

INFOR-Projekt Nr. 136

Nutzung von Abwärme aus Brüdenkondensat zur Kälteerzeugung

Der vollständige Schlussbericht zum oben genannten Forschungsprojekt steht auf Empfehlung des projektbegleitenden Ausschusses nur den Mitgliedsfirmen des VDP zur Verfügung.

Der Bericht kann im VDP angefordert werden bei:

E.Kloss@vdp-online.de

November 2015

Technische Universität Darmstadt
Fachgebiet Papierfabrikation und
Mechanische Verfahrenstechnik

Technische Universität Dresden
Institut für Holz- und Papiertechnik
Professur für Papiertechnik

Prof. Dr.-Ing. Samuel Schabel

Projektbearbeiter:
Dipl.-Ing. Klaus Villforth

Prof. Dr.-Ing. H. Großmann

Projektbearbeiter:
Dr.-Ing. Roland Zelm

Schlussbericht INFOR-Projekt 136

Nutzung von Abwärme aus Brüdenkondensat zur Kälteerzeugung

Fachgebiet Papierfabrikation und Mechanische
Verfahrenstechnik (PMV)
Technische Universität Darmstadt

Institut für Holz- und Papiertechnik,
Professur für Papiertechnik (PPT)
Technische Universität Dresden

Projektbearbeiter:

Prof. Dr.-Ing. S. Schabel
Dipl.-Ing. K. Villforth
Prof. Dr.-Ing. H. Großmann
Dr.-Ing. R. Zelm

November 2015



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis.....	II
Abkürzungsverzeichnis	III
Zusammenfassung	1
1 Einleitung und Zielstellung	2
2 Grundprinzip der Kälteerzeugung aus Abwärme	3
2.1 Carnot-Kreisprozess	4
2.2 Clausius-Rankine-Kreisprozess	5
2.3 Dampfstrahlkälte-Verfahren	10
2.4 Absorptionskältemaschine	12
2.5 Adsorptionskältemaschine	17
3 Ingenieurtechnische Eckdaten	18
3.1 Betriebsparameter der Papierherstellung	18
3.1.1 Papierfabrik A	18
3.1.2 Papierfabrik B	18
3.1.3 Papierfabrik C	19
3.2 Eckdaten der Kälteerzeugung	19
3.3 Meteorologische Einflussgrößen	21
3.4 Ökonomische Parameter	24
4 Datenerfassung und Modellierung	27
5 Ergebnisse	28
6 Schlussfolgerungen und Ausblick	39
7 Literaturverzeichnis	41

Zusammenfassung

Die Papierindustrie benötigt nicht nur Wärme in großen Mengen sondern heute auch Kälte für verschiedene Zwecke, wie z. B. die Kühlung elektrischer Anlagen, die Kühlung von Wasser für Vakuumpumpen oder von Prozesswasser vor einer biologischen Behandlung.

In der Papierindustrie haben Sorptionskältemaschinen keine Bedeutung erlangt, obwohl seit einigen Jahren standardisierte Module für den industriellen Einsatz zur Verfügung stehen.

Dieses Projekt untersuchte im Rahmen einer Machbarkeitsstudie, welche Wärmequellen in Papierfabriken für die Kälteerzeugung mit Adsorptionskältemaschinen genutzt werden können, wie ggf. die Wärme für eine optimale Kältegewinnung vorbehandelt werden muss und wie eine Einbindung der Kälteerzeugungsprozesse erfolgen kann. Weiterhin wurden die Randbedingungen für einen wirtschaftlichen Betrieb solcher Konzepte betrachtet.

Anhand thermodynamischer Modelle wurden im Rahmen einer Simulation die Möglichkeiten der Abwärmenutzung untersucht. Relevante Stoff- und Energieströme wurden nachgestellt, um technologische und regelungstechnische Aspekte zu beleuchten und die Übertragbarkeit einzelner Konzepte zu bewerten. Im Fokus der Untersuchung stehen der störungsfreie Betrieb und der energetische Wirkungsgrad der Gesamtanlage.

Mit Hilfe des Simulationssystem BALAS[®] wurden Trockenpartien von drei unterschiedlichen Papiermaschinen mit ihren Dampf- und Kondensatsystemen abgebildet. Hierzu wurden Rohrleitungs- und Instrumentenfließbilder ausgewertet und in das Simulationssystem übertragen. BALAS beinhaltet hierzu alle grundlegenden Module. Deren Einstellung erfolgt anhand von aufgezeichneten Prozessdaten bzw. Messungen vor Ort. Validierte Modelle auf der Basis dreier unterschiedlicher Papier-/Kartonmaschinen bilden den Ausgangspunkt für die Simulation der Abwärmenutzung und deren Effekt auf den Wärmehaushalt.

Aus dem BALAS-Modell ergeben sich zwei prinzipielle Wärmesenken, die als Wärmequelle für den Betrieb einer Absorptionskältemaschine in Frage kommen. Eine relevante Wärmequelle ist das Brüdenkondensat. Allerdings steht das Dampf- und Kondensatsystem von Trockenpartien seit jeher im Fokus von Energieeinsparungen. Bei der Bewertung des Potenzials als Abwärmequelle muss berücksichtigt werden, wie sich die Nutzung auf den Gesamtwirkungsgrad und damit auf den Einsatz von Primärenergie auswirkt.

Die zweite, wesentliche Abwärmequelle stellt die Abluft der Trockenhaube dar. Die Temperatur beträgt ca. 65 bis 85 °C. Die BALAS-Simulation zeigt, dass eine Absorptionskältemaschine mit Abluft als Wärmequelle betrieben werden kann. Bei den Abschätzungen zur Wirtschaftlichkeit stellt sich das Problem, dass nicht zuletzt wegen der relativ hohen Investitionskosten eine Umrüstung derzeit nicht sinnvoll erscheint. Unter geänderten Randbedingungen, wie z. B. steigenden Stromkosten, wäre ein wirtschaftlicher Betrieb allerdings denkbar.

Die Abwärmequelle mit dem größten, bislang ungenutzten Wärmestrom ist die gesättigte Fortluft, die an die Umgebung abgegeben wird. Mit einer Temperatur von unter 60 °C eignet sie nicht für den Antrieb von Absorptionskältemaschinen. Alternative Kreisprozesse, wie z. B. der „Organic-Rankine-Cycle“ können in diesem Temperaturbereich eingesetzt werden, insbesondere wenn Kühlwasser auf niedrigem Temperaturniveau von vorzugsweise 10 bis 15 °C zur Verfügung steht. Das Potenzial kann mittels einer Exergie-Analyse abgeschätzt werden.