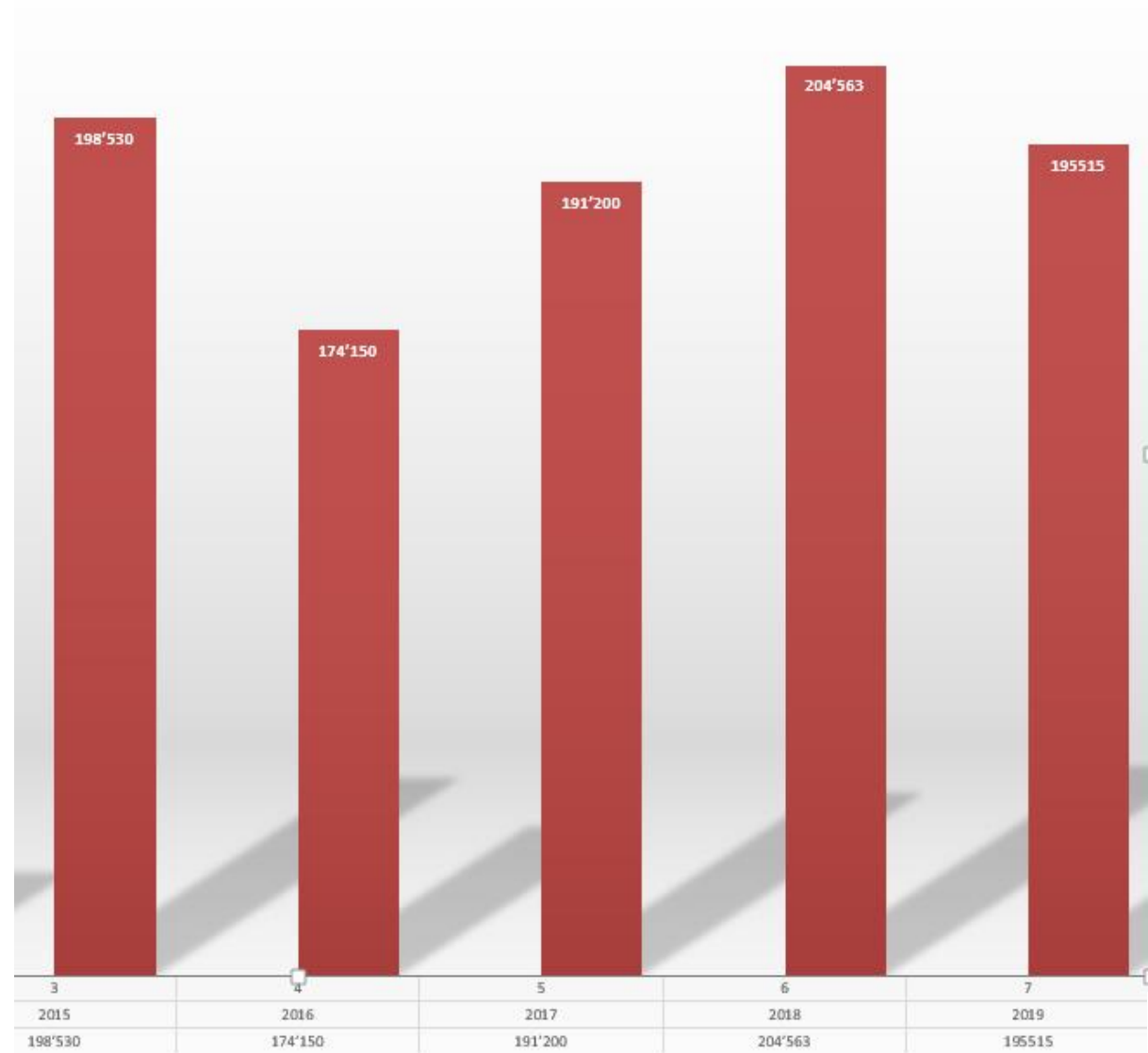


## Wärmeverbund Schwarzenburg

Installierte Leistung: 2.0 MW  
Solarfläche: 384 m<sup>2</sup> Flachkollektoren  
Solarertrag: über 500 kWh/m<sup>2</sup>\*a  
Gesamtenergie Solar: 192'000 kWh/a  
Solarer Deckungsgrad: ca. 5 %



## Jährlicher Solarertrag in kWh



# Wärmeverbund Wiedlisbach

Thermische Solaranlage

Baujahr 2018

Montageart: Indach

Solar-Kollektorfläche: **143 m²**

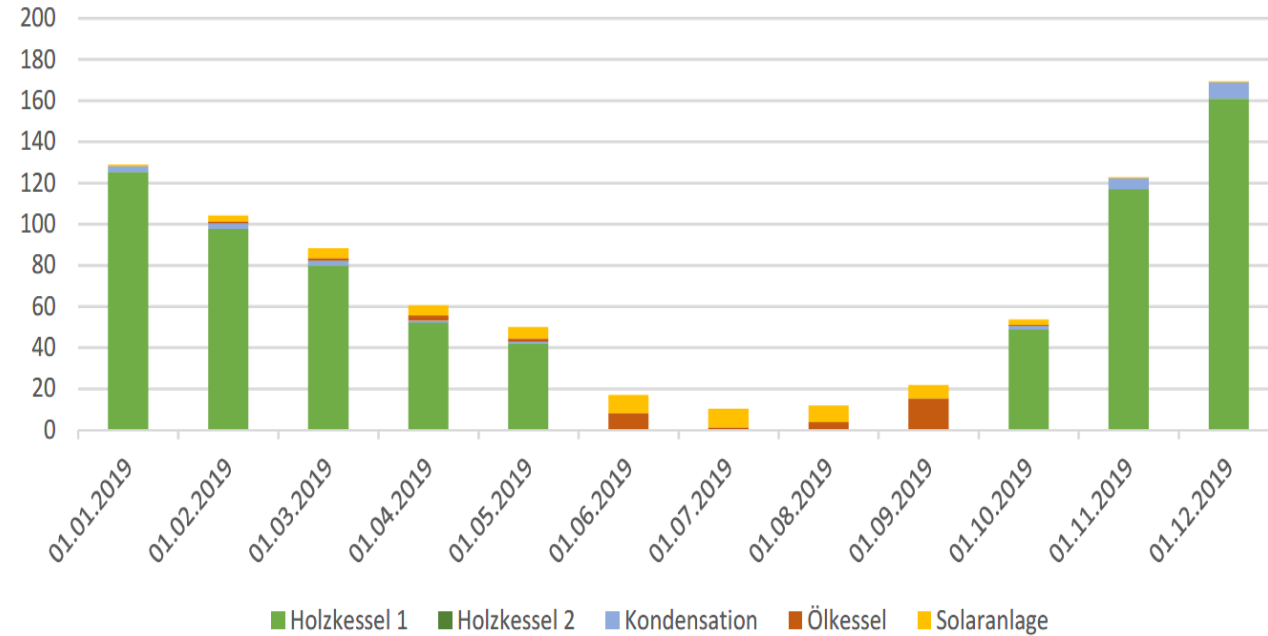
Flachkollektoren

370 kWh/m²\*a



WV BG Wiedlisbach

Energieerzeugung 2019



## Jahrezusammenfassung (Angaben in MWh)

Datum	Holzkessel 1		Holzkessel 2		Kondensation		Ölkessel		Solaranlage		Total
2018	195.140	97.6%	0.000	0.0%	3.260	1.6%	1.100	0.6%	0.480	0.2%	<b>199.980</b>
2019	723.440	86.4%	0.000	0.0%	25.430	3.0%	34.430	4.1%	54.120	6.5%	<b>837.420</b>
2020	498.580	69.6%	0.000	0.0%	34.520	4.8%	130.160	18.2%	53.160	7.4%	<b>716.420</b>



## Wärmeverbund Rohrbach AG:

Gesamtleistung: 900 kW Holz + 700 kW Öl

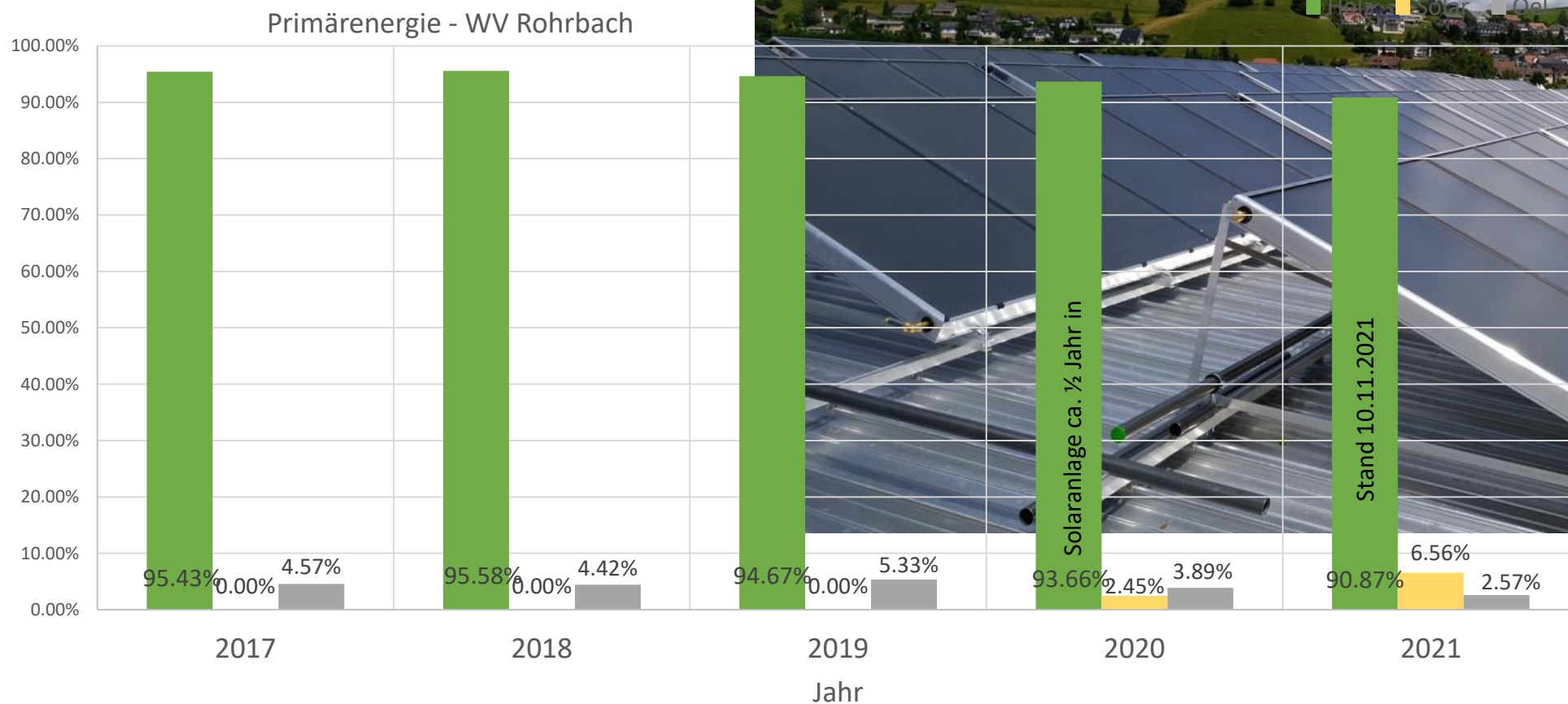
Thermische Solaranlage Baujahr 2020

Solar-Kollektorfläche: 288 m<sup>2</sup>

Jahresertrag 2021 ohne Nov/Dez: 105'159 kWh/a

Spez. Kollektorertrag: >365 kWh/m<sup>2</sup>\*a

Solarer Deckungsgrad: 6.5 %



## Wärmeverbund Rohrbach AG:

Gesamtleistung: 900 kW Holz +700 kW Öl

Thermische Solaranlage Baujahr 2020

**Solar-Kollektorfläche: 288 m<sup>2</sup>**

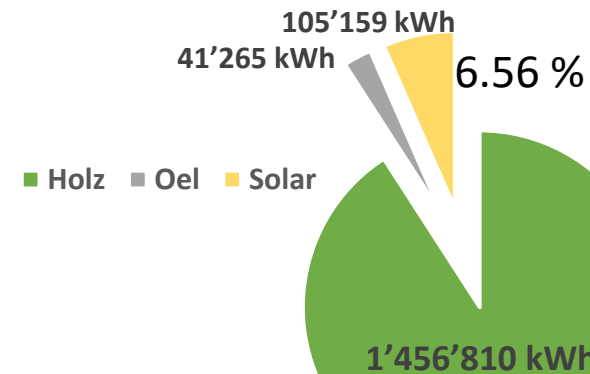
**Jahresertrag 2021 ohne Nov/Dez: 105'159 kWh/a**

**Spez. Kollektorertrag: > 365 kWh/m<sup>2</sup>\*a**

Wärmezähler	2017	2018	2019	2020	2021
					Stand 10.11.21
Netz	980'360 kWh	925'440 kWh	1'047'150 kWh	1'071'560 kWh	926'760 kWh
Total Strang Böziger	597'770 kWh	571'860 kWh	661'645 kWh	701'987 kWh	505'654 kWh
Total abgeführt	1'578'130 kWh	1'497'300 kWh	1'708'795 kWh	1'773'547 kWh	1'432'414 kWh
Holz	1'633'510 kWh	1'591'520 kWh	1'835'230 kWh	1'858'920 kWh	1'456'810 kWh
Oel Böziger	45'490 kWh	31'090 kWh	47'040 kWh	13'000 kWh	kWh
Oel 150kW	32'692 kWh	42'448 kWh	56'290 kWh	64'285 kWh	41'265 kWh
Oel	78'182 kWh	73'538 kWh	103'330 kWh	77'285 kWh	41'265 kWh
Solar	kWh	kWh	kWh	48'527 kWh	105'159 kWh
Total Erzeuger	1'711'692 kWh	1'665'058 kWh	1'938'560 kWh	1'984'732 kWh	1'603'234 kWh
WB Netz	663'550 kWh	822'691 kWh	930'691 kWh	963'050 kWh	814'899 kWh
WB Strang Böziger	597'770 kWh	571'860 kWh	661'645 kWh	701'987 kWh	505'654 kWh
WB Total	1'261'320 kWh	1'394'551 kWh	1'592'336 kWh	1'665'037 kWh	1'320'553 kWh
Wirkungsgrad Netz	67.68%	88.90%	88.88%	89.87%	87.93%
Wirkungsgrad Zentrale	92.20%	89.92%	88.15%	89.36%	89.35%
Wirkungsgrad Total	73.69%	83.75%	82.14%	83.89%	82.37%
Anteil Holz	95.43%	95.58%	94.67%	93.66%	90.87%
Anteil Oel	4.57%	4.42%	5.33%	3.89%	2.57%
Anteil Solar	0.00%	0.00%	0.00%	2.45%	6.56%

## Primärenergie 2021 - WV Rohrbach

Total 1'603'234 kWh



## Wärmeverbund Rohrbach AG:

Gesamtleistung: 900 kW Holz + 700 kW Öl

Thermische Solaranlage Baujahr 2020

Solar-Kollektorfläche: 288 m<sup>2</sup>

Jahresertrag 2021 ohne Nov/Dez: 105'159 kWh/a

Spez. Kollektorertrag: > 365 kWh/m<sup>2</sup>\*a

### Rentabilität:

Gesamtkosten:	CHF	188'000
Beiträge:	CHF	67'000
Nettoinvestition:	CHF	121'000

Kapitalkosten: CHF/a 8'905

4 % Zins 20 Jahre Amortisation

Unterhalt 1 % CHF 1'900

Betriebskosten: CHF 10'593

Techn. Wärmepreis Rp./kWh 10

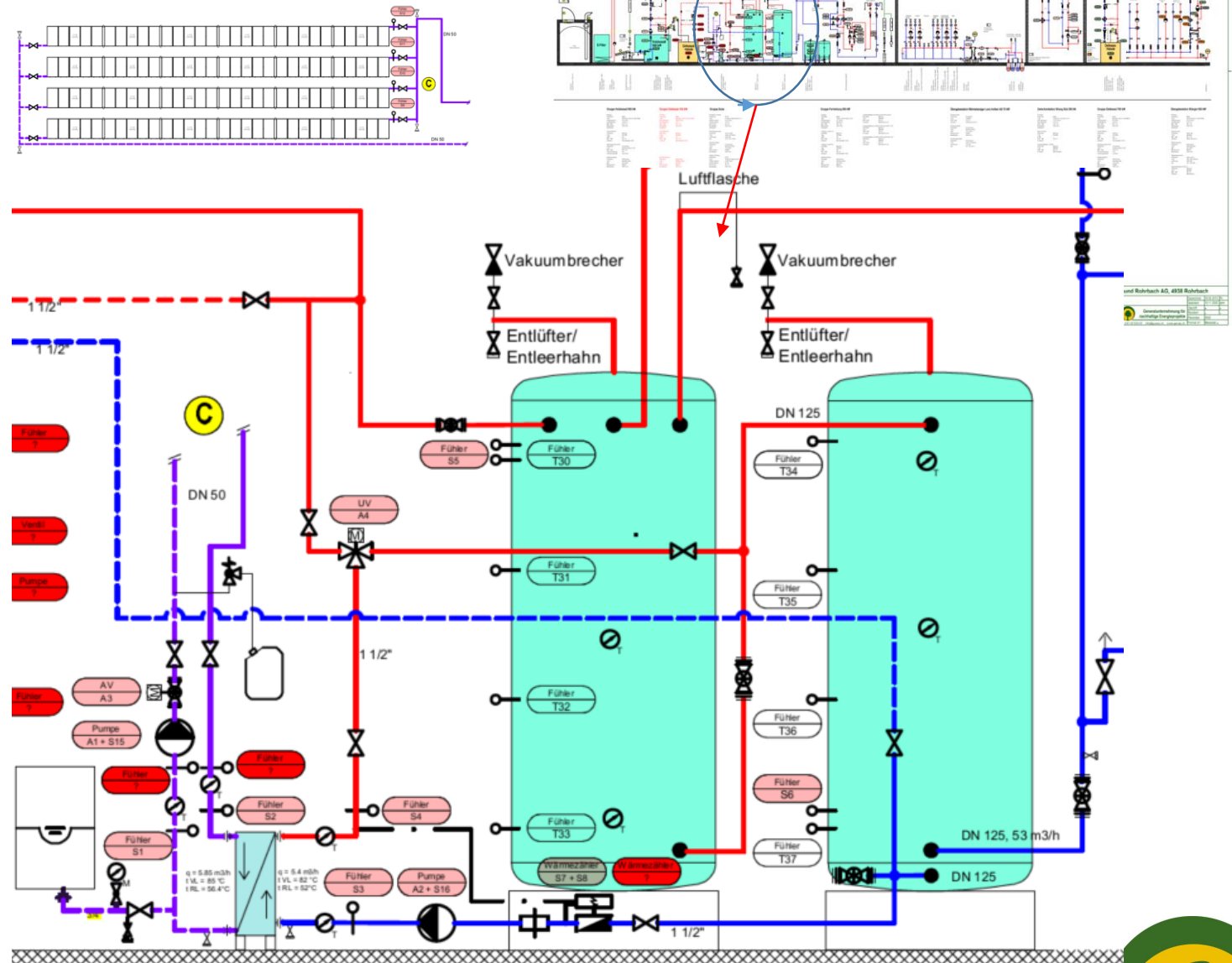
### Grenzen der Berechnung

Ohne Anteil an Verteilkosten

Ohne Fremdenergie

Mit 4 % Verzinsung

## Hydraulische Einbindung



## Zusammenfassung mit Fragen und Antworten aus der Praxis:

Was kostet eine thermische Solaranlage?

siehe kommende Darstellung in Fr./kWh

Füllung mit Wasser, Glykol oder Thermo-Öl?

Tendenziell mit ungiftigem Propylen-Glykol

Wasser: ....ja... aber (Frostschutz! / Temperierung)

Thermöl: Prozessanlagen

Flach- oder Röhrenkollektoren?

Langzeitstabilität, „einfache“ Technik,

Stillstandstemperaturen und Sicherungsmassnahmen

Wie viel m<sup>2</sup> Kollektorfläche bringe ich auf horizontale Flächen?

Faktor 1.5 bis 2.5 d.h. auf 1000 m<sup>2</sup> Fläche

haben ca. 400 m<sup>2</sup> bis 660 m<sup>2</sup> Kollektorfläche

in angeständerter Montageart Platz. (Neigungswinkel abhängig)

Auf schrägen Dachflächen ergeben sich bis 100 % Nutzung

Wie lange kann das Glykol belassen werden:

Ohne Überhitzungsschäden weit über 10 Jahre

Wie schützt man die Anlage bei Stillstand?  
Oder bei Ueberhitzungen

Temp. °C	Überdruck Pe in bar
100	0
120	1
150	4
200	15
215	20

Abhängig von der gewählten Technik >>Stillstandtemperaturen<<

Achtung: Flachkollektoren versus Vakuumröhren

Druckbeständigkeiten der Materialien beachten!!

Expansionsauslegung/Auffangbehälter

Allenfalls Luftkühler / Notstrom / Temperatur-Nutzungsbereich



# thermisch

# Solarenergie

# elektrisch

Die Kosten von Solarwärme als Richtgrößen

> 25 Rp./kWh kleinere Anlagen 2-10 m<sup>2</sup>

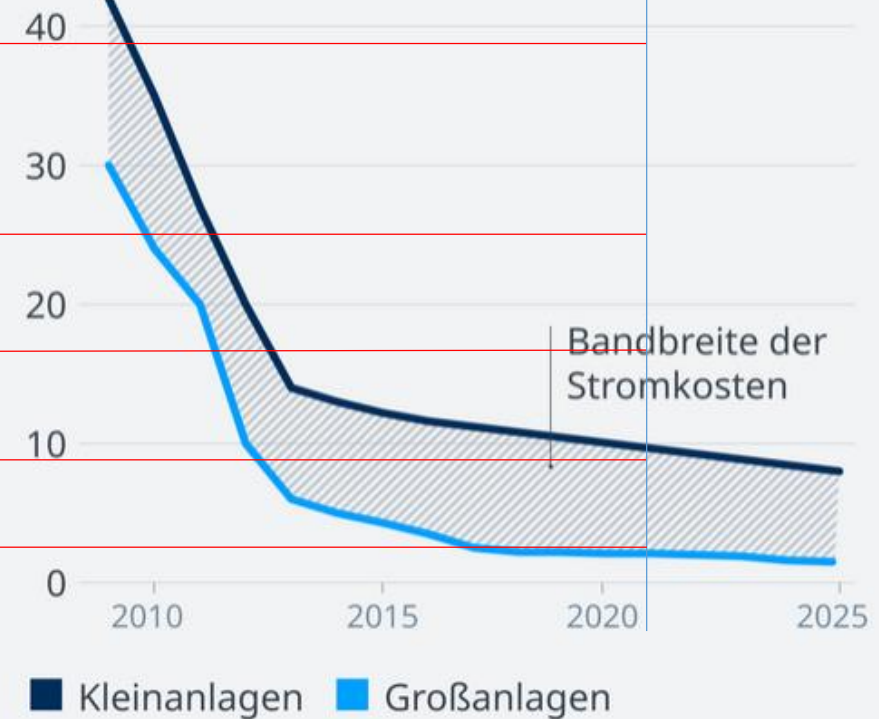
15 - 25 Rp./kWh mittlere Anlagen 10 -50 m<sup>2</sup>

8 - 17 Rp./kWh grössere Anlagen 50 – 500 m<sup>2</sup>

3 – 8 Rp./kWh Grossanlagen ab 500 bis x Tausend m<sup>2</sup>

## Die Kosten von Solarstrom

Entwicklung und Prognose (In Eurocent pro kWh)



Quelle: Fraunhofer ISE, IRENA, ETIP PV

©DW



Energiewende  
Beispiel Dorf Kirchberg  
Leistungsbedarf ca. 15 MW

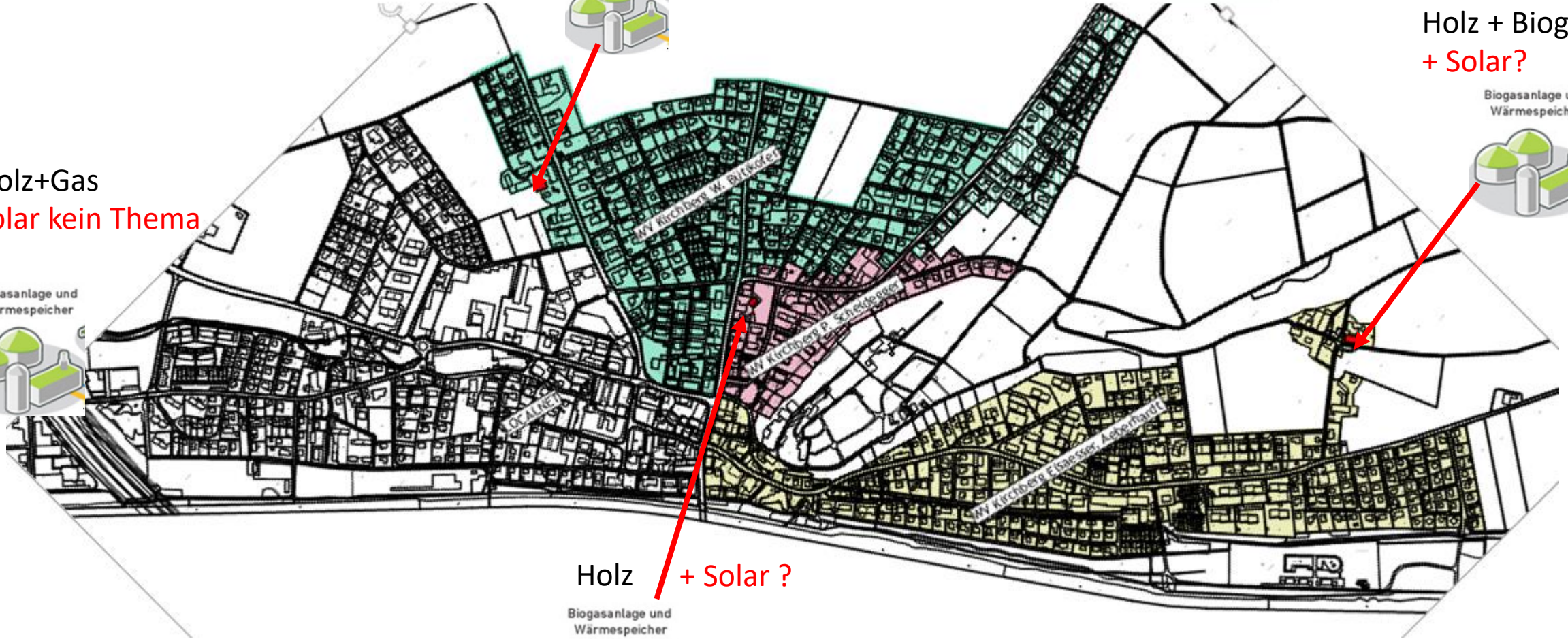
Holz+Gas  
Solar kein Thema

Holz + Solar + BHKW

Holz + Biogas  
+ Solar?



Holz + Solar ?



Sonnigen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Melchnau Zentrale 2, Gjuch,  
Kollektoren Schweizer-Hedingen

