



Zukünftige Prozesstechnologien für neue solarthermische Anwendungen

Bettina Muster

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19
AUSTRIA

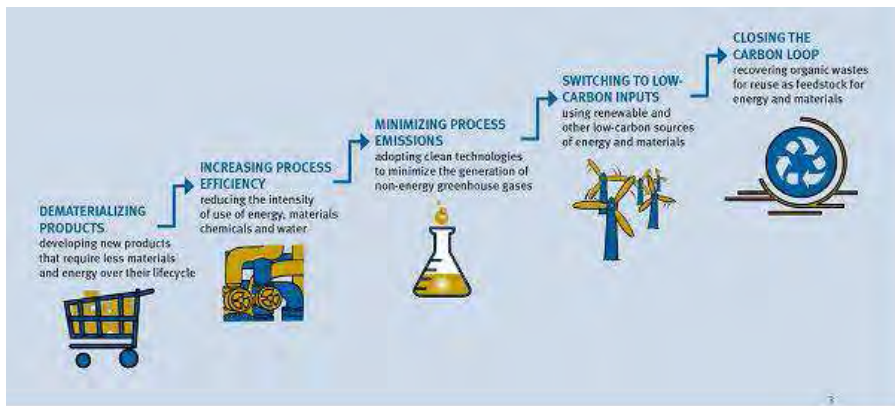


Überblick

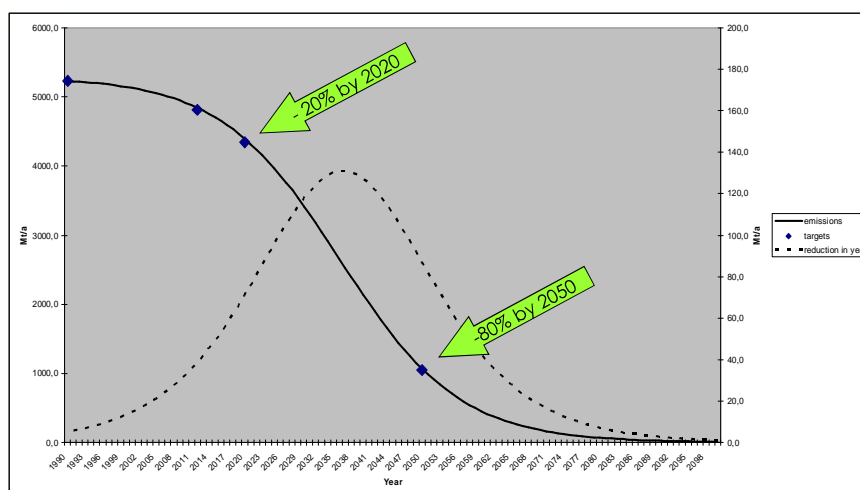


- **Prozessoptimierung als Baustein in der methodischen Vorgehensweise zu Solarintegration**
- **Notwendigkeit an neuen Technologien? Prozessintensivierung**
- **Strategien für verbesserte Einbindung von Solarthermie**

➤ Energieeffizienzschritte zentral wichtig



Source: UNIDO 2010



Schnitzer, TU Graz

Optimierungen in der Industrie

➤ Wo sind Optimierungen sinnvoll?

⇒ Detailliertere Analyse der einzelnen Bereiche nötig



Optimierungen in der Industrie

➤ Welche Optimierungen sind sinnvoll?

➤ Vielzahl an Maßnahmenkatalogen

⇒ IPPT Best Reference Documents

⇒ Manuals und Maßnahmenkataloge aus Projekte

	3.3.3	Chillers and cooling systems	174	report	Estimated
	3.4	Cogeneration	176		review start
	3.4.1	Different types of cogeneration	176		
	3.4.2	Trigeneration	184		
	3.4.3	District cooling	187		
	3.5	Electrical power supply	190		
	3.5.1	Power factor correction	190		
	3.5.2	Harmonics	192		
	3.5.3	Optimising supply	193		
	3.5.4	Energy efficient management of transformers	194		
	3.6	Electric motor driven sub-systems	196		
	3.6.1	Energy efficient motors (EEMs)	200		
	3.6.2	Proper motor sizing	201		
	3.6.3	Variable speed drives	202		
	3.6.4	Transmission losses	203		
	3.6.5	Motor repair	203		
	3.6.6	Rewinding	203		
	3.6.7	Achieved environmental benefits, Cross media effects, Applicability, and other considerations for electric motor ENE techniques	204		
	3.7	Compressed air systems (CAS)	206		
	3.7.1	System design	212		
	3.7.2	Variable speed drives (VSD)	214		
	3.7.3	High efficiency motors (HEM)	216		
	3.7.4	CAS master control systems	216		
	3.7.5	Heat recovery	220		
	3.7.6	Reducing compressed air system leaks	221		
	3.7.7	Filter maintenance	222		
	3.7.8	Feeding the compressor(s) with cool outside air	224		
	3.7.9	Optimising the pressure level	226		
	3.7.10	Storage of compressed air near high-demanding uses	228		
	3.8	Pumping systems	228		
	3.8.1	System and equipment maintenance	228		

Methodische Vorgehensweise

➤ → **Herausfinden von Maßnahmen erfordert methodische Vorgehensweise**

		<ul style="list-style-type: none"> Decide if potential for a solar process heat system is given
4	Company visit	<ul style="list-style-type: none"> Get overview of production site, heat consumers, and heat supply system together with responsible technical staff of company Find out about future plans and strategy of the company Collect, draw and discuss sketches (production flow, possible integration points, roof area, location for storages, etc.) with technical staff
5	Analysis of status quo	<ul style="list-style-type: none"> Crosscheck gathered data with available benchmarks Draw energy balance and flow sheet of production, try to estimate energy consumption of single production sections or processes <p><i>Actual depth of this analysis is based on available data and resources of auditor</i></p>
6	Process optimization & energy efficiency	<ul style="list-style-type: none"> Check heat recovery potential within utilities (supply of heat, cold, compr. air) Investigate energy saving potential for processes (installations, control, etc.) <p><i>Effort and depth of this step is based on the knowledge and resources of auditor</i></p>
7	Identification of integration points	<ul style="list-style-type: none"> Apply the following criteria to all production processes with heat demand: temperature level, load profile, amount of thermal energy consumed, effort for integration, sensitivity to changes, and possible solar fraction Rank heat consumers based on these criteria
8	Analysis of integration points	<ul style="list-style-type: none"> Identify suitable collector type, necessary area and storage volume, proposed solar fraction and yield, overall costs (solar heating system, integration and installation) for the integration points of your ranking from prior step Compare technical and economical facts of your ranking Create short report with overview of most suitable integration points <p><i>Analysis can be done by simulations or estimative figures</i></p>
	Discuss possibilities for solar process heat system with company	

Graz, 18. April 2013

Identifikation möglicher Solar-Integrationspunkte

Integration Guideline - IEA SHC Task 49/IV

IEA SHC TASK 49/IV

Integration Guideline

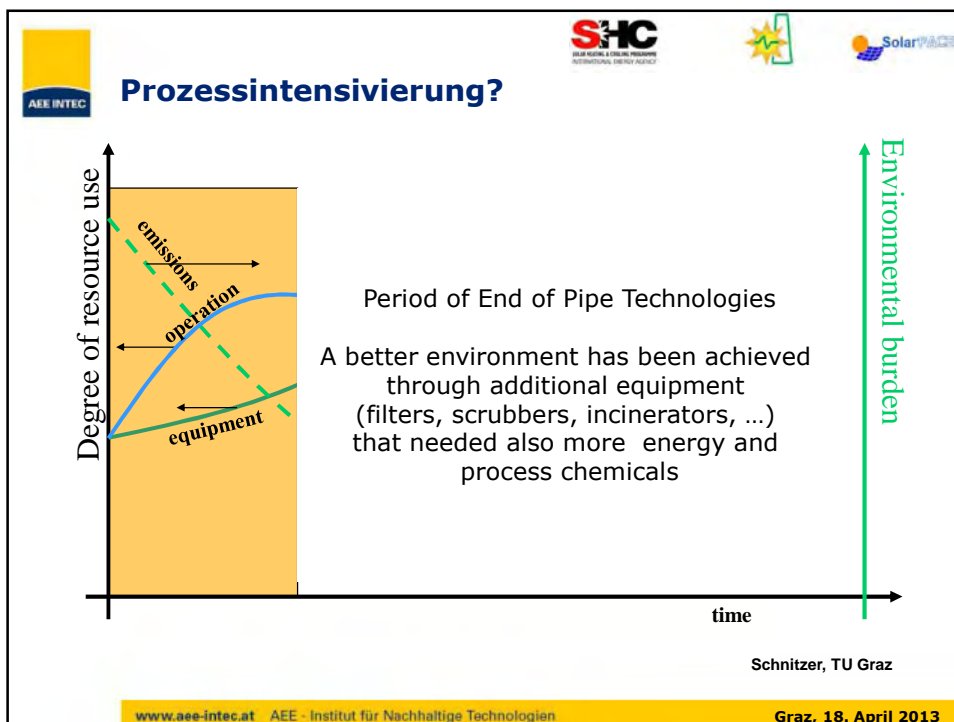
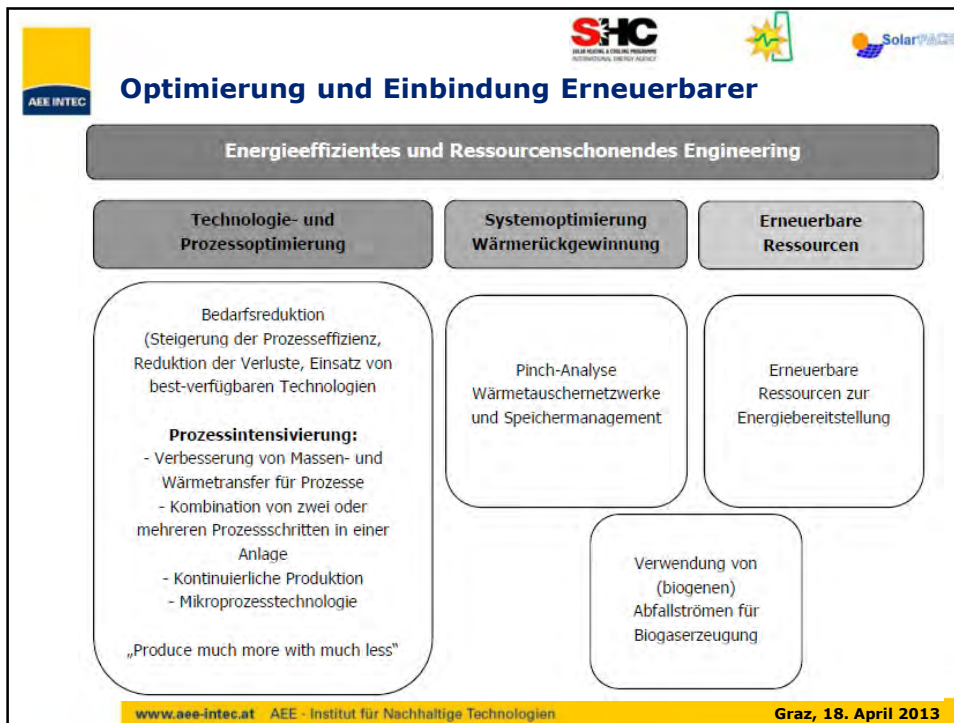
Guideline to solar planners, energy consultants and process engineers showing the general procedure for integrating solar heat in industry, basic steps for identifying suitable integration points and available integration concepts.

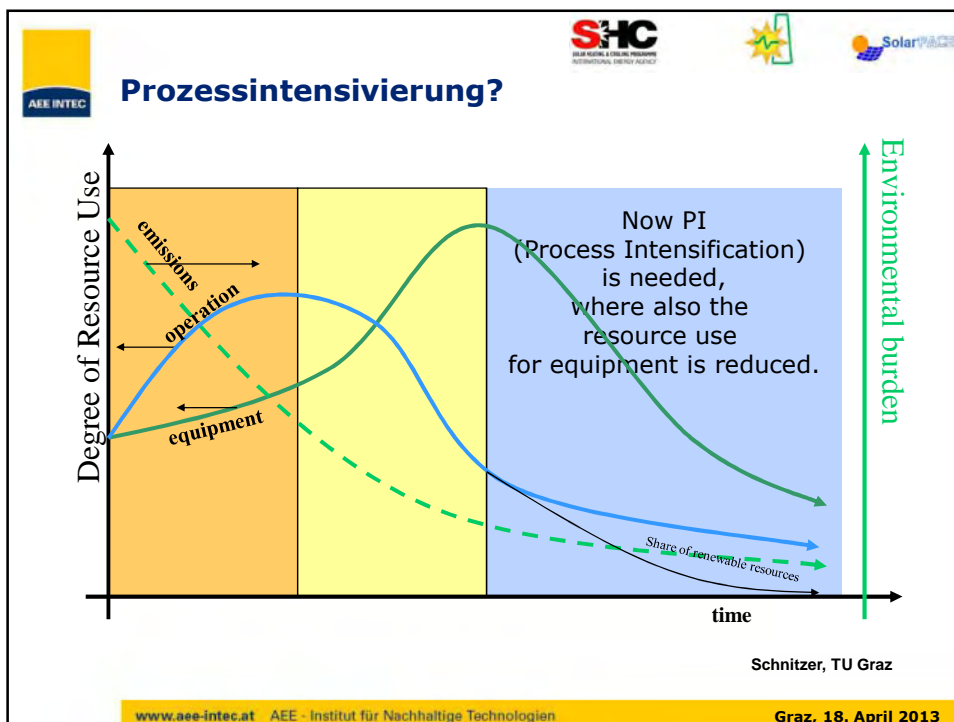
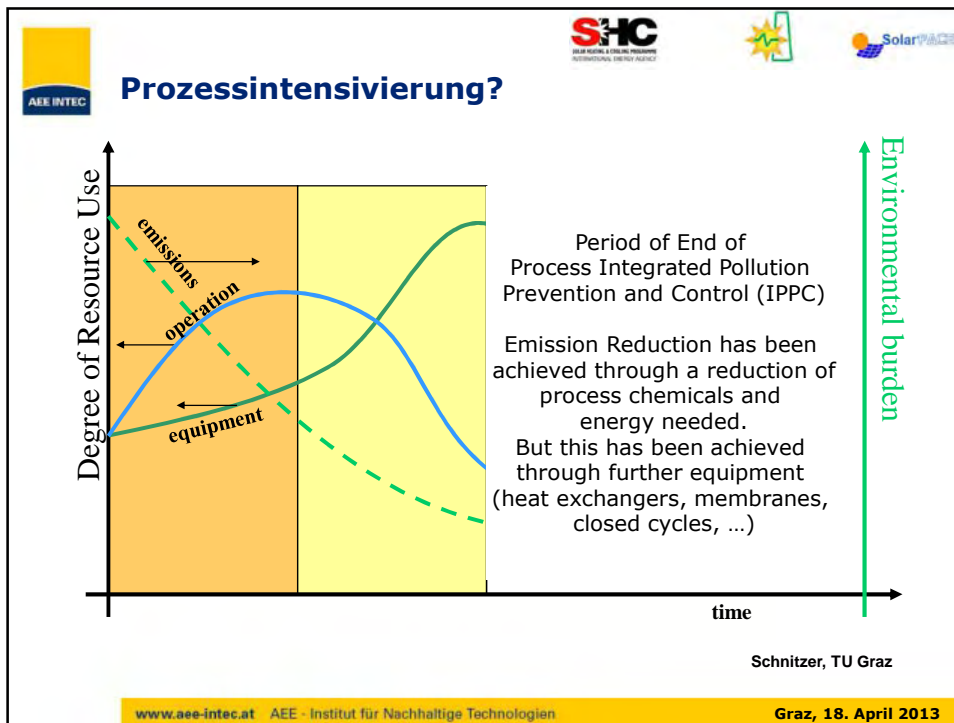
Authors: Bettina Muster, Bastian Schmitt, Pieter Krummenacher, Annsabell Helmke, Eyal Ben Hasane

This Guideline has been developed based on meetings and discussions of several experts. The authors therefore thank the all contributors for their scientific input, and the following experts for their reviews (in alphabetical order):

Christoph Brunner, Marco Calderini, Stefan Herl, Christoph Lauterbach, Detlev Sedler, Franz Mauthner, Sandrine Poloux-Payer, David Nelly

Graz, 18. April 2013







Prozessintensivierung – Mischen und Wärmeübergang



➤ Traditionelle Prozesstechnologien

- **Rührkesseln mit Wandheizung**
- **Tunnelpasteure / Kammerpasteure**
- **Autoklaven**
- **Plattenwärmetauscher**
- **Etc.**



G. Agricola, *De Re Metallica*, 1556



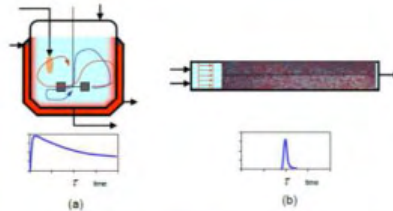
Chemical Process Industry, 2006

- **THIS IS NOT THE WAY TO BOOST EFFICIENCY**
- **PROCESS INNOVATION IS CLEARLY NEEDED**

Stankiewicz, TU Delft

Warum Änderungen von Prozesstechnologien?

- **Von Batch-Prozessen zu kontinuierlichen Prozessen**
 - **Hohe Prozesseffizienz, kleine Verweilzeitverteilung, strukturierte Prozesse**
 - **Gute Prozesskontrolle**
 - **Geringe Energiedichten (keine Spitzen im Heiz/Kühlbedarf)**
 - **Geringerer Reinigungsbedarf**
 - **Geringere Energieverteilungsverluste durch kontinuierlichen Bedarf**



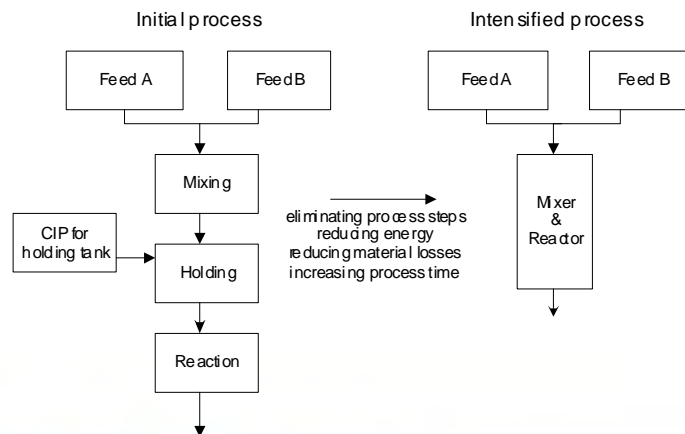
Warum Änderungen von Prozesstechnologien?

- **Verbesserter Wärme- und Massentransfer**

Wärmetauscher/ Reaktor	Spinning Disk	kompakter multifunktionaler Wärmetauscher- reaktor (mit versetzten Rippenrohren)	Platten- wärmetauscher	Oszillierender Rohrreaktor	Rohrreaktor	Batch betriebener Rührkessel mit externem Wärmetauscher	Batch betriebener Rührkessel mit Wand-beheizung
Schema							
Wärmetransfer- koeffizient W/m^2K	15000 [1]	5000 [2]	2000-4000 [3]	1500-2500 [4a]	500 [5]	1000 [5]	400-800 [5,b]
spezifische Wärmetauscher- flächen m^2/m^3		800 [2]		400 [4b]	400 [5]	1,0 [5]	2,5 [5]
Größenordnung der Verweilzeit	Sekunden	Sekunden - Minuten	Sekunden - Minuten	Minuten - Stunden	Sekunden - Minuten	Minuten - Stunden	Minuten - Stunden

Warum Änderungen von Prozesstechnologien?

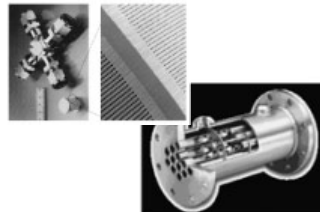
- **Prozesssynergien: Größenminimierung, verbesserter Wärme- und Massentransfer, weniger Reinigung...**



PI Technologien?

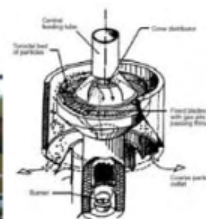
Verbesserung von Wärme/Massentransfer

- **Passive Verbesserung durch Einbauten, größere Oberflächen etc.**



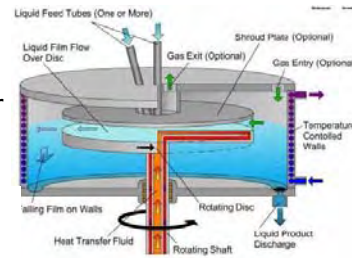
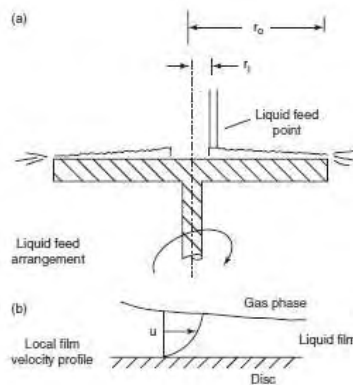
- **Aktive Verbesserung durch Rotation, Oszillation, elektromagnetische Effekte etc.**

(Chemineer Inc.; in Anxionnaz, 2008)

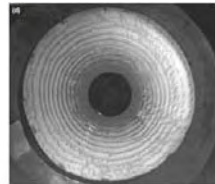


Beispiel Rotation - Spinning disc

- Theoretischer k Wert
43 kW/m²K;
typischerweise 5-20 kW/m²K
- Sehr effektiv für Massentransfer
zw. Gasen & Flüssigkeiten



C. Ramshaw, in: *Re-Engineering the Chemical Processing Plant*, Marcel Dekker, 2003)



Graz, 18. April 2013

Beispiel Rotation

GASTRAN SYSTEMS DEAERATOR

The deaerator (upper right of facility) uses a rotating packed bed at a PepsiAmericas plant in Austin, USA, in conjunction with vacuum operation to remove dissolved oxygen – deaerating the water to canning or bottling lines.

Gets down to 0.3-0.6 ppm, lower than current deaeration practice, with less energy use, no CO₂ or N₂, allowing consistent drink carbonation.



Beispiel Rotation

CUSTARD MAKING ON A SPINNING DISC



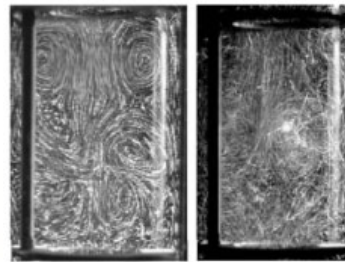
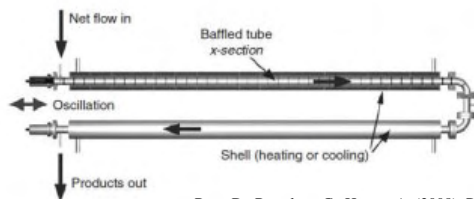
1-2 seconds residence time, 10 l/h feed at centre. 1000rpm. 150 deg. C disc surface T, diam. 100mm
Leeds tested ice cream too.

Scale up to a 500mm disc could give 250 l/h



Beispiel Oszillation - OBR

- Medium zwischen den Reaktoreinbauten strömt turbulent (Re 1000-2000), Fließgeschwindigkeit insgesamt laminar (Re 50-200)
- Fließgeschwindigkeit von der Verweilzeit entkoppelt
- Hohe Wärmetransferraten und ideale Durchmischung
- Hohe Massentransferraten



Reay D., Ramshaw C., Harvey A. (2008): Process Intensification - Engineering for efficiency, sustainability and flexibility.

Mischen und Wärmeübergang

➤ Vielzahl an Beispielen für „PI“ Technologien

Technology / Unit Operation	pasteurization	sterilization	cooking	heating/ reaction
HEX reactors				
compact HX (plate HX; extended surface HX)	x	x		x
inserts (offset strip fins; metallic foams; vortex generators)				x
Spinning disc				x
ultrasound	x	x	x	x
PDX			x	x
microchannel reactors				x
static mixers in shell and tube HX				x
oscillatory flow reactors				x
ohmic heating	x	x		x
microwave heating	x	x	x	x
IR heating	x			
RF heating	x	x	x	x
UV irradiation/Pulsed Light	x	x		
Pulsed Electric Field	x	x		
High Hydrostatic Pressure	x	x		

Energieeinsparungen in der LM Industrie

ENERGY SAVING DUE TO PI - FOOD & DRINK SECTOR

SOME PI TECHNOLOGIES

- Multi-functional equipment
- Micro/milli reactors
- Oscillatory baffled reactors
- Electrical enhancement (Microwaves, ultrasound)
- High gravity (e.g. Spinning disc; rotating packed bed)
- Compact heat exchangers (CHEs)

APPLICATIONS & ENERGY SAVING*

- Drying & crystallisation 10% of total (3-5 PJ)
- Ingredients etc. 1 PJ
- Drying 5%; product processing 10%. Total 2-3 PJ
- Emulsification/mixing – 10-20% Total 0.5 PJ/a (Neglects deaeration etc.)

*Saving per annum

Strategien der Prozessintensivierung mit Auswirkung auf die Solarintegration

Strategien für verbesserten Wärmeübergang:

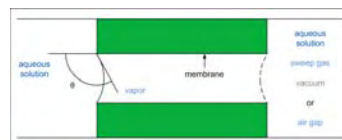
- Vergrößerung von WT Flächen
- Höhere Wärmetransferkoeffizienten
- Höhere Temperaturgradienten
- Energieversorgung ohne thermische Gradienten.

Wärmetauscher/Reaktor	Spinnig (3x3)	kompakter multifunktionaler Wärmetauscher/Reaktor (mit versetzten Rippenrohren)	Plattenwärmetauscher	Özillierender Rohrreaktor	Rohrreaktor	Batch betriebener Füllkessel mit Wärmetauscher	Batch betriebener Füllkessel mit Wärmebelegung
Schemata							
Wärmetransferkoeffizient W/m ² K	15000 [1]	5000 [2]	3000-4000 [3]	1500-2500 [4a]	500 [5]	1000 [5]	400-800 [5,6]
spezifische Wärmetranserfläche m ² /m ³		800 [2]		400 [4b]	400 [5]	10 [5]	3-5 [8]
Erfüllungszeit/Verweilzeit	Sekunden	Sekunden-Minuten	Minuten-Minuten	Minuten-Stunden	Sekunden-Minuten	Minuten-Sekunden	Minuten-Stunden

Strategien der Prozessintensivierung mit Auswirkung auf die Solarintegration

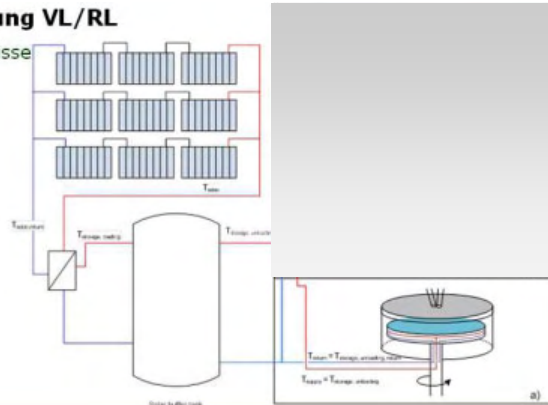
Strategien für Prozessoptimierung durch neue Triebkräfte:

- Höhere Selektivität in Trennprozessen (e.g. Membranunterstützte Verfahren statt atmosphärischer Verdampfung)
- Electromagnetische Wirkung auf Moleküle und Mikroorganismen (e.g. Wechsel von thermischer Inaktivierung von Mikroorganismen zu nicht-thermischen Verfahren, wie Mikrowellen oder pulsed electric fields)



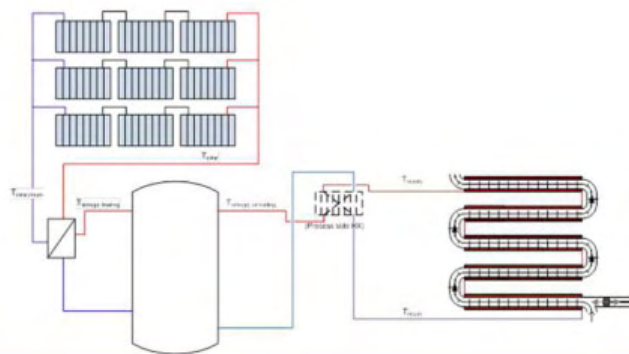
Beispiel - Solarintegration mit Spinning Disc

- **Prozess, der auf Temperatur gehalten werden muss (zB 80°C)**
- **Hoher k-Wert → geringer Temperaturgradient möglich**
 - ⇒ Positiv für Niedertemperaturkollektoren, Arbeitstemperatur nahe Prozesstemperatur möglich
- **Geringe Spreizung VL/RL**
 - ⇒ Hohe Massenflüsse

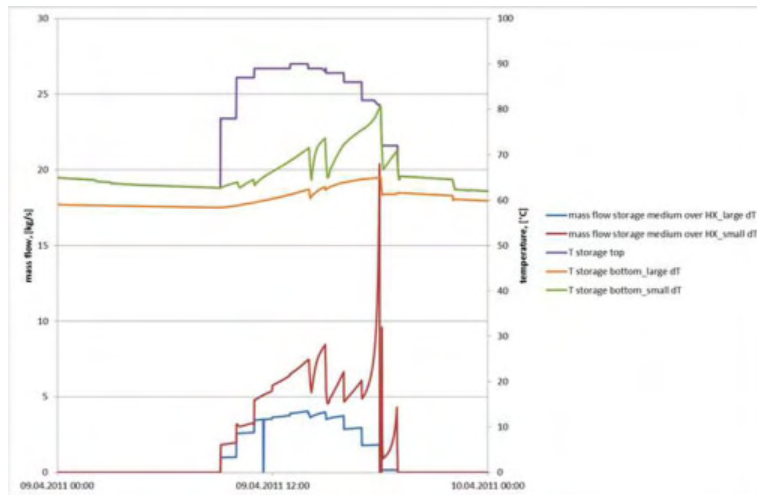


Beispiel - Solarintegration mit OBR

- **Prozess, der graduell erwärmt werden muss (zB 60-80°C)**
- **Mittlerer-hoher k-Wert → geringer Temperaturgradient**
 - ⇒ Positiv für Niedertemperaturkollektoren
- **Größere Spreizung VL/RL**
 - ⇒ Geringe Massenflüsse



Effekt des dT auf das Speichermedium



Änderungen von Prozesstechnologien

- **Hohes Optimierungspotential in Industrie (Studien zeigen bis zu >20% Einsparpotential)**
- **Einbindung von Solarthermie von Temperaturprofil des Prozesses beeinflusst**
- **Optimierungen bestehender Technologien kann auch zu sehr guter Einbindung von erneuerbarer Energie führen**
 - Adaptierung von Wärmetauschern
 - Änderungen der Prozesskontrolle
 - Änderungen von Prozesstemperaturen
 - etc.
 - → Neue Lösungen beinhalten nicht zwangsweise Nutzung neuer Prozesstechnologien



Zukünftige Prozesstechnologien für neue solarthermische Anwendungen

Bettina Muster

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19
AUSTRIA