



Fachtagung am 13. Mai 2003

## Effiziente Energienutzung in der Papierindustrie: Nutzung von Niedertemperaturabwärme

**Augsburg, 2003 – ISBN 3–936385–34–3**

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz  
Bürgermeister–Ulrich–Straße 160, 86179 Augsburg  
Tel.: (0821) 90 71 – 0  
Fax: (0821) 90 71 – 55 56  
eMail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: <http://www.bayern.de/lfu>

Zitiervorschlag:

Bayer. Landesamt für Umweltschutz (Veranst.):

Effiziente Energienutzung in der Papierindustrie: Nutzung von Niedertemperaturabwärme (Augsburg 13.05.2003), Augsburg, 2003

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

© Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg, 2003

Gedruckt auf Recyclingpapier

# Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| <b>Einführung</b>  | 2  |
| Dr. Gerold Hensler, LfU  |    |
| <b>Energiebedarf in der Papierindustrie</b>  | 4  |
| Dieter Pfaff, PTS München  |    |
| <b>Vorstellung des Projektrahmens</b>  | 9  |
| Dipl.-Ing. Philipp Katz, Gebr. Lang GmbH, Papierfabrik, Ettringen<br>Dieter Pfaff, PTS München   |    |
| <b>Vorstellung der Vorgehensweise und der Projektergebnisse</b>  | 22 |
| Dr.-Ing. Johannes Kappen, PTS München<br>Oliver Blum, PTS München<br>Dipl.-Ing. Philipp Katz, Gebr. Lang GmbH, Papierfabrik, Ettringen |    |
| <b>Verfahrenstechnische Möglichkeiten zur Nutzung von Niedertemperaturabwärme</b>  | 40 |
| Dr.-Ing. Martin Koepsell, Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg   |    |
| <b>Klimaschutz – Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Papierindustrie</b>  | 48 |
| Dr. Bernd Götz, Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Bonn  |    |
| <b>Referenten</b>  | 56 |

## Einführung

**Dr. Gerold Hensler, LfU**

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich begrüße Sie sehr herzlich zu unserer Fachtagung „Effiziente Energienutzung in der Papierindustrie“ hier im Bayerischen Landesamt für Umweltschutz in Augsburg und bedanke mich für Ihr Kommen.

Seit Mitte der siebziger Jahre mehren sich die Zeichen dafür, dass die modernen Industriegesellschaften durch die massenhafte Freisetzung sogenannter Treibhausgase eine unnatürliche Erwärmung der Erdatmosphäre verursachen. Das wichtigste Treibhausgas ist in Deutschland mit ca. 85 % das Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), das insbesondere bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe freigesetzt wird.

Nach Berechnungen eines 1988 gegründeten und seitdem mit der Auswertung der weltweiten Klimaforschung beauftragten „Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen“ (International Panel on Climate Change IPCC) liegt die Bandbreite eines bis 2100 zu erwartenden Temperaturanstiegs nach dem 3. Bericht aus dem Frühjahr 2001 zwischen 1,4 und 5,8 °C. In den ersten beiden Berichten war von der gleichen Expertengruppe noch ein geringerer Temperaturanstieg erwartet worden. Die auf einem breiteren Wissensstand erstellten Prognosen haben damit die Wahrscheinlichkeit eines vom Menschen verursachten weltweiten Temperaturanstieges weiter erhärtet.

Nach der auf dem Umweltgipfel von Rio im Jahr 1992 verabschiedeten Klimarahmenkonvention, mit der sich die Völkergemeinschaft erstmals zur Notwendigkeit weltweiter Maßnahmen zum Schutz des Klimas bekannt hat, wurde mit dem Kyoto-Protokoll vom Dezember 1997 ein verbindliches jedoch noch stark konkretisierungsbedürftiges Handlungskonzept zum Schutz des Weltklimas vereinbart. In diesem Protokoll verpflichten sich die Industriestaaten, ihre gemeinsamen Emissionen der wichtigsten Treibhausgase im Zeitraum 2008 bis 2012 um mindestens 5 % im Vergleich zu 1990 zu senken. Auf den Vertragsstaatenkonferenzen in Bonn (Juli 2001), Marrakesch (Okt./Nov. 2001) und Neu Dehli (Okt./Nov. 2002) wurden hierzu die zur Umsetzung des Protokolls erforderlichen Einzelheiten beschlossen. Bisher (Stand 28.04.2003) haben 108 Staaten das Kyoto-Protokoll ratifiziert, die für 43,9 % des Treibhausgasausstoßes verantwortlich sind. Nach der Ratifizierung durch die Russische Föderation, die in Kürze zu erwarten ist, würde das Protokoll in Kraft treten. Die neunte Vertragsstaatenkonferenz wird im Dezember 2003 in Italien stattfinden.

Im Rahmen der Lastenverteilung hat sich die Bundesrepublik verpflichtet, für den Zeitraum 2008 bis 2012 ihre Treibhausgasemissionen um 21 % gegenüber dem Niveau von 1990 zu senken. Die Europäische Gemeinschaft hat sich insgesamt zu einer Minderung von 8 % verpflichtet. Zusätzlich hat sich die Bundesrepublik als Klimaschutzziel eine Reduzierung der Kohlendioxid-Emissionen bis 2005 um 25 % gegenüber dem Niveau von 1990 vorgegeben.

Bayern verfolgt in seinem Klimaschutzprogramm das Ziel bis 2010 den CO<sub>2</sub>-Ausstoß von rund 90 Millionen Tonnen (1999) auf 80 Millionen Tonnen zu senken. Die Pro-Kopf-Emissionen liegen in Bayern schon jetzt deutlich unter dem Bundesdurchschnitt.

Hierzu ist noch anzumerken, dass die EU-Kommission zur Stabilisierung des Klimas eine langfristige Absenkung der Treibhausgasemissionen um 70 % gegenüber 1990 und mittelfristig bis 2020 um 20 – 40 % für erforderlich hält.

Die Deutsche Wirtschaft hat sich verpflichtet, auf freiwilliger Basis die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2005 um 28 % und die spezifischen Emissionen der sechs Treibhausgase des Kyoto-Protokolls („Kyoto-Gase“) bis 2012 um 35 % zu senken, jeweils auf der Basis des Jahres 1990.

Im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen unterstützt das LfU die freiwilligen Anstrengungen der Industrie zur Verringerung ihres Energieverbrauchs und damit auch zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Eine hierzu am LfU eingerichtete Projektgruppe koordiniert und erarbeitet in Zusammenarbeit mit industriellen Partnern Studien, in denen die Potenziale einer effizienten Energienutzung anlagen- und branchenspezifisch aber auch branchenübergreifend aufgezeigt werden. Diese Informationen werden in Berichtsform und im Rahmen von Tagungen – wie der heutigen – allen Interessierten zur Verfügung gestellt.

So liegen branchenspezifische Energieleitfäden vor für die Feinkeramische Industrie, Glasindustrie, Hintermauerziegelindustrie, Dachziegelindustrie, Textilveredelungsindustrie, Fleischverarbeitende Industrie, Großbäckereien, Molkereien, für die Maschinenbauindustrie und die Kunststoff-verarbeitende Industrie und natürlich für die Papierindustrie, unserem Thema von heute, sowie ein branchenübergreifender Energieleitfaden zu Raumluftechnischen Anlagen. Ein branchenspezifischer Leitfaden für die Galvanikindustrie sowie ein Allgemeiner Energieleitfaden Industrie stehen ebenfalls kurz vor der Herausgabe.

Daneben unterstützt das LfU Anstrengungen zur effizienten Energieverwendung in Handwerk, Handel und Dienstleistung und initiiert und koordiniert in Kooperation mit Umweltbildungszentren Bildungsangebote zur Energieeinsparung.

Das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen hat für die zum Teil sehr umfangreichen Untersuchungen die finanziellen Mittel zur Verfügung gestellt.

Auf der heutigen Veranstaltung erfahren wir nach einer Einführung zum Thema Energiebedarf in der Papierindustrie im ersten Teil der Veranstaltung Näheres über unser Projekt, das die Möglichkeiten, Potenziale und Erfahrungen der rationellen Energienutzung am Beispiel eines Betriebes aufzeigt. Nach der Kaffeepause am Nachmittag wird in allgemeinerer Form eingegangen auf verfahrenstechnische Möglichkeiten zur Nutzung von Niedertemperaturabwärme und zu den Entwicklungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der deutschen Papierindustrie. Abschließend steht ausreichend Zeit für eine Diskussion zur Verfügung.

Für ihre Bereitschaft, die heutige Fachveranstaltung mitzugestalten, bedanke ich mich auch im Namen unserer Projektgruppe bei den Referenten

- Herrn Dieter Pfaff, Herrn Dr.-Ing. Johannes Kappen und Herrn Oliver Blum von der Papier-technischen Stiftung München, PTS
- Herrn Philipp Katz von MD Lang Papier GmbH
- Herrn Dr.-Ing. Martin Koepsell, Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg
- Herrn Dr. Bernd Götz, Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Bonn
- Frau Bettina Schöpe aus unserem Hause, der die fachliche Betreuung unserer Studie und zusammen mit der PTS die Planung und Realisierung der heutigen Tagung oblag.

Und nun wünsche ich uns allen einen interessanten Verlauf der Veranstaltung und einen attraktiven Tag im Bayerischen Landesamt für Umweltschutz.

## Energiebedarf in der Papierindustrie

Dieter Pfaff, PTS München

### Zusammenfassung

Die deutsche Zellstoff- und Papierindustrie ist der fünftgrößte industrielle Energieverbraucher. Sowohl aus umweltpolitischer Sicht als auch aus Kostengesichtspunkten ist das Thema Energieeinsparung eine Daueraufgabe der deutschen Papierindustrie. Bezogen auf den Umsatz beträgt der Anteil der Energiekosten ca. 10 %. Bei einzelnen Sorten ist der Anteil der Energie noch deutlich höher.

Die Papierindustrie hat daher frühzeitig versucht, Möglichkeiten zur Verringerung des Energieeinsatzes zu suchen. Die Energieeffizienz wurde durch technische Optimierung in Kraftwerken, Papiermaschinen sowie durch die Änderung der Rohstoffstruktur erreicht. So wuchs in den vergangenen 20 Jahren der absolute Energiebedarf lediglich um 39 %, während im gleichen Zeitraum die Produktionsmengen an Papier und Pappe um 121 % zunahmen.

Interessanter ist daher die Entwicklung des spezifischen Energiebedarfs. Der spezifische Energiebedarf, d.h. die zur Produktion einer Tonne Papier, Pappe und Karton benötigte Energie, sank von 8.242 kWh/t im Jahr 1955 auf 2.674 kWh/t im Jahr 2001 (siehe Abb. 1). Allerdings ist aus der Abbildung auch ersichtlich, dass die Senkung des spezifischen Energiebedarfs nun in kleineren Schritten vorangeht.

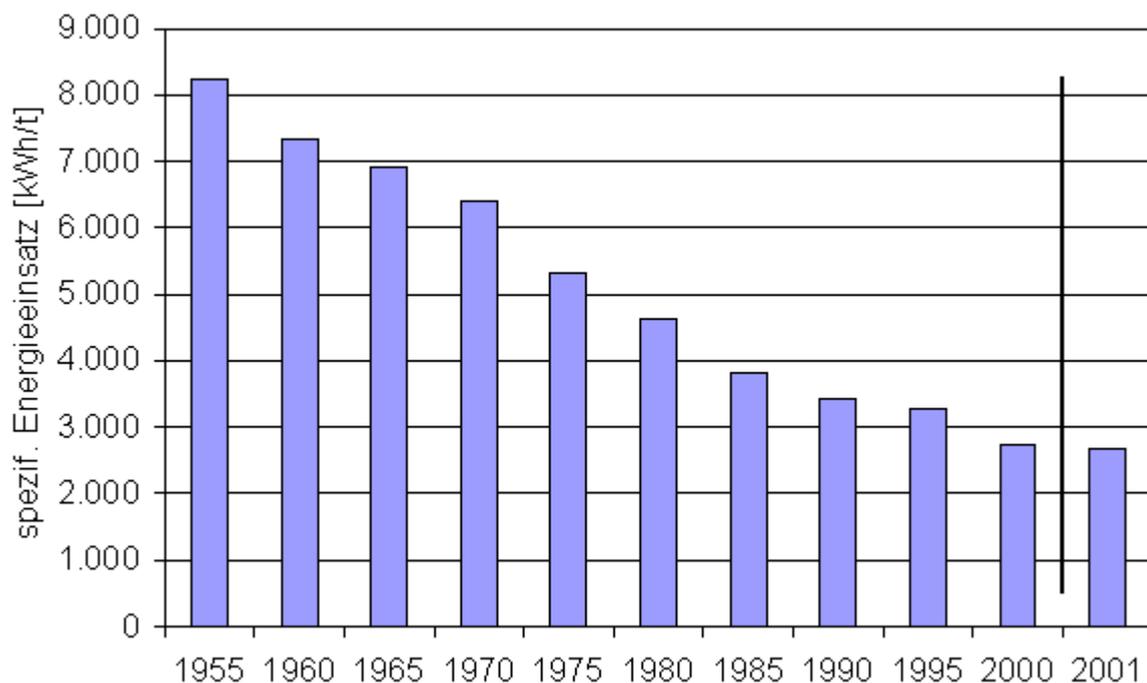


Abb. 1: Darstellung des spezifischen Energiebedarfs

Für die starke Reduzierung des spezifischen Energieeinsatzes sind mehrere Faktoren verantwortlich. Die wesentlichen Größen sind:

- verstärkter Einsatz der Kraft–Wärme–Kopplung in den industrieeigenen Kraftwerken
- Ausbau von Wärme–Rückgewinnungsanlagen
- Verbesserung der mechanischen Entwässerung in der Pressenpartie durch den Einsatz neuer Aggregate (z.B. Schuhpresse)
- Einsatz von Aggregaten mit höheren Wirkungsgraden
- zunehmende Substitution der energieintensiven Holzstofferzeugung durch Altpapiereinsatz
- verstärkter Füllstoff– und Pigmenteinsatz bei graphischen Papieren

Von Interesse ist auch die Veränderung der eingesetzten Energieträger. Die Abbildung 2 zeigt den Wandel in der Energieträger–Struktur.

In einer ersten Phase erfolgte die weitgehende Substitution des Energieträgers Kohle durch das billigere Heizöl. In der zweiten Phase wurde das Heizöl, ausgelöst durch die Ölkrise von 1973, durch den verstärkten Einsatz von Erdgas und Fremdstrom verdrängt. Seit den 80er Jahren ist eine Zunahme der Nutzung von Produktionsreststoffen zur Energieerzeugung festzustellen. Der Vorteil des Einsatzes von Produktionsreststoffen (Sulfitablauge, Rinde, Faser– und Deinkingrückstände, Biogas) ist, dass diese überwiegend aus Naturfaser oder Holzbestandteilen bestehen und damit CO<sub>2</sub>–neutral sind.

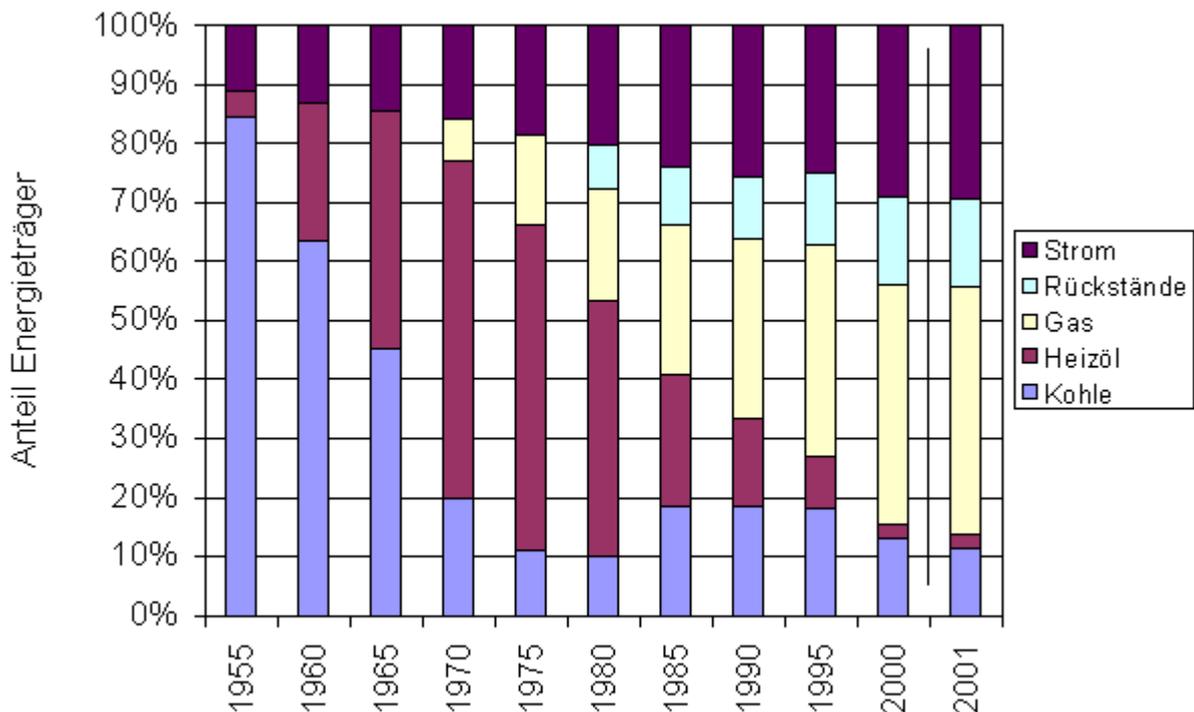


Abb. 2: Anteile der Energiearten am Energiebedarf der deutschen Zellstoff– und Papierindustrie

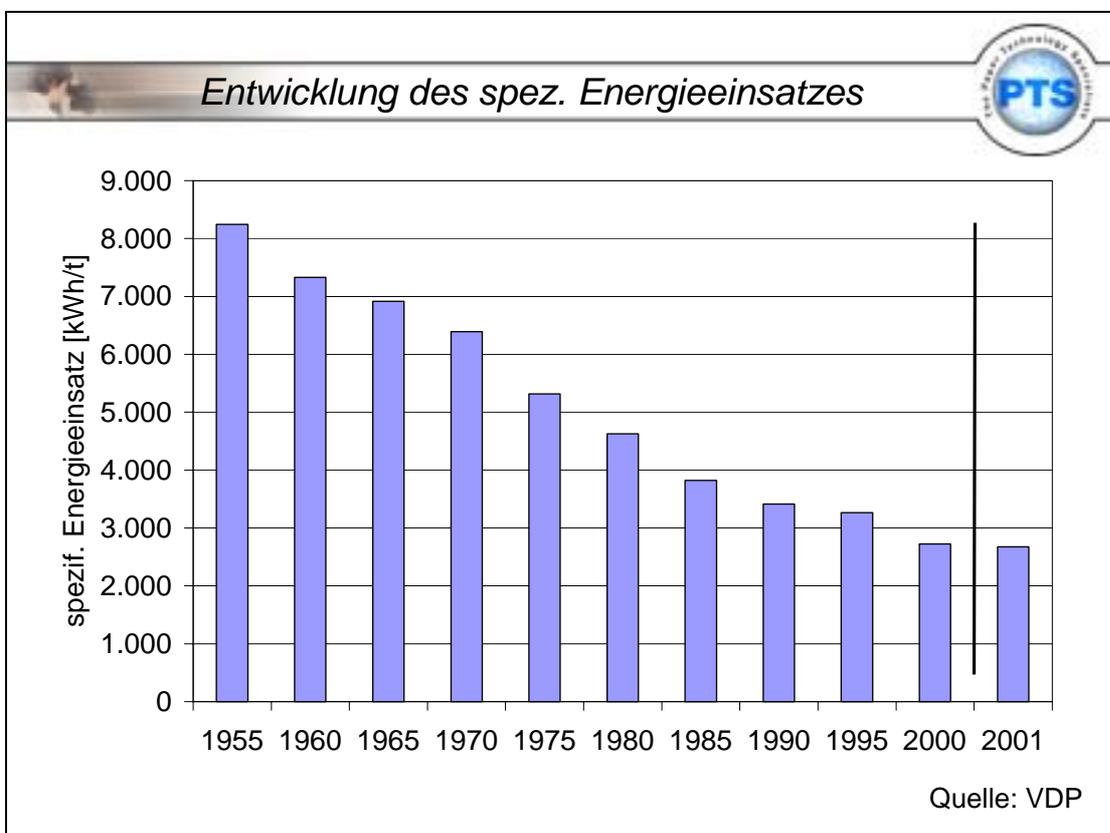
Eine Vorstudie in der bayerischen Papierindustrie hat gezeigt, dass die Unternehmen weitere Potenziale zur Senkung des spezifischen Energiebedarfs und zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>–Emissionen sehen. Allerdings sind die Einsparpotenziale deutlich geringer als in den vergangenen Jahrzehnten. Ein Großteil der Anstrengungen ist auch nur mit hohen Investitionen erzielbar.

Insbesondere die effiziente Nutzung von Niedertemperaturabwärme, die ungenutzt über das Wassersystem und die Abluft die Papierfabrik verlässt, stellt ein ungelöstes Problem der Papierindustrie dar.

*Inhalt*



- **Entwicklung des spez. Energiebedarfs**
- **Leistungen der Papierindustrie**
- **Entwicklung der Energieträgerverteilung**

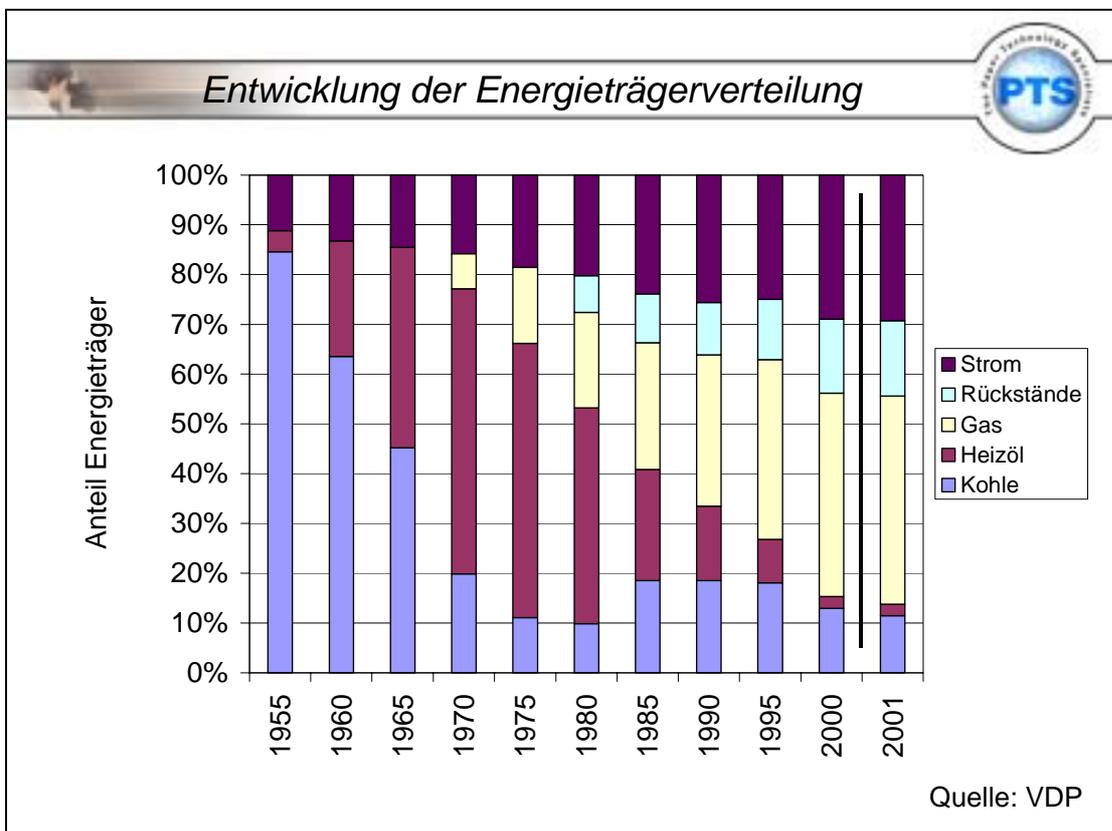




## positive Einflussgrößen



- verstärkter Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung in den industrieeigenen Kraftwerken
- Ausbau von Wärme-Rückgewinnungsanlagen
- Verbesserung der mechanischen Entwässerung in der Pressenpartie durch den Einsatz neuer Aggregate (z.B. Schuhpresse)
- Einsatz von Aggregaten mit höheren Wirkungsgraden
- zunehmende Substitution der energieintensiven Holzstofferzeugung durch Altpapiereinsatz
- verstärkter Füllstoff- und Pigmenteinsatz bei graphischen Papieren



*spezif. Energieeinsatz (sortenbezogen)*

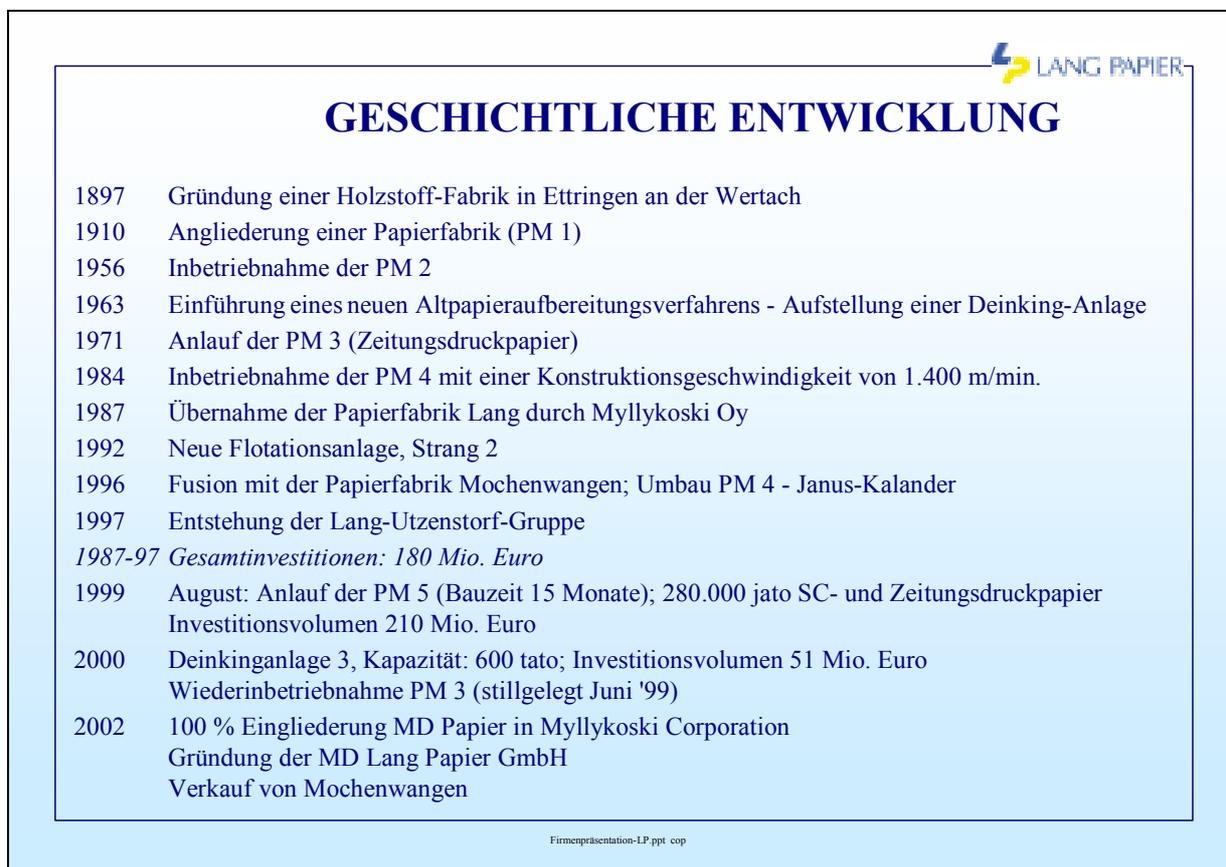
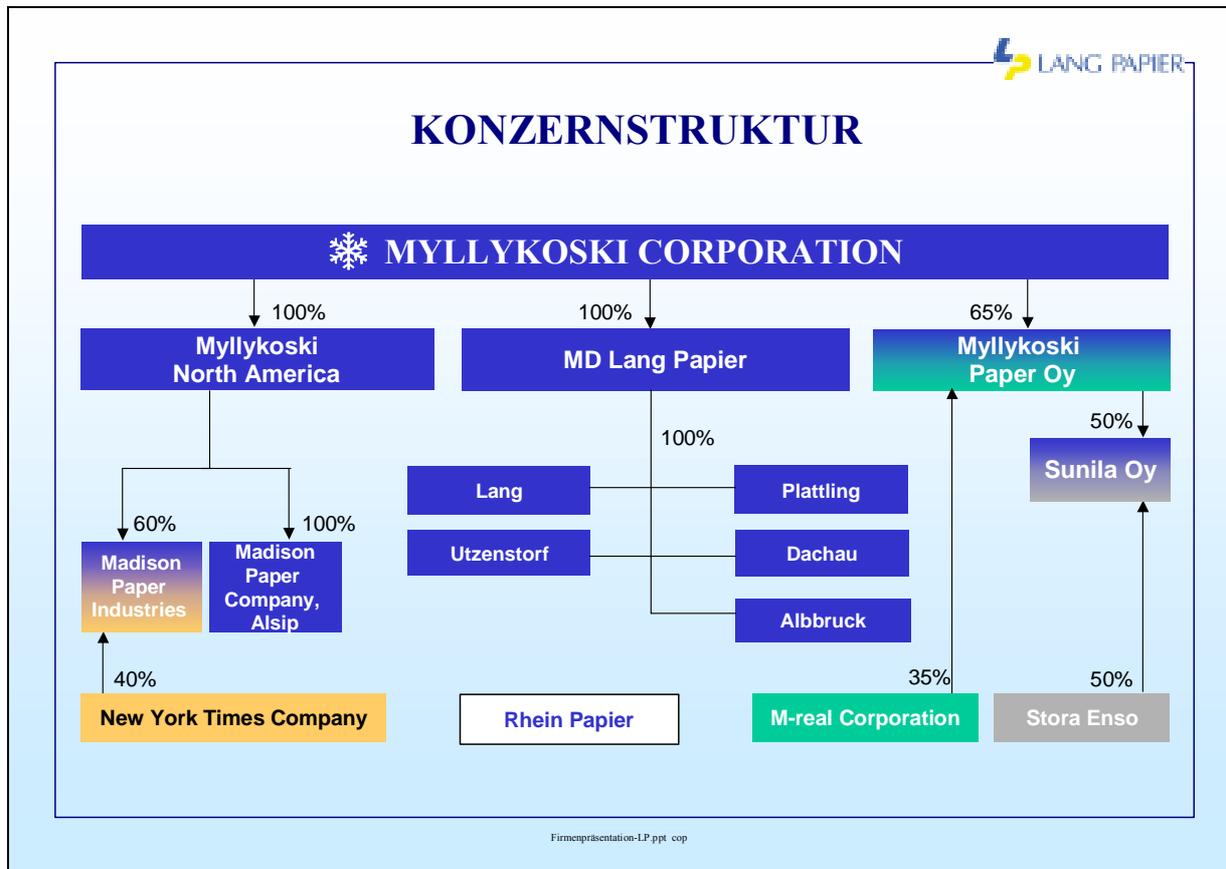


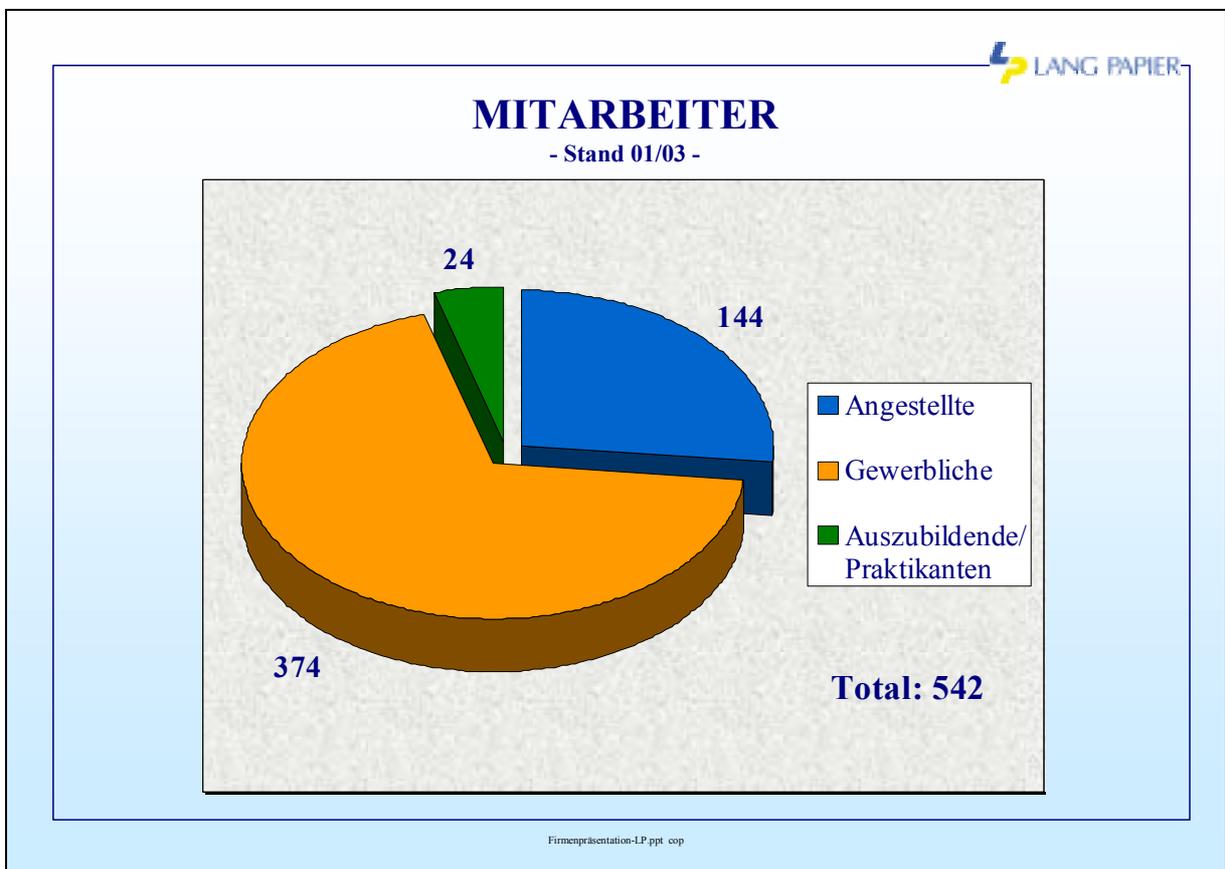
|                                | Wärmebedarf [kWh/t] | Strombedarf [kWh/t] | Energiebedarf [kWh/t] |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| <b>Hygienepapiere</b>          | 1900                | 1150                | 3050                  |
| <b>Holzhaltig gestrichen</b>   | 1600                | 1450                | 3050                  |
| <b>Holzfrei gestrichen</b>     | 1800                | 1000                | 2800                  |
| <b>Holzhaltig ungestrichen</b> | 1250                | 1370                | 2620                  |
| <b>Holzfrei ungestrichen</b>   | 1600                | 770                 | 2370                  |
| <b>Zeitungsdruck</b>           | 1000                | 1200                | 2200                  |
| <b>Verpackungspapiere</b>      | 1500                | 500                 | 2000                  |

Quelle: Zellcheming

## Vorstellung des Projektrahmens

Dipl.-Ing. Philipp Katz, Gebr. Lang GmbH, Papierfabrik, Ettringen





## PRODUKTIONSANLAGEN

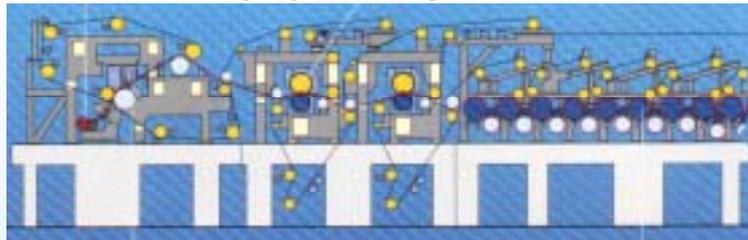
|                        | PM 3                     | PM 4                     | PM 5                     |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Fabrikat               | Escher Wyss              | Valmet                   | Voith                    |
| Baujahr                | 1971                     | 1984                     | 1999                     |
| Nettoarbeitsbreite     | max. 456 cm              | max. 650 cm              | max. 810 cm              |
| Geschwindigkeit        | 1200 m/min.              | 1250-1400 m/min.         | 1500-2000 m/min.         |
| Flächengewichtsbereich | 34 - 55 g/m <sup>2</sup> | 34 - 55 g/m <sup>2</sup> | 40 - 55 g/m <sup>2</sup> |
| Tagesproduktion        | 320 t/Tag                | 500 t/Tag                | 780 t/Tag                |
| Kapazität              | 110 000 t/Jahr           | 185 000 t/Jahr           | 280 000 t/Jahr           |

**Jahresgesamtkapazität: 575 000 Tonnen**

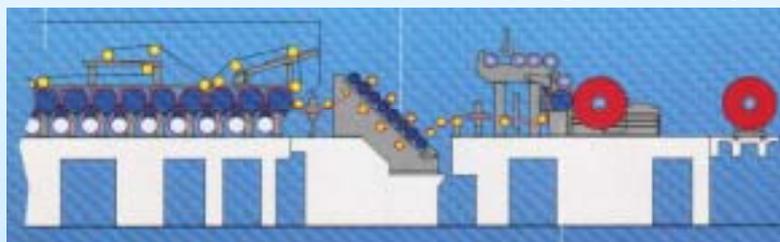
Firmenpräsentation-LP.ppt cop

## PM 5 - KONZEPT

ModuleJet Stoffauflauf mit 2D-Regelung Tandem-NipcoFlex-Pressen, vierfach befilzt



Duoformer TQ      On-line Janus Kalander      Top-DuoRun-Trockenpartie

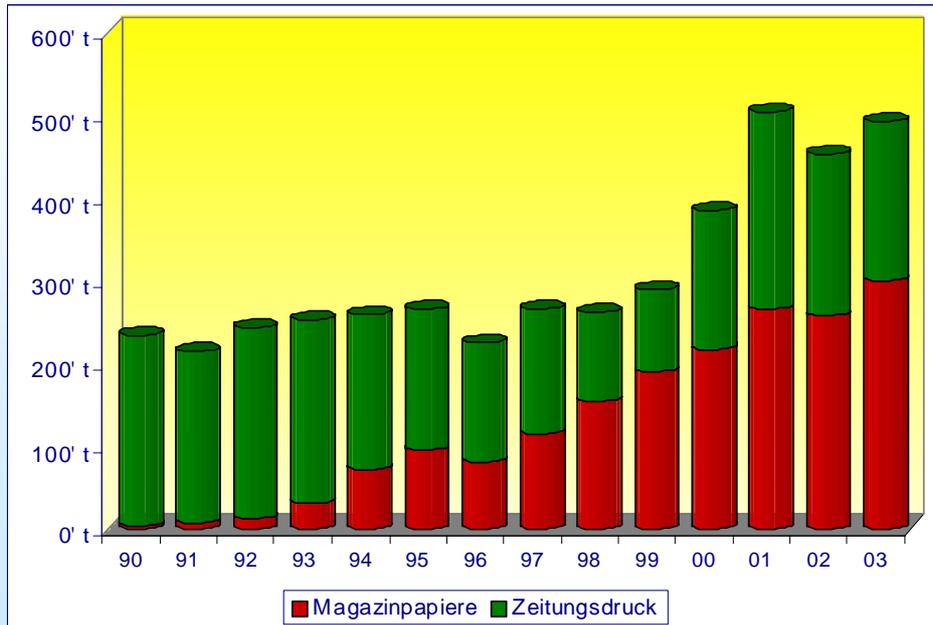


Aufrollstation mit Sirius

nachfolgend: 2 Vari-Top RSM und 1 automatische Rollenpackstraße

Firmenpräsentation-LP.ppt cop

## PRODUKTIONSENTWICKLUNG



Firmenpräsentation-LP.ppt cop

## UNSERE PRODUKTE

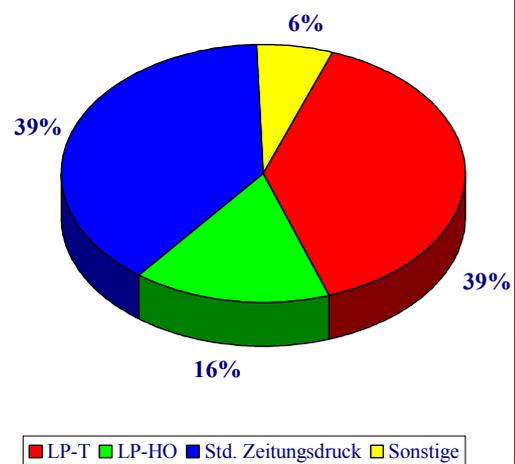
### Magazinpapiere

| Produktname                                | Oberfläche              | Weiß | Grammatur                  |
|--|-------------------------|------|----------------------------|
| LP-T SC-B Tiefdruck                        | satiniert               | 68   | 45 - 55 g/m <sup>2</sup>   |
| LP-HO SC-B Offset                          | satiniert               | 68   | 45 - 55 g/m <sup>2</sup>   |
| LP-SP Standard Zeitungsdruck für Tiefdruck | leicht satiniert        | 59   | 45 - 48,8 g/m <sup>2</sup> |
| LP-RS Magazinpapier                        | leicht sat. 2 Soft-Nips | 66   | 40 - 52,0 g/m <sup>2</sup> |

### Zeitungsdruckpapiere

| Produktname   | Oberfläche | Weiß | Grammatur                  |
|---|------------|------|----------------------------|
| LP-S Standard Zeitungsdruck                             | m'glatt    | 59   | 40 - 48,8 g/m <sup>2</sup> |
| LP-S semimatt Standard Zeitungsdruck mit höherer Glätte | m'glatt    | 60   | 45 - 48,8 g/m <sup>2</sup> |

### Verkaufsplan 2003



Firmenpräsentation-LP.ppt cop

## UNSERE HAUPTKUNDEN

### MAGAZINPAPIERE

**Bauer**  
**Springer**  
**Maul-Belser**  
**Schlott-Sebald-Gruppe**  
**Burda**  
**Otto Versand**

**Hachette-Gruppe (F)**  
**News International (GB)**  
**TV Magazine (F)**  
**Clifford (USA)**  
**Wal\*Mart (USA)**  
**Mondadori (I)**  
**Quebecor (F)**  
**Assosiated Newspapers (GB)**  
**Roto Smeets (NL)**

### ZEITUNGSDRUCK

**Springer**  
**Süddeutsche Zeitung**  
**FAZ**  
**WAZ**  
**Ippen-Gruppe**  
**Metro**

**Mediaprint (A)**  
**La Stampa (I)**  
**Hachette-Gruppe (F)**  
**La Repubblica (I)**  
**Rizzoli (I)**  
**Associated Newspapers (GB)**

Firmenpräsentation-LP.ppt cop

## DE-INKING

**De-Inking ist das Standbein der LANG-Präsenz. Mit einer fast 40-jährigen Erfahrung ist LANG einer der Pioniere in der Herstellung von altpapierhaltigen Druckpapieren in Europa. Mit unserem Flotationsstoff aus Zeitungen und Illustrierten, der eine Weiße bis zu 70 ISO ermöglicht und über eine Stoffreinheit wie bei Holzschliff verfügt, sind wir führend in neuen altpapierhaltigen Druckpapiersorten, die ihre Qualität bereits bewiesen haben.**

**Unsere gesamte Altpapieraufbereitungskapazität beträgt über 1.500 Tonnen pro Tag, was einer Kapazität von über 450.000 t Output (otro) pro Jahr entspricht.**

### **Durchschnittlicher Faserstoffeinsatz:**

|                    |             |
|--------------------|-------------|
| <b>Altpapier</b>   | <b>80 %</b> |
| <b>Holzschliff</b> | <b>17 %</b> |
| <b>Zellstoff</b>   | <b>3 %</b>  |



Firmenpräsentation-LP.ppt cop

## RESTSTOFFVERWERTUNG

Im De-Inking-Prozeß verlieren wir 15-20 % Rohstoffmaterial in Form von Druckfarbe, Füllstoffen und Reststoffen, die für folgende Bereiche wiederverwertet werden:

- Ziegelindustrie
- Zement
- Kompost

Nur ein kleiner Teil Plastik und Metallrückstände etc. wird zur allgemeinen Deponie gebracht.

### Kläranlage



- genehmigte Durchsatzmenge 14.000 m<sup>3</sup> /Tag
- mechanische Kläranlage
- biologische Kläranlage
- Ozonisierung mit Biofilter

LANG unterliegt sehr strengen Richtlinien für die Abwasserklärung und verbraucht pro produzierter Tonne ca. 8 m<sup>3</sup> Wasser. Dies wird ermöglicht durch die firmeninterne Kreislaufreinigung.

Firmenpräsentation-LP.ppt cop

## ROHSTOFFVERSORGUNG

**ALTPAPIER** Bedarfsmenge: ca. 550.000 jato  
Lang setzt sortiertes Altpapier (Zeitungen und Illustrierte) als Rohstoff ein.

**FASERHOLZ** Bedarfsmenge: ca. 230.000 rm  
Wird hauptsächlich aus Bayern bezogen.

**ZELLSTOFF** Bedarfsmenge: ca. 12.000 jato  
Wird hauptsächlich aus Finnland bezogen.

**FÜLLSTOFFE** Bedarfsmenge: ca. 78.000 jato

Firmenpräsentation-LP.ppt cop

## ALTPAPIER

1. Altpapier hat sich in der BRD für die Herstellung von Zeitungsdruckpapier zum **größten Rohstoffträger** entwickelt. Mit der Umsetzung der Verpackungsverordnung konnte die Verfügbarkeit und damit der Einsatz dieses Rohstoffes weiter gesteigert werden.
2. **Aufkommen von Altpapier in Deutschland**  
 1992 : 7,9 Mio. Tonnen = Rücklaufquote 50 %  
 2001: 14,1 Mio. Tonnen = Rücklaufquote 75 %
3. **Verbrauch von Altpapier in Deutschland**  
 1992: 6,7 Mio. Tonnen    2001: 11,6 Mio. Tonnen
4. **Bedarf De-Inkingware GEBR. LANG**  
2000: 400.000 t    2001: 550.000 t    2002: 550.000 t
5. Durch die **stoffliche Wiederverwertung** werden die Vorgaben des **Kreislaufwirtschaftsgesetzes** erfüllt.
6. Mit dem Einsatz des Rohstoffes Altpapier trägt Lang wesentlich zur **Umweltentsorgung** bei.  
 Das bedeutet im einzelnen:
  - Rohstoffe wie Holz werden eingespart!
  - Mülldeponien werden entlastet!
  - Geringer Energieeinsatz!



Firmenpräsentation-LP.ppt cop

## ROH- UND HALBSTOFFERZEUGUNG

**SCHLEIFEREI**  
**10 Stetigschleifer**

Gesamtverarbeitungskapazität  
 200 t/Tag



### ALTPAPIERAUFBEREITUNG

**3 Flotationslinien**



- 1) 460 tato deinked bis Weiße 70
- 2) 340 tato deinked bis Weiße 70
- 3) 600 tato deinked bis Weiße 70

Gesamtverarbeitungskapazität ca. 600.000 jato Rohstoff

Firmenpräsentation-LP.ppt cop

## ENERGIEVERSORGUNG

**Fremdversorgung:** 78 MW/h

### **Altes Kesselhaus:**

- 5 Dampfkessel  
befeuert mit leichtem und schweren Heizöl; 95 t Dampf / h mit 64 bzw. 8 bar Druck
- 2 Turbinen  
Stromerzeugung 8 MW/h

### **Neues Kraftwerk:**

- 3 Dampfkessel  
befeuert mit Gas, Hersteller Omical  
2 Großwasserraum/Wasserrohrkessel      1 Kessel für Janusbetrieb PM 4/5  
2 x 50 t Dampf / h mit 350 °C              12 t Dampf / h mit 270 °C, 34 bar
- 1 Dampfturbine  
Stromerzeugung 7 MW, Hersteller KKK

## Vorstellung des Projektrahmens

Dieter Pfaff, PTS München

Dipl.-Ing. Philipp Katz, Gebr. Lang GmbH, Papierfabrik, Ettringen



### *Inhalt / Agenda*



- **Projektvorgeschichte**
  
- **Projektrahmen**
  
- **Vorstellung der Fa. MD Lang Papier**



### *Ausgangssituation*



- Die Zellstoff- und Papierindustrie zählt in Deutschland zu den energieintensivsten Industriezweigen.
- Die deutsche Industrie verpflichtet sich freiwillig zu einer Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 20 % bis zum Jahr 2005 (Selbsterklärung der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge).
- Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) führte im Auftrag der bayerischen Staatsregierung verschiedene Projekt zur rationellen Energienutzung durch.
- Im Jahr 2001 begannen die Planungen ein Projekt zur rationellen Energienutzung in der Papierindustrie durchzuführen.
- PTS identifizierte im Rahmen einer Vorstudie die möglichen Schwerpunkte des Projektes „Papierindustrie“.

## *Identifizierte Projektvarianten*



- Variante 1:  
Energieeinsparungsprojekt an einem Referenzbetrieb für die Papierindustrie
- Variante 2:  
Energieeinsparungsprojekt an einem Referenzbetrieb für ein bestimmtes Marktsegment in der Papierindustrie
- Variante 3:  
Energieeinsparungsprojekt mit Fokus auf betriebsübergreifende energieintensive Verfahrensstufen
- Variante 4:  
Bearbeitung von ausgewählten energierelevanten Einzelthemen mit breitem Anwendungsbezug

Auf Grund der nicht gegebenen Übertragbarkeit von Produktionsverhältnissen innerhalb der Papierindustrie, aber auch der mangelnden Repräsentativität bzw. Relevanz von einzelnen Segmenten scheidet Variante 1 – 3 weitestgehend aus.

Alle Interviewpartner sprachen sich für Variante 4 aus. Die Gesprächsführung konzentrierte sich daher weitestgehend auf die Identifikation von Themenstellungen, die zum einen energierelevant sind (CO<sub>2</sub> Reduzierungspotenzial) und zum anderen von möglichst breitem Interesse bezüglich eines übergreifenden Lösungsansatzes sind.

Diskutiert wurden die Themenblöcke:

- Energieträger
- Verfahrenstechnik
- Energietechnik
- Technologietransfer für KMU



## Fokussierung auf Variante 4



Relevante Themenblöcke:

- Energieträger
- Verfahrenstechnik
- Energietechnik
- Technologietransfer für KMU

**E.-träger:**

Derzeit werden vorwiegend Öl und Gas eingesetzt. Erste Denkansätze zur Energieträgersubstitution sind vorhanden. Es wurden genannt:

Restholzverbrennung, Rapsöl + Solarenergie, Wasserkraft, Biogas gegen Strom

Der Einsatz alternativer Energieträger ist branchenweit ein Thema über das intensiv nachgedacht wird. Eine Substitution fossiler Energieträger wäre 100 % Kyoto-relevant.

**VT Papierherstellung:**

Ersatz der Leimpresse (2 x Trocknungsenergie), Energiesparende Stoffmahlung, Reduzierung des Kreislaufwasservolumens, Breitnipp-Pressentechnologie für kleine Maschinen, breiter Einsatz drehzahl geregelter Antriebe

Die genannten Schwerpunkte sind jeweils nur punktuell (produkt-abhängig) relevant und scheinen nicht für eine öffentliches Projekt prädestiniert zu sein.

**Energietechnik:**

Nutzung der Niedertemperaturabwärme, Leistungssteigerung der Wärmerückgewinnung, Wirkungsgradsteigerung im Kesselbereich

Insbesondere die Nutzung der Niedertemperaturabwärme, die bis 40 % der Gesamtenergie beträgt und zur Zeit über Dach geblasen wird stellt ein ungelöstes Problem der gesamten Papierindustrie dar.

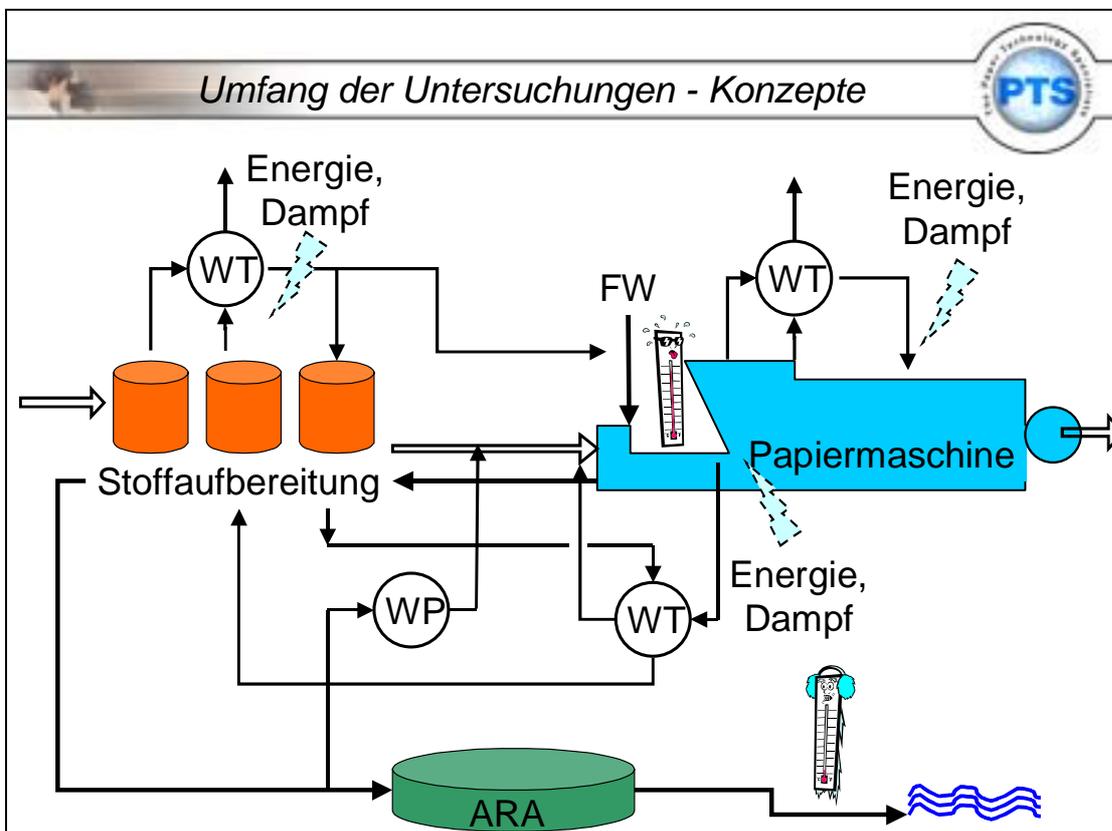
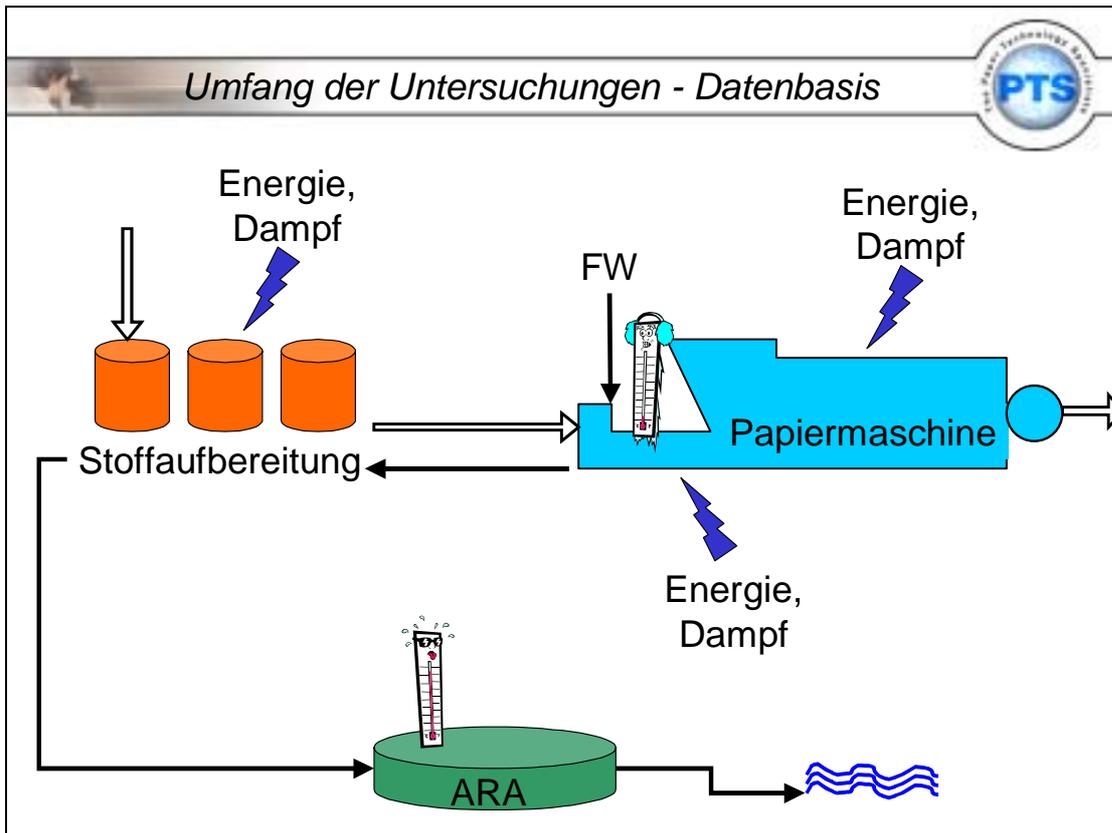
**Problemkreis KMU:**

Die KMU nehmen auf Grund der Betriebsgröße und den damit verbundenen Einschränkungen im Investitionsbereich eine Sonderstellung unter den Produktionsbetrieben ein. Insbesondere die Größenklasse < 100 Beschäftigte beklagt u.a.:

Bewährte Technologien wie KWK werden trotz Effektivität nicht adaptiert, Verfahrenstechnische Neuerungen werden nicht für kleine Maschinen angeboten, selbst bei nachgewiesener Rentabilität werden entsprechende Kreditvolumina nicht gewährt.

Die strukturellen Probleme der KMU sind auch im Sinne der Energieeffizienz spürbar, können jedoch kaum im Rahmen des geplanten Projektes angegangen werden.





## Vorstellung der Vorgehensweise und der Projektergebnisse

**Dr.–Ing. Johannes Kappen, PTS München**

**Oliver Blum, PTS München**

**Dipl.–Ing. Philipp Katz, Gebr. Lang GmbH, Papierfabrik, Ettringen**

### Zusammenfassung

Im Rahmen der Zusage der Bundesrepublik Deutschland zur Reduktion treibhauswirksamer Abgase hat sich die deutsche Industrie freiwillig verpflichtet, die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2005 um 28 % zu reduzieren. Die deutsche Zellstoff- und Papierindustrie ist der fünftgrößte industrielle Energieverbraucher. In den vergangenen Jahren wurde der spezifische Energieeinsatz durch technische Optimierungen kontinuierlich gesenkt. Der rationelle Energieeinsatz durch Energieeinsparung im Produktionsprozess bleibt allerdings eine Herausforderung an die Papierindustrie.

In diesem Zusammenhang führte das Landesamt für Umweltschutz (LfU) im Auftrag des bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) ein Projekt zur rationalen Energienutzung in der Papierindustrie durch. Ziel des Projektes war die mit der rationalen Energienutzung verbundene Senkung der Treibhausgasemissionen, insbesondere des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Die Untersuchung sollte zeigen, welche in der Papierindustrie bisher nicht oder kaum genutzten Technologien oder Verfahrensschritte zur Nutzung von Niedertemperaturabwärme zum Erreichen dieses Ziels genutzt werden können. Im Rahmen des Projektes wurde der Schwerpunkt auf das Medium Wasser als Hauptwärmeträger gelegt.

In einem ersten Schritt erfolgte in einem Partnerbetrieb eine detaillierte Bestandsaufnahme der Energiesituation, insbesondere die Erstellung einer Wärmebilanz. Die detaillierte Aufnahme des Ist-Zustandes konzentrierte sich auf die Ermittlung und Bilanzierung des Wärmebedarfs der potenziellen Abnehmer.

Basierend auf der detaillierten Bestandsaufnahme erfolgte die Erstellung eines Simulationsmodells zur Bilanzierung der Wärmeströme. Wichtigstes Ergebnis war die Identifikation der Quellen und Senken des Papiererzeugungsprozesses. Auf der Basis der vorhandenen Quellen und Senken wurde mit Hilfe der Pinch-Analyse ein maximales (theoretisches) Einsparpotenzial für den untersuchten Betrieb von 6,1 GWh pro Monat ermittelt.

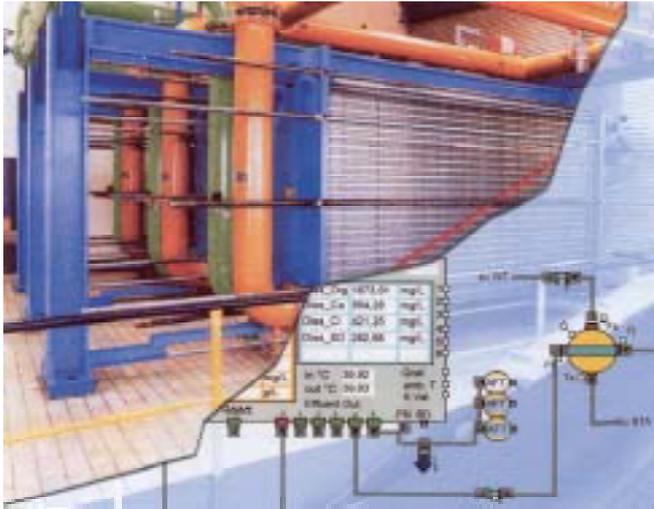
Auf der Basis eines detaillierten Simulationsmodells der Anlage wurden umfangreiche Simulationsrechnungen durchgeführt. Besonders hohe Einsparungen ergeben sich dabei für die Nutzung der Abwärme des Gesamtabwassers und einzelner Abluftströme. Es wurde ein Konzept für die interne Nutzung der Niedertemperaturabwärme entwickelt, mit dem eine Einsparung von 5,5 MW im Sommer und 13,6 MW im Winter erreicht werden kann. Zusätzlich wurde ein Konzept zur externen Nutzung der Niedertemperaturabwärme und zur Kälteerzeugung erstellt.

Eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit ergab, dass insbesondere bei einer lokalen Koppelung von Wärmequellen und -senken ROI-Werte von deutlich unter einem Jahr erzielt werden können. Die Wirtschaftlichkeit leidet immer dann, wenn die örtlichen Gegebenheiten einen hohen Aufwand (Rohrleitungen etc.) erfordern. Eine externe Nutzung der Niedertemperaturabwärme ist grundsätzlich möglich. Es treten jedoch z.T. hohe externe Kosten auf, wenn kein Fernwärmenetz zur Verfü-

gung steht und dieses erst aufgebaut werden soll. Eine Nutzung der Niedertemperaturabwärme zur Erzeugung von Kälte erscheint unter den Randbedingungen der Papiererzeugung als wenig attraktiv.

Die grundlegenden Möglichkeiten zur Nutzung von Niedertemperaturabwärme wurden unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Wärmemenge und der Wirtschaftlichkeit zusammengefasst. Die Ergebnisse sind auf die bayerische Papierindustrie übertragbar. Für die einzelnen Varianten ergeben sich CO<sub>2</sub>- und Wärmeeinsparpotenziale von bis zu 10 %. Das spezifische CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial liegt – in Abhängigkeit der Maßnahmen – zwischen 6 und 30 kg/t.





Nutzung der  
Niedertemperatur-  
abwärme

**Vorstellung der  
Vorgehensweise  
und der  
Projektergebnisse**

**PTS, München**  
**Gebr. Lang GmbH, Papierfabrik, Ettringen**



## Inhalt / Agenda

- **Vorgehen**
- **Prozessanalyse**
- **Konzeptentwicklung**
- **Simulationsrechnungen**
- **Wirtschaftlichkeit**



## Projektphasen

### Phase I

Erstellung einer  
Wärmebilanz / Aufnahme  
des IST-Zustandes

- detaillierte Bestandsaufnahme der Energiesituation
- Wärmebilanz ist die Basis für die gezielte Simulation und Bilanzierung

### Phase II

Konzepterstellung  
(Nutzung Nieder-  
temperaturabwärme)

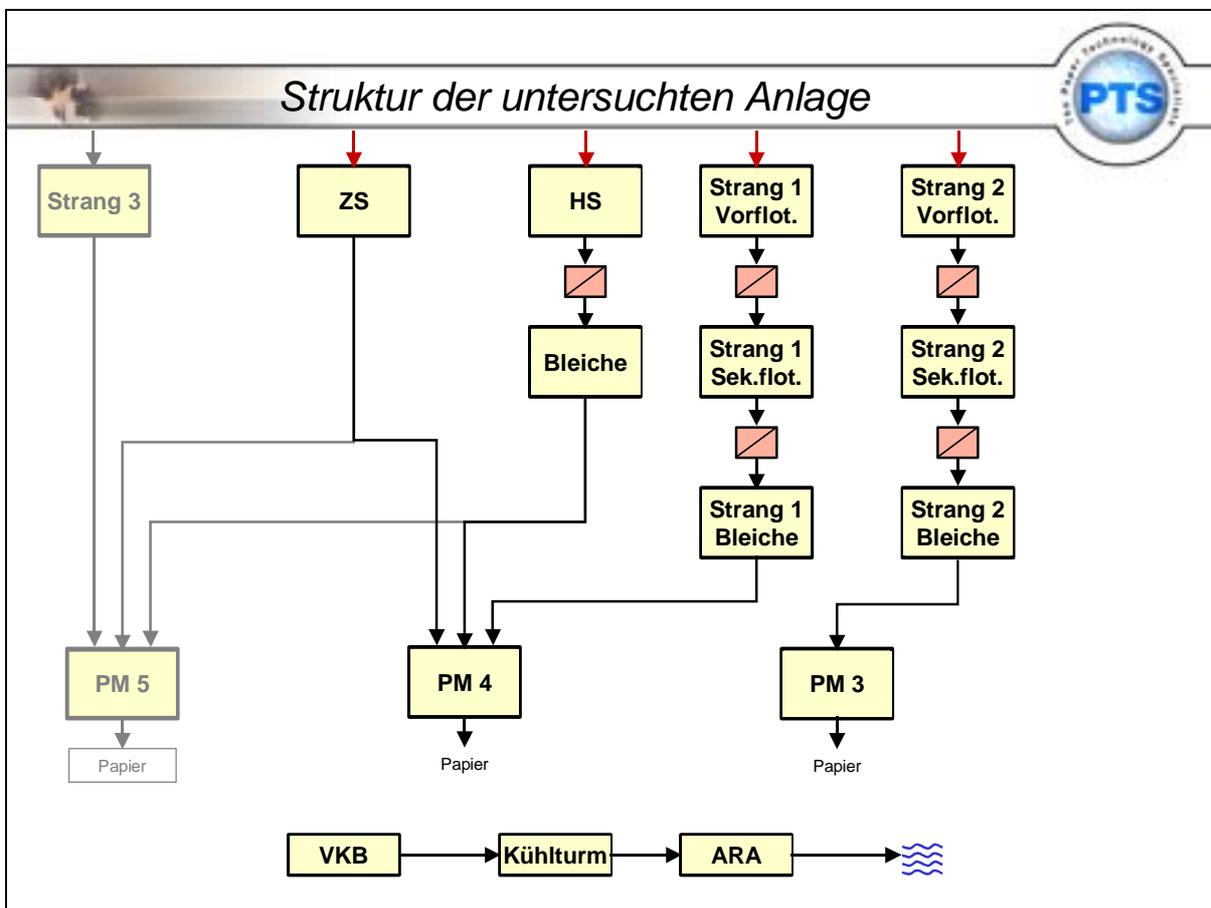
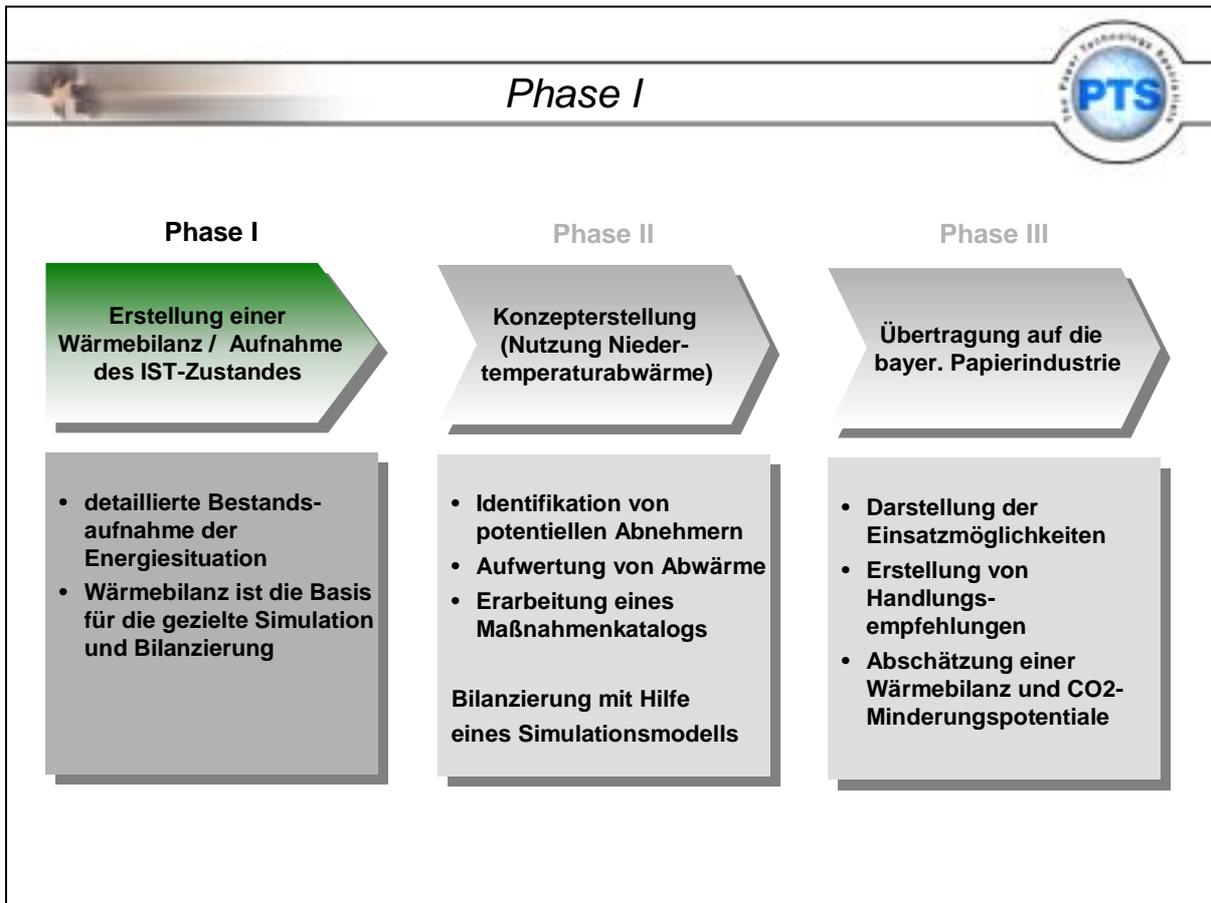
- Identifikation von potentiellen Abnehmern
- Aufwertung von Abwärme
- Erarbeitung eines Maßnahmenkatalogs

Bilanzierung mit Hilfe  
eines Simulationsmodells

### Phase III

Übertragung auf die  
bayer. Papierindustrie

- Darstellung der Einsatzmöglichkeiten
- Erstellung von Handlungsempfehlungen
- Abschätzung einer Wärmebilanz und CO<sub>2</sub>-Minderungspotentiale



## Prozessanalyse



- 51 Probenahmestellen
- Parameter: Temperatur, abfiltrierbare Feststoffe, CSB, Leitfähigkeit, pH-Wert, Filtratrockenrückstand
- Messung von Volumenströmen
- Messungen in Abluftströmen

| Vermessene Abluftströme                    | P [kW] | $\Delta T$ [°C] | kWh/t Bezugsgröße |
|--|--------|-----------------|-------------------|
| HS- Abluft Schleifer 4, 5, (8, 9), 10 - 15 | -8710  | 13              | -1342 Holzschliff |
| PM A- Haubenabluf VTP                      | -10068 | 19              | -796 Bruttoprod.  |
| PM A- Haubenabluf NTP                      | -14520 | 25              | -1148 Bruttoprod. |
| PM B- Haubenabluf                          | -52536 | 41              | -2649 Bruttoprod. |
| PM B- Vakuumpumpen                         | -4800  | 138             | -242 Bruttoprod.  |

## Produktion der Papiermaschinen



| Produktionsdaten                |       | Durchschnitt im Untersuchungszeitraum |
|---------------------------------|-------|---------------------------------------|
| <b>PM A</b>                     |       |                                       |
| Geschwindigkeit                 | m/min | 1.158                                 |
| Arbeitsbreite                   | cm    | 460                                   |
| Bruttoproduktion                | t/d   | 303,5                                 |
| Nettoproduktion                 | t/d   | 274,7                                 |
| Ausfallzeit                     | min   | 171                                   |
| <b>PM B</b>                     |       |                                       |
| Geschwindigkeit                 | m/min | 1.259                                 |
| Arbeitsbreite                   | cm    | 651                                   |
| Bruttoproduktion                | t/d   | 476,0                                 |
| Nettoproduktion                 | t/d   | 441,5                                 |
| Ausfallzeit                     | min   | 142                                   |
| <b>PM C</b>                     |       |                                       |
| Geschwindigkeit                 | m/min | 1.488                                 |
| Arbeitsbreite                   | cm    | 810                                   |
| Bruttoproduktion                | t/d   | 749,5                                 |
| Nettoproduktion                 | t/d   | 690,0                                 |
| Ausfallzeit                     | min   | 197                                   |
| <b>Gesamtproduktion, Brutto</b> |       | 1.529                                 |
| <b>Gesamtproduktion, Netto</b>  |       | 1.406                                 |



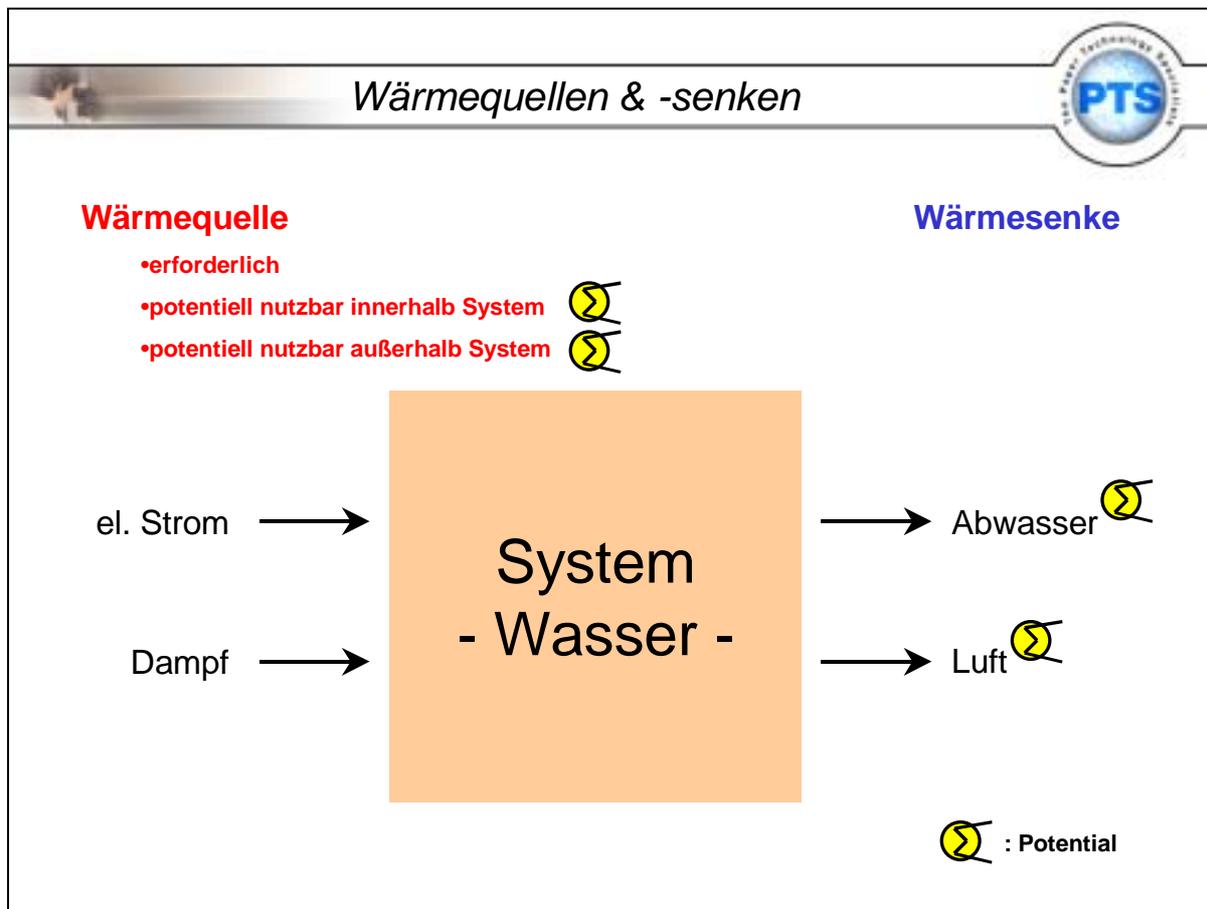
### Werksbilanz – Betrachtete Anlagen + ARA

| Bilanz Werk ohne PMC und DIP C |                           | kW            |
|--------------------------------|---------------------------|---------------|
| Input                          | Strom                     | 38.145        |
|                                | Dampf                     | 38.597        |
|                                | Abwasser von PM C         | 7.382         |
|                                | <b>Summe</b>              | <b>84.124</b> |
|                                |                           |               |
| Output                         | Abwasser                  | 12.911        |
|                                | Abluft und Abstrahlung    | 67.964        |
|                                | Austausch mit PMC (netto) | 3.249         |
|                                | <b>Summe</b>              | <b>84.124</b> |



### Bilanz Stoff und Wasser – Betrachtete Anlagen + ARA

| Bilanz "Stoff und Wasser" ohne PMC und DIP C |                               | kW            |
|--|-------------------------------|---------------|
| Input  | Dampf                         | 5.706         |
|  | Dissipation (el. Energie)     | 14.371        |
|  | Kühler und Wärmetauscher      | 19.193        |
|  | Abwasser von PM C             | 7.382         |
|  | <b>Summe</b>                  | <b>46.652</b> |
|  |                               |               |
| Output                                       | Abluft SP, PP und Abstrahlung | 28.728        |
|  | Papier                        | 1.764         |
|  | Abwasser                      | 12.911        |
|  | Austausch mit PMC (netto)     | 3.249         |
|  | <b>Summe</b>                  | <b>46.652</b> |



## Erforderliche Wärmequellen

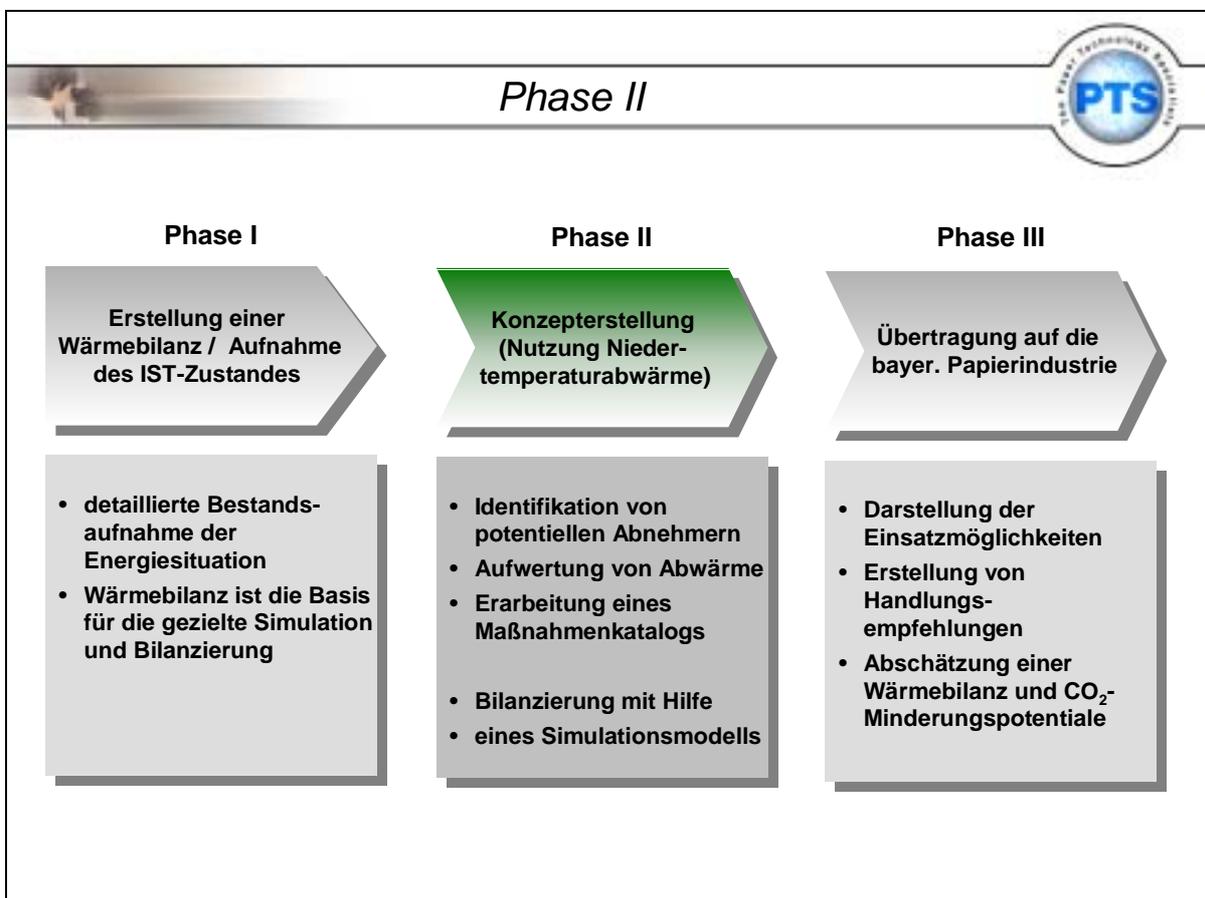


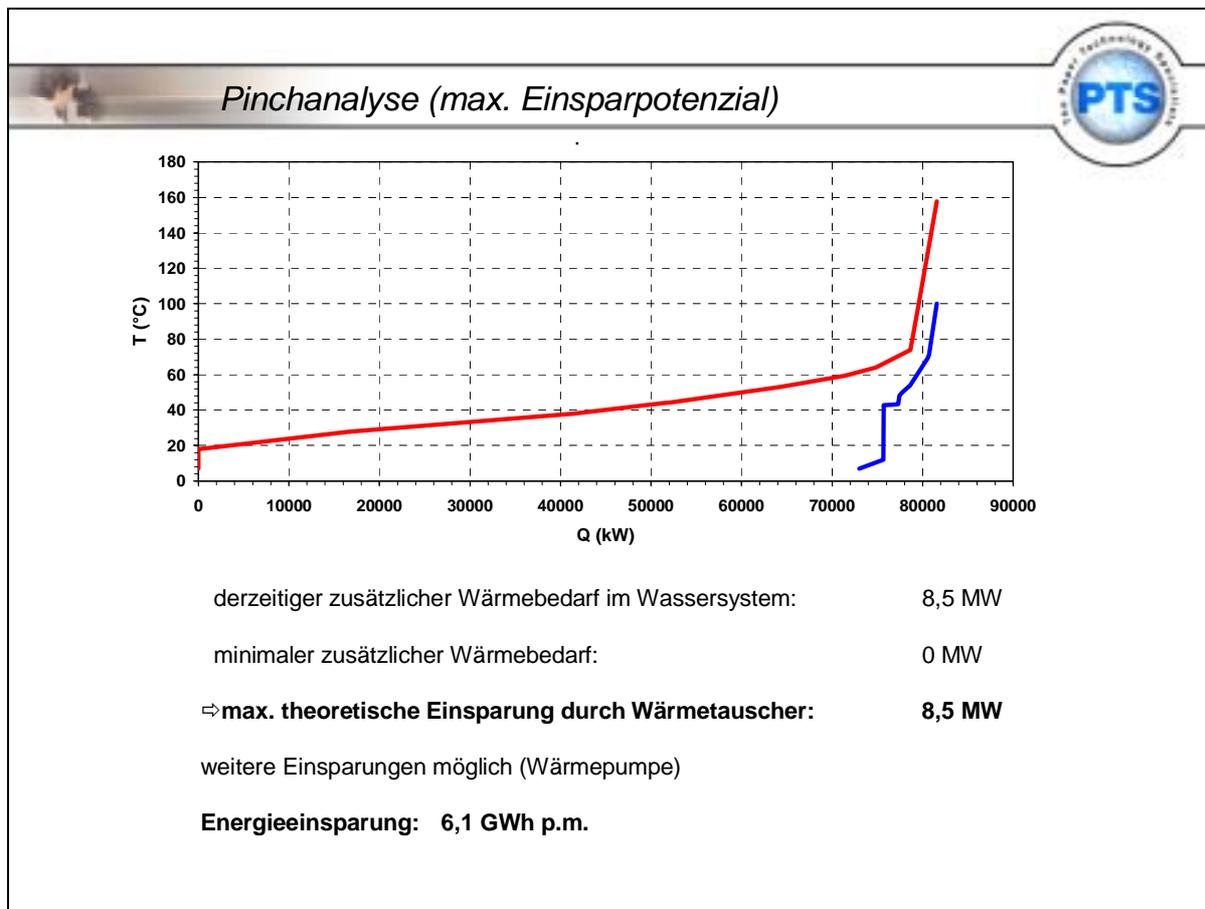
| Erforderliche Wärmequellen für Produktion | P [kW] | $\Delta T$ [°C] | kWh/t Bezugsgröße     |
|---|--------|-----------------|-----------------------|
| Gesamtwerk FW-Aufheizung Flusswasser      | 2640   | 5,0             | 41,4 Bruttoprod. Ges. |
| PM A- Dampfblaskasten                     | 448    |                 | 35,4 Bruttoprod. PM   |
| PM A- Siebwasserbeheizung                 | 725    | 0,3             | 57,3 Bruttoprod. PM   |
| PM A- FW Aufheizung                       | 608    | 5,5             | 48,1 Bruttoprod. PM   |
| PM B- Dampfblaskasten                     | 1193   |                 | 60,2 Bruttoprod. PM   |
| PM B- Siebwasserbeheizung                 | 858    | 0,2             | 43,3 Bruttoprod. PM   |
| PM B- FW Aufheizung                       | 60     | 39,4            | 3,0 Bruttoprod. PM    |
| Disperger DIP B                           | 925    | 18,4            | 40,6 AP-Einsatz       |
| Disperger DIP A                           | 1025   | 22,0            | 68,7 AP-Einsatz       |



## Externe Wärmequellen

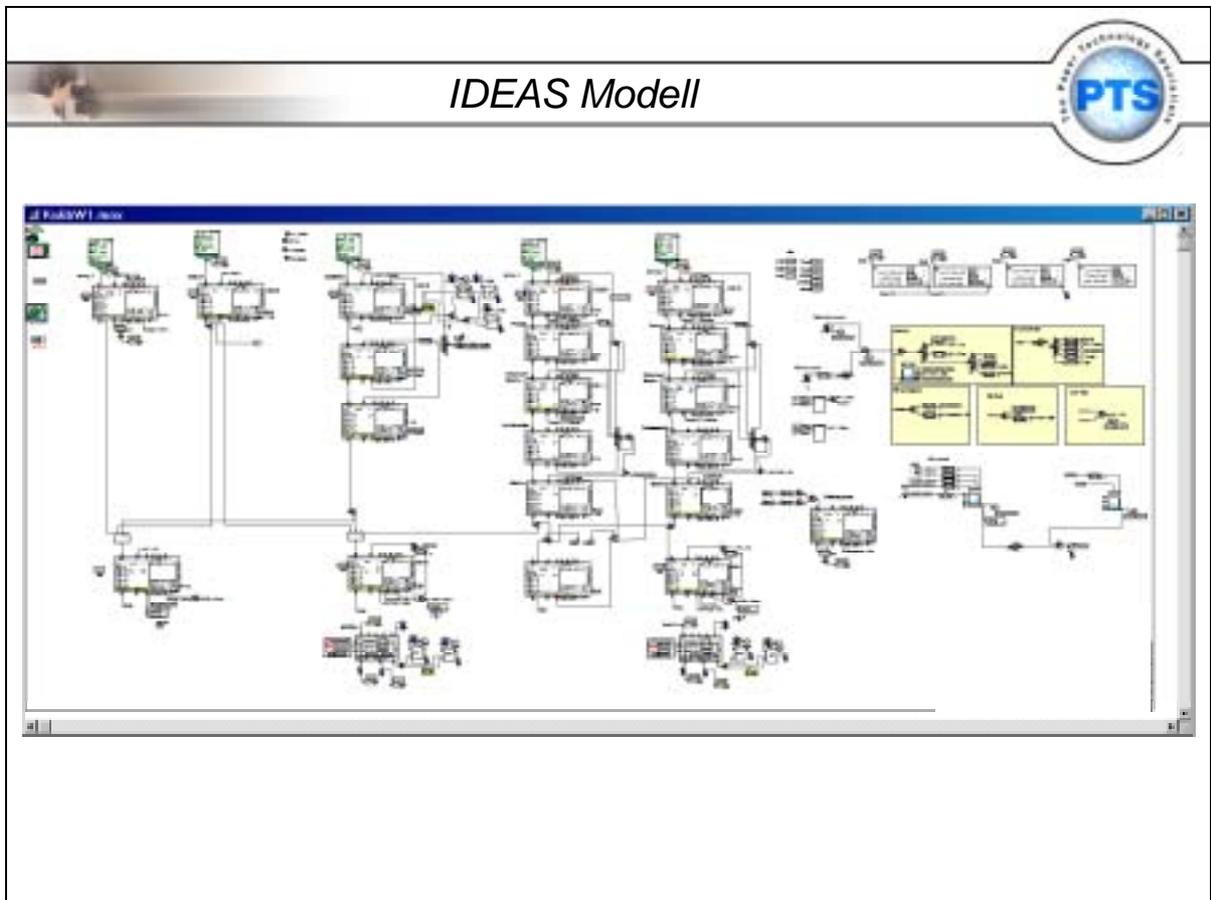
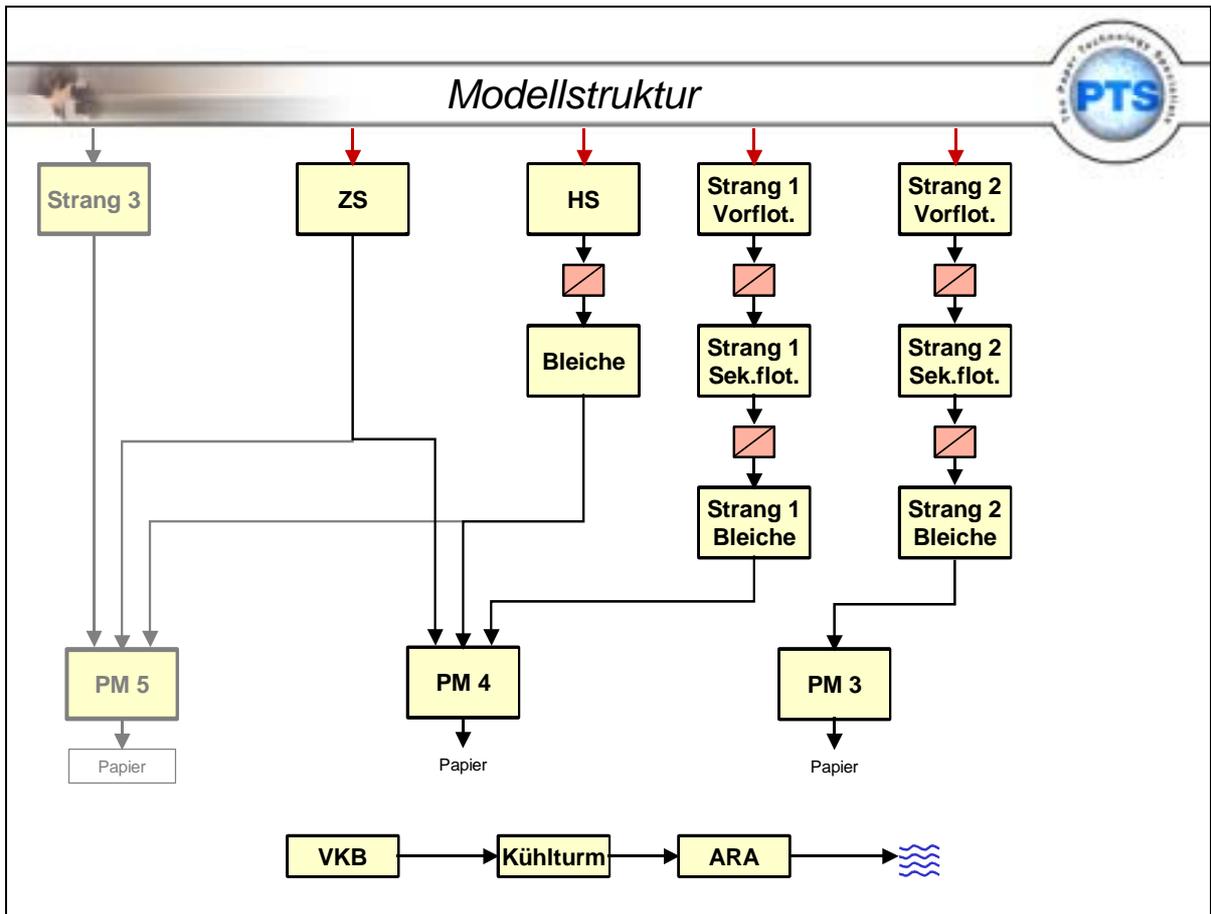
| Potentielle externe Wärmequellen | P [kW] | $\Delta T$ [°C] | kWh/t Bezugsgröße   |
|----------------------------------|--------|-----------------|---------------------|
| PM A- Haubenabluft VTP           | -10068 | 18,9            | -796,2 Bruttoprod.  |
| PM A- Haubenabluft NTP           | -14520 | 25,4            | -1148,3 Bruttoprod. |
| PM B- Haubenabluft               | -52536 | 40,6            | -2649,1 Bruttoprod. |
| PM B- Kühlturm Janus             | -313   | 12,9            | -15,8 Bruttoprod.   |
| PM B- Vakuumpumpen               | -4800  | 137,7           | -242,0 Bruttoprod.  |





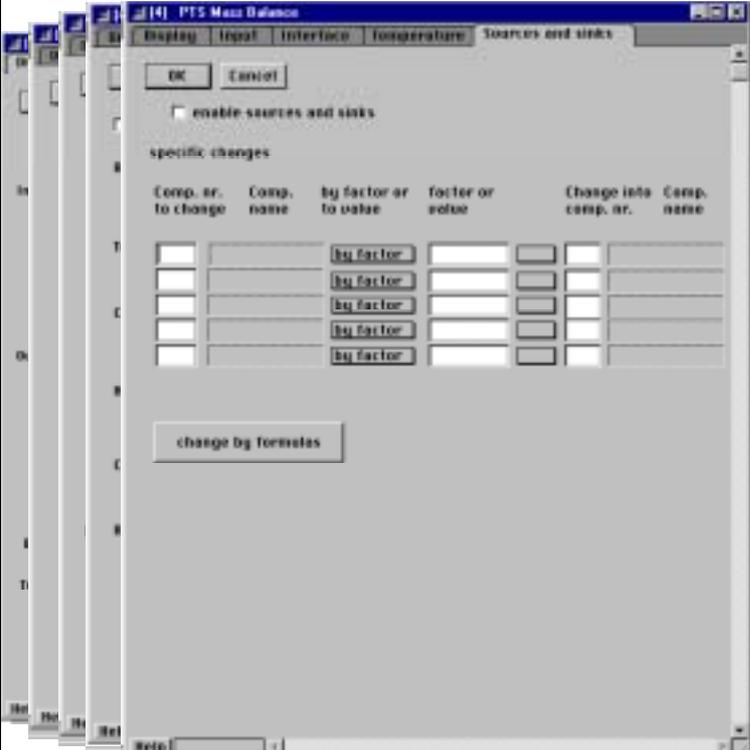
### Gerechnete Szenarien

| Beschreibung der Szenarien   | Szenario   |
|--|--|
| Identifikation von potenziellen internen Abnehmern                           | 1.1 – 1.4 (Tausch Wasser – Wasser)<br>2.1 – 2.5 (Tausch Luft – Wasser) |
| Untersuchung von Möglichkeiten zur Aufwertung der Abwärmeströme              | 3.1 – 3.2 (Einsatz von Wärmepumpen)                                    |
| Ermittlung von Möglichkeiten zur Veränderung der kritischen Prozessparameter | 4.1 – 4.2  |
| Nutzung der Niedertemperaturabwärme zur Erzeugung von Kälte                  | 5.1 (Einsatz von Adsorptionskältemaschinen)                            |
| Externe Nutzung der Niedertemperaturabwärme                                  | 6.1 – 6.2 (Schwimmbad, Fernheizung)                                    |





## PTS-Entwicklung Loop



**Effizienzsteigerung in der Projektdurchführung durch**

- > bewährte Methodik
- > einfacheren Modellaufbau
- > geringeren Kalibrier Aufwand



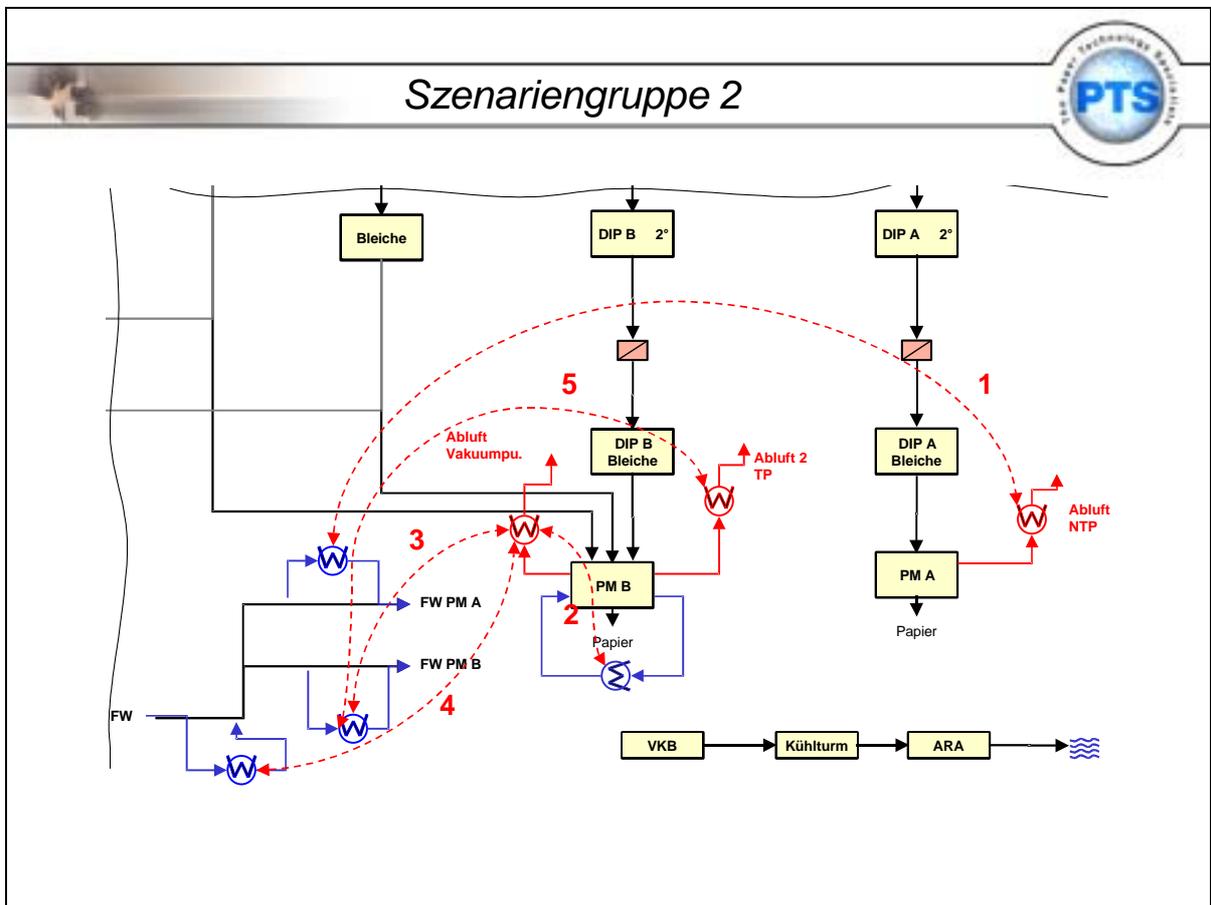
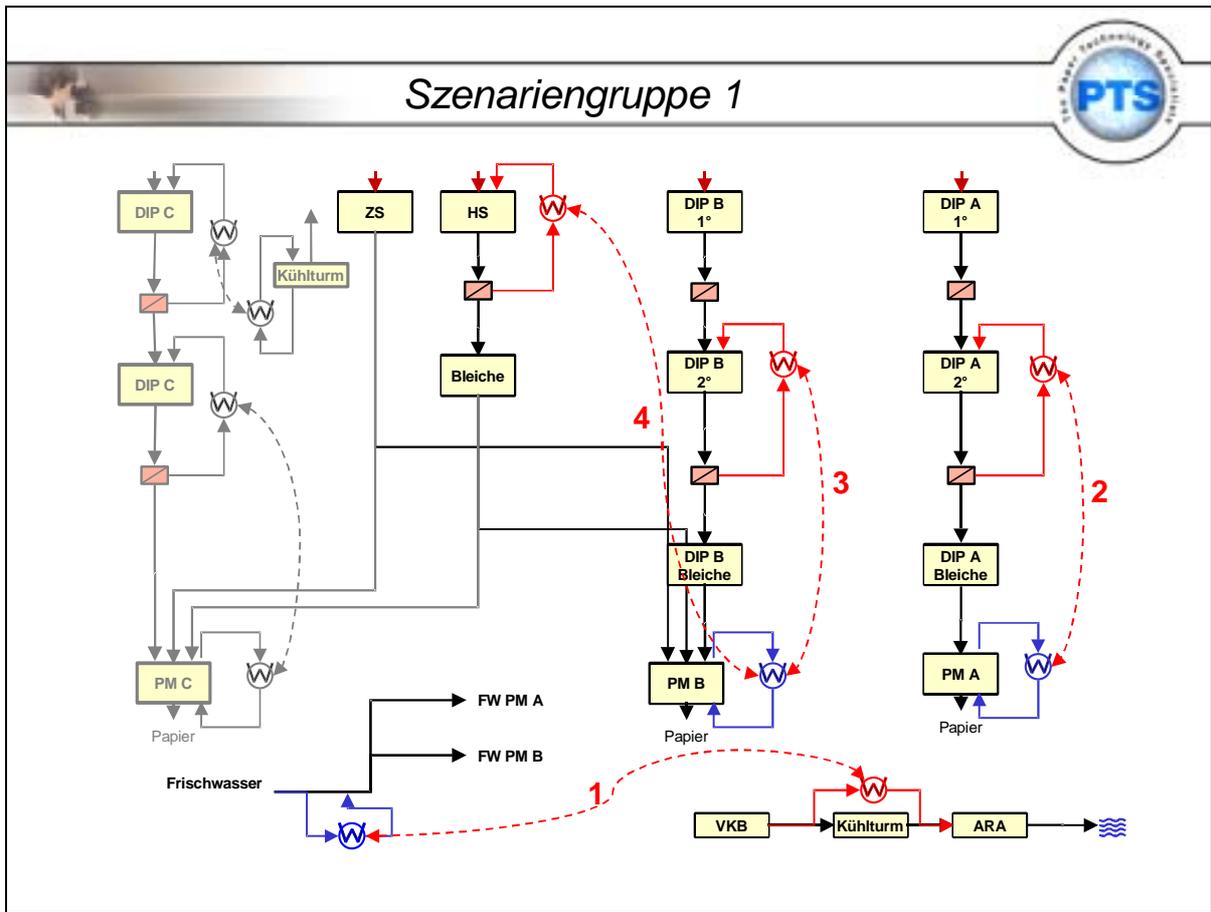


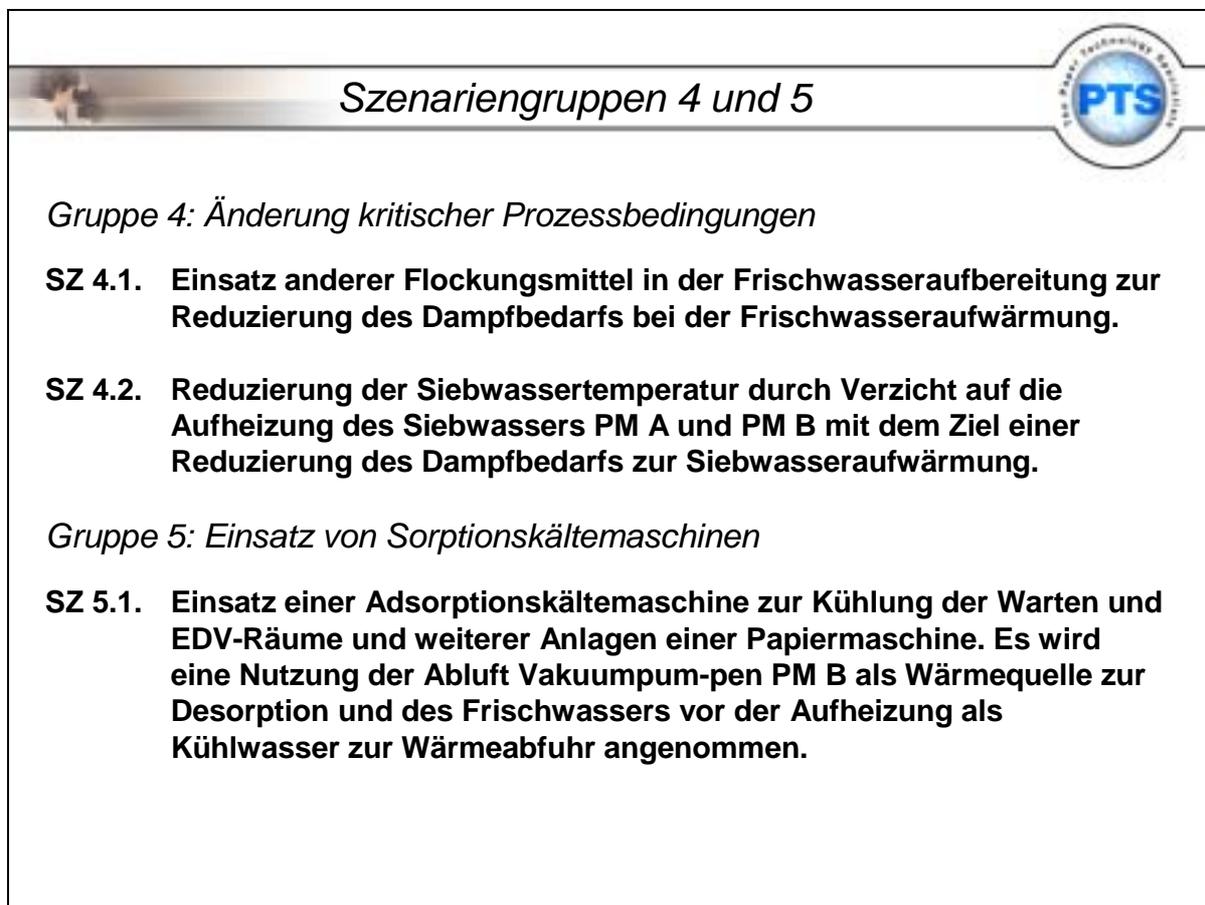
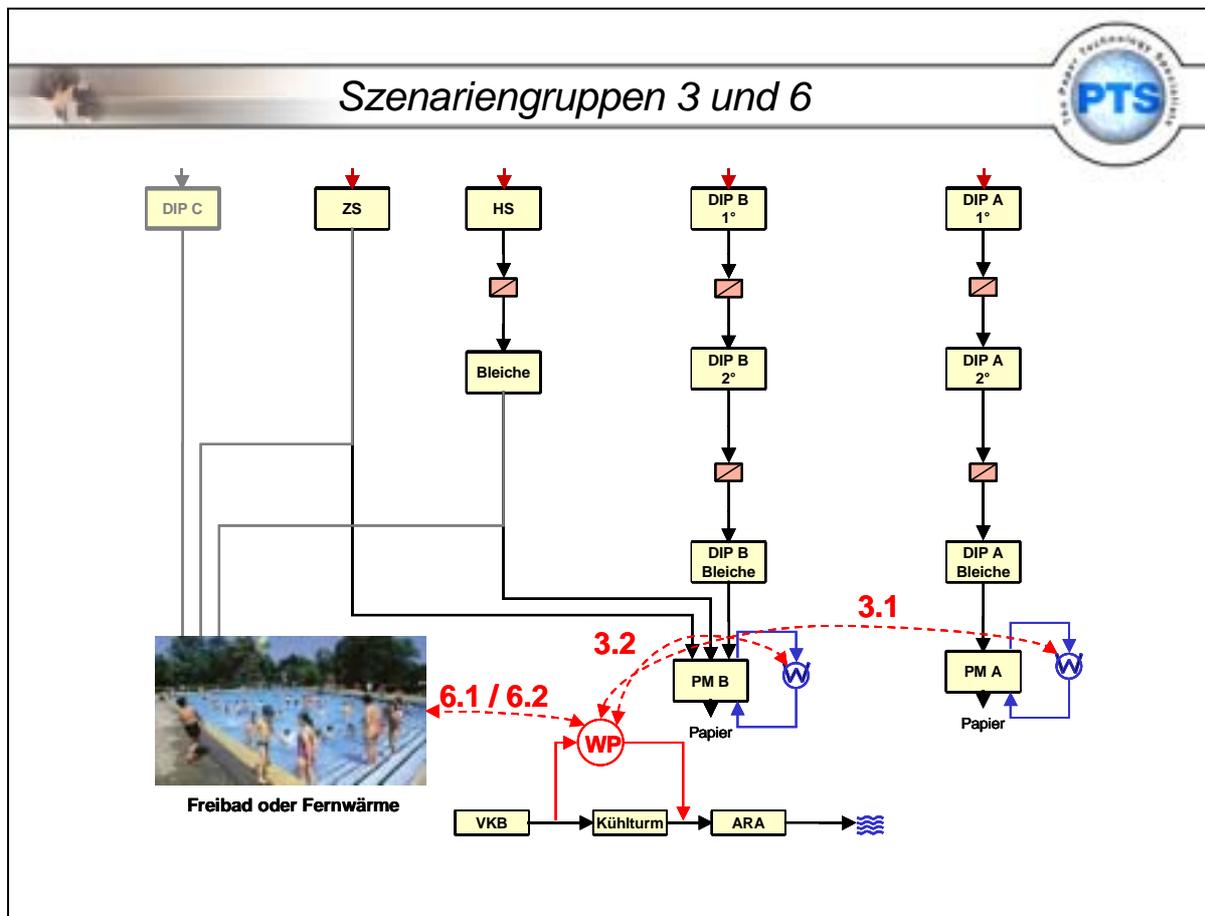
## Kalibrierung Sommer und Winter

| Kalibrierwerte |        | Winter | Untersuchung | Sommer |
|----------------|--------|--------|--------------|--------|
| Temperaturen   |        |        |              |        |
| Vorfluter      | °C     | 2 °C   | 8 °C         | 25 °C  |
| Brunnen        | °C     | 5 °C   | 7 °C         | 8 °C   |
| Deinking       | °C     | 30 °C  | 35 °C        | 35 °C  |
| Schleiferei    | °C     | 25 °C  | 30 °C        | 35 °C  |
| Außen          | °C     | 2 °C   | 18 °C        | 30 °C  |
| PM Hallen      | °C     | 25 °C  | 30 °C        | 32 °C  |
| FW Schleiferei | m³/h   | 5      | 20           | 40     |
| Heizung FW     | Status | an     | an           | aus    |
| Kühlturm FW    | Status | aus    | aus          | an     |

| Ergebniswerte                |    | Winter  | Untersuchung | Sommer  |
|------------------------------|----|---------|--------------|---------|
| Sollwerte (Realdaten)        |    |         |              |         |
| Abwasser                     | °C | 20,0 °C | 24,7 °C      | 30,0 °C |
| nach Kühlturm                | °C | 25,0 °C | 27,0 °C      | 35,0 °C |
| vor Kühlturm                 | °C | 32,0 °C | 35,0 °C      | 43,0 °C |
| Istwerte (Simulation)        |    |         |              |         |
| Abwasser                     | °C | 20,1 °C | 24,9 °C      | 35,1 °C |
| nach Kühlturm                | °C | 25,0 °C | 26,7 °C      | 36,5 °C |
| vor Kühlturm                 | °C | 31,5 °C | 34,7 °C      | 42,8 °C |
| Abweichung (Real-Simulation) |    |         |              |         |
| Abwasser                     | °C | -0,1 °C | -0,2 °C      | -5,1 °C |
| nach Kühlturm                | °C | 0,0 °C  | 0,3 °C       | -1,5 °C |
| vor Kühlturm                 | °C | 0,5 °C  | 0,3 °C       | 0,2 °C  |







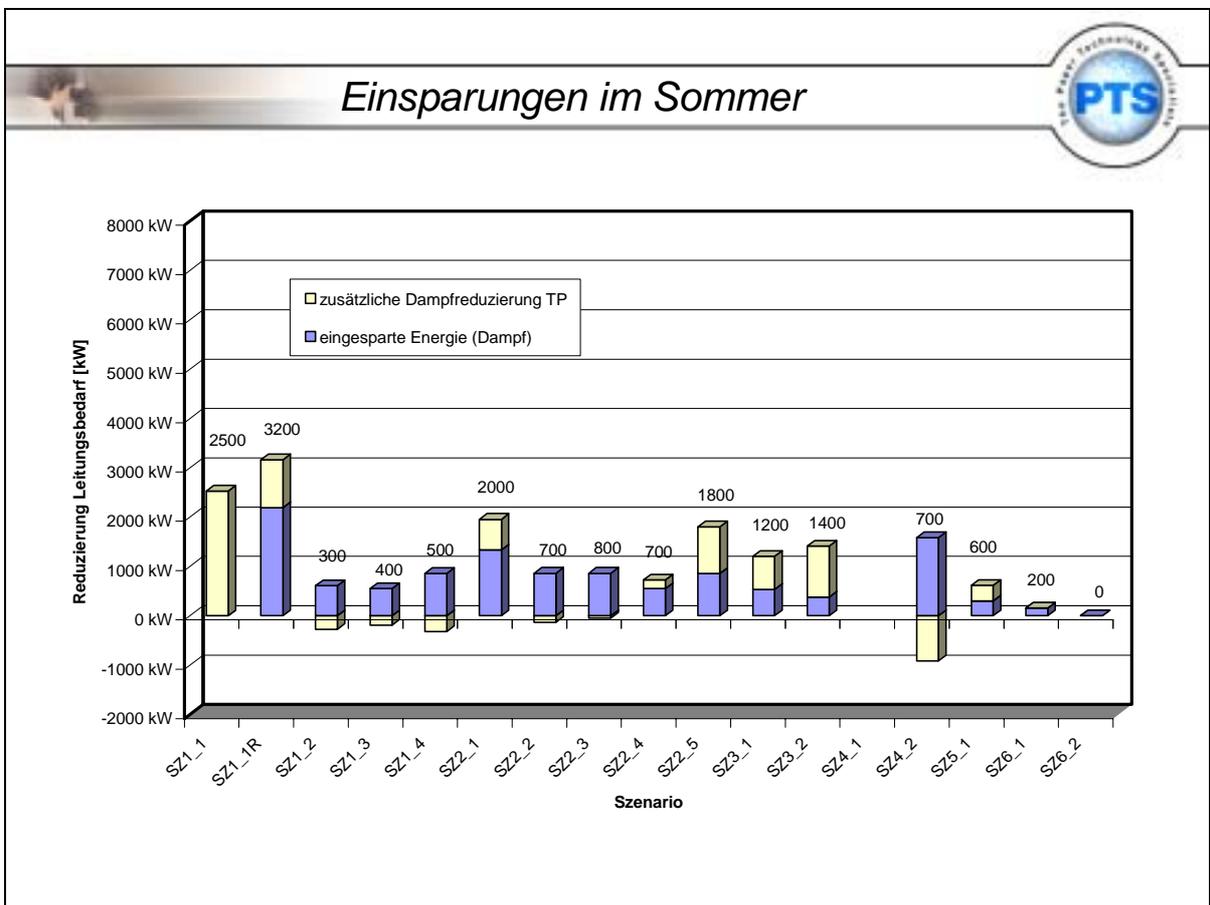
## Szenarien: Betroffene Teilströme

| aufzuwärmende Ströme | zu kühlende Ströme |          |        |            |          |           |          |
|----------------------|--------------------|----------|--------|------------|----------|-----------|----------|
|                      | KW DIP B           | KW DIP A | KW HSA | Abw Gesamt | NTP PM A | VP PM B   | NTP PM B |
| SW KF PM A           |                    | 1.2      |        | 3.1        | 2.1      |           |          |
| SW KF PM B           | 1.3                |          | 1.4    | 3.2        |          | 2.2       | 2.5      |
| FW Gesamt            |                    |          |        | 1.1        |          | 2.4       |          |
| FW PM B              |                    |          |        | 3.2        |          | 2.3 / 2.4 | 2.5      |
| FW PM A              |                    |          |        | 3.1        |          | 2.4       |          |

SZ 4.1: Reduzierung Temperatur Frischwasser vor Aufbereitung  
 SZ 4.2: Verzicht auf Siebwasseraufheizung mit Frischdampf

SZ 5.1: Adsorptionskältemaschine (Abluft VP PMB und Frischwasser)

SZ 6.1: Wärmepumpe (Gesamtabwasser – Schwimmbad)  
 SZ 6.2: Wärmepumpe (Gesamtabwasser – Fernwärme)



## Wirtschaftlich geprüfte Konzepte



1. Nutzung der Niedertemperaturabwärme zur Einsparung von Prozessdampf (Variantengruppen 1-3)
2. Externe Nutzung der Niedertemperaturabwärme (Variantengruppe 6)
3. Nutzung der Niedertemperaturabwärme zur Erzeugung von Kälte (Variantengruppe 5)

## Systematische Konzeptentwicklung: Variantenwahl



| aufzuwärmende<br>Ströme | zu kühlende Ströme |          |        |               |          |           |          |
|-------------------------|--------------------|----------|--------|---------------|----------|-----------|----------|
|                         | KW DIP B           | KW DIP A | KW HSA | Abw<br>Gesamt | NTP PM A | VP PM B   | NTP PM B |
| SW KF PM A              |                    | 1.2      |        | 3.1           | 2.1      |           |          |
| SW KF PM B              | 1.3                |          | 1.4    | 3.2           |          | 2.2       | 2.5      |
| FW Gesamt               |                    |          |        | 1.1           |          | 2.4       |          |
| FW PM B                 |                    |          |        | 3.2           |          | 2.3 / 2.4 | 2.5      |
| FW PM A                 |                    |          |        | 3.1           |          | 2.4       |          |



## Leistungsreduzierung möglicher Konzepte

| Variante:         |      |      |      |              |
|-------------------|------|------|------|--------------|
| Konzept 1 =       | 1.1R | 2.1  | 2.5  |              |
| Konzept 2 =       | 1.1R | 2.2  | 3.1  |              |
| Konzept 3 =       | 2.1  | 2.4  | 3.2  |              |
| Konzept 4 =       | 2.4  | 2.5  | 3.1  |              |
| Einsparung Sommer |      |      |      | nom. Summe   |
| Konzept 1         | 3200 | 2000 | 1800 | <b>7000</b>  |
| Konzept 2         | 3200 | 700  | 1200 | 5100         |
| Konzept 3         | 2000 | 700  | 1400 | 4100         |
| Konzept 4         | 700  | 1800 | 1200 | 3700         |
| Einsparung Winter |      |      |      | nom. Summe   |
| Konzept 1         | 6900 | 3000 | 3900 | <b>13800</b> |
| Konzept 2         | 6900 | 1400 | 2000 | 10300        |
| Konzept 3         | 3000 | 3200 | 2800 | 9000         |
| Konzept 4         | 3200 | 3900 | 2000 | 9100         |

SZ1\_1R: wie SZ1\_1; zusätzlich reduzierter Dampfeintrag im Siebwasser PM A und PM B

**alle Angaben in kW**



## Auslegungsdaten der Aggregate - Winter

| Auslegungsdaten Wärmeoptimierung Winter |                        |                    |                          |                    |           |
|---|------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|-----------|
| Szenario                                | Aggregattyp            | Qelektrisch        | Leistungszahl            | Zulauf             | Leistung  |
| SZ5_1                                   | Sorptionskältemaschine | 0,4 kW             | 0,54                     |                    | 300 kW    |
|   | Warmseite              | 45 m <sup>2</sup>  | 2 kW/(m <sup>2</sup> *K) | 88,3 °C<br>81,1 °C | 553 kW    |
|   | Kaltseite              | 14 m <sup>2</sup>  | 2 kW/(m <sup>2</sup> *K) | 37,1 °C<br>30,9 °C | 853 kW    |
| SZ6_1                                   | Wärmepumpe             | 45 kW              | 4,4                      | 31,5 °C            | 198 kW    |
| SZ6_2                                   | Wärmepumpe             | 1.900 kW           | 4,4                      | 31,5 °C            | 8.370 kW  |
|   | Aggregattyp            | Fläche             | k- Wert                  | ΔT In              | Leistung  |
| Kombi1                                  | Wärmetauscher          | 300 m <sup>2</sup> | 2 kW/(m <sup>2</sup> *K) | 17,8 °C            | 10.700 kW |
|   | Register WRG PMA       | 140 m <sup>2</sup> | 2 kW/(m <sup>2</sup> *K) | 10,5 °C            | 3.000 kW  |
|   | Register WRG PM B FW   | 200 m <sup>2</sup> | 2 kW/(m <sup>2</sup> *K) | 7,3 °C             | 2.900 kW  |
|   | Register WRG PM B KW   | 120 m <sup>2</sup> | 2 kW/(m <sup>2</sup> *K) | 11,9 °C            | 2.800 kW  |

ΔT In: logarithmische Temperaturdifferenz,  $\Delta T \ln = (\Delta T \text{ warm} - \Delta T \text{ kalt}) / \ln(\Delta T \text{ warm} / \Delta T \text{ kalt})$

## Investitionskostenschätzungen - Kostenarten



- Bauleistungen
- Maschinenteknik (Pumpen, Wärmetauscher, Abluftregister, Wärmepumpe, Kältemaschine)
- Rohrleitungen inkl. Verbindungs- und Halterungsmaterialien, Armaturen, etc.
- E - Technik, MSR – Technik

Nicht enthalten sind:

- Gründungen (mit Ausnahme der Betonfundamente)
- evtl. bauliche Erweiterungen von elektr. Schalträumen
- evtl. notwendige Hardware-Erweiterungen der vorhandenen PLS-Systeme
- evtl. Kosten für Aufwendungen zur Aufrechterhaltung der Hallenklimate an den Papiermaschinen

## Betriebskostenschätzungen - Annahmen

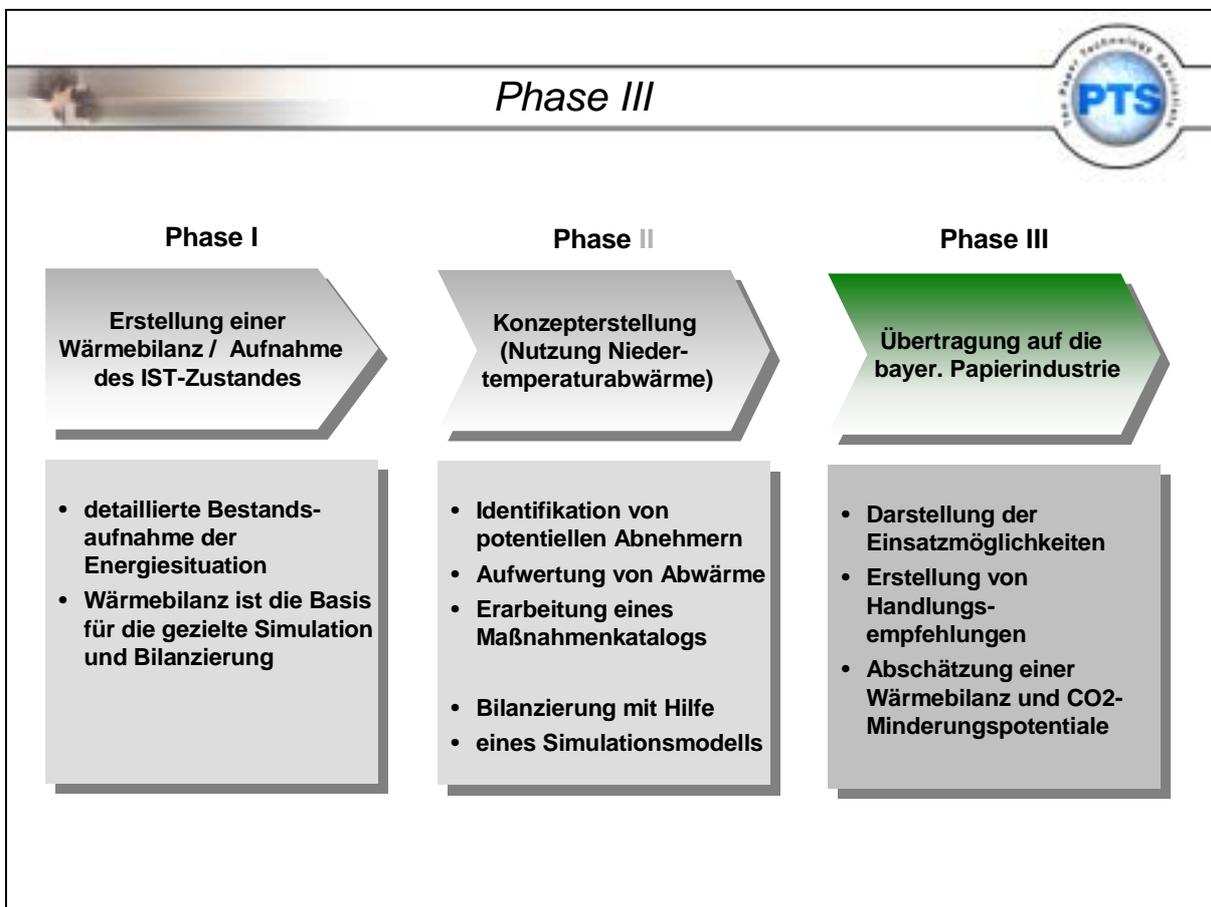
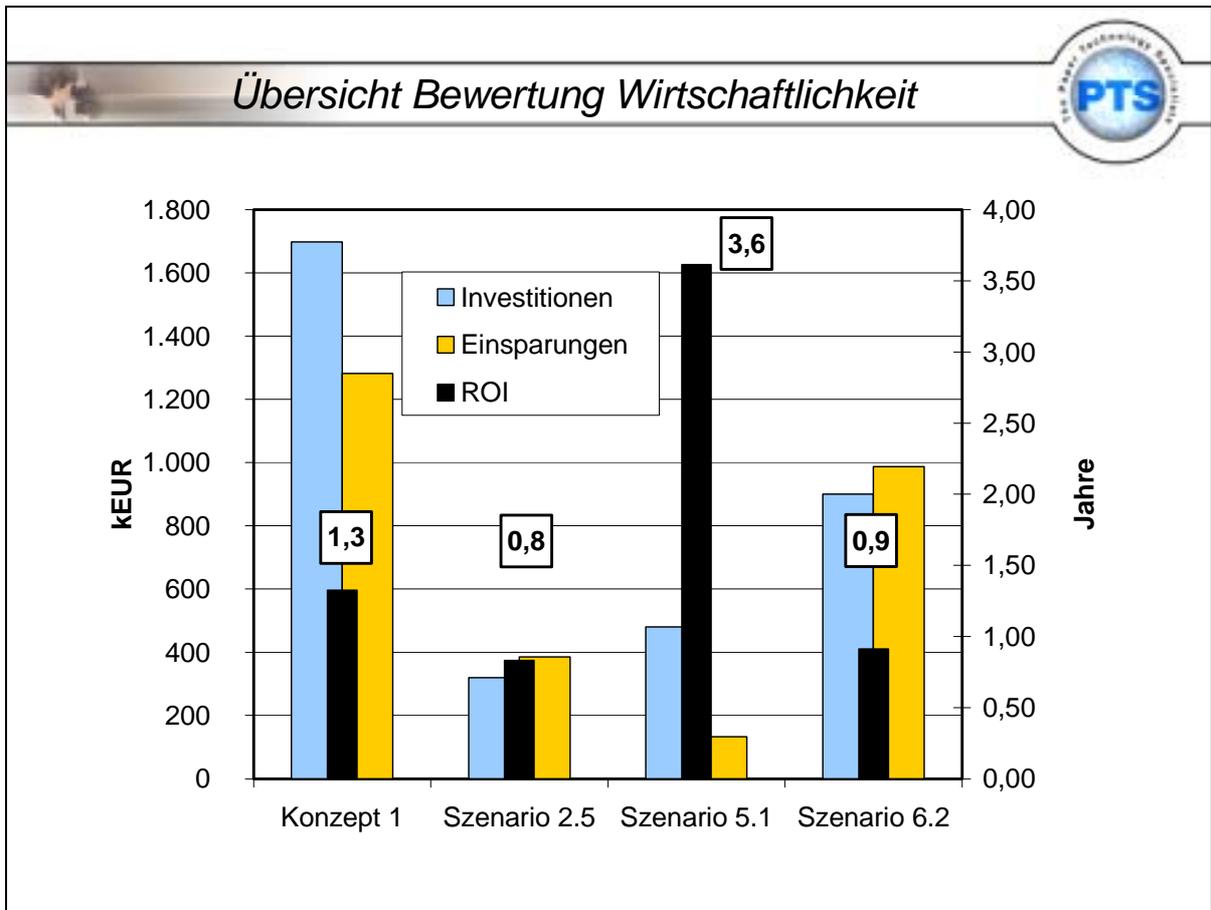


### PRODUKTIONSHILFSMITTEL

|                       |      |       |
|-----------------------|------|-------|
| - Dampf / Kondensat   |      |       |
| Dampfkosten           | 11,5 | €/t   |
| Kondensatkosten       | 2    | €/t   |
| - Elektrische Energie |      |       |
| E-Energiekosten       | 0,03 | €/kWh |

### FINANZTECHNISCHE DATEN

|                             |    |       |
|-----------------------------|----|-------|
| - Abschreibungszeit         | 10 | Jahre |
| - kalkulatorischer Zinssatz | 6% |       |
| - Personalkosten            | 40 | k€/a  |



## Verfahrenstechnische Möglichkeiten zur Nutzung von Niedertemperaturabwärme

Dr. Ing. Martin Koepsell, Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. – IUTA

### Übersicht



---

|                     |  |
|---------------------|--|
| Ausgangspunkt:      | Wärmenutzungsverordnung                                |
| Zielrichtung heute: | CO <sub>2</sub> -Reduzierung / CO <sub>2</sub> -Handel |
| Grundlage:          | energetische Detailkenntnis der gesamten Prozesskette  |
| Handwerkszeug:      | Prozessanalyse, Benchmarking thermodynamisches Minimum |
| Projektbeispiele:   | Nutzung von Abwärme                                    |
| Perspektiven:       | Neue Technologien                                      |

---

Dr.-Ing. Martin Koepsell

Seite 2

### Wärmenutzungsverordnung (1990)



---

|              |   |
|--------------|---|
| Aufgabe:     | Begrenzung der industriellen Abwärme  |
| Hintergrund: | § 5 Abs. 1 u. § 7 Abs. 1 des BImSchG  |
| Ziel:        | Reduzierung der CO <sub>2</sub> -Emissionen   |
| Mittel:      | Erstellung von Wärmenutzungskonzepten   |
| Sachstand:   | Keine Umsetzung, da Selbstverpflichtung der Industrie die CO <sub>2</sub> -Reduktionsziele sicherstellen sollte |

---

Dr.-Ing. Martin Koepsell

Seite 3

## Instrument CO<sub>2</sub>-Handel




---

|              |   |
|--------------|---|
| Aufgabe:     | CO <sub>2</sub> zur Handelsware machen  |
| Hintergrund: | Kyoto-Protokoll   |
| Ziel:        | Reduzierung der CO <sub>2</sub> -Emissionen   |
| Mittel:      | Reduzierung der verfügbaren CO <sub>2</sub> -Zertifikate (Preisanstieg)   |
| Sachstand:   | Beginn der Zuteilung von CO <sub>2</sub> -Emissionsrechten für ausgewählte Branchen (z.B. der Papierindustrie) im Jahr 2005 |

---

## Zuteilung der CO<sub>2</sub>-Zertifikate



Zuteilungsverfahren für die Länder der EU nicht einheitlich

Für Deutschland sind mehrere Ansätze in der Diskussion

- Grandfather Modell (historischer Ansatz)
- technologischer Ansatz (Thermodynamik) (AiF-Forschungsprojekt)

Die Verknappung der CO<sub>2</sub>-Emissionsrechte führt automatisch zu einem technologischen Ansatz zurück

- die Unternehmensanalyse ist unausweichlich
  - gute Ablaufstruktur schon beim Instrument der Wärmenutzungsverordnung geschaffen
-

## Optionen der CO<sub>2</sub>-Minderung



### Ablaufstruktur der Wärmenutzungsverordnung:

- Prozessoptimierung (Einsatz neuer Technologien)
- Prozess- und anlageninterne Abwärmenutzung
- Betriebsinterne Abwärmenutzung
- Externe Abwärmenutzung

### Grundlage:

- Detailkenntnis der Energiezustände und –ströme, gegliedert nach Energiebedarf und –angebot
- Kenntnis der örtlichen Zusammenhänge für Energiebedarf und Energieangebot

## Last: Detailkenntnis der Prozesskette



### Handwerkszeug:

- Prozessanalyse, d.h. Gliederung des Gesamtprozesses in Teilprozesse / Prozessschritte
- Definition der energetischen Schnittstellen  
Problem: **Kenntnis der Vol.-, Massenströme, Temperatur und Druck**
- Bewertung der Teilprozesse:
  - Istfall
  - Best Practice
  - Thermodynamisches Minimum



## Abwärmennutzung - Potenziale

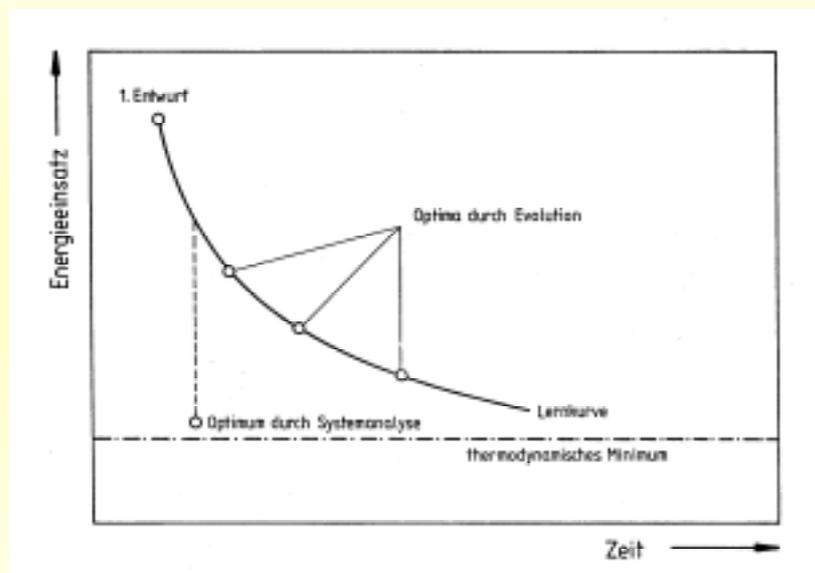


| Mst. | Emissionsverursachender                             | Emissionsverursachender Prozeß  | rH [%] | T [°C] | Menge [Nm³/h] | Spez. [Nm³/kg] |
|------|---|---|--------|--------|---------------|----------------|
| 1.1  | Anlagenteil Coater, Heißluft und IR-Trocknung       | Trocknung des aufgetragenen Strichs   | -      | -      | 10695         | 2,76           |
| 2.1  | Spooner 1, Trocknung 1. Seite                       | Trocknung des aufgetragenen Strichs   | -      | -      | 1065          | 0,55           |
| 3.1  | Trockenpartie                                       | Trocknung des Papiers   | 60,1   | 49,9   | 42700         | 19,56          |
| 3.2  | Siebpartie  | Entwässerung des Papiers  | 99,6   | 31,8   | 6710          | 3,07           |
| 4.1  | Vortrockenpartie                                    | Trocknung des Papiers   | 30,4   | 78,8   | 65000         | 4,76           |
| 4.2  | Nachtrockenpartie                                   | Trocknung des Papiers nach Streichfarbenauftrag   | 33,9   | 47,2   | 32900         | 2,41           |
| 5.1  | IR-Trocknung Vorstrich Oberseite                    | Trocknung des Papiers nach Streichfarbenauftrag   | 2,68   | 97,82  | 8415          | 2,19           |
| 5.2  | Lufthaubentrocknung Vorstrich Ober- und Unterseite  | Trocknung des Papiers nach Streichfarbenauftrag   | 7,63   | 94,79  | 31967         | 8,33           |
| 5.3  | IR-Trocknung Deckstrich Oberseite                   | Trocknung des Papiers nach Streichfarbenauftrag   | 1,16   | 119,27 | 6451          | 1,68           |
| 5.4  | Lufthaubentrocknung Deckstrich Ober- und Unterseite | Trocknung des Papiers nach Streichfarbenauftrag   | 4,27   | 98,90  | 35315         | 9,20           |
| 6.1  | Vortrockenpartie                                    | Trocknung des Papiers   | 41,0   | 83,3   | 42750         | 2,45           |
| 6.2  | Nachtrockenpartie                                   | (Kontakt- und Konvektionstrocknung durch Trockenzylinder und Lufttaschen)                           | 19,2   | 71,8   | 15070         | 0,86           |
| 6.3  | Leimpresse  | Trocknung des Papiers   | -      | 47,1   | -             | -              |
| 6.4  | Vakuumpumpen Former Obersieb                        | (Kontakt- und Konvektionstrocknung durch Trockenzylinder und Lufttaschen)                           | -      | 50,5   | 9170          | 0,53           |
| 6.x  | Vakuumpumpen der Sieb- und Pressenpartie            | Absaugung des Formers Obersieb  | 63,8   | 45,3   | 5800          | 0,42           |
| 7.1  | Nachtrockenpartie                                   | Entwässerung der Papierbahn in der Sieb- und Pressenpartie  | 17,9   | 71,9   | 6900          | 1,47           |
| 7.2  | Glätzzylinder                                       | Trocknung des Papiers   | 15,7   | 73,1   | 4110          | 0,88           |
| 7.3a | Vortrockenpartie                                    | (Kontakt- und Konvektionstrocknung durch Trockenzylinder und Lufttaschen; IR-Strahlung und Heißeis) | 48,4   | 55,0   | 16690         | 3,56           |
| 7.3b | Vortrockenpartie                                    | Trocknung des Papiers   | -      | -      | 14200         | 3,03           |
| 7.4a | Vakuumpumpen  | (Kontakt- und Konvektionstrocknung durch Trockenzylinder und Lufttaschen)                           | 100    | 33,4   | 5320          | 1,14           |
| 7.4b | Vakuumpumpen  | Absaugung der Sieb- und Pressenpartie   | -      | -      | 1490          | 0,32           |
| 8.1  | Trockenpartie                                       | Trocknung des Papiers   | -      | -      | -             | -              |
| 8.2  | Siebpartie  | (Kontakt- und Konvektionstrocknung durch Trockenzylinder und Lufttaschen)                           | 100    | 34,2   | 69280         | 1,74           |
| 8.3  | Siebpartie (Außensieb)                              | Absaugung der Siebpartie und des Siebes   | 100    | 41,7   | 53360         | 1,34           |
| 8.4  | Vakuumpumpen  | Absaugung der Siebpartie und des Siebes   | 100    | 42,2   | 70090         | 1,76           |
| 8.5  | Trockenpartie                                       | Entwässerung der Papierbahn und der Filze durch Vakuum  | 100    | 48,0   | 108360        | 2,72           |
|      |   | (Kontakt- und Konvektionstrocknung durch Trockenzylinder und Lufttaschen)                           |        |        |               |                |

Dr.-Ing. Martin Koepsell

Seite 10

## Beispiel 1: Pinchanalyse

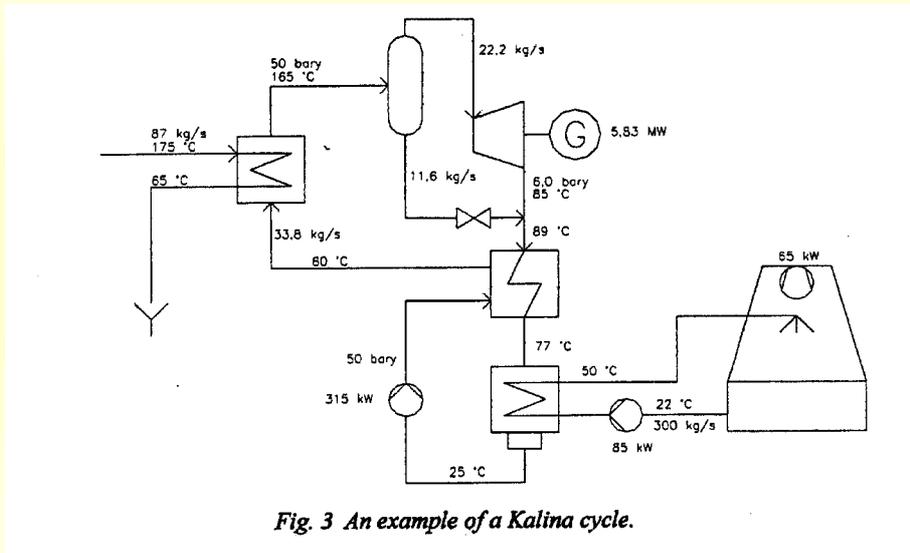


Dr.-Ing. Martin Koepsell

Seite 11



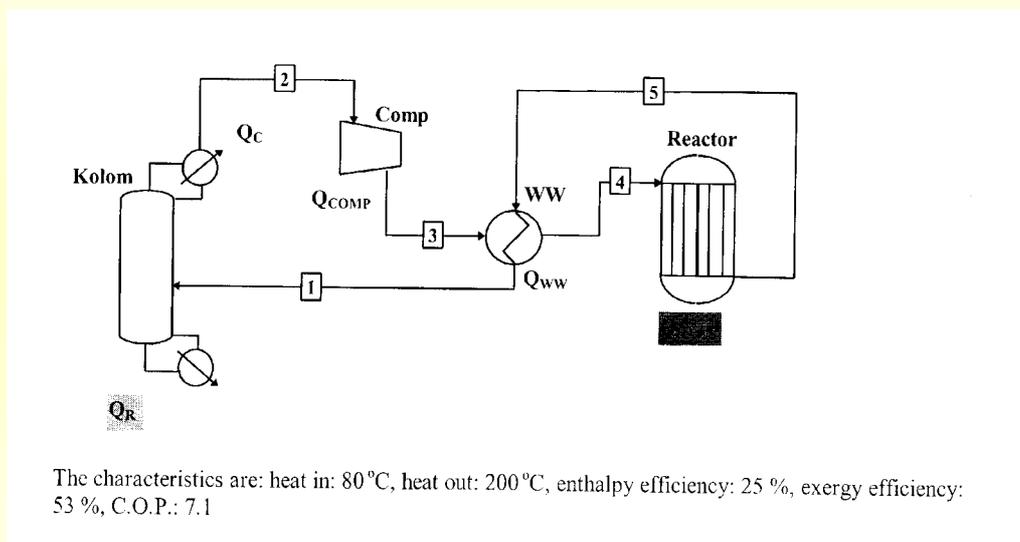
## Beispiel 4: Stromerzeugung – ORC / Kalina



Dr.-Ing. Martin Koepsell

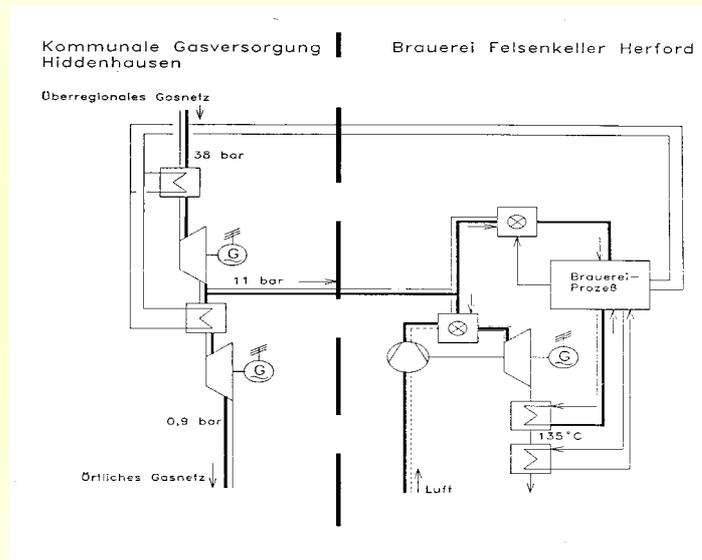
Seite 14

## Beispiel 5: Chemische Wärmepumpe



Dr.-Ing. Martin Koepsell

Seite 15

**Beispiel 6: Stromerzeugung Erdgasentspannung**

Dr.-Ing. Martin Koepsell

Seite 16

**Zusammenfassung**

- o Weshalb Thema Abwärmenutzung
- o CO<sub>2</sub>-Reduktion / CO<sub>2</sub>-Handel
- o Detailkenntnis der Prozessketten
- o Optimierung durch Benchmarking
- o Strategien zum Handling der CO<sub>2</sub>-Minderung
  - Kostenentlastung (Verkauf von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten)
  - Altanlagen weiterbetreiben (Kauf von CO<sub>2</sub>-Zert.)
- o Praxisbeispiele der Abwärmenutzung

Dr.-Ing. Martin Koepsell

Seite 17

## Klimaschutz – Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Papierindustrie

Dr. Bernd Götz, Verband Deutscher Papierfabriken e.V.

### Zusammenfassung

Das Kyoto-Protokoll zum Rahmenabkommen der UN über Klimavereinbarungen vom Dezember 1997 sieht vor, die Emissionen der Treibhausgase abzusenken.

Dies kann über flexible Instrumente, wie zum Beispiel den Emissionshandel geschehen. Der EU-Richtlinienentwurf zum Emissionshandel vom Dezember 2002 setzt hierfür den Rahmen. Dieser Rahmen muss von den Mitgliedstaaten in einem engen Zeitplan ausgefüllt werden.

In einem ersten Schritt ist nur der Handel mit CO<sub>2</sub>-Zertifikaten vorgesehen. Die Zellstoff- und Papierindustrie ist durch die Kraftwerke mit mehr als 20 MW, die Zellstofffabriken und die Papierherstellung ab 20 Tages-Tonnen betroffen.

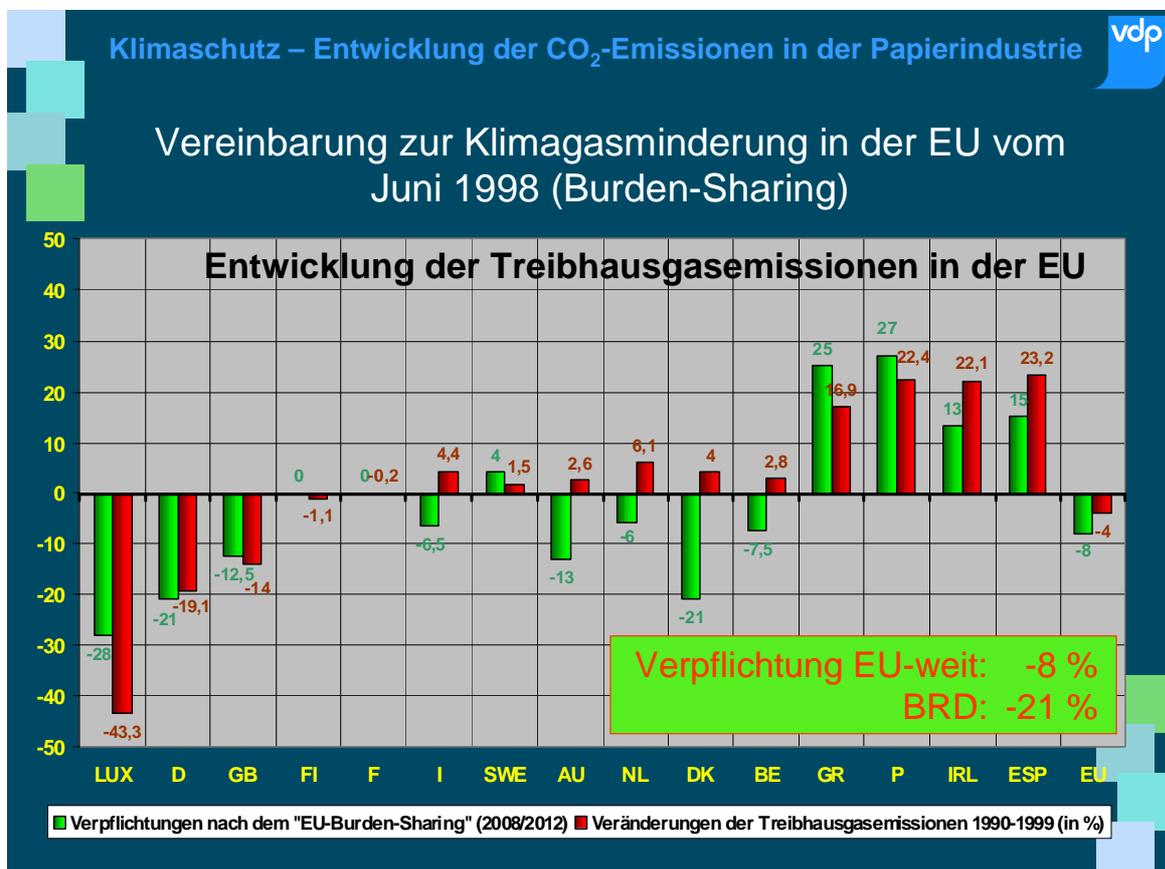
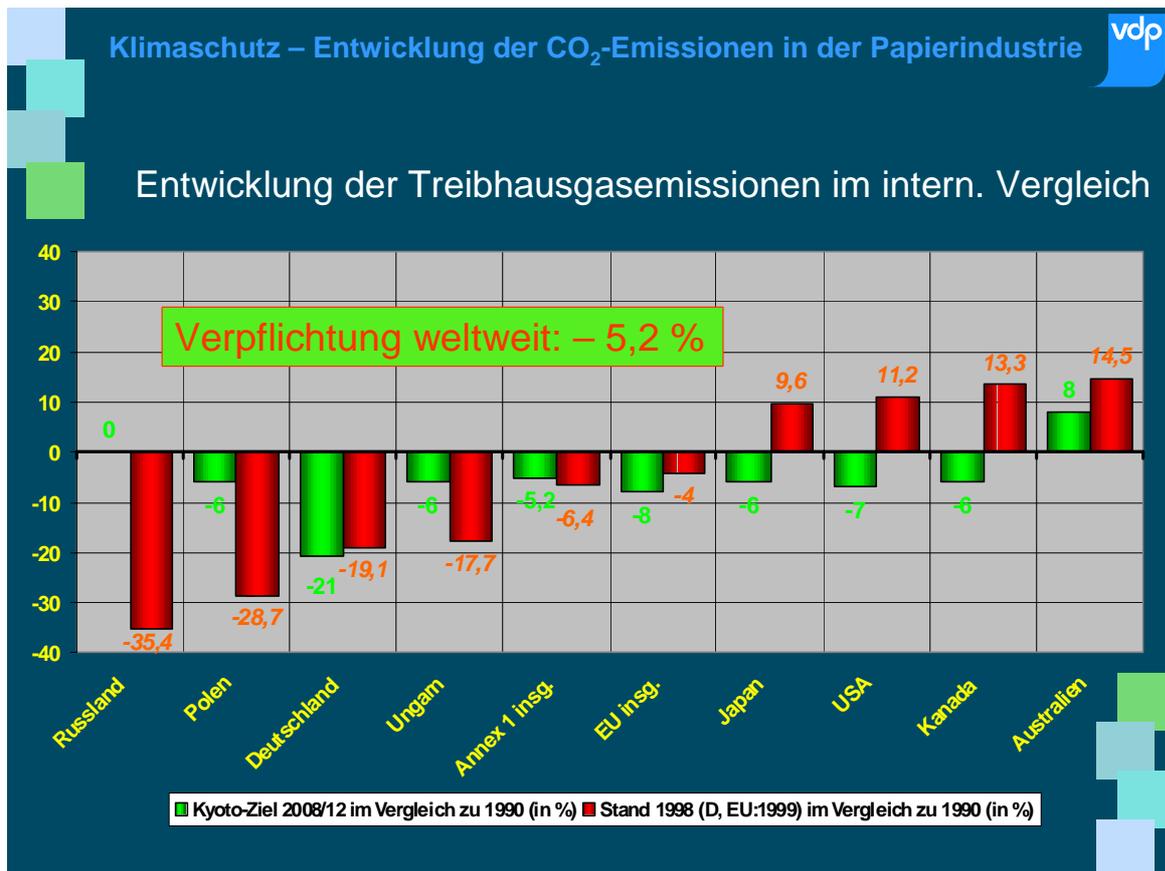
Durch die Selbstverpflichtung der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge aus den Jahren 1995, 1996 und 2000 sind bereits Vorleistungen (early actions) erbracht worden. Die Entwicklung von Energieeinsatz, CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Papierproduktion auf Basis 1990 wird für die Jahre 1995–2002 dargestellt und diskutiert.

**Klimaschutz – Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Papierindustrie** vdp

Kyoto-Protokoll zum Rahmenabkommen der UN über Klimaänderungen vom 11.12.97 – min. 55 Unterzeichn.

- EU hat unterzeichnet - umgesetzt in BRD am 3. Mai 2002
- Emissionen der 6 Treibhausgase (u.a. CO<sub>2</sub>, FCKW usw.) um min. 5,2 % senken (1990 – 2008/2012)
- Flexible Instrumente (Flex Mechs) zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen sollen ab 2008 angewendet werden

|                                |                                   |  |
|--------------------------------|-----------------------------------|--|
| Emissions Trading<br><b>ET</b> | Joint Implementation<br><b>JI</b> | Clean Development Mechanisms<br><b>CDM</b> |
| ab 2005 EU/2008                | Annex B-Staaten                   | Entwicklungsländern                        |



## Klimaschutz – Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Papierindustrie

vdp

### EU-Richtlinienentwurf zum ET von 11.12.02/18.03.03

- Anlagen brauchen generelle Erlaubnis CO<sub>2</sub> zu emittieren - Festlegung von jährlich abnehmenden Obergrenzen (sogenannte „Caps“)
- Ist-CO<sub>2</sub>-Mengen als Zertifikate pro Tonne zeitnah vergeben. Welches Bezugsjahr? - angedacht 1999-2002 (Allocation). Wie werden dabei Vorleistungen berücksichtigt (early actions)?
- Zertifikatsvergabe: Grandfathering / auctioning (2005 – 2007: 100% Grandfathering , ab 2008: 90 / 10)
- Einführung des Handels 2005 - 2007 „probeweise“
- Bisher nur energieintensive Branchen erfasst, z.B. Kraftwerke > 20 MW, Zellstoff, Papierprod. > 20tato

## Klimaschutz – Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Papierindustrie

vdp

### Wie funktioniert Emissions Trading (ET)?

#### Handel mit Emissionszertifikaten: Cap and Trade-System

- Verkäufer: - Überschuss an CO<sub>2</sub>-Zertifikaten nach Durchführung von CO<sub>2</sub>-einsparenden Maßnahmen
- Käufer: - Mangel an CO<sub>2</sub>-Zertifikaten, wenn Kauf billiger als Verbesserungsmaßnahme ist

Ziel: Maximale CO<sub>2</sub>-Reduktion zu minimalen Kosten anfänglicher durchschn. Preis laut EU: 26,5 €/t CO<sub>2</sub>, heute eher unter 10 €/t CO<sub>2</sub>

Klimaschutz – Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Papierindustrie



Forderungen für die Ausgestaltung des ET-Richtlinienentwurfs

- freiwillige Teilnahme (Opt-in/Opt-out)  
(wegen Selbstverpflichtung zum Klimaschutz)
- weitere Flex Mechs mit aufnehmen (JI und CDM)  
(EU macht separate JI und CDM-Richtlinie)
- kostenfreie Zuteilung der Zertifikate (Grandfathering)  
(Nationalstaaten können kostenlos zuteilen)

Klimaschutz – Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Papierindustrie



Forderungen für die Ausgestaltung des ET-Richtlinienentwurfs

- Anerkennung von Vorleistungen (early actions)  
(gegen Einzelnachweis ab 1990 möglich)
- Vereinbarkeit mit bestehender Gesetzgebung und insbesondere der freiwilligen Selbstverpflichtung der deutschen Wirtschaft zum Klimaschutz?  
(wird laut Beschluss des Bundesrates gefordert)

Klimaschutz – Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Papierindustrie



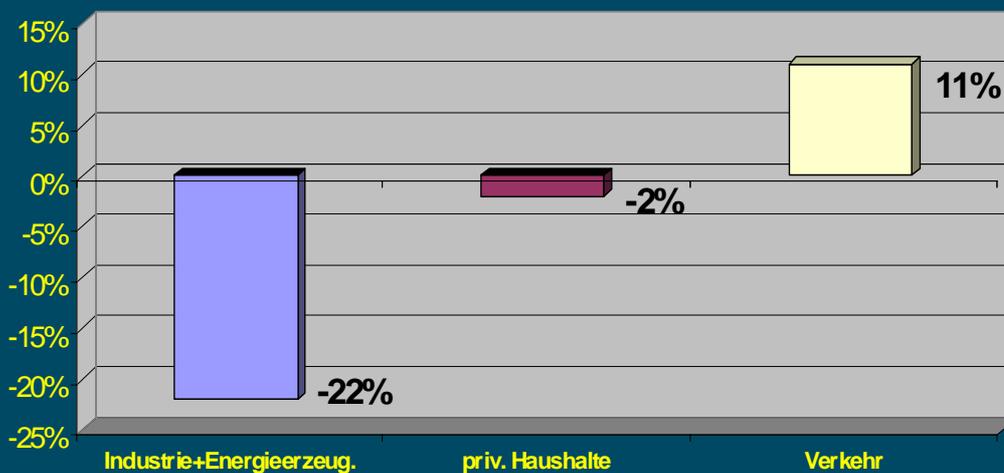
Zeitplan für die Einführung des Emissionshandels

- 12/03 Umsetzung der RL durch Mitgliedsstaaten
- 12/03 Mitteilung der getroffenen Sanktionsregelungen durch die Mitgliedsstaaten
- 03/04 Meldung der nationalen Zuteilungspläne an die Kommission (Allokation)
- 06/04 Festlegung der Caps und der Zuteilung durch die Mitgliedsstaaten
- 01/05 Start des Handelssystems – Pilotphase
- 01/08 Start der 1. Verpflichtungsphase

Klimaschutz – Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Papierindustrie



Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland  
1990-1999



Klimaschutz – Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Papierindustrie



Selbstverpflichtung der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge 1995/1996/2000

VDP-Erklärung 1995

Basis 1987, alte Bundesländer –20 % spez. Energie, –22 % spez. CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis 2005 vermindern

VDP-Erklärung 1996: Aktualisierung

Basis 1990, alte und neue Bundesländer –20 % spez. Energie, –22 % spez. CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis 2005 vermindern

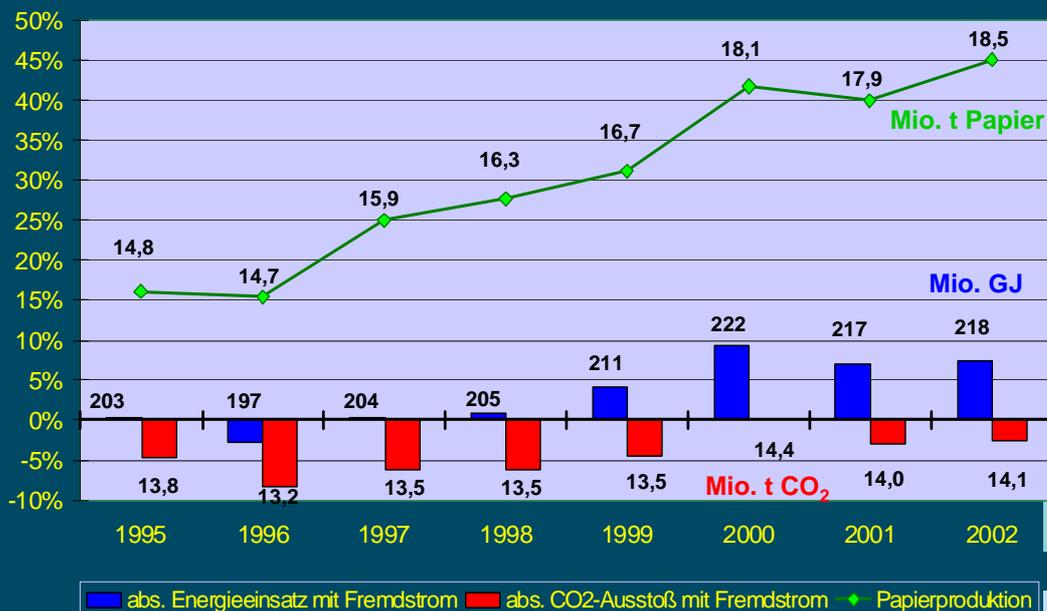
VDP-Erklärung 2000: Aktualisierung

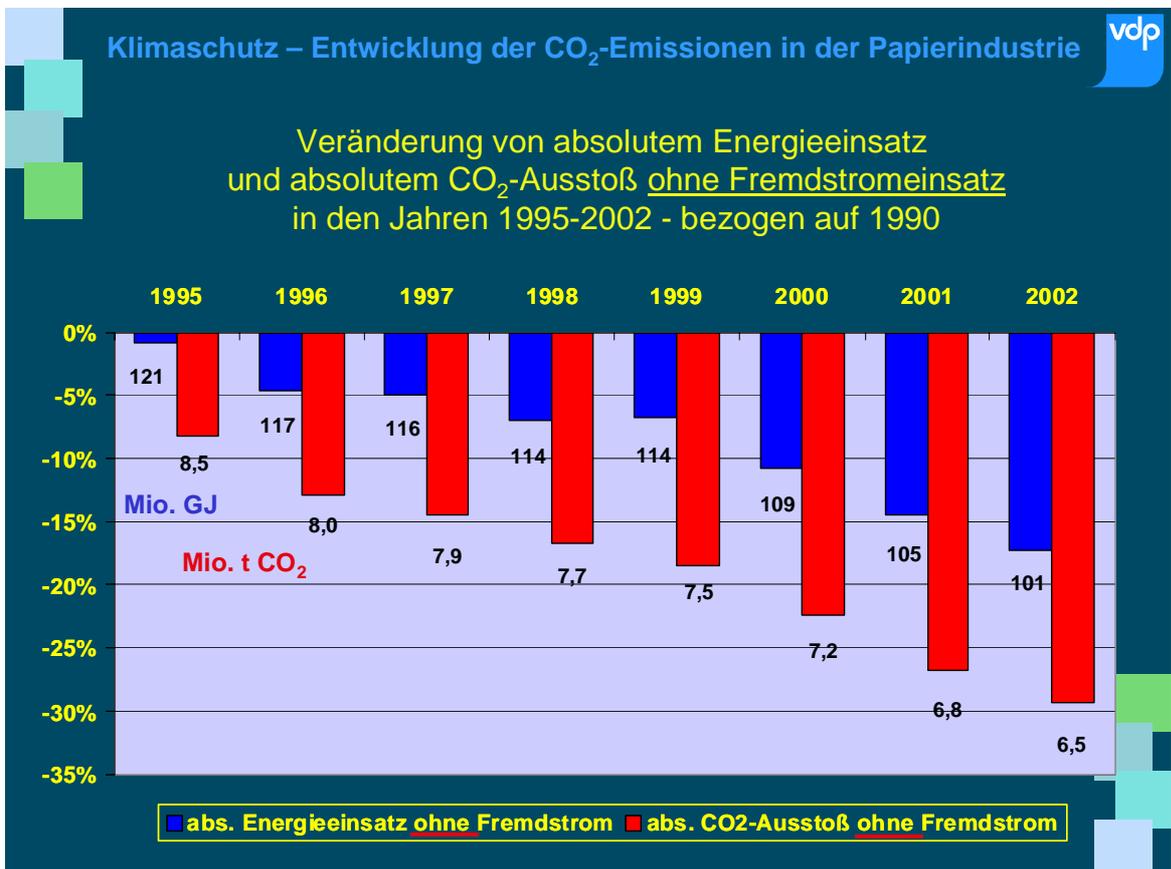
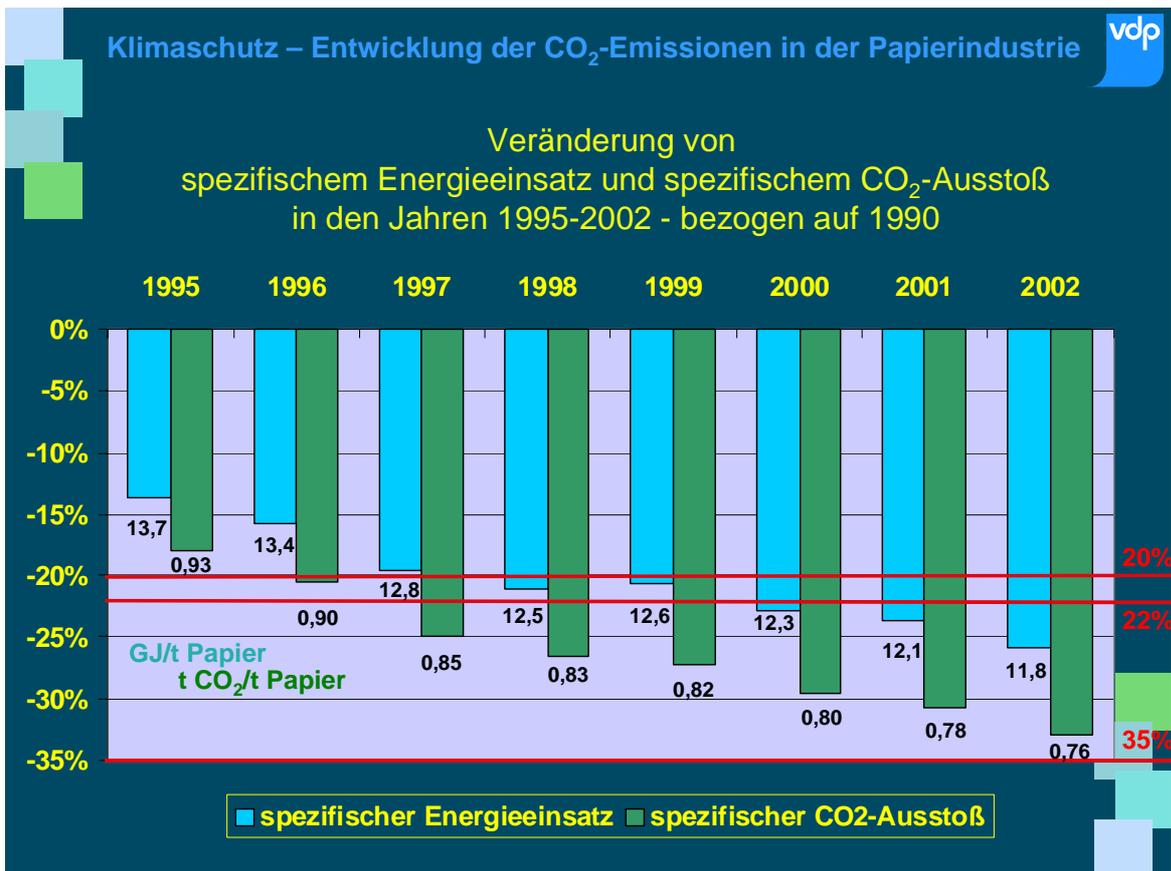
Basis 1990, alte und neue Bundesländer –35 % spez. CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis 2012 vermindern, absolut keine Minderung zugesagt

Klimaschutz – Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Papierindustrie



Veränderung von Papierproduktion, absolutem Energieeinsatz und absolutem CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den Jahren 1995-2002 - bezogen auf 1990





Klimaschutz – Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Papierindustrie

vdp

Erreichte Ziele bei der Verminderung des Energieverbrauchs und des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes nach Klimaerklärung 1990–2002

- Absoluter Energieeinsatz **mit** Fremdstrom + 7,4%
- Absoluter CO<sub>2</sub>-Ausstoß **mit** Fremdstrom - 2,6%

**Papierproduktion** + 45,0%

- Spezifischer Energieeinsatz - 25,9%
- Spezifischer CO<sub>2</sub>-Ausstoß - 32,9%

Relevante Größen für den Emissionshandel

- Absoluter Energieeinsatz **ohne** Fremdstrom - 17,3%
- Absoluter CO<sub>2</sub>-Ausstoß **ohne** Fremdstrom - 29,3%

Klimaschutz – Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Papierindustrie

vdp

**Ausblick**

Das BMU arbeitet an der Umsetzung des Allokationsplanes der Emissionsrichtlinie für die betroffenen Industriebereiche. Ein erster Entwurf soll Mitte des Jahres vorgelegt werden.

Hierbei gilt es, die CO<sub>2</sub>-Zertifikate praxisgerecht zu verteilen. Nach Aussagen des BMU sollen dabei die Vorleistungen der deutschen Industrie anerkannt werden.



**Quo vadis – Herr Trittin?**

## Referenten

Bayer. Landesamt für Umweltschutz  
86177 Augsburg

Dr. Gerold Hensler  
Tel.: (0821) 90 71 – 51 94  
Fax: (0821) 90 71 – 55 60  
eMail: [gerold.hensler@lfu.bayern.de](mailto:gerold.hensler@lfu.bayern.de)

Bettina Schöpe  
Tel.: (0821) 90 71 – 52 40  
Fax: (0821) 90 71 – 55 60  
eMail: [bettina.schoepe@lfu.bayern.de](mailto:bettina.schoepe@lfu.bayern.de)

PTS München  
Heißstraße 134  
80797 München

Dieter Pfaff  
Tel.: (089) 121 46 – 78  
Fax: (089) 121 46 – 36  
eMail: [d.pfaff@ptspaper.de](mailto:d.pfaff@ptspaper.de)

Dr.-Ing. Johannes Kappen  
Tel.: (089) 121 46 – 462  
Fax: (089) 121 46 – 36  
eMail: [j.kappen@ptspaper.de](mailto:j.kappen@ptspaper.de)

Oliver Blum  
Tel.: (089) 121 46 – 82  
Fax: (089) 121 46 – 36  
eMail: [o.blum@ptspaper.de](mailto:o.blum@ptspaper.de)

Gebr. Lang GmbH Papierfabrik  
Fabrikstraße 4  
86833 Ettringen

Dipl.-Ing. Philipp Katz  
Produktionsleiter PM 3 und PM 4  
Tel.: (08249) 802 – 289  
Fax: (08249) 802 – 221  
eMail: [philipp.katz@mdleng.com](mailto:philipp.katz@mdleng.com)

Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V.  
Bliersheimer Straße 60  
47229 Duisburg

Dr.-Ing. Martin Koepsell  
Tel.: (02065) 418 – 224  
Fax: (02065) 418 – 211  
eMail: [koepsell.iuta@gmx.de](mailto:koepsell.iuta@gmx.de)

Verband Deutscher Papierfabriken e.V.  
Adenauerallee 55  
53113 Bonn

Dr. Bernd Götz  
Tel.: (0228) 267 05 – 40  
Fax: (0228) 267 05 – 68  
eMail: [b.goetz@vdp-online.de](mailto:b.goetz@vdp-online.de)