

Diss. ETH Nr. 10657

**Energiesparmaßnahmen in einer
vollinformatisierten Baumwollspinnerei**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

ROLF FRIEDRICH BERGRATH

Dipl.-Ing., RWTH AACHEN
geboren am 18. August 1962
Deutscher Staatsangehöriger

Angenommen auf Antrag von
Prof. H.W. Krause, Referent
Prof. Dr. D. Spreng, Korreferent

Zürich 1994

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit behandelt die bedarfsgerechte Klimatisierung in einer Baumwollspinnerei als Beispiel einer produktionsorientierten Energiesparmaßnahme, die mittels der Nutzung betrieblicher Informationssysteme optimierbar ist.

In der Industrie gewinnt der Produktionsfaktor Energie durch den wachsenden, internationalen Wettbewerb zunehmend an Bedeutung. *Rationelle Energieverwendung* wird zu einem strategischen Produktionsfaktor, der sich langfristig durch ein betriebliches, integriertes Energiemanagement optimal nutzen läßt. Die Integration eines Energiemanagements im administrativen und produktionsorientierten Datenfluß ermöglicht eine betriebliche Informationstransparenz, die einer präzisen Energiekontrolle dient und die Erkundung von Energiesparmöglichkeiten sowie allgemeine Prozeßinnovationen fördert. Die Analyse der Informationssysteme zur Klima- und Produktionsüberwachung in Baumwollspinnereien zeigt, daß die technischen Grundlagen und marktwirtschaftlichen Bedürfnisse für einen *systemübergreifenden Datenfluß* in der nächsten Systemgeneration bestehen, und die Integration eines Energiemanagements in ein gesamtbetriebliches Informationsmanagement mit verhältnismäßig geringem Mehraufwand möglich ist.

Eine *Energieanalyse* ermittelt die Einflußfaktoren auf den spezifischen Energieverbrauch pro Kilogramm Gam und ermöglicht mittels der Regressionsanalyse den monatlichen Energieverbrauch in Abhängigkeit der Produktions- und Außenklimabedingungen abzuschätzen. Neben dem 70%igen Anteil der Produktionsmaschinen am Gesamtenergieverbrauch stellt die prozeßbedingte Klimatisierung mit ca. 20% einen Verbrauchsanteil dar, der nach einer Evaluation sämtlicher Energiesparmöglichkeiten große Energieeinsparungen verspricht.

Die *bedarfsgerechte Klimatisierung* verfolgt eine energieeffiziente Betriebsweise der Klimaanlage ebenso wie die Sicherstellung produktiver Laufbedingungen und der marktgerechten Gamqualität. Deshalb setzt die effiziente Nutzung energiesparender Klimaregelungen die Kenntnis des Produktionsverhaltens und des Einflusses der Klimabedingungen auf den Produktionsprozeß voraus. Die Analyse des Klimaregelungsverhaltens, Jahresenergieberechnungen und Leistungsmessungen von Ringspinnmaschinen verdeutlichen, daß eine variable, lastabhängige Luftvolumenregelung im Vergleich zu einem Konstantvolumensystem Stromeinsparungen bis ca. 40% ermöglicht. Die Grenze für weitere Energieeinsparungen durch Luftvolumenreduzierungen liegt weniger in einem minimalen Luftvolumenstrom zur

Wärmelastabfuhr, sondern vielmehr in einem minimalen Luftwechsel zur Sicherstellung der Luftreinigung.

Ein *Klimavariationsversuch* im untersuchten Beispiel zeigt, daß der Einfluß der Klimabedingungen auf die Garnqualität und das Produktionsverhalten weniger gravierend ausfällt als erwartet und sich dementsprechend Toleranzbereiche für die Klimabedingungen ergeben. In diesem Zusammenhang erwies sich die relative Luftfeuchtigkeit als die maßgebende Klimagröße für die Garnaigenschaften und das Fadenbruchverhalten. Die ermittelten Toleranzbereiche um den ursprünglich festgelegten Betriebspunkt eines Konstantvolumensystems lassen mit gleitendem Betriebspunkt Stromeinsparungen bei der Kälteerzeugung bis zu 65%, ohne die Garnqualität und das Produktionsverhalten zu beeinträchtigen. Eine Kombination von gleitendem Betriebspunkt und variabler Luftvolumenregelung impliziert eine Gesamtstromeinsparung bei der Klimatisierung (Lüftung und Kälteerzeugung) von über 50%.

Das *Maschinenlaufverhalten* beeinflusst die lokalen Klimabedingungen und das Klimaregelungsverhalten im Ringspinnsaal stark. Die beobachteten Klimaschwankungen sind lediglich durch eine prozeßorientierte Klimaregelung in Verbindung mit einer maschinenorientierten Luftführung zu kompensieren. Dazu kann die Integration eines Klima- und Produktionsinformationssystems unterstützend beitragen, indem on-line Maschineninformationen für eine *prozeßvorausschauende, intelligente Klimaregelung* eingesetzt werden.

Die *Verteilung der Klimabedingungen* im Spinnsaal hängt verstärkt von der raumzentralen Positionierung des Klimaregelfühlers sowie der Belegung bzw. Einstellung der Maschinen ab. Eine lastorientierte Maschinenbelegung und repräsentative Wärmelasterfassung, z.B. durch verteilte Fühler im Spinnsaal, vermeiden eine lediglich in der Raummitte kontrollierte Einhaltung der Klimabedingungen.

Abstract

This thesis deals with an energy and process oriented air conditioning in a cotton spinning mill as an example for a production oriented energy saving measure, which can be optimized by operational information systems.

In industry, the production factor energy gains more and more in significance by the increasing international competition. Efficient energy use becomes a strategic factor of production, which can be optimally utilized by a company integrated energy management. The integration of energy management into the administrative and production oriented data flow allows an operational transparency of information, which supports an exact energy control and contributes to explore energy savings and general process innovations. A study of information systems for air conditioning and production supervision in cotton spinning mills makes evident that the technical bases and economical demand for a system integrated data flow lie in the next system generation and that the integration of an energy management system into a general information system is possible by comparatively low additional effort.

An analysis of energy determines the influence factor on the specific energy consumption per kilogram yarn and allows to estimate the monthly energy consumption in function of yarn production and exterior climate conditions by regression analysis. While 70% of the whole energy consumption are used by the production machines, the process implied air conditioning requires about 20% of the consumption, which - after general evaluation of all energy savings measures - lets expect great energy savings.

On the one hand, the energy and process oriented air conditioning pursues an energy efficient operation of an air conditioning system and on the other hand, the guaranty of productivity and the customer required yarn quality. Therefore, the efficient use of energy saving air controlling systems requires a good knowledge of the production behaviour and the influence of climate condition on the production process. The analysis of the air conditioning controlling system, yearly energy calculations and power measurements of ring spinning machines shows that a variable, load related air volume controlling system can save up to 40% of electrical power compared with a constant operating air volume system. The limit for further energy savings by reduction of the air volume lies less in a reduced air

volume flow for the elimination of the heat of the machines, but rather in a minimal air exchange to insure air purification.

The experimental changing of air conditions in a spinning room shows that the influence of air conditions on yarn quality and production behaviour is less serious than expected, thus resulting in a range of tolerances for the air conditions. In this context the relative humidity proved to be the relevant climate parameter for yarn properties and the behaviour of thread breakage. The determined ranges of tolerances for the air conditions around the initial operating point of a constant operating air volume system allow electrical power savings during the cooling period by using a sliding operating point up to 65% without affecting the yarn quality and production behaviour. A combination of sliding operating point and variable air volume controlling implies a total electrical power saving over 50%.

The machine operating behaviour impairs the local air conditions and the air regulation in a spinning room. The observed oscillations of the air conditioning can only be compensated by a process oriented air controlling system in connection with a machine oriented air circulation. This purpose may be reached with the integration of an air control and production information system by using on-line machine information for a process forecasting intelligent air controlling.

The distribution of the air conditions in the spinning room strongly depends on the positioning of the air controlling sensor and the machine assignment and set up. A load oriented machine assignment and a representative registration of the heat load, e.g. the sensor distribution in the spinning room, avoid only a room centered controlled air conditioning.