



Wir schaffen Wissen – heute für morgen

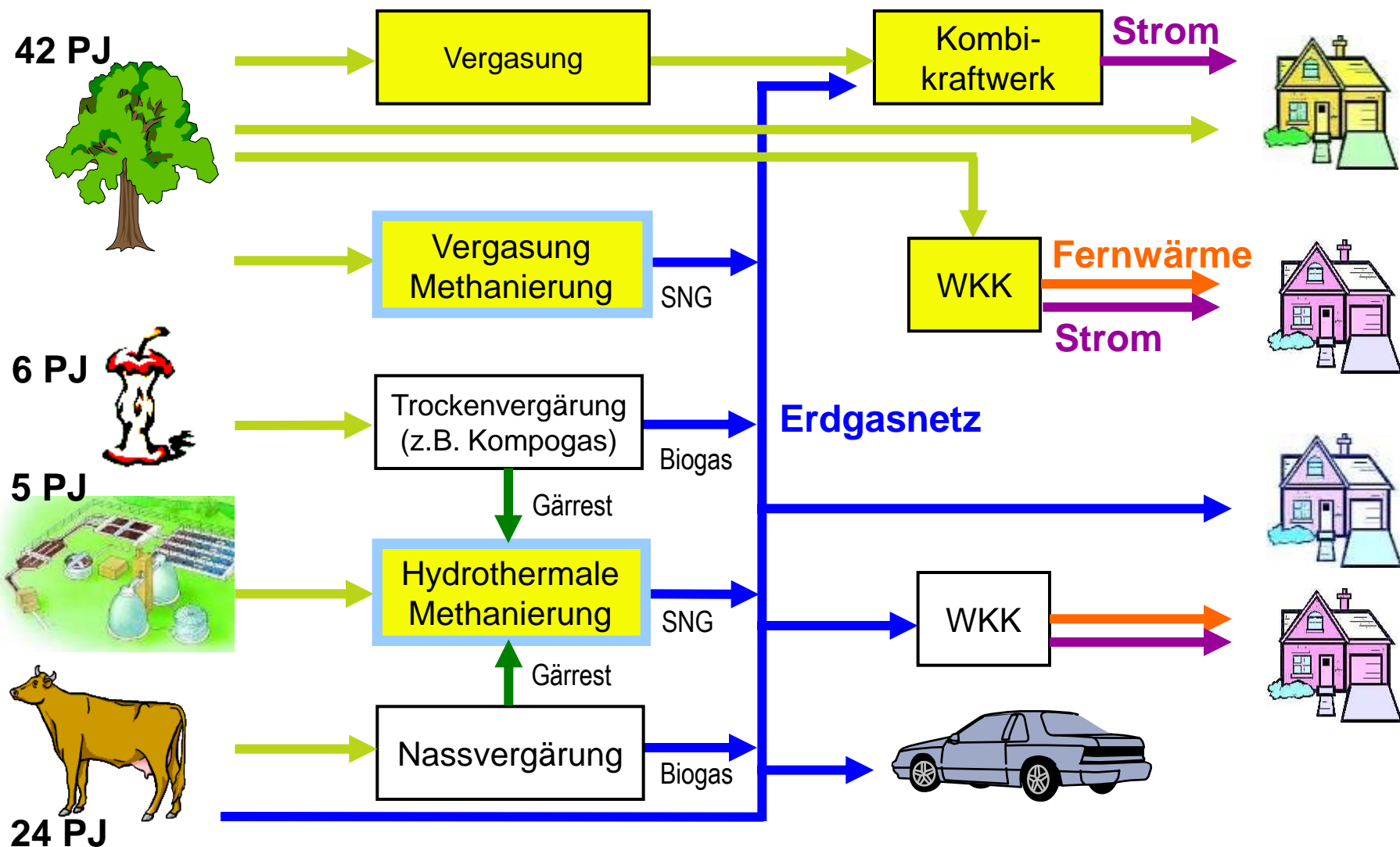
Paul Scherrer Institut

Dr. Frédéric Vogel

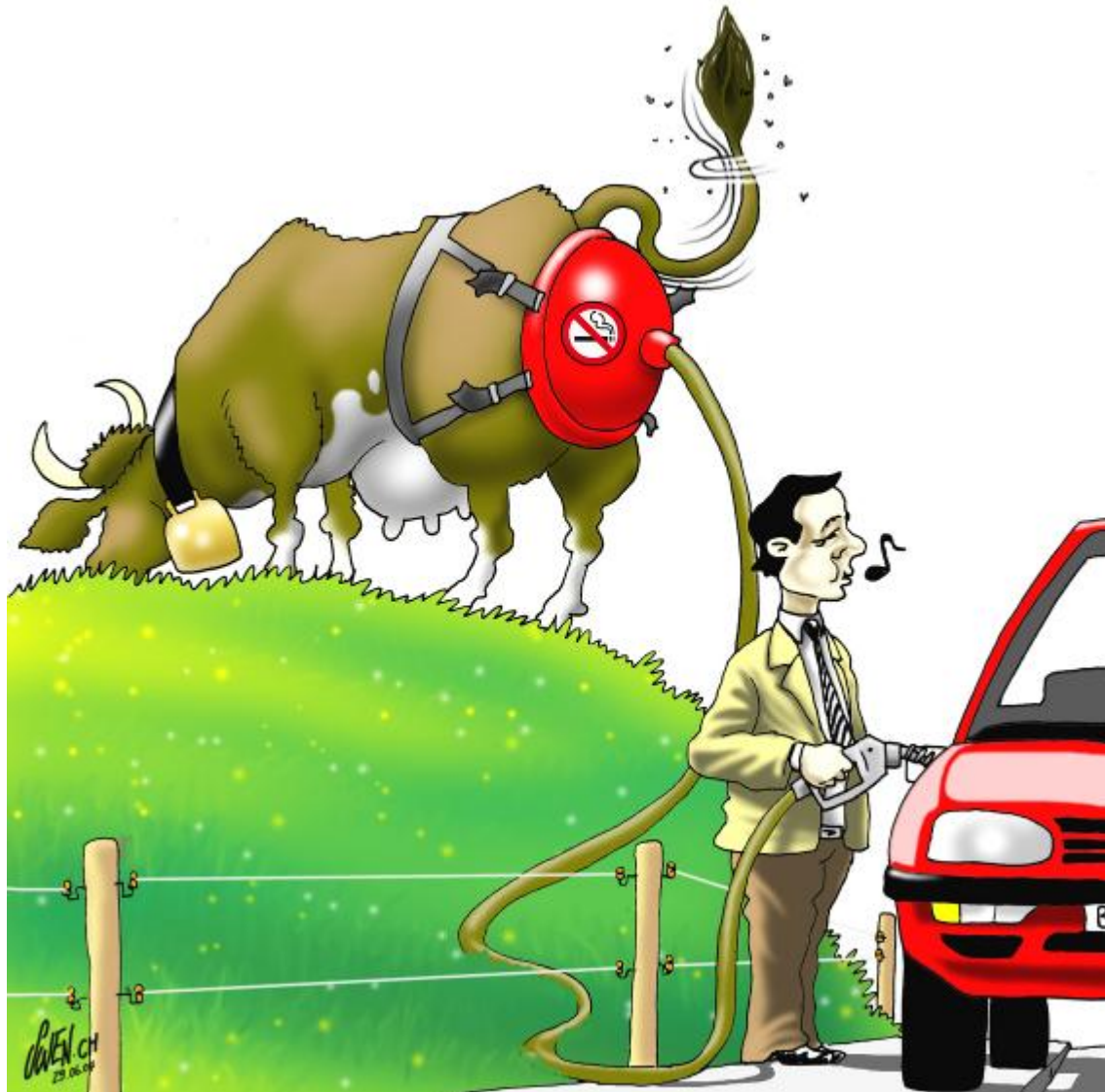
Hydrothermale Methanierung nasser Biomasse

1. Die Biotreibstoffstrategie des PSI
2. Arbeiten unter Druck: Vergasung von Biomasse in überkritischem Wasser
3. Der hydrothermale Biomethan-Prozess am PSI: Hauptergebnisse und Status

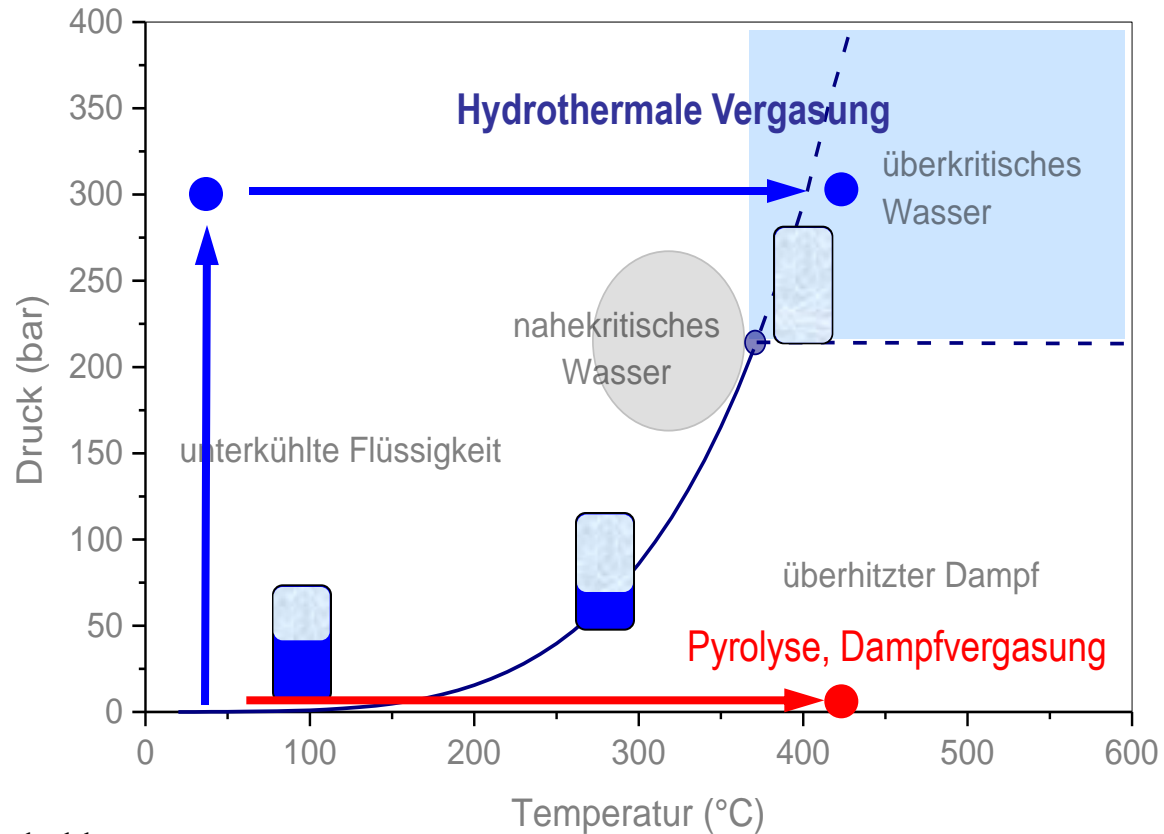
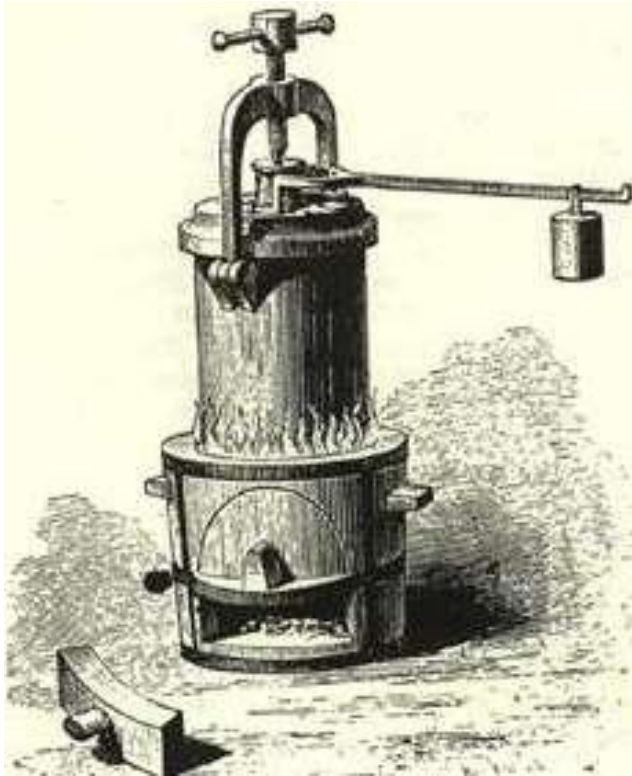
Wie kommt die Biomasse in bestehende Verteilnetze?



Wie kommt das Methan in den Tank?



Dampfkochtopf von Denis Papin (1679)



Quelle: <http://staugustin.de/sites/staugustin/projekte/wdampf/apapkoch.htm>

„Hydrothermal“ bedeutet Umsetzung in Wasser unter Druck (ca. 50-400 bar) und Temperaturen von ca. 200-600°C.

0.1 MPa N_2 or $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, 500°C



Pyrolysis oil
(= mixture of tars and water)

+ char and gases

15 MPa $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, 340°C

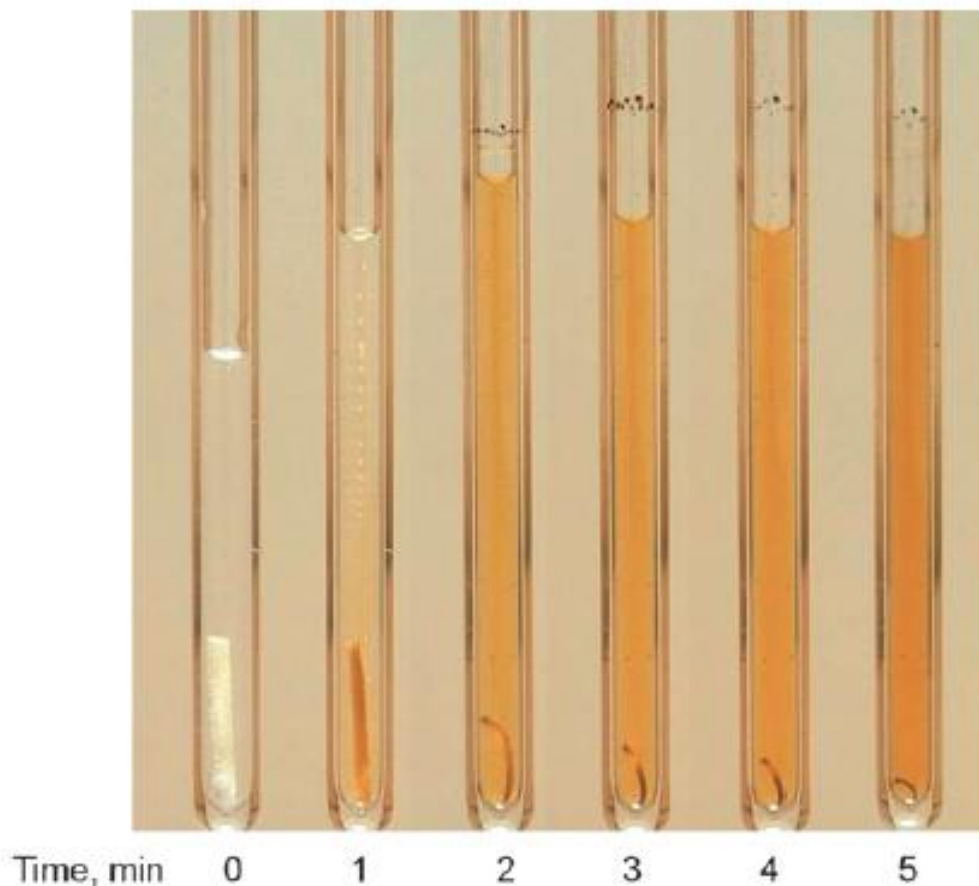


Fig. 15 Wood liquefying in water at 340 °C. Courtesy of Professor W. P. M. van Swaaij of the University of Twente; used with permission.

(from Peterson et al., EES 2008, 1, 32-65)

Super-Dampfkochtopf + Katalysator = Wasser + Gas!

ohne Katalysator



- ⇒ Nur 21% Gas aus dem Holz gebildet.
- ⇒ Kaum Methan gebildet
- ⇒ Starke **Teer-** und **Koks**bildung



Autoklav (= Super-Dampfkochtopf):
410°C, ca. 300 bar, 98 min.



Nasses Sägemehl

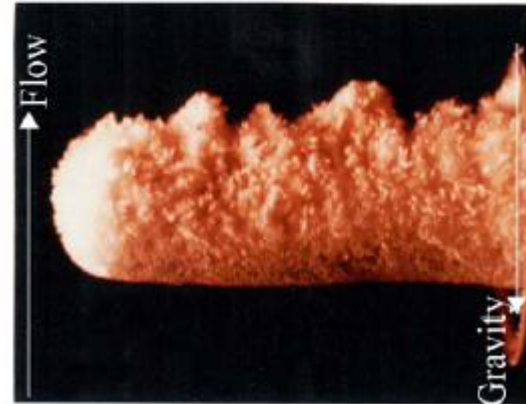
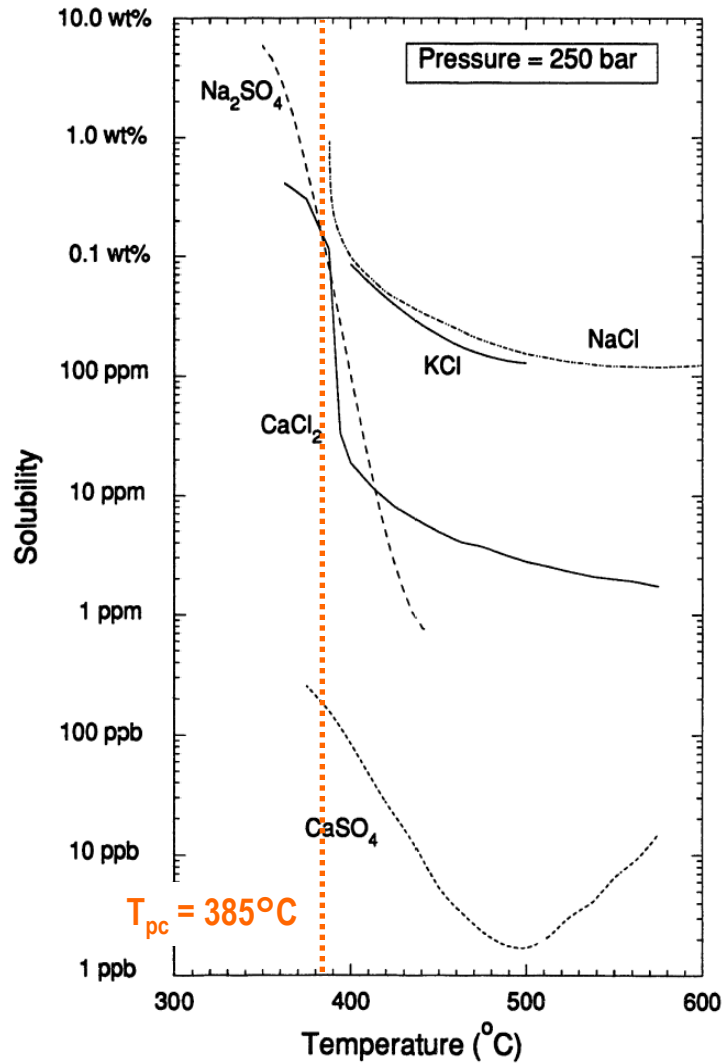


mit Katalysator



Das Holz wurde vollständig vergast!
Methan-Ausbeute: 510 L CH₄ pro kg Holz

Salt solubility in supercritical water



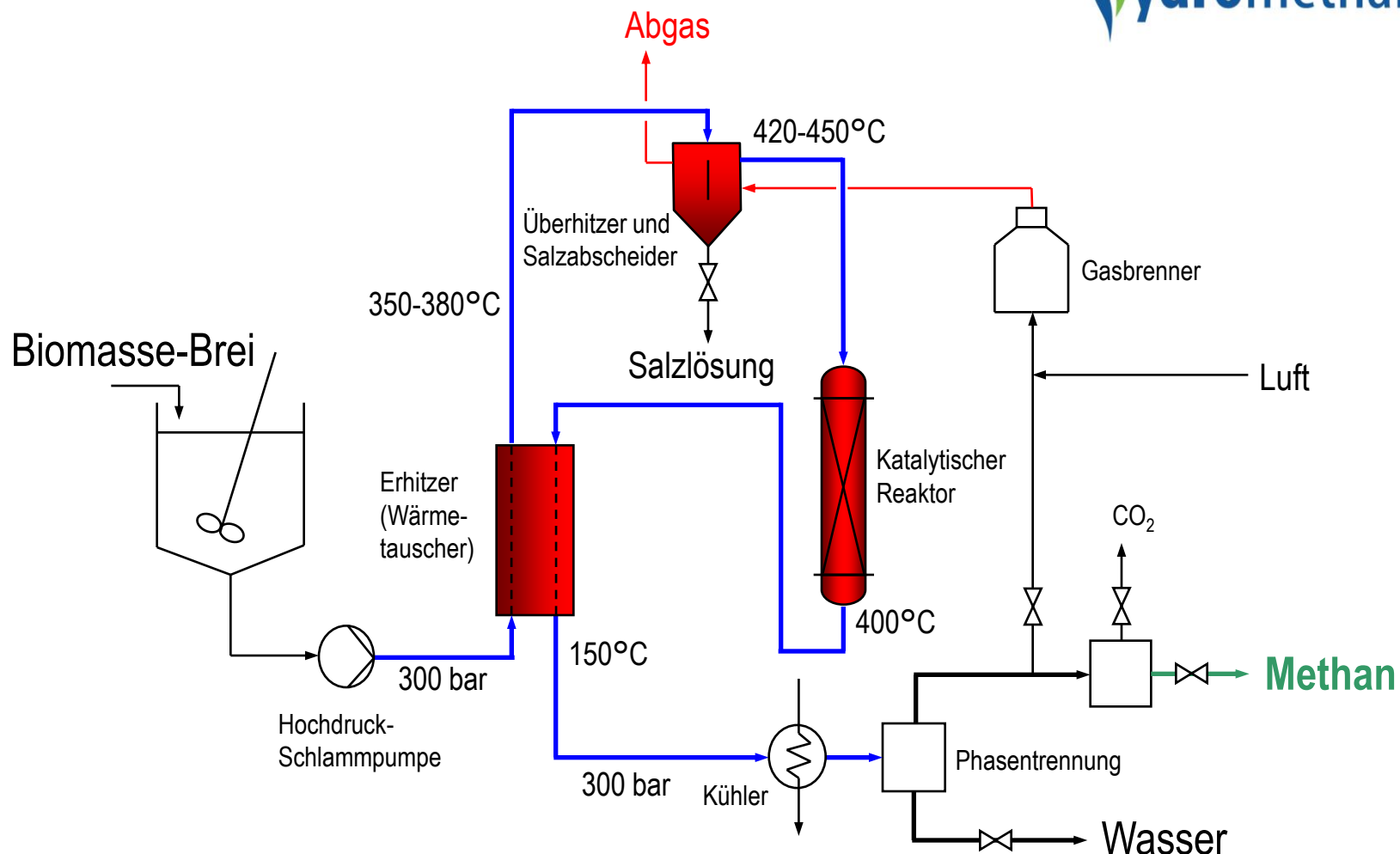
after run

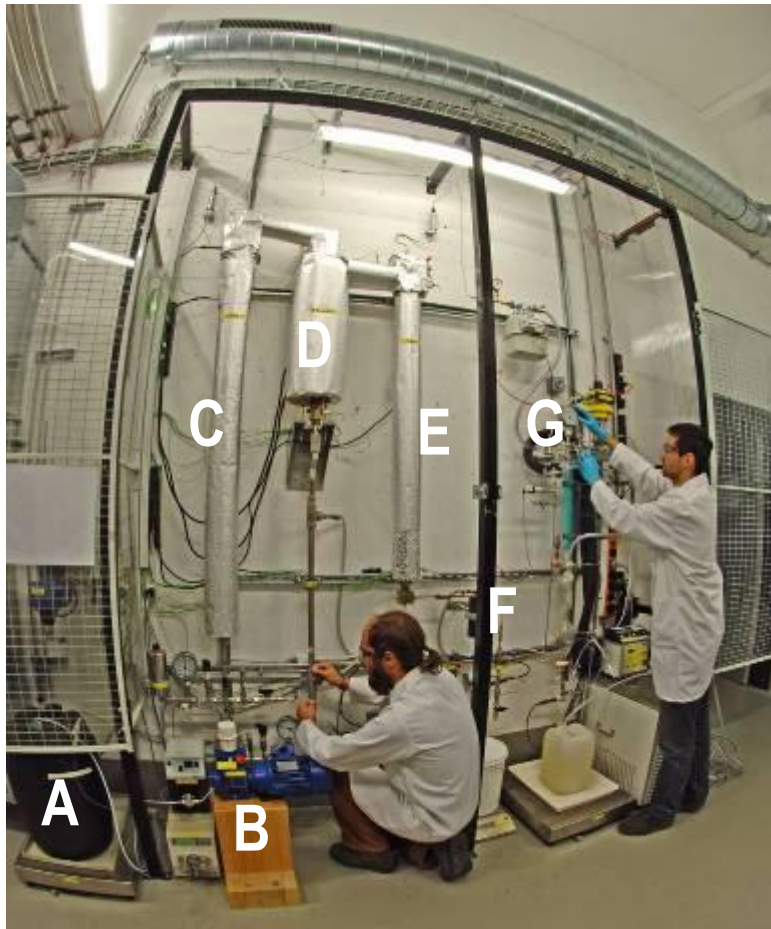


before
run

Precipitation of Na_2SO_4 from a 4 wt% solution on a „hot finger“. $T_{\text{solution}} = 356^{\circ}\text{C}$, $p = 25 \text{ MPa}$

Hodes, M. *et al.*, *JSCF* **29** (2004)



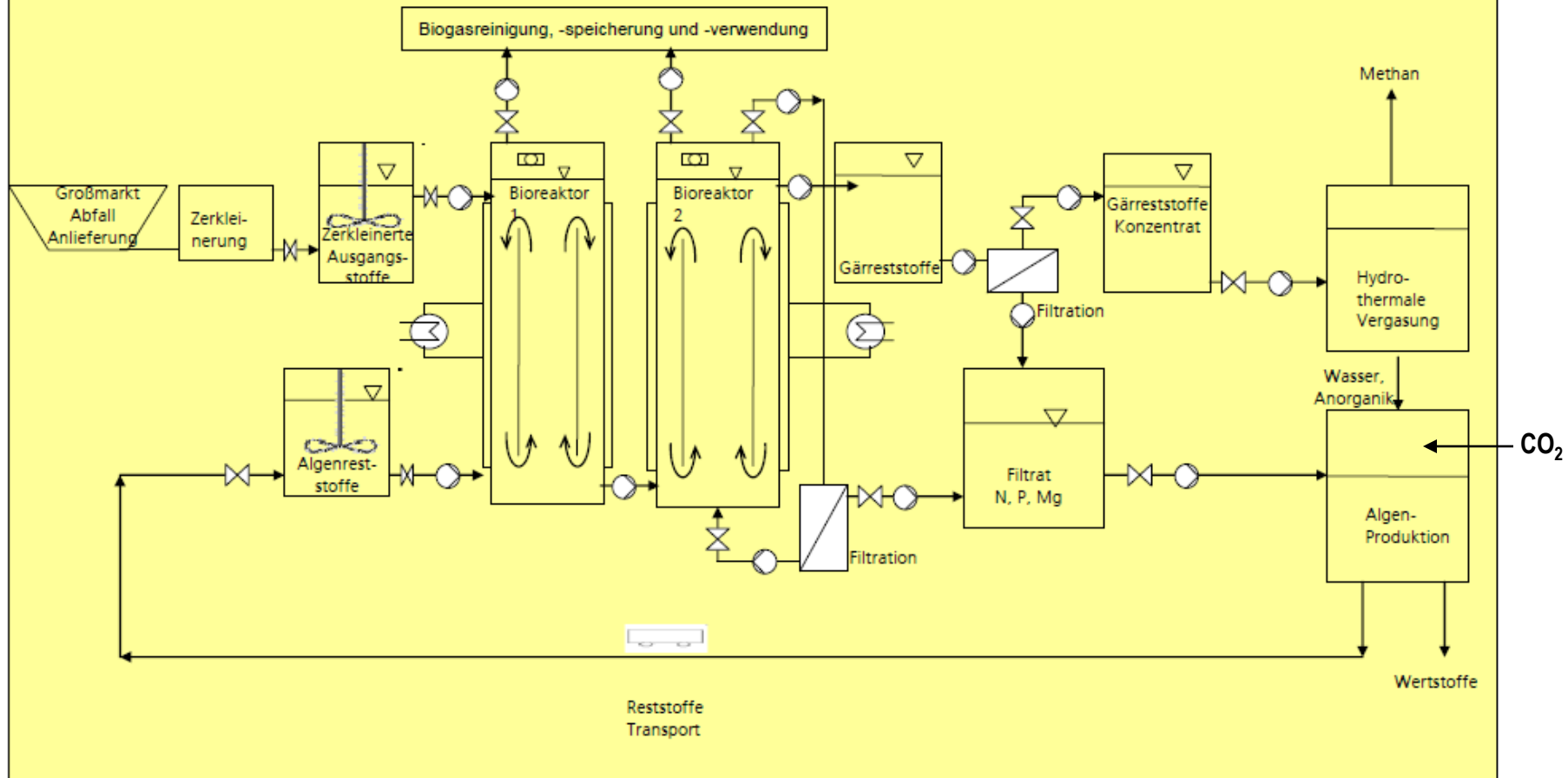


- A Feedbehälter
- B Hochdruckpumpe
- C Erhitzer (Wärmetauscher)
- D Salzabscheider
- E Katalytischer Reaktor
- F Kühler (Wärmetauscher)
- G Druckentspannung, Phasentrennung
- H Gasanalyse

Max. 1 kg/h
500°C
350 bar

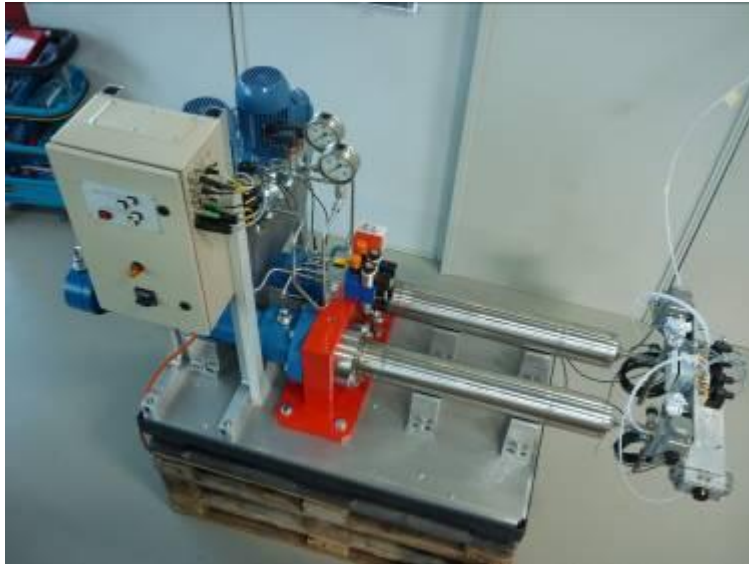


ETAMAX - Gesamtkonzept



Slurryfeeder for KONTI-2

Dissertation H. Zöhrer



The Slurryfeeder team:

E. De Boni (lead, design, assembly), S. Sonderegger (design, engineering), AMI (manufacturing), P. Hottinger (control unit), H. Zöhrer (tests)

Capacity: 1 kg/h

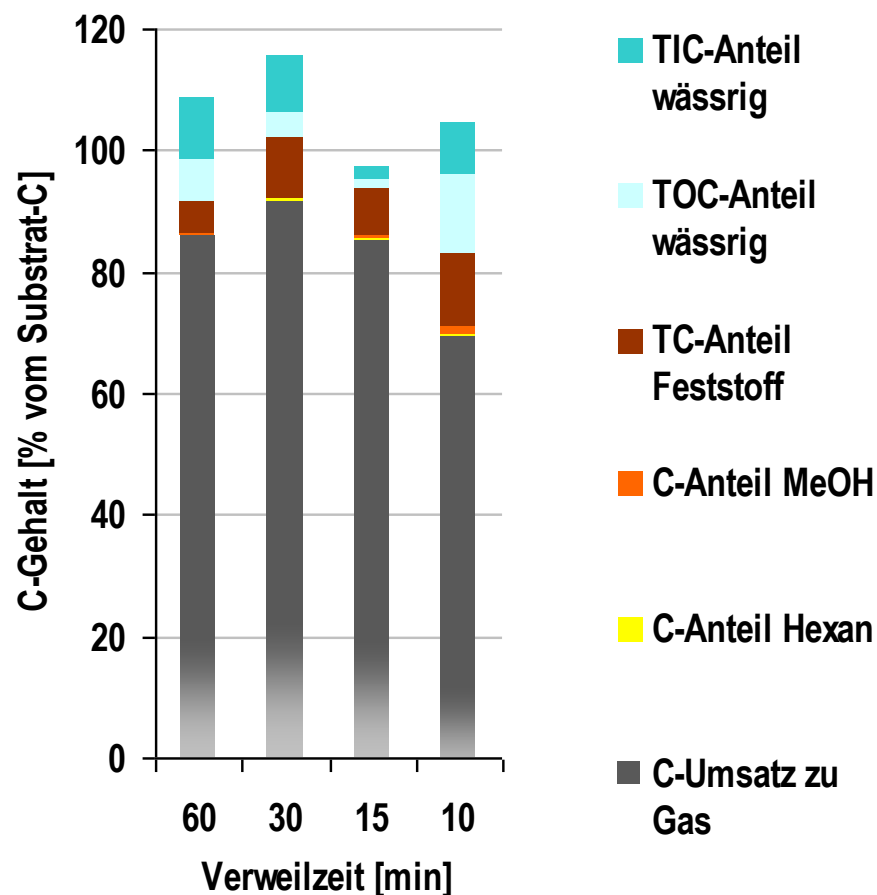
Max. pressure: 350 bar

Designed for feeding slurries up to ca. 10 wt% solids



Anaerobic digestion
residues from fruits
and vegetables
(EtaMax project)

2% Ru/C, $(415 \pm 5)^\circ\text{C}$, 60 min., Feed 8% TS



Kompogas-Presswasser (16% TS)

450°C, 60 min., ohne Katalysator

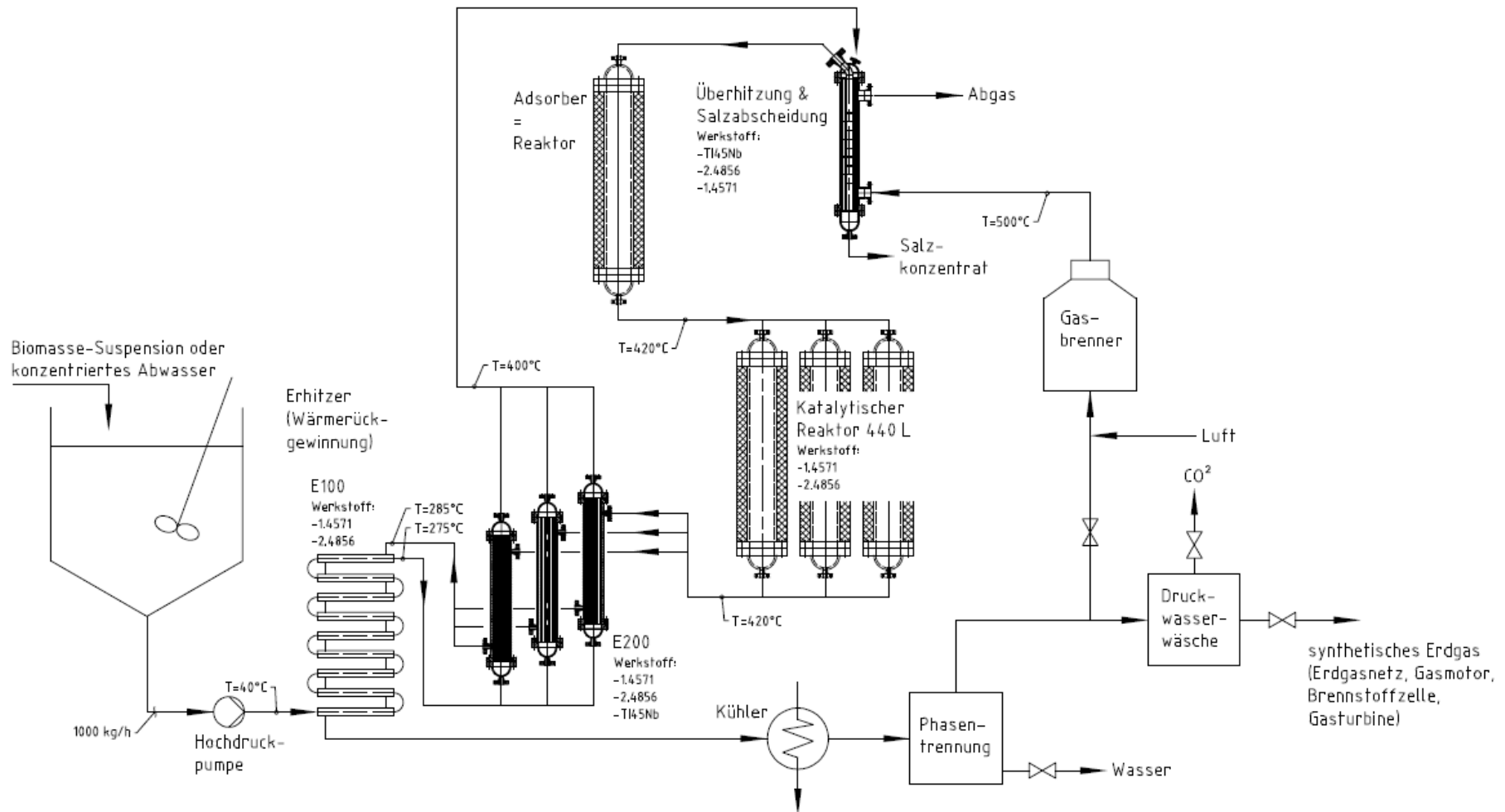


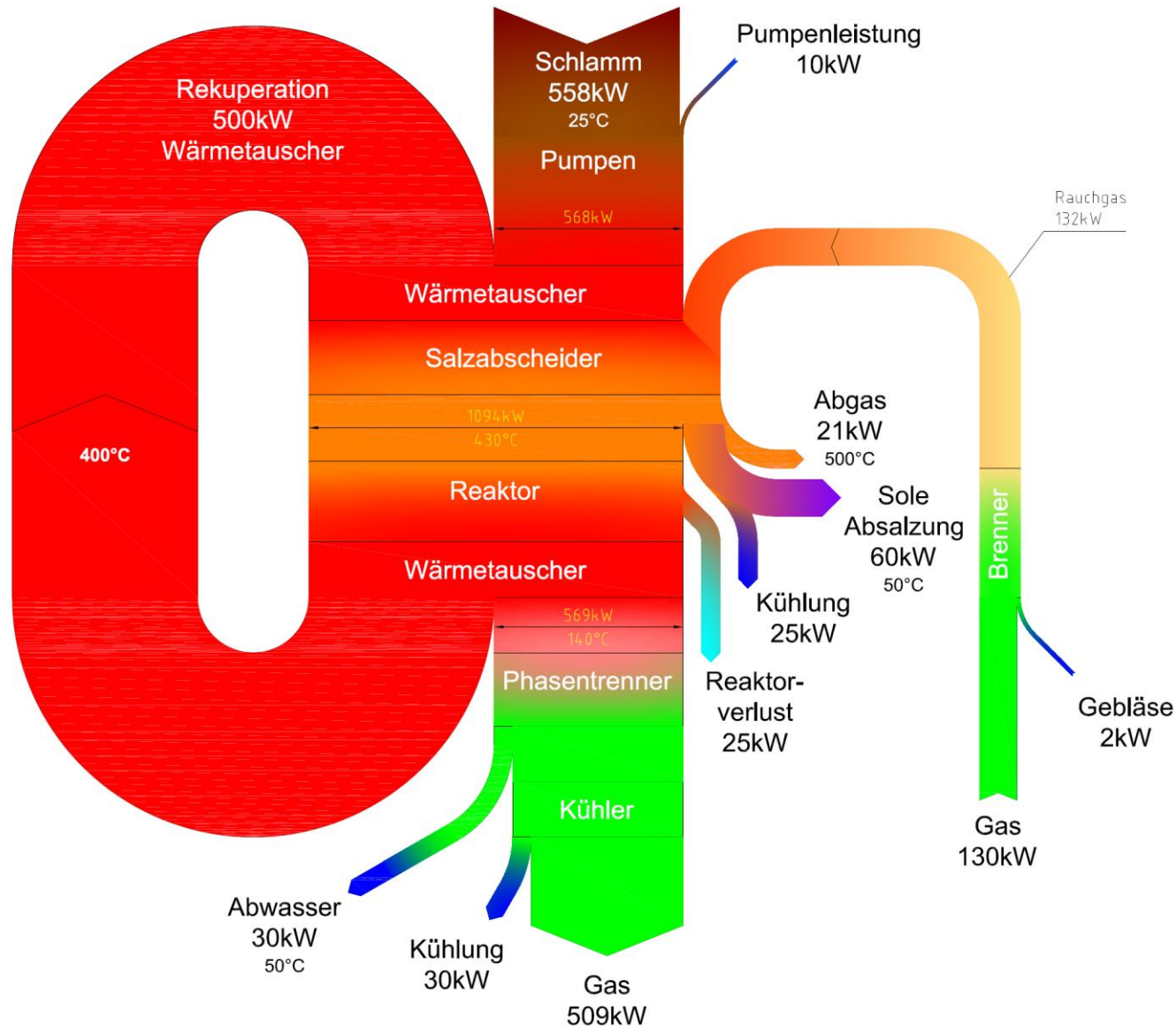
450°C, 60 min., mit Katalysator



- The spin-off company **Hydromethan AG** was founded in May 2010 to commercialize PSI's catalytic hydrothermal gasification process.
- Goal: Demo plant with a capacity of 1 t/h in Switzerland by 2013
- Size range of commercial plants: ca. 3-30 MW_{biomass}
- Focus of Hydromethan AG is on waste biomass with negative costs (e.g. sewage sludge)
- Advantages:
 - Full conversion of organic matter to SNG (including woody biomass)
 - Recovery of nutrients as a concentrated brine
 - High net process efficiency biomass-to-SNG of 60-70%
 - SNG can be obtained directly at high pressure (up to 300 bar)
 - Allows processing of a wide range of low-cost wet feedstocks and residues
- Prerequisite: pumpable feed with a minimum of ca. 10 wt% of organic matter

Durchsatz: 1 t/h nasse Biomasse mit einem TS-Gehalt von ca. 20%



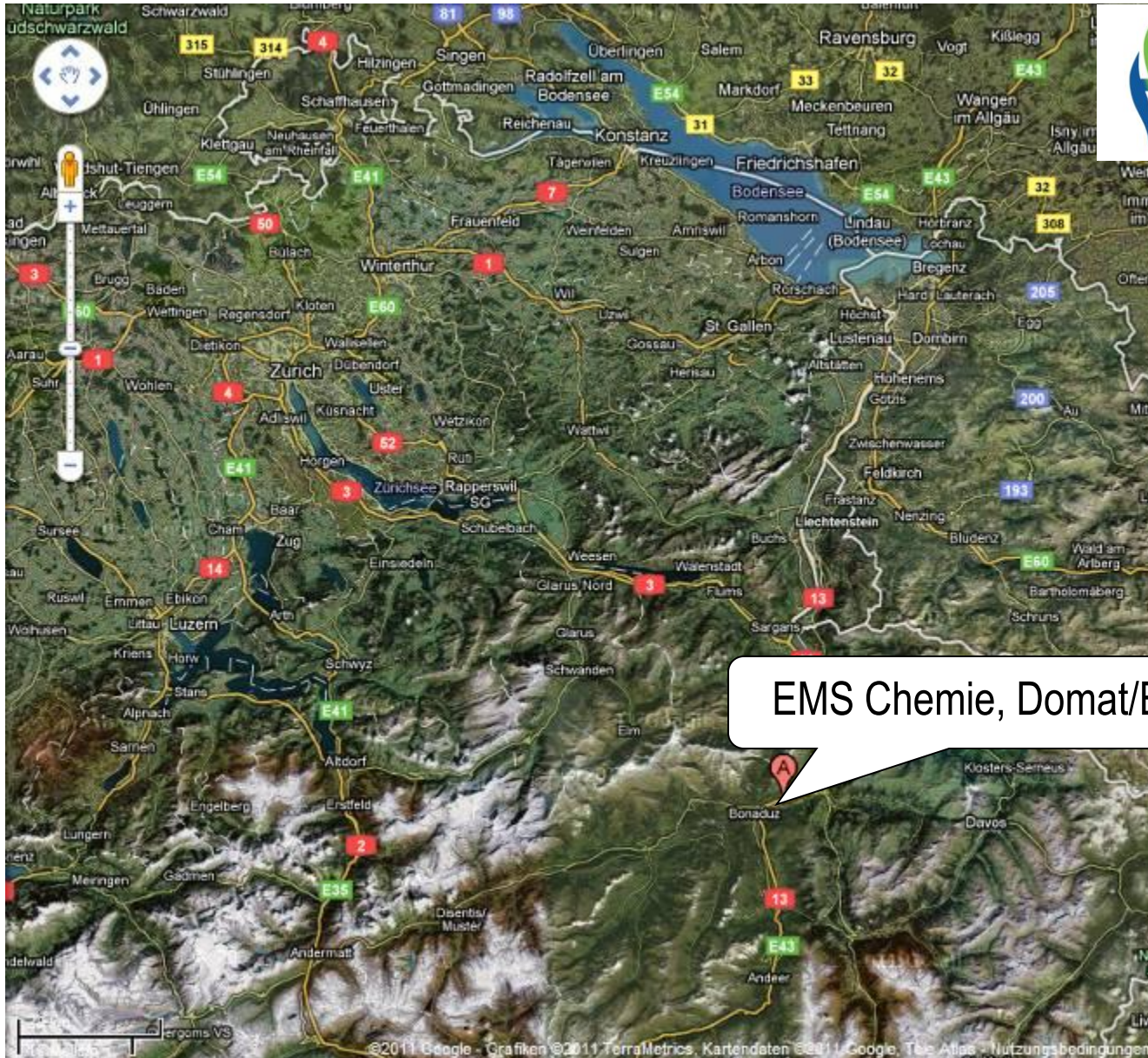


Erster Standort: Frutarom AG (Kräuterabfälle + Klärschlamm)




Frutarom AG, Wädenswil

Zweiter Standort: EMS Chemie (industrieller Klärschlamm)



EMS Chemie, Domat/Ems

- Engineering-Studie (technische Machbarkeit), finanziert durch Swisselectric Research, wurde erstellt. Verbleibende Hürden wurden erkannt.
- Benötigte Investitionen: ca. 10 MCHF inkl. Inbetriebnahme und 2jährigem Pilotbetrieb
- Businessplan und Finanzierung: in Arbeit, wird im 1. Quartal 2012 vorliegen
- Materialauswahl & Korrosion: in Arbeit (mit Partnern), finanziert durch BAFU
- Nächste Meilensteine: Sicherstellung der Finanzierung, definitive Festlegung des Standorts
- Wenn alles klappt, ist die Inbetriebnahme für 1. Quartal 2013 geplant.

- Die meisten Biomassen enthalten mehr als 50% Wasser. Dieses zu verdampfen würde viel Energie erfordern.
- Die Nutzung nasser Restbiomasse (“Abfallbiomasse”) ist ökonomisch attraktiv aber technisch anspruchsvoll.
- Mit einem Ruthenium-Katalysator lassen sich in überkritischem Wasser auch nicht vergärbare Biomasse-Anteile direkt zu einem methanreichen Gas vergasen.
- Um Bio-Methan effizient und nachhaltig herzustellen, muss eine effektive Abtrennung und Rückgewinnung der Nährsalze erreicht werden. Im Idealfall stellen diese ein wertvolles Nebenprodukt dar.
- In Planung: Skalierung der hydrothermalen Vergasung auf industrielle Grösse (ca. 1 t/h), zusammen mit dem Partner  **Hydromethan AG**
- Um die Nutzenergie aus Biomasse signifikant gemäss den CORE-Zielen zu erhöhen, muss vermehrt auf effiziente Technologien gesetzt werden.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Ich beantworte gerne Ihre Fragen...

