



**Diplomand** Allgäuer Dario  
**Dozent** Prof. Dr. Wellig Beat  
**Projektpartner** Abwasserreinigungsanlage (ARA) Werdhölzli  
**Expertin** Dr. Grüniger Andrea  
**Themengebiet** Energien, Fluide und Prozesse

## ARA Werdhölzli: Energieoptimierung mittels Pinch-Analyse

### Ausgangslage

Die ARA Werdhölzli (Abb. 1) in Zürich ist die grösste Abwasserreinigungsanlage der Schweiz und betreibt zugleich die modernste Klärschlammverwertungsanlage (KSV) der Schweiz. Durch die Verbrennung von Klärschlamm entstehen jährlich rund 22'000 t CO<sub>2</sub>, welche über das Rauchgas an die Umgebung abgegeben werden. Zum Erreichen von Negativ-Emissionen soll dieses CO<sub>2</sub> mit dem Verfahren der Aminwäsche abgeschieden werden. Eine CO<sub>2</sub>-Abscheidungsanlage benötigt im Betrieb viel Wärme. Deshalb spielt die optimale Wärmeintegration dieser Anlage in die bestehenden Prozesse eine zentrale Rolle. Die KSV produziert jährlich rund 60 GWh thermische Energie, welche Prozesse auf dem Areal sowie ein Fernwärmenetz mit Wärme versorgt. Im Rahmen dieser Bachelor-Thesis wird mittels Pinch-Analyse untersucht, wie die CO<sub>2</sub>-Abscheidungsanlage optimal in die bestehenden Prozesse eingegliedert werden kann.



Abb. 1: ARA Werdhölzli [Broschüre ARA Werdhölzli]

### Vorgehen

Zu Beginn werden die Grundlagen zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung erarbeitet. Anschliessend erfolgt die Einarbeitung in die Prozesse der ARA und KSV und die Analyse des Ist-Zustandes. Diese beinhaltet folgende Schritte:

- Vereinfachtes Prozessschema erstellen
- Wärmeflüsse identifizieren
- Systemgrenzen definieren und bilanzieren
- Betriebsfälle festlegen

Nach diesen Arbeitsschritten liegt ein fundierter Überblick über den Energiehaushalt der ARA und KSV vor. Für die Pinch-Analyse werden die Prozessanforderungen der CO<sub>2</sub>-Abscheidung, ARA und KSV definiert. Daraus werden mit der Software PinCH die Composite Curves (Abb. 2) berechnet, welche das maximale

Wärmerückgewinnungspotential aufzeigen. Im nächsten Schritt erfolgt das Design des Wärmeübertrager-Netzwerkes. Mit einer iterativen Vorgehensweise wird versucht, eine möglichst hohe Wärmerückgewinnung (WRG) zu erreichen und wenn möglich bestehende Systeme weiter zu verwenden.

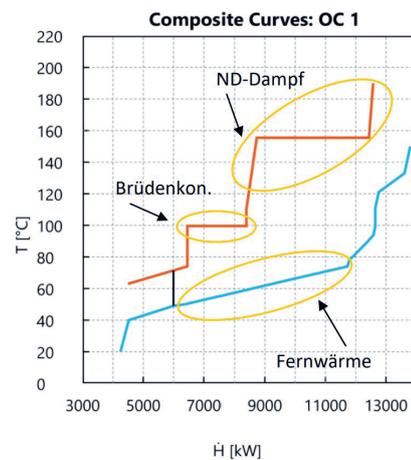


Abb. 2: Composite Curves der ARA- und KSV-Prozesse

### Ergebnis

Die CO<sub>2</sub>-Abscheidungsanlage benötigt für den Betrieb etwa 30 bis 40 % der von der KSV produzierten thermischen Energie. Durch gezielte Wärmerückgewinnungsmassnahmen können rund 45 % aus der Abwärme der CO<sub>2</sub>-Abscheidungsanlage durch direkte Einbindung in die Prozesse der ARA zurückgewonnen werden. Weitere 50 % der Abwärme stellen eine geeignete Quelle für eine Wärmepumpe dar. Der Einfluss dieser Wärmepumpe auf die Wärmeabgabe an das Fernwärmenetz ist in Abb. 3 dargestellt. Mit diesen Massnahmen können weiterhin alle Prozesse der ARA und der KSV gedeckt werden. Zudem kann mit zusätzlicher elektrischer Energie die gleiche thermische Energie an das Fernwärmenetz abgegeben werden.

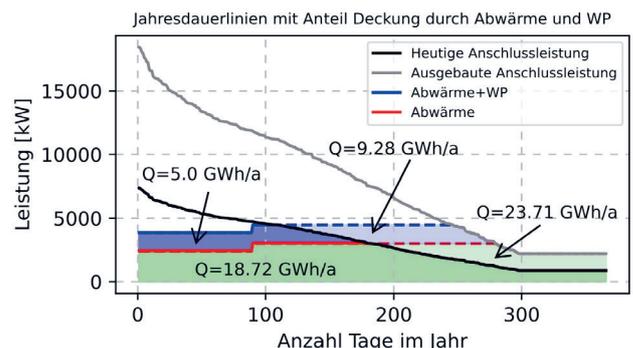


Abb. 3: Jahresdauerlinie des Fernwärmenetzes. Die grüne Fläche stellt die zu decken mögliche Wärmemenge durch direkte Wärmerückgewinnung dar. Die blaue Fläche zeigt das Potential der Wärmepumpe