



**Diplomand  
Dozent  
Projektpartner  
Experte  
Themengebiet**

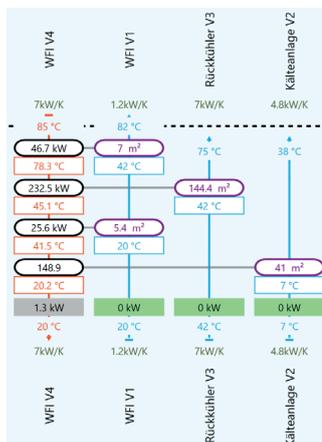
**Benedict Omlin  
Prof. Dr. Beat Wellig  
Institut IME, CC TEVT  
Dr. Pierre Krummenacher  
Energie, Fluide und Prozesse**

## Simulationsbasierte Validierung von PinCH-Wärmeübertrager-Netzwerken mit Modelica

### Ausgangslage

Mehr als die Hälfte der verwendeten Energie in der Industrie wird für das Aufwärmen bzw. Abkühlen von Prozessströmen benötigt. Die Wärmerückgewinnung (WRG) zwischen Prozessströmen ist für die Steigerung der Energieeffizienz entscheidend. Eine optimale WRG kann mithilfe von Wärmeübertrager-Netzwerken (Heat Exchanger Network, HEN) erreicht werden. In diesen werden abzukühlende und aufzuwärmende Prozessströme durch Wärmeübertrager miteinander verbunden, um Wärmeenergie optimal zu nutzen. HEN mit dem Ziel einer hohen WRG und Wirtschaftlichkeit werden mithilfe von Pinch-Analysen (PA) erstellt (Abb. 1).

In Pinch-Analysen werden die auftretenden Prozessstrom-Variabilitäten vernachlässigt. Dies hat zur Folge, dass nicht mit Sicherheit davon ausgegangen werden kann, dass die HEN den realen Betriebsbedingungen standhalten können. Eine dynamische Simulation soll das Verhalten des HEN über die Zeit unter Betriebsbedingungen mit Prozessstrom-Variabilitäten voraussagen. Damit kann die Funktionsfähigkeit eines HEN bereits in der Konzeptionsphase geprüft werden.

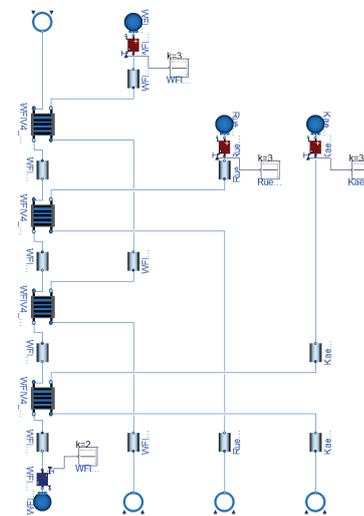


**Abb. 1:** Wärmeübertrager-Netzwerk (HEN) für einen Prozess aus der Pharmaindustrie; erstellt mittels Pinch-Analyse

### Vorgehen

Die Arbeit befasst sich mit der dynamischen Simulation von HEN aus der Pinch-Analyse und verfolgt das Ziel, die Praxistauglichkeit von HEN zu überprüfen und zu erhöhen. Um die HEN dynamisch simulieren zu können, wurde die Software Modelica verwendet. Damit das HEN in Modelica modelliert werden kann, wurde ein Python-Programm entwickelt, welches ein identisches Modelica-HEN erzeugt (Abb. 2). In Modelica können die in einem Betrieb auftre-

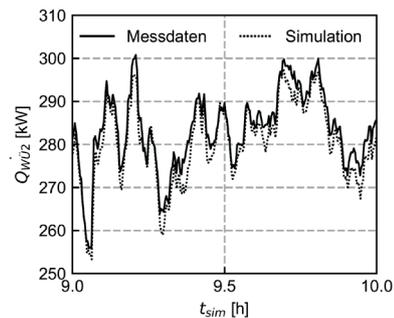
tenden Variabilitäten implementiert und das Modell dynamisch simuliert werden. Das Modelica-Modell wurde für einen Prozess aus der Pharmaindustrie angewendet (siehe Abbildungen). Die Simulationsergebnisse für die Wärmeströme innerhalb des HEN wurden mit den Messdaten verglichen.



**Abb. 2:** HEN für den betrachteten Prozess aus der Pharmaindustrie; «übersetzt» in Modelica

### Ergebnis

Das Modelica-Modell weist eine hohe Genauigkeit auf. Die simulierten Wärmeströme weichen nur geringfügig von den gemessenen Wärmeströmen ab (Abb. 3). Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Anwenderin oder ein Anwender die Funktionsfähigkeit eines HEN bereits in der Konzeptionsphase abschätzen kann. Dies ist wertvoll für die Planung und Umsetzung von WRG-Massnahmen.



**Abb. 3:** Gemessener und simulierter Verlauf eines Wärmeübertragers im untersuchten HEN