



## **Effiziente Energienutzung in der Industrie**

**Fachtagung am 21. November 2000**

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg  
Tel.: (0821) 90 71 - 0  
Fax: (0821) 90 71 - 55 56

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) gehört zum Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU).

## **Inhaltsverzeichnis**

### **Branchenübergreifende Energienutzung**

- Rationelle Energienutzung in der Industrie** 3  
Dr. Gerold Hensler, LfU
- Klimaschutz und Kostenreduzierung - (k)ein Widerspruch?** 4  
Ulrike Weinfurter, LfU
- Möglichkeiten der Optimierung der Bezugskonditionen im liberalisierten Gasmarkt** 19  
Gerd Lüdeking, Fa. Energieconsulting Heidelberg GmbH
- Perspektiven der Kraft-Wärme-Kopplung** 33  
Dr. Josef Hochhuber, LfU
- Optimierte Erzeugung des Energieträgers Druckluft durch Einsatz moderner Industrie-PCs** 41  
Joachim Ernst, Fa. Kaeser Kompressoren GmbH
- Fördermöglichkeiten im Bereich der rationellen Energienutzung** 54  
Dr. Alexandra Penschke, Zentrum für rationelle Energieanwendung und Umwelt GmbH

### **Sektion 1 Lebensmittelindustrie**

- Möglichkeiten und Potenziale rationeller Energienutzung in industriellen Anlagen der Lebensmittelindustrie am Beispiel einer Großbäckerei** 64  
Dr. Alexandra Penschke, Zentrum für rationelle Energieanwendung und Umwelt GmbH
- Spezifische Energiekennzahlen zur Optimierung einzelner Produktionsprozesse und Produktionsbetriebe in der Fleischverarbeitenden Industrie** 72  
Dr. Stefan Blüm, Energieconsulting Heidelberg GmbH

<b>Einführung eines betrieblichen Energiemanagements am Beispiel einer Molkerei</b>	86
Ralf Szamer, TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb GmbH	
<b>Kälteversorgung in der Lebensmittelindustrie Spezifische Anforderungen, Trends und Einsparpotentiale</b>	95
Dr.-Ing. Winfried Ruß, Technische Universität München, Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik in der Lebensmittelindustrie	
<b>Spezifische Anforderungen an die Druckluftqualität in der Lebensmittelindustrie</b>	102
Joachim Ernst, Kaeser Kompressoren GmbH	
<b><u>Sektion 2 Textilveredelungsindustrie</u></b>	
<b>Möglichkeiten und Potenziale rationeller Energienutzung in industriellen Anlagen der Textilveredelungsindustrie am Beispiel zweier Betriebe</b>	109
Ulrich Haase, Envirotex GmbH	
<b>Möglichkeiten und Voraussetzungen der KWK in der Textilveredelungsindustrie</b>	125
Erich Maurer, Energieagentur Oberfranken e.V.	
<b>Die Bedeutung des Umweltmanagements für Betriebe der Textilveredelungsindustrie</b>	137
Hartmut Reetz, Gesamtverband der deutschen Textilveredelungsindustrie e.V.	
<b>Neuerungen in der Anlagen- und Verfahrenstechnik für rationellen Energieeinsatz in der Textiltrocknungstechnik - Herstellerkonzepte</b>	142
Helge Freiberg, Monforts GmbH	
<b>Neuerungen in der Anlagen- und Verfahrenstechnik für rationellen Energieeinsatz in der Trocknungstechnik - Herstellerkonzepte</b>	161
Dirk Städter, Michael Christ, Brückner Trockentechnik GmbH & Co.KG	
<b>Referenten</b>	171

# **Rationelle Energienutzung in der Industrie**

**Dr. Gerold Hensler, LfU**

Sehr geehrte Damen und Herren,

Zu der Fachtagung „Rationelle Energienutzung in der Industrie“ begrüße ich Sie sehr herzlich hier im Bayerischen Landesamt für Umweltschutz (LfU) in Augsburg.

Die deutsche Wirtschaft hat - vertreten durch 19 Spitzen- und Fachverbände - erstmals 1995 eine Erklärung zur Klimavorsorge gegenüber der Bundesregierung abgegeben, auf freiwilliger Basis besondere Anstrengungen zu unternehmen, die spezifischen Kohlendioxid-Emissionen bzw. den spezifischen Energieverbrauch bis zum Jahr 2005 um bis zu 20 % zu verringern (auf der Basis von 1987). 1996 erfolgte eine Aktualisierung dieser freiwilligen Selbstverpflichtung insofern, als nunmehr das Basisjahr 1990 gelten sollte. 1999 war bereits eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 23 % durch die deutsche Wirtschaft erreicht. In jüngster Zeit gab es Meldungen, dass eine erneute Aktualisierung der Klimaschutzklärung bevorsteht. So sollen bis 2005 die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 28 % und bis 2012 die spezifischen Emissionen der sechs Treibhausgase des Kioto-Protokolls (Kioto-Gase) um 35 % angestrebt werden.

Das LfU unterstützt diese freiwilligen Anstrengungen. Für verschiedene Industrietätigkeiten werden in einer Projektgruppe am LfU Studien beauftragt und erarbeitet, in denen die Potenziale einer effizienten Energienutzung anlagen- und branchenspezifisch aufgezeigt werden. Darüber hinaus werden branchenübergreifende Themen behandelt. Diese Informationen werden in Berichten oder bei Tagungen - wie der heutigen - allen Interessierten zur Verfügung gestellt. Die Berichte über die Untersuchungen in der Lebensmittelindustrie und der Textilveredelungsindustrie, die Gegenstand der heutigen Tagung sind, werden gerade gedruckt und in Kürze erscheinen.

Das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen hat für die z.T. sehr umfangreichen Untersuchungen jeweils die finanziellen Voraussetzungen geschaffen.

Auf der heutigen Veranstaltung wird - ausgehend von den vier Teilprojekten (Textilveredelungsindustrie, Molkerei, Großbäckerei und Fleischverarbeitung) über identifizierte CO<sub>2</sub>-Minderungs- und damit auch Kostenminderungspotenziale berichtet werden. Es ist vorgesehen, im ersten Teil der Veranstaltung branchenübergreifende Themen abzuhandeln. So wird z.B. über Energiekostenreduzierung im liberalisierten Gasmarkt, Perspektiven der Kraft-Wärme-Kopplung, wirtschaftliche Druckluftnutzung und auch über Fördermöglichkeiten berichtet werden.

Nach der Mittagspause wird die Veranstaltung in zwei parallele Sektionen (zur Lebensmittelindustrie und zur Textilveredelungsindustrie) geteilt. Dort werden dann die speziellen branchenspezifischen Themen besprochen.

Ich wünsche allen Teilnehmern einen interessanten Verlauf der Veranstaltung.

# Klimaschutz und Kostenreduzierung - (k)ein Widerspruch?

Ulrike Weinfurter, LfU



## Zentrale Fragen

- Wie beeinflusst der Energieverbrauch das Klima?
- Warum sind Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung überhaupt notwendig?
- Was hat die Industrie mit Klimaänderungen zu tun?
- Wie kann die Industrie zum Klimaschutz beitragen?
- Gibt es wirtschaftliche Maßnahmen zur rationellen Energienutzung?

**LFU** BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

Energie ist meist nur dort ein Thema, wo sie auf der Kostenseite kräftig zu Buche schlägt, d.h. in großen energieintensiven Unternehmen. Diese schöpfen die Energieeinsparpotentiale schon aus Wettbewerbsgründen aus.

In kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) besteht wenig Interesse an der Energieeinsparung, da dort der Energiekostenanteil oft kleiner als 4 % ist. Erfolgreiche Praxisbeispiele können ein geeignetes Mittel sein rationelle Energienutzung auch für KMU interessant zu machen.

Unter rationeller Energienutzung versteht man die Primärenergieeinsparung ohne Einschränkung des Nutzens der Energieanwendung. Die mit der Primärenergieeinsparung verbundene Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen trägt zum Klimaschutz bei.

Da der Anteil der Industrie am Endenergieverbrauch mit über 25 % hoch ist, führen Maßnahmen zur rationellen Energienutzung in diesem Bereich zu entsprechend großen Senkungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

# Klima und Energie

Verbrennung fossiler Energieträger



Anstieg der Kohlendioxidemissionen  
in der Erdatmosphäre



Klimaerwärmung  
(Anthropogener Treibhauseffekt)



Bedrohung der natürlichen  
Lebensgrundlagen



BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ

Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

Die Treibhausgase (Wasserdampf, Kohlendioxid, Methan, Ozon, Distickstoffoxid) in der Atmosphäre (Anteil  $< 0,1\%$ ) lassen die kurzweilige Sonnenstrahlung ungehindert zur Erde passieren, reflektieren aber den von der Erde zurückgestrahlten (langwelligen) und wirken so wie die Scheiben eines Treibhauses. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt läge die Durchschnittstemperatur bei  $-18^{\circ}\text{C}$  und nicht bei  $+15^{\circ}\text{C}$ .

Der Klimawandel hat bereits begonnen: Seit der industriellen Revolution Mitte des 19. Jahrhunderts ist die Temperatur um  $0,3 - 0,6 \text{ K}$  angestiegen und der Meeresspiegel um ca.  $25 \text{ cm}$ . Der enorme Anstieg des Energieverbrauchs ist der Hauptverursacher des anthropogenen Treibhauseffektes.

Kohlendioxid trägt zu mehr als  $60\%$  zum anthropogenen Treibhauseffekt bei.

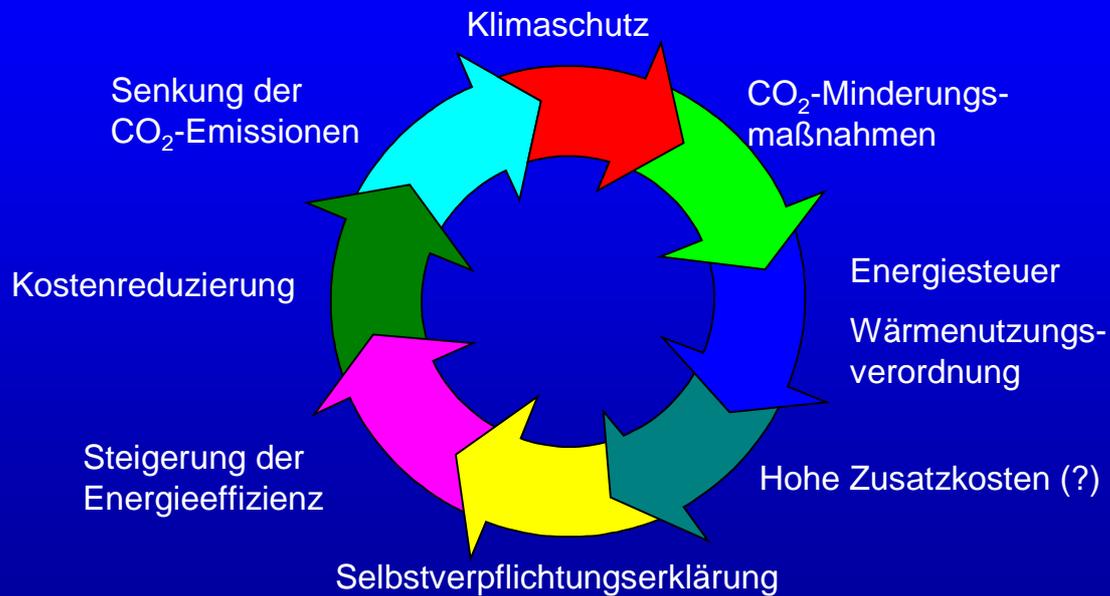
Wenn nichts zur Verringerung der Treibhausgasemissionen getan wird prognostizieren Klimaexperten bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts einen Temperaturanstieg um  $1^{\circ}\text{C}$ .

Die Klimaänderungen würden zu steigenden Meeresspiegeln, zu Änderungen in der Häufigkeit und der Intensität extremer Wetterereignisse, Abnahme der Wasserressourcen, erschöpfte landwirtschaftliche Ressourcen, größere Gesundheitsrisiken und soziale Spannungen führen.

Klimaschutz ist damit die größte umweltpolitische Herausforderung der Gegenwart.

Klimaschutz geht alle an! (Energiesparen und Einsatz energiesparender Techniken)

# Industrie und Klima



BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ

Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

Deutschland hat sich verpflichtet die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2005 auf der Basis von 1990 um 25 % zu reduzieren. Zur Erreichung des CO<sub>2</sub>-Minderungszieles wurde eine Fülle von Maßnahmen diskutiert.

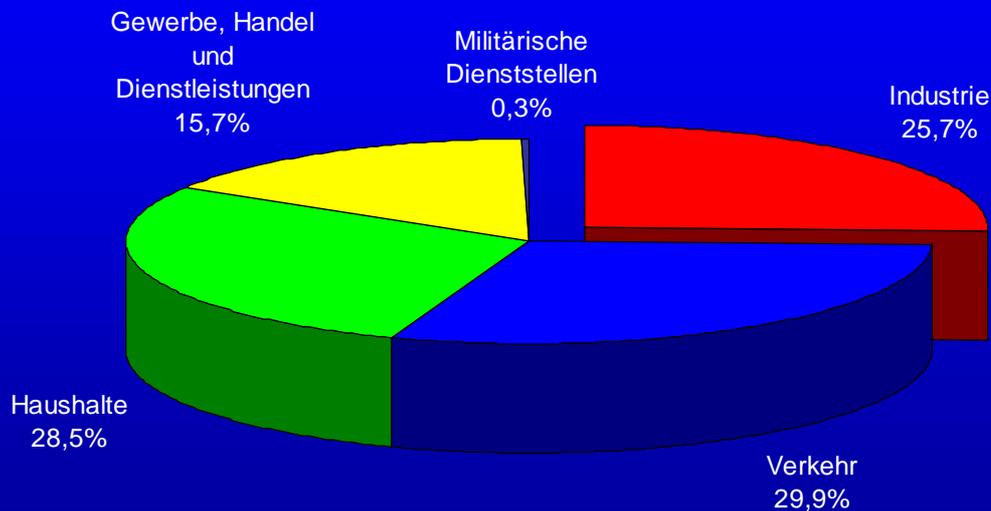
Die Vorsorge vor Nachteilen und Schäden durch energiebedingte Klimaänderungen sollte durch die Wärmenutzungsverordnung in eine Betreiberpflicht umgesetzt werden, Maßnahmen zur rationellen und sparsamen anlageninternen Energienutzung zu konzipieren und umzusetzen. Die Wirtschaft befürchtete aufgrund der nationalen Vorreiterrolle im Klimaschutz eine verschlechterte Wettbewerbssituation auf dem globalen Markt. Diese Verordnung wurde daher nie umgesetzt, sondern stattdessen auf die Selbstverpflichtungserklärungen der deutschen Industrie gesetzt.

Die Industrie verpflichtete sich ihren Beitrag am Klimaschutz zu leisten und verpflichtete sich die Energieeffizienz zu steigern./Verringerung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2005 um bis zu 20% .

Die Industrie konnte bereits 1999 den spezifischen CO<sub>2</sub>-Ausstoß um u 31 % senken.

Daher wurde auf fiskalpolitische und ordnungrechtliche Maßnahmen verzichtet.

## Endenergieverbrauch 1998 in Deutschland nach Verbrauchssektoren



BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ

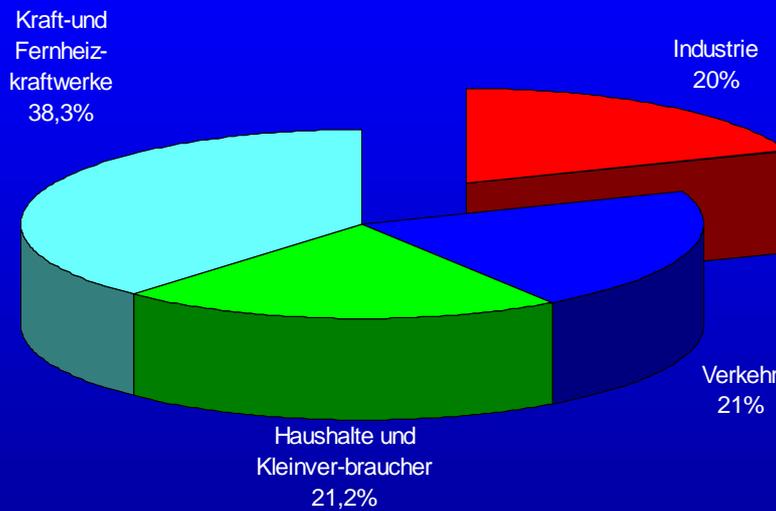
Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

Die jüngsten Energiebedarfsprojektionen gehen davon aus, dass für das kommende Jahrzehnt sich die Abnahme der Primärenergieintensität wie auch der Stromintensität noch beschleunigt: jährlich 2% Primärenergieintensität, 1,2 % Strom-Intensität

Zu 2/3 wird dies erreicht durch höhere Energieeffizienz und zu einem Drittel durch strukturelle Effekte zur Dienstleistungsgesellschaft, mit Sättigungseffekten (keine Steigerung der Produktion?) und höhere Materialeffizienz.

Die durch die ökologische Steuerreform und die Ölpreiserhöhungen der OPEC verursachten Verteuerungen der Mineralölpreise zeigen erste Wirkung. Wie die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen mitteilt, nahm der Primärenergieverbrauch im 1. Halbjahr 2000 im Vergleich zum Vorjahr um 1,7 % ab. Ursache ist der Rückgang des Mineralölabsatzes um 6,1 %. Gleichzeitig nahm der Verbrauch aus regenerativen Energiequellen um 7,3 % zu. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sanken dadurch im 1. Halbjahr um ca. 10 Mio. Tonnen.

## Kohlendioxidemissionen in Deutschland 1998

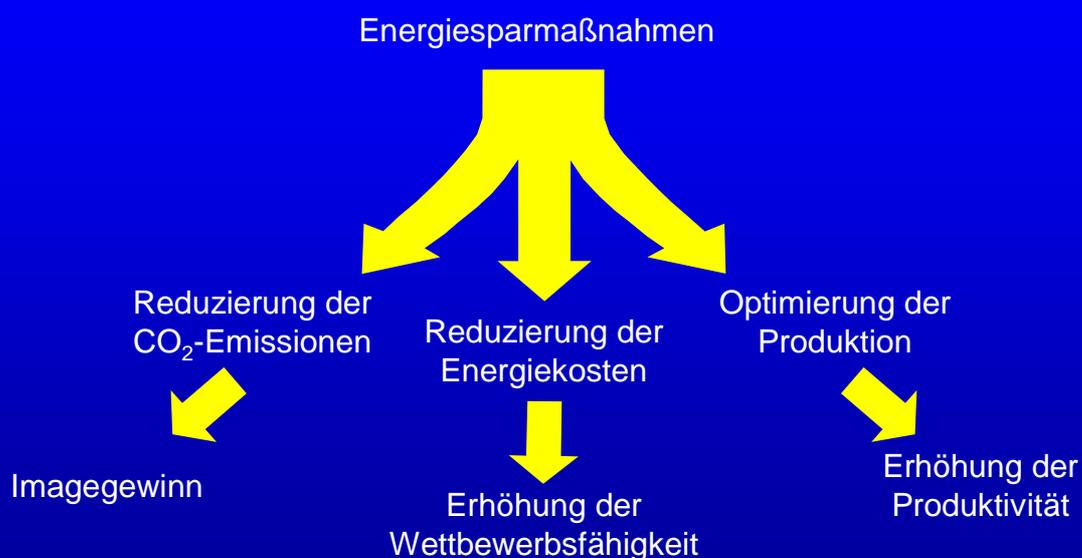


BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ

Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

Während das Bruttoinlandsprodukt in den Jahren von 1991 bis 1998 real um ca 12 % anstieg, sank der Primärenergieverbrauch um 2 % - die Energieeffizienz ist also erheblich gestiegen.

## Motivation für Energiesparmaßnahmen



BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ

Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

# Möglichkeiten zur rationellen Energienutzung

- ▶ Optimierung der Prozesstechnik
- ▶ Optimierung der Prozessführung
- ▶ Optimierung des Energietransports, der Energieumwandlung, der Energieverteilung und der Energienutzung



Elektrische Antriebe benötigen ca. 2/3 des industriellen Stromverbrauchs. Durch die Überdimensionierung der Antriebe und überholte Regelungskonzepte werden Antriebe häufig nicht optimal betrieben. Das technische Einsparpotential ist hoch:

- Elektronische Drehzahlregelung an Drehstrommotoren mit Stromrichtern
- Einsparung in Bezug elektrischer Leistung (Lastspitzenmanagement)

ca. 35 % der zum Betrieb der Anlagen eingesetzten elektrischen Nutzenergie kann eingespart werden (Quelle: RAVEL Impulsprogramm).

Prozesstechnik: Der energietechnische und produktionstechnische Fortschritt eröffnet immer wieder neue Energieeinsparpotentiale, die von den Anwendern zur Senkung ihrer Energiekosten genutzt und von Herstellern zur Verbesserung ihrer Produkte und Wettbewerbssituation.

Ein gute Konjunktorentwicklung ist immer gleichbedeutend mit Zeiten hoher Investitionen und Auslastungen: Investitionen in neue effizientere Produktionsmaschinen und -technologien was zu höherer Produktivität und effizienterem Energieeinsatz führt

Prozessführung: Vermeidung unnötiger Aufheiz- und Abkühlphasen

# Maßnahmen zur rationellen Energienutzung

- Vermeiden von unnötigem Energieverbrauch
- Senkung des spezifischen Nutzenergiebedarfs
- Verbesserung der Wirkungs- und Nutzungsgrade
- Energierückgewinnung
- Nutzung regenerativer Energiequellen



BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ

Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

Die Maßnahmen zur rationellen Energienutzung lassen sich in fünf Gruppen einteilen (Vgl. VDI 39200 “Energieberatung für Industrie und Gewerbe”)

Der Aufwand und damit die Kosten für die Umsetzung der Maßnahmen nimmt dabei von der Vermeidung von unnötigen Energieverbrauch bis zur Nutzung regenerativer Energien zu.

# Beispiele für wirtschaftliche Maßnahmen

Quelle: B.A.U.M.

- Eine Anlage zur Absenkung der Netzspannung bei Leuchtstoffröhren verringerte den Energiebedarf um 26% und die Energiekosten um 275.000 DM
- Ein geschlossener Kühlkreislauf mit Wärmerückgewinnung sparte 6000 m<sup>3</sup> Wasser, 720.000 kWh elektrische Energie und 174.000 DM an Kosten



BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ

Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

Energie ist nur dort ein Thema wo sie auf der Kostenseite kräftig zu Buche schlägt: in energieintensiven Unternehmen

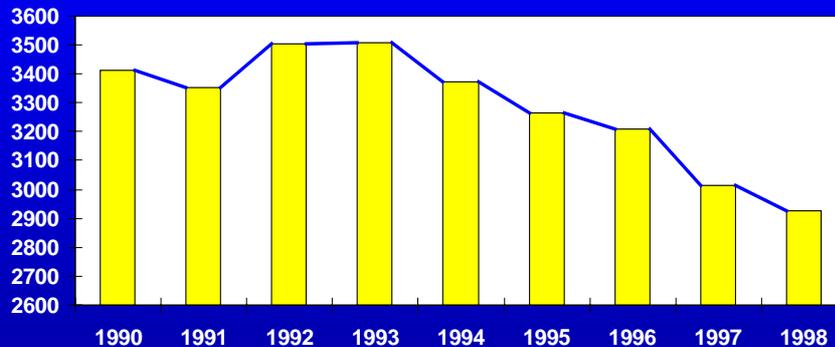
Der Energiekostenanteil beträgt bei kleinen und mittleren Unternehmen ca. 4 - 8 %

Die wirtschaftlichen Energieeinsparmaßnahmen werden für die nächsten Jahre von Experten bei der heutigen und bei der prognostizierten Energiepreisentwicklung auf 20 - 30 % geschätzt (Quelle: BINE)

B.A.U.M. Bundesdeutscher Arbeitskreis für Umweltbewußtes Management

## Beispiel: Papierindustrie

Spezifischer  
Energieverbrauch  
[kWh/t]



Der spezifische Energieeinsatz ist in der  
Papierindustrie seit 1990 um 14,3 % gesunken



BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ

Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

### Rationeller Energieeinsatz in der Papierindustrie

- Optimierung der Wärmebereitstellung z.B. durch KWK
- Optimierung der Wärmeanwendung z.B. durch mechanisches Vortrocknen (Pressen)
- Wärmerückgewinnung
- Optimierung der Druckluftversorgung (Energieeinsparpotential durch Minimierung der Leckageverluste, drehzahlgeregelte Antriebe, Minimierung oder Vermeidung des Druckluftesatzes, Reduzierung des Drucks, Vermeidung von Überdimensionierung und andere Maßnahmen: 30 - 50 %)
- Optimierung der Lüftungsanlagen (Einsparpotentiale bis zu 80%)

# Wirtschaftlichkeit und Energiepreisentwicklung

Fallende Energiepreise  
Fallende Energiekosten  
Verringerung des Energiekostenanteils

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen

Vergrößerung des Energiekostenanteils  
Steigende Energiekosten  
Ökosteuer und steigende Energiepreise



BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ

Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

Energiewirtschaftlich dürften auch die nächsten Jahren durch die Auswirkungen der Liberalisierung geprägt sein. In den nächsten Jahren werden die Strompreise nach den deutlichen Preissenkungen im Anschluß an die Strommarktliberalisierung eher konstant bleiben bzw. leicht ansteigen aufgrund der EU-Weiten Marktaufteilung durch Großunternehmen (Fusionen). Gas vgl. anschließender Vortrag.

Lohnt es sich denn noch in diesem Zusammenhang überhaupt noch sich Gedanken über die Energieeffizienz in der Industrie zu machen?

Fallende Energiepreise haben in der letzten Zeit zu fallenden Energiekosten und damit zu einem geringeren Energiekostenanteil geführt. Der Anreiz für Energieeinsparmaßnahmen insbesondere für investive Energieeinsparmaßnahmen ist gering. Aber stufenweise Anhebung der Ökosteuer führt zur Erhöhung der Energiekosten, damit werden Energieeinsparmaßnahmen wieder an Bedeutung gewinnen. Die Senkung des Energieverbrauchs führt neben der Senkung von CO<sub>2</sub>-Emissionen zur Kostenreduzierung:

Untersuchungen im Auftrag des BMWI haben gezeigt, dass bei den prognostizierten Energiepreisentwicklungen trotzdem innerhalb der nächsten 20 Jahre wirtschaftliche Energieeinsparpotenziale von 20 -30 % zu realisieren sind, davon allein 4 - 6 % auf Betriebsebene durch organisatorische Maßnahmen

## Erdgaspreisentwicklung



Quelle: BMWI, Energiedaten 2000



**BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ**

Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

## Strompreisentwicklung



Quelle: BMWI, Energiedaten 2000



**BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ**

Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

## Die nächsten Stufen der Ökologischen Steuerreform

Jahr	Treibstoff	Strom	Heizöl	Erdgas
1999	+ 6 Pf/l	+ 2 Pf/kWh	+ 4 Pf/l	+ 0,32 Pf/kWh
2000	+ 6 Pf/l	+ 0,5 Pf/kWh	0	0
2001	+ 6 Pf/l	+ 0,5 Pf/kWh	0	0
2002	+ 6 Pf/l	+ 0,5 Pf/kWh	0	0
2003	+ 6 Pf/l	+ 0,5 Pf/kWh	0	0

 **4 Pf/kWh insgesamt für Strom**



Als Gegengewicht zu den sinkenden Strompreisen wurde 1999 die Ökosteuer eingeführt, die bis zum Jahr 2003 einen Anteil von insgesamt 4 Pf/kWh haben wird. Durch die Ölpreisverteuerung können zusätzlich Anreize zur rationellen Energienutzung insbesondere im Wärmebereich erwartet werden.

# Klimaschutz und Kostenreduzierung kein Widerspruch!



- 20 - 30 % wirtschaftliche Energieeinsparpotenziale in den nächsten 20 Jahre
- 4 - 6 % der wirtschaftlichen Energieeinsparpotenziale allein durch organisatorische Maßnahmen realisierbar



BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ

Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

Untersuchungen im Auftrag des BMWI haben gezeigt, dass bei den prognostizierten Energiepreisentwicklungen trotzdem innerhalb der nächsten 20 Jahre wirtschaftliche Energieeinsparpotenziale von 20 -30 % zu realisieren sind, davon allein 4 - 6 % auf Betriebsebene durch organisatorische Maßnahmen

# Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung

Ziel des Projektes:

Unterstützung der freiwilligen Selbstverpflichtung der deutschen Industrie zur Verringerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen

durch die Erarbeitung

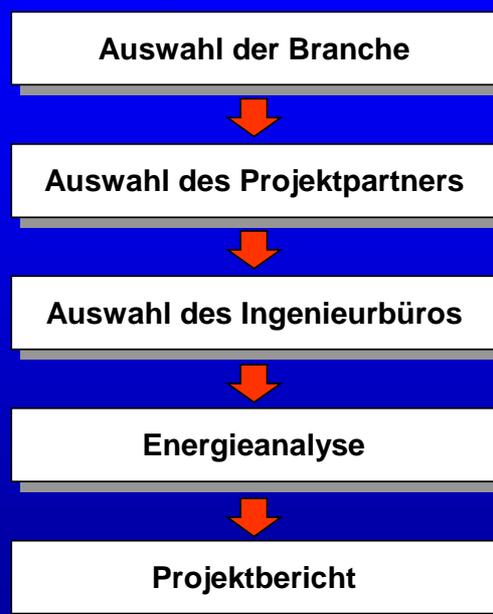
- branchenspezifischer Konzepte am Beispiel bayer. Betriebe
- branchenübergreifender Schwerpunktthemen



BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ

Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

## Projekttablauf



BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ

Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

## Fazit



“Die Erfolge in der Vergangenheit sind keine Rechtfertigung dafür, die Hände in den Schoß zu legen, sondern vielmehr Ansporn für weitere Bemühungen”



**BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ**

Ref. 1/1 Dipl.-Phys. Ulrike Weinfurter

Die großen Einsparpotentiale wurden zweifellos im beachtlichen Ausmaß ausgeschöpft und es ist nun wesentlich schwieriger, vergleichbare spektakuläre Ergebnisse wie in früheren Jahren zu erzielen.

Eine Vielzahl europäischer Beispiele belegen, dass im industriellen und gewerblichen Bereich, trotz bereits erzielter - oft (energie)unbewußter- Verbesserungen noch immer bedeutende Energieeinsparpotentiale bestehen, die durch marktreife Maßnahmen einfach genutzt werden können und den Unternehmen in Zeiten wachsenden Wettbewerbsdrucks helfen, ihre Kosten zu minimieren.

Im globalen Umfeld sind die Kosten einer der bestimmenden Faktoren für die Konkurrenzfähigkeit eines Produktes .

Es wäre daher unklug auf wirtschaftliche Energieeinsparpotentiale zu verzichten.

Energieeffizienz bzw. rationelle Energienutzung gehen daher Hand in Hand mit der Wettbewerbsfähigkeit im globalen Markt.

Rationelle Energienutzung wird zum Unternehmensziel um im globalen Wettbewerb konkurrenzfähig zu bleiben.

# **Möglichkeiten der Optimierung der Bezugskonditionen im liberalisierten Gasmarkt**

**Dipl. Ing. Gerd Lüdeking, Energieconsulting Heidelberg GmbH**

## **1. Einleitung**

Im Jahr 1998 wurde ein neues deutsche Energiewirtschaftsgesetz verabschiedet. Das wurde notwendig, weil das bis dahingeltende Gesetz nicht die Randbedingungen für einen liberalisierten Energiemarkt, wie er von der Europäischen Union gefordert wurde, erfüllte. Das neue Gesetz legte die Randbedingungen sowohl für die Marktöffnung m Strom-wie auch im Gasmarkt fest. Es waren jedoch sowohl für eine Öffnung des Strom- als auch des Gasmarktes noch weitergehende technische und rechtliche Vereinbarungen oder Verordnungen erforderlich. Die notwendigen Regelungen wurden in Deutschland in Verbändevereinbarungen getroffen, ein europaweit einmaliger Weg. Ob die Vereinbarungen ausreichend sind, um tatsächlich langfristig Marktstrukturen zu ermöglichen, und insbesondere wie dieser Markt im Bereich der Gasversorgung aussieht, wird in diesem Vortrag erläutert.

## **2. Strukturen der Gaswirtschaft**

Ähnlich wie in der Stromerzeugung ist die Gasversorgung durch Erzeugung, Transport und Endkundenverteilung gekennzeichnet, bei der Gasversorgung kommt die Möglichkeit der Speicherung als zusätzliche Leistung, die zu erbringen ist, noch hinzu.

### **2.1 Gasförderung**

Gasförderung erfolgt in Europa zu ganz erheblichen Teilen in Russland, Norwegen, den Niederlanden sowie Großbritannien, Benelux und Südeuropa beziehen auch Erdgas aus Algerien. In Deutschland wird nur etwa 1/5 des inländischen Gasbedarfs gefördert.

Mit Ausnahme Russlands ist die Gasförderung eng mit der Förderung von Mineralöl verbunden. Somit werden die westeuropäischen Förderstellen alle von Mineralölkonzernen oder deren Tochtergesellschaften betrieben. Letztlich beschränkt sich die Anzahl der Akteure auf etwa 15 Unternehmen.

### **2.2 Transport und Speicherung von Erdgas**

Die Mechanismen des Gastransports sind deutlich komplizierter, als dies in der Stromversorgung der Fall ist. Dies liegt daran, das Gas in unterschiedlichen Qualitäten nach Westeuropa transportiert wird (Erdgas L aus den Niederlanden und dem Inland, Erdgas H aus der Nordsee und Erdgas H aus Russland). Die Konditionierung des Gases, so dass die jeweiligen Qualitäten aufeinander abgestimmt werden können, ist nur an wenigen Übergabestellen möglich. Hinzu kommt, das Gas an der Förderstelle kontinuierlich anfällt, aber zur Wärmeerzeugung jahreszeitlich stark schwankend nachgefragt wird. Ein weiterer Unterschied zum Strom ist die Tatsache, das Gas eine Fließrichtung hat.

Der Transport von den Förderstellen bis zu sogenannten Hubs, den zukünftigen Handelspunkten für Gas, erfolgt letztlich durch drei Gesellschaften. Die Distrigas, der Belgische Gasmo-

nopolist, betreibt die Transportleitung zwischen Großbritannien und Zeebrugge, die Statoil betreibt alle Transportleitungen von Nordseeförderstellen zu den Übergabepunkten Groningen und Emden, und die GazExport, eine Gazprom-Tochtergesellschaft betreibt alle Trassen aus dem GUS-Raum nach Westeuropa. Bis heute haben diese drei Unternehmen damit eine ausschließliche Kenntnis über Mengen, Auslastung der Trassen sowie handelnden Akteuren.

An den sogenannten Grenzübergangspunkten übernehmen vier dominierende Gashandelsgesellschaften, die Ruhrgas, die Thyssengas, die BEB sowie die WinGas das Gas von den internationalen Transporteuren. Während BEB und Ruhrgas mehrheitlich von der Mineralölwirtschaft dominiert werden, ist die Thyssengas ein Unternehmen der RWE, die WinGas ist eine BASF-Tochter. Diese Gesellschaften verstehen sich als Gashändler, wollen also Gasverteilunternehmen so effizient wie möglich versorgen. Gleichzeitig verfügen sie jedoch auch über einen erheblichen Teil des deutschen Hochdrucknetzes sowie wichtiger Speicherkapazitäten. Ruhrgas und BEB wiederum haben sich in den vergangenen Jahren in erheblichem Maße an Weiterverteilunternehmen beteiligt.

Das Gas wird von weiteren 13 Ferngasgesellschaften übernommen, die an 40 Regionalunternehmen sowie ca. 700 Stadtwerke weiterverteilen. Viele der Weiterverteiler versorgen dabei sowohl Stadtwerke als auch direkt Endkunden.

Die Weiterverteiler sind weitgehend über Demarkationsabsprachen in der Vergangenheit an den in ihrem Gebiet tätigen Vorlieferanten gebunden gewesen.

### **2.3 Versorgung von Endkunden**

Wettbewerb bei der Versorgung von Endkunden ist in Deutschland nicht erst mit Beginn der Marktliberalisierung entstanden. So weist die Gaswirtschaft immer wieder darauf hin, das Gas im Wärmemarkt im Wettbewerb mit anderen Wärmeträgern wie Heizöl und Fernwärme im Wettbewerb steht. Vor diesem Hintergrund gilt bei der Preisbildung bis auf wenige Ausnahmen seit Einführung des Erdgases in Deutschland eine Bindung an die Preisentwicklung des Mineralöls. Bei der Bewertung, ob tatsächlich Wettbewerbsmechanismen im Bereich der Gaswirtschaft zum Tragen kommen, ist jedoch zu beachten, das es sich zumindest auf Seiten der Produzenten weitgehend um die gleiche Akteure handelt, und zumindest teilweise eine enge Verknüpfung zwischen Erzeugern und Händlern besteht.

Eine Ausnahmesituation entstand in den Gebieten, wo die WinGas seit Anfang der 90er Jahre eigene Hochdrucktrassen erstellte. Dort fand schon damals Wettbewerb statt, von dem Weiterverteiler und große Industrieabnehmer profitierten. Ursache dafür ist im wesentlichen das Ziel der WinGas, die neu errichteten Transportkapazitäten so schnell wie möglich auszulasten.

### **3. Verbändevereinbarung Gas**

Neben der Kenntnis von Eigentumsverhältnissen und Mechanismen der Gasversorgung ist die Kenntnis der Verbändevereinbarung Gas von hoher Bedeutung für eine Einschätzung der aktuellen und der zukünftigen Möglichkeiten günstiger Gasbeschaffung im Wettbewerb. Die Verbändevereinbarung regelt die Möglichkeiten des Zugangs zum Gasnetz und gibt eine grobe Leitlinie für die Vergütung.

Jedoch wurden wichtige Aspekte nicht geklärt. So wurde keine Regelung über Speicherdienstleistungen, die für Wärmeabnehmer enorm wichtig sind, vereinbart. Ebenso wurde für die Abweichung von Einspeisung und Abnahmeprofil eine unbefriedigende Lösung mit sehr

engen Toleranzen, die einem Kompressiblen Medium, wie es Gas ist, nicht gerecht werden, vereinbart. Auch die notwendige Konditionierung von Gas, wenn ein Kunde mit bisher anderer Gasqualität versorgt werden soll, wurde nicht geklärt. Die Regelungen zur Messung von Einspeise- und Entnahmemengen erscheinen unangemessen kompliziert.

Hinsichtlich der vereinbarten Preisrahmens für Durchleitung wurde auf der Hochdruckebene ein entfernungsabhängiges Gefüge vereinbart, das jedoch im Vergleich mit britischen Transportpreisen extrem hochpreisig ist. Für die Verteilebene wurde ein sogenannter Briefmarkentarif vereinbart, getrennt für die Regionalverteilung und die Kommunalverteilung. Dieses extrem komplizierte Gefüge, das Abnehmer diskriminiert, die zunächst über ein regionales und anschließend über ein kommunales Niederdrucknetz versorgt werden, ist inzwischen auch in der Branche umstritten.

Insgesamt ergeben sich auf Basis der inzwischen von allen größeren Gasversorgungsunternehmen Transportkonditionen, die den Wettbewerb und die freie Lieferantenwahl eher behindern. Addiert man die seit Jahren veröffentlichten Grenzübergangspreise, die jeweils aktuelle Einkaufskonditionen der großen Gashändler wiederspiegeln, und die Transportkosten laut veröffentlichter Tarife, so ergeben sich gegenüber den bisherigen Gaspreisen Mehrkosten von etwa 10 bis 20 Prozent (was faktisch bedeuten würde, das die Gasversorgungsunternehmen in der Vergangenheit erhebliche Verluste erwirtschaftet hätten, was natürlich nicht der Fall ist).

Erst eine neue Verbändevereinbarung, die gegen Ende 2001 erwartet wird, kann eine Reduktion der Transportentgelte zur Folge haben. Da es jedoch nicht wie im Telekommunikationsmarkt eine Regulierungsbehörde gibt, die Netznutzungsentgelte verordnen kann, ist jedoch nicht zu viel Optimismus angebracht. Im Strommarkt hat gerade erst eine zweite Verbändevereinbarung sogar steigende Transportpreise zu Folge gehabt, was den Wettbewerb erheblich behindert.

#### **4. Optionen im Gashandel**

Während die Höhe des Transportentgelts für den Abnehmer nur bedingt beeinflussbar ist, versprechen sich viele Beobachter des Gasmarktes Preisverbesserungen durch einen funktionierenden Gashandel.

Erfahrungen aus Großbritannien seit Mitte der 90er Jahre zeigen, dass der Gashandel weitgehend ein eigenständiges Preisgefüge zur Folge hat, ohne Bindung an Heizöl oder andere Brennstoffe. Neben dem Handel von Spotmarktprodukten, also der Gaslieferung für den kommenden Tag, wurden auch verschiedene Produkte für Endkunden entwickelt, zum Beispiel Kraftwerksgas mit einer eigenständigen Preisbildung. Insgesamt lagen die Preise in Großbritannien in den vergangenen Jahren im Sommer deutlich unter den kontinentaleuropäischen Gaspreisen, im Winter stiegen sie leicht über die kontinentaleuropäischen Preise. Durch die Inbetriebnahme einer Gastransportleitung zwischen Bacton (GB) und Zeebrugge (B) wurde erwartet, dass der britische Spotmarkt auch Auswirkungen auf den Gashandel auf dem Kontinent haben würde.

Die Erfahrung nach einem Jahr zeigt jedoch, dass der britische Markt stärker vom kontinentaleuropäischen Markt beeinflusst wird, als dies erwartet wurde. Bedingt durch eine Nachfrage vom Kontinent, aber auch bedingt durch die Fusionen in der Mineralölwirtschaft in den vergangenen 12 Monaten, wendete sich der britische Gasspotmarkt von einem Nachfragermarkt zu einem Bietermarkt. Spürbare Auswirkung sind Gaspreise, die zeitweise auch im Sommer 2000 über den veröffentlichten Grenzübergangspreisen auf dem Kontinent lagen. Derzeit liegen die Spotmarktpreise in Bacton um etwa 0,2 Pf/kWh über den Grenzübergangspreisen.

Gasbezug aus Großbritannien erscheint aufgrund dieser Entwicklung keine deutliche Bezugs-kostensenkung an den bisherigen Akteuren auf dem kontinentaleuropäischen Markt vorbei zu sein.

Eine weitere Handlungsoption erschien in vielen Szenarien der sogenannte Gas-to-Gas-Market, in dem die Produzenten direkt an Endkunden oder zumindest an Verteilunternehmen Gas liefern und dabei die traditionellen Gashandelsunternehmen umgangen werden. Bis heute hat es den Anschein, als würden die Produzenten keine neuen Handelsbeziehungen eingehen wollen. Zwar bestätigen sie auf Anfrage, entsprechende Strategien vorbereitet zu haben, aber bisher werden keine Angebote abgegeben. Allerdings sind im Handelsmarkt vor allen Dingen von Seiten der GasExport Aktivitäten erkennbar, zusätzliches Absatzpotenzial an den traditionellen Gashändlern vorbei zu erreichen, bisher jedoch ohne Erfolg.

Einzelnen Stadtwerken ist es trotz des sehr stark stockenden Gashandels gelungen, Lieferungen an den traditionellen Handelsbeziehungen vorbei zu vereinbaren. Es wurden zwar nur geringfügige Kostenvorteile in den Vereinbarungen mit den Gashändlern TXU und Enron erzielt, jedoch wird der Zugewinn an Erfahrung diesen Stadtwerken langfristig einen erheblichen Vorteil im liberalisierten Gasmarkt ermöglichen.

## **5. Möglichkeiten für Endkunden zu Preissenkungen**

Hinsichtlich der Durchleitung und des Gashandels ist bisher kein Wettbewerb zustande gekommen. Jedoch hat der Strommarkt gezeigt, dass auch bei offensichtlich schwierigen Randbedingungen Wettbewerb möglich ist, wenn einzelne Unternehmen von der bisherigen partnerschaftlichen Politik im Umgang mit den übrigen dominierenden Akteuren im Markt abweichen und eine offensive Marktstrategie verfolgen. Der Strommarkt hat aber auch gezeigt, dass bei einem solchen Vorgehen kein Unternehmen erheblichen Zugewinn an Umsatz oder Gewinn verzeichnen kann, so dass diese Strategie nicht unbedingt als sinnvoll angesehen werden kann.

Dementsprechend ist derzeit kein Lieferant bereit, aggressive Angebote an Endkunden zu unterbreiten, die Preisrisiken für den Lieferanten beinhalten oder sogar bewusst mit Verlusten kalkuliert sind, um neue Kunden dazu gewinnen zu können. In laufenden Wettbewerben auch großer Gasnachfrager zum Beispiel der deutschen Automobilindustrie wurden keine Angebote mit wettbewerbsfähigen Preisen für die Gesamtbelieferung der Standorte abgegeben.

Mangelnder Wettbewerb führt in der momentanen Situation dazu, dass in der Folge steigender Heizölpreise der Gaspreis kräftig ansteigt. Dabei werden Rabattregelungen gefunden, die Nachlässe gegenüber den bestehenden Verträgen von bis zu 10% beinhalten. Insgesamt ist der Preisanstieg dadurch jedoch nur gedämpft.

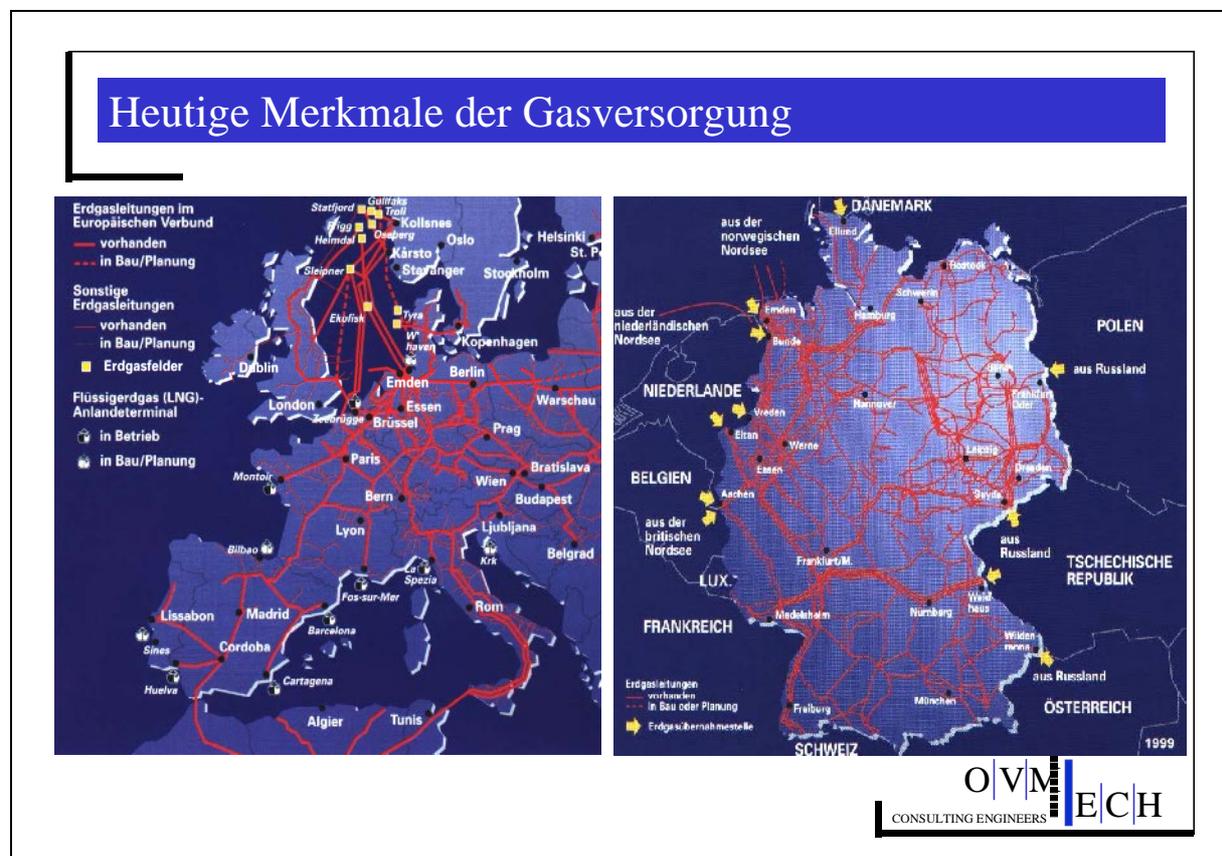
Unklar bleibt, wie sich die Politik in dieser Situation verhalten wird. Offensichtlich findet derzeit trotz Marktöffnung kein Wettbewerb statt. Mögliche Konsequenz wäre ein Eingreifen in Form einer Regulierungsbehörde, die die Kalkulation der Transportentgelte prüft und die Rahmenbedingungen für Transport von Gas so fasst, dass Wettbewerb möglich wird. Genau so ist jedoch möglich, dass erst mit Überarbeitung der Verbändevereinbarung und neuen Transportentgelten Wettbewerb erfolgen kann. Eine dritte denkbare Möglichkeit ist es, dass ein Anbieter die Gelegenheit nutzt, um mit einer offensiven Marktstrategie Kunden zu gewinnen. Da diese Option jedoch von uns als unwahrscheinlich eingeschätzt wird, wird es vermutlich noch einige Zeit dauern, bis Endabnehmer einen spürbaren Nutzen aus der Marktliberalisierung beim Gas haben werden.

Ein harter Preiswettbewerb, wie er im liberalisierten Strommarkt schnell eintrat, ist im Gasmarkt nicht zu erwarten. Kurzfristiges Nachverhandeln von Lieferverträgen erscheint aber als unbedingt sinnvoll. Gerade im Bereich der Rückvergütung von Gassteuern ist durch die Gassteuererhöhung Spielraum bei den Gasversorgern entstanden. Gleichzeitig sind Optionen, wie sie vor Beginn der Marktliberalisierung hilfreich waren, sinnvolle Möglichkeiten, um Preissenkungen durchsetzen zu können. Dazu zählen abschaltbare Gasverträge, die Bindung an schweres Heizöl und, bei Prozessenergie, die Anlegbarkeit zum Strom, der ja derzeit sehr kostengünstig zur Verfügung steht.

## 6. Zusammenfassung

Eine Marktliberalisierung ist formal in Deutschland erfolgt. Jedoch findet derzeit auf keiner Ebene Wettbewerb statt. Die Durchleitungsentgelte, wie sie in der Verbändevereinbarung verhandelt wurden und inzwischen von den Versorgern veröffentlicht sind, sind überhöht. Die Gasproduzenten scheuen eine Direktvermarktung bei Weiterverteilern oder Endabnehmern und prägen, ähnlich wie beim Mineralöl, den Handelspreis im Sinne eines Oligopols. Im Bereich der Endkundenbelieferung werden derzeit keine Angebote mit offensiven Kundenzugewinnstrategien von Weiterverteilern oder Händlern abgegeben.

Die beschriebenen Aspekte führen dazu, dass die Endkundenpreise im Jahr 2000, ähnlich wie die Heizölpreise, drastisch steigen. Hauptprofiteure der Preissteigerungen sind die Gasproduzenten. Die Weiterverteiler haben nur geringe Möglichkeiten, ihre Bezugskonditionen in diesem Umfeld zu verbessern und an die Kunden weiterzugeben.



## Heutige Merkmale der Gasversorgung

### Wettbewerb im Gasmarkt wird entstehen, denn

- der Ordnungsrahmen ändert sich
- lukrative Kunden werden umworben („Rosinenpickerei“)
- die Mechanismen des Gashandels werden Auswirkungen auf Versorgungsunternehmen und die Endabnehmerpreise haben (Preisdruck durch Überkapazitäten,
- Gasproduzenten, Ferngasgesellschaften und Regionalversorger werden strategisch in gleichen Zielgebieten aggieren
- „Steinewerfer“ oder ein Regulator könnten den Wettbewerb erzwingen

## Heutige Merkmale der Gasversorgung



VNG - Verbundnetz Gas AG

EVG - Erdgasversorgungsgesellschaft Thüringen-Sachsen GmbH

FGN - Ferngas Nordbayern

GVS - Gasversorgung Süddeutschland GmbH

SFG - Saar Ferngas AG

WFG - Westfälische Ferngas AG

VEW - VEW Energie AG

FSG - Ferngas Salzgitter GmbH

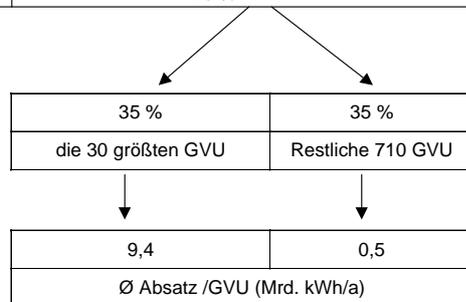
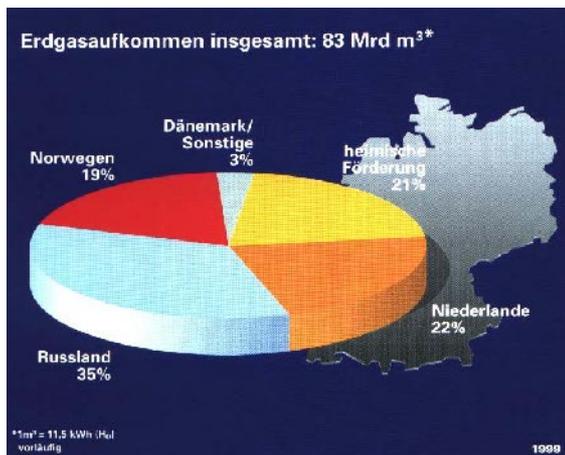
EGM - Erdgasverkaufsgesellschaft mbH

EWE - EWE Aktiengesellschaft

BEB - BEB Erdgas und Erdöl GmbH

## Heutige Merkmale der Gasversorgung

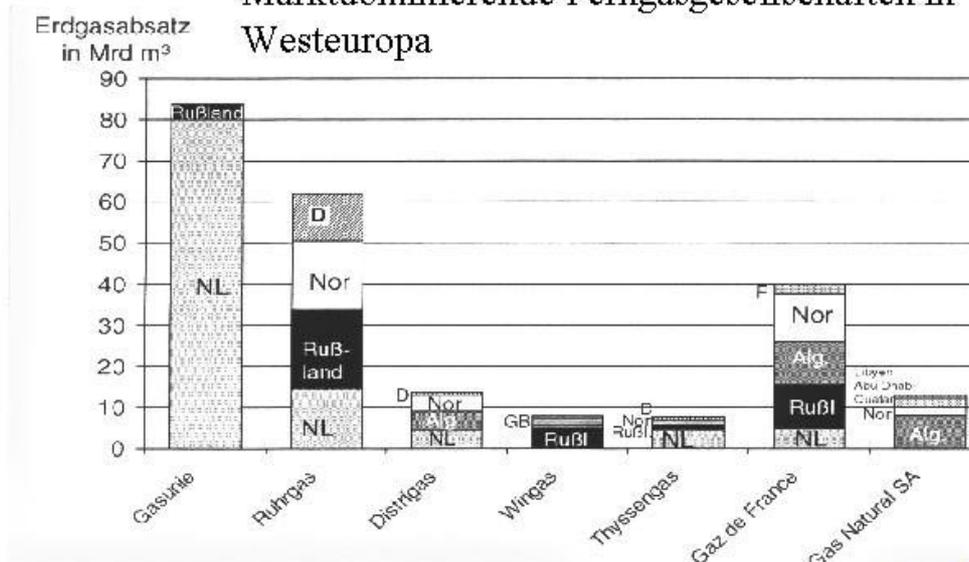
ca. 18 Ferngasgesellschaften	ca. 40 Regional- unternehmen	+	ca. 700 lokale Gas- unternehmen
30 %	70 %		



O|V|M|E|C|H  
CONSULTING ENGINEERS

## Heutige Merkmale der Gasversorgung

### Marktdominierende Ferngasgesellschaften in Westeuropa



O|V|M|E|C|H  
CONSULTING ENGINEERS

## Heutige Merkmale der Gasversorgung

### Aktuelle internationale Marktpreise / Handelspreise

- |                                  |             |                        |
|----------------------------------|-------------|------------------------|
| □ Grenzübergangsprise Deutschl.: | 2,15 Pf/kWh | (Stand Anfang Mai)     |
|                                  | 2,49 Pf/kWh | (Stand Anfang Oktober) |
| □ Day-Ahead in Bacton:           | 1,68 Pf/kWh | (Stand Anfang Mai)     |
| □ Day-Ahead in Zeebrugge:        | 1,76 Pf/kWh | (Stand Anfang Mai)     |
|                                  | 2,79 Pf/kWh | (Stand Anfang Oktober) |

Während die Grenzübergangsprise europaweit ein HEL-Bindung aufweisen, ziehen die Handelspreise ebenfalls auf ein ungewöhnlich hohes Niveau an und liegen in GB heute teilweise über den Grenzübergangsprisen. Im vergangenen Jahr lagen die Handelspreise bei etwa 1,10 Pf/kWh.



## Heutige Merkmale der Gasversorgung

### Rolle der Gasproduzenten im westeuropäischen Gasmarkt

- enge Verbindung mit der Mineralölwirtschaft
- internationale Fernleitungen teilweise im Eigentum der Händler, daher hohe gegenseitige Abhängigkeiten
- Verfügbarkeit internationaler Transportkapazitäten unklar
- System der Heizölpreisbindung in langlaufende Verträgen nutzt bisher der gesamten vorgelagerten Lieferkette, Statoil kann in diesem Jahr beispielsweise seine Gewinne verdreifachen

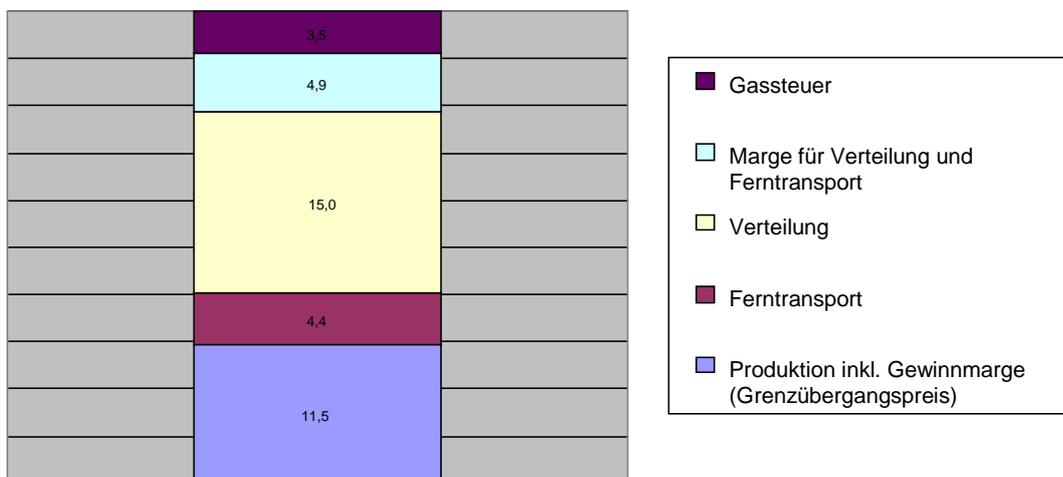


## Heutige Merkmale der Gasversorgung

	Gasabsatz in Mrd.kWh	Umsatz in Mrd.DM	Anzahl der Mitarbeiter	Umsatz pro Mitarbeiter in Mio.DM	Länge des Leitungsnetzes in km	Gesellschafter	Beteiligungen
<b>Wintershall-Gruppe</b> Wintershall AG, Wingas GmbH und Wintershall Erdgas Handelshaus (WIEH) (1998)	196,7	8,9	1935	ca. 4,6	1600 (nur Wingas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wintershall AG ist 100% ige Tochter der BASF</li> <li>- Wingas gehört der Wintershall AG (65%) und der russischen Gazprom(35%)</li> <li>- WIEH gehört der der Wintershall AG (50%) und der Gazprom (50%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbundnetz Gas AG (15%)</li> <li>- EVG Münster (28,7%)</li> <li>- Haidkopf GmbH (100%)</li> </ul>
<b>Verbundnetz Gas</b> Aktiengesellschaft (VNG) (1997)	150,6	3,6	1132	ca. 3	8000	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruhrgas AG (36,84%)</li> <li>- Wintershall AG (15,78%)</li> <li>- BEB Erdgas und Erdöl GmbH (10%)</li> <li>- VNG-Verbundnetz Gas Beteiligungsgesellschaft mbH (15%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbundnetz Gas Beteiligungs-GmbH&amp;Co.KG (100%)</li> <li>- Erdgasversorgungsgesellschaft Thüringen-Sachsen mbH(50%)</li> </ul>
<b>BEB Erdgas und</b> <b>Erdöl GmbH</b> (mit Brigitta und Elwerath) (1997)	178	3,68	1691	ca. 2,2	k.A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deutsche Shell AG (50%)</li> <li>- Esso AG (50%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruhrgas AG (über Brigitta) (25%)</li> <li>- Schubert KG (über Elwerath) (30%)</li> </ul>
<b>Ruhrgas AG (1998)</b>	585,7	12,82	2681	ca. 4,8	10361	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bergemann-Stimmenpool (60%)</li> <li>- Schubert KG-Stimmenpool (15%)</li> <li>- Brigitta Erdgas und Erdöl GmbH (25%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- VNG-Verbundnetz Gas (35%)</li> <li>- Thüga AG (10%)</li> <li>- Gazprom (4%)</li> </ul>

## Heutige Merkmale der Gasversorgung

**Bestandteile des Gaspreises für Endverbraucher**  
(39,3 Pf/m<sup>3</sup>) in Deutschland in Pfennig/m<sup>3</sup>



Quelle: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung: RWI-Mitteilungen 47 (1996)

## Rechtsrahmen zur Gasmarktliberalisierung

### Die EU-Gasmarkttrichtlinie

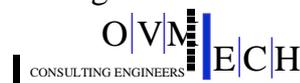
- am 10. August 1998 in Kraft getreten
- diskriminierungsfreier Netzzugang
- Verweigerung des Netzzugangs möglich bei fehlenden Kapazitäten
- besonderer Schutz von Take or Pay Verträgen
- verhandelter und regulierter Netzzugang
- Unbundling nur in Form einer Entflechtung der Buchführung
- stufenweise Mindestmarktöffnung: ab 8/2000 20% des Gesamtgasverbrauchs, nach 5 Jahren 28%, nach 10 Jahren 33%



## Rechtsrahmen zur Gasdurchleitung

### Eckpunkte der Verbändevereinbarung

- trat im Sommer 2000 in Kraft, mit Gültigkeit für ein Jahr
- diskriminierungsfreier Netzzugang unter technische Rahmenbedingungen, die bis 10.8.00 veröffentlicht werden
- Lastprofile der Abnehmer auf Basis von Stundenwerten werden angestrebt, max. Abweichung: 15 % der max. Tagesmenge
- Entfernungskomponente auf der Ferngasschiene (gestaffelt nach Nennweiten)
- „Briefmarke“ auf der Regio- und SW-Ebene
- keine weitergehenden Regelungen zu Systemdienstleistungen wie Mischen und Speichern



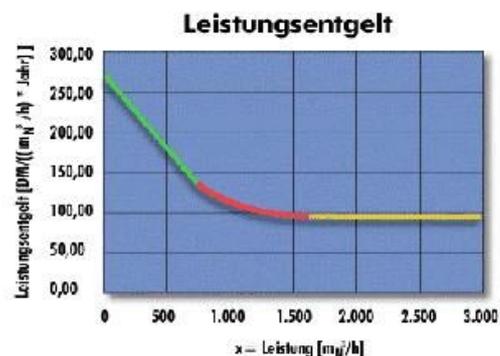
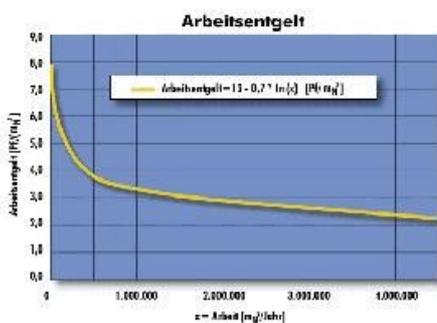
## Regelungen zur Gasdurchleitung

### Regelungen zu Durchleitungsentgelten

- Ferngastarif: 0,36 – 6,60 Pf/(m<sup>3</sup>/h) / (a\*km), abhängig von der Nennweite der Trasse
- Regiobriefmarke mit Leistungspreis bis zu 150 DM/(m<sup>3</sup>/h)/a
- Endverteilerbriefmarke mit Leistungspreis zwischen 90 und 250 DM/(m<sup>3</sup>/h)/a, Arbeitspreis von ca. 3 Pf/m<sup>3</sup> (über 1 Mio m<sup>3</sup>/a) und Grundpreis von über 100,- DM/Monat

## Regelungen zur Gasdurchleitung

### Veröffentlichte Durchleitungsentgelte der WFG Dortmund im Bereich Endkundenverteilung



- Leistungsentgelt =  $280 - 0,17 \cdot x$  [DM/((m<sup>3</sup>/h) \* Jahr)] für  $x \leq 750$  [m<sup>3</sup>/h]
- Leistungsentgelt =  $40,5 + 84,000/x$  [DM/((m<sup>3</sup>/h) \* Jahr)] für  $750 < x \leq 1.600$  [m<sup>3</sup>/h]
- Leistungsentgelt = 93 [DM/((m<sup>3</sup>/h) \* Jahr)] für  $x > 1.600$  [m<sup>3</sup>/h]

## Regelungen zur Gasdurchleitung

### Beispielkalkulation für Großabnehmer mit 1 Mio m<sup>3</sup>/a und einer Leistungsspitze von 200 m<sup>3</sup>/h

(Basis: WFG-Preise und VV)

- Ferngastarif: 10.000 DM/a
- Regiobriefmarke: 30.000 DM/a
- Endverteilerbriefmarke: 81.400 DM/a

Durchschnittspreis für die Durchleitung: 12,14 Pf/m<sup>3</sup>

(zuzüglich Grenzübergangspreis bzw. Gashandelspreis, Speicherkomponente, Messgerät, Konzessionsabgabe etc.)

FAZIT: Preis ermöglicht wettbewerbsfähige Angebote nur in unmittelbarer Nähe zu Ferntransportleitungen mit großen Durchmessern



## Regelungen zur Gasdurchleitung

### Beispielkalkulation für Kleinabnehmer mit 10.000 m<sup>3</sup>/a und einer Leistungsspitze von 5 m<sup>3</sup>/h (Mehrfamilienhaus)

(Basis: WFG-Preise und VV)

- Ferngastarif: 250 DM/a
- Regiobriefmarke: 800 DM/a
- Endverteilerbriefmarke: 3.325 DM/a

Durchschnittspreis für die Durchleitung: 43,75 Pf/m<sup>3</sup>

(zuzüglich Grenzübergangspreis bzw. Gashandelspreis, Speicherkomponente, Messgerät, Konzessionsabgabe etc.)

FAZIT: Preis ermöglicht keine wettbewerbsfähigen Angebote, sofern nicht Unternehmen den Markt „kaufen“



## Regelungen zur Gasdurchleitung

### Regelungen zu Durchleitungen

- Gasbeschaffenheit, die eingespeist werden darf, wird vom Lieferanten vorgegeben
- Messwerterfassung und die Bereitstellung der Daten beim Transporteur muss vom Abnehmer/Lieferanten sichergestellt werden
- Abweichungen vom angemeldeten Profil von mehr als 2%/h (Steuerungsdifferenzen) werden gesondert verrechnet
- Ablehnungsgründe werden nicht explizit genannt

Die stundenweise Erfassung von Lastprofilen ist unangemessen, da bisher in der Gaswirtschaft über Druckschwankungen Tagespuffer auch auf Regio-Ebene üblich waren und sind.



## Regelungen zur Gasdurchleitung

### Regelungen zu Systemdienstleistungen

- als Systemdienstleistung werden bisher lediglich der Netzbetrieb sowie die Messwertverwaltung verstanden
- Systemdienstleistungen zur Sicherung der Gasqualität und zur Speicherung /Lastausgleich werden erforderlich, aber bisher nicht explizit angeboten
- Die bisherigen Regelungen zu Systemdienstleistungen sind nicht ausreichend, um freien Zugang zu Transportkapazitäten zu ermöglichen.



## Wettbewerb in der Gasversorgung?

Trotz aller Wettbewerbseinschränkungen durch unklare Verordnungen wird die Gasmarktliberalisierung Auswirkungen auf die Wettbewerbssituation haben:

- Höhe und Geschwindigkeit der Preissenkungen bleiben unklar.
- Vertragslaufzeiten werden sich verkürzen und es kann sich ein Spotmarkt für kurzfristige Gaslieferungen bilden.



## Wettbewerb in der Gasversorgung?

Derzeit überwiegen jedoch noch die wettbewerbshindernden Aspekte:

- Gashändler dominieren den Beschaffungsmarkt, Lieferanten sind nicht an weiteren Handelsbeziehungen oder dem Aufbau eines Endkundengeschäftes interessiert.
- Transportentgelte sind überhöht, so daß Angebote ohne Netzbesitz nicht kostendeckend abgegeben werden können (einzige Ausnahme: Bandleistungen für Industrie und Kraftwerke)



# Perspektiven der Kraft-Wärme-Kopplung

Dr. Josef Hochhuber, LfU

Kaum ein Energiebereich erlebte in den letzten Jahren derartige Höhen und Tiefen wie die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Nach fast euphorischem Anwachsen in der ersten Hälfte der 90er Jahre hat nach dem Sinken der Strompreise durch die Liberalisierung die Kraft-Wärme-Kopplung heute den Ruf völlig fehlender Rentabilität. Im Folgenden soll dargestellt werden, wie die Situation der KWK sich heute und in der Zukunft zeigt, welche technischen Möglichkeiten ihrer Realisierung bestehen und unter welchen Umständen eine wirtschaftlich rentable Einbindung in die Energieversorgung eines Betriebes möglich ist.

## Technik der Kraft-Wärme-Kopplung

„Kraft-Wärme-Kopplung“ (KWK) bedeutet die gleichzeitige Erzeugung von mechanischer Arbeit bzw. den daraus erzeugten elektrischen Strom und nutzbarer Wärme in einer technischen Anlage. Dabei bedeuten:

### **KWK** das Funktionsprinzip

**BHKW** (Blockheizkraftwerk) einer **KWK-Anlage** auf der Basis eines **Verbrennungsmotors**



Abb. 1: BHKW

Technische Realisierungsmöglichkeiten für KWK-Anlagen:

- Gas- oder Dieselmotoren
- Dampfturbinen /Dampfmotoren
- Gasturbinen
- Brennstoffzellenanlage

Die Produkte Kraft (Strom) und Wärme werden als Koppelprodukte bezeichnet. Der elektrische Wirkungsgrad einer KWK-Anlage wird durch das Verhältnis von Stromerzeugung und Brennstoffeinsatz, der thermische Wirkungsgrad durch das Verhältnis von Wärmeerzeugung und Brennstoffeinsatz beschrieben. Nutzungsgrade sind die entsprechenden Quotienten über einen längeren Zeitraum (z.B. 1 Jahr) betrachtet. Die Zahl der Volllaststunden ergibt sich aus dem Verhältnis von Jahresenergieerzeugung und der bei der installierten Leistung maximal möglichen Energieerzeugung.



Abb. 2: Kompakt-BHKW:

Beim Kompakt-BHKW (Modul) bilden der Antriebsmotor, der Generator und die Wärmeübertrager eine Einheit.

Die Leistung der BHKW-Motoren liegt im Bereich von 5 bis 500 kW, darüber kommen dann Gasturbinen zum Einsatz.

Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt das vereinfachte Schema des Aufbaus und der Einbindung einer BHKW-Anlage in das Versorgungsnetz eines Betriebes.

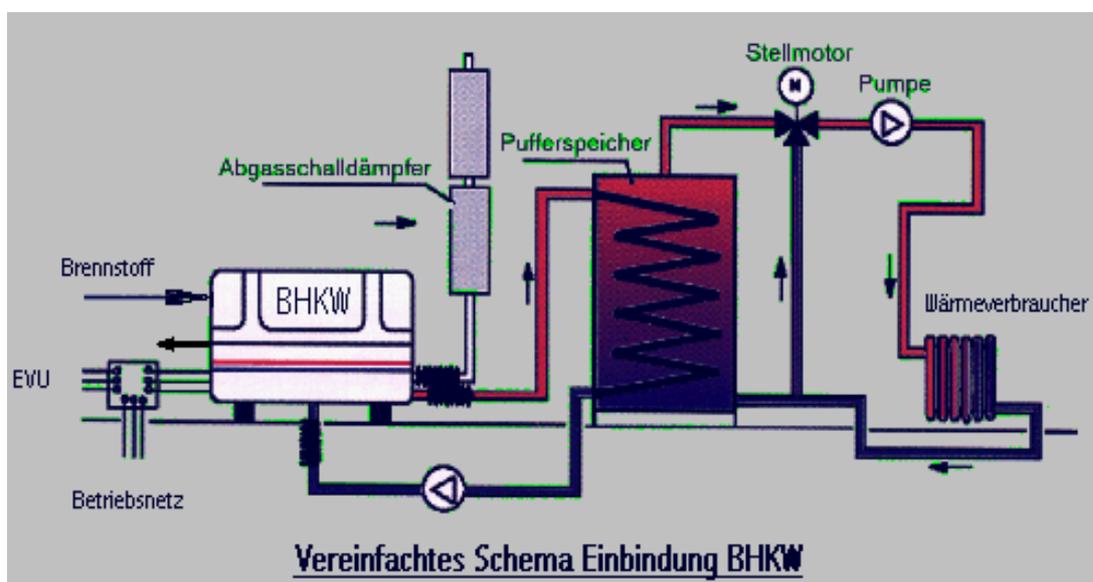


Abb. 3

## Energiebilanz:

Der große Vorteil der Kraft-Wärme-Kopplung liegt, darin, dass die enormen Energieverluste, die bei der herkömmlichen Stromerzeugung in Kondensationskraftwerken in Form von Abwärme entstehen, vermieden werden. Die nachfolgende Abbildung 4 zeigt die Energiebilanz der simultanen Erzeugung von Strom und Wärme, die in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen:

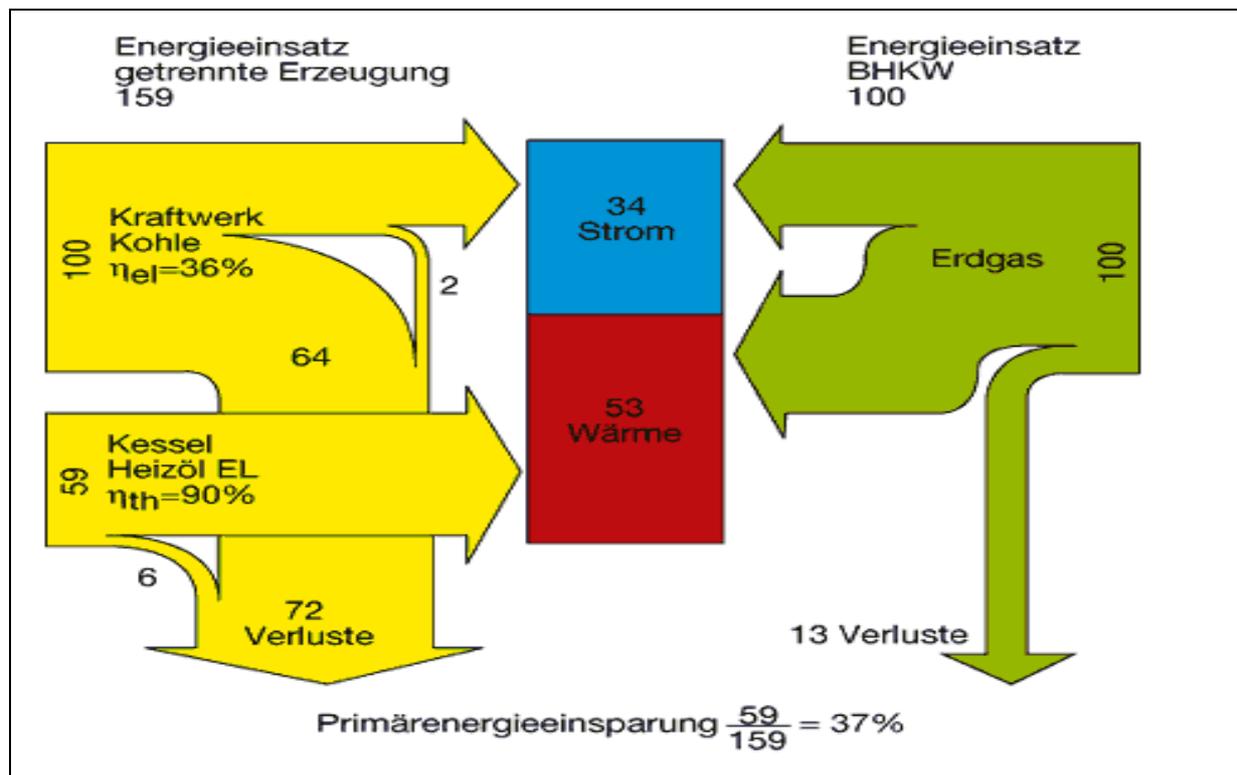


Abb. 4: Energiebilanz mit und ohne Kraft-Wärme-Kopplung

Bei der Stromproduktion in einem Kohlekraftwerk gehen (bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 36 %) 64 % der Primärenergie verloren. Wird genau das in der Abbildung zugrundegelegte Verhältnis von 34 : 53 Energieeinheiten betrachtet, bringt die KWK eine Einsparung von 37 % Primärenergie. Nicht ohne Grund haben daher bereits die Regierung Kohl 1997 und nun die Regierung Schröder in ihren Konzepten zur Erreichung des Klimaschutzziels die Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung als die Maßnahme mit dem größten absoluten Einsparpotenzial eingestuft.

Das Energiesparpotenzial von 37 % bezieht sich allerdings auf einen Idealfall, der in der betrieblichen Praxis nie vorkommt. Produziert man per KWK genau so viel Wärme und Strom wie aktuell gebraucht wird, hat man aufgrund der starken Bedarfsschwankungen im Durchschnitt eine sehr geringe Auslastung bzw. Betriebszeit der KWK-Anlage oder man produziert Wärme und Strom im Überschuss, was aufgrund der schlechten Absatzmöglichkeiten genauso schlecht ist.

## Bedeutung der Kraft-Wärme-Kopplung in der Energiewirtschaft

Die folgende Abbildung 5 zeigt den Anteil der KWK an der Stromerzeugung der verschiedenen EU-Länder. Hierbei fallen die extrem großen Unterschiede zwischen den Ländern auf, die von 50% (Dänemark) bis 2% (Irland) reichen. Diese Unterschiede rühren v.a. von den stark unterschiedlichen Fördermaßnahmen zum Ausbau der KWK durch die Regierungen her. Deutschland liegt im EU-Durchschnitt. Allerdings drücken diese Zahlen auch ein enormes Nachholpotenzial der Bundesrepublik aus.

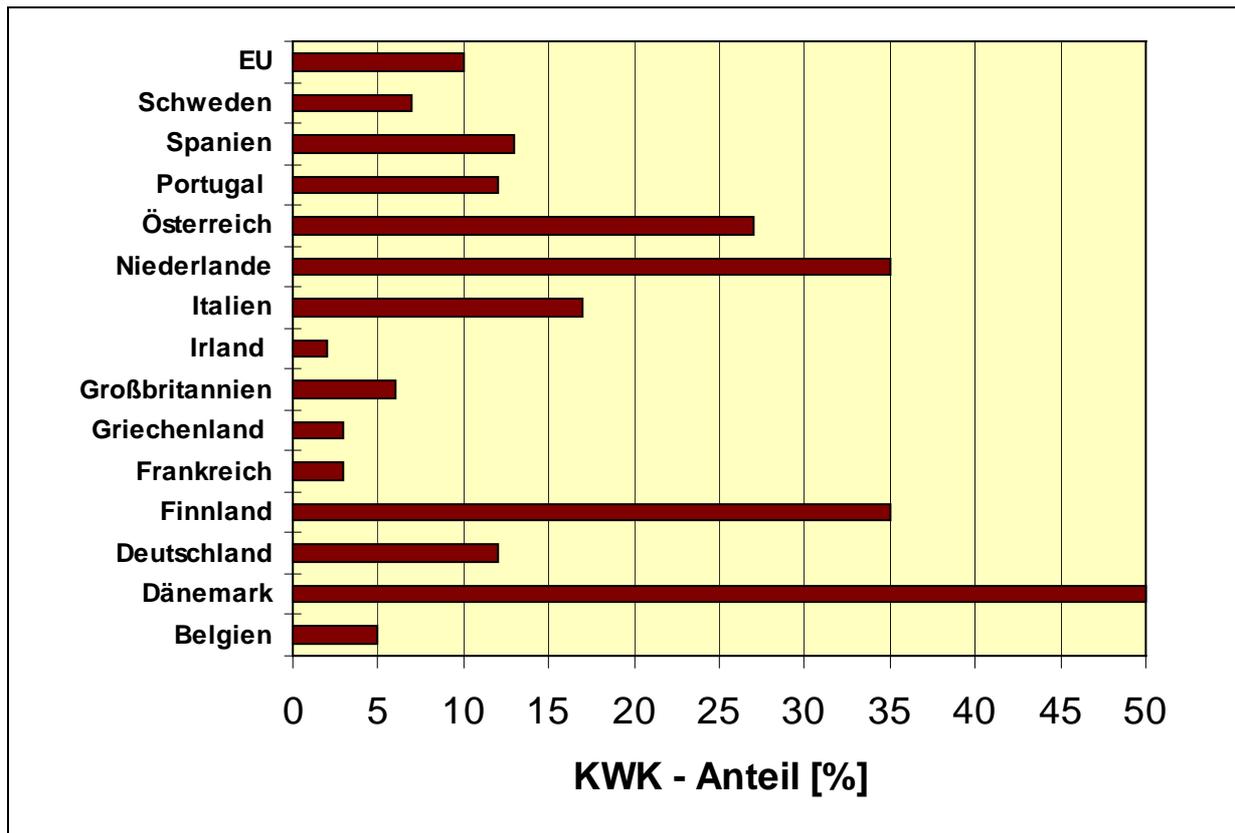


Abb. 5: KWK-Anteile an der Stromerzeugung in Europa

Das starke Wachstum der KWK in Deutschland zwischen 1985 und 1996 wird aus nachfolgender Abbildung 6 deutlich, in der die Entwicklung der BHKW-Anlagen in Deutschland dargestellt ist.

Seit der Liberalisierung der Strommärkte ist diese Tendenz aber nicht nur abgeflacht, sondern droht sogar wieder nach unten zu gehen.

Vielfach wurden in der Vergangenheit bei der Planung von BHKWs Planungsfehler begangen, d.h. die Anlagen wurden teilweise zu groß geplant oder die Amortisationsrechnungen haben sich als nicht realistisch herausgestellt.

Abbildung 7 zeigt den Rückgang der neu zugebauten Kraftwerksleistung von BHKW-Anlagen in Deutschland.

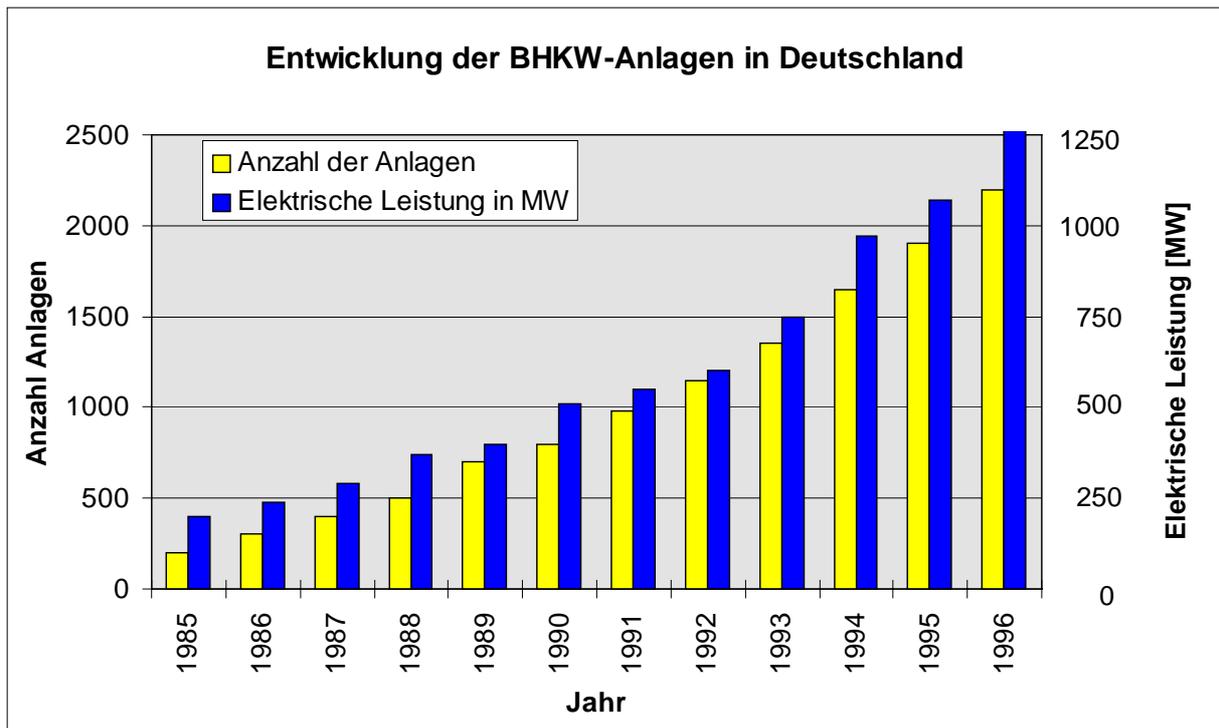


Abb. 6: Entwicklung der BHKW-Anlagen in Deutschland nach Anzahl und installierter Leistung

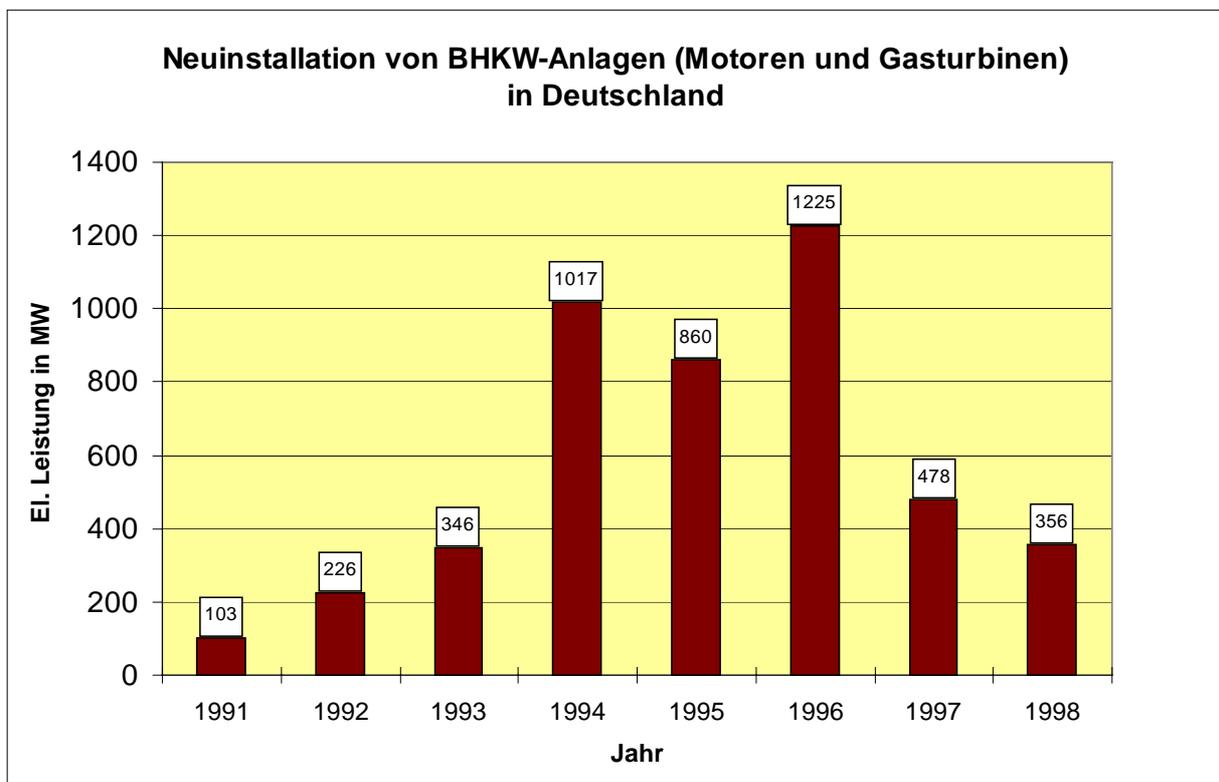


Abb. 7: Neuinstallation von BHKW-Anlagen in Deutschland

## Wirtschaftlichkeit von Kraft-Wärme-Kopplung

Der starke Rückgang der Strompreise und der damit entstandene hohe Preisdruck auf KWK-Anlagen führt nicht automatisch dazu, dass KWK-Anlagen generell nicht mehr rentabel wären. Erforderlich ist aber eine hohe Sorgfalt bei der Planung und Auswahl der Anlage. Von entscheidender Bedeutung ist die Kenntnis der Verbrauchsstruktur für Energie im Betrieb. Auf keinen Fall sollten Überschüsse von Strom und Wärme entstehen, da Wärme nur begrenzt gespeichert werden kann und die Abgabe von Überschussstrom an den Versorger fast keine Einnahmen bringt (keine Verpflichtung des Netzbetreibers zu Vergütung).

Ein wichtiges Hilfsmittel zur Darstellung der Energieverbrauchsstruktur ist die Bildung von sog. Jahresdauerlinien für den Strom- und Wärmebedarf. Hierbei werden die viertelstündlichen oder stündlichen Leistungswerte des Betriebes im Zeitraum eines Jahres erfasst und der Größe nach geordnet dargestellt. Das Ergebnis ist für Strom und Wärme getrennt eine jeweilige Jahresdauerlinie. Die Fläche unter der Kurve ist der Energiebedarf eines Jahres. In Form von Rechtecken kann nun grafisch die mögliche Auslegung eines BHKW eingepasst werden.

Dabei ist einerseits zu beachten, dass

- keine Überschüsse entstehen
- möglichst lange Laufzeiten bestehen
- ein möglichst hoher Anteil des Leistungsbedarfs erreicht werden kann.

Die folgenden Abbildungen 8 zeigen Beispiele von Jahresdauerlinien und mögliche Auslegungen eines BHKW. Selbstverständlich gibt es auch in ihrer Leistung regelbare BHKW, dennoch ist auch hier im Teillastbetrieb von einer reduzierten Rentabilität auszugehen.

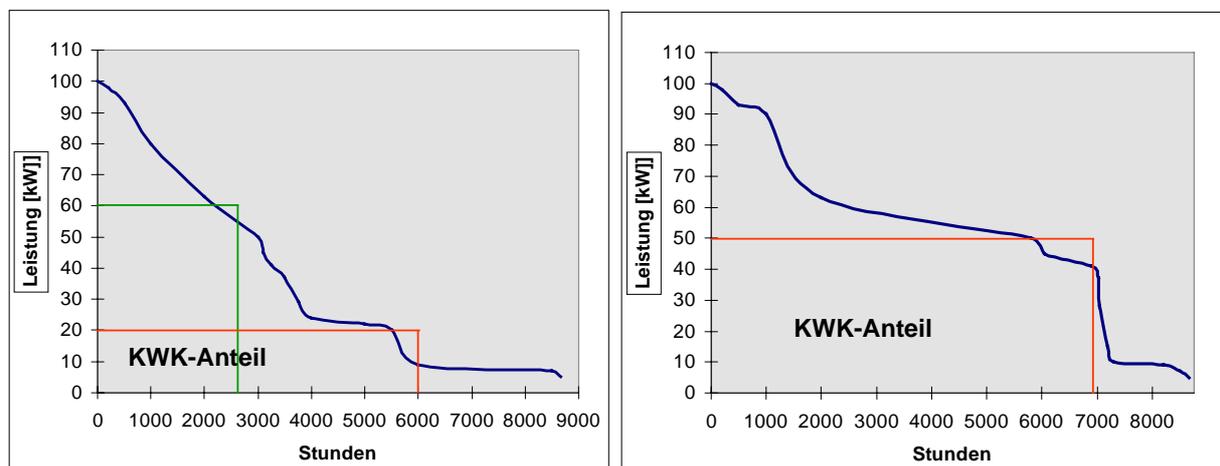


Abb. 8: Beispiele von Jahresdauerlinien mit Möglichkeiten der KWK-Nutzung

Das linke Bild ist ein Beispiel für einen Betrieb, in dem sich eine KWK nicht lohnt. Bei einer notwendigen Volllaststundenanzahl von ca. 7000 h könnte das BHKW nur 10% der Maximalleistung abdecken. Ein BHKW, das von seiner Kapazität her einen großen Anteil der Gesamtenergiemenge bereitstellen könnte, hätte eine viel zu geringe jährliche Laufzeit. Im rechten Bild kann die KWK-Anlage bei hoher jährlicher Laufzeit gleichzeitig einen Großteil des Energiebedarfs bzw. des Maximalbedarfs abdecken.

In der Praxis wird die Auslegung eines BHKW heute zwar anhand von Messdaten im Betrieb, dann aber mit Hilfe von Computerprogrammen ermittelt. Bei der Ermittlung der Jahresdauerlinie ist auch keine Erfassung aller Werte im Laufe eines Jahres notwendig. Entsprechende Programme können anhand von Tageslastgängen diese Kurven errechnen.

Bei der Betrachtung der Jahresdauerlinien wird auch deutlich, warum der Energieeinsparungswert von 37% durch KWK nur ein theoretischer Wert ist. In der Praxis müssen immer Heizkessel bereitgehalten werden, die den Spitzenlastbedarf abdecken oder bei Nichtbetrieb des BHKW die Wärmeversorgung übernehmen.

Generell hängt die Wirtschaftlichkeit eines BHKW von folgenden Aspekten ab:

- **Hohe Laufzeiten (Jahresbetriebsstunden)**

Wegen des hohen Anteils von Fixkosten kann als Faustregel angesetzt werden, dass für einen wirtschaftlichen Betrieb 5000 - 7000 Jahresbetriebsstunden notwendig sind. Dies ist fast nur in Betrieben mit 24-h-Betrieb gegeben.

- **Dimensionierung der Anlage**

Je kleiner die Anlage dimensioniert ist, desto länger kann sie im Vollastbetrieb fahren, ohne Überschüsse zu produzieren.

- **Gleichmäßigkeit der Betriebsstunden bzw. des Energiebedarfs**

Starke Schwankungen im Energiebedarf im Laufe eines Tages oder Jahres führen zu einem starken Abfall der Jahresdauerlinie.

- **Größenabhängigkeit der Investitionskosten**

KWK-Anlagen sind je KW installierter Leistung umso kostengünstiger, je größer sie sind.

- **Höhe der Stromtarife**

Selbsterzeugter KWK-Strom konkurriert unmittelbar mit den Stromkosten des Stromversorgers

- **Betrieb während Leistungsspitzen und Hochtarif-Perioden des Versorgers**

Auch bei kürzeren Laufzeiten kann Wirtschaftlichkeit gegeben sein, wenn mit der Eigenstromerzeugung kostenintensive Leistungsspitzen vermieden werden können.

- **Ggf. Nutzung des BHKW als Notstromversorgung**

In Einzelfällen kann das Vorhandensein eines BHKW die Errichtung einer separaten Notstromversorgung und die hierfür notwendigen Kosten ersetzen

- **Zusammenschluss mehrerer Verbraucher zu Bilanzkreis**

Seit kurzem kann Überschussstrom an Verbraucher abgegeben werden, mit denen man in einem sog. Bilanzkreis zusammengeschlossen ist. Der Verbraucher kann auch räumlich weit entfernt sein. Allerdings fällt bei der Stromweiterleitung Netznutzungsentgelt an.

- **Höhe von Zuschüssen und sonstigen Vergütungen**

## Förderung der KWK durch den Gesetzgeber

Angesichts der schwierigen Wettbewerbssituation der KWK und den gleichzeitig hohen Zielen der politisch Verantwortlichen wird mittelfristig die Regelung von Zuschüssen, Steuerlicher Berücksichtigung und sonstiger Vergütungen für die Zukunft der KWK entscheidende Bedeutung haben. Im Einzelnen wird die KWK heute bzw. in der Zukunft durch den Gesetzgeber durch folgende Regelungen unterstützt:

- Befreiung von der Öko-Steuer für BHKW mit Nutzungsgrad zwischen 60 und 70%
- Befreiung von der gesamten Mineralölsteuer für BHKW mit Nutzungsgrad über 70%
- Befreiung von der Stromsteuer für BHKW unter 2MW
- Einführung einer KWK-Quote mit Zertifikathandel ab Mitte 2001
- (KWK-Vorschaltgesetz seit 18.05.2000, nur relevant für Energiewirtschaft)

Insbesondere der KWK-Quote mit Zertifikathandel wird von Seiten der BHKW-Hersteller und -betreiber große Hoffnung entgegengebracht. Die voraussichtliche Regelung beinhaltet, dass der gegenwärtige Anteil des KWK-Stroms erheblich ausgebaut werden soll. Stromversorger werden verpflichtet, einen bestimmten Anteil ihres vertriebenen Stroms aus KWK-Anlagen zu beziehen. Liegt ein Versorger unter vorgeschriebenen Werten, kann er KWK-Zertifikate von Vertreibern mit höherem KWK-Anteil zukaufen der Preis pro kWh wird bei ca. 2-3 Pfg. liegen.

### Ausblick

Die Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland ist aufgrund der derzeitigen rechtlichen und betriebswirtschaftlichen Situation in eine sehr schwierige Lage geraten. Planungs- und Kalkulationsfehler haben in der Vergangenheit Anlagen entstehen lassen, die heute nicht mehr rentabel sind. Dennoch kann auch unter heutigen Bedingungen die Installation einer KWK-Anlage in Betrieben rentabel sein. Erforderlich ist allerdings eine seriöse und genaue Planung und Untersuchung der Energiebedarfsstruktur des Betriebes.

Derartige Untersuchungen werden von hierauf spezialisierten Planungsbüros durchgeführt.

Der Gesetzgeber ist zur Einhaltung der Klimaschutzverpflichtungen gezwungen, erhebliche Anstrengungen zur Förderung der KWK zu unternehmen. Nachzeitigem Planungsstand wird der Gesetzgeber auf marktwirtschaftlicher Ebene agieren. Es ist zu erwarten, dass mittelfristig sich wieder ein Umfeld ergibt, in dem es für (Industrie-)Betriebe ohne allzu großes Risiko wieder attraktiv wird, in Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung zu investieren.

Es besteht Hoffnung, dass auch für die KWK sich die Redewendung erfüllt: „Totgesagte leben länger“

# **Optimierte Erzeugung des Energieträgers Druckluft durch Einsatz moderer Industrie-PCs**

**Dipl.-Ing. (FH) Joachim Ernst, Kaeser Kompressoren GmbH**

In fast jedem modernen Produktionsbetrieb ist Druckluft neben dem elektrischen Strom einer der beiden Hauptenergieträger. Das bedeutet, die Druckluftversorgung eines Betriebes muß heute ebenso zuverlässig sein wie die Stromversorgung und darüber hinaus die eingesetzte Energie möglichst wirtschaftlich nutzen. Die Kompressorenhersteller arbeiten deshalb seit Jahren ständig an der weiteren Effizienzsteigerung ihrer Verdichterkonzepte. Mit der Entwicklung des neuartigen Steuerungs- und Kommunikationssystems Sigma-Control ist Kaeser Kompressoren jetzt als erstem Herstellerunternehmen ein entscheidender Durchbruch gelungen: Die Druckluftherzeugung wird durch den Einsatz dieses Systems noch komfortabler, sicherer und kostengünstiger als bisher werden.

Bereits seit dem Altertum ist Druckluft als Energieträger bekannt. So beschrieb etwa im 1. Jahrhundert n. Chr. der Physiker Heron von Alexandria sogenannte Druckwerke, die neben Wasserdampf auch komprimierte oder erwärmte Luft zur Kraftübertragung nutzten. Als Sensation empfanden die Zeitgenossen seinen pneumatischen Tempeltüröffner. Diese ausgeklügelte Apparatur nutzte die Ausdehnung oder Druckerhöhung der Luft durch Erwärmung für einen Pumpmechanismus, mit dem die Türflügel geöffnet und geschlossen werden konnten. Der Weg von derlei exotischen Einsatzarten bis zur breitgefächerten industriellen Anwendung unserer Tage war aber noch weit: Bis vor knapp hundert Jahren wurde Druckluft hauptsächlich zum Vortrieb im Bergbau genutzt. Der Bergwerksalltag stellte an die Drucklufttechnik noch keine hohen Anforderungen - Hauptsache, es stand ausreichend Druckluft zur Verfügung.

Zu dieser Zeit blieb die Planung einer Druckluftanlage weitgehend dem Zufall überlassen. Ähnlich sah es bei der Wartung und Reparatur der Druckluft-erzeuger aus - nach dem Motto „Hilf dir selbst,, mußten die Anwender selbst zum Schraubenschlüssel greifen. Für die Dauer der Wartung oder Reparatur ruhte dann die Produktion. Angesichts der damaligen Kostenstrukturen war das zwar unangenehm, aber kein existentielles Problem. Erste Ansätze einer umfassenden Planung von Druckluftanlagen, die zunächst wiederum Sache der Anwender war, brachte das frühe 20. Jahrhundert. Im Bereich der Wartung und Reparatur wurde das Selbsthilfeprinzip perfektioniert: Große Industriebetriebe unterhielten bald riesige Service-Mannschaften für Druckluft- und Stromversorgung, Heizungs- und hydraulische Anlagen. Die Service-Fachkräfte waren mitunter sogar in der Lage, benötigte Ersatzteile selbst herzustellen. Sie wurden aber meistens erst dann aktiv, wenn eine Störung auftrat: Das Prinzip der vorbeugenden Wartung war in der betrieblichen Praxis noch weitgehend unbekannt.

## **Neue Anforderungen revolutionieren Planung und Service**

Während die Druckluftversorgung früher ein betriebstechnischer Bereich unter vielen war, nimmt sie heute neben der Stromversorgung eine energietechnische Schlüsselposition im Betrieb ein. Das heißt, ohne den Energieträger Druckluft geht in den meisten modernen Produktionsbetrieben kaum etwas mehr. Das Spektrum der Druckluftverbraucher reicht dabei von der simplen Blaspistole über handgeführte Druckluftwerkzeuge, pneumatische Steuerkomponenten und Förderanlagen bis hin zu komplexen prozeßtechnischen Apparaturen. Diese Kom-

plexität der Druckluftanwendungen und die damit verbundenen hohen Anforderungen an die Druckluftqualität machen mittlerweile ein vielschichtiges Expertenwissen notwendig, über das kaum noch ein Anwender-Betrieb in vollem Umfang verfügen kann. Die Anwender tendieren deshalb heute dahin, die Druckluft wie den elektrischen Strom als universellen Energieträger zu betrachten, den man zuverlässig zwar nicht aus der Steckdose, aber aus der Schnellkupplung beziehen kann. Das bringt für die Rolle des Kompressorenherstellers einen fundamentalen Wandel mit sich: Aus dem einstigen Produzenten von Druckluft-Einzelkomponenten wird ein Planer und Anbieter kompletter Druckluftsysteme, der zunehmend schlüsselfertige Anlagen liefert.

Die Hersteller setzen dabei mehr und mehr auf moderne Computertechnik: Mit deren Hilfe lassen sich heute Druckluftstationen planen und realisieren, die exakt auf den Bedarf und die räumlichen Verhältnisse des Anwenderbetriebes zugeschnitten sind. Diese neue computergestützte Arbeitsweise ermöglicht mitunter eine Senkung der Druckluft-Erzeugungskosten um bis zu 30 Prozent.

Natürlich wird durch diesen tiefgreifenden Wandel auch der Service revolutioniert. Der Zwang zu immer stärkerer Kostenreduzierung hat dem Prinzip der vorbeugenden Wartung zum Durchbruch verholfen und verlagert auch die Erfüllung der Service-Aufgaben mehr und mehr vom Anwender auf den Hersteller der Druckluftkomponenten. Der Einsatz moderner EDV im Service hat vor allem durch optimierte Wartungsplanung und computergestützte Erfassung eventuell vorhandener Schwachstellen im Druckluftsystem zu einer weiteren Erhöhung der Betriebssicherheit geführt. Zudem erlauben heute rationelle Terminplanung sowie hochwertige Wartungs- und Ersatzteile trotz des Einsatzes hervorragend qualifizierter (und gut bezahlter) Fachkräfte eine spürbare Verringerung der Servicekosten.

All das ist möglich geworden, weil leistungsfähige Rechner heute in der Lage sind, eine Vielzahl technischer Planungs- und Servicedaten zu verwalten und zum Vorteil des Druckluftanwenders auszuwerten.

### **Ein Beispiel aus der Praxis: Neuer Energiespar-Service (KESS) senkt Druckluftkosten bei einem Hausgerätehersteller**

Moderne Dienstleistungsangebote wie der Kaeser-Energiespar-System-Service (KESS) versetzen die Anwender heute in die Lage, Druckluft nicht nur bedarfsgerecht zu erzeugen, sondern ihre Druckluftsysteme voll in betriebliche Programme zur Kostensenkung und Steigerung der Energieeffizienz einzubeziehen. So hat sich z. B. die Brettener NEFF GmbH, eine hundertprozentige Tochter der Bosch-Siemens Hausgeräte GmbH, das Fitness-Programm „NEFF 2000 top,“ verordnet. Es umfaßt 140 Projekte und Maßnahmen zur Kostensenkung – darunter auch die Modernisierung der Druckluftstation –, die Überarbeitung der Produktpalette, Innovationen und nicht zuletzt einen Wandel der Firmenkultur. Dieser Wandel soll insbesondere durch Förderung der Eigeninitiative und Mobilisierung des kreativen Potentials der Mitarbeiter erreicht werden. Das Produktionsprogramm reicht von Elektro- und Gaseinbauherden über Backöfen, Dunstabzugshauben und Geschirrspüler bis hin zu platzsparenden Kühl- und Gefrierschränkkombinationen.

### **Umweltschutz erklärtes Unternehmensziel**

Neben hoher Produktqualität und Innovationen ist der Umweltschutz ein wesentliches Ziel der NEFF GmbH. Daher entschied man sich in Bretten schon im Jahr 1994, eine Umweltprüfung

gemäß EG-Öko-Audit-Verordnung durchzuführen. Ein elementarer Bestandteil des NEFF-Umweltprogramms ist das kontinuierliche Bemühen, den Energiebedarf zu verringern. Konnte dieser von 1991 bis 1994 bereits um 12 % reduziert werden, so peilt das Unternehmen bis 1999 eine weitere Gesamt-Energieeinsparung von 20 % auf der Basis von 1994 an.

### **Schlüsselmedium Druckluft**

Welche Rolle die Druckluft im NEFF-Energiesparprogramm spielt, wird bei einem Betriebsrundgang schnell klar. Es gibt kaum einen Produktionsschritt, der ohne dieses vielseitige Energiemedium auskommt. Zu den Großverbrauchern gehört beispielsweise die Blechbearbeitung. Dort werden Pressen und Stanzen eingesetzt, die allein jeweils etwa sechs bis zehn Kubikmeter Druckluft pro Minute benötigen. Natürlich sind auch die zahlreichen Montage-, Handhabungs- und Transportsysteme in der Fertigung, die Vielpunktschweißroboter, die z. B. die einzelnen Blechteile zu kompletten Backrohren verschweißen, und die Pulveremaillier- oder -lackieranlagen auf Druckluft als Steuer- und Arbeitsmedium angewiesen. „Unser Spitzenlastbedarf liegt bei etwa 58 m<sup>3</sup>/min.,“ erklärt Herbert Legner, der bei NEFF für die Instandhaltung und Energieversorgung zuständig ist.

Der Energiekostenanteil der Druckluftherzeugung beträgt ca. 88 % der Druckluft-Gesamtkosten. Wasserkühlung der Kompressoren sollte wegen der hohen Kühlwasserkosten vermieden werden.

### **Bedarfsanalyse ermittelte vorhandene Schwachstellen**

Die Grundlage für die beabsichtigte Effizienzsteigerung bildete eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Druckluftversorgung: Die Kompressorstation war in ein 7- und in ein 12-bar-Netz aufgeteilt. Zwar befanden sich die installierten ölgekühlten Schraubenkompressoren der ersten Generation in wartungstechnisch einwandfreiem Zustand, hatten aber besonders in der warmen Jahreszeit thermische Probleme. Das mit drei 132-kW-Kompressoren betriebene 12-bar-Netz wurde kaum noch genutzt, denn dieser hohe Druck war nur mehr gelegentlich an einzelnen Abnahmestellen erforderlich. Der hauptsächlich benötigte Betriebsdruck lag bei 7 bar. Da aber ein großer Teil der Liefermengenzapfen und die Stand-by-Kompressoren im 12-bar-Netz angesiedelt waren, wurde der Grundlastbedarf mit dem 7-bar-Netz gedeckt. Die gesamte Spitzenlastluftmenge dagegen – in den Hauptarbeitsschichten fast 50 Prozent des Gesamtbedarfs – wurde im 12-bar-Netz erzeugt und dann wieder auf 7 bar reduziert. Über das Betriebsverhalten der einzelnen Kompressoren und das genaue Druckluft-Verbrauchsprofil lagen keine ausreichenden Erkenntnisse vor. Hier setzte die von Kaeser Kompressoren konzipierte computergestützte Analyse der Druckluft-Auslastung (ADA) ein. So wurde es möglich, innerhalb von 14 Tagen die erzeugten Druckluftmengen exakt zu definieren und die Luftfördermengen sowie Kompressoren-Vollastlaufzeiten zu bestimmen. Natürlich ließ sich mit Hilfe dieser Analyse auch der Druckluftgesamtbedarf des Betriebes ermitteln. Auf dieser Basis konnte nun eine sogenannte Schwachstellenanalyse der vorhandenen Kompressorstation durchgeführt und anschließend der Plan einer neuen, wesentlich wirtschaftlicheren Station entworfen werden.

### **Umfangreiches Steuerungsprogramm war hilfreich**

Mindestens ebenso wichtig wie die Festlegung der Kompressor-Leistungsgrößen war die Auswahl des richtigen Steuerungssystems. Kaeser bietet den Betreibern hier fünf interne und drei übergeordnete Kompressor-Steuerungen an.

## **1. Kompressorinterne Steuerungsarten**

### **1.1 Steuerung/Regelung über das Ansaugventil**

#### **1.1.1 Dual- und Quadro-Regelung**

Eine der wirtschaftlichsten und in der Anschaffung zugleich günstigsten Steuerungsarten ist die sog. Dualregelung, eine Vollast-/Leerlauf-/Aussetz-Steuerung. Bei dieser Steuerungsvariante wird die Zeit für den Nachlauf des Kompressors über ein Leerlaufzeitrelais eingestellt. Kommt es während der Nachlaufzeit durch Druckluftentnahme zum Unterschreiten des vorher eingestellten Minimaldrucks, dann schaltet der Kompressor von Leerlauf- auf Vollastbetrieb um. Bleibt eine Druckluftentnahme während der Nachlaufzeit aus, so wird der Kompressor stillgesetzt. Im Falle stark schwankenden Druckluftbedarfs empfiehlt sich allerdings eine Steuerung, die je nach Luftverbrauch zwischen Vollast-/Leerlauf-/Aussetz-Betrieb und Vollast-/Aussetz-Betrieb wählen kann, die sog. Quadro-Regelung. Diese intelligente Steuerung liegt im Anschaffungspreis nur wenig höher als die Dualregelung und senkt den Leistungsbedarf des Kompressors bei 50 %iger Auslastung gegenüber Vollast auf mindestens 60 %.

#### **1.1.2. Drosselklappen-Regelung**

Die Drosselklappen-Regelung ist die baulich einfachste Teillaststeuerung. Sie ist zugleich die einzige kontinuierliche Steuerungsart, bei der unter Vollast keine nennenswerten Verluste auftreten. Im Teillastbereich wird allerdings nicht in erster Linie die Leistungsaufnahme, sondern die Liefermenge des Kompressors verringert. So beträgt seine Leistungsaufnahme bei 50 %iger Auslastung noch immer 86 % gegenüber Vollast. Wirtschaftliche Aspekte dürften somit eine derartige Steuerung für eine stationäre Kompressoranlage ausschließen.

## **1.2 Steuerung/Regelung durch Drehzahlveränderung**

Drehzahlveränderliche Antriebe können wirtschaftlich sein, vorausgesetzt, die speziellen Eigenschaften von Schraubenkompressoren bei Drehzahlveränderungen werden berücksichtigt. Andernfalls sind die in der Anschaffung teuren Antriebe extrem unwirtschaftlich.

Hier trennt sich bereits die Spreu vom Weizen, wenn man die Vollastfähigkeit derartiger Maschinen in Betracht zieht. Gute drehzahlveränderliche Kompressoren können durchaus mit 100 % Einschaltdauer und 100 % Leistung betrieben werden, während das bei nicht optimal ausgelegten Kompressoren, die zunächst durch ihren großen Regelbereich bestechen, oft nicht ohne wesentlich erhöhte Wartungskosten möglich ist. Der Grund: Es handelt sich häufig um Anlagen mit kleinen Kompressorblöcken, die bei 100 % Leistung mit einer hohen Drehzahl arbeiten müssen. Ihre Wirtschaftlichkeit ist demzufolge vergleichsweise schlecht und der Wartungsbedarf hoch. Diese Punkte sind bei allen auf Drehzahlveränderung basierenden Regelungen für Schraubenkompressoren zu beachten.

#### **1.2.1. Polumschaltbare Motoren**

In Betrieben, die während der ersten Schicht 100 % der Luftleistung des Kompressors benötigen, während der zweiten aber nur 50 %, ist es durchaus möglich, die entsprechende Liefermengenanpassung mit einem polumschaltbaren Motor vorzunehmen. Hier kann die Motor-

drehzahl durch Zuschalten von Polpaaren von beispielsweise 1500 auf 750 U/min verringert werden. Entsprechend reduziert sich die Drehzahl des Kompressors.

### **1.2.2. Frequenzumrichtung**

Die Teillaststeuerung durch Frequenzumrichtung ist mit einem Leistungsbedarf von etwa 55 % gegenüber Vollast fast genauso wirtschaftlich wie eine Gleichstromregelung – ein entsprechend leistungsfähiger Kompressorblock vorausgesetzt. Die Frequenzumrichtung erlaubt ebenso wie die Gleichstromregelung eine stufenlose Anpassung an den Druckluftverbrauch. Der wesentliche Vorteil gegenüber dem Gleichstromantrieb besteht in der zusätzlichen Einsatzmöglichkeit des Kompressors als Grundlastmaschine. Ein entscheidender Nachteil sind aber die Anschaffungskosten, die noch höher liegen als bei einer Gleichstromanlage.

### **Interne Steuerungssysteme im Vergleich**

Die meisten Vergleiche von Steuerungssystemen verschiedener Hersteller haben ein entscheidendes Manko: Sie ziehen nicht nur verschiedene Steuerungen, sondern auch unterschiedliche Kompressorentypen zum Vergleich heran. Daher wird häufig die Effizienz der einzelnen Steuerungsarten nicht klar genug erkennbar. Konzentriert man dagegen den Vergleich auf einen Kompressortyp, so wird sich herausstellen, daß Dual- und Quadroregelung die einzigen Steuerungen sind, die im Vollastpunkt des Kompressors verlustfrei arbeiten, das heißt:

100 % elektrische Leistungsaufnahme = 100 % Liefermenge.

Die Proportionalregelung über eine Drosselklappe wird dagegen wegen der speziellen Reglersysteme bei 100 % elektrischer Leistungsaufnahme nur 98 bis 99 % der möglichen Liefermenge bringen. Im Teillastbereich stellt sie die ungünstigste Regelungsvariante dar und sollte deshalb nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden. Das gilt auch dann, wenn man den Regelbereich auf bis zu 70 % der möglichen Liefermenge beschränkt.

Drehzahlregelungen, wie z. B. die Frequenzumrichtung, haben bei 100 % Liefermenge einen um ca. 8 % höheren Energiebedarf. Sie werden gegenüber Systemen mit Dual- oder Quadroregelung erst im Teillastbereich unter 70 bzw. 60 % wirtschaftlicher.

Untersucht man den durchschnittlichen Energieverbrauch im Liefermengenbereich zwischen 100 und 40 %, so wird sich herausstellen, daß die einfachen Dual- und Quadroregelungen der aufwendigen Drehzahlregelung gleichwertig sind. Der Grund hierfür ist das nichtlineare spezifische Verhalten eines Schraubenkompressors über seinen Drehzahlbereich.

Die Vergleichsgraphik macht deutlich, daß keine der Steuerungen die Idealkurve erreicht.

Bleibt noch anzumerken, daß eine gut dimensionierte Druckluftstation, die auch Teillastbereiche optimal abdeckt, nicht allein über kompressorinterne Steuerungen kontrolliert werden kann. Vielmehr ist es notwendig, die erforderliche Kompressorengesamtleistung auf verschiedene Kompressoreinheiten aufzuteilen und diese durch eine übergeordnete Steuerung miteinander zu vernetzen.

## 2. Übergeordnete Steuerungen im Kompressoren-Verbundbetrieb

Kompressorinterne Steuerungen erfüllen – wie bereits angedeutet – in der Regel nur einen Teil der Voraussetzungen für eine energiesparende und wirtschaftliche Druckluftherzeugung. Durch Lastverteilung auf mehrere Kompressoreinheiten und Koordination durch moderne übergeordnete Steuerungen ist heute aber selbst in schwierigeren Teillastbereichen eine extrem hohe Wirtschaftlichkeit erreichbar.

Grundsätzlich bieten sich verschiedene Möglichkeiten zur Aufteilung eines Maschinenparks an. Dazu ein Beispiel:

Ein Betrieb arbeitet in drei Schichten mit folgenden zu regelnden Spitzenlastverbräuchen: erste Schicht  $15 \text{ m}^3/\text{min}$ , zweite Schicht  $12 \text{ m}^3/\text{min}$ , dritte Schicht  $6 \text{ m}^3/\text{min}$ .

*1. Möglichkeit: ein Kompressor mit einem Volumenstrom von  $15 \text{ m}^3/\text{min}$*

Für jede Arbeitsschicht ergeben sich unterschiedliche Bedingungen:

1. Schicht: gute Wirtschaftlichkeit, keine Sicherheitsreserve;
2. Schicht: Anlage geht in Teillastbetrieb, verschlechterte Wirtschaftlichkeit, keine Sicherheitsreserve;
3. Schicht: Anlage zu ca. 30 % ausgelastet, nochmals verschlechterte Wirtschaftlichkeit, keine Sicherheitsreserve.

*2. Möglichkeit: zwei Kompressoren mit einem Volumenstrom von je  $15 \text{ m}^3/\text{min}$*

1. Schicht: gute Wirtschaftlichkeit, vollkommene Absicherung;
2. Schicht: Anlage geht in Teillastbetrieb, verschlechterte Wirtschaftlichkeit, vollkommene Sicherheitsreserve
3. Schicht: Anlage zu ca. 30 % ausgelastet, nochmals verschlechterte Wirtschaftlichkeit, vollkommene Sicherheitsreserve

*3. Möglichkeit: zwei Kompressoren mit einem Volumenstrom von je  $7,5 \text{ m}^3/\text{min}$*

1. Schicht: gute Wirtschaftlichkeit, keine Sicherheitsreserve;
2. Schicht: Spitzenlastanlage geht in Teillastbetrieb, nur geringfügig verschlechterte Wirtschaftlichkeit, teilweise Sicherheitsreserve;
3. Schicht: ca. 85 % Auslastung der Grundlastmaschine, gute Wirtschaftlichkeit, vollkommene Sicherheitsreserve;

*4. Möglichkeit: drei Kompressoren mit Volumenströmen von einmal  $9$  und zweimal  $6 \text{ m}^3/\text{min}$*

1. Schicht: gute Wirtschaftlichkeit, nahezu vollkommene Sicherheitsreserve durch Standby-Anlage;
2. Schicht: Spitzenlastmaschine geht in Teillastbetrieb, nur geringfügig verschlechterte Wirtschaftlichkeit, vollkommene Sicherheitsreserve durch Standby-Anlage;
3. Schicht: gute Wirtschaftlichkeit, Spitzenlastmaschine wird Grundlastmaschine, 100 %ige Sicherheit.

Eine Verteilung der Gesamt-Druckluftherzeugung auf mehrere kleinere Einheiten hatte früher den Nachteil, daß man zur stufenweisen Einschaltung der Kompressoren eine Drucküberhöhung von 1 bis 2 bar benötigte, um die Maschinen ordnungsgemäß miteinander zu verschalten (Kaskadensteuerung). 1 bar Druckerhöhung bedeutet aber 6 % mehr Energieaufwand. Hier bieten Mikroprozessor-Verbundsteuerungen (MVS) oder das Steuerungssystem Vesis auf Simatic-Basis inzwischen umfassende und extrem wirtschaftliche Lösungen an, die die Steuerung von bis zu 16 Kompressoren schicht- und verbrauchsabhängig mit einer Druckdifferenz von nur +/- 0,1 bar erlauben (Druckbandsteuerung).

### **Entscheidend ist die Wirtschaftlichkeit**

Richtschnur einer Leistungsbeurteilung der verschiedenen Steuerungs- und Regelungsmöglichkeiten für Schraubenkompressoren sollte die Wirtschaftlichkeit sein. Eine gute Grundwirtschaftlichkeit des Kompressors ist zunächst die wichtigste Voraussetzung für eine kostengünstige Druckluftherzeugung. Denn eine noch so gute Teillaststeuerung kann die Grundwirtschaftlichkeit ebensowenig verbessern, wie ein noch so großer Regelbereich die Wirtschaftlichkeit einer unwirtschaftlichen Anlage erhöhen kann. Dies verdeutlicht die Graphik, die den spezifischen Leistungsbedarf bei verschiedenen Arten der Druckluftherzeugung darstellt.

Es ist also in jedem Fall wichtig, nur Maschinen mit einer guten Grundwirtschaftlichkeit zur Regelung einzusetzen. Sie läßt sich, wie gesagt, keinesfalls durch einen überproportional großen Regelbereich kompensieren. Das gilt sogar für einen Regelbereich von 90 %: Wenn der Kompressor eine schlechte Grundwirtschaftlichkeit aufweist, stellt eine Anpassung der Kompressorleistung an den Druckluftbedarf durch Frequenzumrichterregelung selbst dann noch keine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit dar. Diese kostspielige Variante ist auf jeden Fall einer Kombination aus einem 9- und einem 6-m<sup>3</sup>-Kompressor mit Standardsteuerung und Einbindung in eine übergeordnete Leittechnik unterlegen, die unter diesen Bedingungen eine gute Wirtschaftlichkeit hat.

Beim Vergleich der Steuerungs- und Regelungsarten werden häufig nur die Eigenschaften der Elektromotoren als Basis für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen herangezogen und die spezifischen Eigenschaften der Kompressorsysteme vernachlässigt. Dazu gehört etwa, daß ein Schraubenkompressorblock bei Drehzahlveränderung kein lineares Leistungsverhalten zeigt. Der Schraubenkompressorblock ist nicht über seinen gesamten Drehzahlbereich wirtschaftlich regelbar. Um bei einem Schraubenkompressor einen Regelbereich von mehr als 60 % zu erhalten, muß sein Drehzahlbereich rechts und links des Optimums voll genutzt werden. Dadurch wird jedoch die Gesamtwirtschaftlichkeit der Anlage extrem beeinträchtigt. Zudem muß ein für die Maximalleistung des Kompressors relativ kleiner Verdichterblock eingesetzt werden, der demzufolge dann eine relativ hohe Drehzahl hat.

Ein für diese Maximalliefermenge tatsächlich geeigneter Schraubenkompressorblock hat zwar eine wesentlich bessere Grundwirtschaftlichkeit, kann aber mit Rücksicht auf die Gesamtwirtschaftlichkeit nicht in einem derart großen Regelbereich betrieben werden. Durch seine bessere Grundwirtschaftlichkeit ist er jedoch im vergleichbaren Regelbereich einer Anlage mit zu kleinem Kompressorblock überlegen. Hinzu kommen die Verschlechterungen des Motorwirkungsgrades bei entsprechenden Lastbereichen. So hat etwa ein Elektromotor mit 90 kW Motornennleistung einen Wirkungsgrad von 94 %. Belastet man den Motor mit lediglich 20 % seiner Abgabeleistung, dann sinkt der Wirkungsgrad auf 86 %.

Vergleicht man unter diesen Gesichtspunkten die derzeitigen Möglichkeiten der Technik, so läßt sich sagen, daß eine frequenzumrichter-geregelte Maschine lediglich in einem Teillastbereich unter ca. 65 % in jedem Fall einen wirtschaftlichen Nutzen bringt. In einem Regelbereich zwischen 65 und 100 % sind Standardsteuerungen, sog. Zweipunkt-Steuerungen mit Vollast-/Leerlauf-/Aussetzbetrieb oder Vollast-/Aussetzbetrieb, wirtschaftlicher als Frequenzumrichter-Regelungen bei Kompressorblöcken mit schlechter Grundwirtschaftlichkeit. Im Bereich zwischen 90 und 100 % sind die Standardsteuerungen sogar besser als frequenzumrichter-geregelte Maschinen mit guter Grundwirtschaftlichkeit – und dies, obwohl die Frequenzumrichtung eine anspruchsvolle und mit hohen Investitionskosten verbundene Technik ist.

Die heutige Technik bietet mit übergeordneten Leitsystemen jedoch auch in dem angesprochenen Teillastbereich unter 65 % erheblich bessere Möglichkeiten als herkömmliche Grundlastwechselschaltungen. Wie die Praxis zeigt, kann man einen Spitzenlast-Förderbereich von 15 m<sup>3</sup>/min auf mehrere kleinere Anlagen verteilen und dadurch auch die Wirtschaftlichkeit im Teillastbereich optimieren. Zusätzlich ist es so auch noch möglich, eine höhere Verfügbarkeit zu erreichen.

### **Richtige Größenabstimmung der Kompressoren**

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die richtige Abstimmung der Kompressoren-Leistungsgrößen. So wird man heute häufig mit Darstellungen konfrontiert, die einen regelnden Kompressor zeigen, der sich scheinbar nahtlos an die darunter angeordneten Grundlastmaschinen anschließt. Der Regelbereich dieses Kompressors ist jedoch kleiner als die Förderleistung der Grundlastmaschinen. Dadurch kommt es zu sogenannten Anpassungsverlusten. Ein Steuerungssystem kann aber im Bereich der Anpassungsverluste nie korrekt funktionieren, denn wie soll es unter dieser Bedingung wissen, ob ein weiterer Grundlastkompressor oder eine regelnde Spitzenlastmaschine hinzugeschaltet werden kann? Daher muß in jedem Fall der Liefermengen-Regelbereich des Spitzenlastkompressors größer sein als die Liefermenge der unterhalb des Spitzenlastbereichs zuzuschaltenden Grundlastmaschinen.

Das gleiche gilt auch für die Aufteilung der Druckluftzeugung auf mehrere kleine schaltende Kompressoren im Spitzenlastbereich. Ihre Liefermenge muß zusammen mindestens gleich oder besser noch größer sein als die der entsprechenden Grundlastmaschine, denn sonst ist weder eine feine Abstufung noch eine Reduzierung von Leerlaufzeiten möglich.

Somit zeigt sich, daß die Auswahl und Abstimmung der Kompressoren nach ihrer Leistungsgröße von entscheidender Bedeutung für das einwandfreie Funktionieren eines Regelungs- oder Steuerungssystems ist. Es ist deshalb unbedingt erforderlich, derartig ausgestattete Druckluftstationen detailliert zu planen.

### **Ermittlung der wirtschaftlichsten Lösung mit KESS**

Das KESS-Beratungssystem enthält u. a. eine von Kaeser konzipierte computergestützte Optimierungsberechnung. Mit ihrer Hilfe läßt sich aus der Vielzahl von Möglichkeiten die für den Betreiber am besten geeignete Lösung rasch finden. Als Berechnungsgrundlage bei NEFF diente ein mit der ADA-Messung erfaßter, charakteristischer Betriebs-Tagesverlauf. In den Computer wurden nun die technischen Daten der vorhandenen Kompressoren und der mögli-

chen neuen Varianten eingegeben. KESS berechnete dann in kürzester Zeit die optimale Variante und die Kosteneinsparungsmöglichkeiten der neuen Lösung.

Um eine genaue Analyse zu erhalten, wird mit Hilfe von KESS aber nicht nur der punktuelle Energiebedarf inklusive aller Verlustleistungen bei einem entsprechenden Luftbedarf kalkuliert. Es ist vielmehr auch möglich, sich ein exaktes Bild des spezifischen Leistungsverhaltens der Druckluftstation während der gesamten Laufzeit zu machen und so eventuell vorhandene Schwachstellen im Teillastbereich zu beseitigen. Mit KESS konnte so für NEFF eine mögliche Energieersparnis von ca. 107 000 DM pro Jahr errechnet werden.

Als optimal stellte sich in diesem Anwendungsfall folgende Konfiguration heraus: drei Schraubenkompressoren des Typs Kaeser DS 170 (7,5 bar) als Grundlastanlagen, eine Maschine dieses Typs als Stand-by-Anlage sowie drei kleinere Maschinen des Typs Kaeser DS 61 (7,5 bar) als Spitzenlastanlagen. Die Grundlastmaschinen benötigen bei einer Förderleistung von 16 m<sup>3</sup>/min eine Motorabgabeleistung von 90 kW, die Spitzenlastmaschinen bei einer Förderleistung von 6,17 m<sup>3</sup>/min 37 kW. Vorgabe für die Steuerung war es, eine möglichst ausgeglichene spezifische Leistung, auch bei Spitzenlastabdeckung, zu erreichen. Diese Anforderung wird durch die eingesetzte Steuerung des Typs VESIS erfüllt. Sie tauscht die Daten mit den Kompressoren und den in der Druckluftstation integrierten Bauteilen wie Kondensatableitern, Trocknern und weiteren Aufbereitungssystemen über Daten-Bus aus. Darüber hinaus besitzt die Steuerung die Möglichkeit, an eine zentrale Leittechnik angeschlossen zu werden und sämtliche Daten dorthin weiterzuleiten.

Die Steuerung arbeitet leistungsoptimiert, indem sie für den aktuellen Druckluftbedarf die jeweils günstigste Kompressorenkombination auswählt – und dies bei bis zu 16 Anlagen in einem Druckbereich von 0,2 bar.

### **Auch die Bauplanung ist wichtig**

Wegen der hohen Kosten, die wassergekühlte Systeme normalerweise mit sich bringen, wurde so geplant, daß trotz der relativ engen baulichen Gegebenheiten luftgekühlte Anlagen einsetzbar waren. Als äußerst hilfreich erwies sich das bei KAESER vorhandenen 3D-Planungssystem. Es bietet die Möglichkeit, vorhandene Störquellen bereits im Vorfeld zu erkennen und die Anlagen auch bautechnisch zu optimieren.

Trotz kurzfristiger Liefertermine konnten die Anlagen rechtzeitig installiert und dem Betreiber pünktlich übergeben werden. Ein Jahr nach der Inbetriebnahme der Druckluftstation wurde geprüft, inwieweit die vorausgegangenen Berechnungen mit den tatsächlichen Betriebsergebnissen der Station übereinstimmten. Dabei kam wieder das Kaeser-Analysesystem zum Einsatz.

Schon die ersten Resultate dieser Prüfung waren mehr als überzeugend: Da das 12-bar-Netz in wesentlichen Teilen überflüssig geworden war und wegen des niedrigeren Betriebsdruckes Verluste durch ungesteuerten Verbrauch, wie z.B. Leckagen, erheblich abgenommen hatten, konnte der Luftverbrauch um ca. 8,8 m<sup>3</sup>/min gesenkt werden. Allein das bedeutete bei den gegebenen Druckluftherzeugungskosten eine jährliche Einsparung von ca. 59 000 DM.

Aber auch das Betriebsergebnis der Kompressoren war äußerst zufriedenstellend: die Grundlastanlagen waren im Schnitt zu 95 % ausgelastet, die Leerlaufkosten auf ein äußerstes Minimum reduziert worden.

Darüber hinaus wiesen die Spitzenlastanlagen eine durchschnittliche Auslastung von 80 % auf. Damit war bewiesen: das Steuerungskonzept hatte sich bewährt. Der Energiebedarf der neuen Kompressorenstation pro m<sup>3</sup> Druckluft lag bei 6,41 kW/min. Dabei ist die elektrische Aufnahmeleistung der Gesamtanlage einschließlich der niedrigen Leerlaufkosten bereits berücksichtigt. Man konnte somit gegenüber der alten Station eine Energiekosten-ersparnis von über 160 000 DM verbuchen – und das ohne Einbußen in puncto Betriebssicherheit, im Gegenteil: Die thermischen Probleme, die die Altanlage im Sommer gehabt hatte, traten nicht mehr auf.

Dank der guten Zusammenarbeit zwischen dem Kompressorenhersteller, der das Projekt vor Ort betreuenden Fachhandelsfirma und den verantwortlichen Mitarbeitern der Firma NEFF konnte somit ein bedeutender Beitrag zu einer wirtschaftlicheren und umweltfreundlicheren Druckluftversorgung geleistet werden. Hierzu Herbert Legner, der bei NEFF für die Energietechnik zuständige Mitarbeiter: „Das KESS-Konzept kam uns bei der Umsetzung unseres Kostensparprogramms wie gerufen. Es hat uns dem Ziel, bis 1999 weitere 30 % Strom einzusparen, einen bedeutenden Schritt näher gebracht. Darüber hinaus ist die Kompressorenstation höchst zuverlässig, wie der Service unseres zuständigen Druckluftfachhändlers.,,

Eine weitere Energieeinsparung läßt sich erreichen, wenn die Kompressoranlagen, die eine Möglichkeit zur Wärmerückgewinnung haben, in das betriebliche Heizsystem eingebunden werden.

### **Bisher problematisch: die Schnittstelle EDV/Kompressor**

Bei aller Leistungsfähigkeit moderner Hard- und Software gab es jedoch bislang eine entscheidende Hürde: die computergerechte Erfassung aller relevanten Daten der Druckluftstation. Eine solche Station stellt heute ein filigranes System dar, dessen Elemente nur dann optimal zusammenwirken können, wenn sie genau aufeinander abgestimmt sind, Änderungen auf der Druckluftverbrauchsseite laufend datenmäßig erfaßt und der Betrieb der Station sofort an die veränderten Bedingungen angepaßt wird. Das gilt sowohl für die Druckluftherzeugung selbst als auch für den Service der gesamten Druckluftanlage. Genau deshalb ist auch die durch einige Veröffentlichungen genährte Vorstellung illusorisch, wesentliche Kostenreduzierungen durch ein angeblich ideales Kompressor- oder Aufbereitungssystem erreichen zu können.

Bisher gab es in der Steuerung und Überwachung von Druckluftanlagen zwei unterschiedliche Philosophien: Die eine setzte auf herkömmliche Relais- und Schütztechnik. Der Vorteil dieser Variante war, daß der Anwender beim Ausfall einer Steuerungseinheit auf handelsübliche Ersatzteile zurückgreifen und sich so schnell selbst helfen konnte. Allerdings waren Daten nur sehr eingeschränkt an eine übergeordnete zentrale Leittechnik übertragbar. Die andere Philosophie setzte, dem Zeittrend folgend, auf Elektronik. Häufig wurden jedoch kostengünstige Einplatinen-Steuerungen eingesetzt, deren Software nicht mit standardisierten Schnittstellen kompatibel ist. Oft waren nicht einmal die verschiedenen Kompressorentypen ein und desselben Herstellers in der Lage, miteinander zu kommunizieren ganz zu schweigen von einer Anpassungsfähigkeit an international gültige Leittechnikstandards. Zudem reichte die Speicherkapazität dieser Steuerungssysteme mitunter für eine zuverlässige Datenauswertung nicht aus.

Kaeser Kompressoren entschied sich für einen dritten Weg: Entsprechend der Erkenntnis, daß es vorteilhaft ist, die Betriebsdaten eines Kompressors erfassen, per Computer verwalten und

analysieren zu können, bietet das Unternehmen schon seit geraumer Zeit alternativ zur Relais-technik Kompressoranlagen mit Simatic-S5-Komponenten an. Diese Bauteile lassen sich durch Programmierung mit einer gewissen Intelligenz ausstatten und sind zudem mit anderen übergeordneten Steuerungs- und Leittechniksystemen kompatibel. Was auch hier als Nachteil blieb, war die relative geringe Speicherkapazität.

### **Die Lösung: Sigma-Control - der PC im Kompressor**

Der konzeptionelle Rahmen der von Kaeser in enger Zusammenarbeit mit der Firma Siemens neu entwickelten Kompressorensteuerung Sigma-Control war durch die Anforderungen der Praxis und den bisherigen Stand der Technik deutlich abgesteckt. Resultat der Entwicklungsarbeit beider Unternehmen ist ein vollwertiger, in die Kompressoranlage integrierter Industrie-PC. Dieser PC des Typs Sicomp arbeitet mit einem Intel-Mikroprozessor, hat ein Soft-PLC-Steuerungssystem und eine stabilisierte 24-Volt-Versorgung, damit er auch in Regionen einsetzbar ist, die nicht über eine solch stabile Spannungsversorgung verfügen wie z. B. Europa. Statt mit den in diesem Fall weitestgehend überflüssigen Peripherie-Elementen Monitor und Schreibmaschinentastatur wurde der PC mit einem platzsparenden Klartextdisplay und einer ergonomischen, menügeführten Bedienoberfläche ausgestattet. Relais- und Transistorausgänge gewährleisten universelle Einsatzmöglichkeiten. Die neue Steuerung ist zudem aus bereits millionenfach erprobten Elektronikkomponenten aufgebaut und entspricht damit einem bewährten Industriestandard.

### **Die Vorteile des PCs im Kompressor für den Anwender**

#### a) Große Speicherkapazität

Der mit großer Speicherkapazität ausgestattete PC arbeitet mit einem Echtzeit-Betriebssystem und einem Ereignis-Informationsspeicher, garantiert eine zugleich einfache und sichere Bedienung, die u. a. durch abrufbare Informationstexte gewährleistet wird, und ist vor unbefugtem Zugriff geschützt. Darüber hinaus sind alle gängigen Landessprachen vorprogrammiert.

#### b) Erhöhte Betriebssicherheit

Der PC ist für rauhe Umgebungsbedingungen wie extreme Temperaturschwankungen, hohe Luftfeuchte oder starken Staubgehalt der Umgebungsluft ausgelegt. Seine robuste Technik ist mit dem Simatic-System kompatibel, die Software jederzeit upgradefähig. Durch das Konzept „fünf Steuerungen in einer,“ ist auch die Bereitstellung von Ersatzgeräten im unwahrscheinlichen Fall einer Störung denkbar einfach.

#### c) Bessere Kommunikation

Der mit Sigma Control ausgestattete Kompressor läßt sich nicht nur problemlos in übergeordnete Steuerungs- und Leittechniksysteme integrieren; er kann auch z. B. über ein Modem an Standardinformationsnetze wie das Telefonnetz oder das Internet angebunden werden. Somit wird es beispielsweise einem Servicetechniker in Deutschland möglich, den aktuellen Betriebszustand einer Kompressoranlage in Südostasien abzufragen und dem Betreiber über Telefon entsprechende Informationen und Serviceanleitungen zu geben. All das und noch einiges mehr kann über drei serielle Schnittstellen RS 232, Profibus DP und RS 485 Master-Slave-Control (zur Anbindung eines zweiten Kompressors) geschehen. Außerdem lassen sich weitere Informationen über analoge und digitale Ein- und Ausgänge abfragen. Damit sind eine weltweite Anbindung, kontinuierliche Information über den Betriebszustand und gezielte

vorbeugende Wartung möglich. Dieser „Kommunikationseffekt,, erhöht zusätzlich die Betriebssicherheit und die Verfügbarkeit jedes einzelnen Kompressors, verringert die Wartungskosten - und durch optimierte Wartung - auch die Energiekosten der Druckluftherzeugung.

#### d) Höhere Flexibilität

Die fünf verschiedenen Steuerungsvarianten des Sigma-Control und die vielfältigen Anbindungsmöglichkeiten erlauben es, den Kompressor jederzeit schnell und exakt an den tatsächlichen Druckluftverbrauch anzupassen. Das bedeutet nochmals Einsparung von Energiekosten.

Mit der Sigma-Control-Steuerung schließt Kaeser Kompressoren die Lücke zwischen modernen Planungs- und Service-Systemen und der Druckluftstation. Dank ihrer Einfachheit und Standardisierung kann die Steuerung die Vorteile der Kompressoren mit herkömmlicher Relais-technik nutzen und bietet darüber hinaus die umfassenden Möglichkeiten moderner Kommunikationstechnik direkt im Kompressor. Aber auch Betriebe, die über keine Leittechnik verfügen, können von der neuen Steuerung profitieren: So lassen sich über den Ereignisspeicher vor Ort jederzeit wichtige Informationen wie Auslastungsgrad, anstehende Wartungen oder die Druckkonstanz des Kompressors abfragen. Auch diese Anwender sind künftig nicht mehr darauf angewiesen, ihre Kompressoren manuell zu starten oder stillzusetzen. Mit Sigma-Control sind diese Vorgänge leicht automatisierbar.

Die Sigma-Control-Steuerung stellt somit einen echten Entwicklungssprung in der Kompressorenteknik dar: Sie ermöglicht dank ihrer Produkteigenschaften:

- eine deutliche Erhöhung der Druckluftverfügbarkeit,
- weitere Energieeinsparungen und nicht zuletzt
- eine spürbare Verringerung der Wartungs- und Reparaturkosten.

Darüber hinaus integriert Sigma-Control den Kompressor erstmals voll in die moderne Kommunikationstechnik und macht dadurch seinen Betrieb für den an optimaler Wirtschaftlichkeit interessierten Anwender transparent.

### **Einbindung des Kompressors in moderne Kommunikationssysteme (Teleservice)**

Globale Kommunikation funktioniert heute anders als noch vor wenigen Jahren. Im Zuge der weltweiten Vernetzung sind neue Medien wie Internet oder Intranet dabei, den klassischen Informationsmedien in puncto Aktualität, Schnelligkeit und Vielseitigkeit den Rang abzulaufen. Diese Entwicklung erfaßt zunehmend auch den Maschinenbau und die Wartungstechnik. Hier sorgt zur Zeit ein Begriff für gesteigerte Aufmerksamkeit: „Teleservice,,

Darunter ist die schnelle und effektive Vernetzung von Anlagen und Maschinen über große Entfernungen zu verstehen. Hauptziel dieser neuen Kommunikationstechnik ist es, Servicekosten zu einzusparen und zugleich die Maschinenverfügbarkeit zu erhöhen. Als weltweit aktiver Druckluft-Systemanbieter trägt Kaeser Kompressoren auch diese neue Entwicklung von Anbeginn mit: Durch die neue Software Sigma-CC (Sigma-Control Center) wird es möglich sein, über PC mit allen neuen Schraubenkompressoren des Herstellers, die über das neue

Steuerungssystem Sigma-Control verfügen, je nach Bedarf betriebsweit oder sogar weltweit zu kommunizieren.

So kann der Betreiber selbst oder eine Servicefachkraft des Herstellers direkt aus der Druckluftstation und den dort installierten, mit Sigma-Control arbeitenden Kompressoren Daten abrufen und gegebenenfalls Wartungsmaßnahmen veranlassen, auch wenn die Anlagen Hunderte oder Tausende von Kilometern entfernt sind. Fortlaufende Informationen über den Grad der Wirtschaftlichkeit, den aktuellen Betriebs- und Wartungszustand der Anlagen erlauben es, den erforderlichen Energie- und Wartungsaufwand zu reduzieren und die Verfügbarkeit der Kompressoren spürbar zu erhöhen.

Doch auch Betreiber, die eine Druckluftstation mit konventionell gesteuerten Kompressoren haben, können die Vorteile des Teleservice mit Hilfe der übergeordneten Steuerung Kaeser Vesis nutzen: Dieses intelligente System koordiniert nicht nur den Betrieb der neuen Kompressoren in der Druckluftstation, es ermöglicht auch, ältere Kompressoren in das Teleservice-Kommunikationsnetz einzubinden. Damit können dann auch die Betriebsdaten dieser Maschinen in ein übergeordnetes System übertragen und durch Servicefachkräfte ausgewertet werden. Zudem läßt sich leicht eine ständige Überwachung der Druckluftstation mit einer übergeordneten Leittechnik realisieren.

Einen weiteren Vorteil bietet der Teleservice auch denjenigen Anwendern, die statt einer kompletten Druckluftstation lieber Druckluft zum Festpreis nutzen wollen: Der Anbieter kann mit Hilfe dieses Kommunikationssystems sämtliche Überwachungs- und Servicearbeiten, die für ein Höchstmaß an Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Druckluftherzeugung sorgen, effizienter und somit für den Abnehmer kostengünstiger durchführen.

Kaeser Kompressoren bietet mit alldem ein umfassendes Konzept an, das von der computer-gestützten Planung über die Kompressoren mit serienmäßig integrierten Industrie-PCs bis hin zur Leittechnik- und Teleserviceanbindung mittels der Software Sigma-CC eine lückenlose Nutzung der Daten einer Druckluftstation ermöglicht. Die Vorteile dieses Konzepts für den Anwender sind höhere Betriebssicherheit, weniger Energie- und Wartungskosten sowie eine optimierte Gesamtkostenstruktur der Druckluftversorgung.

# Fördermöglichkeiten im Bereich der rationellen Energienutzung

Dr.-Ing. Alexandra Penschke, ZREU  
Zentrum für Rationelle Energieanwendung und Umwelt GmbH

## Engagement im Bereich der rationellen Energienutzung

---

- ⇒ Umweltschutz als globales Problem
- ⇒ Verpflichtungen der EU und Deutschland auf internationaler Ebene (Kyoto)
- ⇒ Rationelle Energienutzung als besonders wirksamer Ansatz des vorbeugenden Umweltschutzes

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-  
ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Die Förderprogramme Deutschlands/Bayerns

---

- ➔ Energieeinsparberatungen und Umweltschutzberatungen
- ➔ BMU-Programm zur Förderung von Demonstrationsvorhaben zur Verminderung von Umweltbelastungen
- ➔ ERP-Energiesparprogramm und DtA-Umweltprogramm
- ➔ KfW-Umweltprogramm
- ➔ Bayerisches Technologie-Beratungsprogramm
- ➔ Rationelle Energieerzeugung und -verwendung (Bayern)

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Energieeinspar- und Umweltschutzberatung (BAW)

---

- ➔ Beratungen, die Energiesparpotentiale aufzeigen und Beratungen bezüglich eines verbesserten Umweltschutzes (z.B. Lärmschutz, Luftreinhaltung, Öko-Audit, Einführung neuer Technologien )
- ➔ Zuschuß zu den Beratungskosten 40 %, max. 3.200 DM (bis zu 6.400 DM in 5 Jahren)
- ➔ Unternehmen mit einem Umsatz bis 30 Mio. DM
- ➔ Antragstellung über Leitstellen nach Abschluß der Beratung

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## BMU-Programm / Förderung von Demonstrationsvorhaben

---

- ➔ Vorhaben aus den Bereichen: Abwasser, Abfall, Luftreinhaltung, Energieeinsparung, rationelle Energieverwendung, Erneuerbare Energien
- ➔ Zinszuschuß (bis 70 % der förderfähigen Kosten) und tilgungsfreie Anlaufjahre, in Ausnahmefällen Investitionszuschuß von bis zu 30 % der förderfähigen Kosten
- ➔ Bevorzugt kleine und mittlere Unternehmen
- ➔ Antragstellung über Hausbank bei der Deutschen Ausgleichsbank

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## KfW-Umweltprogramm

---

- ➔ Investitionen, die zu einer wesentlichen Verbesserung der Umweltsituation beitragen
- ➔ Zinsgünstige Darlehen mit Festzinssätzen und tilgungsfreien Anlaufjahren (max. 5 Mio €), max. 75 % der förderfähigen Investitionen
- ➔ Unternehmen mit einem Jahresumsatz bis zu 500 Mio €
- ➔ Anträge über Hausbank an Kreditanstalt für Wiederaufbau

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## ERP- Umwelt und Energiesparprogramm

---

- ➔ Investitionen zum Umweltschutz in den Bereichen Abfallwirtschaft, Abwasserreinigung, Luftreinhaltung und zur Energieeinsparung, rationellen Energieverwendung und Nutzung erneuerbarer Energien
- ➔ Zinsgünstige Darlehen mit Festzinssätzen und tilgungsfreien Anlaufjahren (bis zu 50 % der förderfähigen Kosten, in Kombination mit DtA-Umwelt bis zu 100 %)
- ➔ Bevorzugt kleine und mittlere Unternehmen
- ➔ Anträge über Hausbank an Deutsche Ausgleichsbank

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-  
ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Bayerisches Technologie-Beratungsprogramm

---

- ➔ Energietechnische Beratungen (Analyse und Lösungsvorschläge)
- ➔ Zuschuß von 25-75% (je nach Größe des Unternehmens) zu 10 Beratertagen (bezogen auf 3 Jahre)
- ➔ Kleine und mittlere Unternehmen
- ➔ Antragstellung über Kontaktstellen der Landesgewerbeanstalt, Handwerkskammern und Industrie- und Handelskammern

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-  
ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Rationelle Energieerzeugung und -verwendung (BY)

---

- ➔ Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben: innovative Konzepte und Technologien zur rationellen Energieverwendung und erneuerbare Energien
- ➔ Zuschuß in der Regel 30% der zuwendungsfähigen Kosten
- ➔ Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, Innovationsberatungsstelle Südbayen

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Die Förderprogramme der EU im Energiebereich

---

- ➔ SAVE und ALTENER
- ➔ 5. Forschungsrahmenprogramm
  - Energie, Umwelt und nachhaltige Entwicklung
    - Leitaktion 5: Saubere Energiesysteme einschließlich erneuerbarer Energien
    - Leitaktion 6: Wirtschaftliche und effiziente Energiesysteme für ein wettbewerbsfähiges Europa

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Die Programme SAVE und ALTENER

---



Förderung der Energie-Effizienz

Studien, Pilotaktionen, Aus- und Fortbildungsmaßnahmen im Bereich rationelle Energienutzung in Gebäuden, Industrie und Verkehr, lokale Agenturen



Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien

Studien, Pilotaktionen und Verbreitungsmaßnahmen, gezielte Aktionen zur Erleichterung der Marktdurchdringung erneuerbarer Energien

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Das 5. Forschungsrahmenprogramm

---

Förderung durch



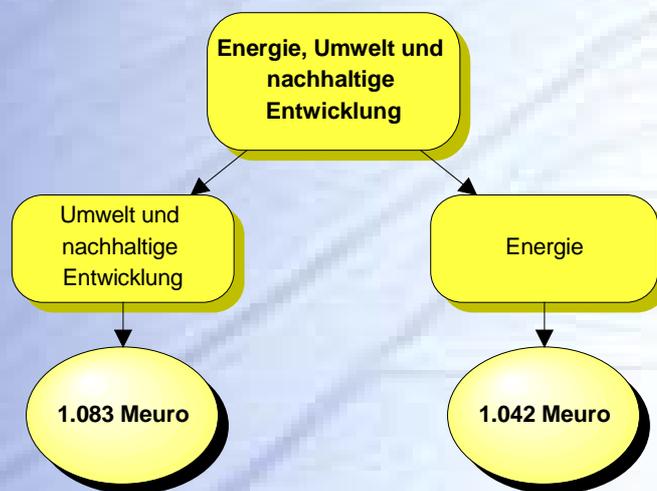
- Forschung und Entwicklung (max. 50%)
- Demonstration (max. 35%)
- Kombinierte Vorhaben (35 - 50%)
- Begleitende Maßnahmen (50-100%)

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Das 5. Forschungsrahmenprogramm

---



---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Das 5. Forschungsrahmenprogramm

---

### Rahmenbedingungen

- Periodische "Call for Proposals"
- Europäische Dimension (mind. 2 EU Partner)
- Projektvolumen ab 1,5 M€

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Förderschwerpunkte

---

- Innovative KWK- Lösungen
- Einsatz erneuerbarer Energien
- Effiziente Heiz-, Kühl-, Lüftungs- und Beleuchtungssysteme
- Effizienz industrieller Prozesse
- Energiespeicherung



---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-  
ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Was macht ein EU- Projekt aus

---

- Hoher Innovationsgehalt - Forschungs- oder Demonstrationskomponente
- Die EU fördert keine Breitenprojekte mit markteingeführten Technologien oder Methoden
- Europäischer Mehrwert und Europäische Zusammenarbeit  
– Mindestens 2 Partner aus 2 verschiedenen EU- Mitgliedstaaten
- Teilnahme an “Aufforderung von Einreichung von Vorschlägen” mit fester Deadline

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-  
ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Was macht ein EU- Projekt aus

---

- Förderung erfolgt in der Regel als verlorener Zuschuß auf Kostenteilungsbasis
- Gesamtbudget ist verglichen mit nationalen Vorhaben etwas großzügiger bemessen
- Internationale Projektabwicklung mit Partnern aus z.T. verschiedenen Kulturkreisen erfordert ein starkes Projektmanagement

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-  
ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Die 10 goldenen Regeln der Antragstellung

---

- ① Ein guter Antrag sieht gut aus
- ② Ein guter Antrag paßt genau auf die Ausschreibung und enthält die Key- Words. Die ausschreibende Institution findet sich wieder.
- ③ Jedes Detail in der Ausschreibung ist wichtig. Antrag immer auf Formfehler überprüfen!
- ④ Überzeugen Sie die ausschreibende Stelle nicht von Ihrer Idee, sondern liefern Sie eine Problemlösung
- ⑤ Stellen Sie den Antrag der ausschreibenden Stelle vor.

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-  
ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Die 10 goldenen Regeln der Antragstellung

---

- ⑥ „Jeder gute Antrag hat eine Melodie“
- ⑦ Beginnen Sie die Ausarbeitung des Antrags mit der Zusammenfassung und den erwarteten Ergebnissen
- ⑧ Formulieren Sie das Vorhaben als runde Sache mit definiertem Anfang und Ende.
- ⑨ In einem Antrag stehen nur Wahrheiten, denn er wird Vertragsbestandteil.
- ⑩ Formulieren Sie das Arbeitsprogramm präzise, ohne ins Detail zu gehen.

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

## Dienstleistungsspektrum ZREU

---

### Unser Dienstleistungsangebot

- Projektscreeing
- Partnervermittlung
- Komplette Antragstellung
- Lobbying
- Projektmanagement
- Projektpartner
- Projektkoordinator

---

**ZREU** ZENTRUM FÜR RATIONELLE ENERGIE-ANWENDUNG UND UMWELT GMBH

Unsere Hompage: [www.zreu.de/](http://www.zreu.de/)

# **Möglichkeiten und Potenziale rationeller Energienutzung in industriellen Anlagen der Lebensmittelindustrie am Beispiel einer Großbäckerei**

**Dr.-Ing. Alexandra Penschke**

**Zentrum für Rationelle Energieanwendung und Umwelt GmbH**

## **1 Einführung**

Der rationelle Energieeinsatz, die Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen und damit die Möglichkeit zur Minderung klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen gewinnen insbesondere vor dem Hintergrund Klimaschutzpolitischer Zielsetzungen zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen zunehmend an Bedeutung. Angesichts des wachsenden Umweltbewußtseins in der Bevölkerung verschafft sich ein umweltbewußt und energiesparend geführter Betrieb neben möglichen Kosteneinsparungen auch ein gutes Image und damit einen Wettbewerbsvorteil.

Um den rationellen Energieeinsatz in der Industrie zu unterstützen, führt das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) ein Projekt zur „Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung“, in verschiedenen Branchen durch. Ein Schwerpunkt des Vorhabens liegt in der Lebensmittelindustrie.

Im Rahmen dieses Vorhabens wurden energietechnische Untersuchungen in einer Großbäckerei durchgeführt.

## **2 Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen**

Der erste Schritt für eine Ermittlung der Energieeinsparpotenziale ist die Erfassung des Energieverbrauchs im Rahmen einer Bestandsaufnahme und die Analyse der Verbrauchssituation. Zur Erfassung der Energieträgerstruktur und des Gesamtenergiebedarfes wurden zunächst

- Begehungen vor Ort durchgeführt und
- vorhandene Daten des Betriebes zum Energieverbrauch ausgewertet.

Der spezifische Energiebedarf für die wichtigsten Produktgruppen wurde durch ergänzende Messungen an den Produktionslinien und Hauptverbrauchern ermittelt. Die energietechnische Untersuchungen wurden beispielhaft für die Herstellung von Mischbrot, Brötchen, Toastbrot, Fettbackenem und Feingebäck durchgeführt.

Aufbauend auf der Bestandsaufnahme und Ist-Analyse wurden mögliche Maßnahmen zur Optimierung der Energieeffizienz und zur Reduzierung der relevanten Emissionen abgeleitet. Die Maßnahmen wurden technisch, wirtschaftlich und ökologisch bewertet.

Zur Bewertung des Energieeinsatzes in der Produktion wurden produktbezogene Kennziffern gebildet. Eine regelmäßige Ermittlung dieser Kennwerte bzw. ein Vergleich mit brancheninternen oder bei Querschnittstechnologien auch branchenübergreifenden Durchschnittswerten

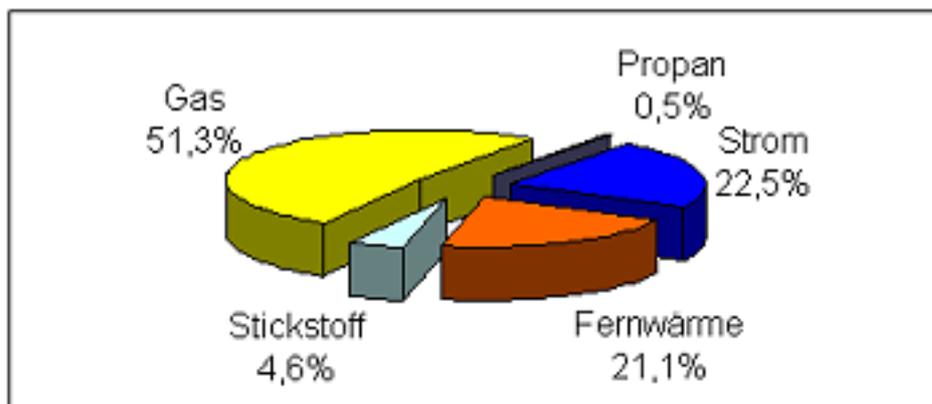
läßt eigene Schwachstellen erkennen, zeigt den Handlungsbedarf auf und ermöglicht die Abschätzung von Energieeinsparpotenzialen.

## 2.1 Energieträger zur Energieversorgung des Betriebes

Die untersuchte Bäckerei bezieht Strom, Erdgas und Fernwärme als Energieträger für die Produktion. Die Gabelstapler zum Transport der Backwaren werden mit Propan betrieben. Zum Frostern von Gebäck wird Flüssigstickstoff verwendet.

Der spezifische Energieverbrauch beträgt rund 1,1 MWh pro t Mehl. Der Energieverbrauch wird zu 51,3 % durch Gas gedeckt, 22,5 % entfallen auf Strom, 21,1 % auf Fernwärme und 4,6 % auf Flüssigstickstoff. Propan hat einen Anteil von 0,5 %.

Abbildung 1: Anteil der Energieträger am Energieverbrauch



Quelle: ZREU, Musterbetrieb 2000

## 2.2 Energieerzeugung und -verteilung

Die in der Produktion benötigte Wärme wird wie folgt bereitgestellt:

- Gas zur Beheizung der Öfen
- Fernwärmedampf zur Beheizung der Versandhalle und Kistenwaschanlage
- Niederdruckdampf zur Luftkonditionierung der Garräume und -anlagen sowie zur Beschwadung der Backöfen
- Niederdruckdampf für Heizung und Lüftung
- Warmwasser zur Teigbereitung und für Reinigungsprozesse.

Die Erzeugung des Niederdruckdampfes erfolgt in Dampfumformern, die mit Fernwärmedampf beheizt werden. Der Niederdruckdampf wird über ein zentrales Dampfnetz in der Produktion bereitgestellt und für Heizzwecke (Heizung und Lüftung) eingesetzt. Die Erwärmung des Heizwassers für die Heizung und Lüftung erfolgt in zwei Gegenstromwärmetauschern.

Zur Warmwasserbereitung wird die Abwärme des Kondensats aus der Niederdruckdampfherzeugung verwendet. Die Brauchwarmwasserspeicher können zusätzlich mit Niederdruckdampf beheizt werden.

Zu den Hauptstromverbrauchern der Bäckerei zählen

- ▣ die Produktionsanlagen
- ▣ die Verpackungsanlagen,
- ▣ die Druckluftkompressoren
- ▣ die Mehlförderungsgebläse
- ▣ die Kälteanlagen.

Druckluft wird für die Anlagensteuerung benötigt. Die Druckluftanlage arbeitet bei einem Druck von 10 bar. Die Drucklufterzeugung erfolgt zentral über vier Schraubenkompressoren. Zur pneumatischen Mehlaufbereitung und -förderung sind insgesamt 35 Förder- und Auflockerungsgebläse im Einsatz.

Kälte wird in Form von Eiswasser und Kaltwasser in der Teigbereitung sowie in Kühlräumen, Gärunterbrechern und Tiefkühlräumen benötigt. Die Kältebereitstellung erfolgt dezentral.

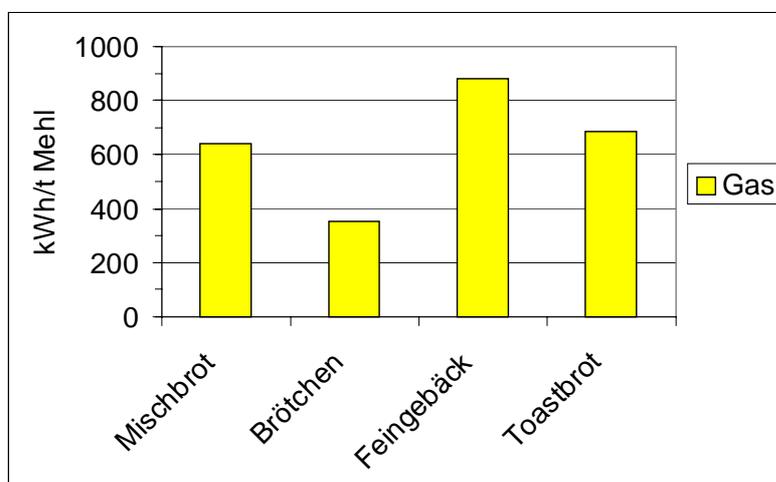
### 2.3 Produktspezifischer Energieverbrauch

Der spezifische Energieverbrauch bei der Backwarenherstellung ist produktabhängig und wird unter anderem von folgenden Parametern beeinflusst:

- ▣ Teigzusammensetzung (und Füllungen)
- ▣ Teigverarbeitung
- ▣ Ofenbelegung
- ▣ Ofentemperatur.

Der spezifische Erdgasverbrauch beträgt je nach Produkt 350 - 880 kWh/t Mehl (Abbildung 2). Der spezifische Stromverbrauch (ohne Mehlaufbereitung) beträgt für die untersuchten Produktgruppen 73 - 435 kWh/t Mehl (Abbildung 3 und Abbildung 4).

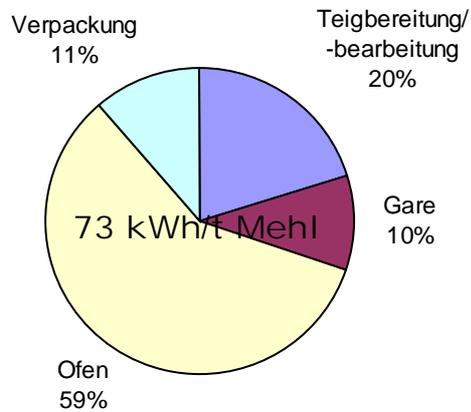
Abbildung 2: Spezifischer Wärmeverbrauch von Bäckereiprodukten (ohne Schwaden)



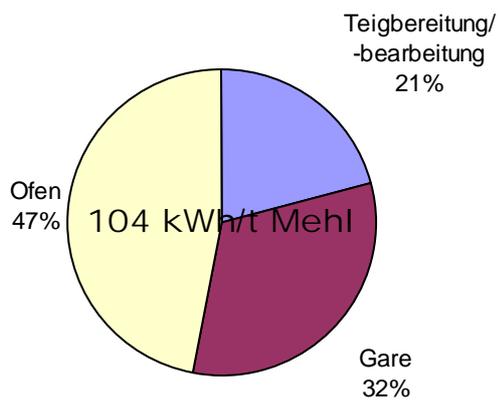
Quelle: ZREU, TU München, Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik der Lebensmittelindustrie 2000

Abbildung 3: Verteilung des Stromverbrauchs verschiedener Bäckereiprodukte I

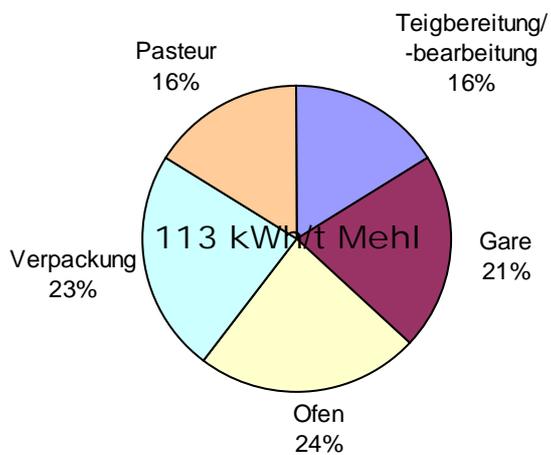
### Mischbrot



### Brötchen

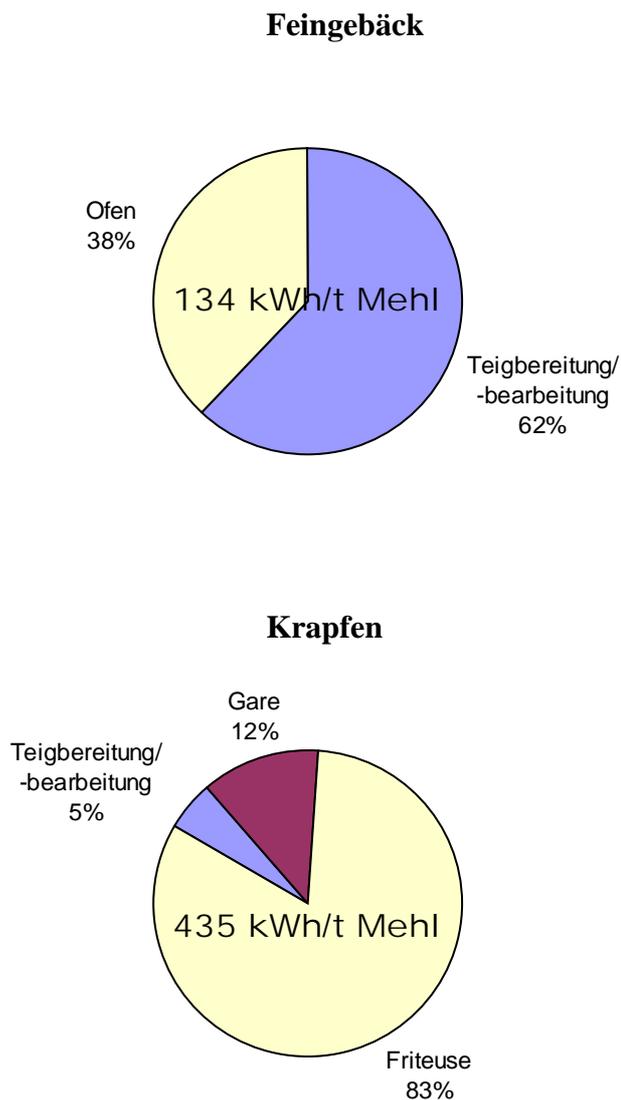


### Toastbrot



Quelle: ZREU, TU München, Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik der Lebensmittelindustrie 2000

Abbildung 4: Verteilung des Stromverbrauchs verschiedener Bäckereiprodukte II



Quelle: ZREU, TU München, Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik der Lebensmittelindustrie 2000

### 3 Maßnahmen und Potenziale zur Energieeinsparung

Aus der Bestandsaufnahme und Ist-Analyse des Energieverbrauchs wurden bauliche, anlagentechnische sowie organisatorische Maßnahmen zur Energieeinsparung abgeleitet.

Eine regelmäßige Erfassung des Energieverbrauches bildet die Grundlage für eine energiewirtschaftliche Optimierung. Die monatliche Erfassung des Gesamtenergiebedarfes auf der Basis der Energieverbrauchsabrechnungen alleine ist dabei insbesondere für größere Betriebe nicht ausreichend. Die Hauptverbraucher sollten daher mit Verbrauchsmessgeräten für Strom, Dampf, Gas und Warmwasser ausgerüstet sein. Eine regelmäßige Überwachung des Energieverbrauches läßt Abweichungen frühzeitig erkennen und ermöglicht es gegenzusteuern.

#### 3.1 Energieeinsparpotenziale durch bauliche Maßnahmen

Bauliche Maßnahmen in der Produktion und Verwaltung sollten im Rahmen von baulichen Erhaltungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Energieeinsparungen können dabei insbesondere durch folgende Maßnahmen erzielt werden:

- ▄ Einbau moderner Fenster mit Wärmeschutzverglasung.
- ▄ Austausch der veralteten Leuchten und Ersatz durch moderne Rasterleuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) und ggf. Lichtsteuerung
- ▄ Bewegungsmelder in den Werkstätten und anderen Räumen, die nur sporadisch benutzt werden, zur automatischen Lichtabschaltung.

### 3.2 Energieeinsparpotenziale in der Dampfversorgung

Energieeinsparungen bei der Verteilung und Umwandlung des Fernwärmedampfes können sowohl durch anlagentechnischen als auch durch organisatorische Maßnahmen erzielt werden.

Die Temperatur im, dem Dampfumformer vorgeschalteten Entgaser beträgt derzeit ca. 108 °C. Eine Temperaturregelung des Entgasers auf 103 °C verringert den Dampfbedarf zur Erwärmung des Speisewassers sowie die Wärmeverluste bei der Entgasung. Wärmeverluste können ebenfalls durch den Ersatz eines alten Dampfdruckminderers und einer damit möglichen Verkürzung der Fernwärmedampfleitung vermindert werden. Außerdem sollten Ventile und Rohrleitungen der Dampfzuführung und Fernwärmedampfkondensatableitungen, die Kondensat zur Warmwasserbereitung führen, wärmeisoliert werden. Durch das Absperren von ungenutzten Dampfleitungen im zentralen Dampfversorgungsnetz lassen sich weitere Einsparungen erzielen.

Die Netzverluste können weiterhin durch organisatorische Maßnahmen wie eine regelmäßige Kontrolle auf Leckagen und eine Überprüfung der Kondensatableiter minimiert werden.

### 3.3 Energieeinsparpotenziale bei der Kältebereitstellung

Sowohl bei der Kälteversorgung der Tiefkühlräume als auch bei der Kälteversorgung der Kühlräume sollte überprüft werden, ob unter Berücksichtigung technologischer Gesichtspunkte eine Anhebung der Verdampfertemperaturen möglich ist. Je niedriger die Verdampfungstemperatur ist, desto höher ist der Energiebedarf der Kälteanlage. Jedes Grad das niedriger ist, als notwendig, hat einen Energiemehrbedarf von 3 % an dem Motor der Kälteanlagen zur Folge.

Nicht oder nur sehr selten benötigte Kühlräume sollten abgeschaltet werden. Eine räumliche Abtrennung nicht benötigter Kühlflächen erhöht die Auslastung der zu kühlenden Räumlichkeiten und führt zu Energieeinsparungen.

- ▄ Die Verdampfer der Kühlräume sollten regelmäßig enteist werden. Vereiste Verdampfer verschlechtern den Wirkungsgrad der Wärmeübertragung.

Des Weiteren sollte darauf geachtet werden, daß die Türen zu den Kühlräumen nicht länger als notwendig geöffnet sind. Neben der Erwärmung der Kühlräume erhöht sich ebenfalls die Luftfeuchte. Dies beschleunigt das Vereisen der Verdampfer.

### 3.4 Energieeinsparpotenziale bei der Druckluftbereitstellung

Nur ein geringer Anteil der für die Druckluftherzeugung aufgewendeten Energie steht für eine Nutzung als Druckluft in Form von mechanischer Expansionsarbeit zur Verfügung. Ca.  $\frac{3}{4}$  der elektrischen Leistungsaufnahme eines Druckluftherzeugers wird in Wärme umgewandelt. Wei-

tere 10 % gehen an die Kühlluft und durch die Wärmeabstrahlung des elektrischen Motors verloren. Zur Vermeidung unnötiger Verluste ist daher eine sorgfältige Überwachung und Wartung der Anlagen wichtig. Der Gesamtdruckverlust eines Druckluftnetzes sollte 0,6 bar nicht überschreiten[2].

In der untersuchten Bäckerei beträgt der Gesamtdruckverlust 3 bar. Dies ist insbesondere auf zu geringe Leitungsquerschnitte durch das gewachsene Leitungsnetz zurückzuführen. Durch eine Erneuerung des Rohrleitungsnetzes und damit eine Verringerung der Druckverluste ist eine Absenkung des Netzdruckes von 10 auf 8 bar möglich. Damit lassen sich ca. 12 % des Strombedarfes einsparen.

Durch eine regelmäßige Wartung des Druckluftnetzes sollten die Leckagen im Druckluftnetz minimiert werden. Leerlaufverluste an den Maschinen können durch den Einbau von Maschinenschutzventilen vermieden werden.

### **3.5 Energieeinsparpotenziale beim Backen**

Um unnötige Leerlaufzeiten der Öfen zu vermeiden, sollten die technisch notwendigen Aufheizzeiten überprüft und für jeden Ofen festgehalten werden. Die Ofenanlagen sollten so spät wie möglich in Betrieb genommen und so früh wie möglich abgeschaltet werden. Auch bei längeren Produktionspausen kann ein Abschalten der Öfen zu Energieeinsparungen führen. Eine optimale Auslastung der Öfen minimiert ebenfalls den Energiebedarf beim Backen.

Backöfen werden oft mit zu hohen Temperaturen oder zu großen Beschwadungsmengen betrieben, da dies über einen relativ weiten Bereich keine negativen, allerdings auch keine positiven Auswirkungen auf das Produkt hat. Durch den Einsatz von Mess- und Regeleinrichtungen, wie Dampfblenden und Dampf-Regelventile, kann der minimale Dampfbedarf für das jeweilige Produkt ermittelt und während des Backvorganges eingestellt werden [3].

Immer häufiger werden vor allem in größeren Backbetrieben auch Backraum-Klimasteuerungen eingesetzt. Über Messungen der Backraum Luftfeuchte, den Schwaden-Kaminzug, Dampfverbrauch und mit Hilfe computergesteuerter Stellorgane zur Regelung des Durchflusses wird das Backraumklima optimiert. Durch den Einsatz solcher Steuerungen können zwischen 8 und 25 % des Energieverbrauchs der Backöfen eingespart werden [1].

Bei jeder Verbrennung treten Wärmeverluste auf. Der größte Verlust ist der Abgas- bzw. Schornsteinverlust, der infolge der Temperaturdifferenz zwischen dem Brennstoff-Luftgemisch und den austretenden Rauchgasen entsteht. Mit setzendem Luftüberschuß und damit Rauchgasmassenstrom sowie mit steigender Abgastemperatur erhöht sich der Abgasverlust. Das Luftverhältnis bei der Verbrennung sollte daher möglichst nahe an 1 liegen. Hohe Luftüberschüsse im Rauchgas lassen sich ebenfalls auf Undichtigkeiten der Backöfen zurückführen.

Um eine optimale Verbrennung zu gewährleisten sollten die Brenner regelmäßig gereinigt werden. Der CO<sub>2</sub>-Wert im Abgas sollte ca. 10 % betragen.

### **3.6 Energieeinsparpotenziale durch Wärmerückgewinnung**

Für eine Wärmerückgewinnung in Bäckereien stehen prinzipiell folgende Abwärmequellen zur Verfügung:

- ▣ Abwärme der Rauchgase aus der Verbrennung
- ▣ Latente und fühlbare Wärme der Schwadenabluft
- ▣ Abwärme aus der Druckluftherzeugung
- ▣ Abwärme aus der Kälteerzeugung.

Die Abwärmenutzung aus den Öfen liefert Wärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus. Mit der Abwärme aus den Schwaden kann z.B. Warmwasser mit einer Vorlauftemperatur von 50 - 60 °C gewonnen werden. Die Abwärmenutzung der Rauchgase ermöglicht die Wärmenutzung mit Temperaturen über 100 °C.

Theoretisch sind mehr als 90 % der elektrischen Leistungsaufnahme eines Druckluftherzeugers wärmetechnisch nutzbar [4]. Mit wassergekühlten Anlagen stehen bei einer Nutzung der Abwärme über Ölkühler ca. 70 % der elektrischen Leistung als Wärme auf einem Temperaturniveau von 70-75 °C zur Verfügung. Als weitere Abwärmequelle kann die Überhitzungswärme des Kältemittels (ca. 6 % der Kondensatorleistung) genutzt werden.

Während der Wärmebedarf in der Bäckerei und der Abwärmeanfall der Öfen vor allem in kleineren Bäckereien oftmals nicht zeitgleich verlaufen, kann die Abwärme aus der Kälte- und Druckluftbereitstellung kontinuierlich genutzt werden. Andererseits steht an den Öfen in der Regel eine größere Abwärmemenge zur Verfügung als bei der Kälte- und Druckluftbereitstellung.

In der untersuchten Bäckerei werden Netzbandöfen mit einer Laufzeit von 24 h pro Tag betrieben. Damit steht eine große Abwärmemenge an den Produktionstagen kontinuierlich zur Verfügung. Ein Teil der Rauchgasabwärme wird bereits zur Beheizung der Verladehalle genutzt.

Die aus der Wärmerückgewinnung der Öfen anfallenden Abwärmemengen können zusätzlich den Wärmebedarf für Heizung und Lüftung, Waschanlagen, die Brauchwarmwassererwärmung und den Pasteur decken.

Es sollte ein zentrales und erweiterbares Wärmerückgewinnungssystem aufgebaut werden. Eine Anbindung von alten Anlagen, die in absehbarer Zeit ersetzt oder außer Betrieb genommen werden, ist nicht wirtschaftlich. Für die Wärmeversorgung neuer Anlagen sollte die Abwärmenutzung aus den Rauchgasen und der Schwadenabluft schon bei der Planung berücksichtigt werden.

#### **4 Literatur**

- [1] GLT. Qualitäts- und Energiemanagement im Backgewerbe. German Lebensmitteltechnologie GmbH, Berlin 2000
- [2] Kreisel, K; Jochem, E: Druckluft rationell erzeugen und nutzen. In: Energie effizient nutzen – Schwerpunkt Strom - Modellvorhaben und Fachartikel. Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe 1999
- [3] Kuhn, Herbert; Leis, Ulrich: Energieeinsparung in Bäckereien. In: Energie effizient nutzen – Schwerpunkt Strom - Modellvorhaben und Fachartikel. Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe 1999
- [4] Ruppelt, E.; Bahr, M.: Grundlagen der Drucklufttechnik. In: Pumpen und Kompressoren aus Deutschland 1999 mit Druckluft und Vakuumtechnik. S. 108 – 113

# **Spezifische Energiekennzahlen zur Optimierung einzelner Produktionsprozesse und Produktionsbetriebe in der Fleischverarbeitenden Industrie**

**Dr. Stefan Blüm, Energieconsulting Heidelberg GmbH**

## **1 Einleitung**

Energiekennzahlen charakterisieren Prozesse, Anlagen oder ganze Betriebe hinsichtlich ihres spezifischen Energieeinsatzes im Verhältnis zu typischen Bezugsgrößen wie z.B. Produktionsmengen, Betriebsgröße oder Mitarbeiterzahl. Es gibt vielfältige Anwendungsmöglichkeiten beispielsweise im betrieblichen Energiemanagement und bei Kennzahlenvergleichen.

In diesem Beitrag werden spezifische Energiekennzahlen vorgestellt, die im Rahmen einer Studie zur „Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung“ erarbeitet wurden. In einem ausgewählten fleischverarbeitenden Betrieb sollen dabei als exemplarischer Standort die Möglichkeiten untersucht werden, die zur CO<sub>2</sub> - Minderung in der fleischverarbeitenden Branche geeignet erscheinen.

## **2 Anwendungsmöglichkeiten**

Zur Bewertung werden produktbezogene spezifische Kennzahlen gebildet, die unterschiedlichen Zielen dienen:

- ⇒ energiebezogene Kostenkalkulation / Controlling, betriebsweit oder produkt(gruppen)-bezogen
- ⇒ Auswahlkriterien für unterschiedliche Prozesse oder Anlagen
- ⇒ Kontinuierlicher Verbesserung im Rahmen eines Energie- bzw. Umweltmanagementsystems
- ⇒ Aufdeckung von Potentialen zur Energie- und Kosteneinsparung sowie zur Minderung von CO<sub>2</sub> – Emissionen

Dazu werden die Kennzahlen in unterschiedlichen Methoden verwendet:

- ⇒ Querschnittsvergleich zwischen verschiedenen Betrieben oder Anlagen (Benchmarking)
- ⇒ Kennzahlvergleich zwischen verschiedenen Produkten / Produktionsverfahren
- ⇒ Analyse der Energiekennzahlen im zeitlichen Verlauf (Zeitreihenvergleich)

## **3 Datenermittlung**

Zur Ermittlung von Energiekennzahlen ist zunächst eine Erhebung der erforderlichen Daten notwendig. Dies geschieht je nach Ausgangslage durch

- ⇒ die Auswertung vorhandener Daten und Aufzeichnungen (Verbrauchsabrechnungen, interne Aufzeichnungen, Daten von Energiezählern, Betriebsstundenzählern...)
- ⇒ die Erfassung von technischen und Betriebsdaten von wesentlichen Verbrauchern/ Verbrauchergruppen (Leistungs- und Medienverbrauchsdaten, Nutzungszeiten, Auslastung...)
- ⇒ Messungen (elektrische Leistung, Temperaturen, Drücke, Wärme-/Durchflussmengen, Betriebszeiten...)

Für die Studie wurde in dem untersuchten Betrieb zunächst in einer Energie-Nutzungs-Analyse die derzeitige betriebliche Situation hinsichtlich Energiebezug, -umwandlung und -verbrauch erfaßt. Dazu wurden Bezugsabrechnungen und betriebsinterne Aufzeichnungen von Zählerablesungen ausgewertet, die Leistungsaufnahme und Betriebsdauer von wesentlichen Verbrauchern / Verbrauchergruppen aufgenommen und verschiedene Messungen durchgeführt.

### **3.1 Ist-Analyse: Betriebliche Daten, Energiebezug**

Der untersuchte Betrieb ist ein fleischverarbeitender Betrieb mit einer Produktionsmenge von ca. 8.200 Tonnen in den Hauptproduktsparten Brühwurst, Kochwurst, Rohwurst und Fleischwaren.

Der Energiebezug des Betriebes ist charakterisiert durch einen jährlichen Erdgaseinsatz von rund 9.000 MWh<sub>H<sub>0</sub></sub>/a und einen Strombezug von etwa 3.700 MWh/a.

### **3.2 Energieabnehmer und Energieverbrauch**

Die Wärmeversorgung erfolgt aus drei unterschiedlichen Wärmequellen: einer Wärmerückgewinnung aus der Verbund-Kälteanlage, einem Gas-Blockheizkraftwerk (BHKW) und einem gasbefeuerten Dampfkessel. Von der jährlich bezogenen Gasmenge wurden 43% im BHKW und 57% im Dampfkessel verfeuert.

Die Wärmeabnehmer sind Raumheizung, Trinkwassererwärmung und vor allem Prozesswärme in Form von Dampf. Der jährliche Wärmebedarf für Raumheizung beträgt rund 3.750 MWh/a. Davon sind auf Grund innerer Wärmegewinne aus den Produktionsprozessen lediglich rund 1.173 MWh/a durch die Warmwasserheizung aufzubringen. Die Warmwasserbereitung erfordert eine jährliche Wärmemenge von 1.220 MWh/a. Die Gesamtheit der Produktionseinrichtungen schließlich ist die größte Wärmeverbrauchergruppe des Betriebs. Die für Prozesswärme aufgewendete Wärmemenge beträgt jährlich 4.006 MWh/a in Form von Dampf auf drei unterschiedlichen Druck/Temperaturniveaus.

Im Jahr 1999 wurden 3.709 MWh Strom bei einer Maximalleistung von 937 kW bezogen. Darüber hinaus wurden durch das Blockheizkraftwerk weitere 1.120 MWh Elektrizität erzeugt. Damit ergibt sich ein gesamter elektrischer Energieverbrauch 4.829 MWh, die sich auf die verschiedenen Strom-Anwendungen verteilt (Beispiele: zentrale Versorgungseinrichtungen wie Verbundkälteanlage, Raumluftechnische Anlagen, Beleuchtung, Druckluft-Kompressoren, Pumpen etc; Produktionsanlagen wie Fleischwölfe, Kutter, Wurstfüllmaschinen, elektrische Heizeinrichtungen, Verpackungsmaschinen; Hilfseinrichtungen wie Vakuumpumpen Kistentransportanlage, Elektrowerkzeuge, Bürogeräte etc.)

Der Betrieb hat einen jährlichen Wasserverbrauch von ca. 60.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser, davon sind rund 21.000 m<sup>3</sup> Warmwasser.

## 4 Auswertung der Energiekennzahlen

Energiekennzahlen dienen als Maßstab für die Energieeffizienz eines Betriebes, einer Anlage oder eines Prozesses sowie als Hilfsmittel zu deren energetischen Bewertung. Je nach betrachtetem Aspekt und Detaillierungsgrad sind unterschiedliche Ausgangsdaten und Bezugsgrößen sinnvoll. Auf Basis der Erhebung wurden spezifische Energiekennzahlen gebildet, um dies zu veranschaulichen.

### 4.1 Energiebezug Gesamtbetrieb

Um eine Vergleichbarkeit unterschiedlicher Betriebe bzw. Standorte zu gewährleisten, sind eher allgemeine und zusammenfassende Größen geeignet. Hierzu zählen beispielsweise die gesamte jährliche Energiebezugsmenge, bezogen auf die Betriebsgröße oder die jährliche Gesamtproduktionsmenge.

Energiebezugsmenge			Energiebezugsmenge bezogen auf...			
	Absolut		Nutzfläche 16.970 m <sup>2</sup>		Produktionsmenge 8.188 t/a	
Gasbezug	8.038	MWh/a	474	KWh/m <sup>2</sup> a	982	kWh/t
Strombezug	3.709	MWh/a	219	KWh/m <sup>2</sup> a	453	kWh/t

Diese Kennzahlen berücksichtigen die gesamte Energieumwandlungskette, schließen also die internen Energiewandler (BHKW !) mit ein. Die Kennzahl repräsentiert damit einen energetischen „Gesamtwirkungsgrad“, ein Verhältnis zwischen Aufwand und erreichtem Ergebnis des Gesamtbetriebes. Damit ist sie geeignet für einen Vergleich mit anderen Betrieben auf der Ebene des Primärenergieverbrauchs, der Energiebezugskosten und der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

### 4.2 Energieverbrauch der Produktionsanlagen

Wenn dagegen die energetische Effizienz der Produktionsanlagen bewertet werden soll, so ist die verbrauchte Nutzenergie als Bezugsgröße aussagefähiger. Auf diese Weise ergeben sich die Kennzahlen in untenstehender Tabelle.

Verbrauchsmenge			Verbrauchsmenge bezogen auf...			
	absolut		Nutzfläche 16.970 m <sup>2</sup>		Produktionsmenge 8.188 t/a	
Wärmeverbrauch	6.398	MWh/a	377	kWh/m <sup>2</sup> a	781	kWh/t
Stromverbrauch	4.829	MWh/a	285	kWh/m <sup>2</sup> a	590	kWh/t

Zum Vergleich innerhalb der Branche werden von der Wirtschaftskammer Oberösterreich werden aus einer Branchenerhebung die unten stehenden spezifischen Energieverbrauchswerte (als Bandbreite über die untersuchten Betriebe) angegeben<sup>1</sup> :

<sup>1</sup> nach „Energiekennzahlen und –sparpotentiale für Fleischerbetriebe“, Wirtschaftskammer Oberösterreich, Linz, Juli 1996

Verbrauchsmenge	Verbrauchsmenge bezogen auf die eingesetzte Fleischmenge			
	Minimal	Mittelwert	Maximal	
Wärmeverbrauch	360	730	1.230	kWh/t
Stromverbrauch	210	450	640	kWh/t

Der Kennzahlenvergleich zeigt für den Wärmeverbrauch einen Wert leicht über dem Branchenmittel, beim Strom im oberen Bereich der Bandbreite. Dies kann durch den höheren Mechanisierungsgrad im hier untersuchten Betrieb erklärt werden, der auch in o.a. Untersuchung bei den größeren Betrieben festgestellt wurde. Anzumerken ist hier, dass die Branchenerhebung sehr unterschiedliche Betriebsgrößen und –Arten untersuchte (auch sehr kleine Betriebe, auch Schlachtbetriebe). Vor diesem Hintergrund sollte der Kennzahlenvergleich nicht überbewertet werden. Generell muss also bei Kennzahlenvergleichen die Vergleichbarkeit der Basisdaten beachtet werden.

#### 4.3 Spezifischer Stromverbrauch einzelner Anlagen

Auf einem tieferen Detaillierungsgrad dienen Kennzahlen beispielsweise der Ermittlung produktspezifischer Energiekosten, die eine präzisere Kostenkalkulation ermöglichen. Als Beispiel dient hier der gemessene produktspezifische Stromverbrauch beim Zerkleinern des Fleisches zu Wurstbrät im Kutter.

Produkt	Spezifischer Stromverbrauch Kutter		Stromkostenanteil Kutter <sup>2</sup>
	Untersuchter Betrieb	Vergleichswert <sup>1</sup>	
Leberkäs	34,4 kWh / t	35 kWh / t	4,13 DM/t
Weißwurst	27,2 kWh / t	36 kWh / t	3,26 DM/t
Salami	14,0 kWh / t	19 kWh / t	1,68 DM/t

Der Vergleich mit entsprechenden Kennwerte aus der Literatur zeigt etwas geringere Verbrauchskennwerte im untersuchten Betrieb. Hier sind also keine gravierenden Schwachstellen zu vermuten.

#### 4.4 Alternative Prozesse

Zum Vergleich unterschiedlicher Produktionsverfahren können ebenfalls Energiekennzahlen nützliche Kriterien liefern. Als Beispiel sei hier der Einsatz alternativer Energieformen beim Backen von Leberkäs in sogenannten Kombikammern genannt. Diese Kammern können sowohl mit elektrischen als auch mit Dampfregistern beheizt werden.

Ein Vergleich des derzeit eingesetzten Produktionsprogramms mit einer Variante, bei die elektrische Heizung teilweise durch Dampfheizung ersetzt wird, ergibt folgende Tabelle:

<sup>1</sup> nach: M. Kubessa(Hrsg.): „Energiekennwerte“, Brandenburgische Energiespar-Agentur (BEA), Potsdam, 1998  
<sup>2</sup> angenommener Strompreis 0,12 DM/kWh

	Verfahren 1		Verfahren 2	
	Verbrauch	Kosten <sup>1</sup>	Verbrauch	Kosten
Dampf	255 kWh/t	10,20 DM/t	382 kWh/t	15,28 DM/t
Strom	322 kWh/t	38,64 DM/t	207 kWh/t	24,84 DM/t
<b>gesamt</b>	-	<b>48,84 DM/t</b>	-	<b>40,12 DM/t</b>

Auch hier sind wieder (analog zum Kutter) spezifische Energiekostenbeiträge (Strom und Gas) dem Produkt zuzuordnen. Durch Summierung aller dieser Kostenbeiträge lassen sich besonders energieintensive Produkte identifizieren und entsprechend kalkulieren.

#### 4.5 Umweltgrößen

Auf ähnliche Weise wie die Kosten lassen sich auch umweltrelevante Größen wie die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Betriebes untersuchen. Zur Bewertung der Energieverbrauchswerte dient wiederum ein Satz von anderen Kennzahlen, nämlich der spezifischen Emissionen pro Energieverbrauchsmenge.

In untenstehender Tabelle sind diese Werte für die verschiedene Energieträger angegeben:

Energieträger	Spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionen
Erdgas (H <sub>u</sub> )	0,200 kg/kWh
Flüssiggas (H <sub>u</sub> )	0,233 kg/kWh
Heizöl EL (H <sub>u</sub> )	0,260 kg/kWh
Strom (Strommix bundesdeutscher Kraftwerksbestand)	0,590 kg/kWh
Strom (Strommix Bayern)	0,167 kg/kWh

Damit stellt sich der Vergleich der beiden oben angeführten Produktionsvarianten für die Emissionen wie folgt dar:

	Verfahren 1		Verfahren 2	
	Verbrauch	Spez. Emissionen	Verbrauch	Spez. Emissionen
Dampf <sup>2</sup>	255 kWh/t	56,7 kg/t	382 kWh/t	84,9 kg/t
Strom <sup>3</sup>	322 kWh/t	190,0 kg/t	207 kWh/t	122,1 kg/t
<b>gesamt</b>	-	<b>246,7 kg/t</b>	-	<b>207,0 kg/t</b>

<sup>1</sup> angenommener Strompreis 0,12 DM/kWh; angenommener Dampfpriess 0,04 DM/kWh

<sup>2</sup> spezifische Emissionen Dampf errechnet aus den spez. Emissionen Erdgas und einem angenommenen Jahresnutzungsgrad des Kessels von 90%

<sup>3</sup> bewertet mit spezifischen Emissionen aus Bundesmix

Somit ist sowohl im Hinblick auf die Energiekosten (s.o.) als auch auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen das zweite Verfahren zu bevorzugen, wenn nicht andere Gründe (Produktqualität, Betriebsabläufe...) dagegensprechen.

Auch im Rahmen eines Umweltmanagementsystems sind solche Kennzahlen (neben dem Vergleich zu anderen Betrieben) geeignet, die spezifischen Emissionen des Betriebes bzw. einzelner Bereiche oder Anlagen in ihrer zeitliche Entwicklung zu verfolgen und zu steuern durch die Vorgabe von Zielwerten für zukünftige Perioden (Controlling). Für den untersuchten Betrieb stellt sich die Gesamtbilanz für das Bezugsjahr wie folgt dar:

Energieträger	Energiebezug		Energiekosten <sup>1</sup>		CO <sub>2</sub> -Emissionen...			
					..mit Bundesmix		..mit bayerischem Strommix	
	gesamt MWh/a	spez. MWh/t	gesamt TDM/a	spez. DM/t	gesamt t <sub>CO2</sub> /a	spez. t <sub>CO2</sub> /t	gesamt t <sub>CO2</sub> /a	spez. t <sub>CO2</sub> /t
Strom	3.709	0,453	445	543	2.188	0,267	619	0,076
Erdgas Hu	8.038	0,982	289	353	1.608	0,196	1.608	0,196
<b>Summe</b>	-	-	<b>734</b>	<b>896</b>	<b>3.796</b>	<b>0,463</b>	<b>2.227</b>	<b>0,272</b>

## 5 Zusammenfassung

Energiekennzahlen haben vielfältige Einsatzmöglichkeiten im betrieblichen Energie-, Umwelt- und Kostenmanagement auf unterschiedlichen Ebenen vom Gesamtkonzern bis zu einzelnen Anlagen oder Prozessen.

Vorteilhafte Anwendungen reichen von der Energie-Kostenkalkulation und Controlling über Bewertungskriterien für Prozesse und Anlagen bis zum Einsatz im im Rahmen eines Energie- bzw. Umweltmanagementsystems und der Aufdeckung von Potentialen zur Energie-, Kosten- und Emissionsminderung.

**Am Beispiel eines untersuchten Betriebs der fleischverarbeitenden Industrie werden einige Methoden und Anwendungsfälle mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad vorgestellt.**

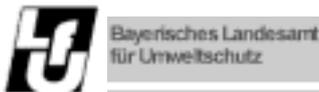
---

<sup>1</sup> angenommener Strompreis 0,12 DM/kWh; angenommener Gaspreis 0,036 DM/kWh

## Energiekennzahlen

### Spezifische Energiekennzahlen zur Optimierung einzelner Produktionsprozesse und Produktionsbetriebe in der Fleischverarbeitenden Industrie

- > Projekt: Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung in der Lebensmittelindustrie
- > Betrieb : Lutz Fleischwaren AG, Betrieb Landsberg



## Inhalt

- > Einleitung
- > Anwendungsmöglichkeiten
- > Methodik
- > Kennzahlen-Auswertung
- > Zusammenfassung



## Anwendungsmöglichkeiten

### **Anwendungsmöglichkeiten von Energiekennzahlen:**

- > energiebezogene Kostenkalkulation / Controlling, betriebsweit oder produkt(gruppen)bezogen
- > Auswahlkriterien für unterschiedliche Prozesse oder Anlagen
- > Kontinuierlicher Verbesserung im Rahmen eines Energie- bzw. Umweltmanagementsystems
- > Aufdeckung von Potentialen zur Energie- und Kosten-einsparung sowie zur Minderung von CO<sub>2</sub> – Emissionen



## Methoden

### **Methoden der Verwendung von Energiekennzahlen**

- > Querschnittsvergleich zwischen verschiedenen Betrieben oder Anlagen (Benchmarking)
- > Kennzahlvergleich zwischen verschiedenen Produkten / Produktionsverfahren
- > Analyse der Energiekennzahlen im zeitlichen Verlauf (Zeitreihenvergleich)
- > Vergleich mit dem thermodynamischen Mindestenergieaufwand



## Vorgehensweise

### Vorgehen bei der Ermittlung von Energiekennzahlen

- > Auswahl geeigneter Basisdaten und Bezugsgrößen
  - Anwendungszweck
  - Detaillierungsgrad
- > Datenermittlung: Bestandsaufnahme der Ist-Situation
- > Kennzahlenbestimmung
- > Kennzahlen-Vergleich
  - Zeitreihen
  - Betriebsvergleich
  - Thermodynamischer Mindestenergiebedarf
- > Ableitung von Maßnahmen
- > Regelmäßiges Monitoring (z.B. Einbindung in Energie/Umweltmanagementsystem)



## Datenermittlung

- > Vorhandene Dokumente auswerten
  - Verbrauchsabrechnungen
  - Betriebsdatenerfassung, Zählerablesungen
  - Anlagendokumentation
- > Anlagenbestand erfassen
  - Leistungswerte
  - Betriebsdauer
- > Ergänzende Messungen durchführen
  - Elektrische Verbrauchergruppen
  - Wärmeverbrauch



## Betriebliche Daten und Energiebezug

- > Jährliche Produktionsmenge: 8.188 t/a
  - Produktgruppen:
    - Brühwurst
    - Kochwurst
    - Rohwurst
    - Fleischwaren
- > Nutzfläche: 16.970 m<sup>2</sup>
- > Strombezug: ca. 3.700 kWh/a
- > Gasbezug: ca. 9.000 kWh<sub>Ho</sub>/a



## Wärme

- > Wärmeerzeugung : ca. 6.400 MWh/a
  - Wärmerückgewinnung (WRG) aus Kälteanlage
  - Wärme aus Blockheizkraftwerk (BHKW)
  - Dampferzeuger mit Gasbrenner
- > Wärmeanwendung
  - Trinkwassererwärmung
    - Jährlicher Wasserverbrauch: 60.000 m<sup>3</sup> , davon
    - Warmwasserverbrauch 21.000 m<sup>3</sup>
  - Raumheizung
  - Prozesswärme / Dampf



## Kennzahlen Energiebezug

Energiebezugsmenge absolut		Spezifische Energiebezugsmenge bezogen auf...	
		Nutzfläche 16.970 m <sup>2</sup>	Produktionsmenge 8.188 t/a
Gasbezug	8.038 MWh/a	<b>474</b> kWh / m <sup>2</sup> a	<b>982</b> kWh/t
Strombezug	3.709 MWh/a	<b>219</b> kWh / m <sup>2</sup> a	<b>453</b> kWh/t
Wasserbezug	59.835 m <sup>3</sup> /a	<b>3,53</b> m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> a	<b>7,31</b> m <sup>3</sup> /t



## Kennzahlen Gesamtverbrauch

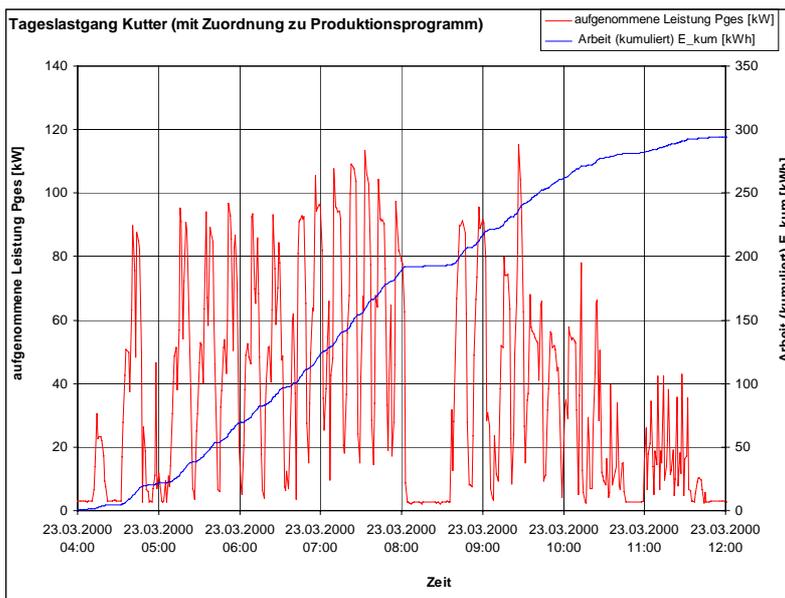
Verbrauchsmenge		Spezifische Energieverbrauchsmenge bezogen auf Produktionsmenge			
		Lutz Landsberg	Vergleichswerte		
			Min	<b>Mittel</b>	Max
Gas	6.398 MWh/a	<b>781</b> kWh/t	360	<b>730</b>	1230
Strom	4.829 MWh/a	<b>590</b> kWh/t	210	<b>450</b>	640
Wasser	59.835 m <sup>3</sup> /a	<b>7,31</b> m <sup>3</sup> /t	11,7	<b>16,5</b>	25,4
Warmwasser	21.000 m <sup>3</sup> /a	<b>2,56</b> m <sup>3</sup> /t	-	-	-



## Kennzahlen Einzelanlage: Kutter

Produkt	Spezifischer Stromverbrauch Kutter		Stromkostenanteil Kutter
	Untersuchter Betrieb	Vergleichswert	
Leberkäs	34,4 kWh / t	35 kWh / t	4,13 DM/t
Weißwurst	27,2 kWh / t	36 kWh / t	3,26 DM/t
Salami	14,0 kWh / t	19 kWh / t	1,68 DM/t

## Kutter, Tageslastgang



- > Zuordnung des Lastgangs zum Produktionsprogramm
- > Spitzenleistung 110 kW
- > Leerlaufleistung rund 3 kW

## Alternative Prozesse

Entscheidungskriterium für verschiedene Produktionsverfahren:

Backen von Leberkäs in der Rauch/Kochkammer

	Verfahren 1: Heizung mit Strom und Dampf gleichzeitig		Verfahren 2: Aufheizung mit Dampf oberer Temperaturbereich Strom	
	Verbrauch	Kosten <sup>1</sup>	Verbrauch	Kosten <sup>1</sup>
Dampf	255 kWh/t	10,20 DM/t	382 kWh/t	15,28 DM/t
Strom	322 kWh/t	38,64 DM/t	207 kWh/t	24,84 DM/t
<b>Gesamt</b>	-	<b>48,84 DM/t</b>	-	<b>40,12 DM/t</b>

<sup>1</sup> angenommener Strompreis 0,12 DM/kWh; angenommener Dampfpreis 0,04 DM/kWh

O|V|M|E|C|H  
CONSULTING ENGINEERS

## Alternative Prozesse

Backen von Leberkäs in der Rauch/Kochkammer

	Verfahren 1: Heizung mit Strom und Dampf gleichzeitig		Verfahren 2: Aufheizung mit Dampf oberer Temperaturbereich Strom	
	Verbrauch	CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>1</sup>	Verbrauch	CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>1</sup>
Dampf	255 kWh/t	6,7 kg/t	382 kWh/t	84,9 kg/t
Strom	322 kWh/t	190,0 kg/t	207 kWh/t	122,1 kg/t
<b>Gesamt</b>	-	<b>246,7 kg/t</b>	-	<b>207,0 kg/t</b>

<sup>1</sup> spezifische Emissionen Strom (Bundesmix) 0,59 kg/kWh;  
spezifische Emissionen Dampf errechnet aus den spez. Emissionen Erdgas 0,2 kg/kWh und einem  
angenommenen Jahresnutzungsgrad des Kessels von 90%

O|V|M|E|C|H  
CONSULTING ENGINEERS

## Vergleich mit Mindestenergieaufwand

### Backen von Leberkäs in der Rauch/Kochkammer

	Verfahren 1: Heizung mit Strom und Dampf gleichzeitig		Mindestenergieaufwand (nur Produkt - Erhitzung ) nur Dampf 10 bis 100°C nur Strom 100 bis 150°C	
	Verbrauch	Kosten	Verbrauch	Kosten
Dampf	255 kWh/t	10,20 DM/t	75 kWh/t	3,00 DM/t
Strom	322 kWh/t	38,64 DM/t	34 kWh/t	4,08 DM/t
<b>Gesamt</b>	-	<b>48,84 DM/t</b>	-	<b>7,08 DM/t</b>

## Energie- und CO<sub>2</sub>- Emissionsbilanzen

Energieträger	Energiebezug		CO <sub>2</sub> -Emissionen...			
	gesamt MWh/a	spezifisch MWh/t	...mit Bundesmix		...mit bayerischem Strommix	
			gesamt t CO <sub>2</sub> / a	spezifisch t CO <sub>2</sub> / t	gesamt t CO <sub>2</sub> / a	spezifisch t CO <sub>2</sub> / t
<b>Strom</b>	3.709	<b>0,453</b>	2.188	<b>0,267</b>	619	<b>0,076</b>
<b>Erdgas, Hu</b>	8.038	<b>0,982</b>	1.608	<b>0,196</b>	1.608	<b>0,196</b>
<b>Summe</b>	-	-	3.796	<b>0,463</b>	2.227	<b>0,272</b>

# Einführung eines betrieblichen Energiemanagements am Beispiel einer Molkerei

**Dipl. Ing. Ralf Szamer, TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb**

- 1 Zielsetzung und Aufgaben eines Energiemanagements
- 2 Voraussetzungen zur Einführung, Betriebsanalyse
- 3 Aufbau eines Energiemanagementsystems
- 4 Energie-Optimierungspotentiale in Molkereien

## 1 Zielsetzung und Aufgabenstellung von Energiemanagementsystemen

Ziel eines modernen Energie-Managements ist es, einen rationellen, ressourcenschonenden und wirtschaftlichen Betrieb von Prozessen, Anlagen sowie den zugehörigen baulichen Anlagen zu erreichen. Dies ist möglich durch eine systematische Senkung der gesamten Betriebskosten, an denen energierelevante Kosten direkt oder indirekt beteiligt sind.

Handlungsfelder eines Energiemanagements im Unternehmen sind:

Energie-Bezug
Energieumwandlung und -bereitstellung (Dampf, Wärme, Kälte, Strom, Druckluft)
Energieverteilung im Betriebssystem
Energieanwendung in der Produktion und in den Hilfs- und Nebenbereichen
Energierückgewinnung und ggfs. -verkauf

Um die Aufgaben eines Energiemanagements zu erfüllen, sind einige Voraussetzungen notwendig, z. B.

- Kenntnis des Zustands der Versorgungseinrichtungen und den Verbrauch wesentlicher Produktionsanlagen
- eine angepasste Meßtechnik für eine kontinuierliche Erfassung von Energieverbräuchen und Leistungsansprüchen
- eine möglichst automatische Meßdatenerfassung
- Fachkräfte für das Energiecontrolling sowie für die betriebstechnische Optimierung des Energie- und Medienverbrauchs
- Sach- und Finanzmittel zur Einführung und Umsetzung eines Energiemanagements.

## 2 Voraussetzungen zur Einführung eines Energiemanagements

Der erste Schritt zum effizienten Energiemanagement ist eine ausführliche Betriebsanalyse.

Im Rahmen eines Auftrags des Bayerischen Landesamts für Umweltschutz wurden energie-technische Untersuchungen für einen milchverarbeitenden Betrieb durchgeführt. Die Arbeitsschritte sind in Bild 1 dargestellt:

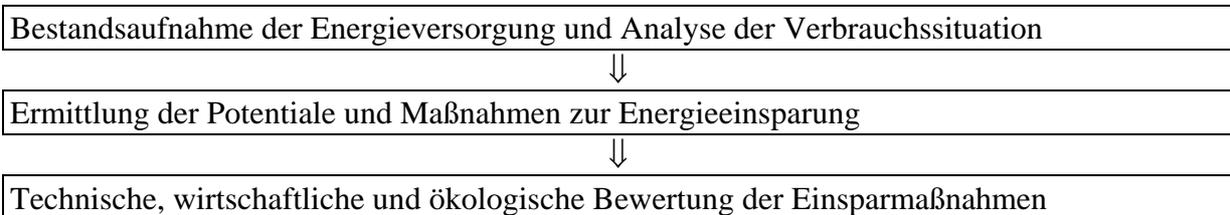


Bild 1 Vorgehensweise bei der Erstellung einer Energieanalyse

Im Rahmen einer Bestandsaufnahme wurde anhand von Daten, Unterlagen und Plänen der Energie- und Medienbedarf für die Produktion in einer typischen Molkerei ausgewertet. Der Gesamtenergieverbrauch (Brennstoff, Strom), aber auch typische Lastgänge, wurden analysiert. Als Referenzjahr für die Produktion und den Energieverbrauch wurde das Jahr 1999 herangezogen.

Der Zustand der Versorgungseinrichtungen und der Produktionsanlagen wurde im Rahmen von Betriebsbegehungen bewertet. Um den spezifischen Energiebedarf für die wichtigsten Produktgruppen zu ermitteln, wurde ein Meßprogramm durchgeführt.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Ist-Analyse ließen sich Maßnahmen zur Energieeinsparung und Bedarfsoptimierung ableiten und aus technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Sicht bewerten.

### 2.1 Anlagen zur Energieerzeugung und Medienversorgung

Als Energieträger werden im Betrieb Erdgas und Strom eingesetzt. Für den Produktionsprozeß werden als Versorgungsmedien benötigt:

- Dampf
- Kalt- und Warmwasser
- Druckluft
- Kälte

Zur Wärmeerzeugung wird ein mit Erdgas gefeuerter Hochdruck-Dampfkessel eingesetzt. Der erzeugte Dampf wird über eine zentrale Dampfschiene den einzelnen Verbrauchern zugeführt. Das anfallende Kondensat wird größtenteils zurückgeführt. Warmwasser wird durch Wärmetauscher erzeugt, für die Erwärmung von kleineren Mengen Wasser wird ein Warmwasserboiler verwendet. Die Beheizung der Produktions- und Verwaltungsräume geschieht mit Elektroheizern.

Die Stromeinspeisung erfolgt auf Mittelspannungsebene, die weitere Verteilung im Betrieb erfolgt über Niederspannungs-Hauptverteilungen (0,4 kV - Ebene).

Zu den Hauptstromverbrauchern zählen

- die Fertigungsanlagen
- die Verpackungsanlagen
- die Kälteanlagen zur Eiswassererzeugung und Kühlung
- die Druckluftherzeugung
- sonstige Verbraucher (Pumpen, Antriebe etc.)

Im Molkereibetrieb ist es wichtig, die Milch nach dem Pasteurisieren möglichst schnell wieder auf ca. +4°C abzukühlen, damit die Keimfreiheit erhalten bleibt. Auch zur Joghurtbereitung (Abkühlung des Joghurts nach Glasabfüllung im Kühl tunnel), für die Butterungsanlage und zur Schlagrahmkühlung wird Kälte benötigt. Hierzu werden Plattenkühler eingesetzt, die über ein zentrales Rohrleitungssystem versorgt werden. Die Bereitung von Eiswasser und die Erzeugung von Kälte für die Reiferäume und Kühllager erfolgt in 3 Anlagen mit Kältekompressoren. Als Kältemittel wird Ammoniak (NH<sub>3</sub>) verwendet.

Druckluft wird im Produktionsprozeß, zur Verpackung, aber auch zur Luftbeaufschlagung von Milchbehältern benötigt. Aus hygienischen Gründen bestehen spezifische Anforderungen an die Luftqualität. Die Sterilität der Luft wird vor den Tanks mit Ultrafiltern sichergestellt. Die Druckluftherzeugung geschieht zentral über 3 Kompressoren, die luftgekühlt sind.

## 2.2 Produktionsanlagen

Die Betriebsbereiche der Molkerei lassen sich wie folgt einteilen:

- Lagerbehälter für Rohmilch, Rohrahm, Kesselmilch, Frischmilch, Mixgetränke, Buttermilch, Molke, Joghurt etc.
- Maschinenraum mit Milchannahme und Milchbehandlung. Prozeßschritte für die Milchbehandlung sind dabei:
  - Kühlung (über Plattenkühler)
  - Hitzebehandlung/Pasteurisierung
  - Separation
  - Bactofugation (Zentrifugalentkeimung)
  - Homogenisierung
- Milch- und Joghurtabfüllung in verschiedenen Gebinden (Glas, Tüte, Becher, Eimer)
- Butterei mit Butterfertiger
- Rahmherstellung
- Käseerei mit Käsefertiger und Reiferäumen
- Verpackungs- und Reinigungsanlagen
- Lager- und Kühlräume

## 2.3 Analyse des Energieverbrauchs

Die Analyse des Wärme- und Stromverbrauchs und die Ergebnisse von Messungen, die im Februar 2000 zur Ermittlung des spezifischen Energiebedarfs für die wichtigsten Produktgruppen durchgeführt wurden, führte zu dem in Bild 3 dargestellten Energieflußdiagramm.

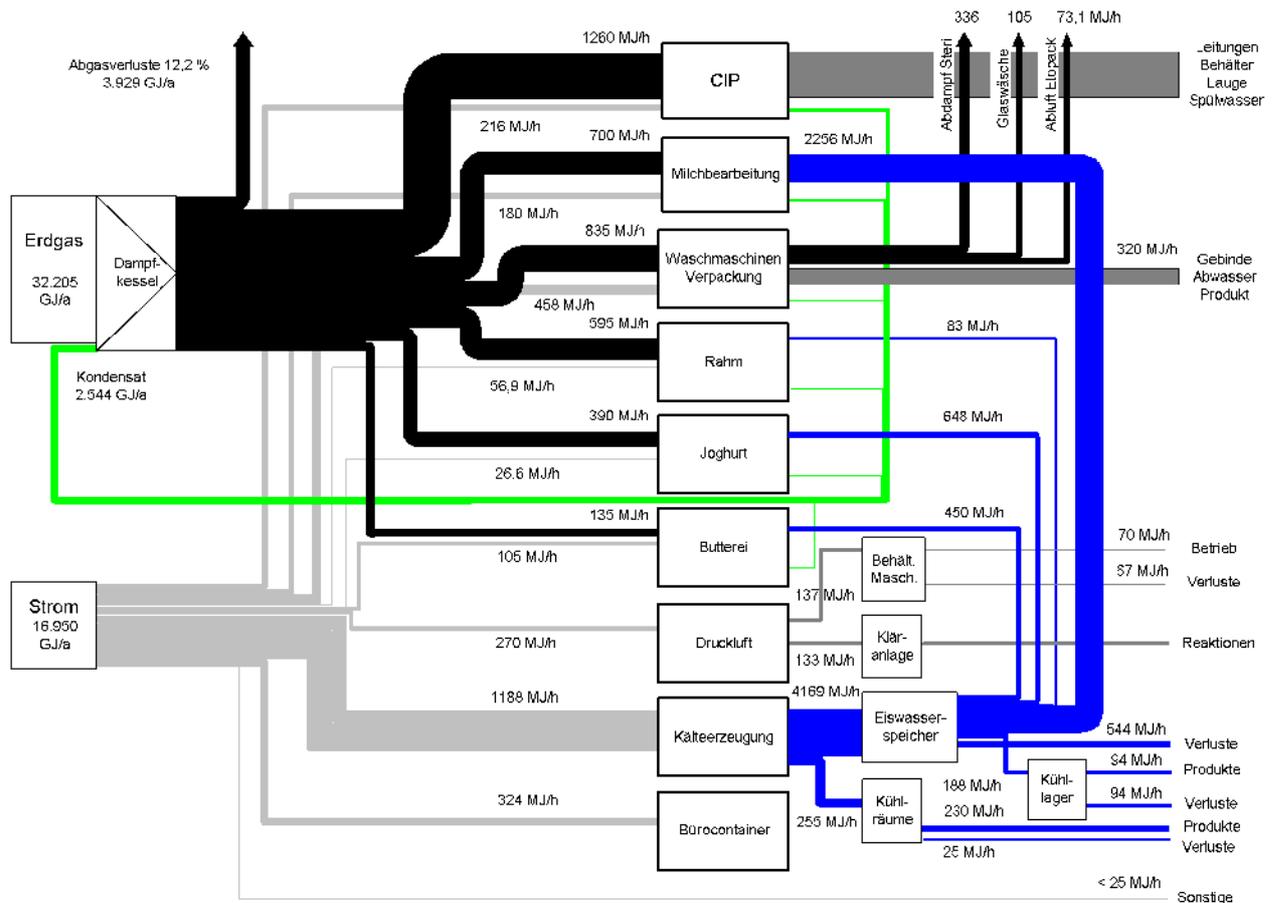


Bild 3: Energieflußdiagramm

Der Energiebedarf bei der Milchverarbeitung hängt von folgenden Faktoren ab:

- Der verarbeiteten Menge Rohmilch, wobei die Konsistenz (Fettanteil) und die jahreszeitlich schwankende Temperatur der angelieferten Rohmilch für den Energiebedarf eine Rolle spielen.
- Den hergestellten Produkten, d. h. dem Anteil von Konsum- und Milchlischerzeugnissen, Käse, Yoghurt und Butter an der Gesamtproduktion.
- Den saisonal unterschiedlichen Außentemperaturen, die u. a. Einflüsse auf die Abkühlung des für Reinigungsvorgänge verwendeten Warmwassers und auf die Wirkungsgrade der Energieerzeugungsanlagen haben.

### 3 Aufbau eines Energiemanagementsystems

Die Energieverbräuche und -kosten für Gas und Strom werden von der Betriebsleitung der Molkerei monatlich erfasst und bewertet. Eine kontinuierliche Ermittlung der Energieverbrauchsmengen und -kosten für einzelne Produktionsschritte der Milchverarbeitung sowie relevanter Lastverläufe ist mit den derzeit im Betrieb vorhandenen Erfassungs- und Meßeinrichtungen allerdings nicht machbar.

Der Betrieb hat bereits ein Qualitäts- (QM) und Umweltmanagementsystem (UM) eingeführt. Aufgrund der engen Verknüpfung zu den Leitlinien sowie zu einigen Elementen des QM-/UM- Managementsystems läßt sich ein Energiemanagement aufbauen, das eine Transparenz des Energieverbrauchs schafft und im Sinne einer Optimierung von Mengen und Kosten den künftigen Ressourcenverbrauch wesentlich beeinflussen kann.

Neben organisatorischen Maßnahmen zum Energiemanagement müssen die technischen Voraussetzungen mit der Installation von Verbrauchsmesseinrichtungen für Strom, Dampf, Warmwasser und Eiswasser an den Verbrauchsschwerpunkten sowie für eine Meßdatenerfassung geschaffen werden.

In der Tabelle 1 sind die zur Erfassung des Energieverbrauchs einer Molkerei wichtigen Meßstellen aufgelistet.

Tabelle 1: Meßwerterfassung für ein Energiemanagementsystem

<b><i>Strom- und Wärmeverbrauch:</i></b>	
Gesamtbetrieb	Gesamtproduktion
Verwaltung	Gesamtverbrauch
<b>Anlagen zur Energieerzeugung und Medienversorgung</b>	
Druckluft	Separate Erfassung des Stromverbrauchs aller Kompressoren
Druckluft	Erfassung der Vollast- und Teillastbetriebstunden
Kälteanlagen	Separate Erfassung des Stromverbrauchs aller Kompressoren
<b>Produktionsanlagen</b>	
Lagerung	Abteilung
Milchannahme und Milchbehandlung	Abteilung sowie evtl. separate Erfassung der Separatoren und Bactofugen
Butterei	Abteilung
Milchabfüllung	Abteilung
Joghurtabfüllung	Abteilung
Rahmherstellung	Abteilung
Käserei	Abteilung
CIP-Anlagen	Gesamte Anlage
Glaswaschmaschine	Anlage
Eimerwaschmaschine	Anlage

In einem weiteren Schritt ist festzulegen, wie häufig die Meßwerte aufgenommen werden sollen.

Eine manuelle Erfassung von Meßwerten entspricht nicht mehr dem Stand der Technik, führt zu einer deutlich eingeschränkten Datenerfassung und ermöglicht keinen sofortigen Eingriff bei Störungen.

Eine automatische Erfassung der Meßstellen ermöglicht eine kontinuierliche Meßdatenaufnahme. Das erleichtert die Schwachstellenanalyse und Optimierung der Hauptverbraucher. Die Erfassung des Wärme- bzw. Kältebedarfes (Dampfverbrauch, Warmwasserbedarf, Eiswasserbedarf) einzelner Verbraucher ist ebenfalls nur sinnvoll, wenn eine kontinuierliche Meßwertaufnahme des Durchflusses und der Temperaturen erfolgt.

Den Energieverbrauchswerten sind jeweils die relevanten Produktdurchsätze, z.B. in Liter Rohmilch, zuzuordnen. Zusätzlich zu den produktionsinternen Meßwerten sollte der Außenluftzustand regelmäßig festgehalten werden.

### 3.1 Automatisches Meßdatenmanagement - Energiemanagementsystem (EMS)

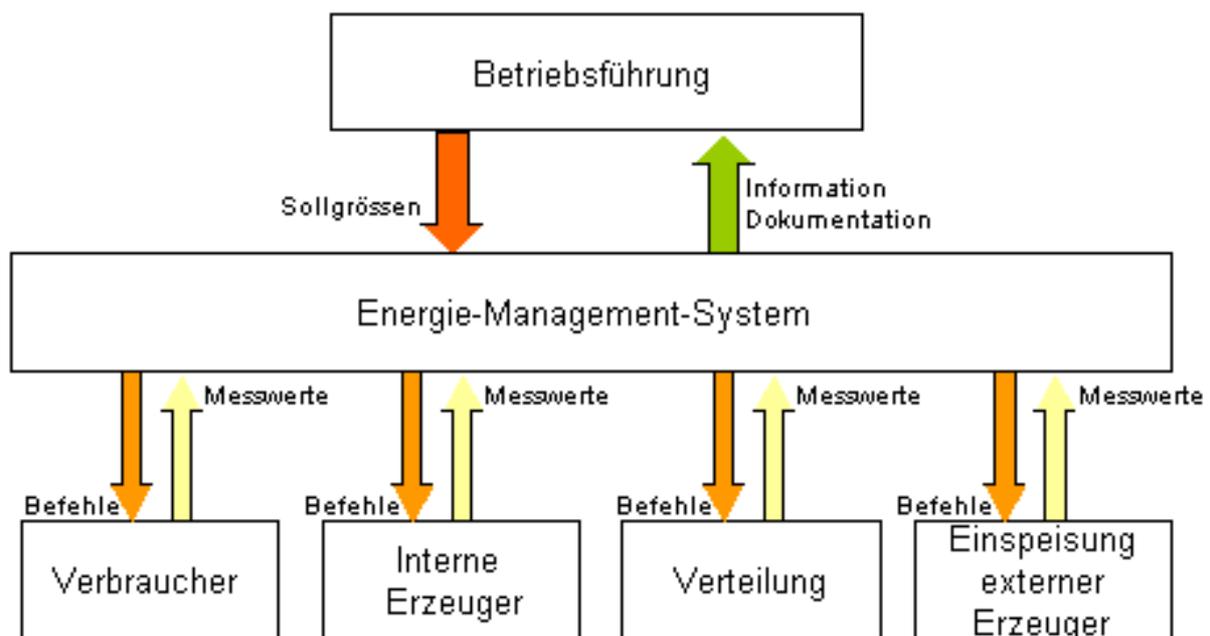
Der Begriff Energiemanagementsystem wird in der Industrie auch für automatische Meßdatensysteme verwendet. Ein EMS ist ein elektronisches Regelungs- und Überwachungssystem, das Daten zwischen Regelungseinheiten und einem Bedienterminal austauscht. Das System kann Anwendungen in allen Bereichen der Gebäude- und Prozeßautomation bzw. der Management-Funktionen beinhalten.

Es besteht in der Regel aus einer übergeordneten Zentraleinheit mit Peripheriegeräten und aus kommunikationsfähigen DDC-Unterstationen (Direct Digital Control). Alle dezentralen DDC Unterstationen können autark die Anlagen überwachen, regeln, steuern und auch teilweise optimieren. Die Zentrale übernimmt übergeordnete Funktionen wie Protokollieren, Auswerten und Verarbeiten und ermöglicht damit die Realisierung von Management-Aufgaben wie z.B.

- Erstellen von Statistiken und Bilanzen
- Auswerten und Archivieren von Daten
- Ausgabe von Anweisungen zur Störungsbeseitigung und zur Instandhaltung bzw. Wartung

Das Einsparpotential durch Energiemanagementsysteme liegt in der Regel zwischen 5-15 % des Jahresenergieverbrauches. Bild 4 zeigt die prinzipielle Funktionsweise eines EMS.

Bild 4: Aufbau eines Energiemanagementsystems



Folgende Funktionen können durch Energiemanagementsysteme realisiert werden:

- Zentrale Betriebsübersicht
- Langzeitregistrierung von Meß-, Stell-, Zähl-, Betriebsstunden- und Digitalwerten in einem System mit nicht ständig geschalteten Verbindungen
- Überwachung der Energieverbräuche und Aufdeckung von Schwachstellen
- Bildung von Kennzahlen für Statistik und Benchmarking
- Ermittlung von Leckagen
- Aufdeckung von freien Kapazitäten
- Überwachung und Optimierung von Leistungsspitzen
- Erfassung und Nachverfolgung von Energiekosten.
- Regelung und Steuerung der Energiezufuhr der Anlagen
  - Anlagen-Fernbedienung
  - Zeitschaltprogramme
  - Regelung in Abhängigkeit von der Außentemperatur
  - Möglichkeit der Totalausschaltung (z.B. während Produktionspausen)
  - Restwärmeoptimierung mit gleitenden Ein- und Ausschaltzeitpunktenentsprechend eines Produktionsplanes
- Regelung und Optimierung z.B. der Wärmeerzeugung
  - Regelung der Wärmeabnahme mit Begrenzung der Rücklaufemperatur
  - Wirkungsgradoptimierung durch lastabhängige Sequenzschaltung mehrerer Wärmeerzeuger
- Wartungs- und Instandhaltungsmanagement
  - Betriebsstundenerfassung von Wärmeerzeugern, Kompressoren, Antriebe
  - Wartungsintervalle und -vorschriften für betriebstechnische Anlagen

### **3.2 Energiedatenerfassung**

Eine automatische Energiedatenerfassung kann an den einzelnen Meßstellen durch Zählvorrichtungen erfolgen. Der einfachste Fall zur Integration eines EMS liegt vor, wenn bereits Zähler mit einem Impulsausgang existieren. Wo dies nicht der Fall ist, müssen geeignete Meßwertaufnehmer neu installiert bzw. nachgerüstet werden. Hierfür gibt es verschiedene Varianten:

- Erfassung von Zählerscheibenumdrehungen mit opto-elektronischen Meßwertaufnehmern
- Neuinstallation elektronischer Zähler mit Impulsausgang
- Datenübernahme von vorhandenen Meßumformern
- Erfassung von analogen Meßgrößenaufnehmern.

### **3.3 Aufzeichnung der Energieverbrauchsdaten**

Die Meßdaten werden in dezentralen Datenerfassungsgeräten elektronisch aufgezeichnet. Die Datenerfassungssysteme sind in der Regel modular aufgebaut und damit sowohl lokal als auch dezentral erweiterungsfähig.

Für die Auswahl einer Datenerfassungs-Hardware sind folgende Kriterien von Bedeutung:

- maximal realisierbare Anzahl von erfaßbaren Meßstellen und Datenpunkten
- Verteilungsgrad der Meßstellen über das Betriebsgelände
- Passive Energiedatenerfassung oder aktive Regelung (Optimierung)

Neben fest installierten Datenerfassungsgeräten werden auch mobile Geräte angeboten. Diese Geräte eignen sich für Referenzmessungen an unterschiedlichen Zählern zur punktuellen Überprüfung des Energieverbrauchs bzw. der Lastgänge.

### **3.4 Software zur Energiedatenauswertung, Regelung und Steuerung**

Die Softwarepakete basieren in der Regel auf einer relationalen Datenbank, die die Daten sämtlicher Energie- und Stoffströme (Strom, Wasser, Gas, Druckluft) oder auch Kosteninformationen enthält. Sie sind modular aufgebaut und beinhalten mehrere Bausteine von der einfachen Erfassung und Auswertung manuell eingegebener Daten bis hin zu einer Online Visualisierung des Energieflusses, der Verwaltung und Analyse von Energietarifen, der permanenten Lastüberwachung und Trendvisualisierung oder der Meldung von Alarmen, Wartungsanforderungen etc. Energiemanagementsysteme mit Regelungs- und Steuerungsfunktionen ermöglichen das Schalten und Stellen von Informationspunkten.

Die Arbeit eines Benutzers, insbesondere die Analyse und Diagnose der Wechselwirkungen in den betriebstechnischen Anlagen sowie Reaktionen auf außergewöhnliche Betriebsbedingungen können durch eine grafische Aufbereitung der aktuellen System- und Anlagenzustände erheblich verbessert werden. Ein interaktives Grafiksystem bietet sowohl die farbige, vollgrafische und aktuelle Darstellung der Zustände und Vorgänge in den betriebstechnischen Anlagen als auch eine grafische Benutzeroberfläche für Benutzereingriffe. Meßwerte bzw. Zustände von Informationspunkten können auf verschiedene Arten dargestellt werden:

## **4 Energie-Optimierungspotentiale in Molkereien**

Im Rahmen der Betriebsanalyse hat sich gezeigt, daß eine Reihe von Einzelmaßnahmen zur Optimierung des Energieverbrauchs und zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in der Energieversorgung, aber auch in der Produktionstechnik bestehen.

Bei einer Realisierung von energietechnischen Verbesserungsmaßnahmen kann mit dem Energiemanagementsystem die Wirksamkeit überprüft werden (Verbrauchstrend) und weitere Einsparpotentiale identifiziert werden.

#### **4.1 Optimierungsmaßnahmen in der Versorgungstechnik**

Durch den Einsatz eines Economisers bei der Dampferzeugung kann ein Teil der Energie der Abgase zurückgewonnen und zur Speisewasservorwärmung genutzt werden. Mit der Abkühlung der Abgase im Economiser wird thermische Leistung zurückgewonnen.

Bei der Druckluftversorgung kann durch eine Druckspreizung im Netz das Druckniveau abgesenkt werden, so daß sich Verdichterarbeit einsparen läßt.

Durch eine verbesserte Wartung des Netzes und durch selbsttätig schließende Absperrarmaturen, die bei Stillstand einer Anlage diese vollständig vom Druckluftnetz trennen, sollte eine Reduzierung der Leckverluste erreicht werden.

Etwa 60 % des elektrischen Leistungsbedarfs der Kompressoren sind unter der Nutzung der Abwärme aus Kompressoröl und Kühlluft für Heizzwecke nutzbar.

Die nutzbare Abwärme steht in Form von auf 60°C bis 80°C erwärmten Wassers zur Verfügung.

Mit einer Optimierung der Kälteanlagen hinsichtlich Zustand und Wartung der Kondensatoren läßt sich Verdichterarbeit einsparen. Ferner ist durch die Erhöhung der Verdampfertemperatur um 2 K ist eine Einsparung möglich.

Bei einer großen Anzahl von Rohren zur Verteilung von Medien mit hoher (Dampf, Warmwasser) bzw. niedriger (Eiswasser) Temperatur war keine Wärmedämmung vorhanden, so dass Verluste durch Wärmeabgabe bzw. -aufnahme auftraten.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Betriebsanalyse und der durchgeführten Messungen wurden mittlerweile längere Rohrleitungsstrecken im Betrieb wärmeisoliert.

#### **4.2 Optimierungsmöglichkeiten in der Produktionstechnik**

Die Erwärmung des der Eimerwaschmaschine zur Spülung zugeführten Frischwassers erfolgt bisher mittels direkt in das Wasserbad eingeleiteten Dampf. Für die Erwärmung des Wasserbades kann der Abdampfstrom der Deckelsterilisation verwendet werden.

Die in einem Wärmeübertrager nutzbare Leistung kann die gesamte in der Eimerwaschmaschine erforderliche Wärmemenge abdecken.

Bei der Glaswaschmaschine lassen sich durch den Einsatz eines Rekuperators, in dem die Wärme der Spritzlauge auf die letzte Vorweichzone vor dem Hauptlaugenbad übertragen wird, ca. 20 % der Wärmeenergie einsparen. Wird neben der vorhandenen Wärmedämmung des Laugenbades eine Volldämmung der Maschine vorgenommen, lassen sich ca. 15 % der benötigten Heizenergie einsparen.

Durch regelmäßige Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen läßt sich die Frischwassereinspritzung entsprechend des vorhandenen Flaschendurchsatzes optimieren.

Die Reinigungslauge für die zentrale CIP-Anlage wird in Stapelbehältern bei einer Temperatur von 85 °C vorgehalten. Die Dämmung der Behälter mit einer erbringt eine Einsparung an Wärmeenergie und die Wärmeabgabe in die Produktionsstätte kann damit um ca. 80 % reduziert werden.

# Kälteversorgung in der Lebensmittelindustrie Spezifische Anforderungen, Trends und Einsparpotenziale

Dr.-Ing. Winfried Ruß, Technische Universität München  
Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik der Lebensmittelindustrie

- Wirkung von Kälte auf Lebensmittel
- Kühlen und Gefrieren – Forderungen zum Qualitätserhalt
- Trends in der Kältetechnik für Lebensmittelbetriebe
- Einsparpotenziale bei Kälteanlagen

**Temperaturänderungen um 10 K verdoppeln bzw.  
halbieren die Geschwindigkeit chemischer  
Reaktionen**

**Aktivität von Enzymen:**

**Katalasen, Peroxidasen bis -15 °C**

**Lipoxigenasen, Lipasen bis -30 °C**

**Invertasen bis -40 °C**



**Beeinflussung chemischer Reaktionen**

**Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik der Lebensmittelindustrie**



- **Austrocknung**
- **Kristallisation**
- **Entmischung**
- **Schädigung von Hydrokolloiden**

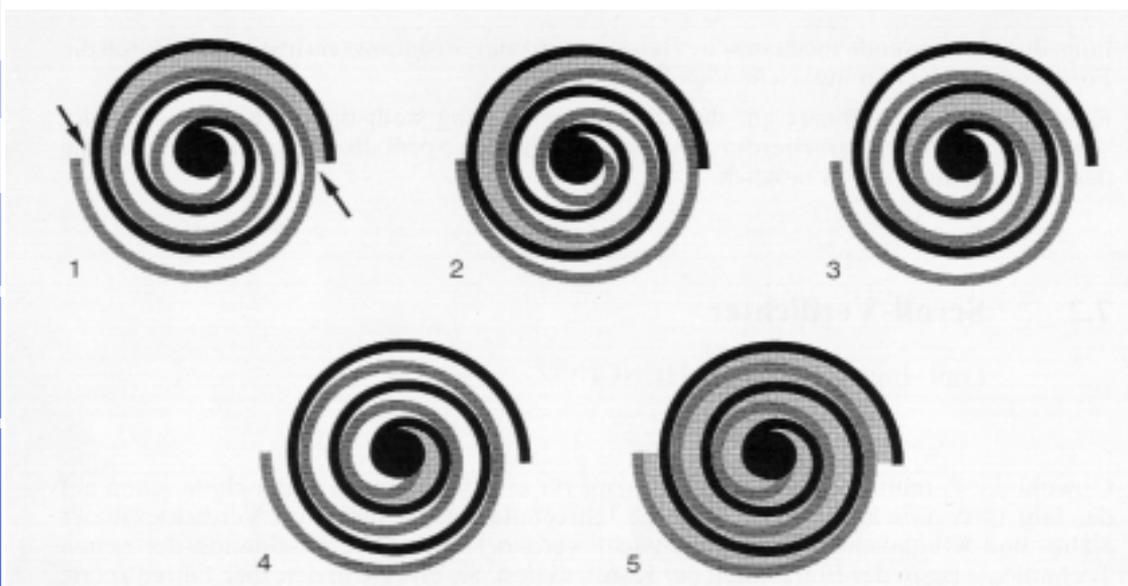


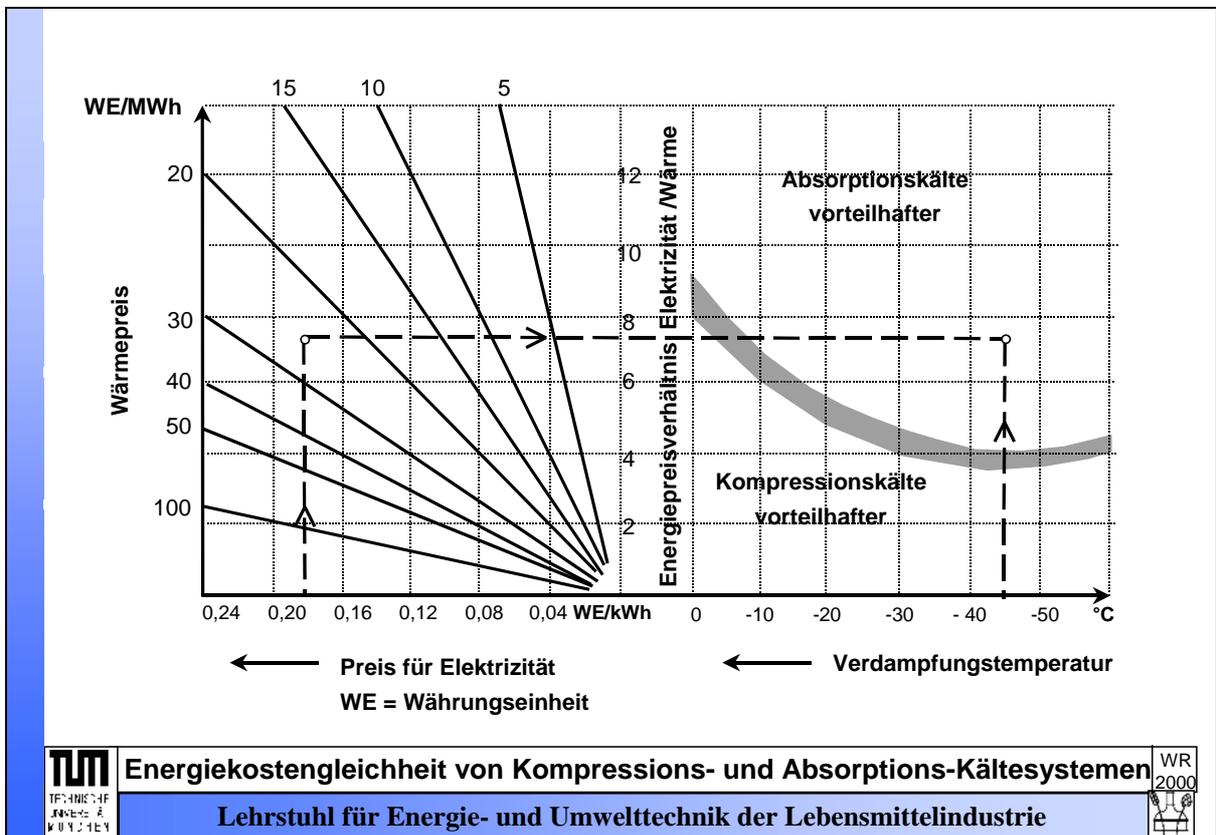
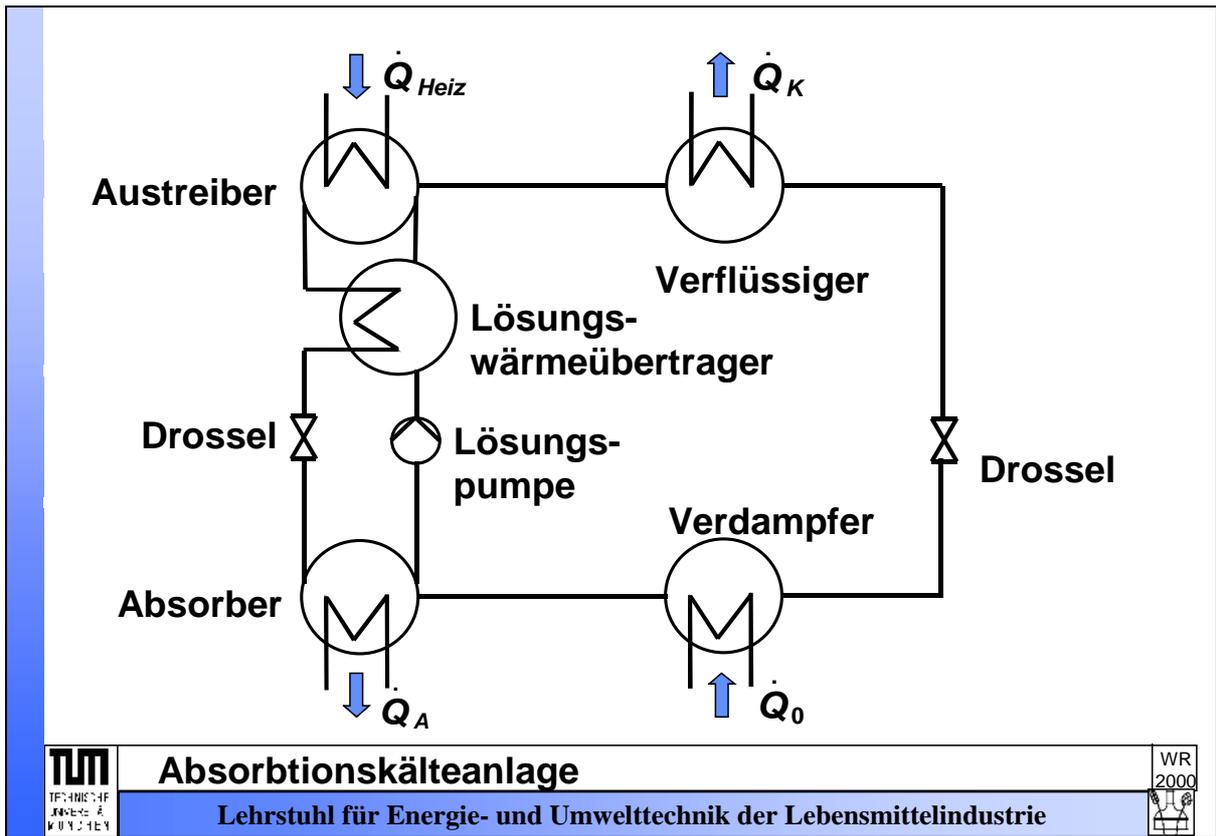
## **Theoretisch niedrigsten Wachstumstemperaturen für Mikroorganismen:**

<b>Bakterien :</b>	<b>-5°C bis -10°C</b>
<b>Hefen :</b>	<b>-10°C bis -12°C</b>
<b>Schimmelpilze :</b>	<b>-12°C bis -15°C für</b>



- Rasche Abkühlung auf Endtemperatur
- Einhaltung konstanter Kühl- bzw. Gefrierlagerbedingungen
- Optimierung der Lagerbedingungen auf das Kühlgut
- Auswahl der geeigneten Verpackung





**Wasser:**

**Erwärmung um 6 K: 25kJ/kg spez. Enthalpie**

**Binäreis:**

**Schmelzen des Eisanteils und Erwärmung um 6 K:**

**mit 10% Eisanteil : 58 kJ/kg spez. Enthalpie**

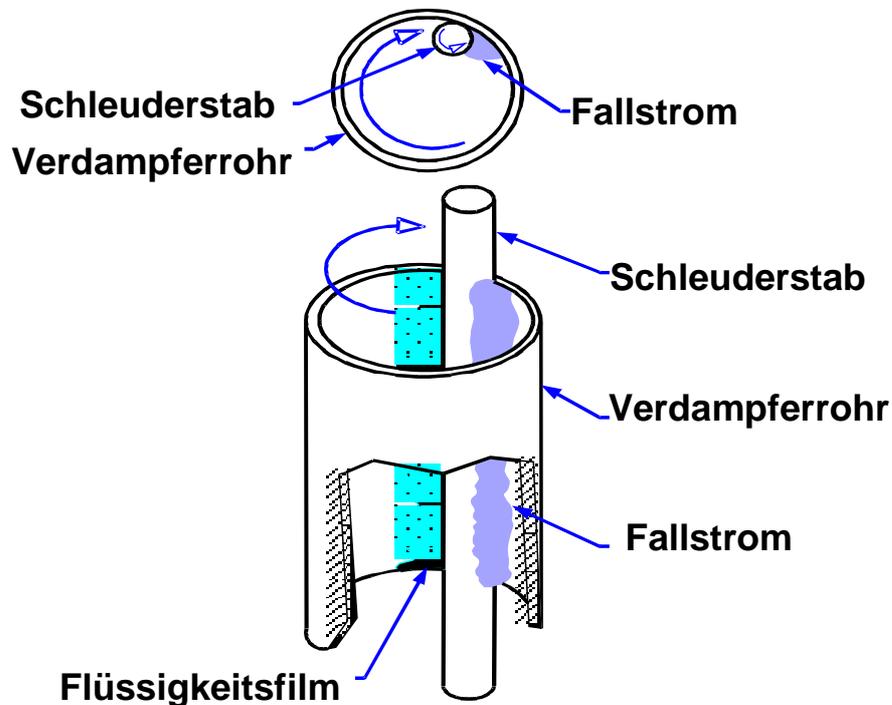
**mit 20% Eisanteil : 91 kJ/kg spez. Enthalpie**



**Nutzbare Enthalpiedifferenz von Binäreis**



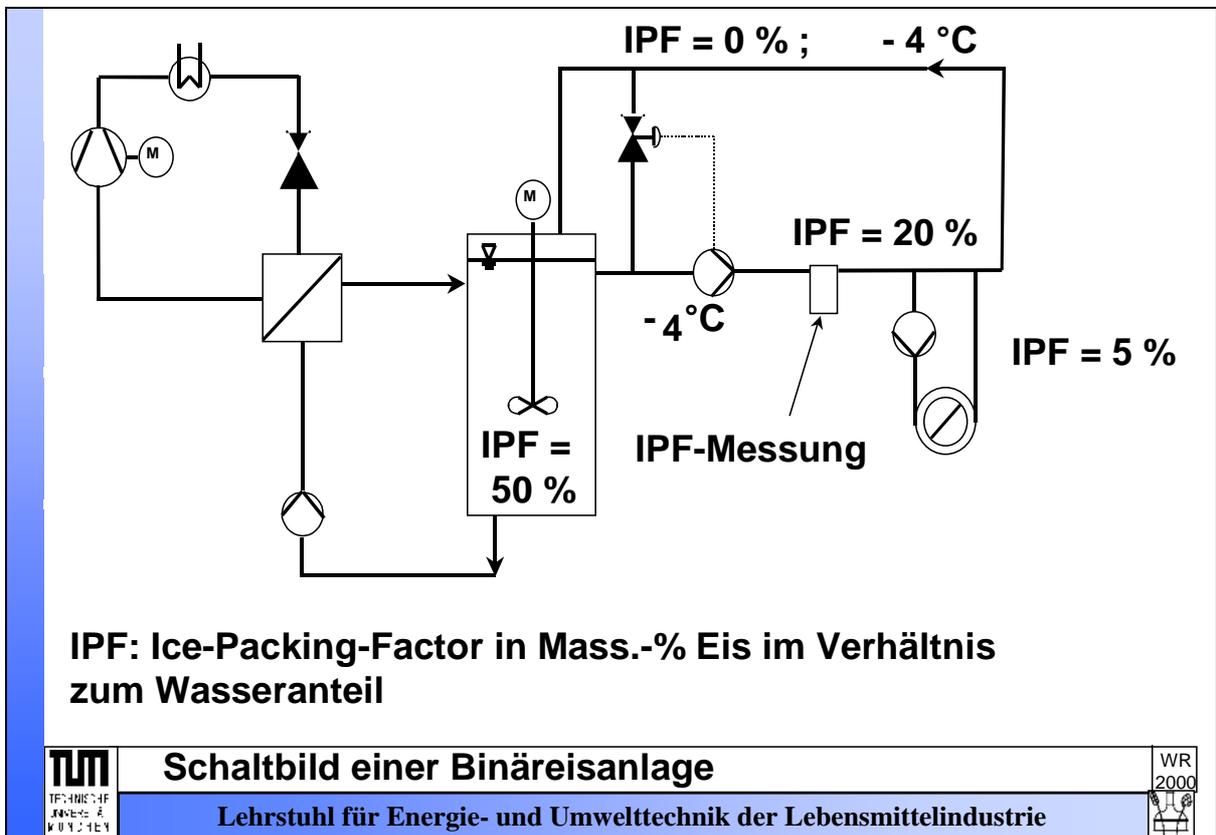
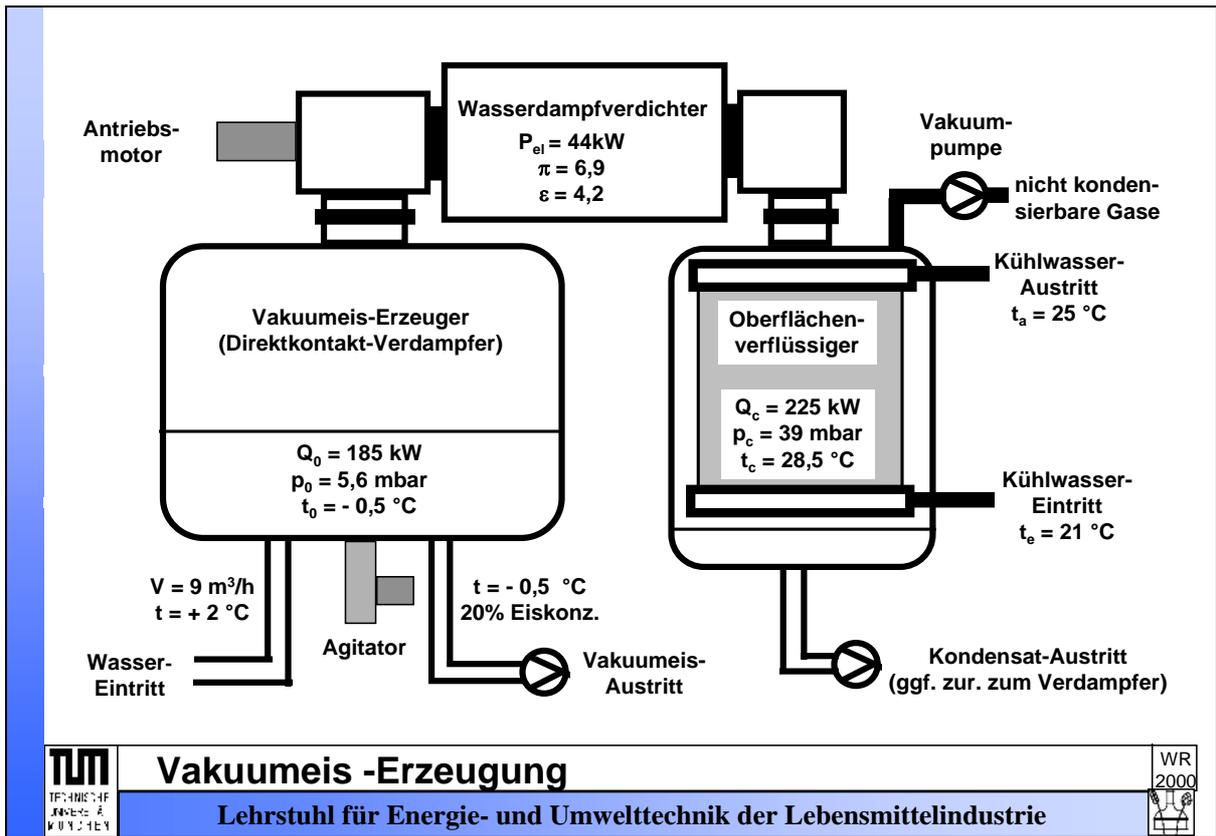
Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik der Lebensmittelindustrie



**MaximIce™ Funktionsprinzip**



Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik der Lebensmittelindustrie



- **Wie groß ist die benötigte Kälteleistung?**
- **Welche Temperaturen sind tatsächlich erforderlich?**
- **Kann das Vereisen von Anlagenteilen vermieden werden?**
- **Wieviel Stunden pro Jahr wird die Kälteleistung benötigt?**



## Fragen zur Optimierung des Kältebedarfs

Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik der Lebensmittelindustrie



# Spezifische Anforderungen an die Druckluftqualität in der Lebensmittelindustrie

Joachim Ernst, Kaeser Kompressoren GmbH

Grundlage	Norm DIN ISO 8573-1
-----------	---------------------

## Druckluft-Qualitätsklassen nach DIN ISO 8573-1: 1995

Klasse	Reststaub		Restwasser		Restölgehalt mg/m <sup>3</sup>
	µm	mg/m <sup>3</sup>	DTP	g/m <sup>3</sup>	
1	0,1	0,1	-70	0,003	0,01
2	1	1	-40	0,12	0,1
3	5	5	-20	0,88	1
4	15	8	+3	6	5
5	40	10	+7	7,8	25
6	--	--	+10	9,4	--
7	--	--	nicht spezifiziert		--

### Empfehlung:

Diese Empfehlung gilt für alle Druckluftkompressoren, unabhängig von Verdichtungsprinzip und Bauart.

## 1. Verpackungsmaschinen im Lebensmittel- und Pharmabereich

Anforderungen an Druckluft, die mit Verpackungsmaterial, welches direkt mit dem Produkt in Berührung kommt, Kontakt hat.

Klassifikation der Druckluftqualität nach DIN ISO 8573-1

Öl:	Klasse 1
Partikel:	Klasse 1
Wasser:	Klasse 4

Für Sterilverpackung: zusätzliche Sterilfiltration.

Bakterienrückhaltung:

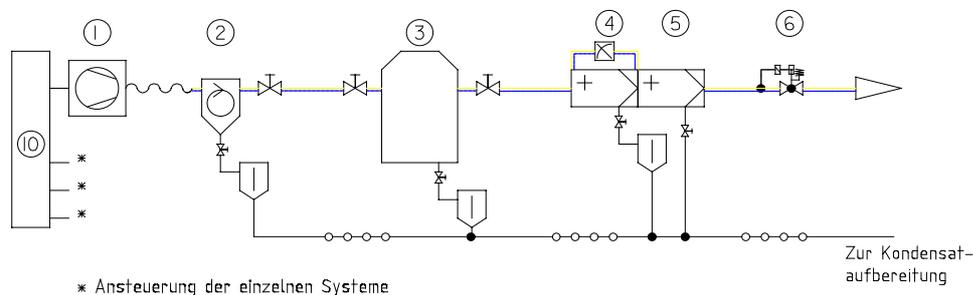
Abscheidegrad: LRV (Log Reduction Value) > 7/cm<sup>2</sup> effektiver Filterfläche, bezogen auf den Testorganismus *Brevundimonas diminuta* (vormals *Pseudomonas diminuta*) ATCC 19146.

## Fallunterscheidung:

### A. Neues oder gereinigtes Druckluftnetz aus folgenden Materialien:

- 1) Stahl verzinkt, lebensmitteleuglich
- 2) V2A/V4A
- 3) Für Druckluft zugelassene Kunststoffe
- 4) Aluminium

Aufbereitung der Druckluft von Öl / Partikel / Wasser	zentral
--	---------



- (1) Kompressor
- (2) Zentrifugalabscheider oder Druckluftbehälter (mit Kondensatableiter überwacht/schaltend) Im Falle des Einsatzes eines Zyklonabscheiders für ausreichendes Speichervolumen im Rohrleitungssystem sorgen
- (3) Kältetrockner mit Alarm Drucktaupunkt (mit Kondensatableiter überwacht/schaltend)
- (4) Mikrofeinfilter Abscheiderate  $0,01 \mu\text{m} > 99,999\%$  (mit Kontaktmanometer schaltend und Kondensatableiter überwacht/schaltend) (Standzeit wird überwacht)
- (5) Aktivkohlefilter Standzeit 4.000 h oder  $\frac{1}{2}$  Jahr
- (6) Druckhaltesystem (Anfahrtentlastung) im Störfall schaltend (Alarmfunktion)
- (10) Übergeordnete Steuerung zur Koordination / Überwachung der Kompressoren.

### Sonderfälle:

Bei Einsatz von Kompressoren, welche das Druckluftnetz besonders verschmutzen (z.B. ältere Kolbenkompressoren ölgeschmiert/ältere Vielzellenkompressoren ölgeschmiert) ist die Filtration zu verstärken, d. h. vor Filter 4 ist ein Filter mit  $3-5 \mu\text{m}$  Genauigkeit zusätzlich einzusetzen. Der Filter ist mit Kontaktmanometer (schaltend) und Kondensatableiter (überwacht/schaltend) auszurüsten.

**Wichtig:** Alle Aufbereitungssysteme sollten ohne Bypaß gebaut werden.

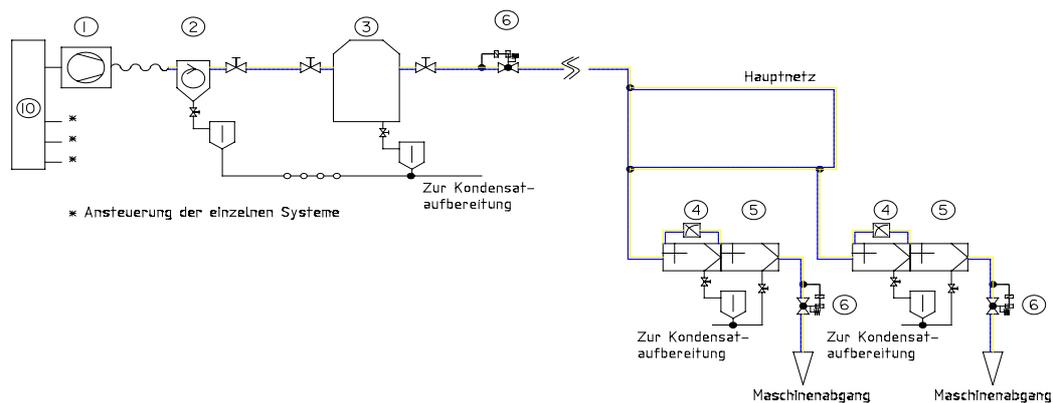
Für Störungs- und Wartungsfälle sollte ein Stand-by System gleicher Größe bereitgehalten werden.

Bei der Auslegung sind die Umgebungsbedingungen zu beachten.

## B. Verunreinigtes und schwer reinigbares Druckluftnetz

Rohrleitungsmaterial nicht definiert

Aufbereitung Wasser	zentral
Aufbereitung Öl / Partikel	dezentral direkt vor der jeweiligen Maschine



- (1) Kompressor
- (2) Zentrifugalabscheider oder Druckluftbehälter (mit Kondensatableiter überwacht/schaltend) Im Falle des Einsatzes eines Zyklonabscheiders für ausreichendes Speichervolumen im Rohrleitungssystem sorgen
- (3) Kältetrockner mit Alarm Drucktaupunkt (mit Kondensatableiter überwacht/schaltend)
- (4) Mikrofeinfilter Abscheiderate  $0,01 \mu\text{m} > 99,999 \%$  (mit Kontaktmanometer schaltend und Kondensatableiter überwacht/schaltend) (Standzeit wird überwacht)
- (5) Aktivkohlefilter Standzeit 4.000 h oder  $\frac{1}{2}$  Jahr
- (6) Druckhaltesystem (Anfahrentlastung) im Störfall schaltend (Alarmfunktion)
- (10) Übergeordnete Steuerung zur Koordination / Überwachung der Kompressoren.

### Sonderfälle:

Bei Einsatz von Kompressoren, welche das Druckluftnetz besonders verschmutzen (z.B. ältere Kolbenkompressoren ölgeschmiert/ältere Vielzellenkompressoren ölgeschmiert) ist die Filtration zu verstärken, d. h. vor Filter 4 ist ein Filter mit  $3-5 \mu\text{m}$  Genauigkeit zusätzlich einzusetzen. Der Filter ist mit Kontaktmanometer (schaltend) und Kondensatableiter (überwacht/schaltend) auszurüsten.

**Wichtig:** Alle Aufbereitungssysteme sollten ohne Bypass gebaut werden.

Für Störungs- und Wartungsfälle sollte ein Stand-by System gleicher Größe bereitgehalten werden.

Bei der Auslegung sind die Umgebungsbedingungen zu beachten.

## 2. Druckluftaufbereitung bei direktem Kontakt mit dem Produkt

Kommt die Druckluft direkt mit dem Produkt in Berührung oder wird sie mit dem Produkt durchmischt, empfiehlt sich zur Separation von Geschmacksstoffen der Einsatz nachfolgender Aufbereitung:

Klassifikation der Druckluftqualität nach DIN ISO 8573-1

Öl:	Klasse 1
Partikel:	Klasse 1
Wasser:	Klasse 4

Für Sterilbereiche: zusätzliche Sterilfiltration.

Bakterienrückhaltung:

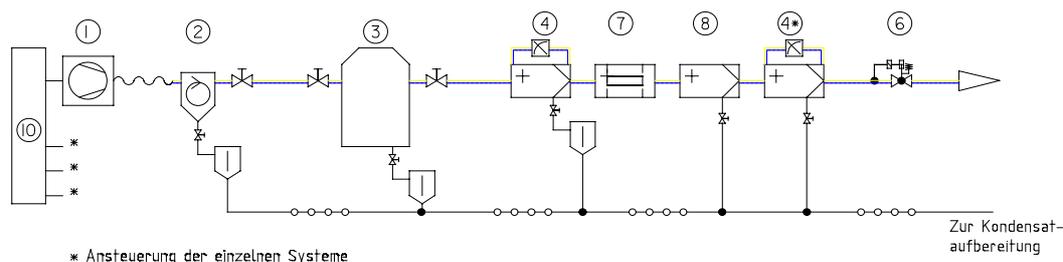
Abscheidegrad: LRV (Log Reduction Value) > 7/cm<sup>2</sup> effektiver Filterfläche, bezogen auf den Testorganismus *Brevundimonas diminuta* (vormals *Pseudomonas diminuta*) ATCC 19146.

### Fallunterscheidung:

#### A. Neues oder gereinigtes Druckluftnetz aus folgenden Materialien:

- 1) Stahl verzinkt, lebensmitteleuglich
- 2) V2A/V4A
- 3) Für Druckluft zugelassene Kunststoffe
- 4) Aluminium

Aufbereitung der Druckluft von Öl / Partikel / Wasser	zentral
--	---------



- (1) Kompressor
- (2) Zentrifugalabscheider oder Druckluftbehälter (mit Kondensatableiter überwacht/schaltend) Im Falle des Einsatzes eines Zyklonabscheiders für ausreichendes Speichervolumen im Rohrleitungssystem sorgen
- (3) Kältetrockner mit Alarm Drucktaupunkt (mit Kondensatableiter überwacht/schaltend)
- (4) Mikrofeinfilter Abscheiderate 0,01 µm > 99,999 % (mit Kontaktmanometer schaltend und Kondensatableiter überwacht/schaltend) (Standzeit wird überwacht)
- (4\*) Mikrofeinfilter (bei Bedarf um Partikelgröße Klasse 1 zu erhalten)
- (6) Druckhaltesystem (Anfahrentlastung) im Störfall schaltend (Alarmfunktion)
- (7) Aktivkohleadsorber Standzeit 10.000 h / oder 1 ½ a
- (8) Staubfilter 3 µm - 5 µm mit Differenzdruckmanometer (Standzeit überwacht) und Handablaß Partikelgröße Klasse 3
- (10) Übergeordnete Steuerung zur Koordination / Überwachung der Kompressoren.



### Sonderfälle:

a) Produkte, die extrem feuchteempfindlich sind und bei der Qualitätsklasse 4 bei der Feuchte nicht ausreicht. Hier muß anstelle von (3) ein Adsorptionstrockner mit entsprechendem Drucktaupunkt oder zusätzlich zu (3) ein Membrantrockner mit entsprechendem Drucktaupunkt eingesetzt werden.

b) Bei Einsatz von Kompressoren, welche das Druckluftnetz besonders verschmutzen (z.B. ältere Kolbenkompressoren ölgeschmiert/ältere Vielzellenkompressoren ölgeschmiert) ist die Filtration zu verstärken, d. h. vor Filter (4) ist ein Filter mit 3-5 µm Genauigkeit zusätzlich einzusetzen. Der Filter ist mit Kontaktmanometer (schaltend) und Kondensatableiter (überwacht/schaltend) auszurüsten.

**Wichtig:** Alle Aufbereitungssysteme sollten ohne Bypaß gebaut werden.

Für Störungs- und Wartungsfälle sollte ein Stand-by System gleicher Größe bereitgehalten werden.

Bei der Auslegung sind die Umgebungsbedingungen zu beachten.

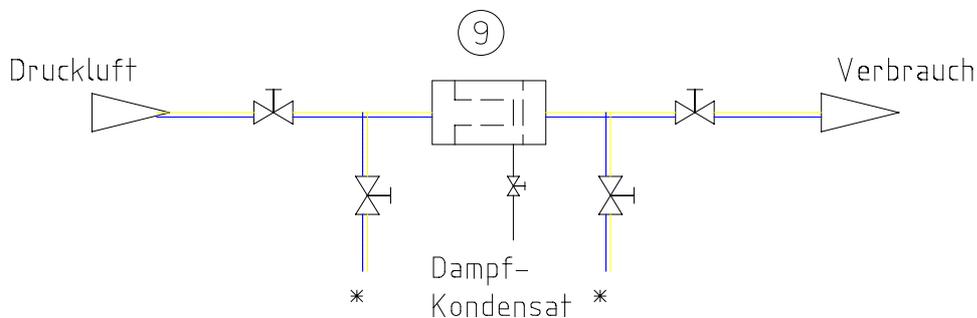
### 3. Sterilluft

Aufbereitung erfolgt immer kurz vor den Verbrauchern

#### Fallunterscheidung

##### A. Kein durchgehender Betrieb

Sterilisation (Regeneration) der Filter in den Betriebspausen.

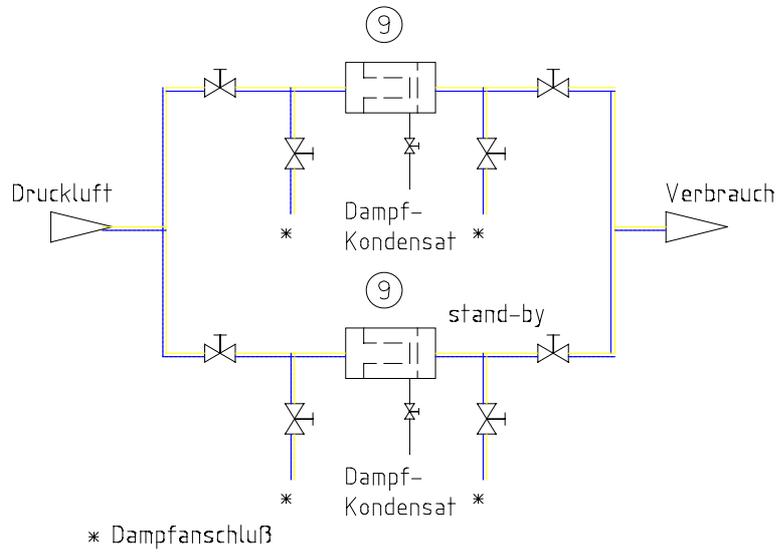


\* Dampfanschluß

(9) Sterilfilter

## B. Durchgehender Betrieb

Sterilisation (Regeneration) der Filter erfolgte im Stand-by System.



(9) Sterilfilter (wechelseitig Stand by).

# **Möglichkeiten und Potenziale rationeller Energienutzung in industriellen Anlagen der Textilveredelungsindustrie am Beispiel zweier Betriebe**

**Ulrich Haase, Envirotex GmbH**

## **Einführung und Zielsetzung**

Angesichts der sich abzeichnenden weltweiten Klimaveränderungen durch den Treibhauseffekt kamen die Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention 1997 überein, dass die Industriestaaten den Ausstoß klimarelevanter Gase bis zum Jahr 2008/2012 auf der Basis des Jahres 1990 um durchschnittlich 5% senken sollen. Die Bundesregierung will zudem als nationales Klimaschutzziel den jährlichen Ausstoß des relevantesten Klimagases Kohlendioxid bis 2005 (Basis 1990) um 25% senken. Die deutsche Industrie hat sich in einer freiwilligen Selbstverpflichtung zu einer Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 28% bereiterklärt.

Da der weit überwiegende Teil der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland bei der Bereitstellung von Energie entsteht, ergeben sich besonders große CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale durch eine rationellere Nutzung der vorhandenen Energieressourcen. Am Bayerischen Landesamt für Umweltschutz wurde daher das Projekt „Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung“, initiiert, das aus Mitteln des Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen finanziert wird. Gerade in der Industrie bestehen oft erhebliche Energiesparpotenziale, die gleichzeitig mit deutlichen Kosteneinsparungen für die Betriebe verbunden sind.

In der vorliegenden Studie werden am Beispiel zweier Textilveredelungsbetriebe die branchenspezifischen Energiesparpotenziale dargestellt. Die Textilveredelungsindustrie ist ein Industriezweig, der in den vergangenen Jahren sehr stark von der Globalisierung betroffen war und einen starken Umstrukturierungs- bzw. Schrumpfungsprozess vollzogen hat. Dadurch wurden in den verbleibenden Betrieben vielfach Investitionen in die Energieeffizienz zurückgestellt. Trotz eines hohen Anteils der Energiekosten an den Produktionskosten fehlen den Betrieben oft umfassende Kenntnisse über die technisch machbaren und wirtschaftlich rentablen Energiesparmöglichkeiten. Dieser Bericht soll interessierten Betrieben die Möglichkeit eröffnen, Erkenntnisse aus den beiden Projektbetrieben auf den eigenen Betrieb zu übertragen. Gerade in Zeiten hoher Energiepreise und internationalen Wettbewerbs ist es existenziell wichtig, sich durch technologischen Vorsprung und Energieeffizienz auszuzeichnen.

Energie (in der Hauptsache Elektrizität, Erdgas und Heizöl EL) wird in der Textilveredelungsindustrie in allen Prozessschritten (Vorbehandlung, Färben, Drucken und Appretieren) benötigt.

Zielsetzung des Projektes war es die in der Textilveredelungsindustrie vorhandenen wirtschaftlich rentablen Potenziale rationeller Energienutzung zu ermitteln und daraus Energiesparvorschläge zu erarbeiten.

Die Untersuchung an zwei stark unterschiedlichen Textilveredelungsbetrieben ergab, dass zahlreiche Möglichkeiten zur rationellen Energienutzung existieren. Die Nutzung dieser Möglichkeiten kann in der Regel jedoch nur durch Kombination von organisatorischen und technischen Maßnahmen erreicht werden.

## **Messmethoden**

### **Strom**

Zur Datenerfassung wurden sogenannte Lasterfassungsmessgeräte verwendet. Die Messgeräte dienen zur Verbrauchsüberwachung und Laststeuerung des gesamten elektrischen Netzes. Dazu werden Impulse benutzt, die von einem Elektrizitätszähler verbrauchsproportional abgegeben werden. Die Impulse werden in einem Zähler erfasst und in kW umgerechnet.

Auf Basis der installierten elektrischen Leistung der Aggregate und der Jahresbetriebsstunden wurde der ermittelte Leistungsbedarf den einzelnen Anlagen zugeordnet.

### **Licht**

Die Beleuchtungseinrichtungen der Firmen wurden in einer Begehung detailliert erfasst (Alter, Art des Vorschaltgerätes, Reparaturintervalle und elektrische Anschlussleistung). Zur Ermittlung des jeweilig vorliegenden Beleuchtungsstandards wurde eine Ausmessung der relevanten Gebäudeteile unter Verwendung eines Luxmeters durchgeführt. Mit dieser Maßnahme sollten Bereiche mit Überbeleuchtung ermittelt werden.

### **Druckluft**

Für die Erfassung der Betriebszustände im Druckluftbereich wurde eine Druckluftbedarfsanalyse durchgeführt. Dabei wurde eine sogenannten „Comp-Analyse-Station“, in das Stromnetz, unmittelbar vor den Kompressoren, eingebaut. Im Ergebnis ist der Tageslastgang und Leckagemengen einzelner oder zusammengefasst aller Kompressoren ersichtlich.

### **Abwärme – Luft**

Das Messprogramm wurde so ausgelegt, dass die Abwärme und andere Parameter aller abluftrelevanten Anlagen erfasst wurden. Dabei kamen Messgeräte für Temperatur, Luftdruck, Strömungsgeschwindigkeit, Abgasfeuchte und Gesamt-C (Methan) zum Einsatz. Berücksichtigt wurden sowohl Einzelanlagen als auch Anlagen deren Abluft über Sammelleitungen abgeführt wurden.

### **Abwärme – Wasser**

Die Abwasservolumenströme wurden bei kontinuierlichen Prozessen über Durchflusszähler und bei diskontinuierlichen Prozessen auf Basis von Herstellerangaben und vorliegender Prozessparameter ermittelt.

## **Ist-Zustand**

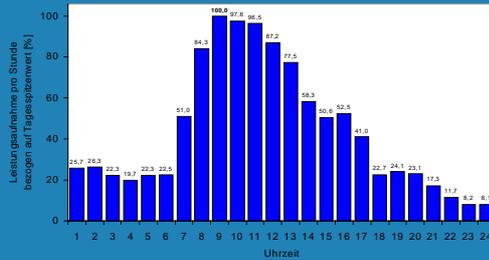
### **Strom**

In beiden Firmen existieren Messgeräte zur Messung der Stromleistung.

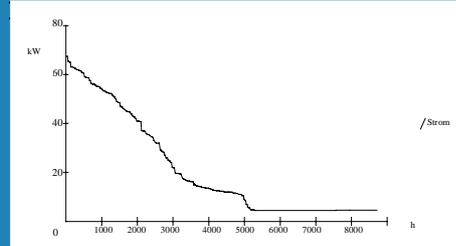
Ein Energiemanagement wird von einem Unternehmen wegen der regelmäßig existierenden Stromspitzen, durchgeführt.

# IST-Zustand

## Elektrische Energie



Tageslastgang



Jahresdauerlinie

Der Gesamttagelastgang lässt einen permanenten Anstieg bis zum Leistungsmaximum, das um die Mittagszeit liegt, erkennen.

Grund findet dieser Verlauf in der teilweise nur einschichtigen Arbeitsweise des Betriebes und den damit zusammen treffenden Arbeitsgängen.

Eine Vergleichmäßigung der Leistungsgänge ist nur durch die Verschiebung von Veredlungsvorgängen auf Zeiten mit geringem Leistungsbezug möglich.

Aufbauend auf den erfassten Stundenwerten wurde über den Zwischenschritt der gebildeten Tageslastgänge die Jahresdauerlinie ermittelt.

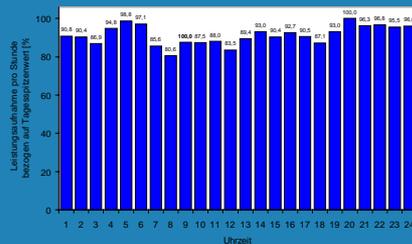
Sie stellt die absteigend geordneten Verbrauchswerte je Stunde dar und zeigt auf, welche Bezugscharakteristik vorliegt. Klar zu erkennen ist die stark nach rechts abfallende Jahresdauerlinie, die auf den sehr schwankenden Tageslastgang zurück zu führen ist.

Mittels des Energielastmanagements werden nach Priorität geordnet, einzelne Verbraucher bei Erreichen des Sollwerts vom Netz getrennt..

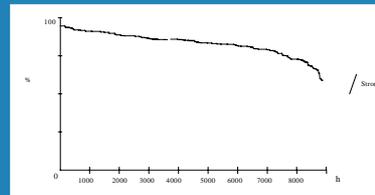
Die Untersuchungen beim zweiten Projektbetrieb zeigten einen völlig anderen Leistungsbezug.

# IST-Zustand

## Elektrische Energie



Tageslastgang



Jahresdauerlinie

Eine Optimierung hinsichtlich der Vergleichmäßigung der Leistungsbezüge ist in diesem Fall nahezu nicht möglich. Entsprechend gleichmäßig zeigt sich auch die Jahresdauerlinie des Unternehmens.

Obwohl die technischen Voraussetzungen vorhanden sind wird ein Lastmanagement in diesem Unternehmen nicht durchgeführt – dies wird aufgrund des gleichmäßigen Lastverlaufes als auch nicht für notwendig erachtet.

### Licht

Je nach Betriebsweise des Unternehmens und Bauweise des Gebäudes, ist mit einem anteiligen Verbrauch an elektrischer Energie für Licht mit einem Anteil von bis zu ca. 10 % zu rechnen. Bei allen Messungen konnte keine Überbeleuchtung des Arbeitsplatzes festgestellt werden. Die installierten Beleuchtungskörper sind teilweise mit konventionellen Vorschaltgeräten und ohne Reflektor ausgestattet. Als Stand der Technik gelten moderne Spiegelrastleuchten mit elektronischem Vorschaltgerät und Reflektor.

### Druckluft

Der Energieverbrauch für die Erzeugung von Druckluft spielt im Textilveredelungsbereich, gesehen auf den Gesamtstromverbrauch, eine eher untergeordnete Rolle.

Trotzdem konnten gerade in diesem Bereich Einsparpotenziale von nahezu 1/3 der für die Druckluftherzeugung benötigten Energie ermittelt werden. Grund waren hohe Leckageverluste im Druckluftnetz und deren angeschlossenen Verbraucher.

Zudem wurde ein über dem Bedarf liegender Leitungsdruck ermittelt. Durch Rücknahme des Leitungsdruckes um 2 bar kann der Energieverbrauch im Bereich der Druckluftherzeugung um über 10 % reduziert.

### Abwärme – Luft

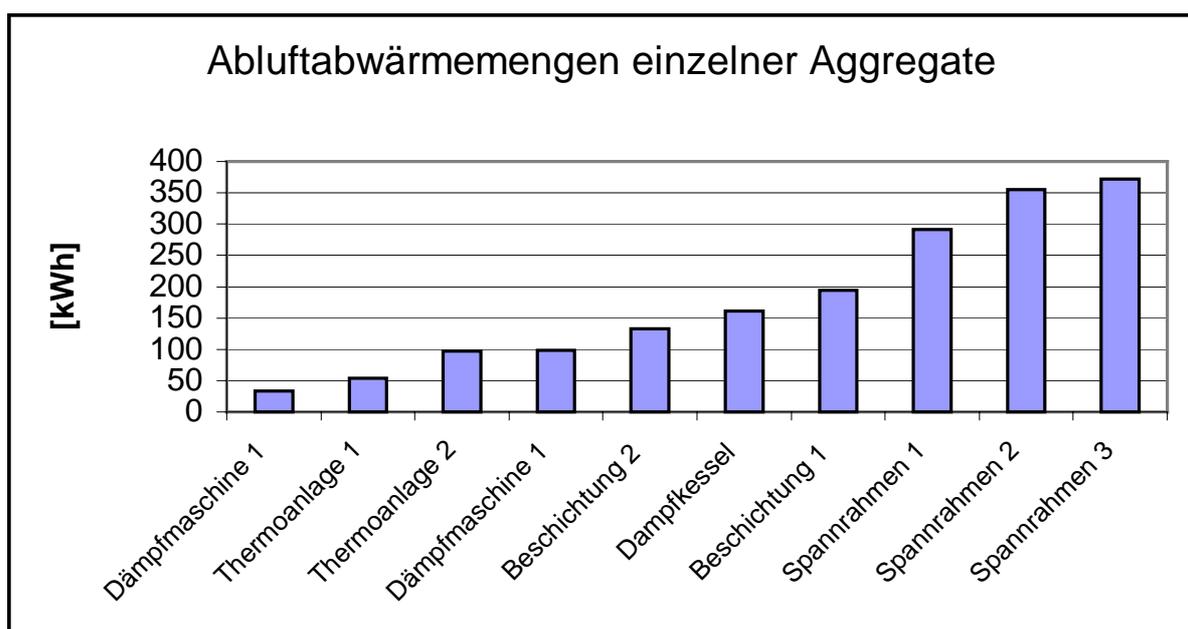
In beiden Unternehmen sind im Bereich der Kesselanlagen Wärmerückgewinnungssysteme vorhanden. Die mit der ersten Stufe zurück gewonnenen Abwärme wird zur Kesselspeisewassererwärmung genutzt. Durch diese Maßnahme werden ca. 4 bis 5 % der eingesetzten Energie zurück gewonnen.

Teilweise ist auch eine zweite Stufe der Wärmerückgewinnung vorhanden. Mit dieser Stufe wird Warmwasser erzeugt.

Die Trocknungsanlagen sind teilweise mit einer feuchtigkeitsgeregelten Abluftsteuerung ausgestattet. Aufgrund von Steuerungsproblemen und nicht einwandfreier Betriebsweise der Messsonden waren diese jedoch nicht in Betrieb.

Außer Betrieb gesetzt wurde, wegen nicht effektiver Arbeitsweise, die jeweils in jedem Betrieb an einem Spannrahmen installierte Wärmerückgewinnungsanlage (Wärmerad).

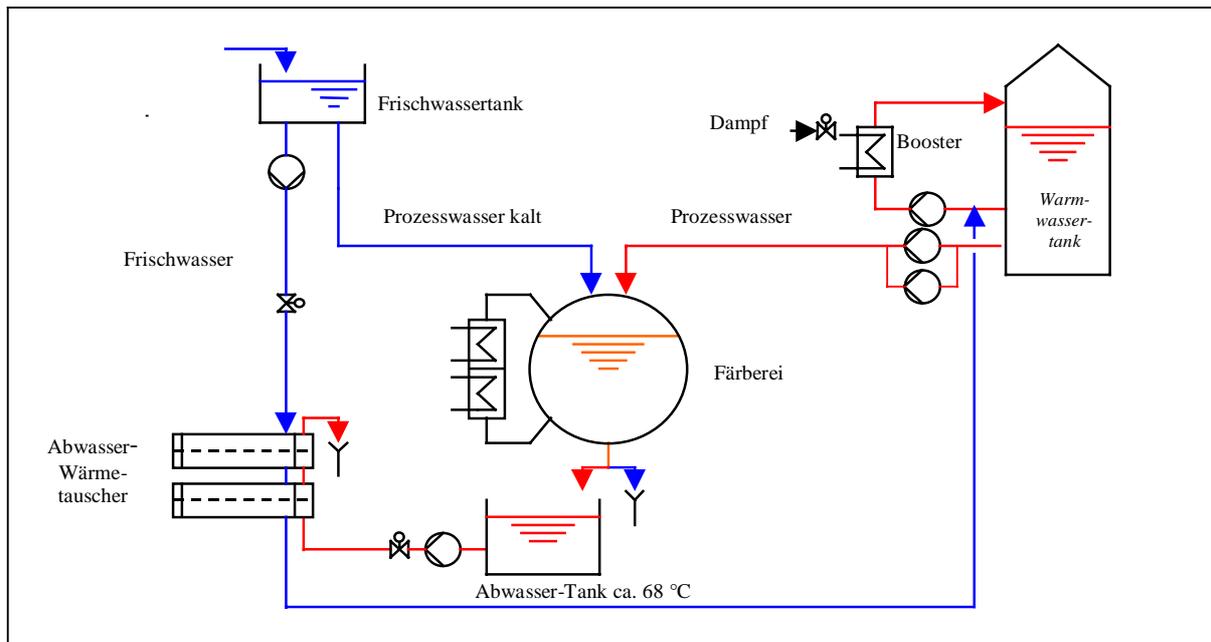
Die größte Abluftwärmemenge konnten an den Spannrahmen bei Hochtemperatur- und Trockenprozessen ermittelt werden.



## Abwärme – Wasser

In beiden Unternehmen wird Wärme aus dem Abwasser zurück gewonnen. Bei den kontinuierlichen Prozessen geschieht dies mittels in den Prozess integrierter WRG. Bei diskontinuierlichen Prozessen erfolgt die Wärmerückgewinnung von einem Sammeltank aus, in welchem das zu unterschiedlichen Zeiten anfallende Abwasser gesammelt wird.

### Wärmerückgewinnungssystem – Beispiel Färberei



Bei beiden Unternehmen können im Abwasserbereich weitere Wärmemengen sinnvoll zurückgewonnen werden. In einem Fall durch Installation eines weiteren, dritten Wärmetauschers zu den bereits bestehenden. Durch diese Maßnahme können zu den bereits eingesparten ca. 5.000 MWh/a weitere ca. 335 MWh/a an Energie eingespart werden. Die Amortisationszeit beträgt ca. 1,4 Jahre.

Im zweiten Partnerbetrieb kann durch den Austausch einer vorhandenen WRG die zurückgewonnene Wärmemenge von ca. 185 MWh/a auf 420 MWh/a erhöht werden. Die Amortisationszeit für diese Maßnahme beträgt aktuell 2 Jahre und verkürzt sich bei längeren Betriebszeiten erheblich.

Die sich im Einsatz befindlichen Plattenwärmetauscher arbeiten grundsätzlich effizient, waren aber wegen technischer Defekte nicht immer im Einsatz. Die Situation läßt sich durch eine verbesserte Wartung beheben.

## Isolierung

Alle in den Unternehmen existierenden Warmwasser- und Dampfleitungen sind entsprechend ihren Anforderungen isoliert.

Verbesserungspotenzial wurde nur vereinzelt vorgefunden. Alle Maßnahmen in diesem Bereich sind auch wirtschaftlich sinnvoll (Amortisationszeiten von größtenteils kleiner einem Jahr). Wegen gestiegener Energiepreise im Bereich des Erdgasbezuges wurden die Abstrahlverluste der Hochtemperaturfärbearaggregate berechnet. Bei ca. 6.000 Betriebsstunden pro Jahr errechnen sich Amortisationszeiten für Isolierungsmaßnahmen von kleiner vier Jahren.

## **Allgemeine Empfehlungen für die Textilveredelungsindustrie**

### **Beleuchtung**

Die Beleuchtung stellt in der TVI einen relativ geringen Anteil (1 – 10 %) am gesamten Verbrauch an elektrischer Energie dar. Optimierungs- und somit Handlungsbedarf ist bei frei strahlenden Leuchten mit konventionellem Vorschaltgerät gegeben. Eine den Arbeitsbedingungen und –abläufen angepasste Beleuchtung ist immer anzustreben. Dies stellt die Grundvoraussetzung zur Verhütung von Unfällen und arbeitsplatzbedingten Erkrankungen sowie für die qualitätsgerechte Produktion, dar.

Eine Beleuchtungstechnik nach dem Stand der Technik (Lampen mit Reflektor und EVG) ermöglicht Energie- und Kosteneinsparungen bis zu 60 %, gegenüber Lampen mit KVG.

Vorhandene Glühlampen sollten infolge ihres schlechten Wirkungsgrades und ihrer kurzen Lebensdauer grundsätzlich durch Kompaktparlampen ersetzt werden.

Mit weiteren organisatorischen Maßnahmen (helligkeitsabhängige Schaltautomatik, Mitarbeiterschulung) läßt sich der Energieverbrauch weiter minimieren.

### **Elektrische Maschinen**

Weiteres Einsparpotenzial liegt beim Einsatz der im Produktionsprozess notwendigen Antriebsenergie. Neben verbesserten elektrischen Maschinen sind vor allem intelligente Antriebsregelgeräte am Markt verfügbar, die komplexe Steuerungs-, Regelungs-, Schutz- und Optimierungsaufgaben übernehmen können.

Nachfolgend sind die wichtigsten Optimierungsmaßnahmen aufgeführt:

- ⇒ Wirkungsgradsteigerung der unterschiedlichen Komponenten eines Antriebes (Baumaterialien und jeweilige Abstimmung untereinander)
- ⇒ Nutzung von neuen Wirkprinzipien bei der Wandlung von elektrischer Energie (Energiesparmotor)
- ⇒ Verwendung von drehzahlgesteuerten Antrieben (Frequenzsteuerung von z.B. Um- und Ablüfter nach Temperatur, CO<sub>2</sub>, Feuchte, etc.)
- ⇒ Angleichen der Nutzenergie an den elektrischen Antrieb (Motor auf die tatsächlich benötigte Momentanleistung abstimmen)
- ⇒ Leerlauf von Anlagen vermeiden
- ⇒ Optimierung der Betriebsführung durch die Anbindung der Antriebe an Automatisierungssysteme (Stromlastmanagement – Steuern und Abschalten von Maschinen)

## **Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)**

Durch die Nutzung der KWK werden Prozesswärme und Eigenstrom aus einem Aggregat erzeugt. Die in der KWK anfallende Wärme (Kühlwasser, Motoröl, Abgas) wird dem Prozess durch Wärmeüberträger entzogen. Die Nutzung dieser Anlage ist besonders dann vorteilhaft, wenn eine

⇒ gleichmäßige Wärmeabnahme und

⇒ gleichmäßige Stromabnahme

bei gleichzeitig hohen Laufzeiten pro Jahr (mind. 5.000 h/a) gewährleistet ist.

Kraft-Wärme-Kopplungen und Wärmerückgewinnungsanlagen beeinflussen sich in der Textilveredelungsindustrie oft negativ, da geeignete Wärmeabnehmer nicht vorhanden sind. Vor einer Entscheidung für eine der beiden Technologien sollte auf jeden Fall eine Opportunitätskostenanalyse durchgeführt werden.

## **Druckluft**

Der Druckluftbereich wird wegen des insgesamt eher geringen Stromverbrauchs der Anlagen oft vernachlässigt. Dabei ist gerade in diesem Bereich durch einfache Maßnahmen eine zum Teil erhebliche Kosteneinsparung realisierbar. Grundlage für die Betrachtung sollte immer eine „Druckluftbedarfsanalyse„ sein.

Durch die regelmäßige Wartung der Kompressoren und des Druckluftnetzes wird der spezifische Energieverbrauch der Anlage niedrig gehalten. Auch wenn der äußerliche Eindruck des Druckluftnetzes positiv erscheint können hohe Leckageraten vorhanden sein.

Ein um 1 bar höherer Druck als benötigt, zieht einen Strommehrverbrauch von ca. 6 % nach sich. Durch ausreichend dimensionierte Druckluftspeicher kann der notwendige Betriebsdruck ebenfalls reduziert werden. Durch Absperrungen oder herunterregeln des Druckluftnetzes in Betriebsruhezeiten können weitere Einsparmaßnahmen realisiert werden. Weiter reduzieren läßt sich der Stromverbrauch durch die Verwendung eines Energiespartrockners.

## **Abwärme aus der Abluft**

Vor Auslegung und Einsatz einer WRG sollte eine Überprüfung der Prozesse erfolgen. Grundlage dazu bildet die genaue Erfassung der Abluftströme in Menge und Qualität (Temperatur, Feuchte, Methanemission). Wassergehalte von 0,1 kg/kg Luft und darüber sollten bei Trocknungsvorgängen angestrebt werden. Ist die Erfassung der Feuchte nicht möglich, gibt das Luft-Waren-Verhältnis überschlägig schnell Auskunft über die Situation. Liegt das Luft-Waren-Verhältnis über 20:1 ist in der Regel von einem niedrigeren Wassergehalt auszugehen und Handlungsbedarf angesagt.

Als Lösung bietet sich das Schließen von Abluftklappen, besser aber, wegen stark wechselnder Prozesszustände, der Einbau und Betrieb einer feuchtigkeitsgeregelten Umluft- und Ab-

luftsteuerung an. Die Amortisationszeit für die Steuerung beläuft sich in der Regel auf weniger als ein Jahr.

Durch optimal eingestellte Abquetschwalzen und die Verwendung von sogenannten Saugbalen kann der Feuchtigkeitsgehalt der Ware bis auf unter 30 % des Warengewichts reduziert werden. Durch die Herabsetzung des Feuchtegehaltes um z.B. 10 % verringern sich die Produktionskosten und der Energieverbrauch um 15 % bei gleichzeitiger Steigerung der Produktionsgeschwindigkeit um 15 %.

Über eine Restfeuchtemessanlage kann die Trocknungsgeschwindigkeit des Spannrahmens gesteuert werden. Ein Übertrocknen der Ware wird somit verhindert. Wird die Ware z.B. anstatt auf 8 % Restfeuchte, auf 4 % Restfeuchte getrocknet, bedeutet dies eine Erhöhung des Energieeinsatzes um 5 %.

Bei Fixiervorgängen wird wegen „Abrauchproblemen teilweise mit erhöhten Luftraten gefahren. Der Einsatz von thermostabilen Präparationen ermöglicht hier ein erhebliches Absenken der Abluftströme und somit des Energieeinsatzes (Energieeinsparung von über 50 % ist möglich).

Liegt die Methanemissionen aufgrund der Erdgas-Direktbefeuerung über 0,4 g C/kg Ware, sollten die Brenner einer umfassenden Wartung unterzogen werden. Der Austausch der Brenner empfiehlt sich aus Kostengründen nur in Einzelfällen.

Bei Neuinvestitionen im Bereich der Spannrahmenaggregate an Spannrahmen empfiehlt es sich eine Zuführung von erwärmter Frischluft vorzusehen. Die Amortisationszeiten für Abluftwärmetauschersysteme liegen heute je nach Veredelungsprozess, Wärmetauschersystem und Wärmeabnahmemöglichkeit zwischen 1,5 und 8,5 Jahren.

Grundsätzlich kann die aus der Abluft zurück gewonnene Wärmeenergie Verwendung finden für

- ⇒ Aufheizung von Frischwasser – Warmwassererzeugung
- ⇒ Aufheizung der Spannrahmenzuluft
- ⇒ Aufheizung von Produktionsräumen
- ⇒ Aufheizung von Heizungswasser
- ⇒ Abgabe an externe Abnehmer

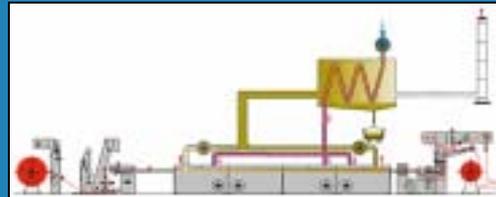
Wärmerückgewinnungssysteme können nachträglich generell in allen Abluftströmen installiert werden. Möglich sind Luft/Luft und Luft/Wasser Systeme.

Bei Installation der Luft/Luft WRG kann die erwärmte Frischluft dem Spannrahmen oder zur Aufheizung von Produktionsräumen verwendet werden.

# WRG Spannrahmentrockner

## System Luft/Luft

- ∞ Aufheizung der Spannrahmenzuluft
- ∞ Aufheizung von Produktionsräumen (im Winter)



EnviroTex GmbH

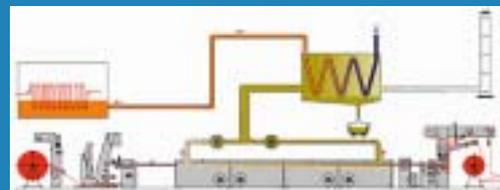


Bei Luft/Wasser WRG ist es möglich Warmwasser zu erzeugen und als Heizungswasser für Verwaltung oder Produktionsräume zu verwenden oder an externe Abnehmer abzugeben.

# WRG Spannrahmentrockner

## System Luft/Wasser

- ∞ Warmwassererzeugung
- ∞ Frischluftherwärmung Spannrahmen
- ∞ Erwärmung Heizungswasser intern/extern



EnviroTex GmbH



## Kesselanlagen

Bei Dampfkesselanlagen gehört es heute zum Standard zweistufige Wärmerückgewinnungssysteme einzusetzen. Die erste Stufe dient zur Erwärmung des benötigten Kesselspeisewassers, die zweite z.B. zur Erwärmung von Brauchwasser. Die Energieeinsparung liegt bei 10 %. Bereits bei ca. 5.000 Betriebsstunden pro Jahr errechnet sich bei einem Dampfkessel mit einer Leistung von 4 t/h eine Amortisation von weniger als einem Jahr. Durch die Ansaugung von Brennerluft aus dem Produktionsbereich oder aus dem Dachbereich des Kesselhauses lassen sich weitere Einsparungen erzielen.

## Wärmeisolierungen

Die Wärmeisolierungen an Heißwasser- und Dampfleitungen sowie -ventilen gehören auch heute schon zu den Standardmaßnahmen. Die Amortisationszeit beträgt in der Regel weniger als ein Jahr.

Weitere Maßnahmen, z.B. die Isolierung von Hochtemperaturfärbeaggregaten gewinnt aufgrund der gestiegenen Energiepreise zunehmend an Bedeutung. Bei Erdgaspreisen von 0,50 DM/m<sup>3</sup> errechnen sich bei dreischichtigem Betrieb, je nach Färbeapparatsgröße, Amortisationszeiten zwischen 3,8 und 4,9 Jahren (bei ca. 5.000h/a). Neben der Energieeinsparung sprechen der verbesserte Arbeitsschutz für Isolierungsmaßnahmen.



# Isolierung von Färbeapparaten

**Vorteile:**

- Ω bei 6.000 h/a  
Amortisationszeit 2 - 4 Jahre
- Ω Verbesserung Arbeitsplatzsituation
- Ω Vergleichsmässigung des Färbeprozesses



EnviroTex GmbH 

## Abwärme aus dem Abwasser

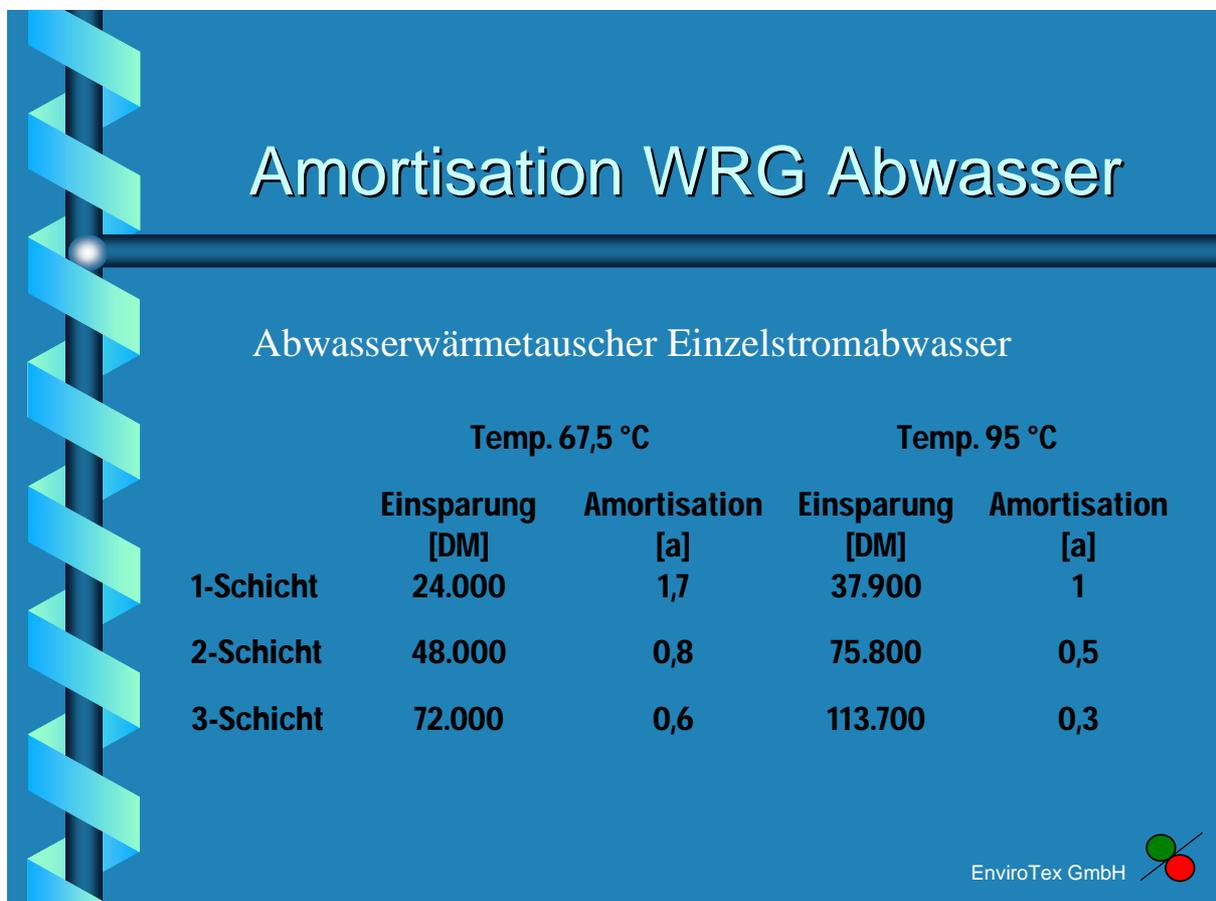
Vor Auslegung und Einsatz von WRG-Anlagen sollte auch in diesem Bereich eine Überprüfung der Vorbehandlungs- und Färbeprozesse erfolgen. Ggf. sind diese aus energetischer Hinsicht zu optimieren (z.B. Flottenverhältnis, Breitwaschmaschine).

Weiterhin sollte der Einsatz von „Thermostabilen Präparationen“, bei der Faser- und Flächenherstellung geprüft werden. Bei Verwendung von thermostabilen Präparationen lassen sich in der Flächenveredlung erhebliche Energieeinsparungen im Bereich der Vorbehandlung realisieren.

Nach Angaben eines Textilveredlungsbetriebes sind folgende Einsparmaßnahmen zu realisieren:

- ca. 10 % Einsparung bei der Dampferzeugung
- ca. 22 % an Einsparungen bei der Elektrizität
- eine Reduktion der Frisch- und Abwassermengen um ca. 40 %
- sowie ca. 20 % Zeitersparnis.

Im Abwasser aus der Vorbehandlung und Färberei sind in einzelnen Teilströmen große Wärmemengen vorhanden. Bei kontinuierlich arbeitenden Anlagen ist der Einbau von WRG-Anlagen bereits heute Stand der Technik. Bei entsprechender Wartung sind sehr kurze Amortisationszeiten (bis 0,3 Jahre) zu erzielen.



Bei diskontinuierlichen Prozessen (z.B. Ausziehfärberei) und der damit verbunden anfallenden Abwasserströmen, müssen zusätzlich zur WRG Abwasser- und in der Regel auch Frischwassersammeltanks installiert werden. Die Größe der Sammeltanks richtet sich nach den betrieblichen Gegebenheiten.

Die Amortisationszeiten für diese Anlagen belaufen sich je nach Betriebsstunden pro Jahr zwischen 1,3 und 8,4 Jahren. Grundsätzlich gilt, je besser die Temperaturtrennung des Abwassers, desto höher die Abwassertemperatur und geringer die Amortisationszeit der WRG.

## Amortisation WRG Abwasser

### Abwasserwärmetauscher - Mischabwasser

	Temp. 40 °C		Temp. 60 °C	
	Einsparung [DM]	Amortisation [a]	Einsparung [DM]	Amortisation [a]
<b>1-Schicht</b>	<b>42.300</b>	<b>8,4</b>	<b>78.300</b>	<b>3,9</b>
<b>2-Schicht</b>	<b>84.600</b>	<b>3,7</b>	<b>156.600</b>	<b>1,9</b>
<b>3-Schicht</b>	<b>126.900</b>	<b>2,6</b>	<b>234.900</b>	<b>1,3</b>

EnviroTex GmbH 

Die Vorteile beim Einsatz von Wärmetauschern bzw. bei Verwendung von erwärmten Frischwasser in der Färberei/Vorbehandlung sind

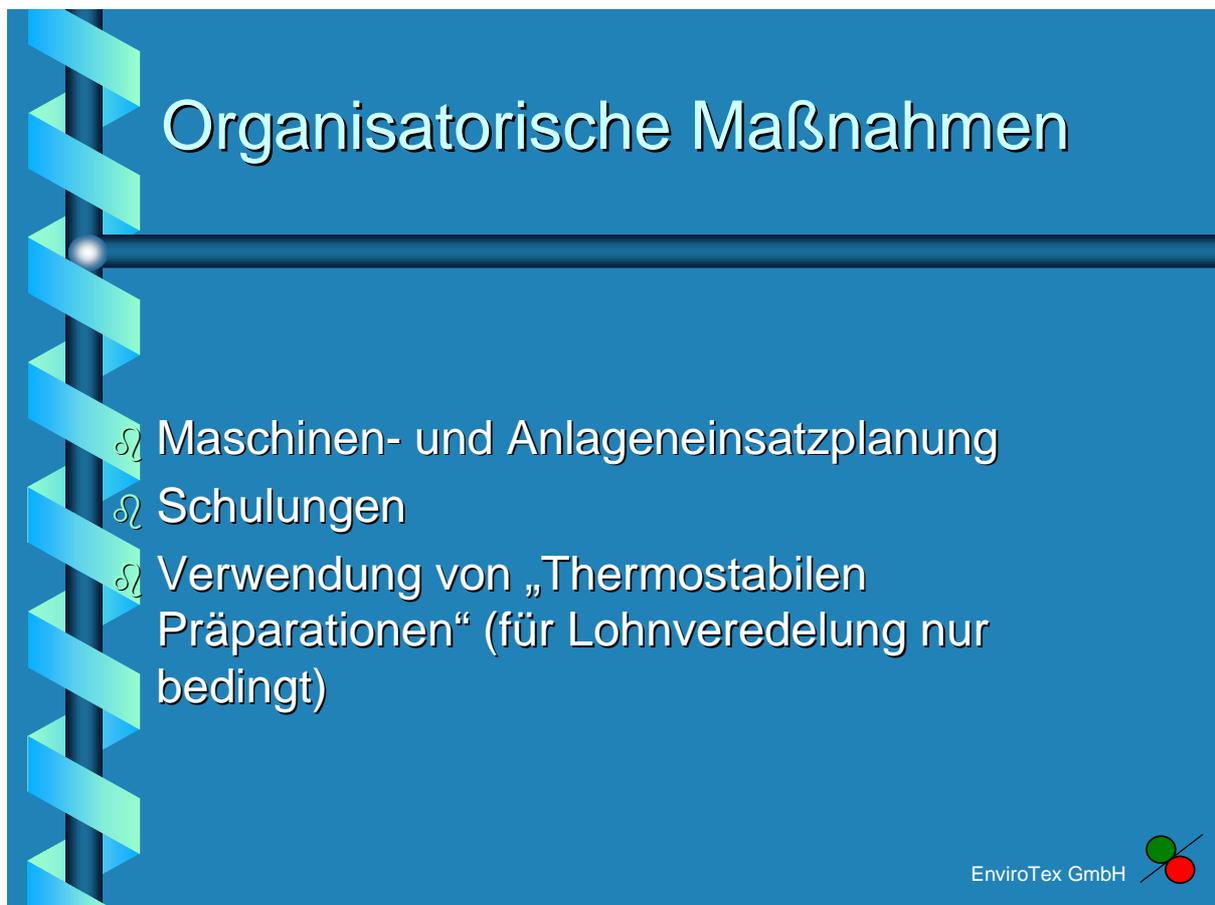
- ⇒ Energieeinsparung bis zu 60 %
- ⇒ Entlastung des Dampfkessels
- ⇒ Verkürzung der Aufheizzeiten bei Färbevorgängen
- ⇒ Reduzierung der Abwassereinleittemperaturen in die Kanalisation
- ⇒ Verkürzung der Spülzeiten und Verringerung der Abwassermenge

## Zusammenfassung

Trotz eines hohen Anteils der Energiekosten an den Produktionskosten fehlen den Betrieben der Textilveredelungsindustrie oft genauere Kenntnisse über die technisch machbaren und wirtschaftlich rentablen Energiesparmöglichkeiten.

Die Untersuchungen bei den Projektbetrieben ergaben, dass die jeweilige Betriebssituationen großen Einfluss auf die zahlreich vorhandenen Möglichkeiten zur rationellen Energienutzung hat. Ein zufriedenstellendes Ergebnis kann in der Regel nur durch die Kombination von organisatorischen und technischen Maßnahmen erreicht werden.

An erster Stelle von Einsparungsmaßnahmen stehen organisatorische Maßnahmen.



# Organisatorische Maßnahmen

- ∞ Maschinen- und Anlageneinsatzplanung
- ∞ Schulungen
- ∞ Verwendung von „Thermostabilen Präparationen“ (für Lohnveredelung nur bedingt)

EnviroTex GmbH 

Sie erfordern in der Regel weder Investitionen noch Betriebskosten.

Zu berücksichtigen ist allerdings, die für die Branche – insbesondere bei Lohnveredelungsbetrieben – typische just-in-time-Produktion, die eine ökologisch bzw. energetisch optimierte Disposition nur selten erlaubt.

Auch Schulungsmaßnahmen bzw. Bewusstseinsbildung für Energiefragestellungen innerhalb der Belegschaft sind in ihrer Wirkung auf den Energieverbrauch nicht zu unterschätzen.

Im Einzelnen wurden die auf nachfolgender Folie ersichtlichen technischen Maßnahmen als Schwerpunkte erkannt.

# Technische Maßnahmen

- Ω Wärmedämmung (Gebäude, Maschinen)
- Ω Einsatz Regelungs- und Steuerungstechnik
- Ω Verwendung von Energiesparmotoren
- Ω Überprüfung Druckluftnetz
- Ω Abwasser-WRG in Vorbehandlung u. Färberei
- Ω Abluft-WRG vor allem bei Energieerzeugung und Hochtemperaturveredelungsprozessen
- Ω Einsatz von KWK

EnviroTex GmbH



Neben Maßnahmen zur Wärmedämmung an Gebäuden, Anlagen (Spannrahmen, Färbeaggregate usw.) und Leitungen sind vor allem die Auswahl energetisch vorteilhafter Fertigungstechnologien sowie geeigneter Regelungs- und Steuerungstechniken (feuchtigkeitsgeregelte Abluftsteuerung, Restfeuchteregeleung etc.) von Bedeutung.

Bei Neu- oder Ersatzanschaffung von elektrischen Motoren sollten immer Energiesparmotore zur Ausführung kommen. Die Umstellung von intakten Beleuchtungsanlagen rechnet sich unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten in der Regel nicht. Bei Ersatzvornahme sollten aber Energiesparlampen zur Ausführung kommen.

Einsparpotenziale existieren in der Regel im Bereich der Druckluftversorgung. Durch regelmäßige Kontrolle und Wartung der Druckluftherzeugung und des Druckluftnetzes sowie deren Verbraucher, lässt sich der Einsatz der elektrischen Energie z.T. erheblich senken.

Ein kurzfristig für die Branche nutzbares Potenzial liegt im Bereich der Abwasserwärmerückgewinnung in den Bereichen Vorbehandlung und Färberei. Trotz bereits schon existierender Rückgewinnungssysteme bestehen in den Betrieben in diesem Bereich teilweise noch weitere erhebliche Einsparmöglichkeiten mit kurzen Amortisationszeiten (größtenteils kleiner ein Jahr).

Grundsätzlich gilt diese Aussage auch für den Bereich der Abluft. Während im Bereich der Kesselanlagen bereits mehrstufige Wärmerückgewinnungssysteme als Standardmaßnahme im Betrieb (möglich) sind, scheitert eine Nutzung der Abwärmemengen an Spannrahmen jedoch

oft an der Integration des zurückgewonnenen Energiepotenzials im Betrieb. Die Situation lässt sich bei Neuinvestitionen verbessern, wenn Zuluftführungssysteme vorgesehen werden.

Die Neuanschaffung von Trocknungsaggregaten senkt durch die mittlerweile generell verbesserte Technik (z.B. höherer Durchsatz, effizientere Steuerung, bessere Isolierung) nachhaltig die spezifischen Energieverbräuche. Voraussetzung ist jedoch eine hohe Auslastung des Aggregates.

Weiteres Einsparpotenzial ergibt sich durch die Einführung von sogenannten „Thermostabilen Präparationen,.. Sind textile Flächengebilde mit thermostabilen Präparationen ausgestattet, kann in der Vorbehandlung die Vorwäsche weniger intensiv gestaltet werden oder sogar auf ein Waschen verzichtet werden. Neben dem spezifischen Energieverbrauch reduzieren sich die Produktionszeiten in der Vorbehandlung. Der Lohnveredelungsbetrieb hat jedoch auf die textilen Vorstufen (Faser/Garn/Flächenherstellung), bei denen Präparationsmittel zum Einsatz kommen, nur indirekten Einfluss.

Der Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen ist bei hohen Jahresbestriebsstunden und bei Abnahme der entsprechenden elektrischen Energie und auch der Wärmeenergie im Unternehmen sinnvoll und wirtschaftlich. Das zukünftige Gesetzgebungsverfahren (Zertifikatshandel) kann die Wirtschaftlichkeit nachhaltig verbessern. Der gleichzeitige Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungs- und Wärmerückgewinnungsanlagen bedarf jedoch einer sorgfältigen Planung.

Bei der Installation von Techniken zur Energieeinsparung sollte man immer auch die Auswirkungen einer Einzelmaßnahme auf den Gesamtbetrieb betrachten. Insellösungen sind in der Regel nicht sinnvoll. Es sollte, unter Berücksichtigung der IST-Situation und der ggf. geplanten mittelfristigen Veränderungen ein gesamtheitliches Energiekonzept erstellt werden.

Energiesparmaßnahmen tragen oft auch zur Verbesserung der Arbeitsplatzqualität bei, insbesondere zur Verminderung von Hitzebelastungen und Unfallquellen. Es gilt jedoch anzumerken, dass die Wärmeabstrahlung der Veredelungsmaschinen häufig die alleinige Raumheizung darstellen.

Der Anteil der Energiekosten bezogen auf den Umsatz, bzw. spez. Energiekennzahlen (Bsp.: Energieverbrauch bezogen auf die produzierte Textilmenge) unterscheiden sich von Betrieb zu Betrieb. Auch bei der Betrachtung identischer Veredelungsprozesse ergeben sich signifikante Unterschiede wenn man unterschiedliche Betriebe bzw. Produktionslinien betrachtet. Die - für den stark den Modeerscheinungen unterliegenden Textilveredelungsbetrieb typischen - häufig wechselnden Warenqualitäten und Partigrößen etc. lassen Allgemeinaussagen für die Branche nicht zu. Deshalb ist Kennzahlenbildung für die Textilveredelungsindustrie und damit ein Benchmarking bzgl. der Energienutzung zwischen verschiedenen Betrieben kaum möglich. Vielmehr empfiehlt es sich betriebsspezifische Kennzahlen zu erarbeiten, diese permanent weiter zu verfolgen und zu verfeinern. Dies stellt die Basis nicht nur für eine zuverlässige Information über das eigene Unternehmen dar, sondern lässt auch Langzeitbeobachtungen bis auf einzelne Prozessschritte hin zu. Den Textilveredelungsbetrieben wird empfohlen die wesentlichen Energiedaten sowohl betriebs- als auch prozessbezogen zu erfassen und auszuwerten so dass sie innerhalb des betrieblichen Informationssystems als eine im ökologischen und ökonomischen Sinne wertvolle Entscheidungsgrundlage zur Verfügung stehen.

# Möglichkeiten und Voraussetzungen der KWK in der Textilveredelungsindustrie

**Dipl.-Wirtsch.-Ing. Erich Maurer, Energieagentur Oberfranken**

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sind trotz ihres positiven ökologischen Effektes seit der Liberalisierung des Strommarktes und der daraus resultierenden Verringerung der Strombezugskosten unter erheblichen wirtschaftlichen Druck geraten. Dies wird noch verstärkt durch den momentanen Anstieg der Primärenergieträger Heizöl und Erdgas. Wenn auch mittelfristig mit einer Verbesserung dieser Rahmendaten zu rechnen ist, so stellt sich doch die Frage, ob sich auch für diese Ausgangssituation sinnvolle Lösungsansätze für Kraft-Wärme-Kopplung in der Industrie, speziell der Textilindustrie finden lassen. Als Beispiel wird nachfolgend ein Betrieb der Textilveredelungsindustrie angeführt und die Auswirkungen einer KWK-Integration dargelegt.

## Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067/6025

Die Entscheidung für oder gegen eine Energieversorgungsvariante ist immer eine Entscheidung unter mehreren Alternativen. So ist es wichtig, im Vorfeld die zur Verfügung stehenden Varianten auf ihre wirtschaftlichen Auswirkungen zu vergleichen. Dabei sollte immer eine Vollkostenrechnung zugrunde gelegt werden. Die wesentlichen Komponenten und Verfahren einer Vollkostenrechnung sind in der VDI-Richtlinie 2067/6025 festgelegt. Folgende Kostenarten werden dabei berücksichtigt:

- investitionsabhängige Kosten (Kapitalkosten)
- verbrauchsabhängige Kosten (Verbrauchsdaten)
- betriebsabhängige Kosten (Betriebskosten)
- sonstige Kosten

Zur Bestimmung der Kapitalkosten wird die Kosten-Annuitätenmethode herangezogen. Damit werden sowohl die Verzinsung als auch die Tilgung des Investitionsbetrages abgedeckt.

Der Investitionsbetrag setzt sich zusammen aus allen notwendigen Beträgen, die zur Errichtung einer Energieversorgungsanlage notwendig sind. Für die Integration einer KWK-Anlage zum Beispiel sind dies Kosten für

- KWK-Anlage und Spitzenkessel mit Hilfs- und Nebeneinrichtungen
- den Gebäudeanteil, z.B. Erweiterungsbauten, mit allen Ver- und Entsorgungsanschlüssen und dem Gasanschluß
- elektrische Einbindung und Komponenten
- die Planungsleistung

Bei einem Kostenvergleich verschiedener Varianten sind meistens die Kosten für die hausinterne Verteilung der Energie nicht enthalten, da sie für alle Varianten identisch sind und daher keinen Einfluß auf die ökonomische Entscheidung haben.

Die Verbrauchskosten beinhalten die Kosten für Brennstoffe und Hilfsstoffe.

Betriebskosten sind Wartung (z. B. Vollwartungsvertrag) und Instandhaltung, Schornsteinfe-  
ger, TÜV, Personalkosten.

Sonstige Kosten sind z. B. Steuern, Versicherung (bei Gas-Öl-Zweistoffbrenner für Öltank)  
und Verwaltung.

Um den Kostenvor- oder nachteil einer Wärmeversorgung mit KWK ermitteln zu können,  
muß eine Vergleichsrechnung mit der konventionellen Energieversorgung durchgeführt wer-  
den.

Exemplarisch werden die relevanten Investitionen und Kosten der konventionellen Versor-  
gung des Betriebes zugrunde gelegt, die meist über dezentrale Gas-/Ölheizungen erfolgt.

### Investitionen und Kosten einer KWK-Lösung

Zu Beginn der Wärmeversorgung müssen alle für den Wärmeverbund relevanten Bestandteile  
investiert werden. Diese sind die KWK-Anlage, Steuer- und Regelungstechnik, bei Anschluß  
neuer Gebäudeteile die notwendigen Wärmeleitungen und die Komponenten der elektrischen  
Einbindung des Aggregates.

Für eine erste Abschätzung der Investitionsbeträge der KWK-Anlage auf Motorbasis kann  
eine Studie des Energiereferates der Stadt Frankfurt herangezogen werden.

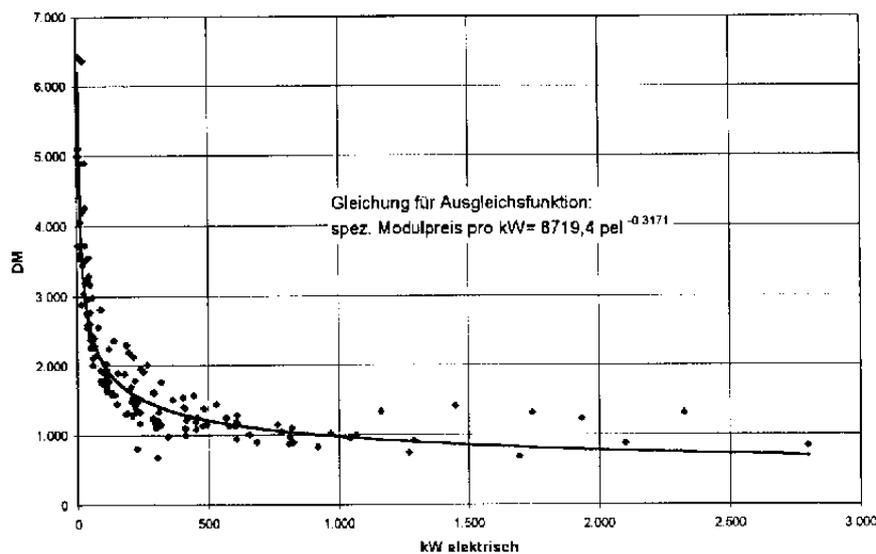
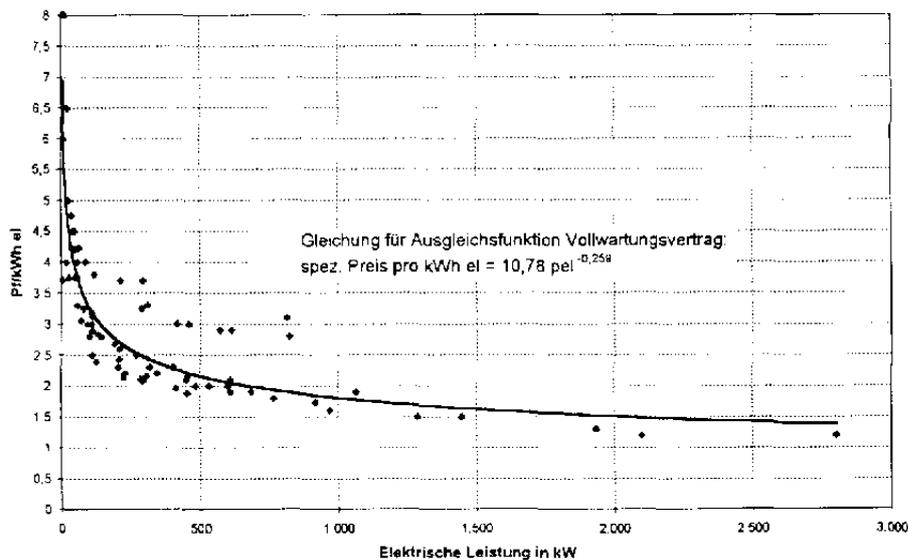


Abbildung 1: Investitionen KWK

Dort werden jährlich Ausschreibungen durchgeführt und von vielen KWK-Herstellern die  
jeweiligen Investitionen abgefragt. Nachfolgendes Diagramm stellt die spezifischen Investiti-  
onen je Kilowatt elektrischer Leistung dar. Die Beträge schwanken zwischen 6.000 DM/kW<sub>el</sub>  
bei sehr kleinen Anlagen und ca. 900 DM/kW<sub>el</sub> bei Anlagen größer 1.000 kW<sub>el</sub>. Seit Mitte  
September ist eine aktualisierte Investitionsfunktion vom Frankfurter Energiereferat zu erhal-  
ten, die eine Absenkung der Investitionen um ca. 20 % zur obigen Tabelle angibt.

Bei den Kosten für Hilfsenergie ist vor allem der Strombedarf für den Kesselbetrieb und für Netzpumpen bedeutsam (ca. 2,5 % der Wärmeenergie).

Die Betriebskosten für Wartung und Instandhaltung umfassen auch die Kosten für einen Vollwartungsvertrag, der idealerweise mit dem KWK-Hersteller oder einer autorisierten Fachfirma abzuschließen ist. Falls der Betreiber einer KWK-Anlage nicht auf qualifiziertes Personal zurückgreifen kann, stellt ein Vollwartungsvertrag die einfachste und unproblematischste Betriebsweise dar. Auch für diesen Bestandteil werden vom Energiereferat der Stadt Frankfurt jährlich Angebote eingeholt. Die spezifischen Kosten eines solchen Vertrages werden je Kilowattstunde elektrischer Energie angegeben und sind nachfolgender Grafik zu entnehmen.



**Abbildung 2: Vollwartungsvertrag KWK**

Die sonstigen Kosten eines Wärmeverbundes beinhalten vor allem die Verwaltungskosten, daneben auch Steuern und Versicherungen.

### **Strombewertung der KWK**

Ein weiteres Kriterium zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einer KWK-Anlage und damit des gesamten Nahwärmeverbundes ist die Vergütung des im KWK-Aggregat erzeugten Stromes. Dabei ist zu beachten, daß KWK-Anlagen kleiner  $2 \text{ MW}_{el}$  und einem Nutzungsgrad von über 70 Prozent von der Stromsteuer in Höhe von 2,5 Pf/kWh befreit sind. Für das produzierende Gewerbe sind 20 % dieses Betrages relevant (ab einem Verbrauch von 50 MWh/a 0,5 Pf/kWh). Die anzusetzende Strombewertung kann allerdings stark variieren. Am einfachsten ist eine Rückspeisung in das Netz des regionalen Stromversorgers nach der sogenannten Verbändevereinbarung. Dafür wird derzeit allerdings eine Vergütung von ca. 5 Pfennigen je Kilowattstunde bezahlt. Dabei werden die vermiedenen Kosten der Strombeschaffung beim Netzbetreiber angesetzt. Da die Vergütungssätze unter ein für die Wirtschaftlichkeit vertretbares Maß abgefallen sind, müssen alternative Möglichkeiten untersucht werden, wie zum Beispiel:

- **Stromeigennutzung:** Neben der Nutzung der vom KWK-Aggregat bereitgestellten Wärme wird auch der bereitgestellte Strom in den angeschlossenen Gebäuden, Maschinen genutzt.
- **Durchleitung zu sonstigen Verbrauchern:** Die seit April 1998 gültige Liberalisierung erlaubt die Durchleitung des im KWK-Aggregat erzeugten Stroms zu weiteren Verbrauchern. Diese können auch hunderte von Kilometern entfernt liegen. Idealerweise sollten hier nahegelegene Zweigstellen oder angegliederte Unternehmen ausgewählt werden.
- **Mischung aus beiden Möglichkeiten**

Dabei können folgende Probleme auftreten:

- **Konkurrenz zu regionalem Versorger:** Der Betrieb wird derzeit vom regionalen Stromversorger beliefert. Demnach entsteht eine Konkurrenzsituation zu diesem Versorger. Dieser kann mit neuen Strompreisen versuchen, die KWK-Anlage ökonomisch zu verschlechtern.
- **Tarifgestaltung für Reststrombezug:** Da nur sehr selten eine komplette Stromeigenversorgung über das KWK-Aggregat gewährleistet werden kann, muß mit dem Stromversorger über den Bezug von Reststrom verhandelt werden. Auch bei einem Ausfall des KWK-Aggregates muß eine Stromversorgung vertraglich festgelegt werden. Hier ist allerdings die Liberalisierung behilflich, da nun unter mehreren Versorgern ausgewählt werden kann.
- **Berechnung und Verhandlung über Durchleitungsentgelte:** Für die Durchleitung des Stroms zu anderen Verbrauchern und Betriebsstandorten muß das jeweilige Stromnetz genutzt werden. Seit Januar 2000 ist eine neue Durchleitungsentgeltregelung in Kraft, deren Anwendbarkeit deutlich besser und deren Durchleitungsgebühr deutlich geringer ist als die frühere Verordnung. Aber auch auf Grundlage dieser vereinfachten Berechnung sind noch Probleme vorhanden.

## **Veränderungen durch rechtliche Rahmenbedingungen**

Wenn die derzeitige Bundesregierung am CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel von 25 % bis zum Jahre 2005 und ihren Plänen zum Atomausstieg festhalten wird, müssen günstige Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen geschaffen werden.

Ein erster Schritt wurde durch die seit April 1999 eingeführte Ökosteuer getan, indem der Einsatz von KWK-Anlagen mit Steuervorteilen begünstigt wird. Dies war dringend erforderlich, da aufgrund der Liberalisierung der Strommärkte und der daraus resultierenden Preisreduktion für elektrische Energie Investitionen in KWK-Anlagen mit einer höheren ökonomischen Unsicherheit behaftet sind.

Weitere gesetzliche Veränderungen sind derzeit bereits in Kraft getreten oder geplant:

- **Verbändevereinbarung II** regelt die Berechnung der Durchleitungsentgelte und die Guttschrift an das KWK-Aggregat aufgrund der Netzentlastung.
- **KWK-Quotenregelung** soll ab Mitte 2001 auf Basis des momentanen KWK-Anteils durch eine festgelegte Steigerungsrate und einen Zertifikatshandel einen Ausbau der KWK ermöglichen.

Nachfolgend wird auf die wichtigsten Veränderungen detailliert eingegangen.

Ende April 1998 ist das Gesetz zur Neuordnung des Energiewirtschaftsrechts in Kraft getreten. Für die Kraft – Wärme – Kopplung haben vor allem die Regelungen zur Stromlieferung und –durchleitung und die Verbilligung des Stroms Bedeutung. Die am 1. April 1999 in Kraft getretene erste Stufe der Ökologischen Steuerreform (Stromsteuergesetz und Mineralölsteuergesetz) enthält ebenfalls einige für die Kraft-Wärme-Kopplung bedeutsame Festlegungen:

- KWK – Anlagen sind vollständig von der Mineralölsteuer befreit, falls diese einen Jahresnutzungsgrad über 70 % aufweisen. Bei einem Nutzungsgrad zwischen 60 und 70 % wird nur die seit 1.4. gültige Mineralölsteuer erlassen. Unter 60 % Nutzungsgrad wird die volle Steuer fällig.
- Bei Strom-Eigenerzeugung aus Anlagen bis zu einer Leistung von 2 MW<sub>el</sub> muß außerdem keine Stromsteuer entrichtet werden. Dabei wird Contracting mit Eigenerzeugung gleichgesetzt.

Die seit kurzem gültige Verbändevereinbarung II regelt die Durchleitungsentgelte für den Transport der elektrischen Energie im deutschen Stromnetz. Dies ist für KWK-Anlagen wichtig, die neben einem Eigenverbrauch der elektrischen Energie auch die Belieferung anderer Abnehmer vornehmen. Des Weiteren ist in der Verbändevereinbarung die Vergütung für die Netzentlastung geregelt. Dies wird erforderlich, da eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage den Transport elektrischer Energie vom zentralen Großkraftwerk zum Verbraucher verringert. So wird der Anlage jede höhere Netzebene als die Einspeiseebene gutgeschrieben.

Da sich aufgrund der starken Preisreduktionen durch die Liberalisierung des Strommarktes für viele KWK-Anlagen eine sehr schwierige wirtschaftliche Situation ergeben hat, wurde von der Regierungskoalition ein neues Instrumentarium geschaffen, das ab Mitte 2001 die Stromerzeugung aus KWK-Anlagen unterstützen soll. Diese sogenannte Quotenregelung wird ausgehend vom derzeitigen Anteil der KWK-Stromerzeugung einen jährlichen Ausbau vorschreiben. Wenn ein Endkundenversorger diese vorgeschriebene Quote nicht durch eigene Anlagen erfüllen kann, ist er gezwungen, KWK-Stromzertifikate zuzukaufen. Der Verkäufer dieser Zertifikate ist dabei nicht verpflichtet, die elektrische Energie an den Versorger zu liefern. Der Endkundenversorger überträgt auf den Verkäufer der Zertifikate (KWK-Betreiber) lediglich einen gewissen Anteil seiner zu leistenden KWK-Quote, die der Verkäufer für den Zertifikatspreis übernimmt. Falls ein Versorger die geforderte Quote nicht erfüllt, wird eine Strafgebühr je Kilowattstunde festgelegt. Diese Strafgebühr legt auch gleichzeitig den Höchstpreis der Zertifikate fest, da kein Versorger mehr für das Zertifikat am Markt bezahlen wird, als Strafgebühr bei Nichterfüllung erhoben wird.

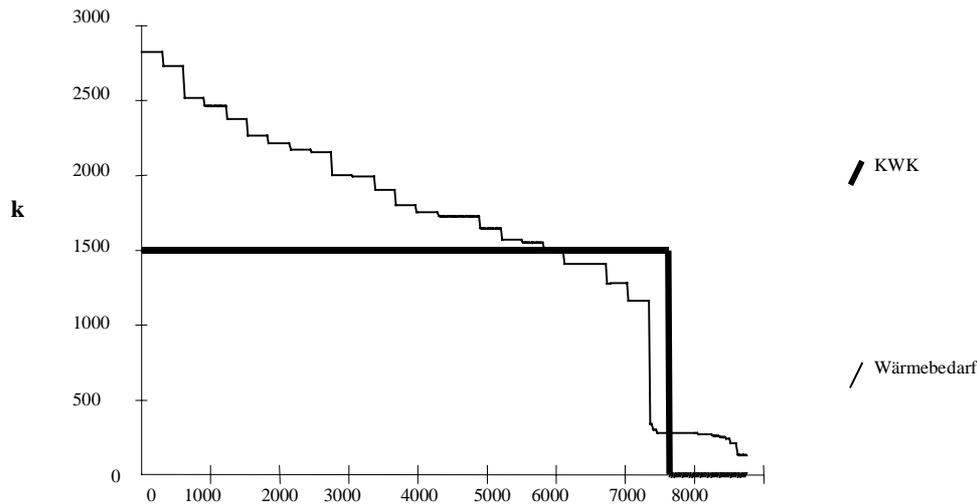
### **Beispielrechnung Textilveredelungsindustrie**

Nachfolgend wird exemplarisch für einen Betrieb der Textilveredelung mit einer KWK-Versorgung eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt.

Zuerst wird der Wärme- und Strombedarf des Betriebes bestimmt und aufbauend auf den ermittelten Auslegungsgrößen das KWK-Aggregat optimiert.

## Wärmebedarf

Für das beispielhaft herangezogene Unternehmen werden die relevanten Wärme- und Stromverbrauchsdaten aus den Rechnungen der vorangegangenen Jahre erfaßt und aufbauend auf diesen Werten typische Tageslastgänge und eine Jahresdauerlinie erstellt. Da die KWK-Anlage auch den Strombedarf des Betriebes decken soll, ist gleiches Vorgehen auch für die elektrische Energie notwendig. Nachfolgend ist die Jahresdauerlinie der Wärme und das optimierte KWK-Aggregat dargestellt:



Auf Grundlage dieser Dimensionierung und Betriebsweise der KWK-Anlage im Beispielbetrieb ergeben sich für die Bilanz der elektrischen Energie folgende Zahlen:

Daraus ergibt sich die folgende Beispielrechnung der Gasturbinenanlage mit 500 kW elektrischer und 1500 kW thermischer Leistung. Die Volllaststundenzahl pro Jahr beträgt 7.500 Stunden.

	Investition	Nutzungszeit	Annuität Zins 6 %	Kosten [DM/a]
KWK-Anlage	620.000	15	0,1030	63.837
vorhandene Wärmeerzeugung als Spitzenkessel	0	20	0,0872	0
Abhitzeessel	210.000	20	0,0872	18.309
Rohrleitungen, Pumpen Armaturen	100.000	20	0,0872	8.718
MSR-Technik, Leittechnik	60.000	20	0,0872	5.231
elektrischer Anschluß	25.000	30	0,0726	1.816
Kaminsanierung	50.000	50	0,0634	3.172
15 % Planung, Genehmigung und Sonstiges	159.750	30	0,0726	11.606
<b>Gesamte Investition und Kosten</b>	<b>1.224.750</b>			<b>112.689</b>

	[DM/a]
<b>Gesamte Jahreskosten der KWK-Anlage</b>	
Kapitalkosten	112.700
Wartung, Betrieb, Instandhaltung, 1,5 % der Investition ohne Gasturbine	9.100
Vollwartung KWK 10 DM/MWh <sub>el</sub> , MWh/a	37.500
Arbeitspreis Gas (incl. Mineralölsteuererlaß in Höhe von 4,2 DM/MWh)	948.700
Wärmegutschrift, konvent. Anlage, Nutzungsgrad 85%	-711.450
Stromvergütung, 480 MWh/a x 50 DM/MWh <sub>el</sub>	-24.000
Stromvergütung, 3.270 MWh/a x 120 DM/MWh <sub>el</sub>	-392.400
<b>Jahresgesamtkosten</b>	<b>-19.850</b>
optional Stromvergütung aufgrund Zertifikathandel 30 DM/MWh <sub>el</sub>	-112.500
<b>Jahresgesamtkosten mit Zertifikat</b>	<b>-132.350</b>

Durch die hohe Volllaststundenzahl und eine nahezu vollständige Eigennutzung der von der KWK-Anlage bereitgestellten elektrischen Energie ist die Installation einer KWK-Anlage nach der durchgeführten Gesamtkostenrechnung als gewinnbringend zu bezeichnen. Dies wird durch die Berücksichtigung der geplanten Einführung eines KWK-Zertifikathandels noch erhöht.

Zusammenfassend können folgende Kostenvorteile aufgeführt werden:

Stromsteuererlaß in Höhe von 0,5 Pf/kWh (20 % des Normalsatzes) elektrische Energie.

Erlaß der bisherigen Mineralölsteuer 0,36 Pf/kWh Erdgas.

Erlaß der zus. Mineralölsteuer (Ökosteuer) 0,064 Pf/kWh (20 % des Normalsatzes)

Die Beispielrechnung zeigt, daß für die zugrunde gelegten Investitionen, Energiepreise und für den ermittelten Wärmebedarf eine Versorgung mit einer KWK-Anlage wirtschaftlich ist. Die seit kurzem gestiegenen Erdgaspreise sind allerdings eine neue Kostenbelastung für eine KWK-Anlage. Vor eventuellen Investitionsentscheidungen sollten daher Sensitivitätsanalysen erfolgen.

Obwohl diese Werte durch Erfahrungen bei ausgeführten Anlagen bestätigt wurden, stellt es in einigen Kostenbestandteilen doch nur Durchschnittswerte dar, die im Einzelfall durchaus höher oder niedriger liegen könnten. Daher empfiehlt es sich, vor einer Entscheidung für oder gegen eine Nahwärmeversorgung mit einer KWK-Anlage unbedingt eine Machbarkeitsstudie in Auftrag zu geben. Dabei sollte in jedem Fall auf die Neutralität und Objektivität des Beraters geachtet werden.

Hierbei sind Energieagenturen sinnvolle und wichtige Ansprechpartner. Auch in Bayern, das im Unterschied zu den meisten anderen Bundesländern keine Landesenergieagentur eingerichtet hat, ist ein flächendeckendes Netz von unabhängigen Energieagenturen, gegründet durch regionale Akteure, vorhanden. Diese können dem Industriebetrieb eine wichtige Hilfestellung bei der Entscheidung für oder gegen eine KWK-Anlage bieten.

## Methodisches Vorgehen bei der Auslegung und Einsatzanalyse der KWK-Anlage

- 1. Zusammentragen der verfügbaren Energiebedarfsdaten des Versorgungsobjekts**  
(Strom-, Wärme- und Kältebedarf)
- 2. Prüfen der technischen Möglichkeiten einer Einbindung**  
(Vorhandene Anlagentechnik, Raumgröße, Brennstoffversorgung)
- 3. Konstruktion der Jahresdauerlinie der Führungsgröße**  
(i. allg. der Wärmebedarf, Bsp. Prozeßwärme oder -Kälte)
- 4. Prüfen konkurrierender Maßnahmen**  
Reduktion des Wärmebedarfs durch WRG, Strombezugsoptimierung,
- 5. Prüfen der gesetzlichen Rahmendaten**  
Öko-/Stromsteuer, Liberalisierung der Energiemärkte, Verbändevereinbarung II, KWK-Vorschaltgesetz, Quoten/Zertifikatsmodell

## Mögliche technische Optionen der KWK-Nutzung

- 1. Gasturbinen**  
(Temperaturen bis 450 °C möglich)
- 2. Blockheizkraftwerke**  
(Motorentchnik, Temperaturen bis 100°C)
- 3. Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung**  
(Abdecken des Prozeßwärme- und Kältebedarfs des Betriebes)

## Möglichkeiten der Stromnutzung der KWK

- Einspeisung des Stroms in das Netz des vorgelagerten Energieversorgers nach derzeit gültiger Einspeisevergütung
- Nutzung des KWK-Stroms in den eigenen Gebäuden
- Zusammenschluß mehrerer Verbraucher zu einem Bilanzkreis
- Durchleitung zu sonstigen Verbrauchern

## Probleme

- Durch Liberalisierung der Strommärkte ist der Strombezugspreis und die Einspeisevergütung des Versorgers erheblich gesunken
- Konkurrenz zu vorgelagertem Stromversorger
- Berechnung der Durchleitungsentgelte

## Vorteile durch die Ökosteuer für die KWK

- KWK-Anlage mit einem Nutzungsgrad zwischen 60 und 70 % ist von der neuen Mineralölsteuer (Ökosteuer) befreit
- KWK-Anlage mit einem Nutzungsgrad über 70 % ist von der gesamten Mineralölsteuer befreit
- KWK-Anlage mit einer elektrischen Leistung unter 2 MW ist von der Stromsteuer befreit.
- Ab Mitte 2001 ist eine KWK-Quote mit Zertifikathandel vorgesehen

## Verbändevereinbarung II

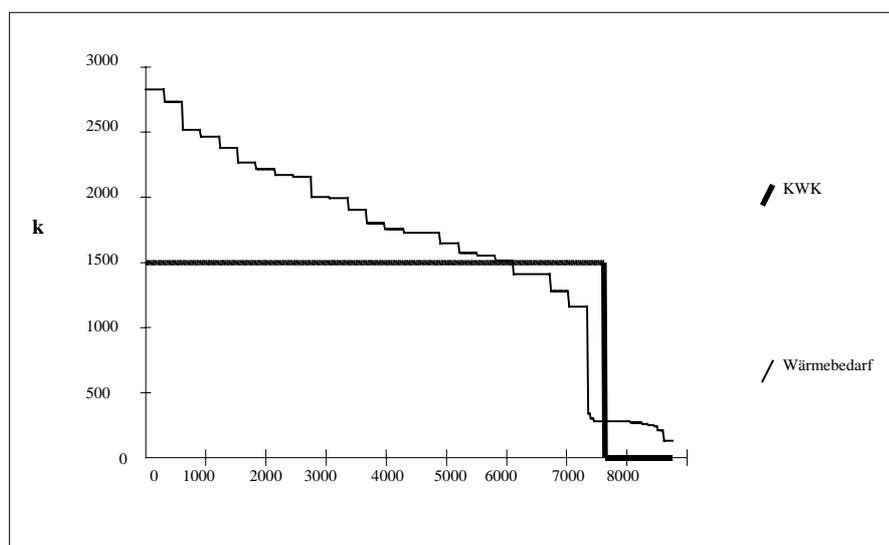
- Durch die Verbändevereinbarung II ist dem KWK- Betreiber eine Gutschrift für die Netzentlastung zu erteilen. Grundlage ist der Einspeisepunkt des KWK.

### •KWK-Quotenregelung ab Mitte 2001 ?

- Grundlage der Quote ist der momentane KWK-Stromanteil.
- Ausbau dieses Anteils über einen vorgeschriebenen Zeitraum.
- Diejenigen Endversorger, deren KWK-Anteil unter der vorgeschriebenen Quote liegt, müssen KWK-Zertifikate zukaufen.
- Der Preis wird mit ca. 2-3 Pfennigen je Kilowattstunde angesetzt.

## Beispielanlage, 500 kW<sub>el</sub>, 1500 kW<sub>th</sub>

### Jahresdauerlinie der Führungsgröße mit KWK-Anlage



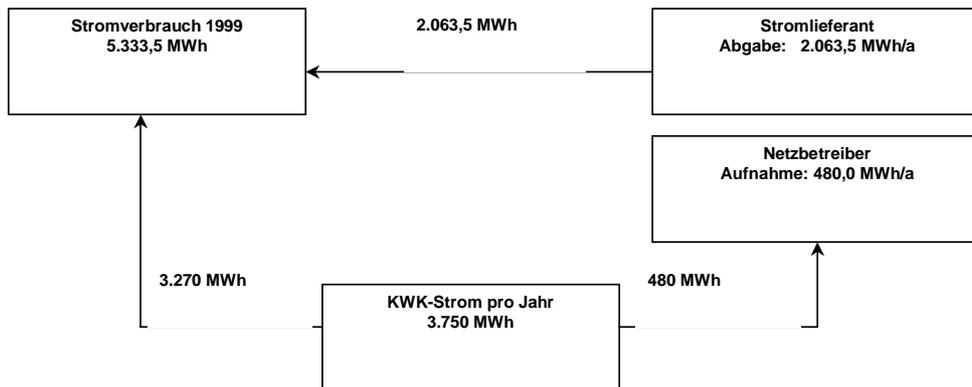
## Wirtschaftlichkeitsrechnung der KWK-Anlage

	Investition	Nutzungszeit	Annuität Zins 6 %	Kosten [DM/a]
KWK-Anlage	620.000	15	0,1030	63.837
vorhandene Wärmeerzeugung als Spitzenkessel	0	20	0,0872	0
Abhitzeessel	210.000	20	0,0872	18.309
Rohrleitungen, Pumpen Armaturen	100.000	20	0,0872	8.718
MSR-Technik, Leittechnik	60.000	20	0,0872	5.231
elektrischer Anschluß	25.000	30	0,0726	1.816
Kaminsanierung	50.000	50	0,0634	3.172
15 % Planung, Genehmigung und Sonstiges	159.750	30	0,0726	11.606
<b>Gesamte Investition und Kosten</b>	<b>1.224.750</b>			<b>112.689</b>

## Wirtschaftlichkeitsrechnung der KWK-Anlage

	[DM/a]
<b>Gesamte Jahreskosten der KWK-Anlage</b>	
Kapitalkosten	112.700
Wartung, Betrieb, Instandhaltung, 1,5 % der Investition ohne Gasturbine	9.100
Vollwartung KWK 10 DM/MWh <sub>el</sub> , MWh/a	37.500
Arbeitspreis Gas (incl. Mineralölsteuererlaß in Höhe von 4,2 DM/MWh)	948.700
Wärmegutschrift, konvent. Anlage, Nutzungsgrad 85%	-711.450
Stromvergütung, 480 MWh/a x 50 DM/MWh <sub>el</sub>	-24.000
Stromvergütung, 3.270 MWh/a x 120 DM/MWh <sub>el</sub>	-392.400
<b>Jahresgesamtkosten</b>	<b>-19.850</b>
optional Stromvergütung aufgrund Zertifikathandel 30 DM/MWh <sub>el</sub>	-112.500
<b>Jahresgesamtkosten mit Zertifikat</b>	<b>-132.350</b>

## Bilanzgrößen der elektrischen Energie durch KWK-Anlage



## Zusammenfassung der KWK-Vorteile

- Mineralölsteuerbefreiung **75.000 DM/a**
- Stromsteuerbefreiung **18.750 DM/a** (30.000 DM/a 2004)
- KWK-Zertifikathandel **112.500 DM/a** (ab Mitte 2001 ?)
- Gutschrift aufgrund der Entlastung vorgelagerter Netze
- **CO<sub>2</sub>-Einsparung 2.600 Tonnen pro Jahr**

# **Die Bedeutung des Umweltmanagements für Betriebe der Textilveredlungsindustrie**

**Hartmut E. Reetz, TVI-Verband e.V.**

Unternehmen der Textilveredlungsindustrie in Deutschland sind dominant mittelständisch strukturiert. An diese richten sich ganz besonders alle Anforderungen des Umwelt-, Arbeits- und Verbraucherschutzes innerhalb der textilen Kette. Diese Sachzusammenhänge muß man vor dem Hintergrund eines harten globalen Wettbewerbs sehen, der die ökonomischen Spielräume bedrohlich einschränkt.

Nationale rechtliche Regelungen im Umwelt-, Arbeits- und Verbraucherschutz, die weltweit Vorbildcharakter besitzen, engen die Wettbewerbsfähigkeit weiter ein mit der Folge, spezifische Prozesse der Textilveredlung einzustellen, Produktionen zu verlagern oder Betriebe ganz aufzugeben.

Unter diesen erschwerten ökonomischen Bedingungen kann das Umweltmanagement eine Chance für Betriebe auch der TVI sein, um rechtzeitige Weichenstellungen für die Entwicklung neuer Verfahren und/oder Produkte vorzunehmen. Es lassen sich möglicherweise neue Märkte erschließen, die bisher nicht oder nicht in dem erforderlichen Umfang bedient worden sind.

Unbeschadet der Tatsache, daß das öffentlich artikulierte Umweltbewußtsein nicht mit dem Umweltverhalten der Gesellschaft insgesamt kongruent ist, dürfen und können sich Industrie, Gewerbe und Dienstleistungsbereich ihrer Verantwortung für die Umwelt sowie den Schutz der Mitarbeiter und Verbraucher nicht entziehen. Die Textilveredlungsindustrie in Deutschland hat die ihr gestellten Aufgaben aufgegriffen und löst diese im Rahmen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses.

## **Rechtlicher Hintergrund**

Im Zusammenhang mit ihrem 5. Aktionsplan zum Umweltschutz, hat die EU die Öko-Auditverordnung 1836/93 auf den Weg gebracht, die sich im Gegensatz zu Richtlinien unmittelbar an die Betroffenen in der Union richtet. Einer Umsetzung in nationales Recht bedurfte es von daher prinzipiell nicht, wenn man von einigen wenigen Teilen absieht. Auf die Bausteine der VO, die zwischenzeitlich angepaßt und erweitert wurde, soll an dieser Stelle nicht besonders eingegangen werden. Wichtig ist, daß die Teilnahme an diesem System nach wie vor freiwillig ist. Des weiteren ist darauf zu verweisen, daß die Nutzung des System gemeinsam mit der DIN-Normenreihe 14 000 ff ohne Einschränkung möglich ist.

Mit der EG-Öko-Auditverordnung wird Umweltschutz erstmals auf dem Verordnungswege nicht mehr medien- oder anlagenbezogen betrachtet, sondern ganzheitlich unter Einbeziehung aller Rahmenbedingungen geregelt.

## **Nutzenpotentiale**

*„Modernes Umweltmanagement funktioniert nur mit gut informierten und geschulten Mitarbeitern,“* Diesen Satz kann man nicht häufig genug wiederholen, zumal die anspruchsvollen Aufgaben zur Installation eines Managementsystems in die firmenindividuelle Organisation

auf allen Ebenen des Systems spezifisches Wissen und spezifische Erfahrung erfordert. Essentiell – und auch dies kann nicht häufig genug erwähnt werden – ist die Mitwirkung der obersten Leitung im Unternehmen.

Das Umweltmanagementsystem als Instrument der Unternehmensführung ist geeignet, eine Vielzahl innerbetrieblicher Schwachstellen, die regelmäßig Kostenwirkung entfalten, bloßzulegen. In einer Reihe untersuchter bzw. ‚*umweltgeprüfter*‘ Betriebe wurde bestätigt, daß sich schon mit Hilfe einfacher Mittel finanzielle Ressourcen gewinnen lassen, die darüber hinaus den besonderen Charme besitzen, gleichzeitig umweltentlastend zu wirken.

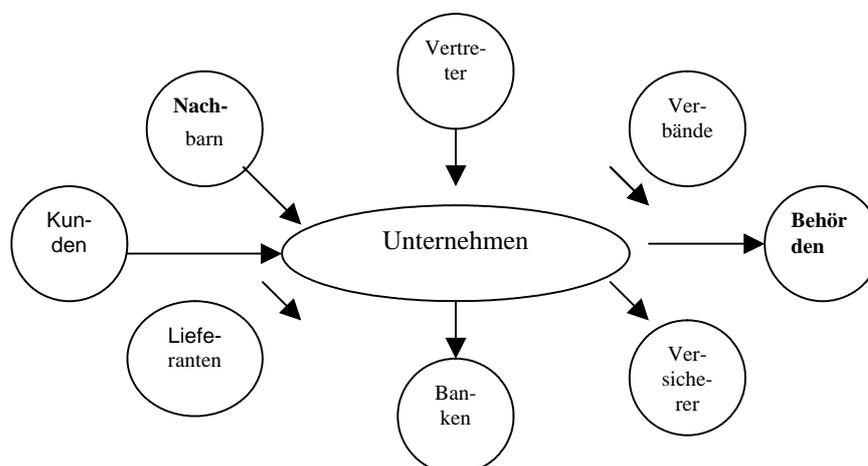
Nutzenpotentiale lassen sich u. a. durch Analyse folgender Bereiche erschließen:

- Energiegewinnung, -verteilung und –nutzung;
- Farbstoffbeschaffung, Rezepturplanung;
- Beschaffen der Veredlungsprodukte, Auswahl nach umwelt- und wirkungsorientierten Kriterien;
- Hilfsstoffbeschaffung, Bewertung und Verwendung;
- Prozeßplanung und –steuerung;
- Erhöhung der Produkte- und Anlagensicherheit;
- Prozeßwasserbeschaffung, -aufbereitung und Wiederverwendung;
- Abwassernutzung.

Diese wenigen, nach innen gerichteten Bereiche, deren weitere Aufsplittung in Subbereiche den Rahmen dieses Beitrags sprengen würde, lassen erkennen, daß die schon oben erwähnten Maßnahmen zur kontinuierlichen Verbesserung vielfältig und lohnend allein im Blick auf ökonomische Zusammenhänge sind.

Nach Erfahrungen des TVI-Verbandes leistet ein zielgerichtetes Mangamentsystem in mittelständischen Unternehmen Beachtliches: Wenn man den Aufwand allein unter Amortisationsgesichtspunkten bewertet – und dies ist völlig legitim – so läßt sich der Amortisationszeitraum bereits in Monaten ausdrücken. Hierbei spielt naturgemäß die Ist-Situation des Betriebes eine ausschlaggebende Rolle.

Betrachtet man die Umgebung eines Unternehmens – und dies nicht nur lokal - , kann man durchaus von einem Spannungsfeld mit all seinen Anspruchspartnern sprechen:



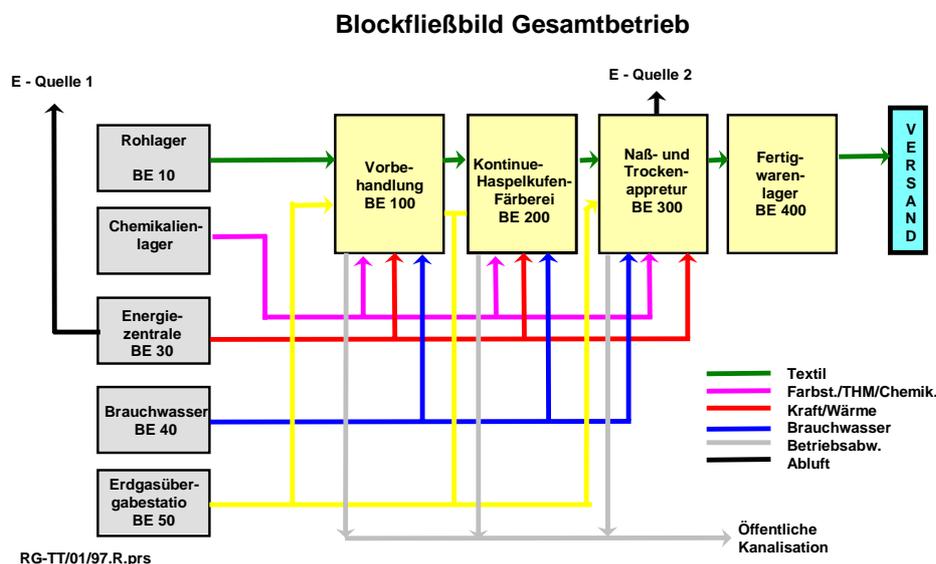
Mit einem eingefahrenen, erprobten Managementsystem, das die Leistungen des Unternehmens auch in Richtung seiner Peripherie transparent werden läßt, wird die Akzeptanz und das gegenseitige Verständnis erheblich gesteigert. Hiermit kann auch die Standortfrage tangiert sein.

## Wege zum Ziel

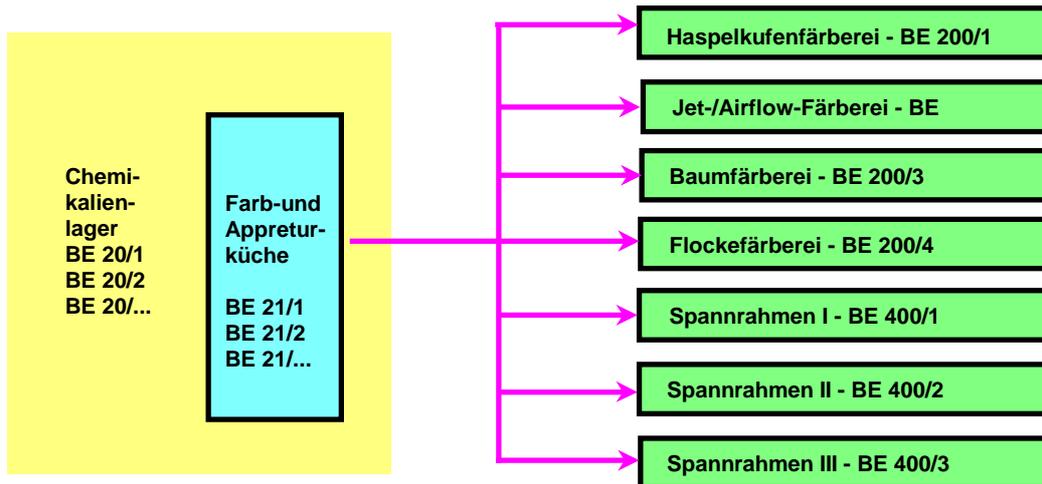
Sieht man von formalen, administrativen Aufgaben ab, die vor Errichtung eines Umweltmanagementsystems zu behandeln sind, ist nach den Erfahrungen des TVI-Verbandes zu empfehlen, zunächst den „gläsernen„ Betrieb zu schaffen. Es ist für alle Beteiligten, die das System schaffen und mit ihm arbeiten müssen ausgesprochen hilfreich, wenn das Unternehmen als Ganzes und die wichtigen Betriebsabteilungen in der darunter liegenden Ebene mit umweltrelevanten Tätigkeiten und ihren Wirkungen auf die Ökosysteme transparent abgebildet werden.

Auf diese Weise entstehen erste Schwerpunkte mit Stoffströmen, die im nächsten Schritt durch Einzelbewertungen zu quantifizieren sind.

Nachfolgend sind Beispiele hierzu veranschaulicht:



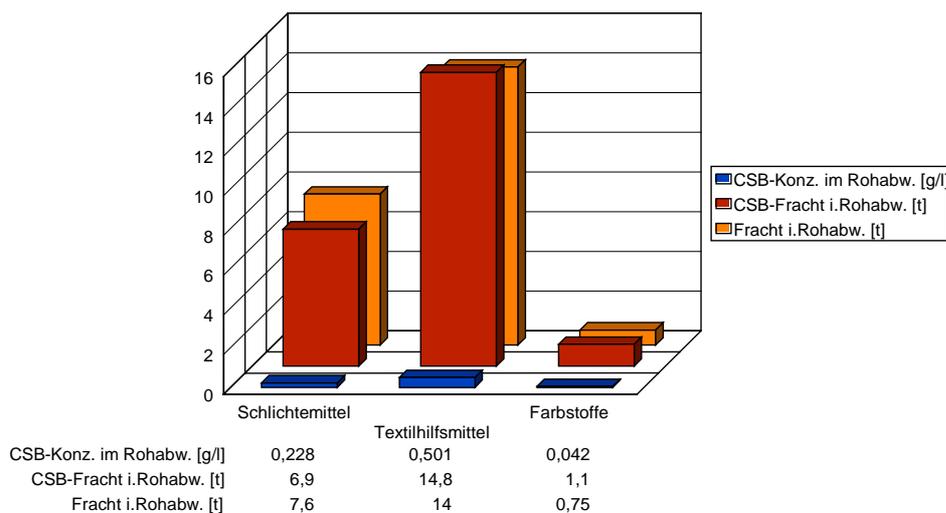
## Gesamtübersicht Veredlung eines TVI-Unternehmens

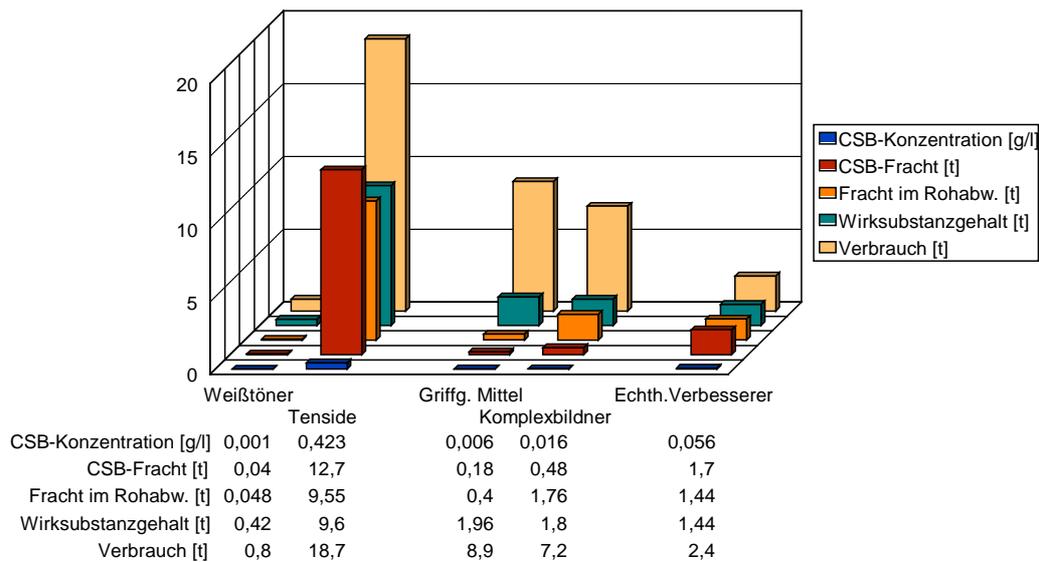


### Veredlungsabteilungen in einem TVI-Unternehmen

Hat man die betrieblichen Gegebenheiten strukturiert, lassen sich nunmehr Massenströme für den gesamten Betrieb und für einzelne Bereiche ermitteln und zuordnen. Dies geschieht ansatzweise rechnerisch. Will man Belastungspotentiale im Blick auf das Vorhandensein von besonders auffälligen Stoffen prüfen, sind Messungen beispielsweise der Innen- oder Abluft bzw. Analysen der Abwasserströme vorzusehen.

Die folgende Beispiele geben Hinweise auf rechnerisch ermittelte Massenströme eines TVI-Betriebes, die zunächst keinen Rückschluß auf besondere Belastungen der Umweltkompartimente erlauben, da zur Stoffart in diesem ersten Screening Hinweise fehlen:





Mittels dieser ersten Untersuchungen eines Unternehmens durch Erfassen spezifischer Stoff- und Materialströme mit Hilfe der 4 Grundrechenarten lassen sich erhebliche Kenntnisse für Maßnahmen zur Reduzierung beispielsweise der Energie-, Wasser- und/oder Stoffeinsätze gewinnen. Bei Prozeßplanung und -durchführung kommt es allerdings auf Detailkenntnisse an, die möglicherweise weitere Untersuchungen bis hin zu Analysen anspruchsvollerer Art erforderlich werden lassen.

### **Zusammenfassung**

Aktive umweltorientierte Betriebsführung ist grundsätzlich Teil unternehmenspolitischer Existenzsicherung. In einem umweltorientiert arbeitendem Unternehmen wird Risikomanagement betrieben.

Es werden

- Kosten (und nicht für umweltschutzbedingte Produktionsausfälle) vermieden;
- es werden Kosten für mögliche Schadensbeseitigung vermieden;
- Imagekampagnen im Störfall sind entbehrlich;
- Produktbeanstandungen lassen sich vermeiden;
- berufsbedingten Erkrankungen wird vorgebeugt.

Diese nur wenigen Beispiele, denen weitere hinzugefügt werden können, sollen deutlich werden lassen, daß die Chancen zur Generierung optimalerer Betriebsweisen mit den angedeuteten Kostenreduzierungen, verbunden mit einer Risikominimierung den Aufwand stets rechtfertigen. Im übrigen sei an dieser Stelle noch darauf aufmerksam gemacht, daß einige Bundesländer zwischenzeitlich an Strukturen arbeiten, die die Betriebe im Blick auf ihre rechtlichen Verpflichtungen entlasten sollen.

Den Unternehmen der mittelständischen Textilveredlungsindustrie wird empfohlen, sich anderen Betrieben, die schon vor Jahren ein Umweltmanagementsystem mit Erfolg eingeführt haben, anzuschließen. Gewinner sind letztlich die Betriebe, ihre Mitarbeiter, Kunden – und vor allem die Umwelt.

# **Neuerungen in der Anlagen- und Verfahrenstechnik für rationalen Energieeinsatz in der Textiltrocknungstechnik - Herstellerkonzepte**

**Helge Freiberg, Monforts GmbH**

In meinem Referat möchte ich zunächst einige allgemeine Grundbegriffe zur Energie in der Textiltrocknungstechnik - oder besser gesagt in der Wärmebehandlungstechnik für Textilien - erläutern und daraus ableiten, wo überhaupt Ansatzpunkte für einen rationalen Energieeinsatz bei der Konzeption von Textilveredlungsmaschinen gegeben sind.

Im zweiten Teil möchte ich am Beispiel der MONFORTS - Spannrahmenanlage MONTEX zeigen, inwieweit die vorgenannten Konzepte verwirklicht werden konnten.

## **Welche Ansätze für einen rationalen Energieeinsatz gibt es bei Textilveredlungsmaschinen?**

Bei der Trockenveredlung von Textilien wird eine Menge Energie physikalisch gesehen für folgende Prozesse benötigt:

1. Verdampfen von Wasser (Trocknen)
2. Aufheizen von Ware (Flächenstabilisieren, Fixieren)
3. Zufuhr von exothermer Energie bei chemischen Prozessen zwischen Veredlungsprodukten und textilem Substrat (Fasern).

Die folgende Wärmebilanz eines Spannrahmenprozesses zeigt, wie sich Wärmezufuhr und Wärmeverbrauch die Waage halten. Hierzu einige Erläuterungen: (Bild 1).

Die zugeführte Wärmemenge ist zunächst einmal die Wärmemenge, die die Spannrahmenumluft dem Heizsystem (Direktgas, Ölumlauf, Dampf usw.) entnimmt. Hinzu kommt die Antriebsenergie für die Luftumwälzung, das ist die Leistung des Umwälzluftmotors. Diese Energie wird zur Überwindung der Reibung benötigt, welche die Umwälzluft an den Kanälen und Düsen innerhalb des Spannrahmens erfährt. Diese Reibung setzt sich in Wärme um und heizt die Umwälzluft zusätzlich auf.

Der Wärmeverbrauch unterteilt sich wie folgt:

1. Prozesswärme: das ist die Wärme, die für den Behandlungsprozeß (Trocknen, Fixieren, Kondensieren) benötigt wird.
2. Wärmemenge zum Aufheizen der zugeführten Frischluft auf Behandlungstemperatur.  
Die zugeführte Frischluft ersetzt die abgeführte Abluft, und zwar muß - physikalisch gesprochen - die gleiche Masse Frischluft zugeführt werden, wie Abluft aus der Behandlungskammer entfernt wird.
3. Verlustwärme: das ist die Abstrahlwärme der Behandlungskammeroberfläche sowie die Wärme, die die beiden Spannrahmenketten beim Austreten aus der Behandlungskammer

vorne und hinten bis zum Wiedereintritt abgeben. Die Verlustwärme ist bei einer gegebenen Behandlungstemperatur konstant, also unabhängig davon, ob der Prozess eine hohe oder niedrige Wärmeleistung verlangt.

Bei der Betrachtung der Wärmebilanz fällt auf, daß die Prozesswärme und die Wärmemenge zur Aufheizung der Frischluft die beiden größten Beträge sind. An der Prozesswärme selbst kann der Maschinenbauer mit seiner Textilveredlungsmaschine praktisch nichts ändern.

Die Wärmemengen zum Wasserverdampfen, zum Aufheizen der Ware sowie die exotherme Wärmemenge für die chemischen Prozesse sind physikalisch chemische Größen und unterliegen den unveränderbaren Gesetzen der Physik und Chemie.

Beeinflussen kann der Maschinenbauer die Übertragung der Wärme von der Luft auf die Ware. Je besser die Wärmeübertragung ist, desto schneller läuft der Trocken- und Aufheizprozeß der Ware ab, während der chemische Prozess im allgemeinen eine bestimmte Zeit benötigt, die auch durch noch so guten Wärmeübergang nicht geändert werden kann.

Grundsätzlich gilt: je besser der Wärmeübergang von Luft zur Ware, desto höher die Trockenleistung, desto schneller die Aufheizung der Ware, desto höher die Produktionsgeschwindigkeit, aber auch desto höher der **absolute** Energieverbrauch.

Trotzdem ist es auch vom energetischen Standpunkt her richtig, eine Maschine mit hoher Wärmeleistung zu bauen, denn - wie bereits vorher erwähnt - gibt es Wärmeverluste am Spannrahmen, welche unabhängig von der Wärmeleistung der Maschine konstant bleiben.

Wenn man also eine **spezifische** Wärmemenge definiert und man dabei sagt, dies ist die Wärmemenge, die für 1 kg Ware gebraucht wird, ergibt sich dann bei höheren Geschwindigkeiten ein spezifisch niedrigerer Energieverbrauch, d.h. die Energiekosten pro 1 kg Ware sind bei einer hohen Maschinenleistung geringer als bei einer niedrigen Maschinenleistung.

Betrachtet man sich den zweiten großen Wärmeverlust - nämlich die Wärmemenge zur Aufheizung der Frischluft - so ist zunächst einmal festzustellen, daß es ohne Abluft bei einem Spannrahmen oder auch beim Hotflueprozeß nicht geht. Das verdampfte Wasser und vor allem auch die verdampften Präparationen, die auf die Ware aufgebracht wurden, müssen aus der Kammer abgeführt werden. Die Abluftmenge muß so klein wie möglich gehalten werden, damit auch die Energiemenge zum Aufheizen der die Abluft ersetzende Frischluft gering ist.

Es ist im allgemeinen bekannt, daß es einen Zusammenhang zwischen dem Dampfgehalt in der Umluft und der Trocknungskapazität gibt, so daß ich mich hier darauf beschränken brauche, daß am wirtschaftlichsten bei einem Dampfgehalt von 14-20 Vol% in der Umluft getrocknet werden kann. Aber wie gering auch immer die Abluftmenge ist, die Wärmemenge, die mit der Abluft aus dem Spannrahmen herausgeführt wird, ist zunächst einmal verloren.

Für den Hersteller von Textilveredlungsmaschinen gibt es demnach folgende Möglichkeiten für einen rationellen Energieeinsatz: (Bild 2).

1. Die Wärmeleistung in einer Behandlungskammer muß möglichst groß sein, d.h. die Trocknungskapazität und die Wärmeübertragung von der Luft auf die Ware müssen hoch sein.

2. Es muß dafür gesorgt werden, daß die Produktionsgeschwindigkeit immer so hoch wie möglich ist; das bedingt richtige Prozessführung mit möglichst kurzen Verweilzeiten sowie eine gute Prozessüberwachung.
3. Die Verlustenergien wie z.B. Abstrahlwärme usw. müssen gering sein.
4. Die Abluftmenge muß überwacht werden und auf ein prozesstechnisches Minimum reduziert werden.
5. Eine sinnvolle Abluftwärmerückgewinnung muß dafür sorgen, daß ein Teil der Energie, die mit der Abluft aus der Wärmebehandlungskammer herausgeführt wird, wieder für den Prozess genutzt werden kann.
6. Maschinenstillstände sind auf ein Minimum zu reduzieren.

### **Maschinenkonzept**

Wie vorher ausgeführt, bringt eine höhere Produktionsgeschwindigkeit durchaus eine Energiekostensparnis, wenn man die Kosten z.B. auf 1 kg produzierte Ware bezieht. Aber nicht nur die spezifischen Energiekosten gehen zurück, sondern auch die Produktionskosten ganz allgemein, weil auch die Fixkosten konstant bleiben, unabhängig davon, ob man eine Maschine schnell oder langsam betreibt. Diese Fixkosten sind - das nur nebenbei - oft 40 - 60 % der Gesamtkosten. Hinter den Fixkosten verbergen sich Lohnkosten, Raumkosten, Kapitalkosten.

Um die Produktionsgeschwindigkeit zu erhöhen, ist es zunächst einmal erforderlich, die Ware problemlos in den gewünschten Zustand an "den Ort der Tat" zu bringen. Bei Monforts sind die Geräte, die dies bewerkstelligen, unter dem Sammelbegriff "Ein- und Auslaufkombination" bezeichnet (Bild 3, 4). Bei der Konstruktion und Auswahl der Geräte kommt es darauf an, daß man sich dem Charakter und den Eigenschaften der jeweils zu behandelnden Qualität anpassen kann, daß eine einfache Bedienung gegeben ist, daß Stillstandszeiten beim Warenwechsel entweder vermieden werden oder wenigstens so kurz wie möglich sind. Dabei weiß jeder, daß Maschenwaren und elastische Waren anders zu behandeln sind als steife Webwaren. Bei ersteren kommt es auf eine möglichst spannungsarme Warenführung an, während bei den zweiten alles getan werden muß, um Kniffe oder Falten zu vermeiden. Die richtige Auswahl der Einlauf- und Auslaufkombinationen ist ein wesentlicher Faktor für die Produktivität der Gesamtanlage. Monforts bietet für jeden Bedarfsfall die sozusagen maßgeschneiderte Lösung an. Dabei wird nicht jede Lösung neu erfunden, sondern aus einem strikt modular aufgebauten Gesamtkonzept entwickelt (Bild 5, 6).

Da insbesondere Lohnveredler sich ihre Waren nicht aussuchen können, ist Spannungskontrolle im Bereich der Ein- und Auslaufkombinationen der Schlüssel für eine betriebssichere Warenführung. Die Spannungskontrolle kann über feinfühlig einstellbare Tänzer oder über Bahnkraftregelanlagen (Loadcells) durchgeführt werden.

Die Aggregate für einen kontinuierlichen Ballenwechsel (Mulde, Warenspeicher) sind bekannt und brauchen hier nicht näher erläutert zu werden. Für eine saubere, faltenfreie Produktion muß gerade beim Warenspeicher eine hohe mechanische Präzision aufgebracht werden. Es gibt vor allem elastische Qualitäten, die nicht durch einen Rollenwarenspeicher laufen können und andererseits aber auch nicht in einer Mulde aufgefangen werden können, weil das

Eigengewicht dort Quermarkierungen hervorruft (Bild 7, 8). Für solche Qualitäten hat Monforts eine Warenbandmulde entwickelt, wo die Ware in feinen Falten abgelegt wird.

Für den Appreturfoulard gilt das gleiche wie für die übrige Ein- und Auslaufkombination. Auch hier müssen die unterschiedlichsten Qualitäten einwandfrei behandelt werden können (Bild 9). Bei elastischer Ware oder ganz allgemein Ware, die zum Einrollen neigt, müssen Ausbreitorgane einmal bereits vor dem Trog und zum anderen direkt vor der Quetschfuge vorhanden sein, damit man keine eingerollten Kanten im Quetschwerk zusammenpresst. Bei elastischer Ware ist sehr wichtig, daß die Trogwalze angetrieben werden kann. Dies ist bei Monforts der Fall. Bei Tencelware haben festgestellt, daß die Ausrollwalzen nicht immer das richtige Organ sind, weil sich die Spiralen in die Ware hineindrücken und Markierungen hervorgerufen. Tencel hat darüber hinaus die fatale Eigenschaft, beim Nasswerden die Warenbreite manchmal zu vergrößern. Um diese vergrößerte Warenbreite sauber auszustreifen, sind Ausstreifplatten, die über die ganze Warenbreite angreifen, unmittelbar vor der Quetschfuge notwendig.

Kommen wir nun zum Spannrahmen selbst. Die Ware muß selbstverständlich auch bei hohen Geschwindigkeiten sicher eingenadelt oder eingekloppt werden können (Bild 10).

Eine Monforts - Besonderheit ist es, daß die Auflage der Einlaufbahn von dem übrigen Einlaufgestell getrennt ist und separat im Boden befestigt wird. Somit können sich Reaktionskräfte der Wangensteuerung, die zum Teil recht heftig sein können, nicht auf die Instrumentenbrücke oder die Schaltkästen übertragen. In der Instrumentenbrücke oder den Schaltkästen sind heute sehr empfindliche Geräte untergebracht, die durch die dauernden Vibrationen an ihrer Lebensdauer verlieren.

Durch die konstruktive Trennung des Spannrahmeneinlaufgestells und der Auflage für die Einlaufbahn ist es möglich, den Abstand zwischen der oberen Einzugswalze und dem Einnaeldpunkt zu verändern; d.h. es kann immer individuell der kürzest mögliche Abstand vorgesehen werden.

Ganz allgemein ist in diesem Zusammenhang festzustellen, daß eine bequeme Bedienbarkeit (**Video**) zweifellos die Produktion einer Anlage erhöht. So ist es wichtig, daß Bedienkästen ergonomisch gut angebracht werden und in alle notwendigen Positionen geschwenkt werden können. Dies ist bei den Monforts - Bedienaggregaten der Fall.

Daß die Spannrahmenkette das vielleicht wichtigste Maschinenelement im Spannrahmen ist, bedarf keiner näheren Erläuterung. Weil dies aber nicht unbedingt zum Thema Energieersparnis gehört, möchte ich auf die Kette nicht näher eingehen, sondern nur erwähnen, daß Monforts immer eine Rollenkette hat (Bild 11). Eine Rollenkette hat wegen der 300fach geringeren Reibung gegenüber einer Gleitkette den Vorteil einer niedrigen Transportenergie. Monforts bietet schmierfreie und in den Kugellagern geschmierte Rollenketten an. Ein automatisches Umrüsten von Kluppenbetrieb auf Nadelbetrieb kann auf Wunsch geliefert werden.

Die Spannrahmenkette transportiert die Ware dann endlich zum Ort der Tat, nämlich in die Behandlungskammer des Spannrahmens. Hier ist natürlich ein gut funktionierendes, reproduzierbar anpassbares Luftumwälzungssystem maßgebend für den rationellen Einsatz von Energie und für die Erzielung hoher Produktionsgeschwindigkeiten.

Hohe Trockenleistung wird durch hohe Luftumwälzung erzeugt. Wie man die dazu benötigte Elektroenergie am wirtschaftlichsten in eine hohe Trockenleistung umsetzt, hat Hilgeroth schon in den 50er Jahren gezeigt. Seine Erkenntnisse haben wir konsequent umgesetzt, so daß man sagen kann, Monforts holt aus der eingesetzten Elektroenergie die maximale Trockenleistung heraus. Aber diese hohe Trockenleistung kann man nicht überall ausnutzen. Eine hohe Trockenleistung bedeutet eine hohe Luftumwälzung. Der aus der Düse austretende Luftstrahl hat daher einen hohen Impuls, mit dem er auf die Ware auftrifft. Es gibt Qualitäten, bei denen durch einen zu hohen Luftimpuls die Oberflächenstruktur sozusagen verblasen wird. Dieses Verblasen wird bei Monforts dadurch verhindert oder zumindestens verringert, indem wir die Luftstrahlen nicht senkrecht auf die Ware aufblasen lassen, sondern unter einer gewissen Neigung (Bild 12). Dadurch wird auch an der Ware eine tangentielle Luftströmung erzeugt, welche dafür sorgt, daß die Ware zwischen der oberen und unteren Düse sozusagen getragen wird. Es gibt aber auch empfindliche Qualitäten (texturierte Garne oder lose Maschinen), wo selbst die schräg auftreffende Luft noch zu stark ist. In diesem Fall muß die Luft reduziert werden können. Eine Reduzierung der Umluft ist auch bei allen Verweilprozessen sinnvoll (Bild 13).

Die Verringerung der Umluftmenge wurde bis in die 80er Jahre meistens mit Drosselklappen durchgeführt. Drosselklappen sind Energievernichter. Ende der 80er Jahre brachte die Elektroantriebsindustrie Frequenzumrichter auf den Markt, die nicht mehr so teuer waren wie die gleichen Geräte aus Feingold. Mit den Frequenzumrichtern kann die Drehzahl der Umluftventilatoren sehr feinfühlig und auch sehr energiesparend geregelt werden. Die umgewälzte Luftmenge ist proportional der Drehzahl des Ventilators, d.h. wenn ich die halbe Luftmenge haben will, brauche ich auch nur die halbe Drehzahl am Ventilator. In jedem Buch über Ventilatoren kann man nachlesen, daß die Antriebsenergie mit der dritten Potenz der Ventilator Drehzahl steigt. Umgekehrt heißt dies aber, wenn ich einen Ventilator mit der halben Drehzahl betreibe, brauche ich nur 1/8 der Energie. Das heißt, ein Ventilator, der bei maximaler Drehzahl 10 kW braucht, benötigt bei der Hälfte der maximalen Drehzahl nur 1,25 kW. Bei den meisten Spannrahmen kommt es irgendwo zu einer Verweilzone, und hier können die diese Ventilatoren auf jeden Fall mit halber oder sogar noch geringerer Drehzahl betrieben werden. Welches Energiesparpotential damit vorhanden ist, habe ich gerade gezeigt.

Monforts hat nach langen Untersuchungen in Klimaschränken und nach gemeinsamen Entwicklungen mit Herstellern von Frequenzumrichtern etwa 1990 die Frequenzumrichtertechnik bei der Luftumwälzung der MONFORTS - Spannrahmen eingeführt. Dabei ist uns die Idee gekommen, Unter- und Oberluft lufttechnisch voneinander zu trennen und sowohl die Unter- als auch die Oberluft mit einem eigenen Umwälzventilator zu versehen. Die Motoren haben wir dann mit Frequenzumrichtern geregelt, so daß wir die Unterluftmenge und die Oberluftmenge unabhängig voneinander einstellen konnten. Dieses System haben wir TwinAir genannt. Damit hatten wir einen universell einsetzbaren Spannrahmen, wo das Verhältnis Oberluft / Unterluft feinfühlig reproduzierbar eingestellt werden kann.

Wenn beide Ventilatoren mit maximaler Drehzahl laufen, ist eine sehr hohe Trockenleistung gegeben. Wir können immerhin maximal 18 kW pro Ventilator, d.h. 36 kW pro Kammer umsetzen, sofern dies im Einzelfall sinnvoll ist. Mit demselben Ventilator können wir aber auch eine sehr geringe Luftmenge erzeugen, d.h. auf der gleichen Maschine kann eine harte, unempfindliche Baumwollware getrocknet werden und eine empfindliche Georgette - Ware, die nur angehaucht werden darf, gefahren werden. Bei geringer Drehzahl hängt die Ware schon einmal durch. Durch die Trennung von Ober- und Unterluft ist es möglich, die Unterluft dann zu korrigieren, so daß die Ware wieder in der Mitte zwischen den Düsen liegt. Dies ist eine

sehr sinnvolle Einrichtung beim Behandeln von Maschenware, die ja insgesamt sehr elastisch ist und immer locker gefahren werden soll. Unser Optiscan - Gerät zeigt die Warenlage an.

Mit dem TwinAir - System können wir die auf die Ware strömende Luft präzise kontrollieren und gleichmäßig verteilen. Wenn man sich die Abströmung zwischen den Düsen betrachtet, so ergibt sich eine leichte Tendenz in Richtung Sieb. Wir haben uns deshalb überlegt, ob es nicht sinnvoll ist, auch die abströmende Luft zu teilen und haben einen Kanal eingebaut und strömungstechnisch derart ausgebildet, daß die Hälfte der abströmenden Luft auf die Ventilatorseite in eine Öffnung strömt, während die andere Hälfte auf die Türseite strömt. Über dem Sieb werden beide Luftströme zusammengeführt. Dieses System erhielt bei uns den Namen TwinAir plus. Wir haben das System eigentlich für elastische Waren aus texturiertem Polyester entwickelt, weil hier beim Fixieren ein ungleichmäßiges Durchhängen manchmal ein leicht ungleichmäßiges Warenbild ergab, was nur durch sehr starkes Drosseln der Luftmenge vermieden werden konnte. Überraschenderweise hat sich aber in der Praxis herausgestellt, daß insgesamt vor allem bei Maschenware eine Qualitätsverbesserung erreicht wurde. Die Maschen wurden Rand - Mitte - Rand gleichmäßiger, und es ergaben sich dadurch etwas bessere Restkrumpfwerte nach dem Spanrahmenprozess.

Durch das TwinAir plus System können wir auch bei empfindlicherer Ware mit einer höheren Luftumwälzung fahren. Dies steigert wiederum die Produktion, und damit werden Energiekosten spezifisch gesehen geringer.

Warum wir nach wie vor keilförmige Einzelfingerdüsen haben, wie wir es strömungstechnisch schaffen, auch bei breiten Maschinen keine Kontertypbauweise zu benötigen, wie wir die Anpassung der Düsenöffnungen an die Warenbreite realisieren, und wie wir die Verbrennungsgase einer direkten Gasheizung mit der Umluft vermischen, ist sicherlich nicht uninteressant, aber dies würde den gesteckten Zeitrahmen sprengen (Bild 14).

Daß unsere Kammer gut isoliert ist mit einer 150 mm starken Isolierung, daß wir bei der Verkleidung Wärmebrücken weitgehendst vermieden haben, ist heute für Spitzentechnik selbstverständlich.

Die schönste Luftumwälzung nutzt aber nichts, wenn der Spanrahmenprozess nicht richtig überwacht und kontrolliert wird. Die Wissenschaft und Forschung ist in manchen Punkten noch längst nicht so weit, daß für alle Prozessparameter praktikable Geräte zur Prozessüberwachung eingesetzt werden können. Ich erinnere nur daran, daß es auch heute noch nicht möglich ist, online festzustellen, wann der chemische Prozess beim Hochveredeln (Kondensieren) beendet ist. Dennoch gibt es eine ganze Menge Geräte, die sinnvoll eingesetzt werden können. Ich zähle sie hier ohne weiteren Kommentar auf. Es sind dies Geräte zur Restfeuchtemessung, Geräte zur Kontrolle der Endbreite, Oberflächentemperaturmessgeräte, Verweilzeitmessgeräte, u.a. mehr. Diese Geräte sind im allgemeinen bekannt und brauchen hier nicht näher erläutert zu werden.

Wie sinnvoll der Einsatz eines Verweilzeitmessgerätes ist, dürfte jedem klar sein, denn wenn eine Verweilzeit von 15 Sekunden richtig ist, und ich fahre aus Sicherheitsgründen - weil ich eben die Verweilzeit nicht kenne - mit 20 - 25 Sekunden Verweilzeit, dann wird die Produktionsgeschwindigkeit natürlich sehr viel geringer als sie eigentlich sein könnte, was zu enormer Energieverschwendung und auch zu enormen Kostensteigerungen führt.

Wenn man sich nochmal an die Energiebilanz erinnert, so ist festzuhalten, daß eine wesentliche Energieersparnis möglich ist, wenn man aus der Abluft, die den Spanrahmen verläßt,

Wärme zurückgewinnt. Welches Energiepotential hier vorhanden ist, zeigt die folgende Rechnung:

13.000 Nm<sup>3</sup> Abluft, die den eingangs betrachteten 6 - Felder - Spannräumen mit 150 °C verlassen, haben einen Wärmeinhalt (das ist das Energiepotential) von ca. 420 kW. Es gilt, diesen Wärmeinhalt so weit wie möglich auszunutzen. Hierbei kann man zwei Wege gehen: einmal, indem man die zurückgewonnene Wärme dem Spannräumenprozess wieder zuführt, und zum anderen, indem man die zurückgewonnene Wärme anderen Wärmeverbrauchern zuführt. Ersteres hat den Vorteil der Gleichzeitigkeit von Wärmeeinfall und Wärmeverbrauch. Beim zweiten Weg kann man im allgemeinen den Wärmeinhalt besser ausnutzen.

Die Fa. Koenig aus Oberaach in der Schweiz, welche eine Monforts - Tochter ist, bietet hier interessante Lösungen. In Deutschland und Europa wird die Wärmerückgewinnung heute üblicherweise mit der notwendigen Abluftreinigung kombiniert. Durch die Wärmerückgewinnung ist es heute möglich, die Abluftreinigung kostenneutral oder sogar wirtschaftlich zu betreiben. Die Abluft eines Spannräumens ist durch verschiedene organische Produkte verunreinigt. Während des Spannräumenprozesses, insbesondere beim Kondensieren oder auch beim Fixieren, wird die Ware soweit aufgeheizt, daß verschiedene Präparate und Hilfsmittel teilweise verdampfen und in die Umluft gelangen.

Sie werden mit der Abluft aus dem Spannräumen entfernt. In Deutschland und im übrigen Europa sind Grenzwerte für die zulässigen Abluftverunreinigungen (Emission) festgelegt, welche im allgemeinen über den Gesamtkohlenstoffgehalt gemessen werden. In Deutschland sind - etwas vereinfacht dargestellt - 0,8 g Gesamtkohlenstoff /kg Ware (= 40 mg C /Nm<sup>3</sup> Abluft) zugelassen. Die emittierten Schadstoffe sind physikalisch keineswegs einheitlich. Einige haben einen hohen Taupunkt, andere einen sehr niedrigen. Einige sind flüchtig, andere riechen sehr unangenehm usw. Es gibt nur eine Abluftreinigungsmethode, die nahezu alle Schadstoffe aus der Abluft entfernen kann, das ist die thermische Nachverbrennung, die aber wegen des hohen Energieverbrauchs bis auf einige Ausnahmen unwirtschaftlich ist, ganz abgesehen davon, daß das produzierte CO<sub>2</sub> auch umweltschädlich ist.

Heute hat sich eine Kombination aus Abkühlen, Waschen und Filtern als die wirkungsvollste Abluftreinigung herausgestellt, mit der in den allermeisten Fällen die zulässigen Grenzwerte unterschritten werden können. Die Fa. Monforts - Koenig bietet hierfür folgende Lösung: die Luft wird zunächst einem Wärmetauscher zugeführt, dessen Sekundärmedium entweder Frischluft oder Wasser ist (Bild 15). Das Besondere an der Monforts - Koenig Konstruktion ist, daß die Abluft des Spannräumens durch ein Bündel glatter Rohre geleitet wird, die einen verhältnismäßig großen Durchmesser haben. Die Frischluft oder das Wasser wird in Schikanen um die Rohre herumgeführt. Damit kann man auf sehr einfache Art und Weise das Gegenstromprinzip eines Wärmetauschers verwirklichen. Durch das Gegenstromprinzip ist es möglich, die Frischluft oder auch die Wassertemperatur auf ein sehr viel höheres Niveau zu bringen als mit einem Kreuzstromwärmetauscher. Die glatten Rohre haben darüber hinaus noch folgenden Vorteil: Wenn man den Wärmetauscher neigt, so fließen die kondensierten flüssigen Schadstoffe innerhalb der Rohre nach unten. Bei kombinierten Prozessen hilft der kondensierte Wasserdampf, also das Wasser bei diesem Prozess.

Durch diese Konstruktion werden die Reinigungsintervalle auf 1 bis 4 Monate verlängert. Die Schadstoffe werden am unteren Ende des Wärmetauschers aufgefangen. Die Tropfen, die sich noch in der Abluft befinden, werden durch einen Tropfenabscheider ebenfalls abgeschieden

und an der gleichen Stelle gesammelt und einem Behälter zugeführt. Hier nun einige Daten aus der Praxis beim Betrieb eines solchen Wärmetauschers an Spannrahmenanlagen:

### 1.) Luft- / Luftwärmetauscher:

Abluftmenge	29.900 Bm <sup>3</sup> /h = 27.400 kg/h
Eintrittstemperatur Abluft	99 °C
Austrittstemperatur Abluft	76 °C
Frischlufmenge	8.225 Bm <sup>3</sup> /h = 9.750 kg/h
Eintrittstemperatur Frischluft	25 °C
Austrittstemperatur Frischluft	90 °C
Wärmerückgewinnung:	152.100 kcal/h = 177 kW
Ersparnis:	ca. 50.000 DM/a

### 2.) Luft- / Wasserwärmetauscher (Bild 16):

Abluftmenge:	23.500 Bm <sup>3</sup> = 20.500 kg/h
Ablufteintritt:	140 °C
Abluftaustritt:	42 °C
Wassermenge:	16 m <sup>3</sup> /h
Wassereintritt:	30 °C
Wasseraustritt:	58 °C
Wärmerückgewinnung:	450.000 kcal/h
Ersparnis:	ca. 130.000 DM/a

Die vorliegenden Zahlen zeigen, daß durch Wärmerückgewinnung aus der Abluft doch beachtliche Energiekosten eingespart werden können. Nur durch die Wärmerückgewinnung aus der Abluft ist es möglich, die Abluftreinigungsanlagen wirtschaftlich zu betreiben, zumindestens aber kostenneutral.

Die Abluftreinigung geschieht dann wie folgt: **(Video)**

Wie bereits vorerwähnt, sind in dem vorerwähnten Wärmetauscher ein Teil der Verunreinigungen kondensiert und ausgeschieden. In den allermeisten Fällen reicht aber diese Kondensationsausscheidung bei weitem nicht aus. Deshalb wird im Anschluß an den Wärmetauscher ein Luftwäscher geschaltet. Hier bietet die Fa. Monforts - Koenig auch eine interessante Lösung an. Mit entsprechenden Herstellern wurden Sprühdüsen entwickelt, die feine Tropfen mit einer sehr großen Gesamtoberfläche erzeugen. Hierbei kommt es nicht so sehr auf die gleichmäßige Tropfengröße und auf die gleichmäßige Tropfenverteilung an. Es handelt sich

um Zweistoffdüsen, wobei die Zerstäubung durch Pressluft geschieht. Mit diesen Düsen wird erreicht, daß pro Stufe nur etwa 500 - 700 Liter Wasser pro Stunde benötigt werden. Je nach Luftmenge sind ein- oder zweistufige Wäscher erforderlich. Die Lufttemperatur nach dem Wäscher ist auf ca. 50 °C oder darunter abgekühlt. Bei diesen Temperaturen kondensieren nun tatsächlich die meisten Schadstoffe aus. Hinzu kommt, daß wasserlösliche Schadstoffe wie Formaldehyd gut in Lösung gehen. In vielen Fällen können nach dem Wäscher die geforderten 0,8 g Gesamt-C pro kg Ware bereits erreicht werden. Aber es gibt auch noch immer genügend Fälle, wo dies nicht der Fall ist, oder wo leicht flüchtige Geruchsstoffe nicht ausgeschieden sind. In diesem Fall muß hinter den Wäscher auch ein Elektrofilter geschaltet werden.

Durch eine Spezialentwicklung von der Fa. Koenig mit einem Elektrofilterhersteller ist inzwischen sichergestellt, daß eine Betriebssicherheit beim Einsatz von Elektrofiltern in der Textilindustrie gegeben ist. Monforts - Koenig hat gemeinsam mit unseren Kunden einige Anlagen von der Fa. Envirotex hinsichtlich der Abluftreinigungswirkung nachmessen lassen, d.h. es wurde Gesamt - C - Gehalt vor der Reinigungsanlage und dann nach der Reinigungsanlage festgestellt.

Die Ergebnisse, z.B. bei der Fa. Ado, sind folgende:

Rohgas vor der Abluftreinigungsanlage:	2,3 g C/kg Ware
Reingas nach der Abluftreinigungsanlage:	0,7 g C/kg Ware

### **Schlußbemerkung**

Ich hoffe, daß mein Referat gezeigt hat, welche Kriterien in der Auslegung und Konzeption einer Anlage sowie in Verfahrens- und Prozessüberwachung einen rationellen Ergieeinsatz beim Textilveredeln maßgeblich sind. Die gleichen Kriterien führen auch zu einer allgemeinen spezifischen Kostensenkung.

Zusammengefasst sind dies:

1. Ausnutzung aller konstruktiven und konzeptionellen Möglichkeiten hinsichtlich einer Produktionssteigerung, weil eine höhere Produktion zu geringeren spezifischen Energiekosten und zu geringeren spezifischen Produktionskosten führt.
2. Wärmerückgewinnung aus der Abluft, damit die Verlustenergien so gering wie möglich sind

In dem Vortrag wurde nur über Spannrahmenanlagen gesprochen, aber gleiche Gesichtspunkte hinsichtlich Auslegung und Konstruktion gelten auch für die übrigen Produkte des Hauses Monforts. Dies sind im wesentlichen Kontinue - Färbeanlagen (Bild 18) und auch kompressive Krumpfanlagen, wobei da natürlich eine Wärmerückgewinnung aus der Abluft nicht gegeben ist.

# Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

Helge Freiberg

1

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## Energiebilanz

Maschine: Spannrahmen MONTEX-6F TwinAir Plus, B = 240 cm  
Ware: 65 Co/35 PES, G atro = 50 g/m<sup>2</sup>, B = 160 cm  
Prozeß: Trocknen und Fixieren, Temperaturen 150/190 °C, f<sub>1</sub> = 65%, 10 Sek. Verweilzeit

Umwälzventilatoren: 1750 U/min Produktionsgeschwindigkeit: 45 m/min		Umwälzventilatoren: 1000 U/min Produktionsgeschwindigkeit: 36 m/min	
Energiezufuhr +	Energieverbrauch -	Energiezufuhr +	Energieverbrauch -
Heizenergie: 712 kW	Prozeßwärme: 377 kW	Heizenergie: 652 kW	Prozeßwärme: 307 kW
Ventilatorwärme: 121 kW	Frischluf: 398 kW	Ventilatorwärme: 27 kW	Frischluf: 324 kW
	Verluste: 58 kW		Verluste: 58 kW
<u>833 kW</u>	<u>833 kW</u>	<u>689 kW</u>	<u>689 kW</u>
Spezifische Wärmemenge: 961 kcal/kg Ware		Spezifische Wärmemenge: 1082 kcal/kg Ware	

2

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## Einflußgrößen für den Maschinenbauer zum rationellen Energieeinsatz bei Textilveredlungsmaschinen

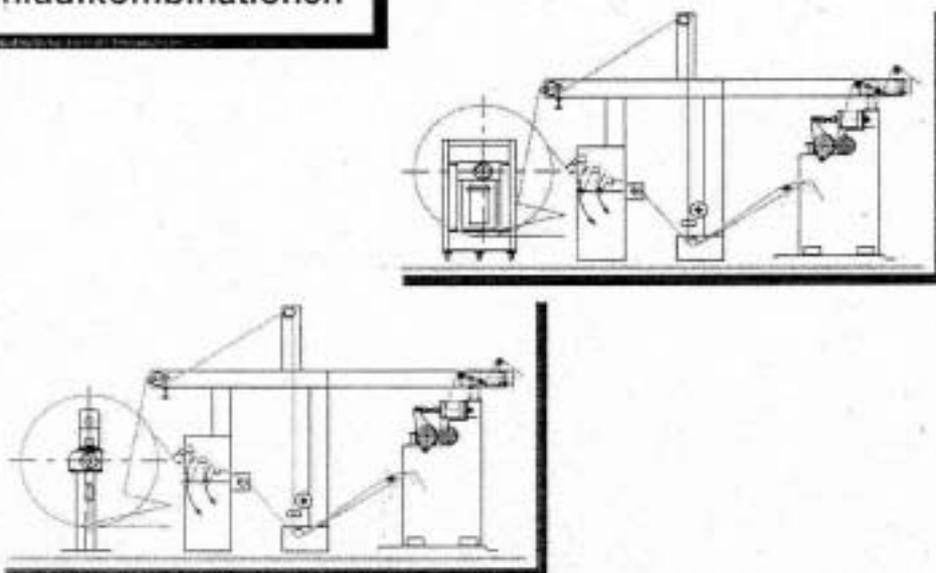
1. Hohe Wärmeleistung
2. Große Produktionsgeschwindigkeit
3. Minimierung der Verlustwärme
4. Minimierung der Abluftmengen
5. Sinnvolle Wärmerückgewinnung aus der Abluft
6. Vermeidung von unnötigen Stillständen

3

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
Internal Sales Information System

## Einlaufkombinationen

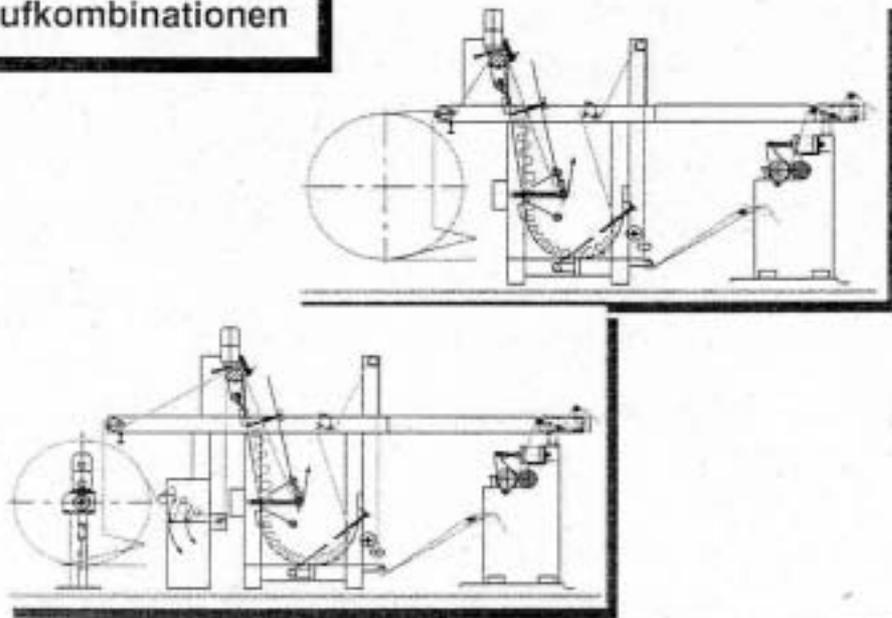


4

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
Internal Sales Information System

## Einlaufkombinationen

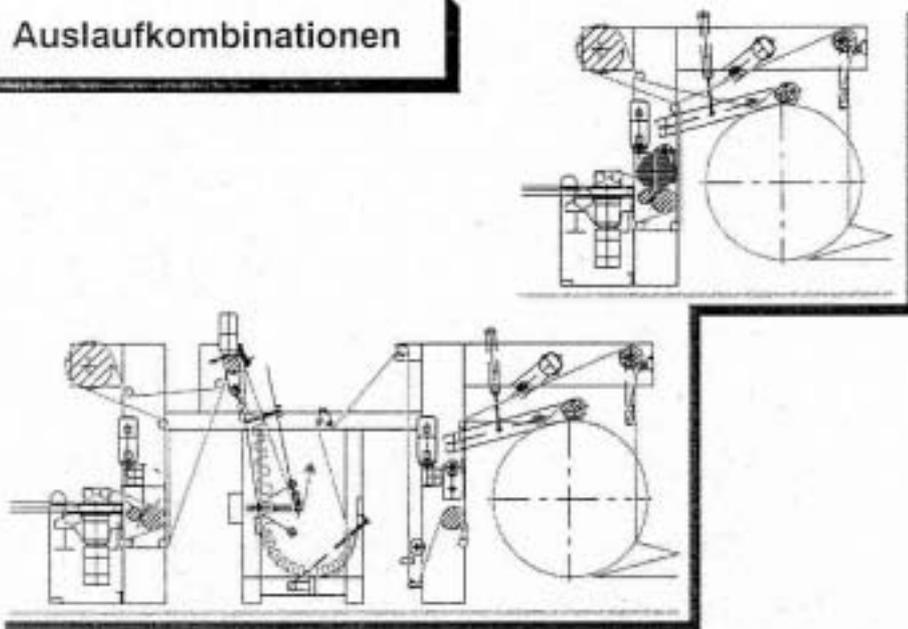


5

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## Auslaufkombinationen

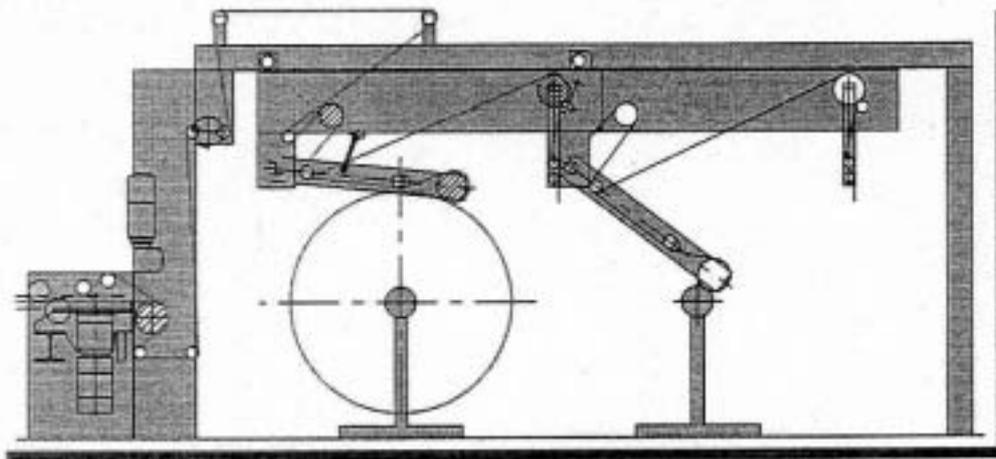


6

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## Auslaufkombination mit zwei Wickelpositionen

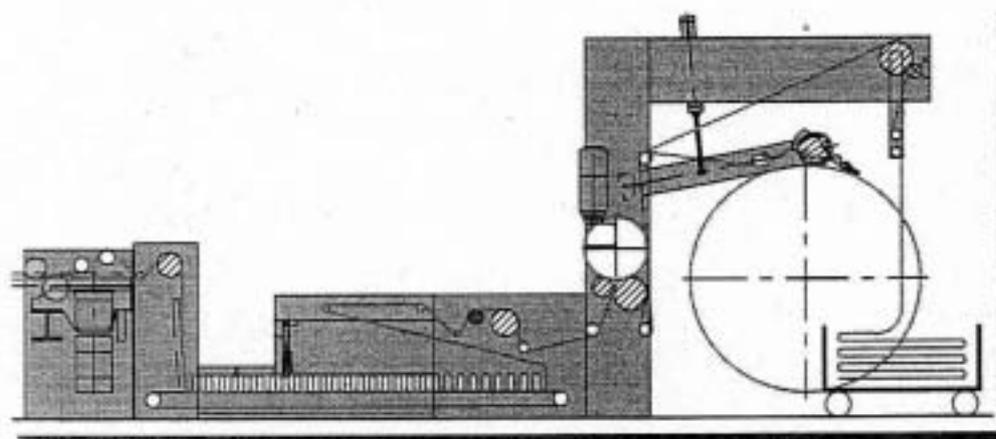


7

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## Bandwarenspeicher mit Wickler

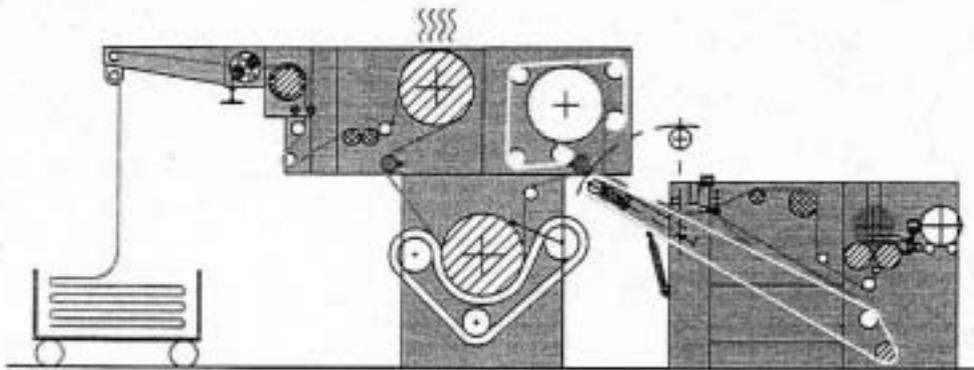


8

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## TOPTEX mit Wareneinlauf und Warenauslauf

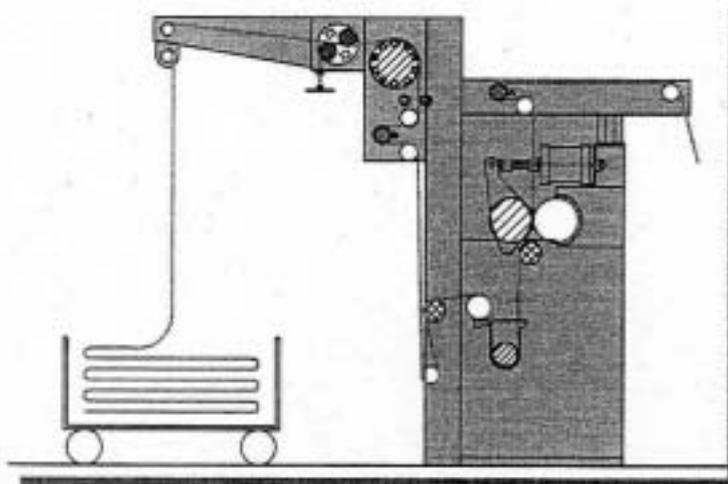


9

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## Foulard

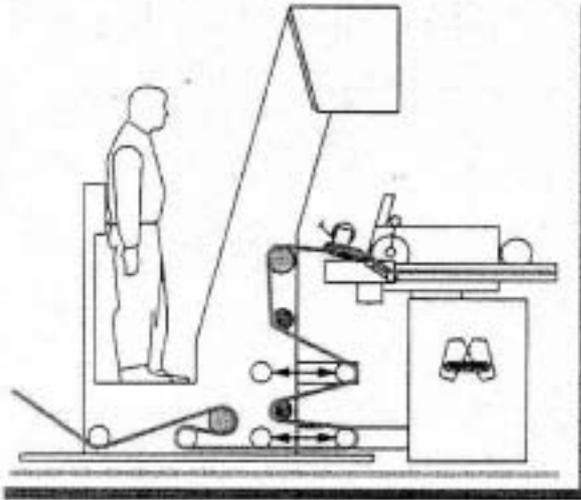


10

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## Spannrahmeneinlauf

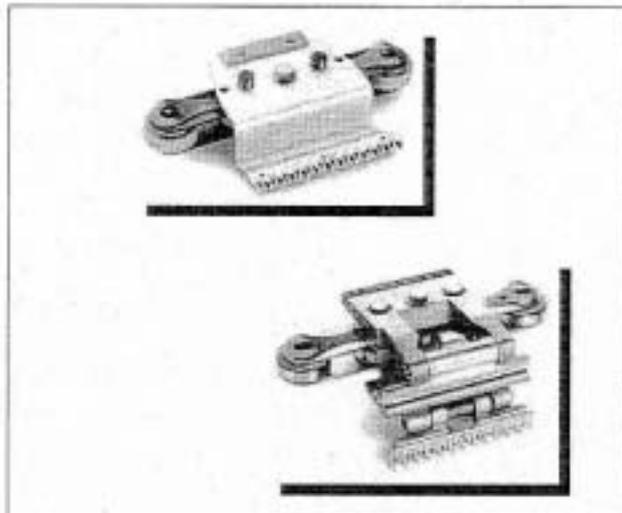


11

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## Hercules / Marathon Kette

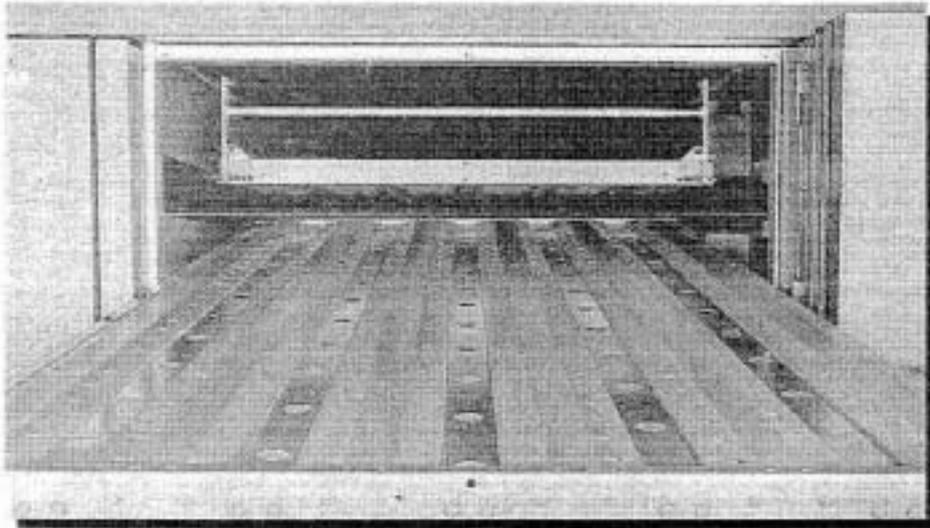


12

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## Düsensystem

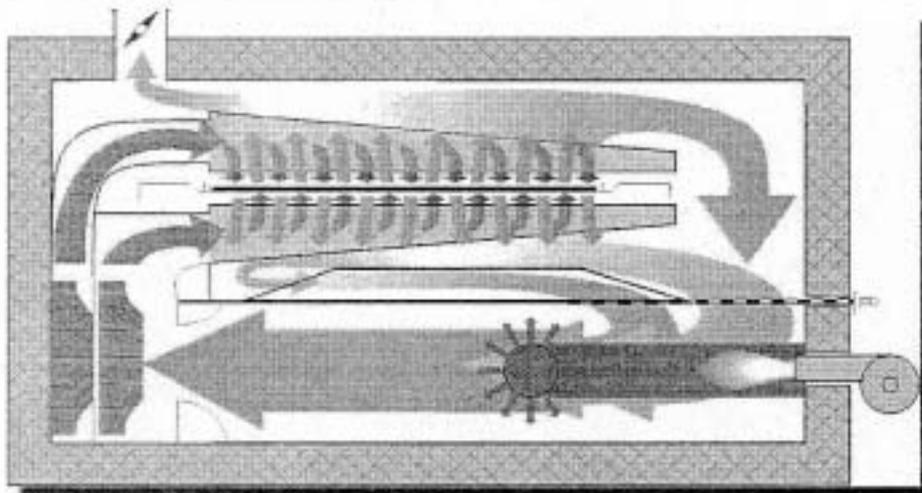


13

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## TwinAir Plus System

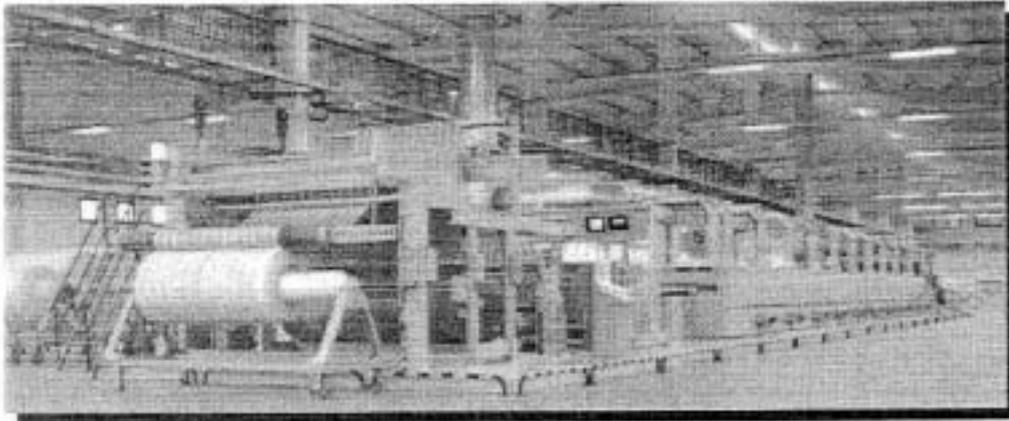


14

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## Monforts Spannrahmenanlage Montex

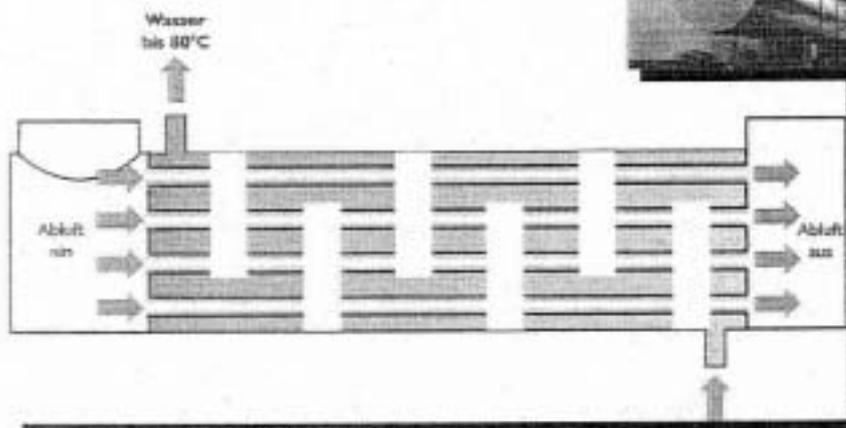


15

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## Luft/Wasser-Wärmetauscher

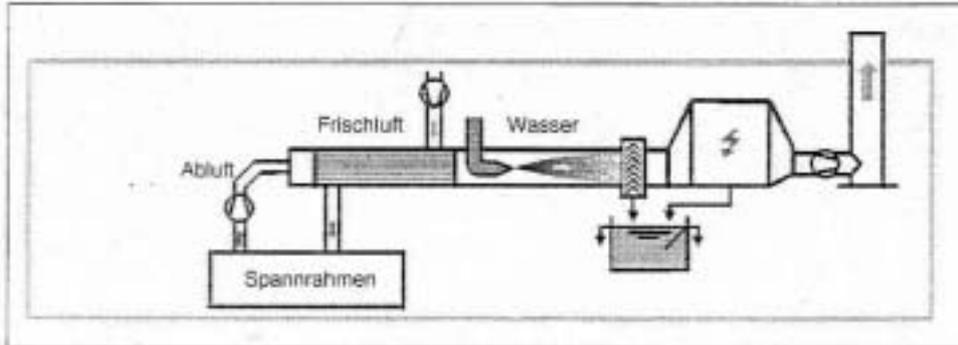


16

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## Koenig Abluftreinigung



Kondensator Luft/Luft mit Einspritzkondensator, Tropfenabscheider und Elektrofilter

17

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## Ekobilanz

o 16 m<sup>3</sup>/h Prozeßwasser erwärmen  
von ca. 30°C auf 58°C

o 450.000 kcal/h

Energiekostensparnis pro Jahr  
(5.000 h, 0,50 DM/m<sup>3</sup> Gas, 8.500 kcal/m<sup>3</sup>)

132.350 DM

Anschaffungskosten komplett

290.280 DM

Payback

2,5 - 3 Jahre

## Ökobilanz

Abluft ungereinigt:

ca. 2,3 g C / kg Ware

Abluft nach Elektrofilter:

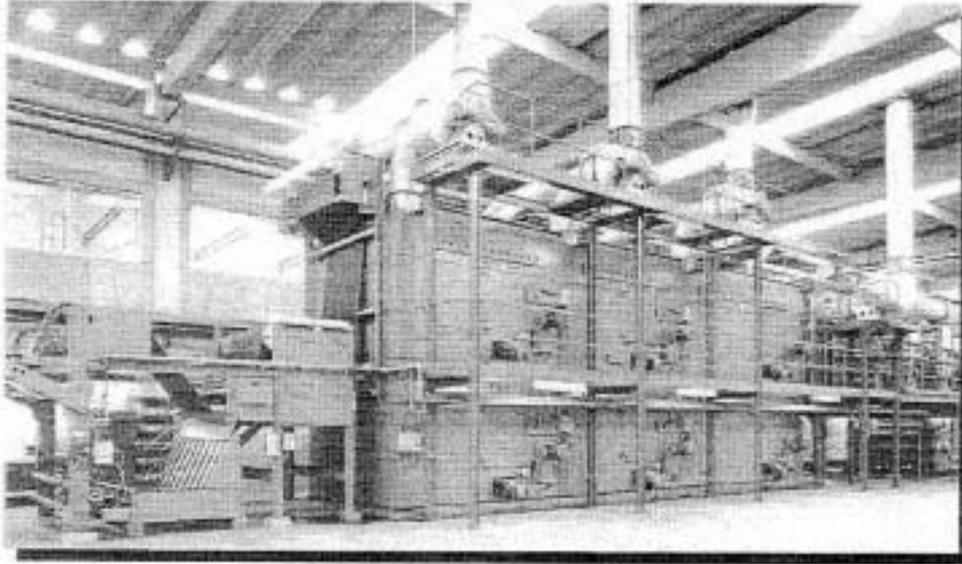
0,7 g C / kg Ware

18

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

## Monforts Kontinue-Färbeanlage Thermex



19

Rationeller Energieeinsatz in der Textilveredlung

MONFORTS EXIS  
External Sales Information System

# Neuerungen in der Anlagen- und Verfahrenstechnik für rationalen Energieeinsatz in der Trocknungstechnik - Herstellerkonzepte

**Dirk Städter, Michael Christ, Brückner Trockentechnik GmbH & Co.KG**

Sehr geehrte Damen und Herren,

kaum ein anderes wirtschaftspolitisches Thema hat uns in den letzten Wochen so sehr beschäftigt, wie die Preise für Benzin und Diesel. Jeder von uns beobachtet die Entwicklung auf diesem Markt mit Sorge. Und es wird uns dabei bewußt, daß die fossilen Kohlenstoffvorräte begrenzt sind. Die Preisspirale wird sich zwangsläufig in den kommenden Jahren immer schneller drehen. Ob nun im privaten Haushalt oder in der Industrie – wir kommen nicht umhin, uns intensiver Gedanken darüber zu machen, wie wir Energie so rational wie möglich einsetzen.

Die Trocknung gehört naturgemäß zu den energieintensivsten Verfahren in der Industrie. Als Hersteller von Trocknungsanlagen für die Textilindustrie sind wir ebenso gefordert wie unsere Kunden. Ziel muß es sein, den Energieeinsatz auf ein Minimum zu reduzieren. Im folgenden Vortrag wollen wir darauf eingehen, wo dafür die Ansatzpunkte sind, welche Lösungen wir dazu bereitstellen bzw. bei der Firma BRÜCKNER zur Serienreife entwickelt werden und welche Möglichkeiten unsere Kunden haben, den Trocknungsprozeß energieökonomisch zu führen.

Dazu die Übersicht zu unseren Themen:

**Bild 1: Themenübersicht**



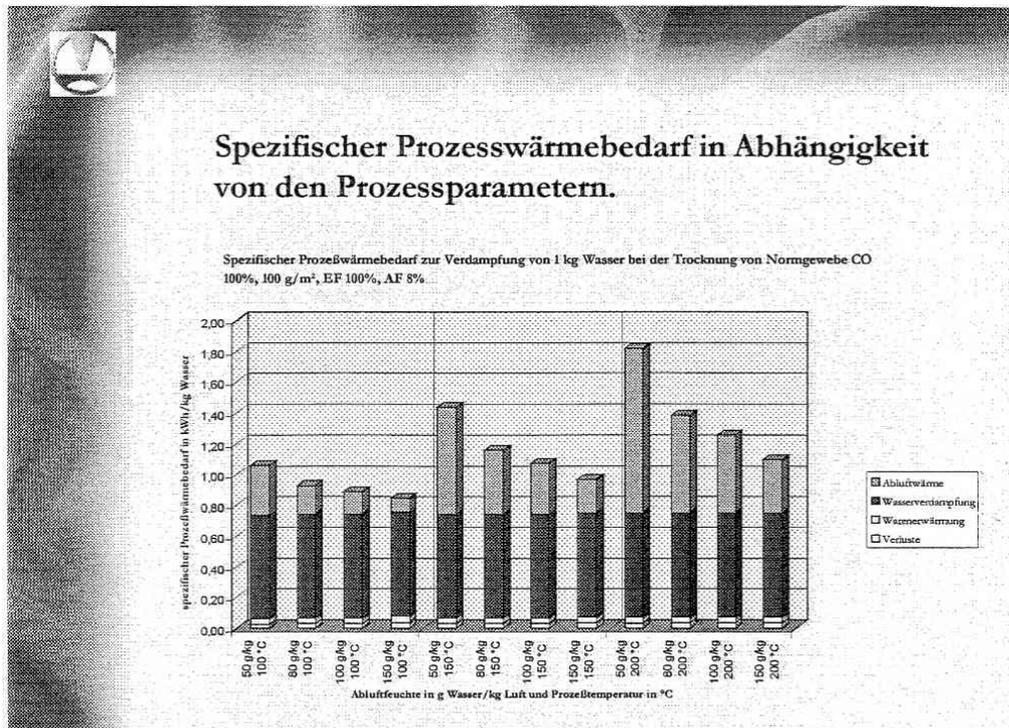
## 1. Energiebedarf bei der Textiltrocknung

Der Wärmebedarf bei der Trocknung ist enorm. Allein die aufzubringende Wärme für die Verdampfung des Wassers, die sogenannte Verdampfungsenthalpie, beträgt bei dem atmosphärischen Druck von 1 bar gleich 2.258 kJ/kg. Betrachtet man den gesamten Prozeß der Textiltrocknung auf einem Spannrahmen, so muß man insgesamt folgende Faktoren berücksichtigen:

- Wasserverdampfung – Erwärmung der dem Textil anhaftenden Feuchte bis zur sogenannten Kühlgrenztemperatur, Verdampfungsenthalpie, Wasserdampfüberhitzung bis auf Umlufttemperatur
- Warenerwärmung – Erwärmung des Textils auf die Temperatur, mit der es den Trockner verläßt
- Erwärmung der Frischluft – Zur Abförderung des verdampften Wassers muß dem Trockner ständig feuchte Luft entnommen werden, die nachströmende Frischluft belastet die Wärmebilanz
- Wärmeverluste – über die Oberfläche der Maschine bzw. durch die ausgetragene Wärme der Kette

Diese einzelnen Beiträge in der Gesamtwärmebilanz sind in Bild 2 „Prozeßwärmebedarf zur Verdampfung von 1 kg Wasser“ veranschaulicht.

**Bild 2: Spezifischer Prozeßwärmebedarf in Abhängigkeit von den Prozeßparametern**



Im Diagramm ist der spezifische Prozeßwärmebedarf zur Verdampfung von 1 kg Wasser bei der Trocknung von Baumwolle bei verschiedenen Prozeßparametern dargestellt. Dabei gelten die genormten Bedingungen, wie sie in den einschlägigen VDMA-Richtlinien festgehalten sind: Normgewebe Baumwolle 100%, Flächengewicht absolut trocken 100 g/m<sup>2</sup>, Trocknung von 100% auf 8%. Ein qualitativ ähnliches Bild ergibt sich bei der Trocknung jeder anderen Ware.

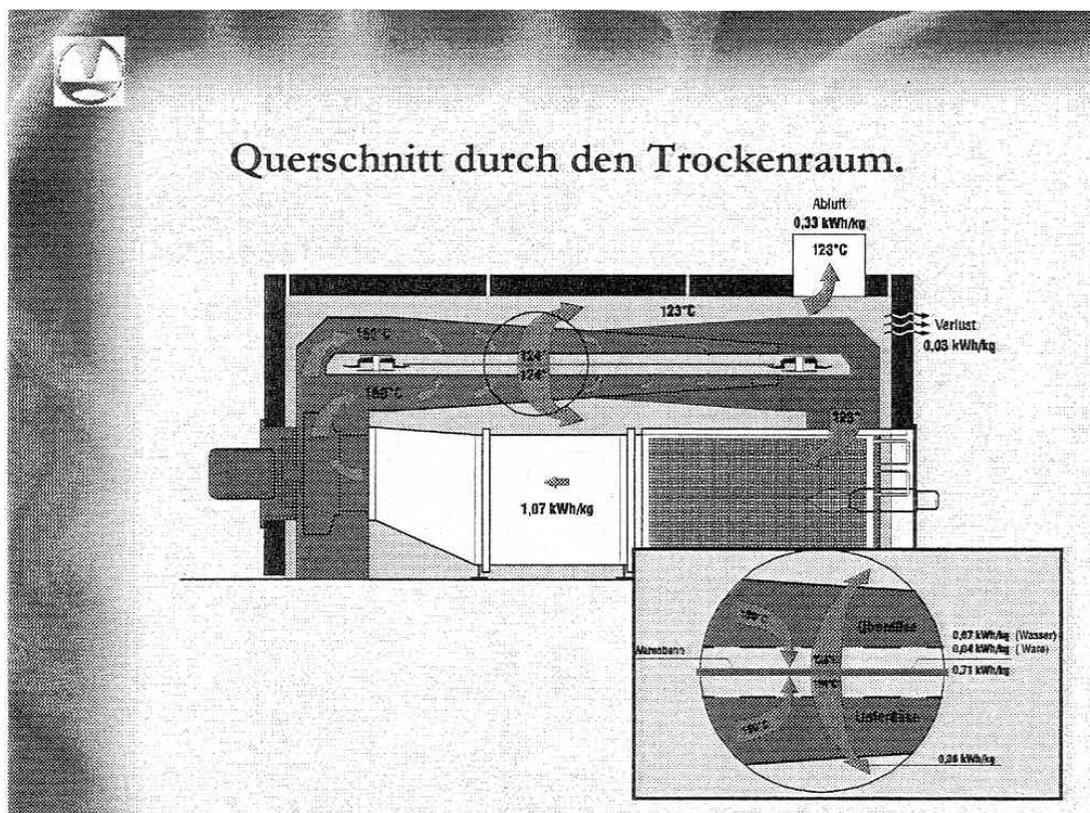
Die Grafik zeigt Ihnen folgendes:

- Die hauptsächlichen Beiträge in der Wärmebilanz sind die Wasserverdampfung und die mit der Abluft ausgetragene Wärme bzw. die Frischluftherwärmung. Dagegen sind die Beiträge für die Warenerwärmung und die Wärmeverluste gering. Es läßt sich zeigen, daß die Wärmeverluste an modernen Spannmaschinen im Bereich von etwa 2 bis 4 % des gesamten Wärmebedarfs liegen.
- Der Einfluß der Prozeßtemperaturen und der Abluftfeuchte auf die Gesamtbilanz ist enorm. Diese Parameter gehen vor allem in die Größe des Wärmebeitrags für die Abluft ein.

Bei der Darstellung haben wir ganz bewußt Extremfälle einbezogen. Bei unseren Untersuchungen und Beobachtungen in der Praxis haben wir zu unserem Erstaunen feststellen müssen, daß es durchaus Kunden gibt, die teilweise aus Unkenntnis genau diese Extremfälle fahren. Die Folge waren entweder ein viel zu hoher Energiebedarf oder „tropfende“ Maschinen. Mit wenigen Handgriffen konnten deutliche Verbesserungen erreicht werden.

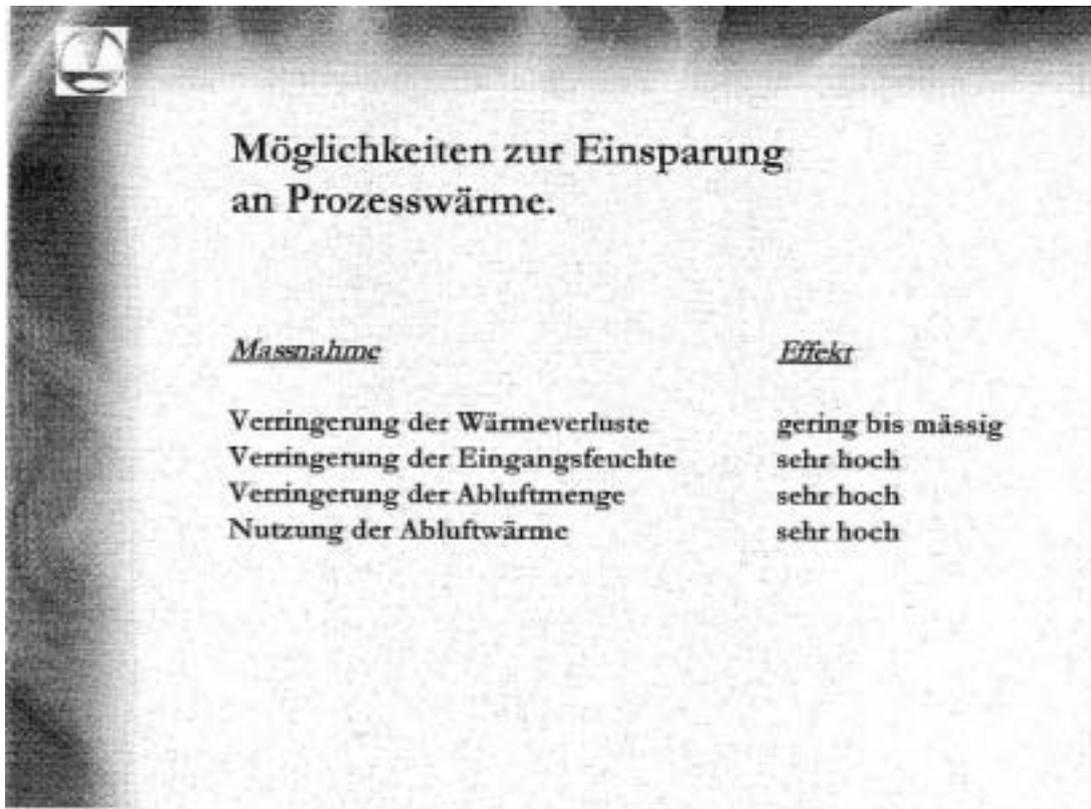
Das Bild 3 zeigt einen Querschnitt durch den Trockenraum eines Spannrahmens. Die darin eingetragenen Daten für den spezifischen Wärmebedarf und die Lufttemperaturen sollen das bisher Gesagte abrunden. Die Daten beziehen sich auf einen Spannrahmen mit einer Arbeitsbreite von 2 m und auf die Prozeßparameter Umlufttemperatur 150 °C, Abluftfeuchte 100 g/kg.

**Bild 3: Querschnitt durch den Trockenraum**



## 2. Einsparungsmöglichkeiten

Bild 4: Einsparungsmöglichkeiten



**Möglichkeiten zur Einsparung an Prozesswärme.**

<i>Massnahme</i>	<i>Effekt</i>
Verringerung der Wärmeverluste	gering bis mässig
Verringerung der Eingangsfeuchte	sehr hoch
Verringerung der Abluftmenge	sehr hoch
Nutzung der Abluftwärme	sehr hoch

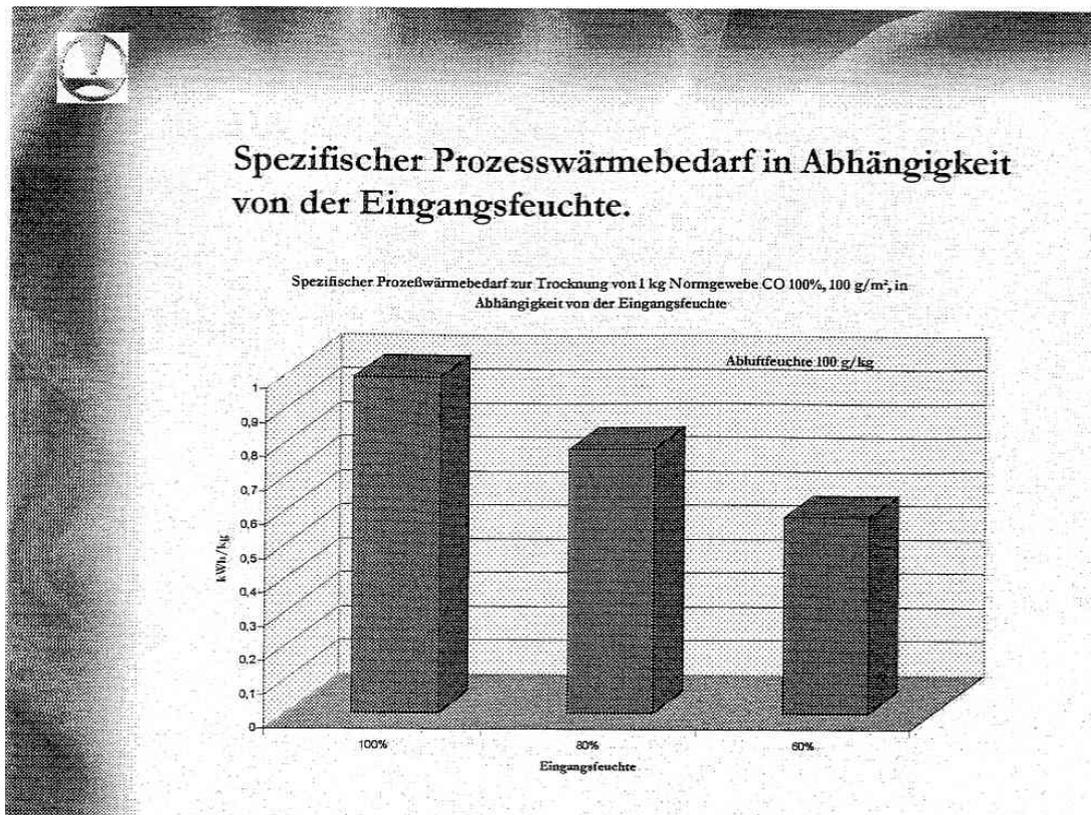
Oftmals wird in der Praxis die Diskussion um die Wärmeverluste geführt. Sicherlich ist es richtig, auch hier nach Verbesserungen zu streben. In der Regel haben hier jedoch zumindest die deutschen Hersteller von Spanmaschinen konstruktive und materialtechnische Lösungen realisiert, die sowohl unter wirtschaftlichen als auch unter energetischen Gesichtspunkten ein Optimum darstellen.

Die weiteren Entwicklungen zielen auf die konsequente Vermeidung von Wärmebrücken ab.

Das entscheidende Einsparpotential läßt sich direkt aus dem Diagramm in Bild 5 ableiten.

Die erste Maßnahme ist die höchstmögliche mechanische Entwässerung des Textils. Jedes Prozent geringere Eingangsfeuchte der Ware schlägt sich direkt im geringeren Energieverbrauch des Trockners nieder.

**Bild 5: Spezifischer Prozesswärmebedarf in Abhängigkeit von der Eingangsfeuchte**



Die zweite Maßnahme ist die Reduzierung der Abluftmenge. Zum Trocknen benötigt man Luft, die noch Feuchtigkeit aufnehmen kann. Ein bestimmter Anteil der Umluft muß also ständig entfernt und durch trockene Luft ersetzt werden. Eine geringere Abluftmenge bedeutet eine höhere Sättigung der Umluft mit Wasserdampf. Aus zwei Gründen sind hier Grenzen gesetzt: Zum einen wird die Aufnahmefähigkeit mit zunehmender Luftfeuchte geringer, d.h. letztendlich verringert sich damit die Trocknungsgeschwindigkeit. Zum anderen gibt es die physikalische Grenze des Taupunktes. Wird dieser unterschritten, kondensiert die Feuchtigkeit im Innenraum des Trockners oder in den Abluftleitungen. Die Folge sind „tropfende“ Maschinen. Die Reduzierung der Abluftmenge ist also stets im Zusammenhang mit der Trocknerleistung zu betrachten und ist damit ein Optimierungsproblem. Dieses Optimum liegt unseren Untersuchungen nach bei Abluft- bzw. Umluftfeuchten von 80 bis 100 g/kg. Die Praxiserfahrungen unserer Kunden bestätigen diese Werte. Mit einer Abluftfeuchterege- lung, die heute zum Standard einer jeden Spannmaschine gehören, läßt sich dieses Optimum für jeden einzelnen Trocknungsprozeß einstellen. Sie verändert die Abluftmenge in Abhängigkeit von der Abluftfeuchte.

Die dritte Maßnahme ist die Nutzung der Abluftwärme. Ein Großteil der mit der Abluft aus dem Trockner ausgetragenen Wärme läßt sich mit Hilfe von Wärmerückgewinnungssystemen zurückgewinnen. Eine elegante Möglichkeit ist dabei die Aufheizung von Frischluft, die dann direkt dem Spannrahmen zugeführt wird. Die Nutzung der Abluftwärme gewinnt bei Fixierprozessen noch an Bedeutung, da dort keine Meßgröße für eine Abluftmengenregelung existiert. Das Ziel einer möglichst geringen Abluftmenge gilt auch hier. Allerdings muß die Kondensation von Präparationsdämpfen mit Sicherheit vermieden werden. Für diese Prozesse bleibt vorerst nur die manuell eingestellte unregelmäßige Absaugung.

### 3. Derzeitige Lösungen für den rationellen Energieeinsatz

Als Hersteller von Trocknungsanlagen für die Textilveredlung haben wir die Verpflichtung übernommen, unseren Kunden Maschinen zu liefern, die sich sowohl hinsichtlich der größtmöglichen Trocknungsleistung, der Temperatur- und Strömungsgleichmäßigkeit als auch in Hinblick auf einen minimalen Energieverbrauch auszeichnen. Im Rahmen dieses Vortrages seien die Möglichkeiten für den rationalen Energieeinsatz aufgezeigt.

Bereits erwähnt wurden die konstruktiven und materialtechnischen Maßnahmen zur Verringerung der Verluste. Hierzu, wie auch auf den Einsatz einer Abluftfeuchteregelung, sei nicht weiter eingegangen. Vielmehr möchten wir Ihnen im Folgenden eine Lösung zur Nutzung der Abluftwärme vorstellen.

**Bild 6: Wärmerückgewinnung und Abluftreinigung**



Zur Nutzung der Abwärme stellen wir derzeit 2 verschiedene Systeme in unterschiedlichen Baugrößen zur Verfügung: ein Wärmerückgewinnungssystem Luft/Luft und ein Wärmerückgewinnungssystem Luft/Wasser. Beide Systeme lassen sich kombinieren und variieren und sich somit sowohl an jede Spannrahmengröße als auch an die speziellen Kundenanforderungen anpassen. Diese effiziente Methode der rationellen Energienutzung hat einen weiteren entscheidenden Vorteil: Sie kann in Kombination mit einem Elektrofilter zu einer leistungsfähigen Abluftreinigungsanlage ausgebaut werden.

Der Einsatz dieses Wärmerückgewinnungssystems bleibt dabei natürlich nicht nur auf BRÜCKNER-Spannrahmen beschränkt, sondern kann auf alle Trockner, Druckmaschinen, Folienreckmaschinen etc. - ob aus unserem Haus oder an Fremdfabrikaten - angewendet werden.

Die heiße Abluft des Spannrahmens wird dem Wärmerückgewinnungssystem über eine Sammelleitung zugeführt. Im Luft-Luft-System werden ca. 35 – 40 % der Abluftwärme an Plattenwärmetauschern im Kreuzstrom auf Frischluft übertragen. Diese wiederum wird direkt in die einzelnen Felder des Spannrahmens geführt. Es läßt sich zeigen, daß allein durch den Einsatz dieses Systems der Prozeßwärmebedarf des Spannrahmens beim Trocknen um 12 – 15 %, beim Fixieren sogar um 33 – 36 % gesenkt werden kann. Andere Möglichkeiten der Nutzung der warmen Frischluft bestehen etwa in der Nutzung zur Hallenklimatisierung.

Mit dem Wärmerückgewinnungssystem Luft/Wasser gibt es eine weitere, von unseren Kunden sehr gerne genutzte Möglichkeit der Abluftwärmenutzung. Im Kreuz-Gegenstrom wird die Wärme an den Wärmetauscherblöcken auf das Wasser übertragen. Das hat den Vorteil, daß das Wasser, im Gegensatz zu Gleichstrom-Systemen, bis auf über 90 °C erwärmt werden kann. Damit bestehen für den Textilveredler, der beispielsweise über einen Naß- oder Färbereich verfügt, hervorragende Einsparungsmöglichkeiten in seiner gesamten betrieblichen Energiebilanz.

**Bild 7: Zahlenbeispiel zur Wärmerückgewinnung**



### Datenbeispiel Wärmerückgewinnung.

Spannrahmen: 8-Felder-Spannrahmen, thermalölbeheizt  
 Prozess: Nassfixieren Lycra/Nylon auf 8-Felder-Spannrahmen, Umlufttemperatur 190°C  
 Wärmerückgewinnungskonzept: Heiße Frischluft der Stufe 1 wird dem Spannrahmen zugeführt, Warmwasser aus Stufe 2 wird Färberei zugeleitet

Daten der Wärmerückgewinnung			
<u>Stufe 1: Wärmerückgewinnung Luft/Luft</u>		<u>Stufe 2: Wärmerückgewinnung Luft/Wasser</u>	
Abluftvolumen (m³/h)	21.233	Ablufttemperatur (°C)	109
Ablufttemperatur (°C)	169	Forthlufttemperatur (°C)	48
Forthlufttemperatur (°C)	109	Wasserdurchsatz (m³/h)	5,89
Frischlufvolumen (m³/h)	7.180	Vorlauftemperatur (°C)	19
Frischlufitemperatur (°C)	28	Rücklauftemperatur (°C)	59
Zulufttemperatur (°C)	147	Wärmerückgewinnungseffekt (kW)	277
Wärmerückgewinnungseffekt (kW)	282		

Zusätzliche Ventilatorantriebsleistung für Frisch- und Ablüfter = 7,32 kW

Amortisation der beiden Wärmerückgewinnungsstufen bei 4650h/a = 2,08 Jahre

In Bild 7 ist der Wärmerückgewinnungseffekt mit Zahlen belegt. Die Daten basieren auf Messungen einer im Frühjahr diesen Jahres in Betrieb genommenen Anlage in Italien. Von Interesse dürften die kurzen Amortisationszeiten sein. Sie drücken letztendlich die Wirtschaftlichkeit dieses Systems aus. Wenn man bedenkt, daß die Energiepreise zumindest mittelfristig mit Sicherheit kräftig steigen werden, sind sogar noch deutlich kürzere Amortisationszeiten zu erwarten.

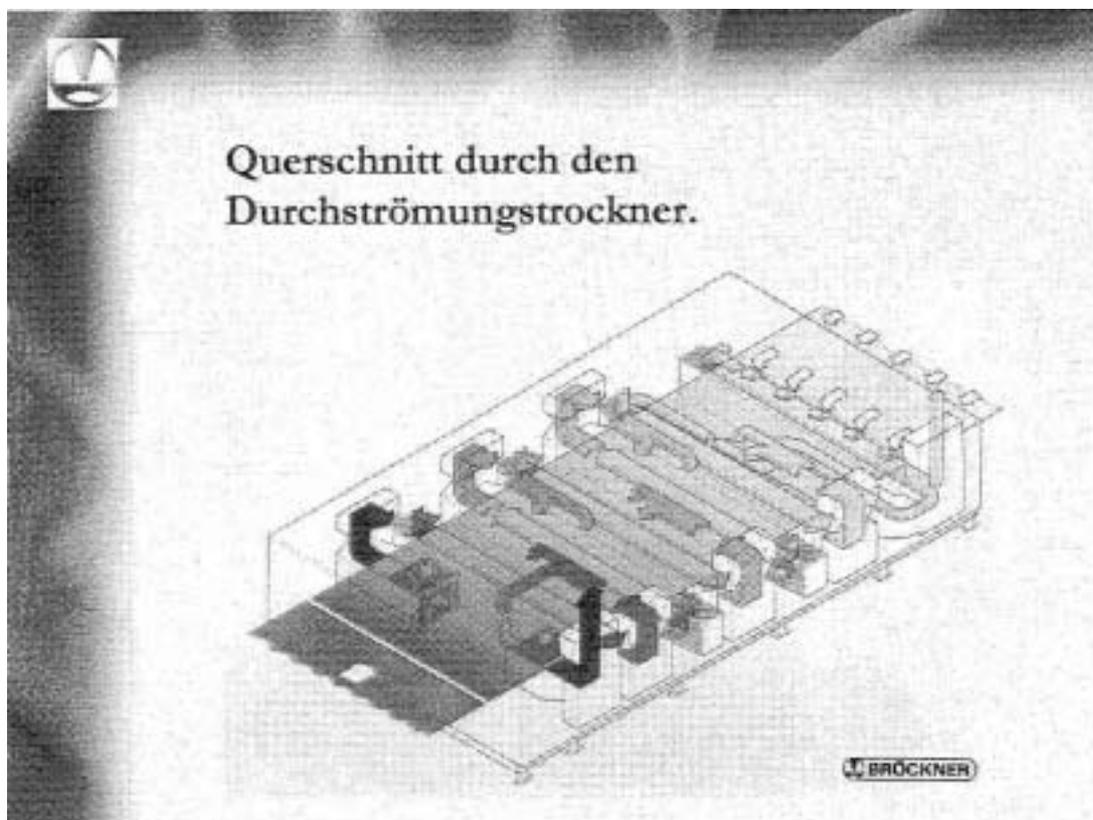
Das Ihnen hier vorgestellte System hat sich seit 20 Jahren hervorragend bewährt. Insgesamt stehen derzeit 152 Anlagen bei 70 Kunden in 19 Ländern. Allein in diesem Jahr sind 35 Neuanlagen hinzu gekommen. Auch an diesen Zahlen wird deutlich, daß das sogenannte Energiebewußtsein immer mehr an Bedeutung gewinnt.

An dieser Stelle sei ergänzend kurz auf die Abluftreinigung eingegangen. In der Wärmerückgewinnungsanlage wird die Abluft bis auf ein Temperaturniveau von etwa 45 °C abgekühlt. Dabei kondensieren die Schadstoffpartikel und bilden einen Aerosolnebel. Ein Teil davon wird bereits an den Wärmetauschern abgeschieden, der andere Teil wird vom Elektrofilter aus der Abluft entfernt. Die Grenzwerte nach der „Bausteinregelung für die Textilindustrie“ oder analoger gesetzlicher Bestimmungen werden mit diesem System deutlich unterschritten.

#### 4. Entwicklungskonzept

Ausgangspunkt für unser Entwicklungskonzept ist der derzeit eingesetzte Durchströmrockner. Die Funktionsweise sei anhand des Bildes 8 dargestellt.

**Bild 8: Querschnitt des Durchströmrockners**



Ein spezielles Lüftungssystem sorgt für den rationalen Energiehaushalt im Trockner. Die für den Lufthaushalt des Trockners benötigte Luftmenge wird - bereits vorgewärmt – aus der Kühlzone gedeckt. Die Frischluft wird über eine Zwischenzone zwischen dem letzten Trocknerfeld und dem Kühlfeld in den Trockner zugeführt. Das Aufheizen bis zur Betriebstemperatur erfolgt dann in gewohnter Weise durch Gasheizung bzw. Dampf- oder Thermalölheizung.

Die Trocknungsluft wird nun im Gegenstromprinzip von der Auslaufseite zum Wareneinlauf weitergeführt. Dabei sättigt sich die Luft mit Feuchtigkeit auf. Im ersten Feld wird sie nochmals durch die kalte, nasse Ware hindurchgeführt und so fast auf Kühlgrenztemperatur gebracht. Die so optimal gekühlte Luft wird schließlich über den Abluftventilator über Dach geführt.

Mit diesem System, kombiniert mit einer Abluftfeuchterege lung, wird eine deutliche Reduzierung der Abluftwärme und damit des gesamten Prozeßwärmebedarfs erzielt.

Hieraus ließe sich folgende Konzeption ableiten.

- Zentrale Einspeisung der in einem Wärmerückgewinnungssystem vorgewärmten und geregelten Menge Frischluft
- Absaugung der auf den gewünschten Feuchtegehalt geregelten Abluft am Ein- und Auslauf des Spanrahmens.

Das würde im einzelnen bedeuten: Die vorgewärmte Frischluft gelangt gezielt in den Spanrahmen. Der Punkt der Einspeisung wird könnte so gewählt werden, daß er etwa dem Beginn des sogenannten 2. Trocknungsabschnitts der Ware entspricht. In einer Trocknungsverlaufskurve ist das der Abschnitt, wo die Linearität des Trocknungsverlaufs verlassen wird und in einen asymptotischen Verlauf übergeht.

Thermodynamisch gesehen wird durch diese gezielte Einspeisung die größte Triebkraft für die Trocknung geschaffen. Durch die Absaugung der Abluft am Ein- und Auslauf würden gewissermaßen 2 Prinzipien der Luftführung realisiert. Im ersten Teil des Trockners das Gegenstromprinzip, im zweiten Teil das Gleichstromprinzip. Die Luft sättigt sich dabei jeweils mit Feuchtigkeit auf. Durch die jeweiligen Abluftfeuchterege lungen könnte der gewünschte Feuchtegehalt der Abluft für den vorderen und hinteren Teil der Maschine eingestellt werden. Sensoren am Ein- und Auslauf würden sichern, daß eine optimale Menge heißer Frischluft zugeführt werden könnte. Das würde wiederum bedeuten daß die zugeführte Menge Frischluft nahezu identisch mit der Abluftmenge wäre. War bei den bisherigen Wärmerückgewinnungsanlagen die Frischluftmenge notwendigerweise auf ein festes Massenverhältnis von Frischluft zu Abluft auf 0,5 begrenzt, wäre nunmehr ein deutlich höherer Wärmerückgewinnungseffekt möglich.

Mit dieser Konzeption könnte dem speziellen Trocknungsverhalten des Textils Rechnung getragen werden und es würden optimale Trocknungsbedingungen erreicht. Gleichermä ßen könnte es zur Leistungssteigerung und zu Energieeinsparung dienen. Nicht zuletzt könnte dieses System in Hinblick auf die vielfältigen textilen Veredlungsprozesse alle Anpassungsmöglichkeiten bieten.

## **5. Fazit**

In unserem Vortrag haben wir Ihnen sowohl Möglichkeiten für eine energieökonomische Prozeßführung als auch unsere Konzeptionen für einen rationellen Energieeinsatz vorgestellt. Vieles konnte in der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit nur angerissen werden. Jedoch sollte zu erkennen gewesen sein, worauf wir im Zusammenhang mit der rationellen Energienutzung bei der Trocknung unser Hauptaugenmerk richten müssen: Es sind die Reduzierung der Eingangsfeuchte, die Optimierung der Abluftmenge und die Nutzung der Abluftwärme. Es lohnt sich mit jedem einzelnen Veredlungsprozeß, mit jedem Spanrahmen unter diesen Aspekten auseinanderzusetzen.

Den Vortrag möchten wir mit einer Bitte an Sie beenden: Wir brauchen Ihre Mitarbeit, Ihre Anregungen, Ihre Impulse, Ihre Kritik. Wir sehen uns in Ihrer Pflicht, Maschinen zur Verfügung zu stellen, mit denen Sie mit einer entsprechenden Prozeßführung das Optimum in Bezug auf Leistung und Energieeinsatz erzielen können.

Wir danken für Ihre Aufmerksamkeit!

## Referenten

Bayer. Landesamt für Umweltschutz  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg

Dr. Gerold Hensler

Tel.: (0821) 90 71 - 51 94  
Fax: (0821) 90 71 - 55 60  
[gerold.hensler@lfu.bayern.de](mailto:gerold.hensler@lfu.bayern.de)

Ulrike Weinfurter

Tel.: (0821) 90 71 - 51 85  
Fax: (0821) 90 71 - 55 60  
[ulrike.weinfurter@lfu.bayern.de](mailto:ulrike.weinfurter@lfu.bayern.de)

Dr. Josef Hochhuber

Tel.: (0821) 90 71 -52 39  
Fax: (0821) 90 71 - 55 60  
[josef.hochhuber@lfu.bayern.de](mailto:josef.hochhuber@lfu.bayern.de)

Energieconsulting Heidelberg GmbH  
Im Breitenspiel 7  
69126 Heidelberg

Gerd Lüdeking

Tel.: (06221) 94 - 16 43  
Fax: (06221) 94 - 24 10  
[luedeking@ech-ovm.de](mailto:luedeking@ech-ovm.de)

Kaeser Kompressoren GmbH  
Postfach 21 43  
96410 Coburg

Joachim Ernst

Tel.: (09561) 640 - 217  
Fax:: (09561) 640 - 130

Zentrum für Rationelle Energieanwen-  
dung und Umwelt GmbH  
Wieshuberstraße 3  
93059 Regensburg

Dr. Alexandra Penschke

Tel.: (0941) 4 64 19 - 20  
Fax: (0941) 4 64 19 - 10  
[penschke@zreu.de](mailto:penschke@zreu.de)

Energieconsulting Heidelberg GmbH  
Im Breitenspiel 7  
69126 Heidelberg

Dr. Stefan Blüm

Tel.: (06221) 94 - 21 64  
Fax: (06221) 94 - 24 10  
[bluem@ech-ovm.de](mailto:bluem@ech-ovm.de)

TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb  
GmbH  
Westendstraße 199  
80674 München

Ralf Szamer

Tel.: (089) 57 91 - 33 13  
Fax: (089) 57 91 - 33 55  
[ralf.szamer@tuevs.de](mailto:ralf.szamer@tuevs.de)

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik  
Weihenstephaner Steig 22  
85350 Freising

Dr.-Ing. Winfried Ruß

Tel.: (08161) 71 38 65  
Fax: (08161) 71 44 15  
[russ@eul.blm.tu-muenchen.de](mailto:russ@eul.blm.tu-muenchen.de)

Envirotext GmbH  
Provinstraße 52  
86153 Augsburg

Dr. Sedlak

Tel.: (0821) 56 97 96 - 0  
Fax: (0821) 56 97 96 - 9  
[dr.sedlak@envirotext.de](mailto:dr.sedlak@envirotext.de)

Envirotext GmbH  
Hans-Hofner-Str. 6  
95028 Hof

Ulrich Haase

Tel.: (09281) 48 46  
Fax: (09281) 48 47  
[u.haase@envirotext.de](mailto:u.haase@envirotext.de)

Energieagentur Oberfranken e.V.  
Kressenstein 19  
95326 Kulmbach

Erich Maurer

Tel.: (09221) 82 39 - 0  
Fax: (09221) 82 39 - 29  
[sekretariat@energieagentur-oberfranken.de](mailto:sekretariat@energieagentur-oberfranken.de)

Gesamtverband der deutschen Textil-  
veredelungsindustrie e.V.  
Frankfurter Straße 10-14  
65760 Eschborn

Hartmut Reetz

Tel.: (06196) 95 91 - 0  
Fax: (06196) 95 91 - 25  
[reetz.tvi@t-online.de](mailto:reetz.tvi@t-online.de)

Monforts Textilmaschinen GmbH  
Schwalmstr. 301  
41238 Mönchengladbach

Helge Freiberg

Tel.: (02161) 401 - 270  
Fax: (02161) 401 - 416  
[technology@textil.monforts.de](mailto:technology@textil.monforts.de)

Brückner Trockentechnik GmbH & Co KG  
Benzstraße 8 - 10  
71229 Leonberg

Dirk Städter  
Michael Christ

Tel.: (07152) 12 - 0  
Fax: (07152) 12 - 2 54  
[mail@brueckner-tm.de](mailto:mail@brueckner-tm.de)