

Nutzung industrieller Abwärme mit ORC-Anlagen Chance und Herausforderung

Dr. Thomas Bürki, Thomas Bürki GmbH, Benglen

Überblick

- Die Industrie braucht 26% der fossilen Brennstoffe in der Schweiz
- Industrielle Rechnung für fossile Brennstoffe ca. 1'500 Mio. Fr/a



Zum Einstieg: gibt es Abwärme?

- Ja und nein
- Abwärme heisst: kein WRG-Potential im Prozess/im Unternehmen mehr
→ Prozessanalyse (Prozess-Integration, Pinch-Analyse)
Pinch-Analysen werden vom Bund gefördert
- Erst dann ist Abwärme Abwärme



Schätzung

- Industrie produziert ~ 15% Kaminabwärme und ca. 20 - 25% hochwertige Abwärme; Rest diffus

■ Kamine:	225 Mio.	} 575 Mio. Fr
■ Abluft/Kühlung	350 Mio.	
■ diffus	925 Mio.	



Abwärme nutzbar?

- **Abwärme ist erst nutzbar, wenn ein Abnehmer vorhanden ist**
 - **Temperaturniveau**
 - **Menge**
 - **Gleichzeitigkeit**
 - **Distanz**
 - **....**



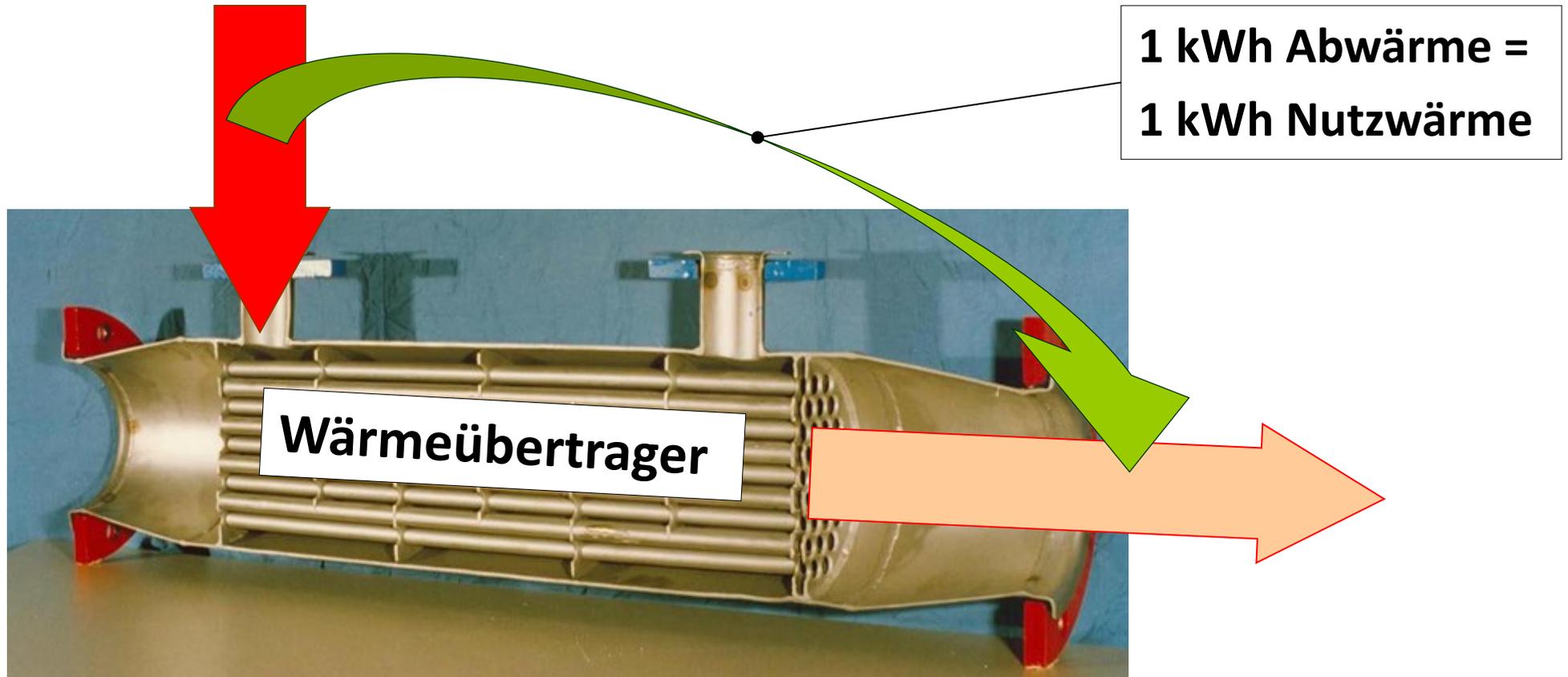
Abwärmennutzung: worauf kommt es an?

- Die Nutzung hängt vom Temperaturniveau der Abwärme und des potentiellen Nutzers ab
- Der Aufwand zur Nutzung hängt u.a. vom Medium ab, das die Abwärme enthält:
 - (Ab)Wasser
 - Abluft
 - Abgas
 - ...



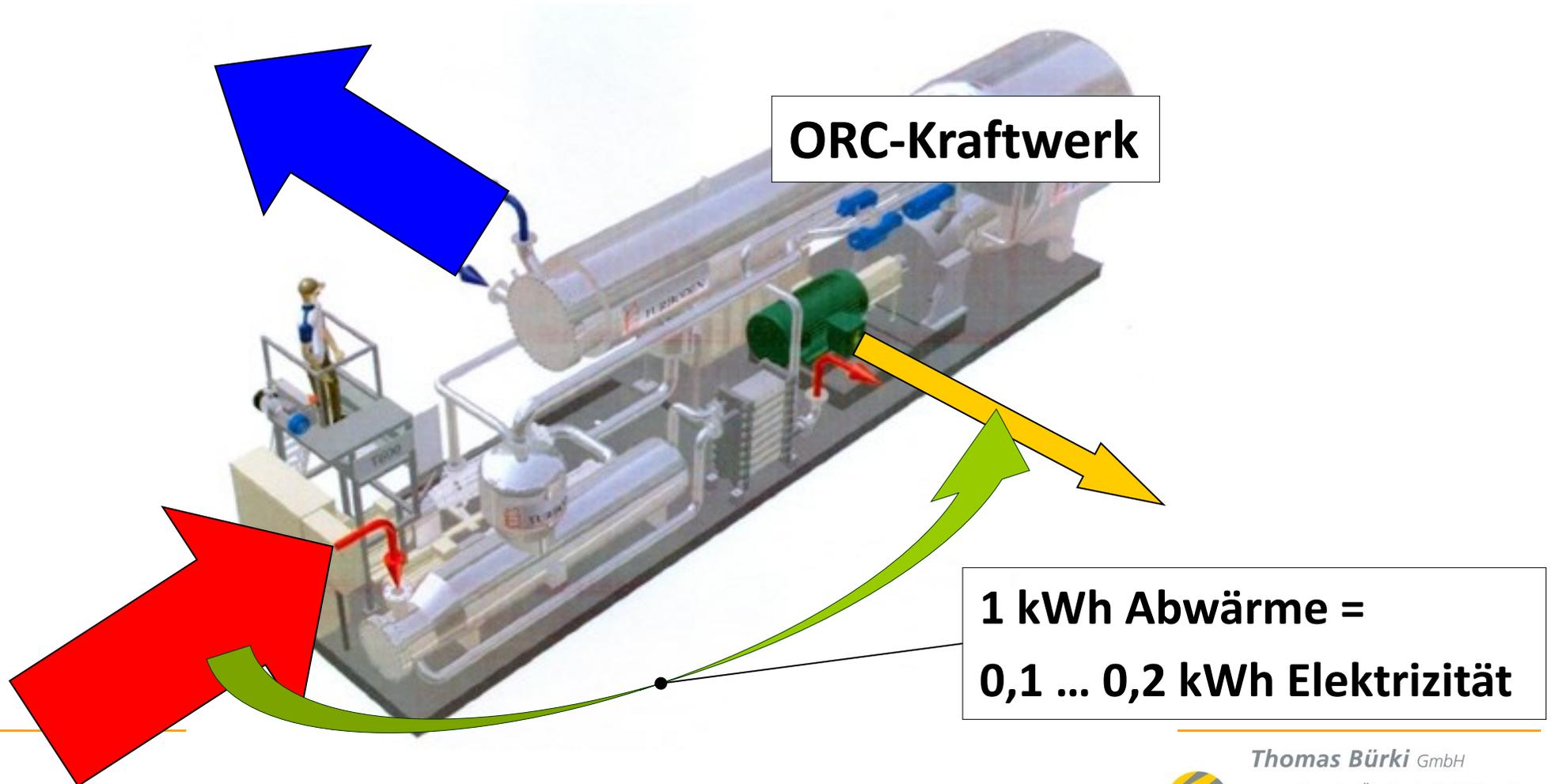
Abwärmennutzung: wie? I

■ Wärmennutzung vor Verstromung



Abwärmennutzung wie? II

- Erst wenn Wärmerückgewinnung optimiert ist
echte Abwärme in Strom umwandeln



ORC-Anlagen

- **ORC-Anlagen bestehen aus 2 Hauptteilen**
 - **Abwärmeauskopplung**
 - **ORC-Kraftwerk**
- **Abwärmeauskopplung ist *technisch* anspruchsvoll**
- **ORC-Kraftwerk ist *ökonomisch* anspruchsvoll**

Die spezifische Investition steigt mit

 - **abnehmender elektrischer Leistung**
 - **abnehmender Abwärmemetemperatur**



Abwärmeauskopplung

- **Problemlose Fälle sind (wären) einfach**
 - **Wärmeübertrager auslegen**
 - **Mit dem bekannten Vorgehen resultiert Wärmeübertrager-Fläche**
 - **Darin enthalten: k-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient)**
 - **Dieser hängt ab von**
 - **Medien (Gas, Flüssigkeit)**
 - **Geschwindigkeiten**
 - **....**
 - **Schmutzschichten («fouling») → Reservefläche im Wärmeübertrager**



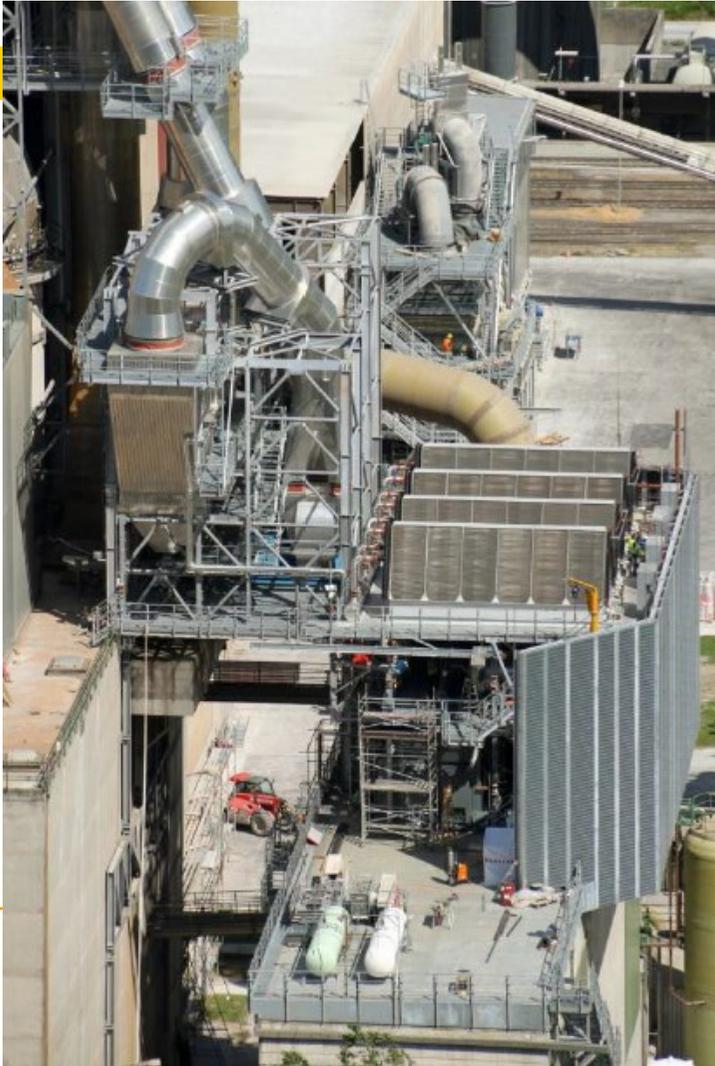
Der Umgang mit fouling

- Fouling führt zu reduziertem Wärmedurchgang und damit reduzierter Leistung
- Schmutzschichten wirken wie Wärmedämmungen
- Daher Umgang mit Fouling wichtig
- Regeln
 - Fouling vermeiden
 - Fouling zulassen, aber kontrollieren / Auswirkung minimieren



Fouling minimieren

- Reinigung Wärmeübertrager
- Kontinuierliches Reinigen



Quelle: Holcim



Fouling minimieren



Quelle: ABB



Fouling minimieren

- **Beispiel Wärmeübertrager im Abgas von Zementöfen**
 - **Staubbelastung rund 100 g/Nm³ (10 – 12 Tonnen/h)**
 - **Temperaturen 350°C bis über 400°C**
 - **Fluchtende Glattrohre**
 - **Konstruktion widerstandsfähig genug**
 - **Trotz kontinuierlichem Klopfen Flächenreserve bis zu 100%**



Taupunktunterschreitung: machbar?

- **Ja, aber Mechanismus kennen**
- **Wärmeübertrager - und Zustände stromabwärts beachten**
- **Wärmeübertrager: angepasste Konstruktion**
 - **Stahl, ummanteln (Teflon)**
 - **Stahl, Oberfläche veredeln (emailieren)**
 - **Säureresistente Materialien verwenden**
Graphit, Carbon, «exotische Materialien»
 - **Bei Graphit: Druck eher gering: o (3 bar)**

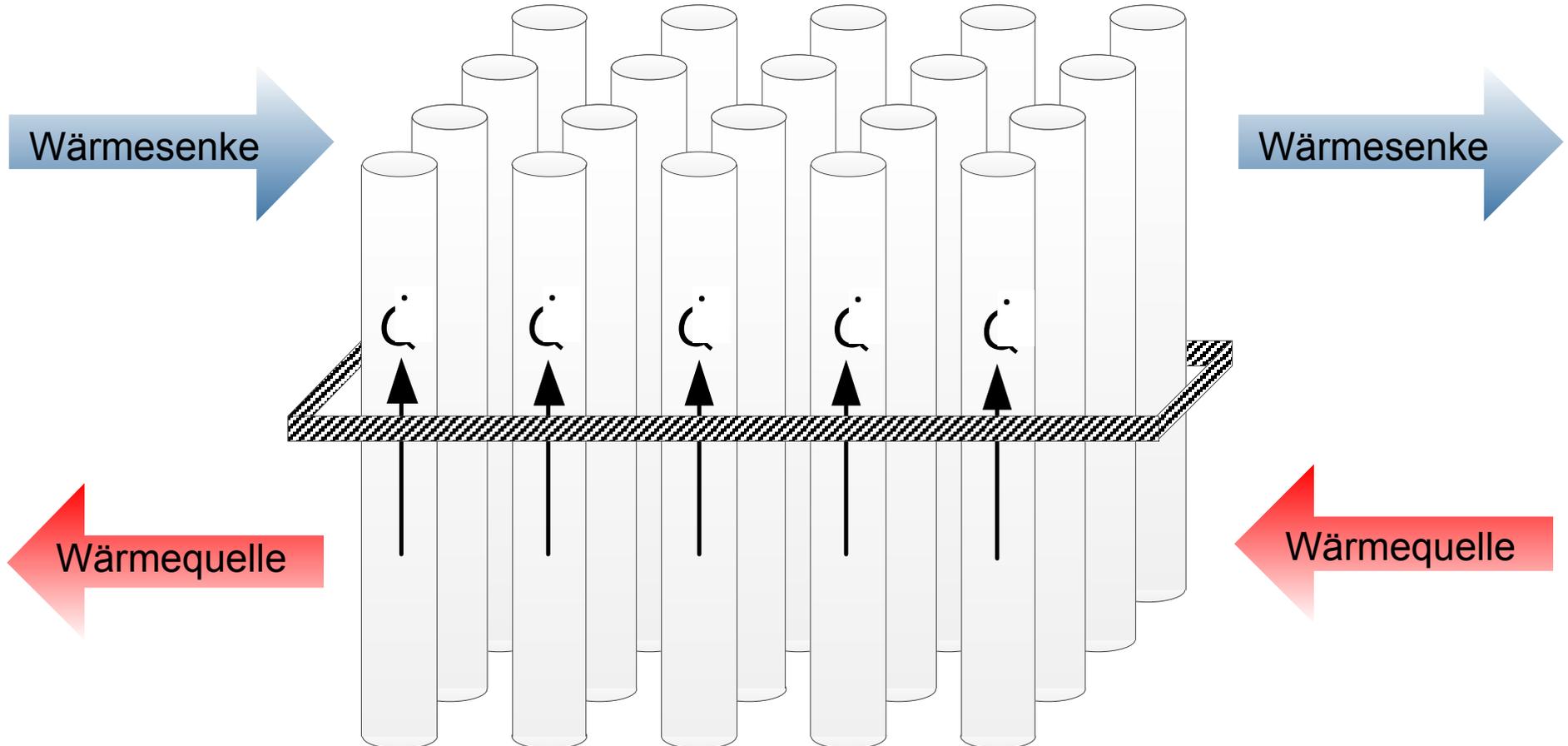


Taupunktunterschreitung: machbar!



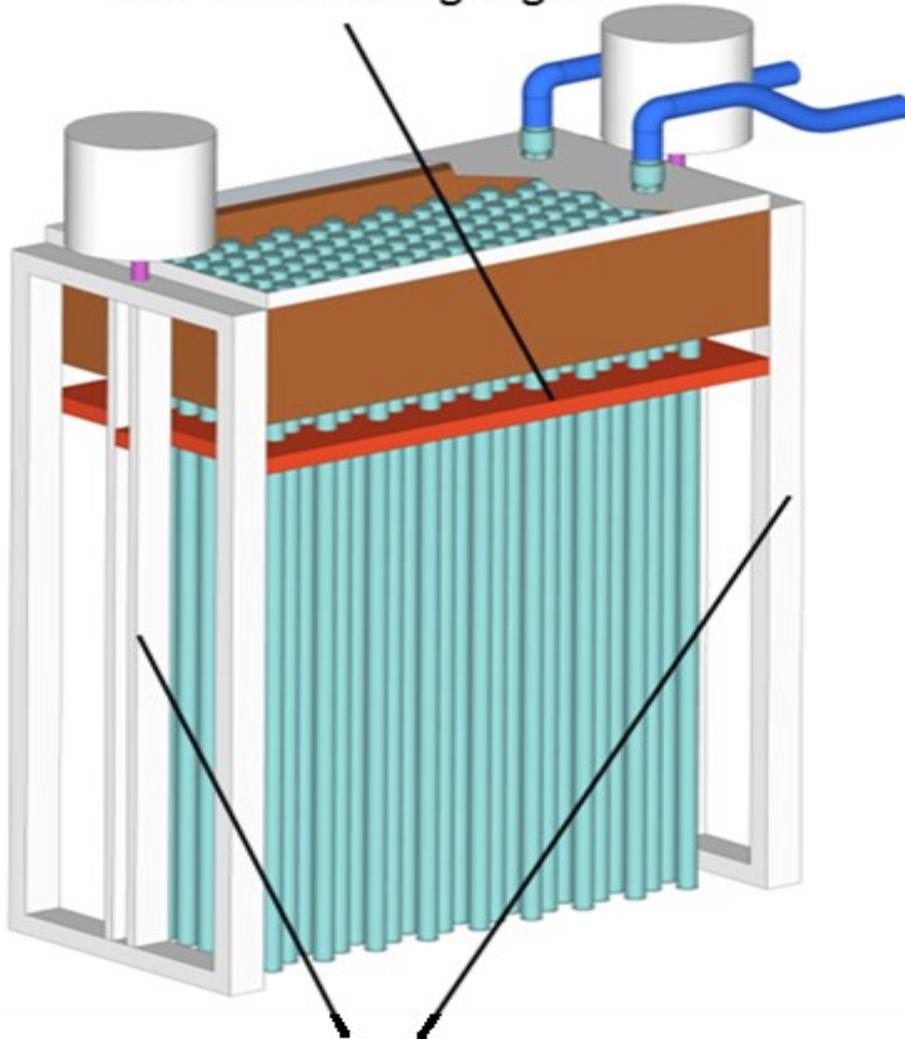
Bereit zur Markteinführung

■ Thermosiphon-Wärmeübertrager



Bereit zur Markteinführung

**Platte zum Abstreifen
der Verunreinigungen**



**Mechanische
Reinigungsvorrichtung**



Thermosiphon

- **Thermosiphon-Wärmeübertrager**
 - **Reinigungsmechanismus eingebaut (mechanisches Abstreifen von Verschmutzungen)**
 - **Daher für stark verschmutzte Abgase und Abluftströme geeignet**
 - **Im Leckagefall fällt eines/wenige Rohre aus, der Wärmeübertrager bleibt in Betrieb, die Wärmeübertrager-Fläche wird nur minimal verkleinert. Keine Aktivität nötig**
 - **In sehr breitem Umfang anwendbar (Verschmutzungen, Temperaturen)**



Thermosiphon

■ Beispiel Abgas nach Elektroschmelzofen



Abwärme in kritischer Umgebung: nutzbar!

- **Nutzen heisst, wissen was man tut**
- **k-Wert in der Praxis schlechter als im Engineering angenommen**
→ **grosszügige Flächenreserve vorsehen: 25% ... 100%**
- **Angepasste Wärmeübertrager-Technologie auswählen**



Résumé Abwärmennutzung

- **Abwärmepotential ist gross**
- **Technische Möglichkeiten zum Rückgewinnen der Abwärme sind grösser geworden**
- **Attraktivität ist gestiegen: Ölpreise, Technologien, CO₂-Abgabe**
- **es braucht mehr Ingenieure / Planer mit dem nötigen Know-How und dem Biss, Projekte umzusetzen**



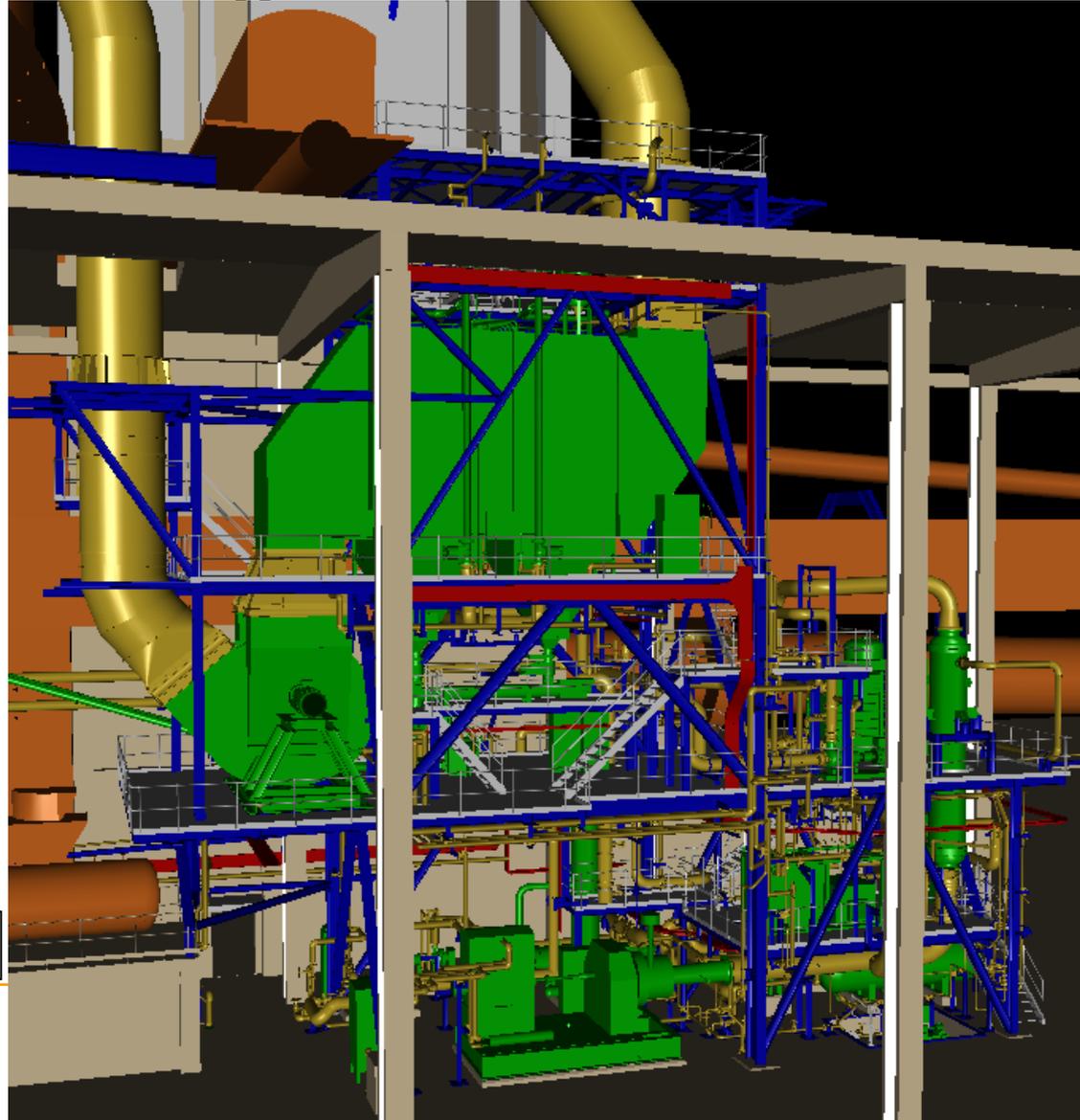
Medien in ORC-Anlagen

- **Viele widersprüchliche Anforderungen**
 - Hoher Enthalpiegewinn in der Turbine bei tiefen Drücken
 - Kein Treibhausgas
 - Keine Brandlast, keine Explosionsgefahr
- **Realität**
 - T hoch: Silikonöle
 - T tief: Kohlenwasserstoffe oder Kältemittel
- **Medium Zwischenkreis**
 - T hoch: Thermoöl
 - T tief: Wasser



Komplexität von ORC-Anlagen

- Individuell designte Anlagen rentieren sich nur im grossen Massstab



Quelle: ABB

Komplexität von ORC-Anlagen

- Mittlere und kleine Anlagen müssen standardisierte Produkte sein



Quelle: Turboden



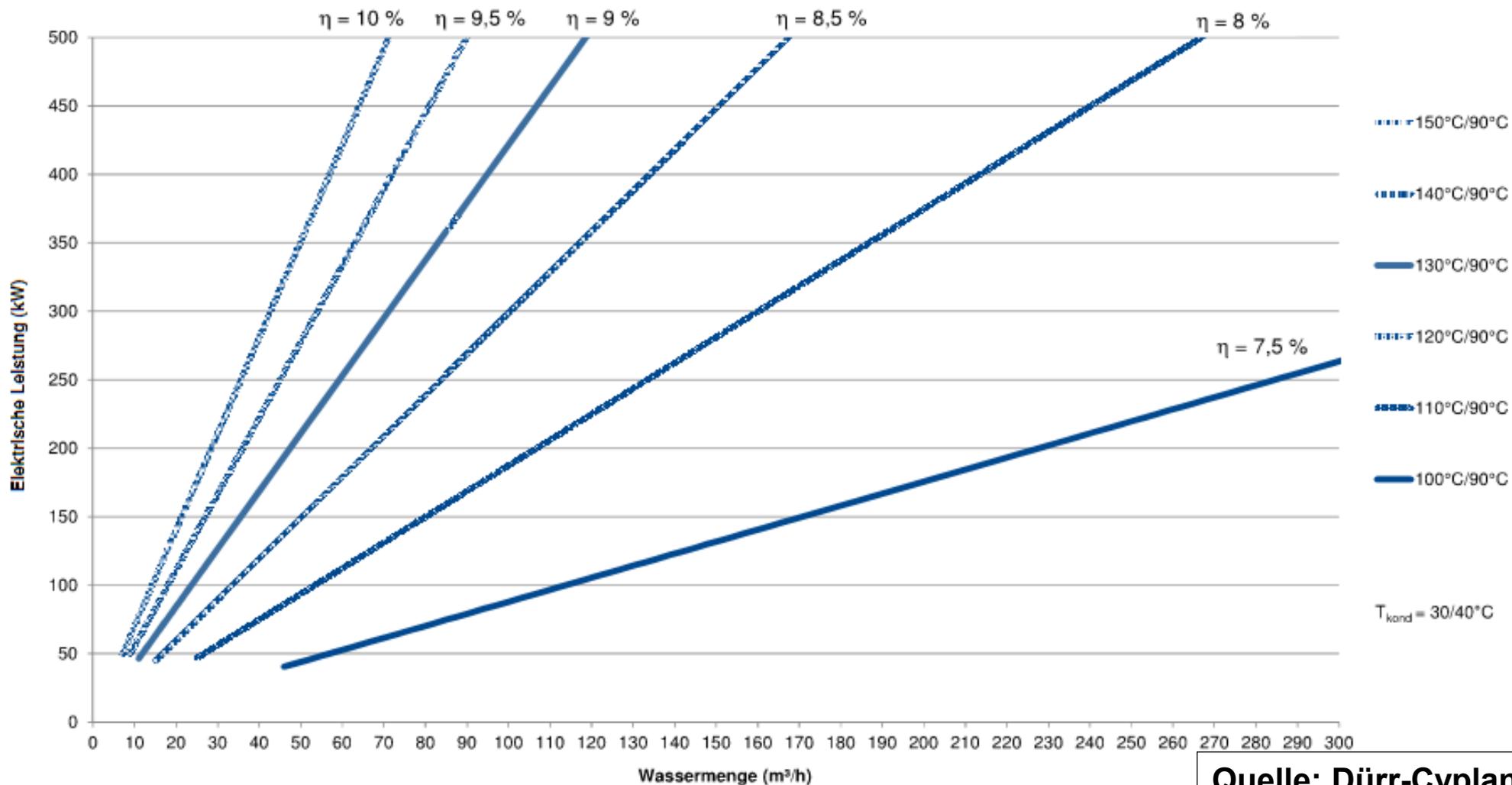
Ausblick

- **Früher hohe Abwärmertemperaturen im Fokus (Alternative zu Dampfkraftwerken, eher grosse ORC-Module)**
- **Heute mittlere und kleine Module im Markt, die auch tiefe Abwärmertemperaturen verarbeiten können**
- **Preis von ORC-Kraftwerken kann reduziert werden, wenn Serien gross und Kraftwerke identisch sind**
- **Firmen mit Potential sollen sich organisieren: Bündeln? Einkaufsgemeinschaften? ... ?**



Ausblick

ORC Niedertemperatur-Wärmenutzung



Quelle: Dürr-Cyplan

Thomas Dürr GmbH



Energie Ökologie Politikberatung

Nutzen von ORC-Anlagen

- **Weniger Elektrizitätsverbrauch, tiefere Elektrizitätskosten**
- **Mit ORC-Anlagen wird auch Abwärme nutzbar, deren Temperatur unter der tiefsten Prozess-Nutztemperatur liegt**
- **Abwärmeverluste teilweise zurückgewonnen (finanzielle Verluste reduziert)**
- **Steigerung der Energieeffizienz (Zielvereinbarungen, KEV-Rückerstattung)**



Förderung

- ORC-Anlagen werden vom Bund gefördert:
wettbewerbliche Ausschreibungen
www.prokilowatt.ch
- Contracting in die Überlegungen einbeziehen



Zum Schluss

- **Wissen, was man tut (die bestehende Situation genau kennen, Herausforderungen analysieren)**
- **Der Abwärmeauskopplung genügend Aufmerksamkeit schenken**
- **Schwankendes Abwärmeangebot berücksichtigen (keine Kraftwerksfeuerung!). Dimensionierung darauf abstützen, Turbogenerator eher knapp auslegen – nicht aber Abwärmeauskopplung**
- **Risiken richtig einschätzen:
Gefahr erkannt - Gefahr gebannt**

