Universität Stuttgart
Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
IER

Kostenoptimale Abwärmerückgewinnung durch integriert-iteratives Systemdesign KOARiiS

- Ein Verfahren zur energetisch-ökonomischen Bewertung industrieller Abwärmepotenziale -

Erik Heyden

Ausgangssituation

Unklare Abwärmepotenziale

Unternehmen stehen im Rahmen ihres Energiemanagements und steigender Anteile von Energie- an den Produktionskosten vor der Herausforderung einer kontinuierlichen Verminderung ihrer Energieintensität.

Während Maßnahmen der **rationellen Energieanwendung** bei Querschnitts-technologien wie Beleuchtung und Druckluft sowohl hinsichtlich Nutzen als auch Kosten belastbar bewertet werden können, ist dies bei Maßnahmen der Abwärmerückgewinnung bisher mit einem sehr hohen Aufwand verbunden.

Grund hierfür sind die unternehmensspezifischen Parameter **thermischer Prozesse** und die mangelnden Verfügbarkeit einer Methodik, welche als Grundlage für Umsetzungs- bzw. **Investitionsentscheidungen** entsprechender technischer Lösungen dienen kann.

Ziel der Arbeit

Belastbarkeit durch Standardisierung

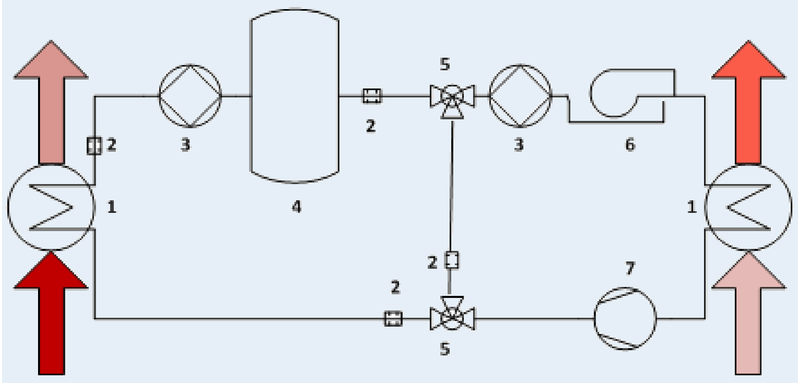
Ziel der Arbeit war die Entwicklung eines Verfahrens zur umsetzungsorientierten Bewertung industrieller Abwärmepotenziale mit Schwerpunkt auf den Produktionsstrukturen kleiner und mittelgroßer **Unternehmen**. Folgende Anforderungen sollten hierzu zwingend erfüllt werden:

- Von der **Prozessart** unabhängige Anwend-barkeit (Batch- bzw. kontinuierliche Prozesse)
- Explizite Integration aller **Systemkosten** in die Lösungsfindung
- Berücksichtigung unternehmens- und technologiespezifischer Rand- bzw. **Einsatzbedingungen**
- Hoher Grad an **Ergebnistransparenz** und Standardisierung

Methodik

KOARiiS

- Als methodische Basis dient die **Matrixstruktur** von Abwärmequellen und –senken des 1994 am IER entwickelten OMNIUM-Verfahrens.
- Generierung eines **quadratischen Zuordnungsproblems** durch Kopplung aller Prozesse bei vollständiger Bedarfsdeckung des jeweiligen Senkenprozesses
- Kopplung von Abwärmequellen und –senken mittels eines **modularen Standardsystems:**



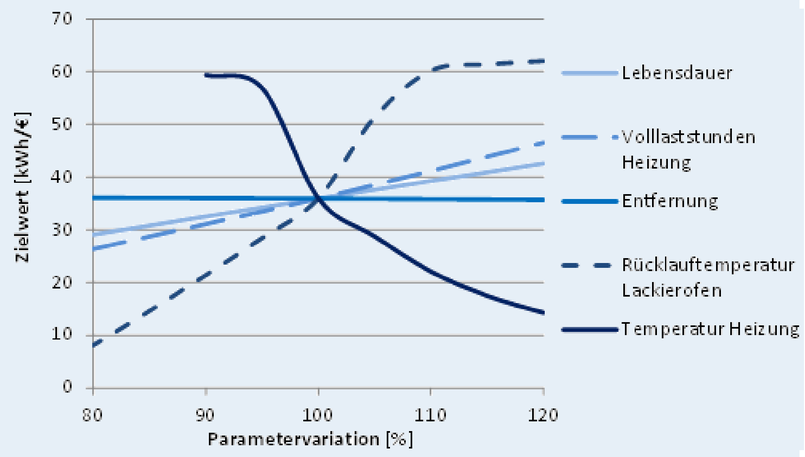
1: Wärmeübertrager 2: Kompensator 3: Wärmepumpe
4: Speicher 5: Mischventil 6: Nacherhitzung 7: Pumpe

- Variation thermodynamischer **Schlüssel-parameter** innerhalb des Kopplungssystems
- **Fallspezifische Dimensionierung** aller Komponenten des Kopplungssystems innerhalb jedes Iterationsschritts
- Verknüpfung der so bestimmten Leistungs- mit entsprechenden **Kostendaten**
- **Systemoptimierung** wahlweise anhand einer energetisch-ökonomischen (MWh/€) oder rein ökonomischen Zielgröße ($€_{Einsparung}/€_{Aufwand}$)
- Lösung des **Zuordnungsproblems** durch Anwendung der rekursiven Formulierung der ungarischen Methode
- Weitergehende Abwärmeintegration durch **erneute Anwendung** des Verfahrens auf Restangebots- und Bedarfsmassenströme
- Die **softwaretechnische Umsetzung** des Verfahrens ermöglicht eine vollständig automatisierte Anwendung nach Eingabe der Prozess- und Kopplungsparameter

Anwendung

Das KOARiiS-Verfahren wurde exemplarisch auf die Produktion eines metallverarbeitenden KMU angewandt. Folgende **Ergebnisse** konnten auf Basis einer energetisch-ökonomischen Optimierung bestimmt werden:

- Das zielgrößenoptimale Gesamtsystem ermöglicht die Rückgewinnung von **63 %** der für thermische Zwecke eingesetzten Menge Endenergie. Dies entspricht dem **technischen Abwärmepotenzial** (mittlere statische Amortisationszeit: 17,85 Jahre)
- Maßnahmen zur Hebung von ca. 21 % des technischen Potenzials zeichnen sich durch eine statische Amortisationszeit von unter drei Jahren aus. Das **wirtschaftliche Abwärmepotenzial** beträgt somit ca. **13 %**
- Mittels einer **Sensitivitätsanalyse** der wirtschaftlichsten Kopplung (Integration der Abwärme eines Härtereiofens in das Heizungssystem) wurde die Umsetzungs-entscheidung weiter unterstützt:



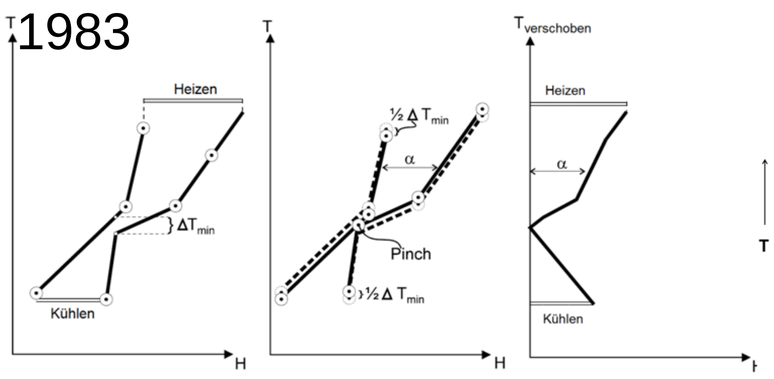
Zusätzlicher Nutzen

Durch Einsatz des KOARiiS-Verfahrens als **Bottom-up-Ansatz** können erstmals Aussagen zu branchenspezifischen Abwärmepotenzialen auf Basis eines techno-ökonomischen Ansatzes anstelle von Experteninterviews getroffen werden.

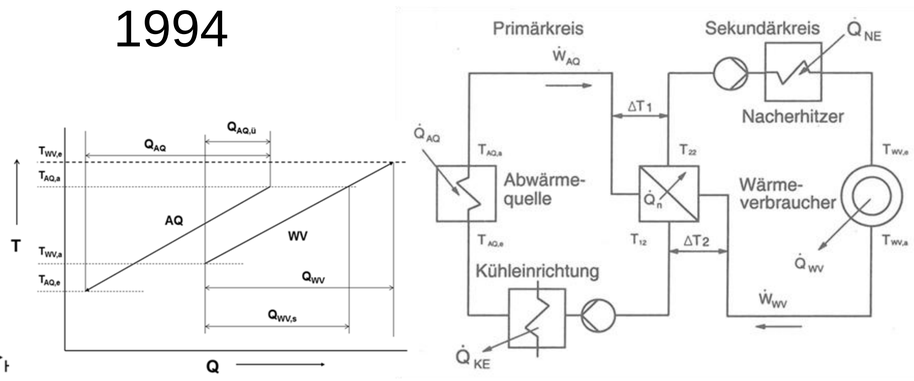
Hierzu wird zunächst die Produktionsstruktur einer Branche mittels **charakteristischer Prozesse** und Randbedingungen abgebildet.

Das so ermittelte wirtschaftliche Abwärme-potenzial der **Branche** „Wäschereien und chemische Reinigungen“ beträgt 451,2 GWh/a.

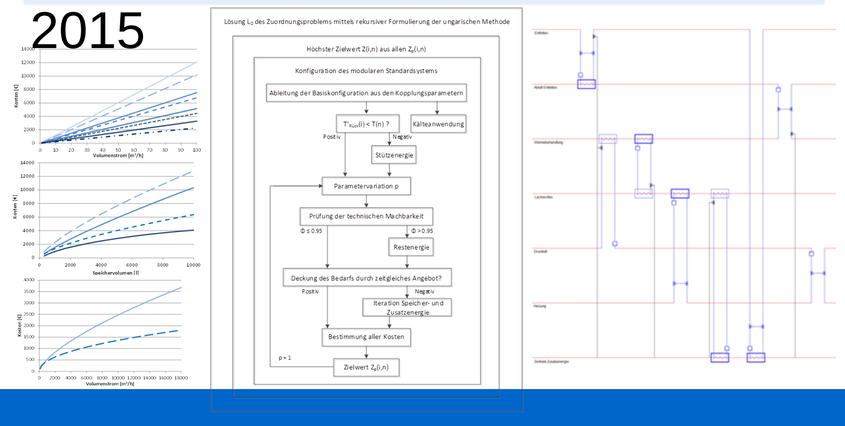
1983



1994



2015



Kontakt: Erik Heyden, Email: erik-heyden@web.de