

# Optimierung des Energieverbrauchs der Trockenpartie einer Papiermaschine durch Einsatz von Sensornetzen

Dominik Mai ([dominik.mai@zm-technik.de](mailto:dominik.mai@zm-technik.de)),  
Till Hänisch ([haenisch@dhbw-heidenheim.de](mailto:haenisch@dhbw-heidenheim.de))  
Oktober 2013

## Abstract

Durch den Einsatz drahtlos angebundener Sensoren lassen sich flexible Langzeitmessungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit in der Trockenpartie durchführen. Auf dieser Basis kann eine Optimierung des Energieverbrauchs durchgeführt werden.

## Hintergrund und Status Quo

Die Papierindustrie gehört zu den "energieintensiven Industrien". Die weltweite Jahresproduktion von Papier beträgt ca. 400 Mio Tonnen auf insgesamt ca. 5500 Anlagen weltweit. Es werden zur Produktion einer Tonne Papier je nach Papiersorte zwischen 700 und 1500 kWh Energie benötigt. Der Energieeinsatz einer großen Papiermaschine liegt somit bei durchschnittlich 270 GWh/a (300 kt/a bei 900 kWh/t). Dieser Wert entspricht dem Energieverbrauch von ca. 11000 Privathaushalten (4 Personen – 5000 kWh Strom; 20000 kWh Heizenergie).

Ein maßgeblicher Anteil der Energie wird in Form thermischer Energie in Form von Dampf benötigt. Zeitgleich ist die thermische Trocknung einer der am wenigsten mit Sensorik ausgestatteten Prozessschritte. Dies liegt zum einen an den harten Umgebungsbedingungen sowie zum anderen daran, dass das Thema der Energieoptimierung in der Trockenpartie lange Zeit gegenüber anderen Produktionsanforderungen (z.B. Qualität, Produktionsstabilität, etc.) zurückstecken musste.

Durch die starke Orientierung auf den Energieverbrauch der energieintensiven Industrien scheinen innovative Systeme zur Unterstützung bei der Energieoptimierung notwendig.

## Zielsetzung

Der Energieverbrauch einer Trockenpartie ist – neben anderen Bedingungen - dann optimal, wenn die Feuchte der Haubenabluft so hoch wie möglich ist.

Je höher dieser Wert, desto geringer ist das Luftvolumen, welches mit Hilfe von Ventilatoren umgewälzt werden muß um die aus dem Papier entfernte Feuchte abzutransportieren. Zum anderen ist der Exergieinhalt (Menge an für den Prozess nutzbarer Energie) von feuchterer Luft höher, was die Effizienz der Wärmerückgewinnung erhöht. Es lassen sich je nach Anwendungsfall deutliche Energiekosteneinsparungen erzielen.

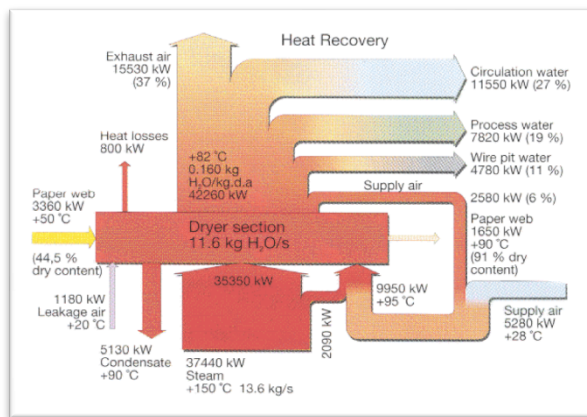


Abb. 1: Sankey Diagramm der Energieströme in der Trockenpartie

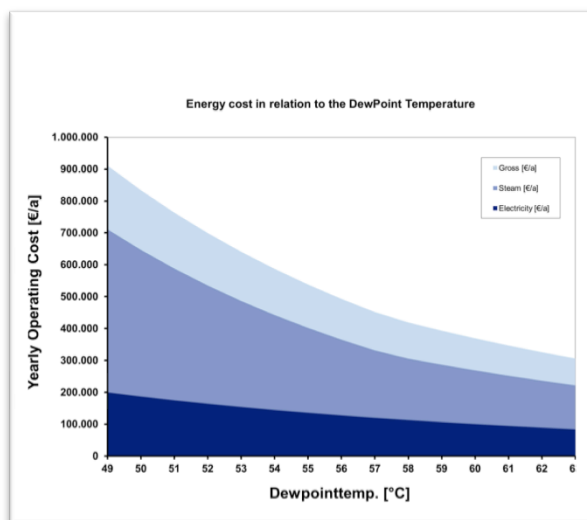


Abb. 2: Entwicklung der Energiekosten in der Trockenpartie einer durchschnittlichen Anlage mit dem Taupunkt

Es ist allerdings schwierig und aufwendig bei jeder Produktionseinstellung die optimalen Betriebsparameter zu finden. Daher wird die thermische Trocknung häufig im suboptimalen Sicherheitsbereich (=niedriger Taupunkt) betrieben, um möglichen Produktionsproblemen vorzubeugen.

Die Entwicklung von mobilen autarken Feuchtesensoren, die über einen längeren Zeitraum Messwerte erfassen, ermöglicht es, Daten an den Stellen zu sammeln, die üblicherweise nicht erfasst werden, aber häufig als kritisch angesehen werden müssen. Durch eine große Anzahl (15-20) dieser Sensoren kann ein Produktions-abhängiges Zustandsabbild der thermischen Trocknung erstellt werden.

Ziel ist es, über die Korrelation der zusätzlichen Werte mit den ohnehin in der Trockenpartie erfassten Werten, Betriebsvorschriften zu entwickeln, die es erlauben die Betriebsparameter zu optimieren ohne die Produktivität der Papiermaschine und die Qualität des Endproduktes zu kompromittieren.

### Vorgehen

Durch die strategisch günstige Platzierung der autarken Sensoren werden die in der Trockenpartie standardmäßig erfassten Werte ergänzt.

Als strategisch günstige Positionen gelten:

- Totbereiche (Stellen mit geringem Luftaustausch)
- Positionen in der Hauptverdampfungszone.
- Positionen an denen erfahrungsgemäß Kondensation auftritt.

Ist das Sensornetz etabliert beginnt die Datensammlung. Zusätzlich werden die Betriebsparameter der Papiermaschine erfasst.

Es sind insbesondere folgende Korrelationen mit den erfassten Feuchtwerten interessant:

- Produktionsmenge
- Maschinengeschwindigkeit
- Sorte
- Dampfdrücke
- Trockengehalt nach Presse
- Feuchte und Temperatur gemessen in der Haubenabluft
- Stromverbrauch

Zudem sollten besondere Ereignisse (Filz- und Siebwechsel; Retentionsmittel- oder Mahlgradversuche) zeitlich erfasst werden.

### Technologie

Konventionell werden solche Optimierungen so durchgeführt, dass einige (wenige) Sensoren in der Anlage positioniert und verkabelt werden. Dann wird über einige Zeit (beispielsweise 2 Tage) gemessen und daraus ein optimaler Arbeitspunkt abgeleitet. Eine längere Messung ist aufwendig, da durch die „fliegende“ Verkabelung der Betrieb der Maschine gestört wird und so eine kontinuierliche Überwachung erforderlich ist. Eine dauerhafte oder auch nur längerfristige Messung würde eine regelrechte Verkabelung der Sensoren erfordern, die aber bei weitem zu aufwendig (teuer) ist.

Deshalb werden batteriebetriebene Sensoren verwendet, die per Funk miteinander kommunizieren. Entscheidend ist hierbei erstens ein möglichst geringer

Stromverbrauch und zweitens eine möglichst flexible Netzwerktopologie. Aus diesem Grund wird ein Mesh-Netz auf ZigBee-Basis verwendet.

Ziel ist es, statt einer einmaligen Messung eine quasi kontinuierliche Optimierung des Energieverbrauchs zu realisieren und so die erheblichen Einsparpotentiale zugänglich zu machen. Durch den Einsatz solcher Technologien und die Vernetzung einer Vielzahl solcher Systeme kann ein sinnvolles Energiemanagement realisiert werden: Simon Cook, Chef einer Londoner Venture Capital Firma, beschrieb den Mehrwert durch die Vernetzung von Sensoren anhand eines Beispiels: "Now imagine an Internet-of-Things-enabled mousetrap. That is no longer a product, that is a service. Instead of someone going to look to see if a mouse has been caught, they will know once it fires. Then you take that data and you start to track where the mice are and you can solve the mouse problem. That is how you go from a product, via Big Data, to an entirely new service." <sup>1</sup>

---

1

<http://online.wsj.com/article/SB10001424127887323899704578583372300514886.html>