



4,6 Mio. KrügerIn Bier mit der Kraft der Sonne

Christoph Brunner

AEE – Institute for Sustainable Technologies (AEE INTEC)
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19
AUSTRIA

Inhalte

- Grüner Brauerei Modell – Energieeffizienz und erneuerbare Energie
- Überblick über solare Prozessanlagen
- Solarbrew
 - **Schwerpunkt: Brauerei Goess, AT**
 - Brauerei Valencia, Spanien
 - Mälzerei Vialonga, Portugal
- Zusammenfassung und Ausblick



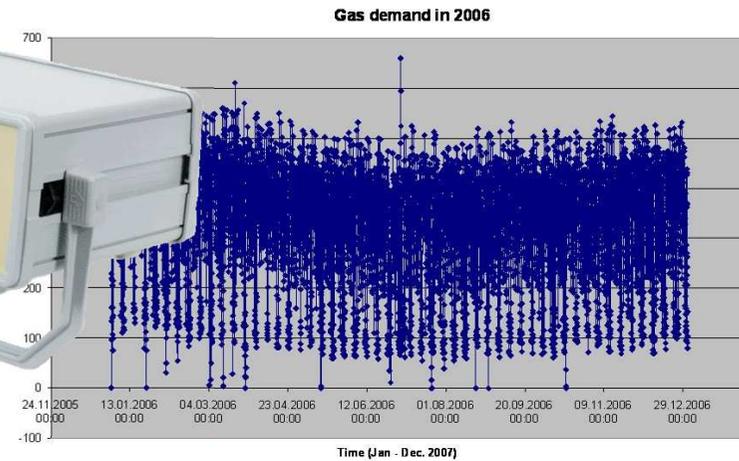
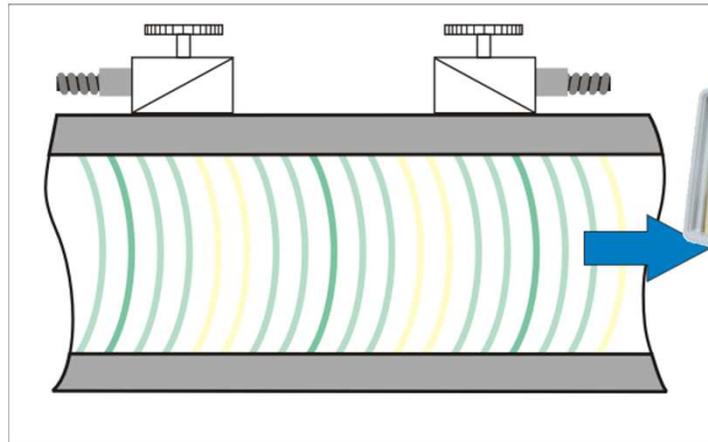


Schritte zur Energieeffizienz und zum Einsatz von erneuerbarer Energie

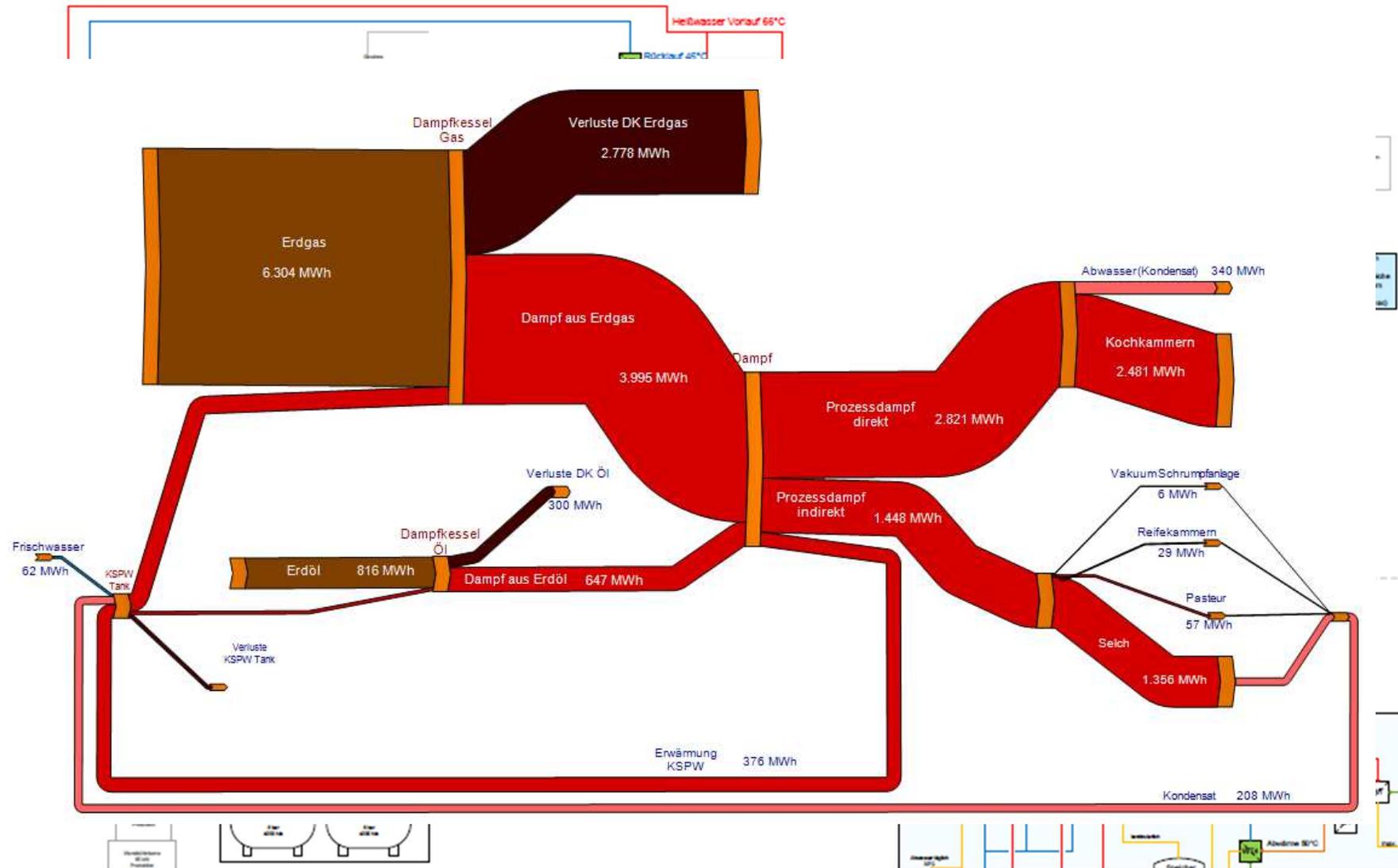
Status Quo

Erfassung und Messen der energierelevanten Daten, Massen- und Energiebilanz, Visualisierung der Produktionsprozesse mittels Flowsheet und Sankey Diagramm

Datenerfassung



Flow sheet und Sankey Diagramm





Schritte zur Energieeffizienz und zum Einsatz von erneuerbarer Energie

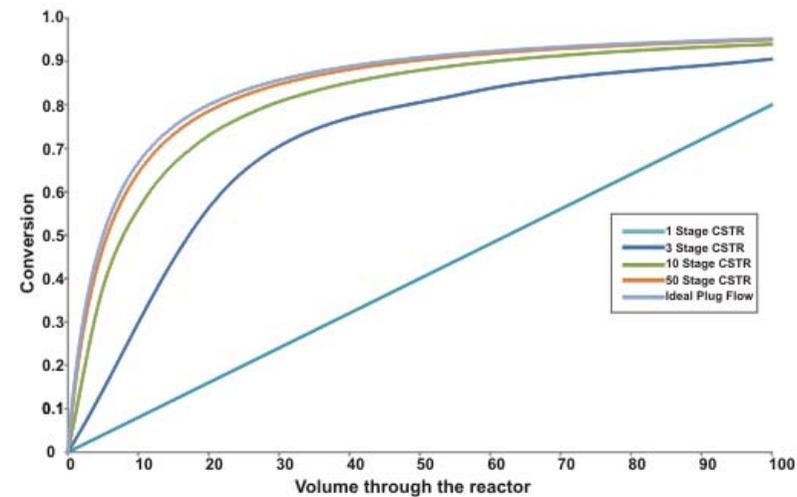
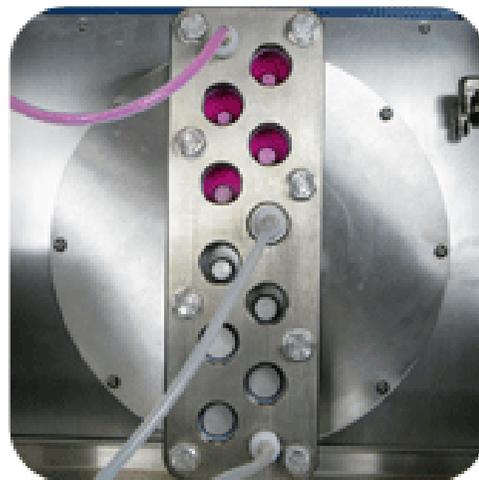
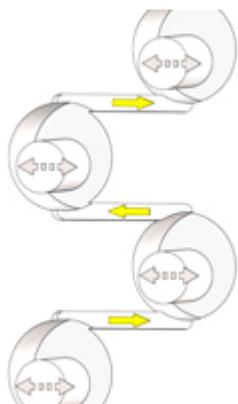
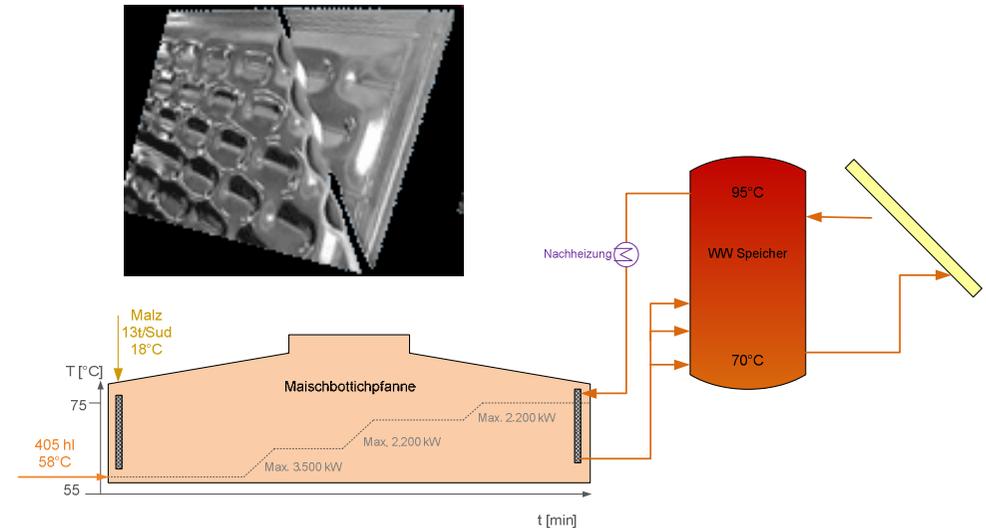
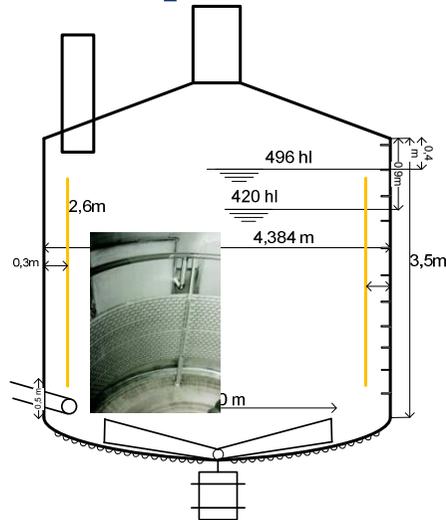
Status Quo

Erfassung und Messen der energierelevanten Daten, Massen und Energiebilanz, Visualisierung der Produktionsprozesse mittels Flowsheet und Sankey Diagramm

Technologische Optimierung

Verwendung der Energie effizientesten Prozesstechnologie, Optimierter Massen und Wärmetransport, Verminderung der Versorgungstemperatur

Beispiele zur technologischen Optimierung





Schritte zur Energieeffizienz und zum Einsatz von erneuerbarer Energie

Status Quo

Erfassung und Messen der energierelevanten Daten, Massen und Energiebilanz, Visualisierung der Produktionsprozesse mittels Flowsheet und Sankey Diagramm

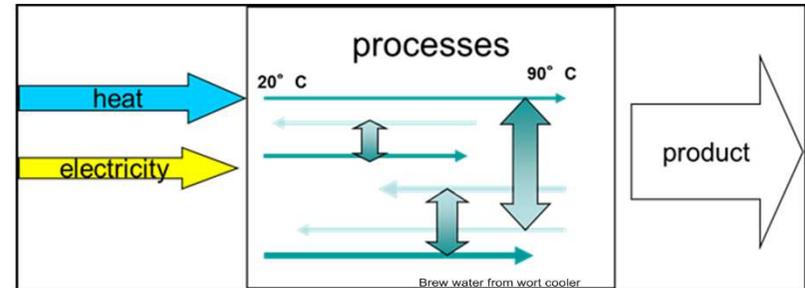
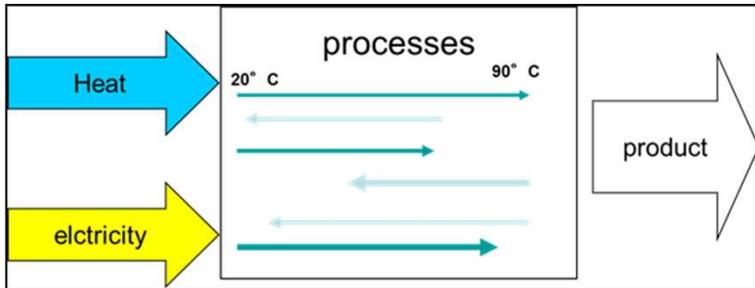
Technologische Optimierung

Verwendung der Energie effizientesten Prozesstechnologie, Optimierter Massen und Wärmetransport, Verminderung der Versorgungstemperatur

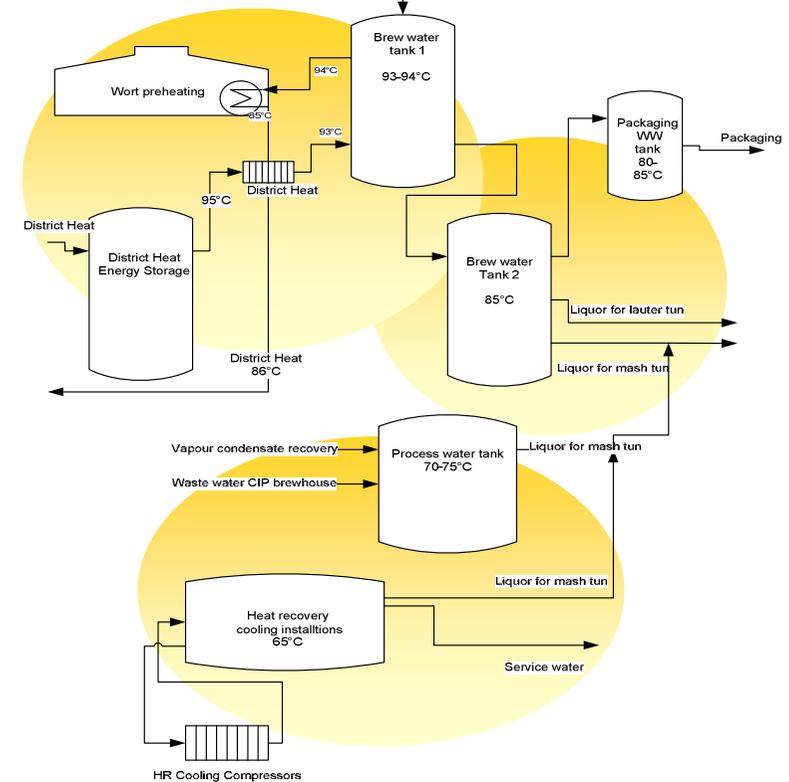
Systemoptimierung

Wärmeintegration, Wärmerückgewinnung, Pinch Analyse, Speichermanagement

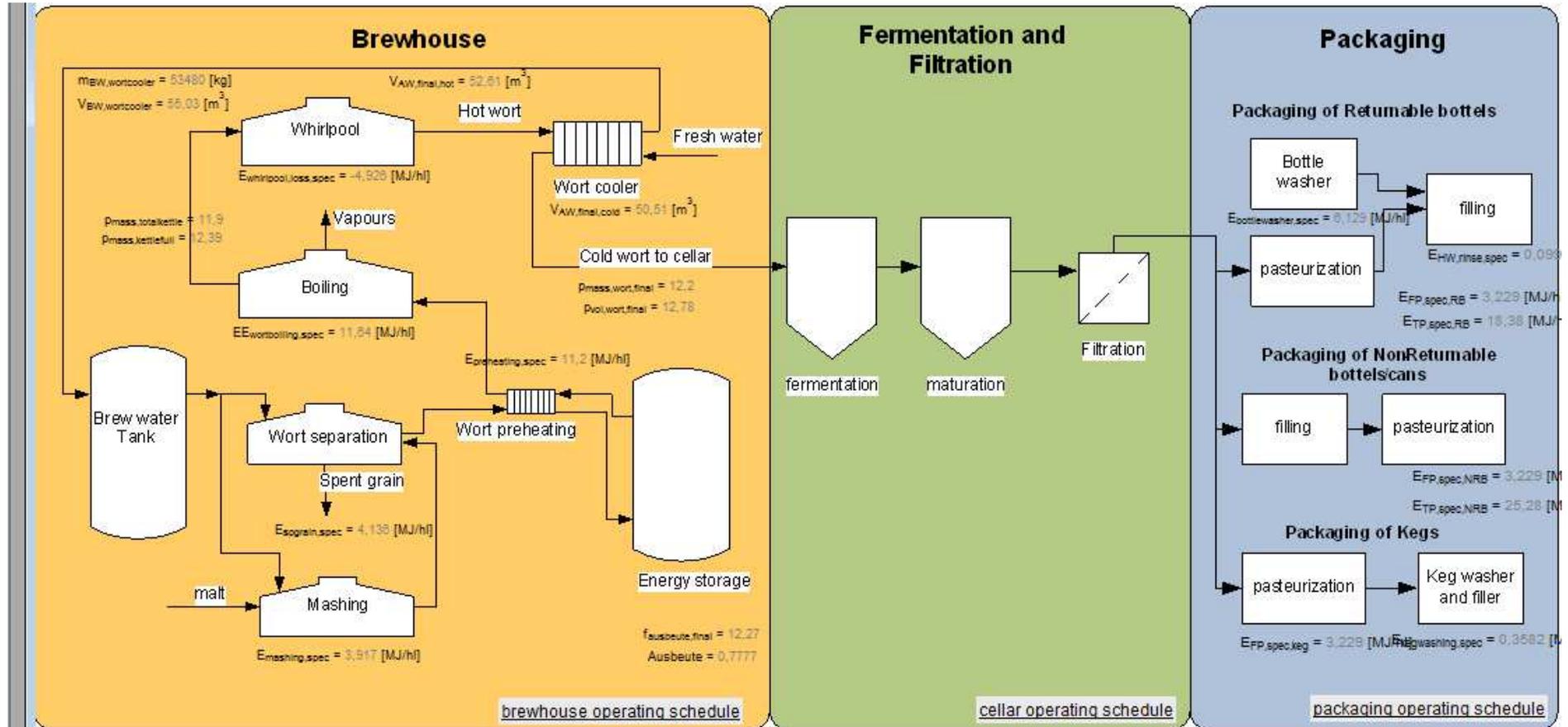
Wärmetauschernetzwerk und Speichermanagement



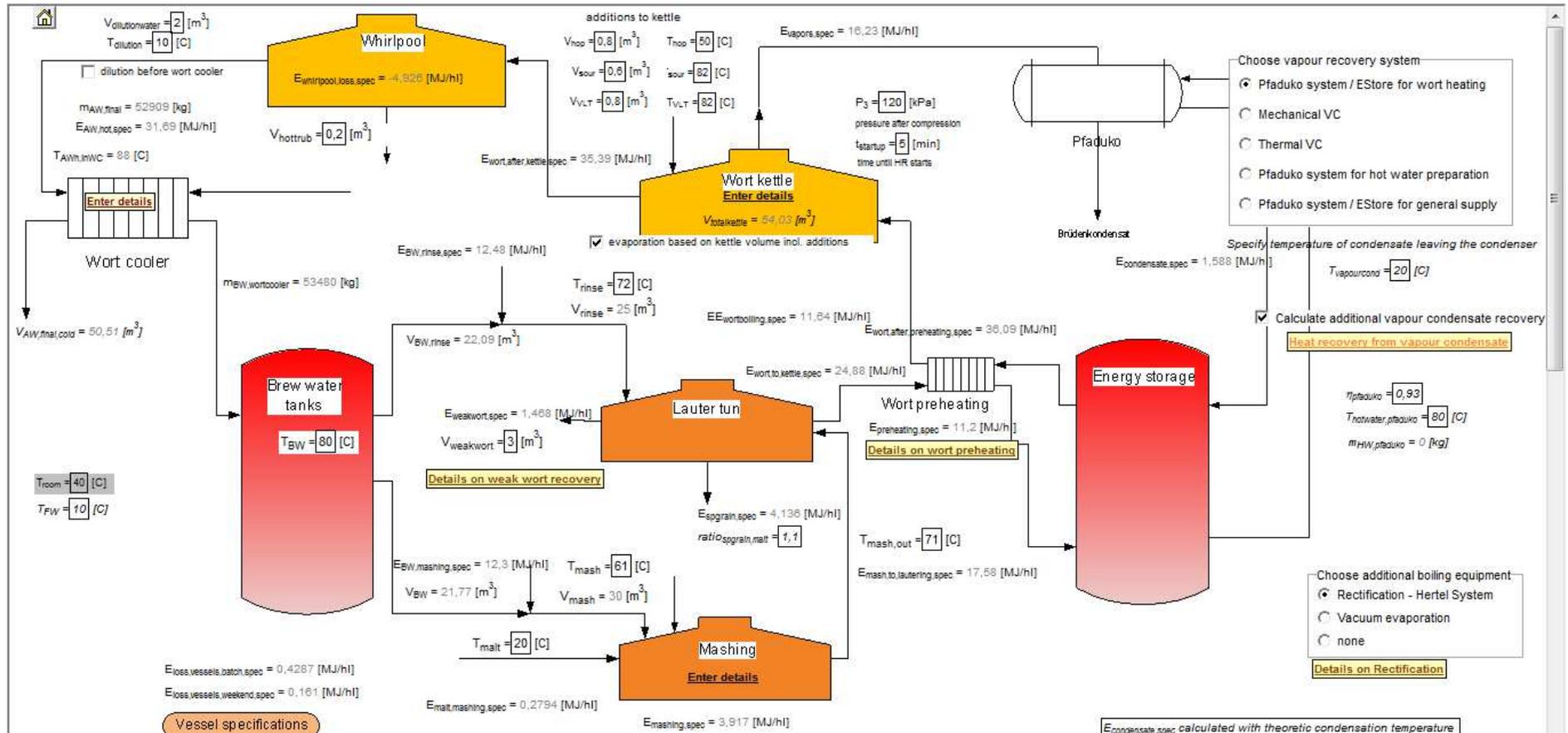
- Minimaler Wärme- und Kältebedarf
- Wärmetauschernetzwerk
- Design von Wärmespeicher
- Optimierter Integrationspunkt für RES



Brauprozess



Sudhaus - Detailberechnung



Beispiel Maischprozess

EES Academic Professional: D:\Bettina\DISS\Brauermodell\new model\ModelV1\brewery model V9_TechV0.EES

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help Examples

Type of mashing

- infusion mashing
- decoction mashing (1 boilmash)
- decoction mashing (2 boilmashes)

Technology implemented for mashing

- stirred tank(s) - classical technology
- series of stirred tanks - continuous Meura system
- oscillatory flow reactor - continuous mashing

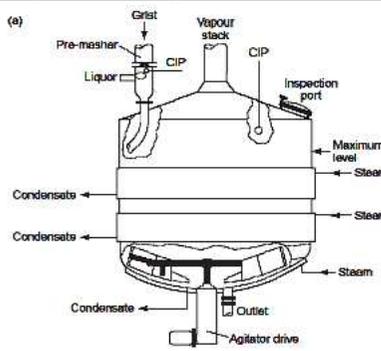
Heating system and implemented heat recovery

Heating system

- double wall / outside heating coils
- inside heating plates
- steam injection

Heat recovery for mash tun heating

- heat recovery from hot wort over energy storage
- heat recovery from hot spent grains over energy storage
- none



Specify temperature programme for mashing

Main mash $n_{steps, mash} = 8$

$T_{0, mash} = 57$ [C]

time _{mashsteps}	T _{mashsteps}	HR _{in, mashsteps}
1	60	0
2	60	0
3	72	0
4	72	0
5	75	0
6	75	0
7	75	0

Boilmash1

$V_{ool, mash, 1} = 3.5$ [m³] $steps_{BM1, taken} = 2$ after which step

$n_{steps, mash, BM1} = 1$ $steps_{BM1, back} = 3$ during which step

time _{mashsteps, BM1}	T _{mashsteps, BM1}
1	90
2	60
3	72
4	72
5	75

Boilmash2

$V_{ool, mash, 2} = 1$ [m³] $steps_{BM2, taken} = 0$ after which step

$n_{steps, mash, BM2} = 0$ $steps_{BM2, back} = 0$ during which step

time _{mashsteps, BM2}	T _{mashsteps, BM2}
1	80
2	95
3	95
4	72
5	75

Main mash

Heat transfer area $A_{heattransfer, mash, tun} = 12$ [m²]

$k_{value, mash, tun} = 2000$ [W/((m²*K))]

Heating medium

$T_{HTM, mash, tun} = 120$ [C] $CP_{HTM, mash, tun} = 4.2$ [kJ/(kg*K)]

$m_{HTM, mash, tun} = 2$ [kg/s] $P_{HTM, mash, tun} = 160$ [kPa]

Boil mash(es)

Heat transfer area $A_{heattransfer, mash, tun, BM} = 2$

$k_{value, mash, tun, BM} = 2000$

Heating medium

$T_{HTM, mash, tun, BM} = 120$ $CP_{HTM, mash, tun, BM} = 4.2$

$m_{HTM, mash, tun, BM} = 0.5$ $P_{HTM, mash, tun, BM} = 160$

Heat recovery

Heat transfer area $A_{heattransfer, HR, mash, tun} = 40$ [m²]

$k_{value, HR, mash, tun} = 1200$ [W/((m²*K))]

Calculate Temperature and Power - Main mash

Calculate Temperature and Power - boilmash1

Calculate Temperature and Power - boilmash2

Model starch conversion and extract recovery



Berechnungen im Hintergrund

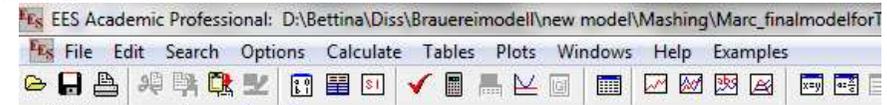
Kinetische und thermische Modelle z.B. für den Maischprozess:

Input:

Definition der ursprüngliche Malz Zusammensetzung und das notwendige Temperaturprofil; bestehende Wärmetransfer Parameter und Zeitprofile

Output:

Gesamtextrakt und Zucker Zusammensetzung in der Maische; Erzieltes Temperaturprofil und notwendiges Energieleistungsprofil



Equations

alpha-amylase - dissolution and denaturation

$$\alpha_{malt} = \alpha_{malt,initial} + \int_{start_{mash}}^{end_{mash}} \left[-H_{\alpha} \cdot \frac{M_{malt}}{V_{malt}} \cdot (\alpha_{malt} - \alpha_{sol}) \right] dt$$

$$\alpha_{sol} = \alpha_{sol,initial} + (\alpha_{malt,initial} - \alpha_{malt})$$

$$\alpha_{malt,initial} = \alpha_{sol} + \alpha_{malt}$$

$$\alpha_{sol} = \alpha_{sol,initial} + \int_{start_{mash}}^{end_{mash}} \left[H_{\alpha} \cdot \frac{M_{malt}}{V_{sol}} \cdot (\alpha_{malt} - \alpha_{sol}) - k_{\alpha} \cdot \alpha_{sol} \right] dt$$

$$k_{\alpha} = k_{\alpha,0} \cdot \exp \left[\frac{-E_{\alpha,denat}}{R \cdot Temp} \right]$$

beta-amylase - dissolution and denaturation

$$\beta_{malt} = \beta_{malt,initial} + \int_{start_{mash}}^{end_{mash}} \left[-H_{\beta} \cdot \frac{M_{malt}}{V_{malt}} \cdot (\beta_{malt} - \beta_{sol}) \right] dt$$

$$\beta_{sol} = \beta_{sol,initial} + \int_{start_{mash}}^{end_{mash}} \left[H_{\beta} \cdot \frac{M_{malt}}{V_{sol}} \cdot (\beta_{malt} - \beta_{sol}) - k_{\beta} \cdot \beta_{sol} \right] dt$$

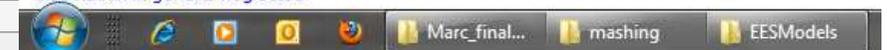
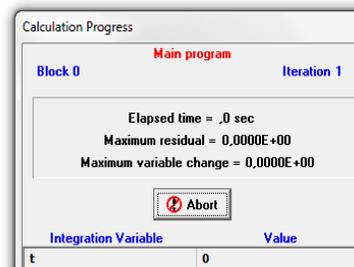
$$\beta_{malt,initial} = \beta_{sol} + \beta_{malt}$$

$$k_{\beta} = k_{\beta,0} \cdot \exp \left[\frac{-E_{\beta,denat}}{R \cdot Temp} \right]$$

starch

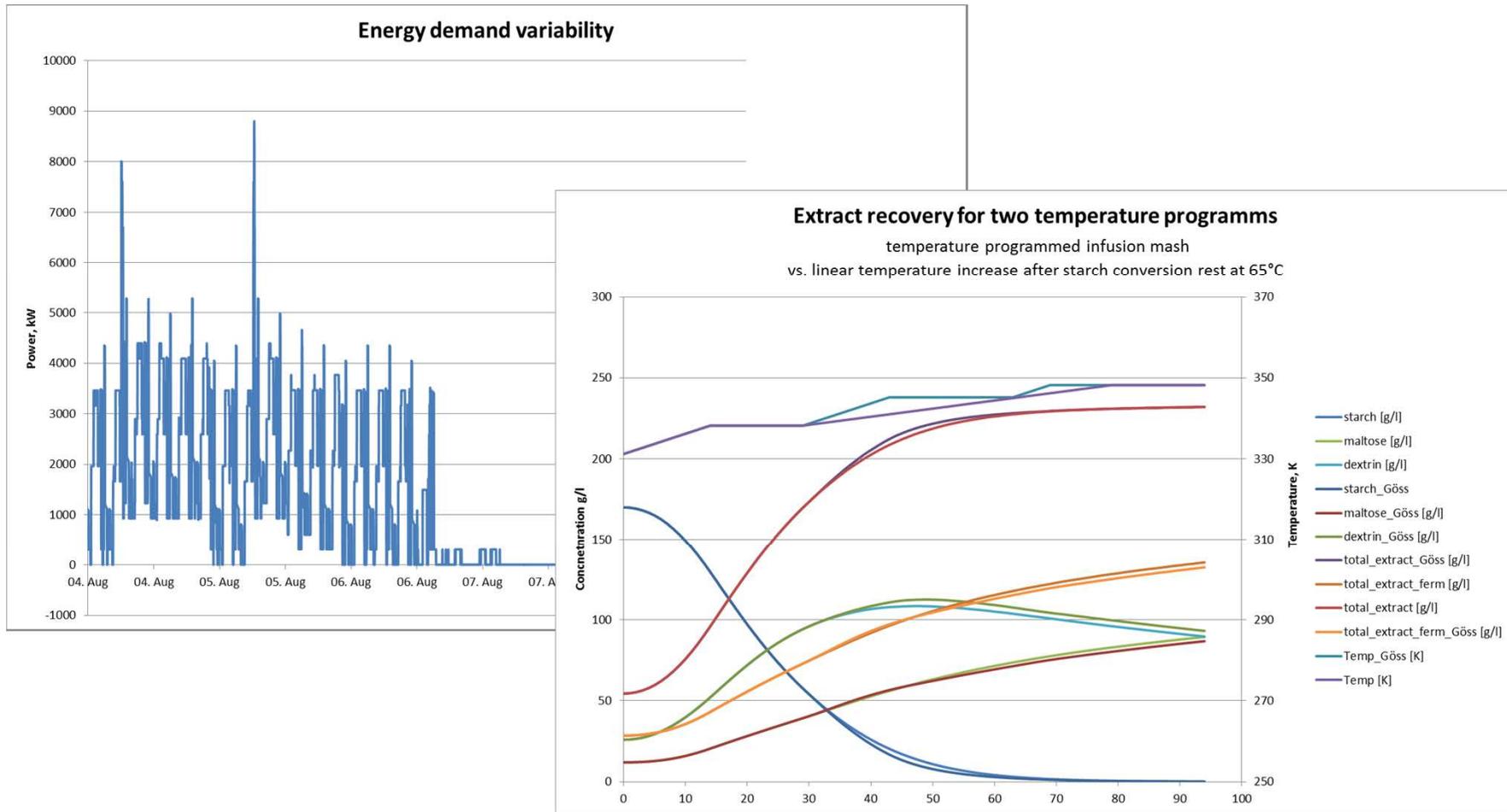
$$starch = starch_{initial} + \int_{start_{mash}}^{end_{mash}} (-\alpha_{sol} \cdot starch \cdot (0,964 \cdot A_{mit} + A_{dex})) dt$$

dissolution in general neglected





Analyse der Veränderung der Energieströme und deren Einfluss auf die Qualität





Schritte zur Energieeffizienz und zum Einsatz von erneuerbarer Energie

Status Quo

Erfassung und Messen der energierelevanten Daten, Massen und Energiebilanz, Visualisierung der Produktionsprozesse mittels Flowsheet und Sankey Diagramm

Technologische Optimierung

Verwendung der Energie effizientesten Prozesstechnologie, Optimierter Massen und Wärmetransport, Verminderung der Versorgungstemperatur

Systemoptimierung

Wärmeintegration, Wärmerückgewinnung, Pinch Analyse, Speichermanagement

Einbindung erneuerbarer Energie

exergetische Gesichtspunkte, waste to energy, Biogas, Solarthermie, Biomasse

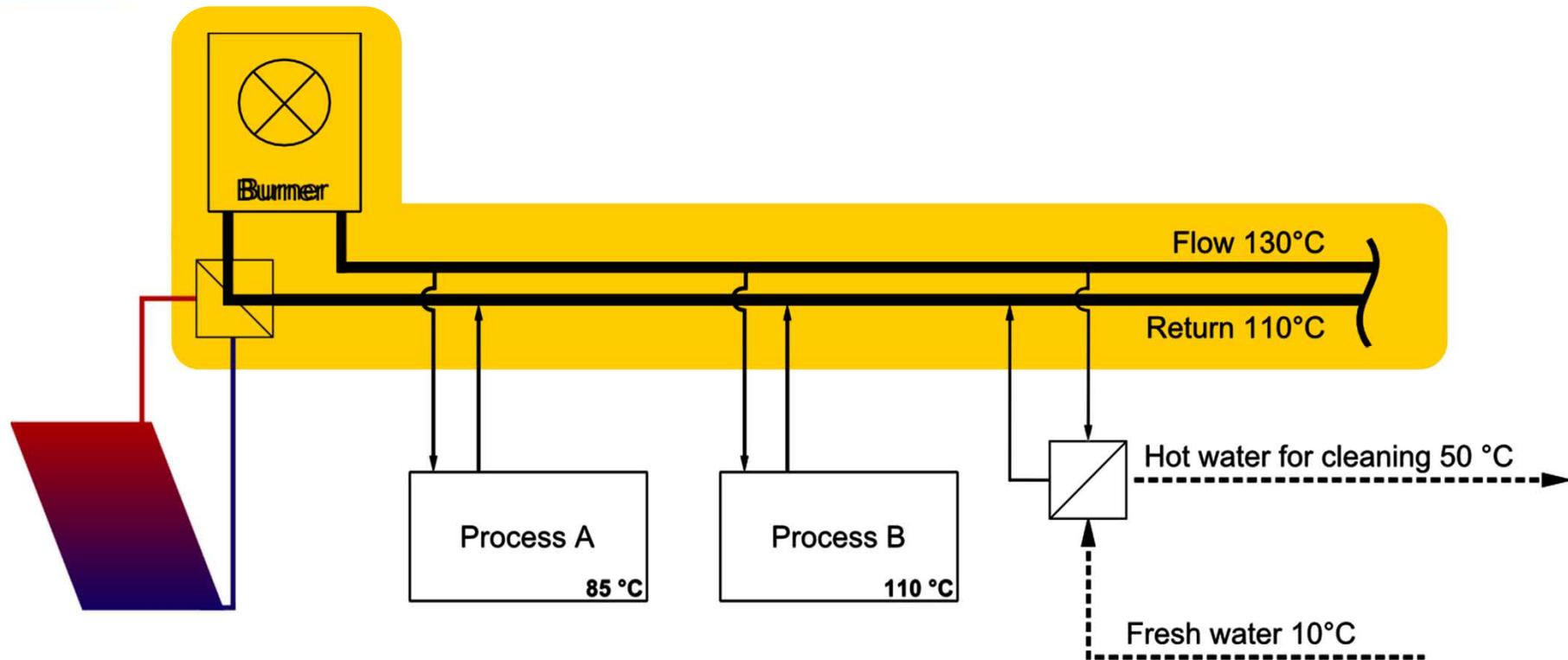


Grundsätzliche Integrationmöglichkeiten

Supply level

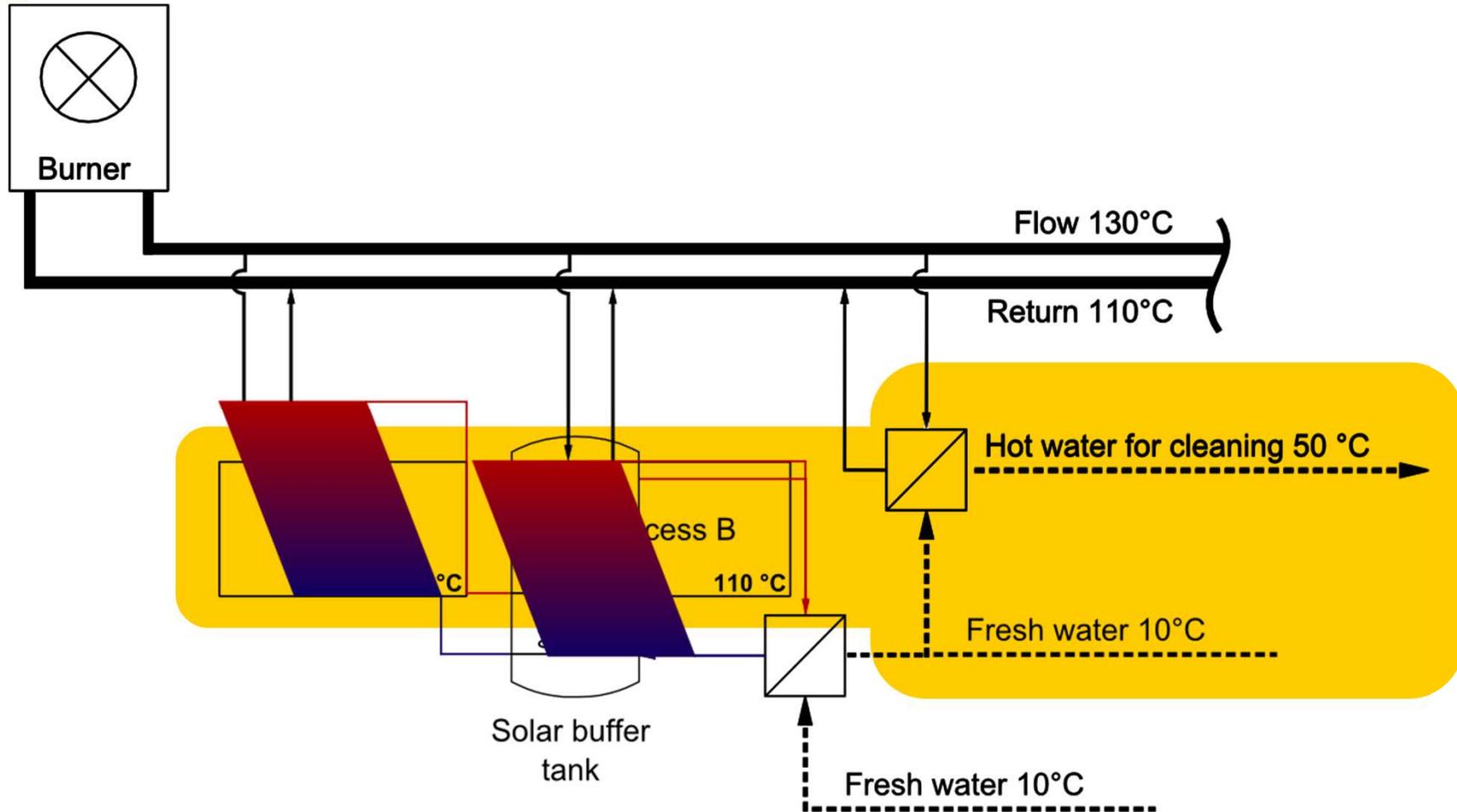
Process level

Integration auf der Versorgungsebene



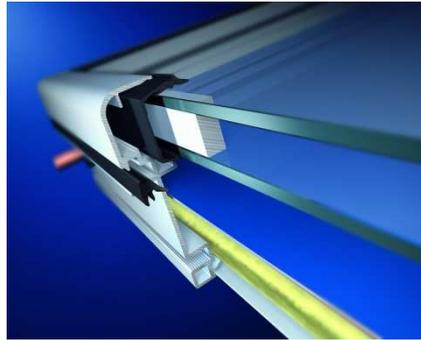
Höhere Temperaturen
 Einfachere Einbindungsschemata
 Geringere Anzahl von Layouts

Integration auf Prozessebene



Verschiedene System-Layouts möglich
Meistens komplexere Einbindungsvarianten

Prozesswärmekollektoren



Source: Schüco International KG



Source: Wagner & Co Solartechnik



Source: Solera GmbH

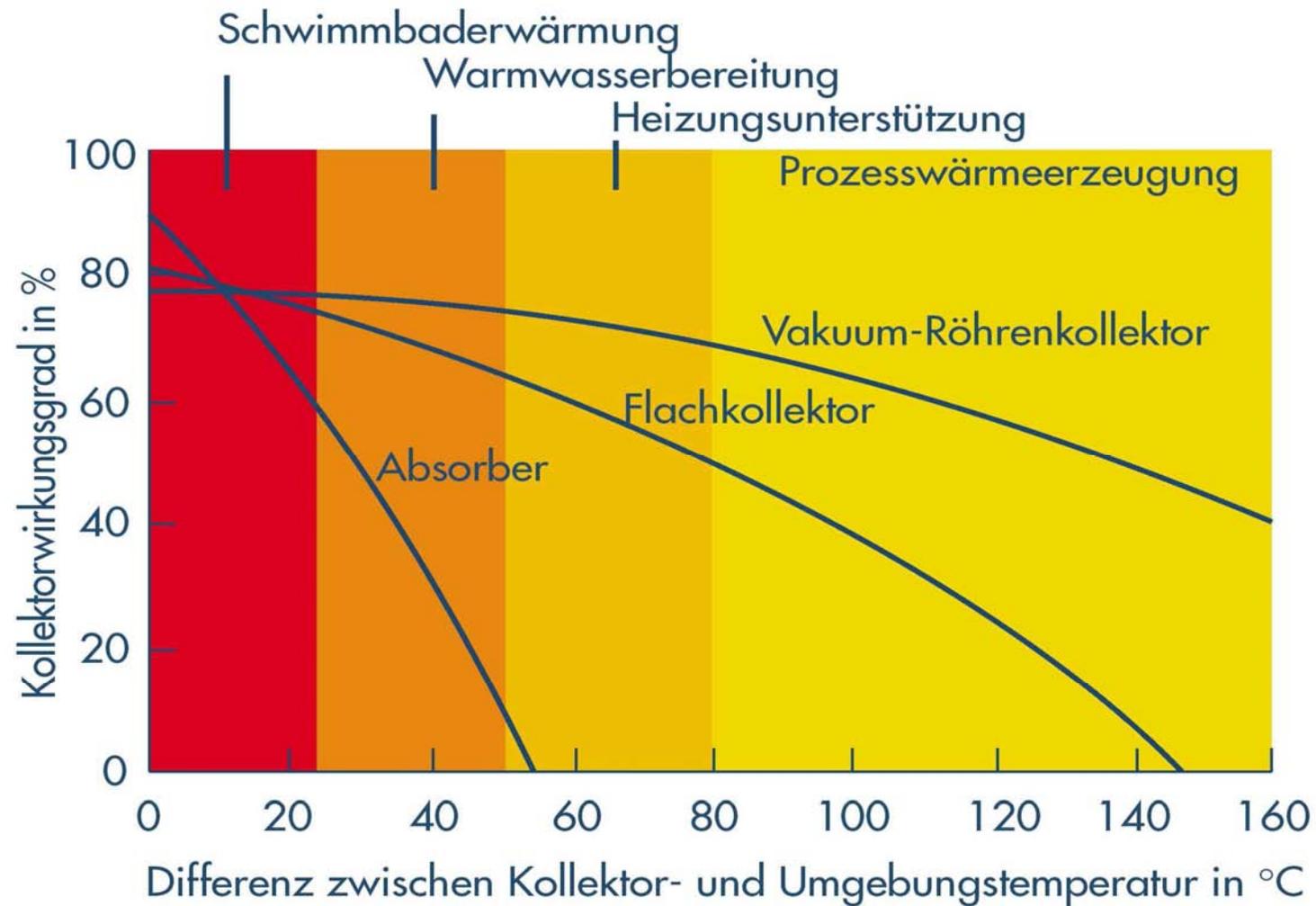


Source: Isomorph



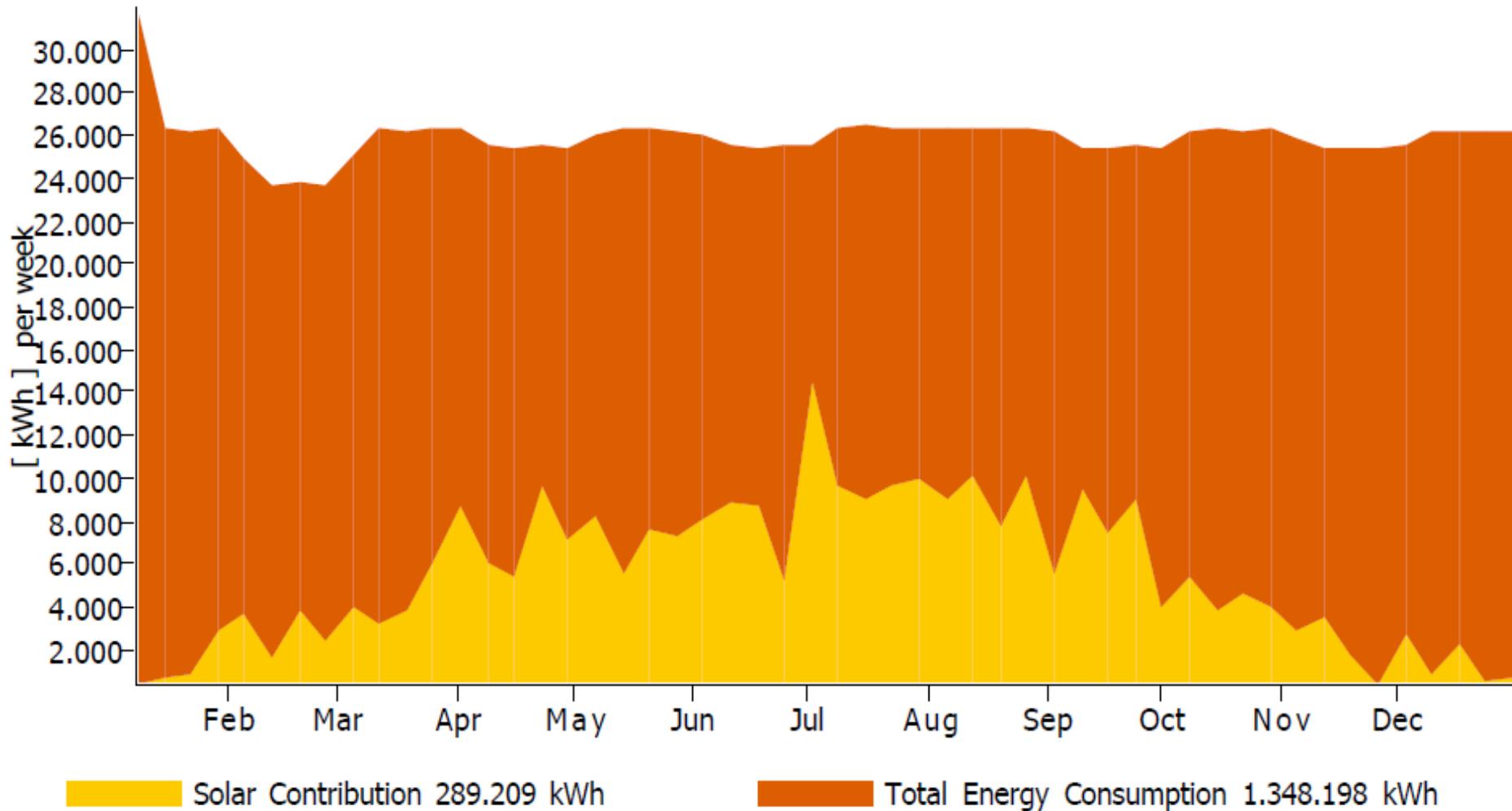
Source: Industrial Solar

Kollektorwirkungsgradkennlinie





Ergebnisse Solarsimulation

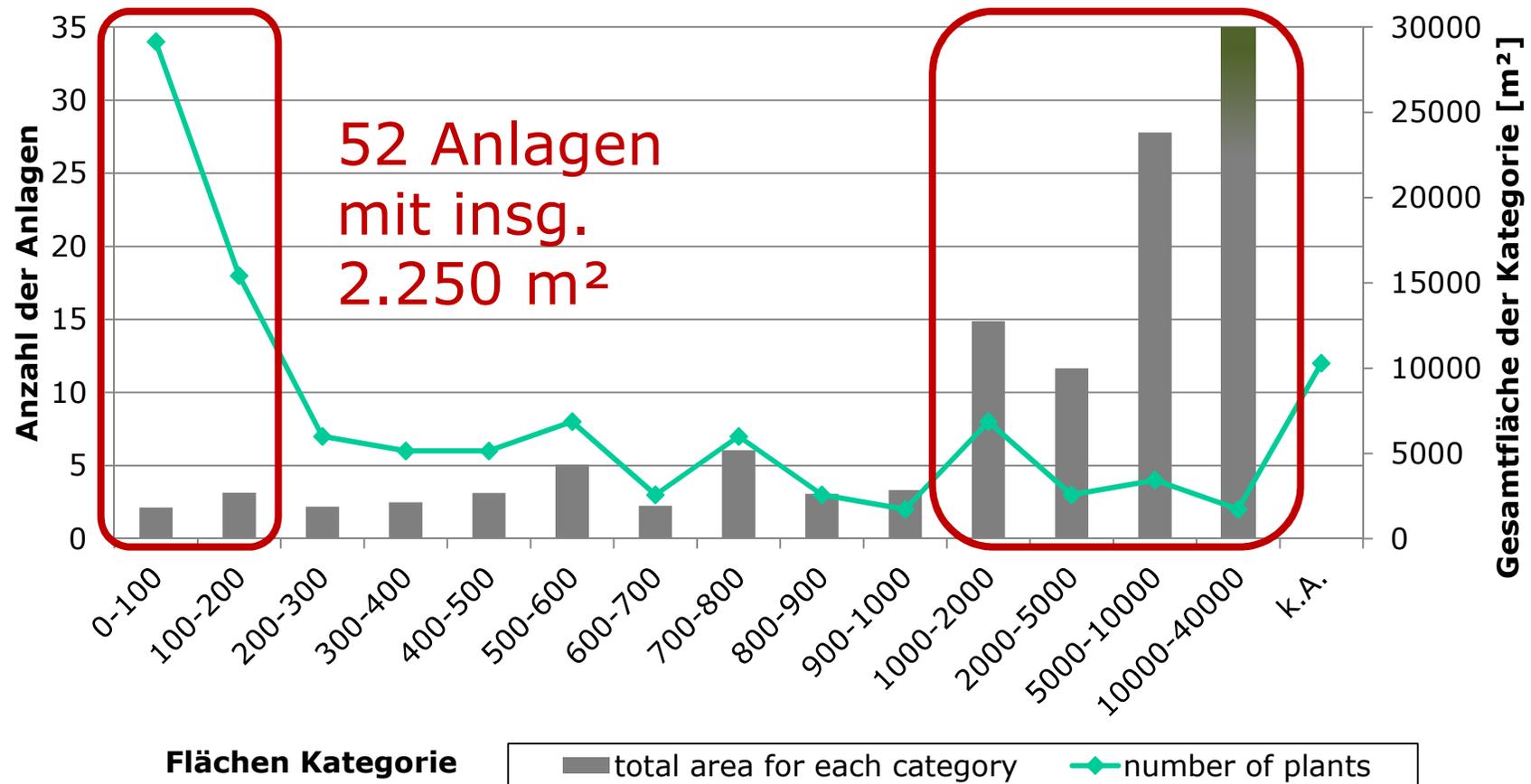




Erste Resultate der Umfrage

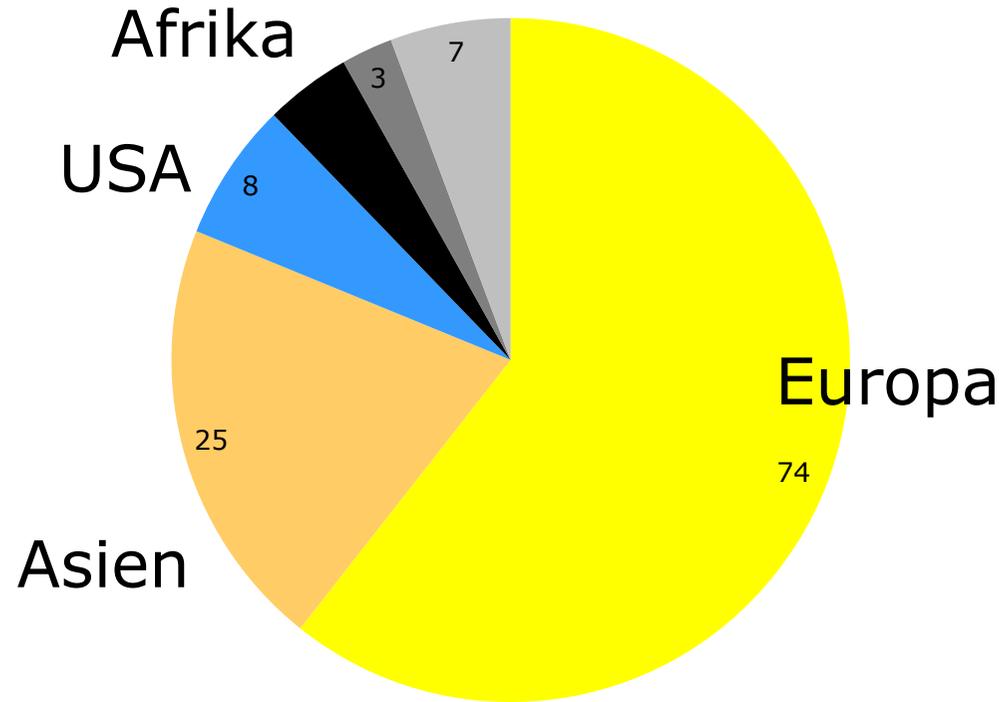
122 Anlagen, 125.600 m² , 87,8 MW

17 Anlagen
mit insg.
98.700 m²





Erste Resultate - Länder

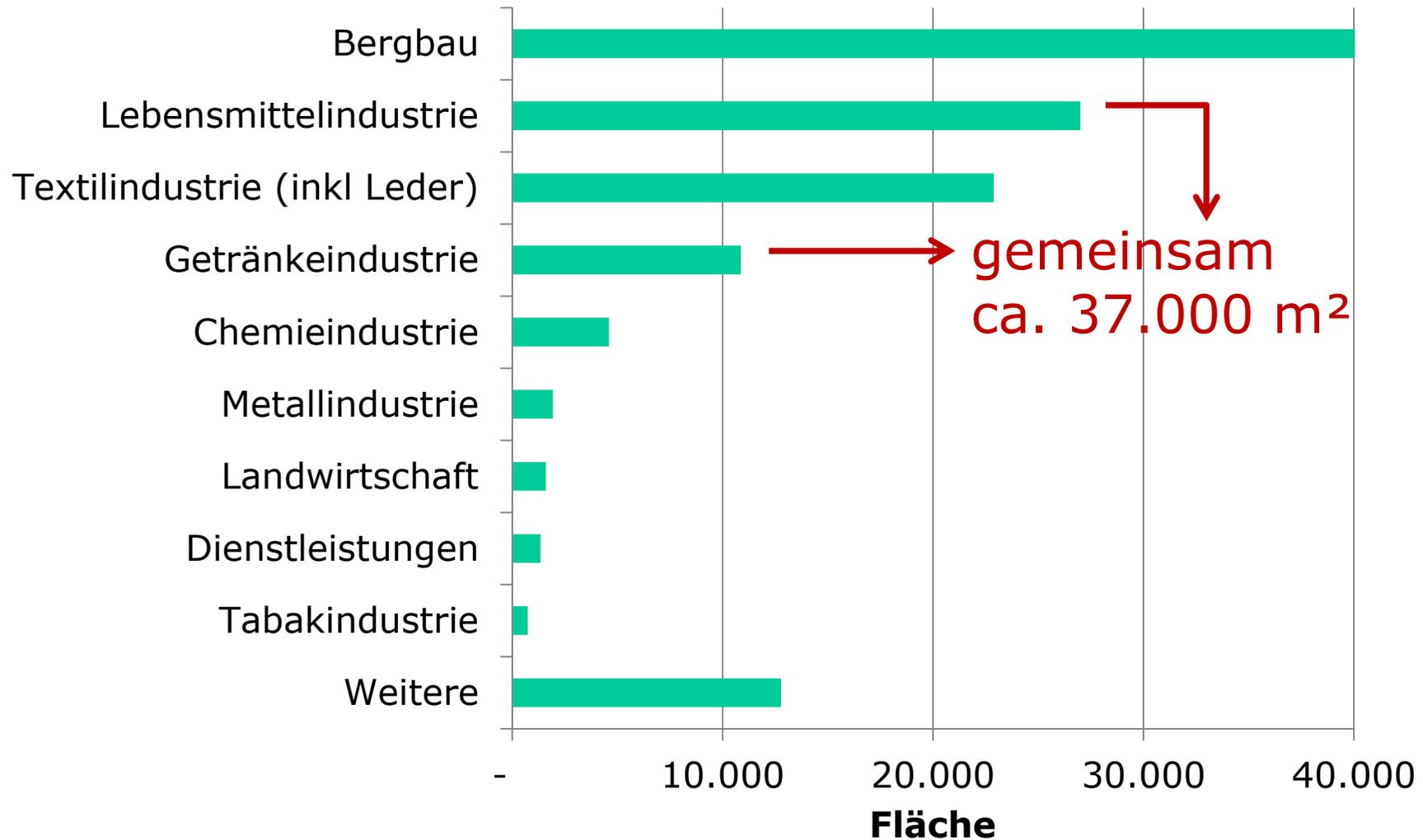


- Europe
- Asia
- USA
- Africa
- South America
- k.A.

Country	quantity
Austria	20
Germany	13
Greece	13
Spain	12
Portugal	4
Switzerland	4
France	2
Romania	2
Cyprus	1
Czech Republic	1
Sweden	1
Turkey	1
India	8
China	5
Thailand	3
Vietnam	3
Indonesia	1
Saudi Arabia	1
Jordan	4
USA	8
Panama	1
Argentina	1
Chile	1
Costa Rica	1
k.A.	7

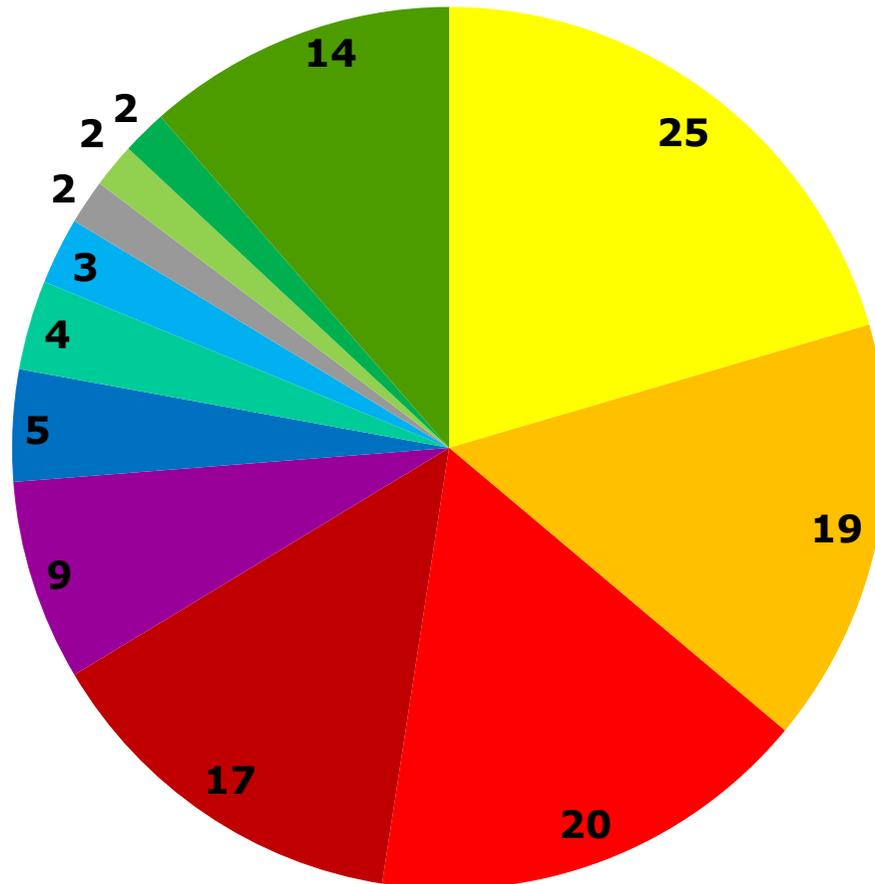


Erste Resultate - Industriegesektoren





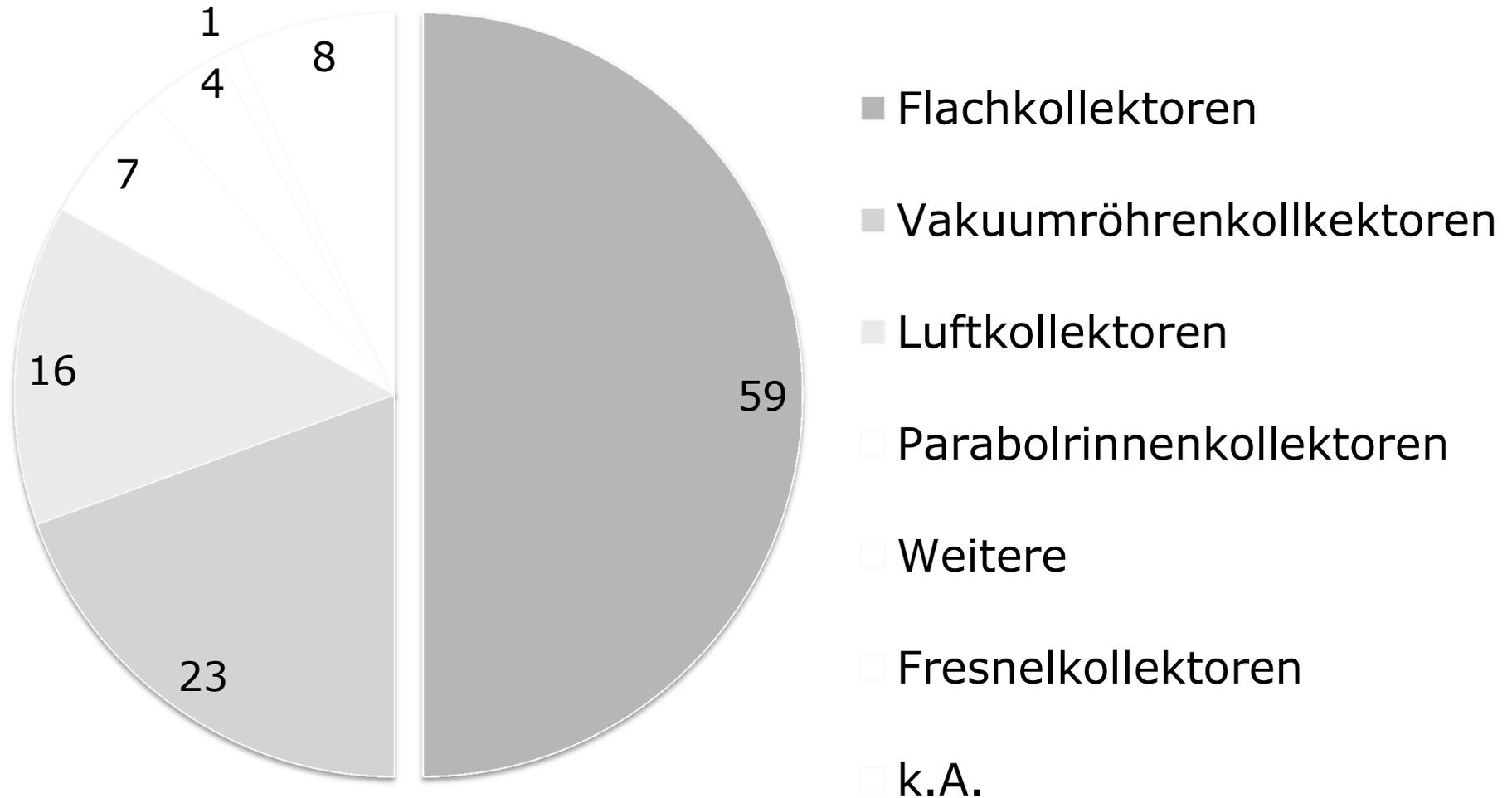
Erste Resultate - Prozess



- Reinigung
- Trocknung
- General process heating
- Kesselspeisewasservorwärmung
- Gerbung
- Oberflächenbehandlung
- Bleichen
- Extraktion
- Kühlprozesse
- Färben
- Pasteurisation
- k.a.



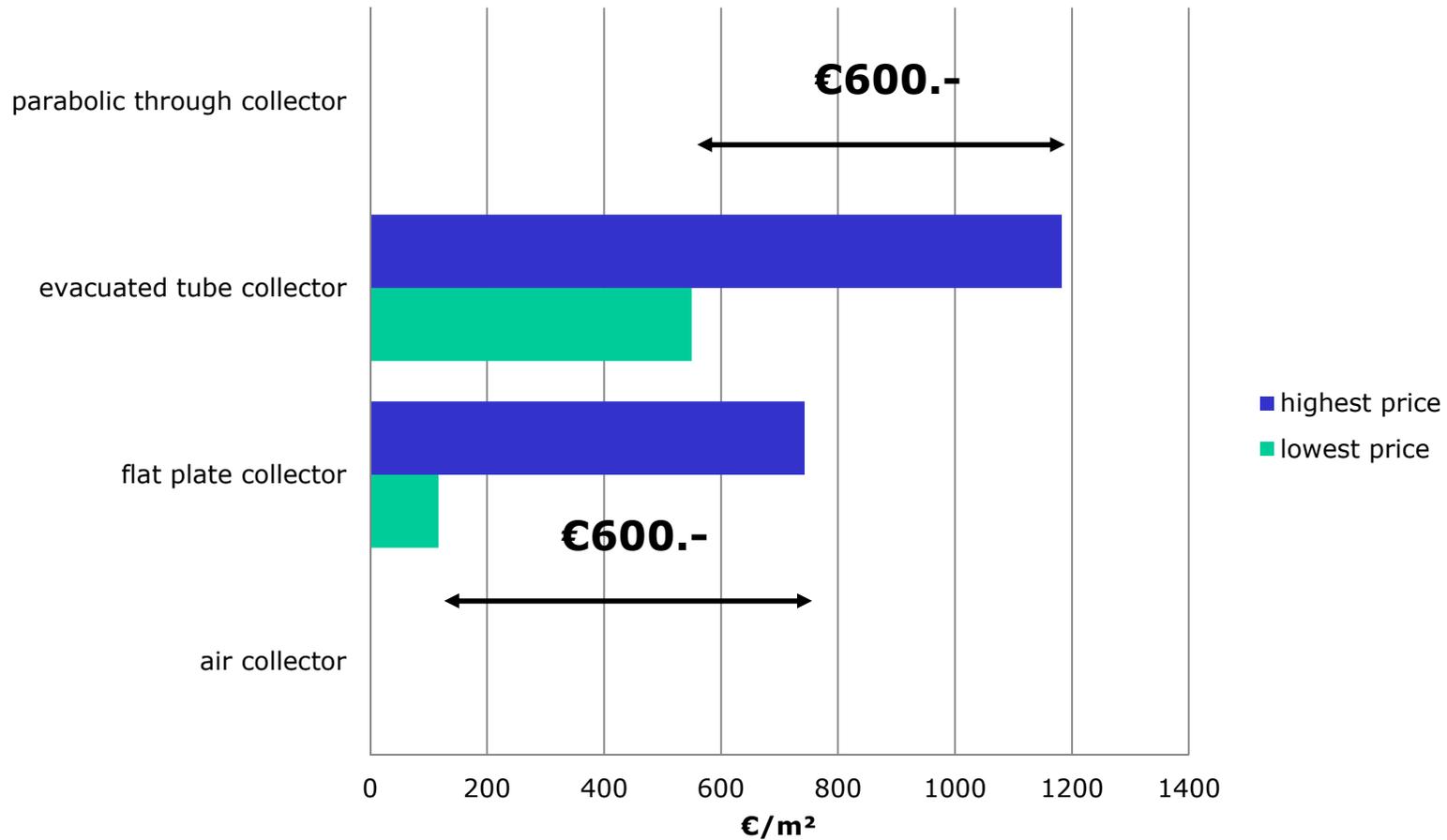
Erste Resultate - Kollektortyp



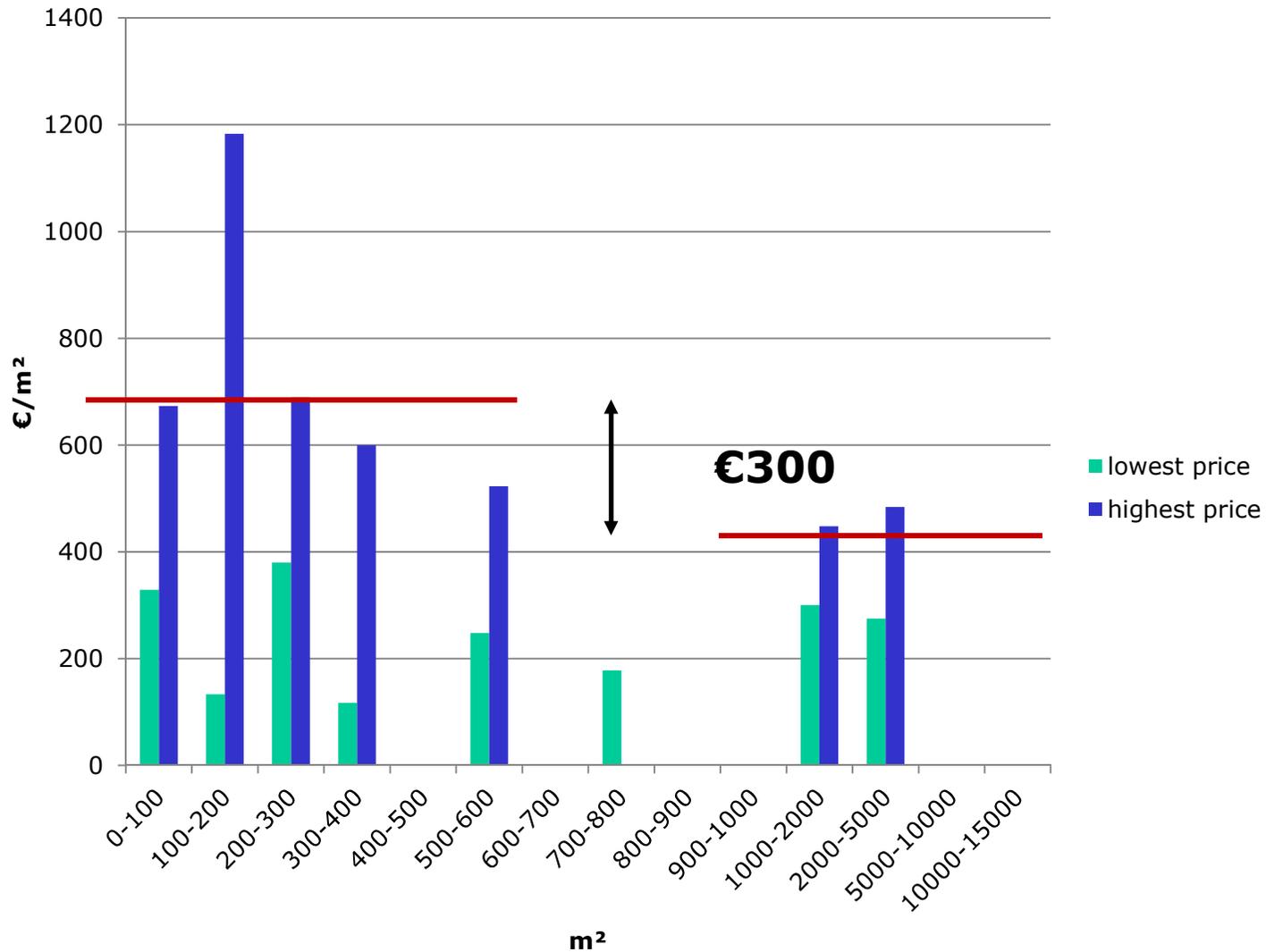


Systemkosten

Systemkosten für Solaranwendung [€/m²]



Systempreis verglichen mit Systemgröße





Datenbank von Anwendungen Solarer Prozesswärme

Reports: Collector

FILTER

Name contains

Country

Year of operation start
from to

Industry sector

Unit operation

Kind of solar thermal collectors installed

Collector area type

Solar collector loop heat transfer fluid

Solar energy storage

Kind of conventional heat source

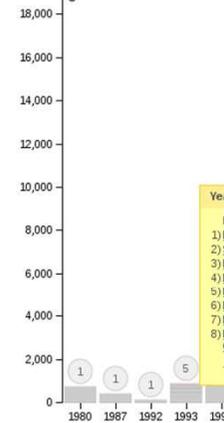
Kind of fuel used

Point of Solar Heat Integration

Collector areas Investment cost

Overview Years

Collector area, m²



FILTER

Name contains

Country

Year of operation start
from to

Industry sector

Unit operation

Kind of solar thermal collectors installed

Collector area type

Solar collector loop heat transfer fluid

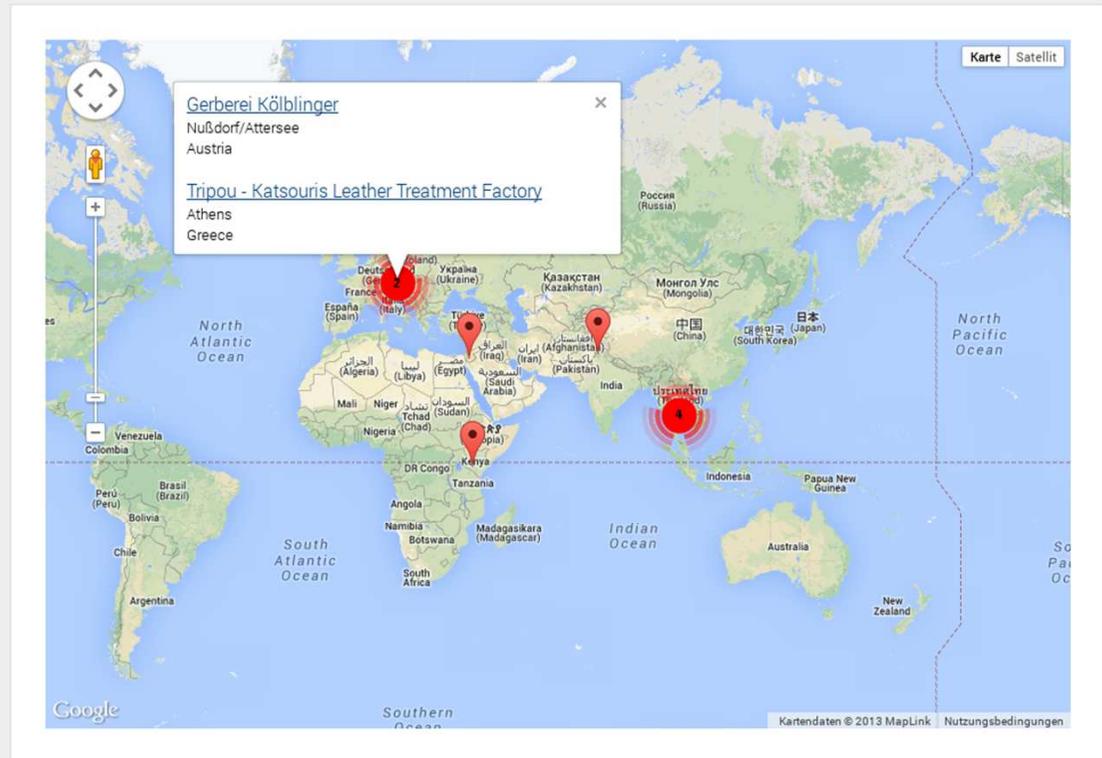
Solar energy storage

Kind of conventional heat source

Kind of fuel used

Point of Solar Heat Integration

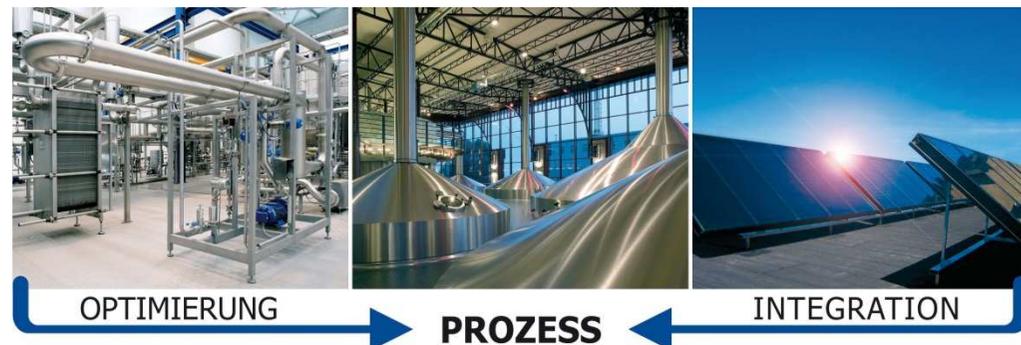
Locations: 9 projects



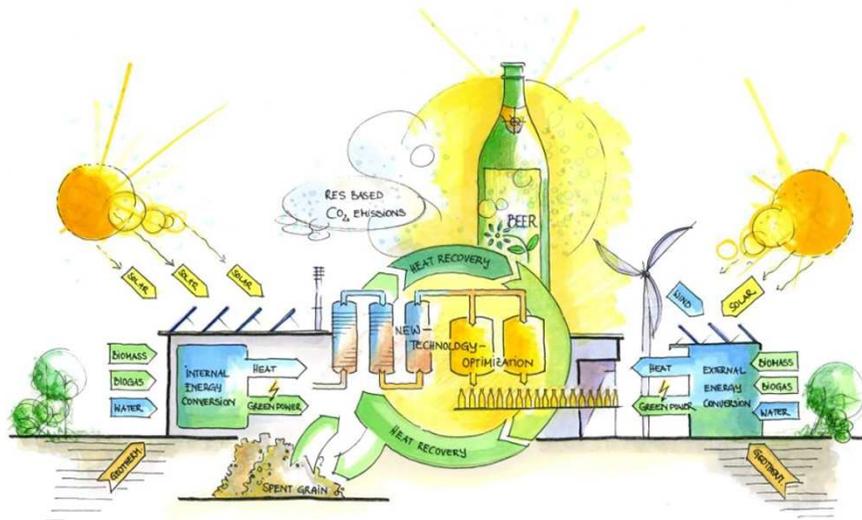
SolarBrew

PROJEKTZIELE

- Demonstration der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit von drei solarthermischen Großanlagen im Leistungsbereich $\geq 1\text{MW}_{\text{th}}$ in der Brauindustrie.
 - Entwicklung von Konzepten zur Integration von thermischer Solarenergie auf Prozessebene bei Prozesstemperaturen $\leq 80^\circ\text{C}$
 - **Planung, Errichtung, Inbetriebsetzung und Monitoring von drei Demonstrationsanlagen; Summenleistung: $5\text{MW}_{\text{p,th}}$**
 - Entwicklung eines ganzheitlichen Analyse- und Optimierungstools für Brauereien („Green Brewery Sector Concept“)



Kurzvorstellung SolarBrew



Solar Brew: Solar Brewing the Future

EU FP7 (2012 – 2015)
Projekt Nr. 295660

PROJEKTKONSORTIUM

- AEE INTEC (**Leitung**)
- HEINEKEN Supply Chain B.V.
- GEA Brewery Systems GmbH
 - Partner Anlagenbau
- Sunmark A/S
 - Partner Solarthermie



SUSTAINABLE SOLAR SOLUTIONS



Kurzvorstellung SolarBrew

MOTIVATION

- Alle thermisch versorgten Prozess in Brauereien und Mälzereien benötigen Wärme auf einem Temperaturniveau <110°C



	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
Trocknen von Grünmalz (Stufe 1 "Schwelken") (Trocknungslufttemperatur)			[Orange bar from 30°C to 60°C]							
Trocknen von Grünmalz (Stufe 2 "Darren/Abdarren") (Trocknungslufttemperatur)								[Orange bar from 80°C to 100°C]		
Reinigung von Flaschen und Behältern			[Orange bar from 30°C to 45°C]				[Orange bar from 75°C to 80°C]			
Reinigung von Produktionsanlagen (CIP-Reinigung)							[Orange bar from 78°C to 82°C]			
Brauwasserbereitung							[Orange bar from 78°C to 82°C]			
Pasteurization (Kurzzeiterhitzung oder Tunnelpasteur)						[Orange bar from 60°C to 75°C]				
Maischen von geschrotetem Malz			[Orange bar from 30°C to 70°C]							
Würzeerhitzung							[Orange bar from 75°C to 90°C]			
Würzekochen									[Orange bar from 90°C to 95°C]	
	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C

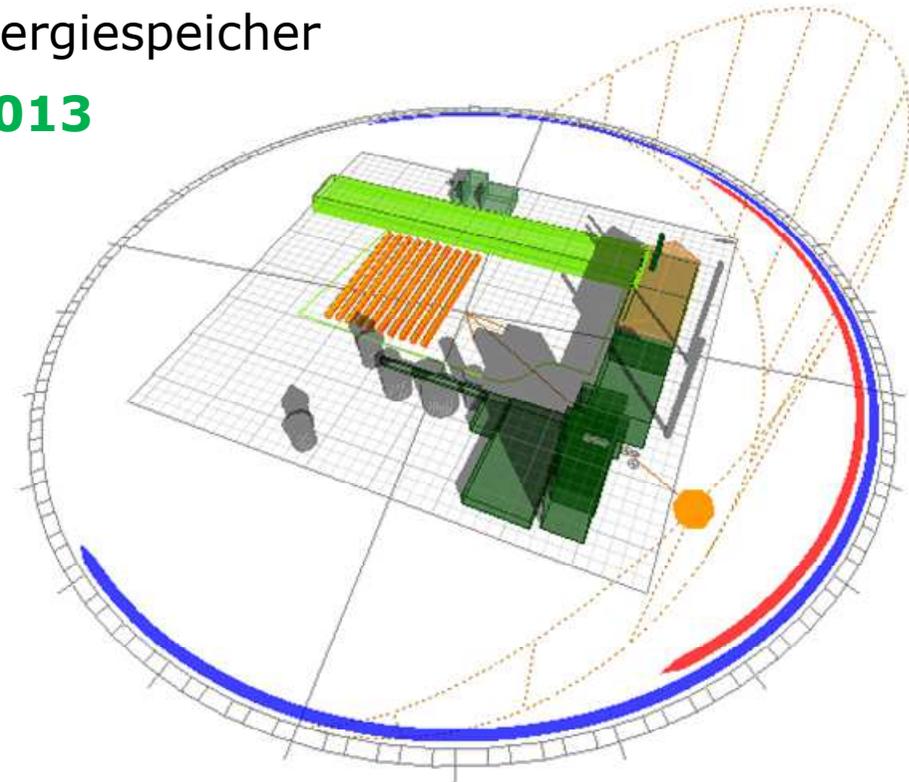
Projektstatus GOESS

Eckdaten Demoanlage GOESS

- Solargestütztes Maischen von geschrotetem Malz
- 1.500m² (brutto) Flachkollektorfeld, bodenmontiert
- 200m³ druckbehafteter Energiespeicher
- **Inbetriebnahme: Juni 2013**



4,6 Millionen Krügerl Bier
jährlich gebraut mit
Energie aus der Sonne*



* assuming 60 MJ thermal energy consumption per hl of beer in the brewery Goess



Projektstatus GOESS

Dokumentation: Errichtung 200m³ Energiespeicher





Projektstatus GOESS

Dokumentation: Errichtung 1.500m² Kollektorfeld





Projektstatus GOESS

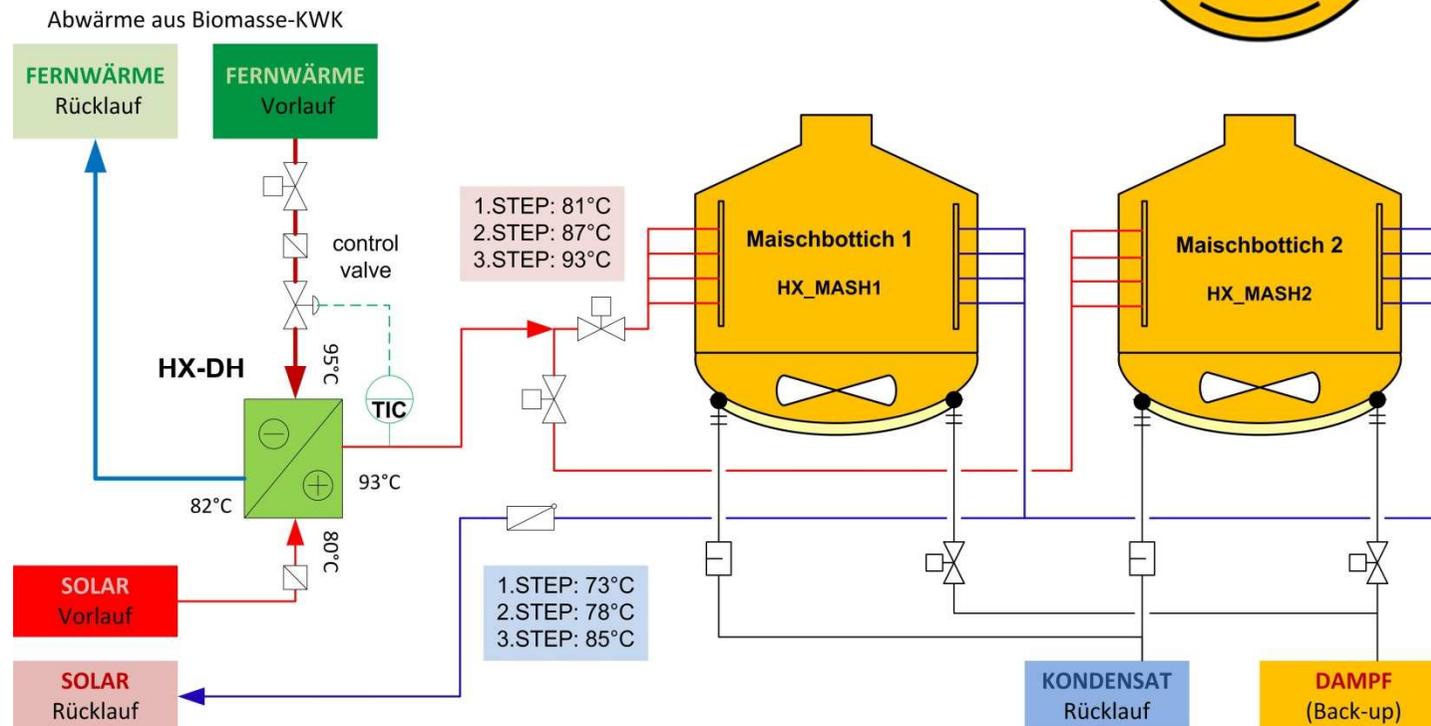
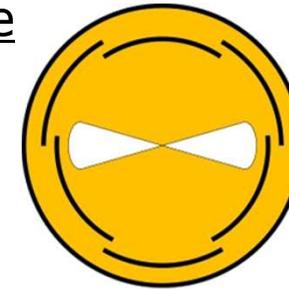
Dokumentation: Errichtung 1.500m² Kollektorfeld



Projektstatus GOESS

Prozessintegration SOLAR

- Einbindung in umgebaute Maischbottiche
- Umstellung der Energieversorgung von Dampf auf Heißwasser (Abwärme + Solar)





Projektstatus GOESS

Dokumentation: Umbau der Maischebottiche





Projektstatus VALENCIA

Eckdaten Demoanlage VALENCIA

- Solargestütztes Pasteurisieren von Bier
- 1.620m² (brutto) Flachkollektorfeld, bodenmontiert
- 350m³ druckloser (atmosphärischer) Energiespeicher
- **geplante Inbetriebsetzung: Frühling 2014**



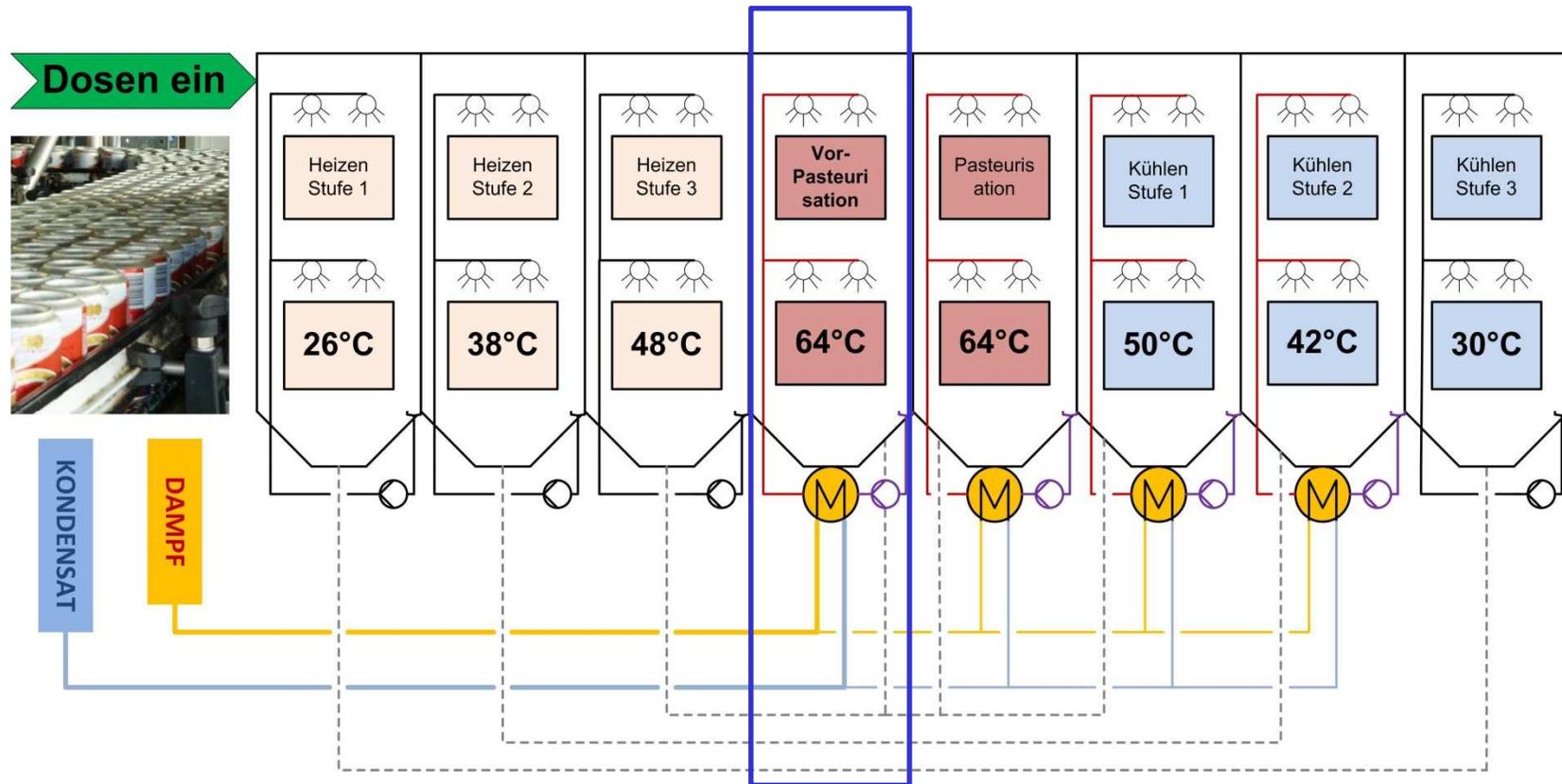
9,6 Millionen Krügerl Bier
jährlich gebraut mit
Energie aus der Sonne*

* assuming 70 MJ thermal energy consumption per hl of beer in the brewery Valencia

Projektstatus VALENCIA

Prozessintegration SOLAR

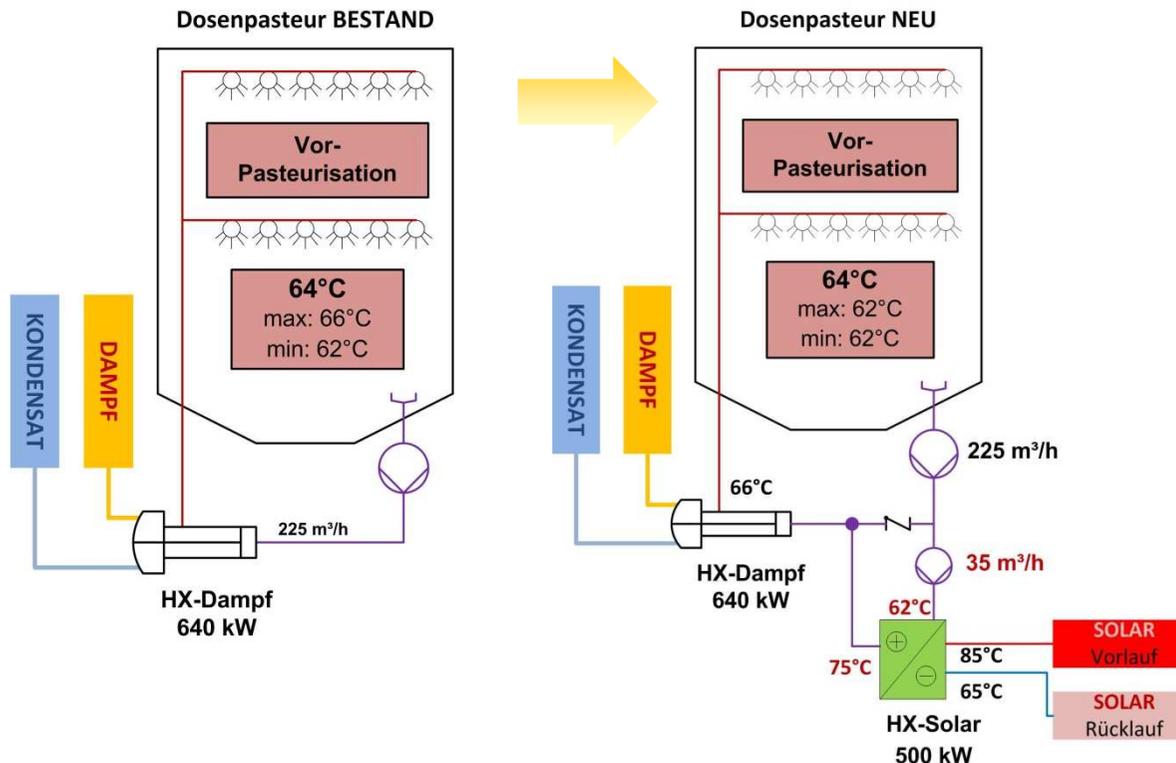
- Einbindung in dampfbeheizten Tunnelpasteur



Projektstatus VALENCIA

Prozessintegration SOLAR

- Nachrüsten eines Wasser/Wasser WÜT zur Erwärmung eines Teilmassenstromes im Sprühkreis



Tunnelpasteur (Dosen)



Dampf – Rohrbündel-WÜT



Projektstatus VIALONGA

Eckdaten Demoanlage VIALONGA

- Solargestütztes Trocknen von Grünmalz
- 4.725m² (brutto) Flachkollektorfeld, bodenmontiert
- 400m³ druckloser (atmosphärischer) Energiespeicher
- **geplante Inbetriebsetzung: Frühling 2014**



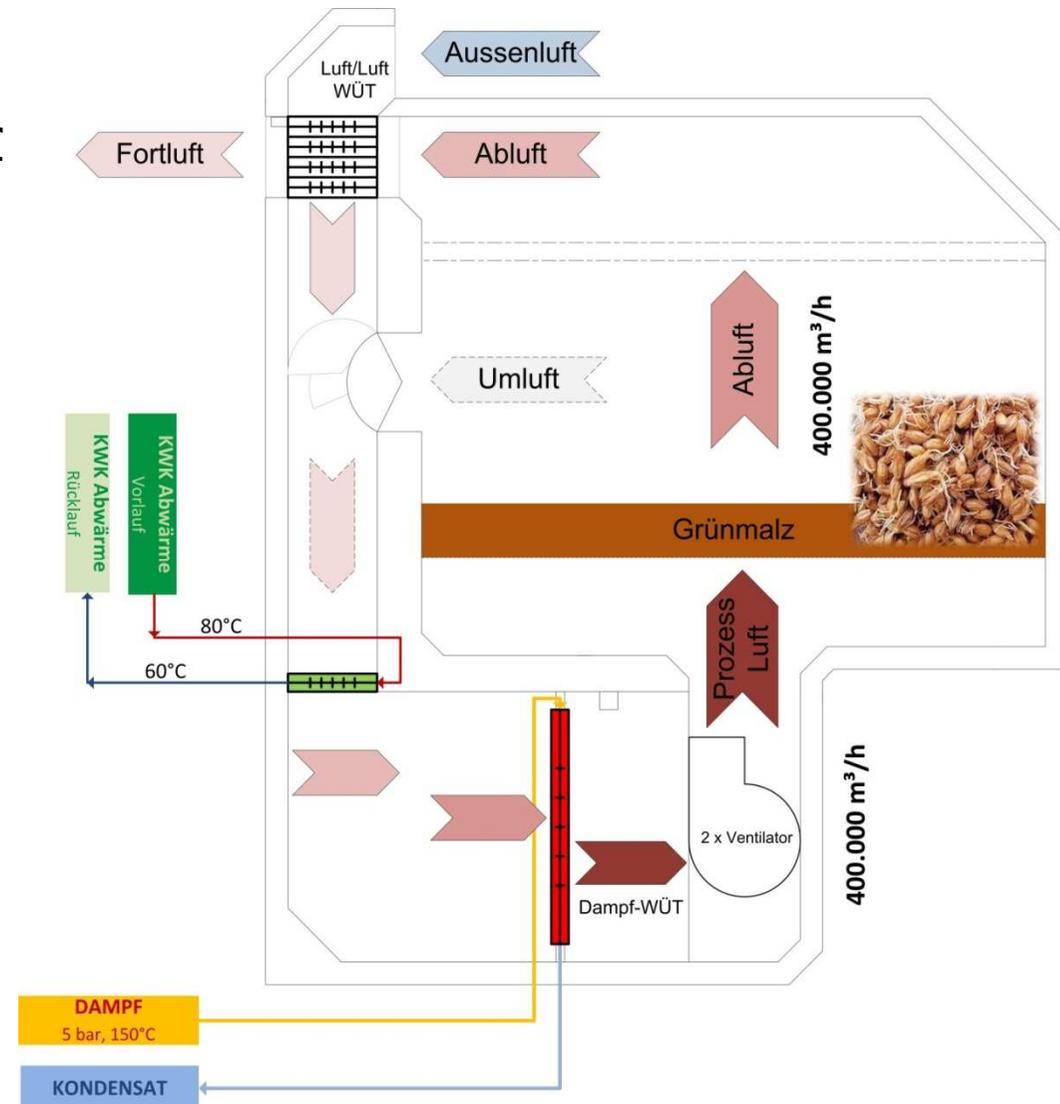
3,6 Millionen Tonnen Malz
jährlich getrocknet mit
Energie aus der Sonne*

* assuming 3.1 MJ thermal energy consumption per ton of malt in Vialonga (about 18 kg of malt are needed for 1 hl of beer)

Projektstatus VIALONGA

Prozessintegration SOLAR

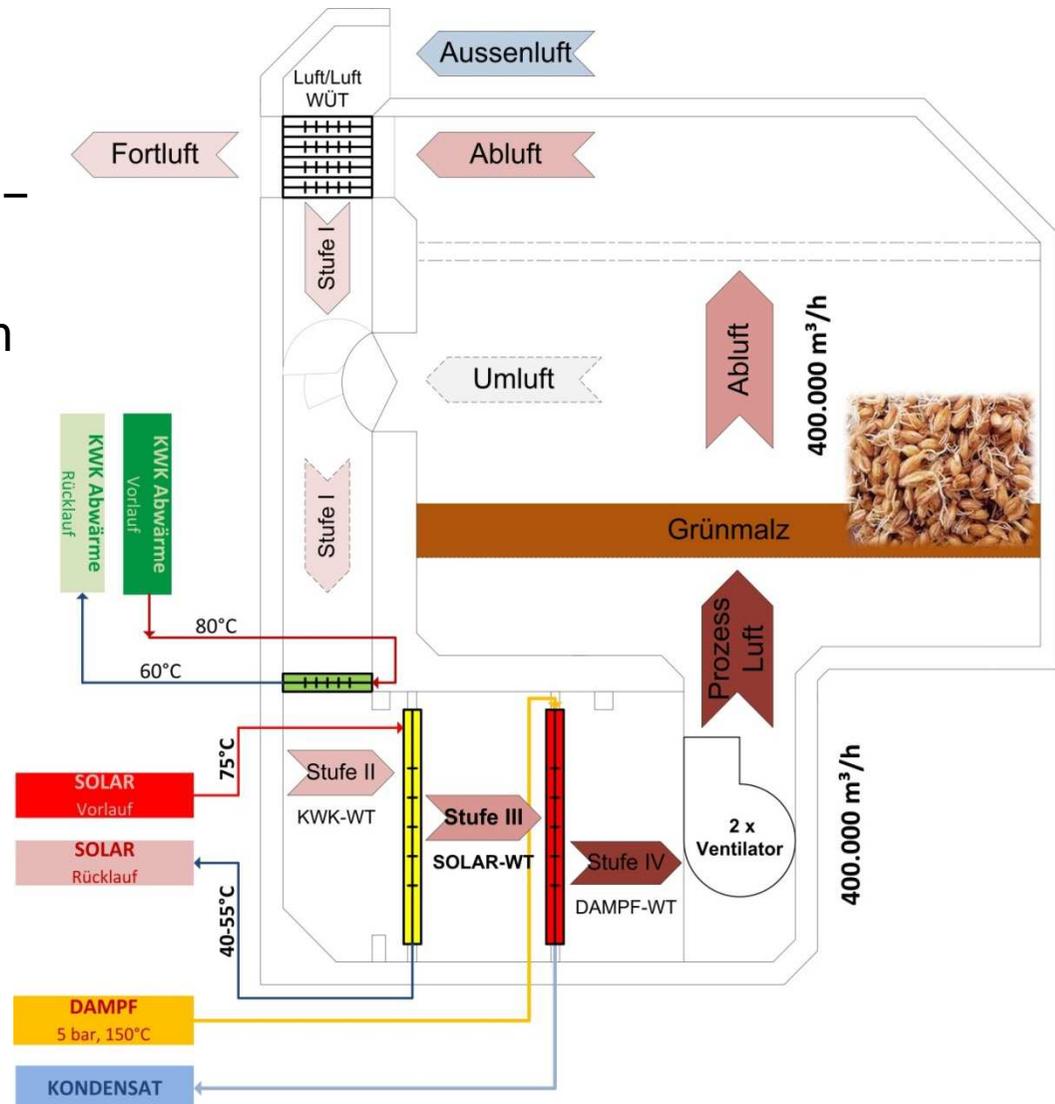
- Einbindung in eine **Darre** zur Trocknungsluftvorwärmung



Projektstatus VIALONGA

Prozessintegration SOLAR

- Nachrüsten einer solaren Vorwärmstufe (Wasser / Luft – WÜT)
- Erweiterung der kaskadischen Energieversorgung



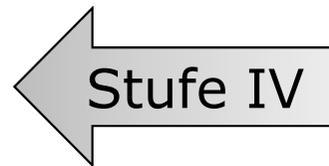


Projektstatus VIALONGA

Prozessintegration SOLAR



(GEA Brewery Systems)

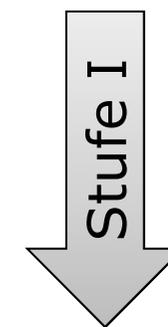
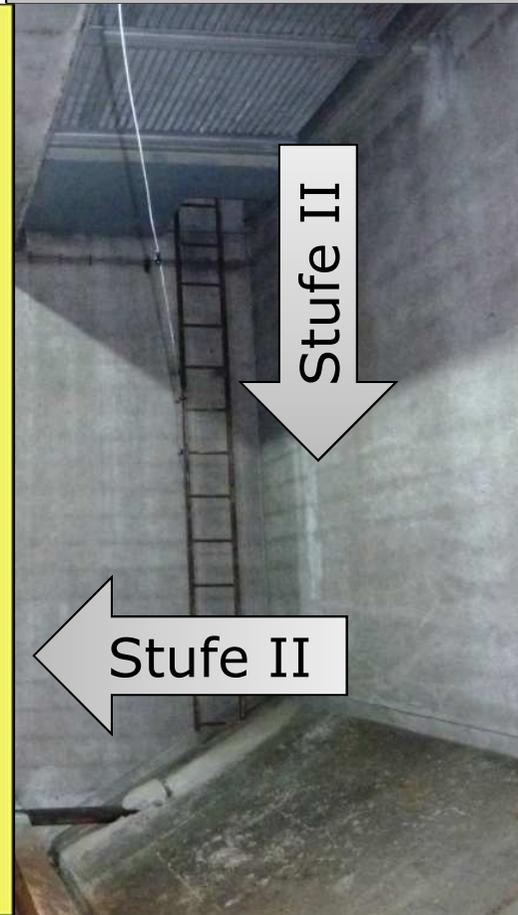


400.000 m³/h

Dampf-WÜT



KWK-WÜT



Zusammenfassung

Eckdaten zu den drei Demonstrationsanlagen

Standort (Land)	Kollektorfläche Brutto / Apertur [m ²]	Spitzen- leistung [MW _{p,th}]	Speicher [m ³]	solare Prozess- integration (Prozess- temperatur) [°C]	erwarteter Solarertrag ¹ [kWh/(m ² ·a)]	solare Deckung ² [%]	solare Einstrahlung horizontal [kWh/(m ² ·a)]
 Brauerei Goess (AT)	1.500	1,0	200	Maischen	280 (350) ³	etwa 30%	1.070
	1.375			(58-78°C)			
 Brauerei Valencia (ES)	1.620	1,0	350	Pasteurisier en von Bier	630	etwa 45%	1.610
	1.485			(65°C)			
 Mälzerei Vialonga (PT)	4.725	3,0	400	Trocknen von Grünmalz	720	etwa 20%	1.690
	4.331			(35-55°C)			
Total	7.845 7.191	5,0					

1 Simulationsergebnisse basierend auf gemessenen Lastprofilen

2 solare Deckungsanteile bezogen auf den jeweils betrachteten Prozess

3 höherer Solarertrag in der Brauerei Goess vorbehaltlich der hydraulischen Integration einer weiteren Wärmesenke am Wochenende



Zukünftige Herausforderungen und Forschungsfragen

- Verfügbarkeit der Fläche, Statik der Dächer
- Innovative Hydraulik- und Kontroll-Konzepte
- Kollektorentwicklung (Verlustverringering, Temperaturunabhängigkeit, Kostenreduktion)
- Intelligentes Speicherdesign und -management (Lastkurve Produktion, Lastkurve Solar)
- Integration Schemen für verschiedene Subsektoren
- Software für Integration und Simulation großer Anlagen
- Neue Prozesstechnologien um Solarthermie-Potential zu erhöhen



Vielen Dank

Christoph Brunner

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC)
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19
f.mauthner@aee.at
AUSTRIA

