BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ

CO_2-Minderungspotenziale durch rationelle Energienutzung in der Textilveredelungsindustrie

Dezember 2000

EnviroTex GmbH

Privates Institut für Produktesicherheit und Umweltschutz

Auftraggeber: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
D-86179 Augsburg

Auftragnehmer: EnviroTex GmbH
Provinostraße 52
D-86153 Augsburg

Kooperation mit: Kufner Textilwerke GmbH
Standort Hohenbrunn
Eduard-Buchner-Str. 40
D-85662 Hohenbrunn

Bayerische Textil Werke Lothar Lindemann GmbH
Lindemannstr. 11
D-82327 Tutzing

Energieagentur Oberfranken e.V.
Am Kressenstein 19
D-95326 Kulmbach

KOENIG AG
Schlösslipark
CH-8587 Oberaach

KAESER Kompressoren GmbH
Niederlassung Südbayern
Bgm.-Graf-Ring 27
D- 85538 Geretsried

Bearbeitungszeitraum: Januar 2000 bis Dezember 2000

© Deckblattfoto: Monforts Textilmaschinen GmbH, Mönchengladbach

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
D-86179 Augsburg

Das Amt gehört zum Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU).

Vorwort

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_2-Emissionen um 28% bis 2005 und aller „Kyotogase“ um 35% bis 2012 bereiterklärt.

Da der weit überwiegende Teil der CO_2-Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland bei der Bereitstellung von Energie entsteht, ergeben sich besonders große CO_2-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 Staatsministeriums 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.

In dieser Arbeit wurden die energierelevanten Anlagenbereiche der beiden Projektbetriebe beschrieben, hinsichtlich ihrer Energiebedarfsstruktur vermessen und die technisch möglichen Energiesparpotenziale ermittelt. Anhand von Amortisationsrechnungen wurde die Wirtschaftlichkeit verschiedener Maßnahmen ermittelt. Für die verschiedenen energierelevanten Bereiche in Unternehmen der Textilveredelungsindustrie werden allgemein die Ansatzpunkte für rationelle Energienutzung dargestellt.

Wenn es gelingt, mit Hilfe dieser Arbeit Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz in der Textilveredelungsindustrie zu ermitteln und andere Betriebe zur Umsetzung zu motivieren, kann dies als Beispiel dafür gelten, dass Ökologie und Ökonomie sich keinesfalls widersprechen müssen, sondern oftmals gleichzeitig verwirklichen lassen.

Augsburg, im Dezember 2000

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 6

1 ZIELSETZUNG UND INHALTE 9

2 BESCHREIBUNG DER RAHMENBEDINGUNGEN 10

2.1 ALLGEMEIN 10
2.2 PRODUKTIONSPROZESSE IN DER TEXTILVEREDELUNG 10
2.3 BESCHREIBUNG DER TEILNEHMENDEN BETRIEBE 13
2.3.1 Kufner Textilwerke GmbH 13
2.3.1.1 Rahmenbedingungen der Produktion 13
2.3.1.2 Veredelungsprozesse 16
2.3.1.3 Struktur der Energieversorgung und des Energieverbrauchs 19
2.3.1.3.1 Überblick 19
2.3.1.3.2 Strom 19
2.3.1.3.3 Erdgas 21
2.3.1.4 Energierelevante Anlagen und Betriebsbereiche 23
2.3.1.4.1 Beleuchtung 23
2.3.1.4.2 Lüftung und Beheizung 23
2.3.1.4.3 Klimatisierung und Kühlung 25
2.3.1.4.4 Druckluftversorgung 25
2.3.1.4.5 Prozesswärme-/Dampferzeugung 26
2.3.1.4.6 Produktionsmaschinen 26
2.3.1.4.7 Wärmerückgewinnungsanlage 27
2.3.1.5 Energiebedingte CO_2-Emissionen 28
2.3.2 Bayerische Textil Werke Lothar Lindemann GmbH 29
2.3.2.1 Rahmenbedingungen der Produktion 29
2.3.2.2 Veredelungsprozesse 30
2.3.2.3 Struktur der Energieversorgung und des Energieverbrauchs 32
2.3.2.3.1 Überblick 32
2.3.2.3.2 Strom 33
2.3.2.3.3 Erdgas 34
2.3.2.3.4 Heizöl EL 35
2.3.2.4 Energierelevante Anlagen und Energiebereiche 35
2.3.2.4.1 Beleuchtung 35
2.3.2.4.2 Lüftung und Beheizung 37
2.3.2.4.3 Klimatisierung und Kühlung 38
2.3.2.4.4 Druckluftversorgung 39
2.3.2.4.5 Prozesswärme-/Dampferzeugung 39
2.3.2.4.6 Produktionsmaschinen 40
2.3.2.5 Energiebedingte CO_2-Emissionen 43

3 MESSPROGRAMM UND KENNZAHLENERMITTLUNG 44

3.1 ZIELSETZUNG 44
3.2 MESSKONZEPT, MESSWERTERFASSUNG 44
3.2.1 Druckluft 44
3.2.2 Licht 45
3.2.3 Strom 45
3.2.4 Abwasser 46
3.2.5 Abluft 46
3.3 DURCHFÜHRUNG 47
3.3.1 Koordination 47
3.3.2 Zeitplan 47
3.4 AUFBEREITUNG DER DATEN 48
3.5 MESSERGEBNISSE UND DEREN AUSWERTUNG 49
3.5.1 Messungen Kufner HB 49
3.5.1.1 Druckluft 49
3.5.1.2 Strom 50
3.5.1.3 Abwärme aus Abwasser 53
3.5.1.4 Wärmepotenziale aus der Abluft 55
3.5.2 Messungen BTW 57
3.5.2.1 Druckluft 57
3.5.2.2 Strom 58
3.5.2.3 Abwärme aus Abwasser 62

3.5.2.4 Wärmepotenziale aus der Abluft ... 62
3.6 ENERGIEKENNZAHLEN FÜR DIE VERSCHIEDENEN VEREDELUNGSPROZESSE ... 65
3.6.1 Allgemein ... 65
3.6.2 Kufner Textilwerke GmbH ... 65
3.6.3 Bayerische Textil Werke Lothar Lindemann GmbH ... 67

4 EINSPAR- UND OPTIMIERUNGSMÖGLICHKEITEN - WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG ... 70

4.1 ALLGEMEINES ZUR WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG ... 70
4.1.1 Dynamische Berechnungsverfahren zur Kostenermittlung ... 70
4.1.2 Festlegung des Kalkulationszinssatzes ... 71
4.1.3 Die Annuitätenmethode ... 71
4.2 EINSPARPOTENZIAL/WIRTSCHAFTLICHKEIT VERSCHIEDENER MAßNAHMEN IN DEN PROJEKTBETRIEBEN ... 72
4.2.1 Kufner Textilwerke GmbH ... 72
4.2.1.1 Strom ... 72
4.2.1.1.1 Beleuchtungseinrichtungen ... 72
4.2.1.1.2 Elektroantriebe ... 76
4.2.1.2 Lastmanagement ... 77
4.2.1.3 Druckluft ... 77
4.2.1.4 Wärmerückgewinnung ... 78
4.2.1.4.1 Abwasser ... 78
4.2.1.4.2 Abluft ... 79
4.2.1.5 Wärmeisolierung ... 81
4.2.1.6 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ... 82
4.2.2 Bayerische Textil Werke Lothar Lindemann GmbH ... 86
4.2.2.1 Strom ... 86
4.2.2.1.1 Beleuchtungseinrichtungen ... 86
4.2.2.1.2 Elektroantriebe ... 87
4.2.2.1.3 Lastmanagement ... 87
4.2.2.2 Druckluft ... 88
4.2.2.3 Wärmerückgewinnung ... 89
4.2.2.3.1 Abwasser ... 89
4.2.2.3.2 Abluft ... 89
4.2.2.4 Wärmeisolierung ... 92
4.2.2.5 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ... 92
4.2.3 Einsparpotenziale der Unternehmen im Überblick ... 97

5 ALLGEMEINE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DIE TEXTILVEREDELUNGSINDUSTRIE ... 99

5.1 BELEUCHTUNG ... 99
5.2 ELEKTRISCHE MASCHINEN ... 100
5.3 KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG ... 102
5.3.1 Allgemein ... 102
5.3.2 Unterstützung für die KWK durch den Gesetzgeber ... 105
5.4 DRUCKLUFT ... 106
5.5 ABWÄRME AUS ABWASSER ... 110
5.5.1 Allgemein ... 110
5.5.2 Wärmerückgewinnungsanlagen für Abwasser ... 111
5.6 THERMISCHE PROZESSE ... 115
5.6.1 Trocknungsaggregate ... 115
5.6.1.1 Allgemein ... 115
5.6.1.2 Wärmerückgewinnungsanlagen für Abluft ... 118
5.6.2 Kesselanlagen ... 123
5.7 WÄRMEISOLIERUNGSMAßNAHMEN ... 123
5.7.1 Checkliste für Energiesparmaßnahmen ... 127

6 ZUSAMMENFASSUNG ... 129

GLOSSAR ... 132

LITERATURVERZEICHNIS ... 136

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Verteilung der Veredelungsprodukte bei Kufner HB - flächenbezogen 14
Abbildung 2 - Verteilung der Veredelungsprodukte bei Kufner HB - gewichtsbezogen 14
Abbildung 3 – Substratverteilung Kufner HB - gewichtsbezogen 15
Abbildung 4 – Veredelungsmengen Jahresverlauf 1999 - Kufner HB 15
Abbildung 5 – Fließschema Veredelung von Web- und Wirkware bei Kufner HB 16
Abbildung 6 - Fließschema Veredelung Vliese bei Kufner HB 17
Abbildung 7 – Anteile der Energieträger - Kufner HB 1999 19
Abbildung 8 – Stromverbrauch im Jahresverlauf - Kufner HB 1999 20
Abbildung 9 - Aufteilung Stromverbrauch bei Kufner HB 1999 20
Abbildung 10 – Erdgasverbrauch - Jahresverlauf bei Kufner HB 1999 22
Abbildung 11 - Aufteilung Gasverbrauch - Kufner HB 1999 22
Abbildung 12 – Aufteilung des Gasverbrauchs – Kufner HB 1999 24
Abbildung 13 – Schema Wärmerückgewinnungsanlage 27
Abbildung 14 – Energiebedingte CO_2-Emissionen– Kufner HB 1999 28
Abbildung 15 – Gewebe- und Substratverteilung bei BTW - gewichtsbezogen 29
Abbildung 16 – Fließschema Veredelung BTW 30
Abbildung 17 – Prozentuale Zusammensetzung Energieträger bei BTW 1999 32
Abbildung 18 – Strombedarf – Jahresverlauf bei BTW 1999 33
Abbildung 19 – Aufteilung Stromverbrauch bei BTW 1999 33
Abbildung 20 – Gasverbrauchsverlauf 1999 – BTW 35
Abbildung 21 – Aufteilung des Erdgas-/Heizölverbrauchs – BTW 1999 38
Abbildung 22 – Schema Wärmetauscher Entschlichtung/Bleiche 41
Abbildung 23 - Energiebedingte CO_2-Emissionen 1999 – BTW 43
Abbildung 24 – Tageslastgänge über alle aufgenommenen Kompressoren – Kufner HB 49
Abbildung 25 - Tageslastgang Strom typischer Werktag 1 - Kufner HB 51
Abbildung 26 - Tageslastgang Strom typischer Werktag 2 - Kufner HB 51
Abbildung 27 - Jahresdauerlinie Strom - Kufner HB 52
Abbildung 28 – Temperaturverlauf Färbung PES „Schwarz“ auf HT-Baum 53
Abbildung 29 – Temperaturverlauf Färbung PES „Bunt“ auf HT-Baum 53
Abbildung 30 – Temperaturverlauf Färbung PES auf Jet 53
Abbildung 31 – Temperaturverlauf Färbung CO/PES auf Jigger 54
Abbildung 32 – Abluftwärmemengen einzelner Aggreagte pro Stunde - Kufner HB 55
Abbildung 33 –Abluftwärmemengen von Anlagengruppen - Kufner HB 56
Abbildung 34 – Tageslastgänge über alle aufgenommen Kompressoren - BTW 57
Abbildung 35 - Stromtageslastgang typischer Werktag 1 59
Abbildung 36 – Stromtageslastgang typischer Werktag 2 59
Abbildung 37 – Jahresdauerlinie Strom BTW 61
Abbildung 39 – Lösungsvorschlag Abwasserwärmerückgewinnung - Kufner HB 78
Abbildung 40 – Jahresdauerlinie Wärmelast Kufner HB 83
Abbildung 41 – Strombilanz KWK – Kufner HB 84
Abbildung 42 – Tageslastgänge über alle aufgenommenen Kompressoren - BTW 88
Abbildung 43 – Jahresdauerlinie Wärmelast BTW 93
Abbildung 44 – Jahresdauerlinie KWK und Wärme BTW 94
Abbildung 45 - Strombilanz KWK – BTW 95
Abbildung 46 – Schematischer Motortageslastverlauf 102
Abbildung 47 – Vergleich des Primärenergieeinsatzes in KWK (BHKW) sowie Großkraftwerk und Heizungsanlage (ASUE) 103
Abbildung 48 – Wärmerückgewinnung mit Trockenluft (Luft/Luft) 121
Abbildung 49 – Frischluftzuführung in den Spannrahmen 122
Abbildung 50 – Wärmerückgewinnung mit Frischwasseraufheizung (Luft/Wasser) 122
Abbildung 51 – Wärmeisolierungsbeispiel an einem HT-Apparat 126
Abbildung 52 – Wärmeisolierungsbeispiel an einem Dampfverteilungsystem 126

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Leistung elektrischer Verbraucher – Kufner HB **21**
Tabelle 2 – Beleuchtungseinrichtungen Kufner HB **23**
Tabelle 3 – Kompressordaten Kufner HB **25**
Tabelle 4 - Verrechnungsleistung bei BTW 1997 bis 1999 **34**
Tabelle 5– Leistung elektrischer Verbraucher - BTW **34**
Tabelle 6 – Beleuchtungseinrichtungen BTW **36**
Tabelle 7 – Kompressordaten BTW **39**
Tabelle 8 – Kennwerte Dampfkessel BTW **39**
Tabelle 9 – Abwärmemengen in der Abluft- BTW **63**
Tabelle 10 – Kennzahlen Energieverbrauch/Ware einzelner Prozesse – Kufner HB **66**
Tabelle 11 – Kennzahlen Energieverbrauch/Ware einzelner Prozesse - BTW **68**
Tabelle 12 – Jahreskostenberechnung neue Beleuchtung - Kufner HB: **74**
Tabelle 13 – Amortisation Isolierung Färbeaggregate Kufner HB **81**
Tabelle 14 – Investitionsberechnung KWK - Kufner HB **85**
Tabelle 15 – Jahresgesamtkosten KWK - Kufner HB **85**
Tabelle 16 – Jahreskostenberechnung neue Beleuchtung - BTW **87**
Tabelle 17 – Berechnung Spannrahmenersatz alt gegen neu - BTW **90**
Tabelle 18 – Gegenüberstellung Kostenvergleich SR Alt – SR Neu **90**
Tabelle 19 - Investitionsberechnung KWK - BTW **95**
Tabelle 20 – Jahresgesamtkosten KWK - BTW **96**
Tabelle 21 – Amortisationszeiten - Kufner HB **97**
Tabelle 22 – Amortisationszeiten - BTW **98**
Tabelle 23 – Amortisationsergebnisse Einzelstromabwasser Einschichtbetrieb **112**
Tabelle 24 - Amortisationsergebnisse Einzelstromabwasser Zweischichtbetrieb **112**
Tabelle 25 - Amortisationsergebnisse Einzelstromabwasser Dreischichtbetrieb **112**
Tabelle 26 – Amortisationsergebnisse Abwasserwärmetauscher Mischabwasser Einschichtbetrieb **113**
Tabelle 27 - Amortisationsergebnisse Abwasserwärmetauscher Mischabwasser Zweischichtbetrieb **114**
Tabelle 28 - Amortisationsergebnisse Abwasserwärmetauscher Mischabwasser Dreischichtbetrieb **114**
Tabelle 29 – Berechnung Trocknungskosten Spannrahmen alt gegen neu **117**
Tabelle 30 – Amortisationsergebnisse Abluftwärmetauschersysteme **120**
Tabelle 31 – Amortisation Wärmeisolierung Färbeapparate **125**

Abbkürzungsverzeichnis

BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchG	Bundes-Immissionsschutz-Gesetz
BTW	Bayerische Textil Werke Lothar Lindemann GmbH
CO	Baumwolle
CO_2	Kohlendioxid
CV	Viskose
DK	Dampfkessel
EVG	elektronisches Vorschaltgerät
h/a	Stunden pro Jahr
HQL	Hochdruckquecksilberdampflampe
HT	Hochtarif
HT-Baum	Hochtemperatur-Baum
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
Kufner HB	Kufner Textilwerke GmbH, Standort Hohenbrunn
kVA	Kilovoltampere
KVG	konventionelles Vorschaltgerät
kW	Kilowatt
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LSR	Leuchtstoffröhre
Lux	Beleuchtungsstärke
LWV	Luft-Waren-Verhältnis
MWh	Megawattstunde
MWh/a	Megawattstunde pro Jahr
NT	Niedertarif
PA	Polyamid
PES	Polyester
Rotation	Rotationsdruckanlage
SR	Spannrahmen
W	Watt
WO	Wolle
WRG	Wärmerückgewinnungsanlage
WT	Wärmetauscher

1 Zielsetzung und Inhalte

Die Textilindustrie zählt zu den energieintensiven Industriezweigen. In der Vergangenheit haben bereits hohe spezifische Energieeinspar- und somit CO_2-Reduzierungen stattgefunden. Dennoch existieren aufgrund des technischen Fortschrittes und geänderter Rahmenbedinungen weitere erhebliche Energieeinsparpotenziale.

Die deutsche Wirtschaft hat sich verpflichtet, bis zum Jahr 2005 die treibhausrelevanten CO_2-Emissionen um 28% bezogen auf das Jahr 1990, zu verringern. Dies bedeutet eine erhebliche Anstrengung in allen Branchen, insbesondere im Bereich rationeller Energieverwendung und dem Einsatz erneuerbarer Energien. Es soll dadurch eine Verringerung der Schadstoffbelastung, aber auch eine Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit erreicht werden.

Im November 1999 wurde die EnviroTex GmbH durch das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) beauftragt, am Beispiel von zwei Textilveredelungsunternehmen Energieeinspar- und CO_2-Minderungspotenziale abzuschätzen und daraus Vorschläge zur Optimierung des Energieeinsatzes zu erarbeiten.

Als Datenbasis dienten die während des Projektes im Rahmen eines Messprogrammes ermittelten Werte sowie bereits vorhandenes Datenmaterial der Projektpartner:

- Bayerische Textil Werke Lothar Lindemann GmbH
- Kufner Textilwerke GmbH

Im Rahmen dieser Arbeit sollen die im Projekt erarbeiteten Erkenntnisse zur effizienteren Energieversorgung und der CO_2-Minderung sollen aufgezeigt und unter technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewertet werden. Im Messprogramm werden die energetischen Ist-Zustände der Betriebe durch Messung und Bilanzierung der relevantesten Energieströme erhoben.

Die in dieser Arbeit, insbesondere bei den Amortisationsrechnungen zugrunde gelegten Preise, z.B. für Energieträger, entsprechen nicht den tatsächlichen Preisen der Unternehmens, sondern wurden als zum Projektzeitpunkt branchenübliche Durchschnittswerte angesetzt.

2 Beschreibung der Rahmenbedingungen

2.1 Allgemein

Die Textilveredelungsindustrie ist in den letzten Jahren einem immer stärkeren nationalen aber vor allem internationalen Konkurrenzdruck ausgesetzt. Zwar ist nach dem Konjunktureinbruch zu Beginn der neunziger Jahre seit 1996 eine leichte Erholung zu verzeichnen, von den Zuwachsraten aus den fünfziger und sechziger Jahren ist man allerdings weit entfernt. Aufgrund der angespannten wirtschaftlichen Lage wurden in der Vergangenheit viele Investitionsentscheidungen zurückgestellt. Daraus ergibt sich gerade in der Textilveredelungsindustrie vielfach ein erhebliches Potenzial für Effizienzsteigerung und Verbesserung des Produktionsablaufs. So kann der Branche durch die Reduktion von Material- und Energieeinsatz langfristig die Wettbewerbsfähigkeit erhalten bleiben.

2.2 Produktionsprozesse in der Textilveredelung

Die Arbeitsvorgänge der Textilveredelung lassen sich grob in die nachfolgend aufgeführten Prozessschritte untergliedern:

⇒ **Vorbehandlung,**
⇒ **Färben,**
⇒ **Bedrucken,**
⇒ **Appretieren.**

Ziel der Veredelung ist es, der textilen Rohware die vom Konsumenten gewünschte Optik und die Gebrauchseigenschaften zu verleihen.

Der Umfang der einzelnen Veredelungsprozesse sowie die Art der benötigten Textilhilfsmittel werden u.a. von folgenden Parametern bestimmt:

⇒ **Herkunft der textilen Rohstoffe**
⇒ **Aufmachungsform der Textilien**
⇒ **Anforderungsprofil**

Vorbehandlung
Die Vorbehandlung (man unterscheidet in Nass- und Trockenvorbehandlung) ist ein wichtiger, erster Veredlungsschritt, bei dem es zunächst darauf ankommt, die beim Spinnen, Weben, Wirken oder Stricken verwendeten Hilfsmittel sowie natürliche Faserbegleitstoffe wieder zu entfernen bzw. auszuwaschen. Hierdurch erhält das Textilgut die für die nachfolgenden

Prozesse erforderliche Reinheit. Darüber hinaus wird durch mechanische Einwirkung die Struktur positiv beeinflusst.

Eine optimale Vorbehandlung ist Voraussetzung für das angestrebte Veredelungsziel. Die ihrer Herkunft und ihrer Verhaltensweise nach sehr unterschiedlichen Faserarten erfordern unterschiedliche Vorbehandlungsprozesse. Alle Prozesse (Wärmeenergie für Wasch- und Trockenprozesse) sind mit hohem Energieverbrauch verbunden.

Färben

Färben ist das Aufbringen und Fixieren von Farbstoffen auf Textilien, wobei – im Gegensatz zum Bedrucken – eine gleichmäßige Verteilung der Farbstoffe im gesamten Färbegut angestrebt wird.

Färbeverfahren

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, Textilien zu färben:

⇒ *Ausziehverfahren*: im Wasser gelöste oder dispergierte Farbstoffe ziehen aus der Farbflotte (Farbbad) auf die Fasern auf, dringen (diffundieren) mehr oder weniger in diese ein und werden über chemische/physikalische Wechselwirkung am Substrat fixiert. Diese Applikationsmethode erfolgt immer diskontinuierlich.

⇒ *Foulardieren (Klotzfärbung)*: In einem Behälter mit Quetschwalzen (Foulard) werden Farbstoffe aus einer hochkonzentrierten wässrigen Lösung bzw. Dispersion auf die Ware aufgetragen, über den Quetschdruck in das Substrat gepresst und anschließend durch Dampf, Trockenhitze und gelegentlich auch in Gegenwart von Chemikalien an die Faser gebunden (fixiert). Je nach Prozessführung spricht man auch von Kontinue- oder Semikontinueverfahren.

Gegenüber dem Foulardieren ist das Ausziehverfahren durch die Aufheizung der Farbflotte energieintensiver. Die Verfahrensweise wird vor allem durch folgende Parameter bestimmt:

⇒ **Substrataufmachung (Breit- oder Strangware)**
⇒ **Substratart**
⇒ **Chargengröße**
⇒ **Maschinenpark**

Stoffdruck

Nach dem Färben ist der Stoffdruck die wichtigste Veredelungstechnik, um Textilien farbig zu gestalten. Man unterscheidet den

⇒ Rouleauxdruck: Das gewünschte Druckmuster wird in Metallwalzen eingraviert, wobei jede Farbe eine eigene Walze erfordert. Es handelt sich um ein Tiefdruckverfahren, das insbesondere bei großen Partien Anwendung findet.

⇒ Flachfilmdruck: Die zu behandelnde Ware ist auf ein Transportband aufgelegt und bewegt sich automatisch jeweils um eine Rapportlänge weiter. Während des Warenstillstandes wird mit stationär angebrachten Flachschablonen gedruckt, die sich automatisch über die Ware heben und senken (diskontinuierlicher Druckablauf).

⇒ Rotationsdruck: Es handelt sich um eine Weiterentwicklung des Flachfilmdruckes unter Realisierung eines kontinuierlichen Produktionsablaufes. Flache Schablonen sind dabei in die Form von Hohlzylinder überführt. Die druckenden Partien der Schablone sind perforiert.

⇒ Thermo- oder Heißtransferdruck: Das Muster wird zunächst auf Papierbahnen gedruckt und in einem weiteren Arbeitsgang mittels eines beheizten Kalanders auf den Stoff übertragen (aufgebügelt).

Dem Druckprozess nachgeschaltet (Ausnahme Transferdruck) sind Trocknungs-, Fixier- und Waschprozesse.

Appretieren (Endbehandlung)

Unter der Bezeichnung Appretur werden alle Arbeitsvorgänge zusammengefasst, die zunächst dazu dienen, den aus Bleicherei, Färberei oder Druckerei kommenden Artikeln die gewünschten Eigenschaften hinsichtlich des Warenbildes, des Griffes bzw. des äußeren Erscheinungsbildes zu verleihen. Ferner ist es Aufgabe und Ziel der Appretur, den diversen Artikeln besondere Eigenschaften zu verleihen (z.B. Flammschutz, Knitterfreiausrüstung, schmutzabweisende Ausrüstung).

Umfang und Koordination der Appretur mit den übrigen Textilveredelungsprozessen erfordern große Erfahrung. Die große Zahl der Appretureffekte lässt sich nicht immer und beliebig kombinieren, da sowohl von den Substraten als auch durch gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Appreturprozesse Grenzen gezogen werden. Die Trockenappreturprozesse sind sehr verbrauchsintensiv bzgl. elektrischer Energie (Bsp.: Rauhen, Schmirgeln, Scheren). Die Nassappretur hat einen sehr hohen Wärmebedarf (z.B. beim Trocknen, Krumpfen, Beschichten, Imprägnieren).

2.3 Beschreibung der teilnehmenden Betriebe

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden für zwei Unternehmen der Textilveredelungsindustrie Maßnahmen zur effizienteren Energienutzung und Einsparmaßnahmen zur Verminderung der CO_2-Emissionen aufgezeigt und unter technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewertet.

Bei den betrachteten Unternehmen handelt es sich um einen Betrieb der Veredelung von Einlagestoffen und um eine Textildruckerei.

Die in diesem Kapitel dargestellten Daten beruhen auf Angaben der Unternehmen (Produktionszahlen) sowie um Daten, die von vorhandenen Messgeräten (Hauptzähler für Strom- und Erdgasbezug) regelmäßig erfasst werden.

2.3.1 Kufner Textilwerke GmbH

2.3.1.1 Rahmenbedingungen der Produktion

Das Unternehmen Kufner Textilwerke GmbH, Standort Hohenbrunn (im weiteren „Kufner HB“ genannt) ist im Bereich der Textileinlagenherstellung und -veredelung tätig. Die am Standort Hohenbrunn veredelten Halbfertigerzeugnisse werden hauptsächlich von Tochterunternehmen in Form von Rohtextilien bereitgestellt. Es handelt sich hierbei um:

⇒ **Webwaren**
⇒ **Wirkwaren und**
⇒ **Vliese.**

Die Produktion (Veredelung von Geweben, Gewirken und Vliesware) erfolgt im Vierschichtbetrieb, im Normalfall an sechs bis sieben Tagen pro Woche. Der Betrieb ist nur zwischen Weihnachten und Neujahr geschlossen. Im August wird urlaubsbedingt die Produktion nicht im vollen Umfang gefahren.

Die Jahresproduktion 1999 betrug ca. 173.900.000 m² Stoff. Das Flächengewicht beträgt zwischen 80 g/m² und 300 g/m². Dies ergibt ein durchschnittliches Warengewicht zwischen 20 und 140 g/m² bei Warenbreiten von 120 cm bis 190 cm. Partielängen bis zu 10.000 Laufmeter sind üblich. Die Jahresproduktion entspricht in etwa einem Gewicht von 13.500 t. Die Jahresproduktion 1999, bezogen auf die Fläche, ist aus Abbildung 1 zu erkennen. Abbildung 2 gibt die gewichtsmäßige Aufteilung der Produktionszahlen wieder.

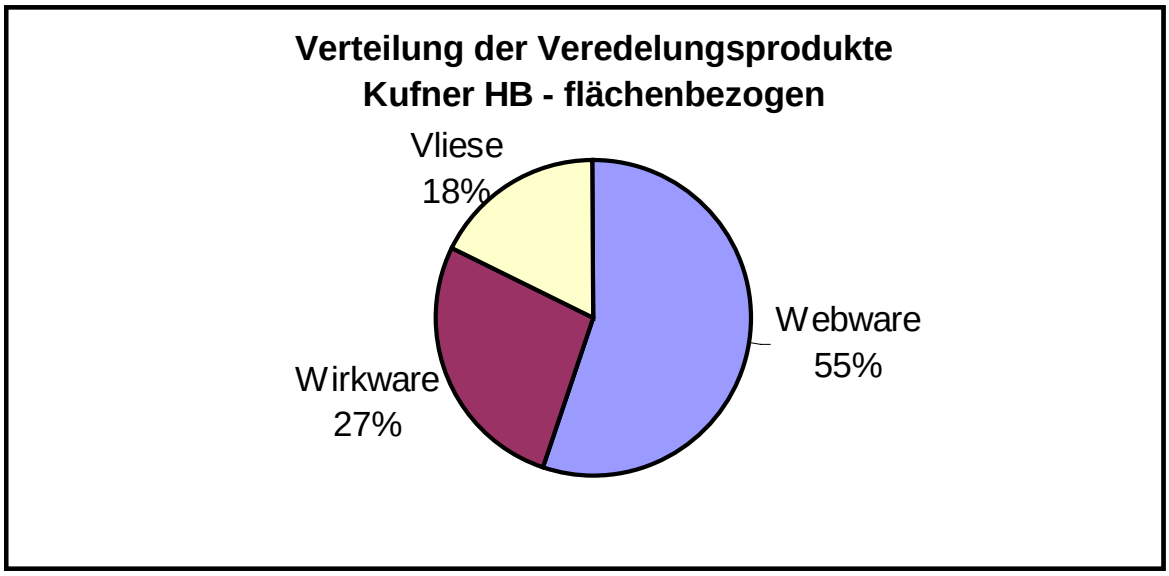


Abbildung 1 - Verteilung der Veredelungsprodukte bei Kufner HB - flächenbezogen

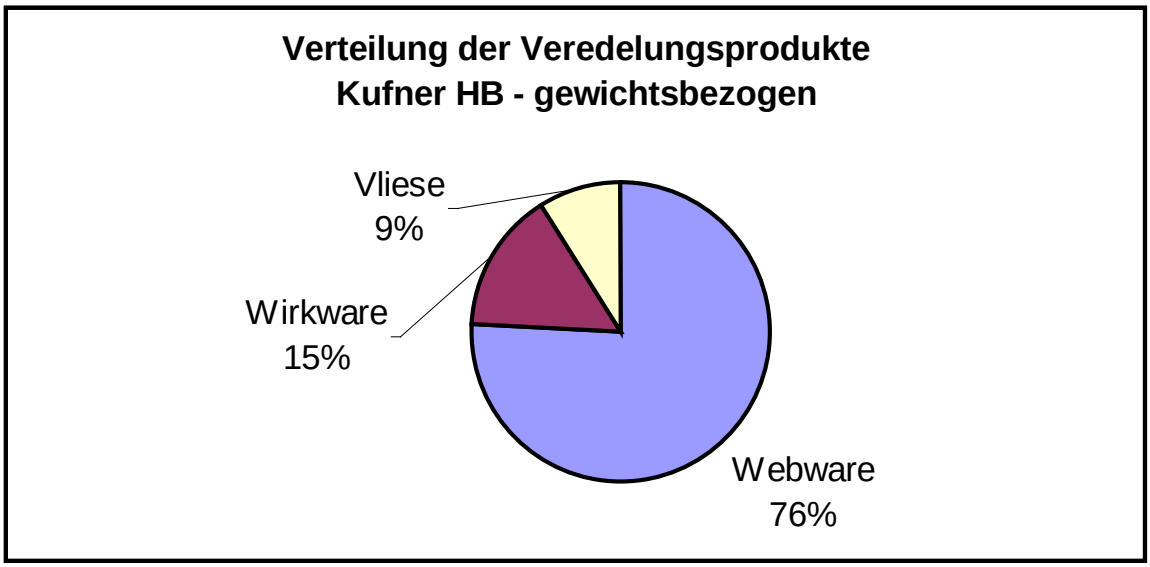


Abbildung 2 - Verteilung der Veredelungsprodukte bei Kufner HB - gewichtsbezogen

Aus Abbildung 3 sind die Anteile der unterschiedlichen Textilsubstrate (CO, PES, CV, etc.) an der Gesamtproduktion zu entnehmen.

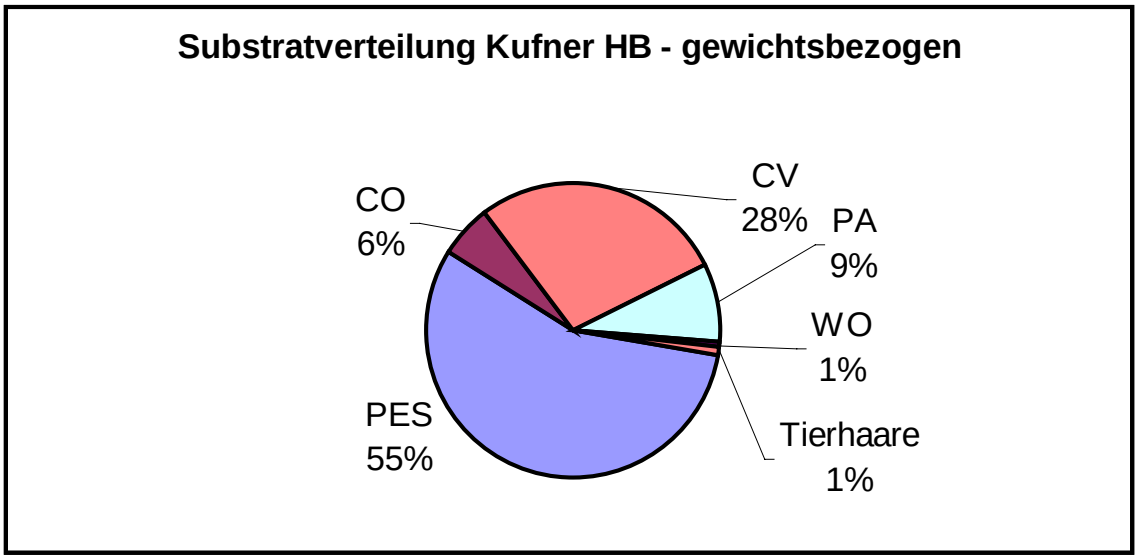


Abbildung 3 – Substratverteilung Kufner HB - gewichtsbezogen

Vergleicht man die Darstellung von Fläche und Gewicht, so sieht man, dass es sich bei den Vliesen und bei Wirkware um „leichte“ Flächengebilde und bei Webware um „schwere“ Flächengebilde handelt. Der Jahresverlauf der Produktion ist in Abbildung 4 ersichtlich.

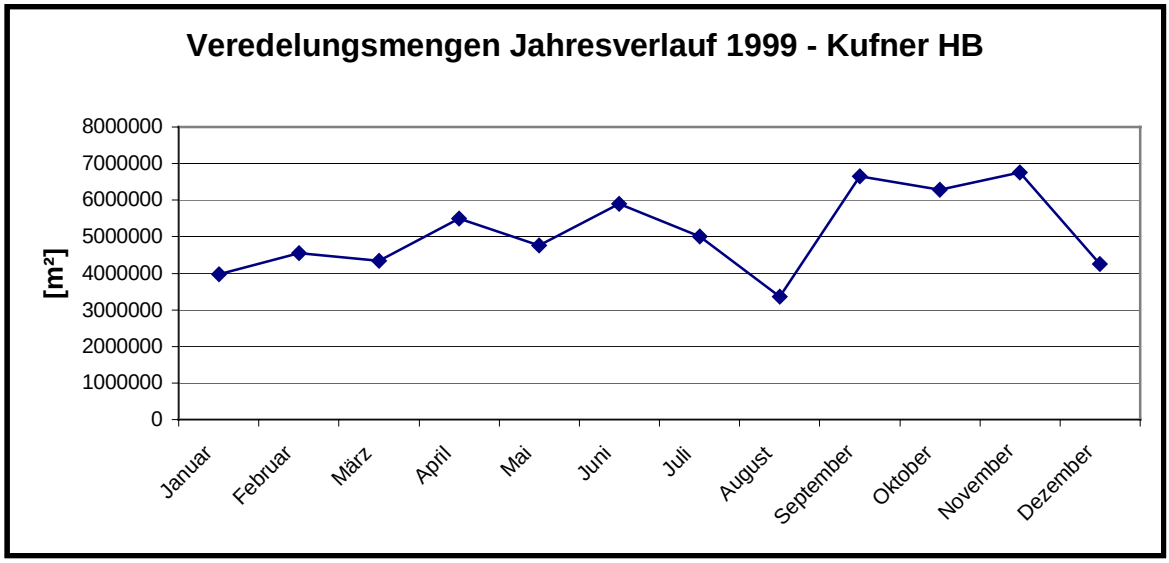


Abbildung 4 – Veredelungsmengen Jahresverlauf 1999 - Kufner HB

2.3.1.2 Veredelungsprozesse

Je nach Textilart (Web- und Wirkware oder Vliese) werden die Rohtextilien unterschiedlich veredelt. Die zur Ausführung kommenden Prozessabläufe sind in Abbildung 5 und Abbildung 6 dargestellt.

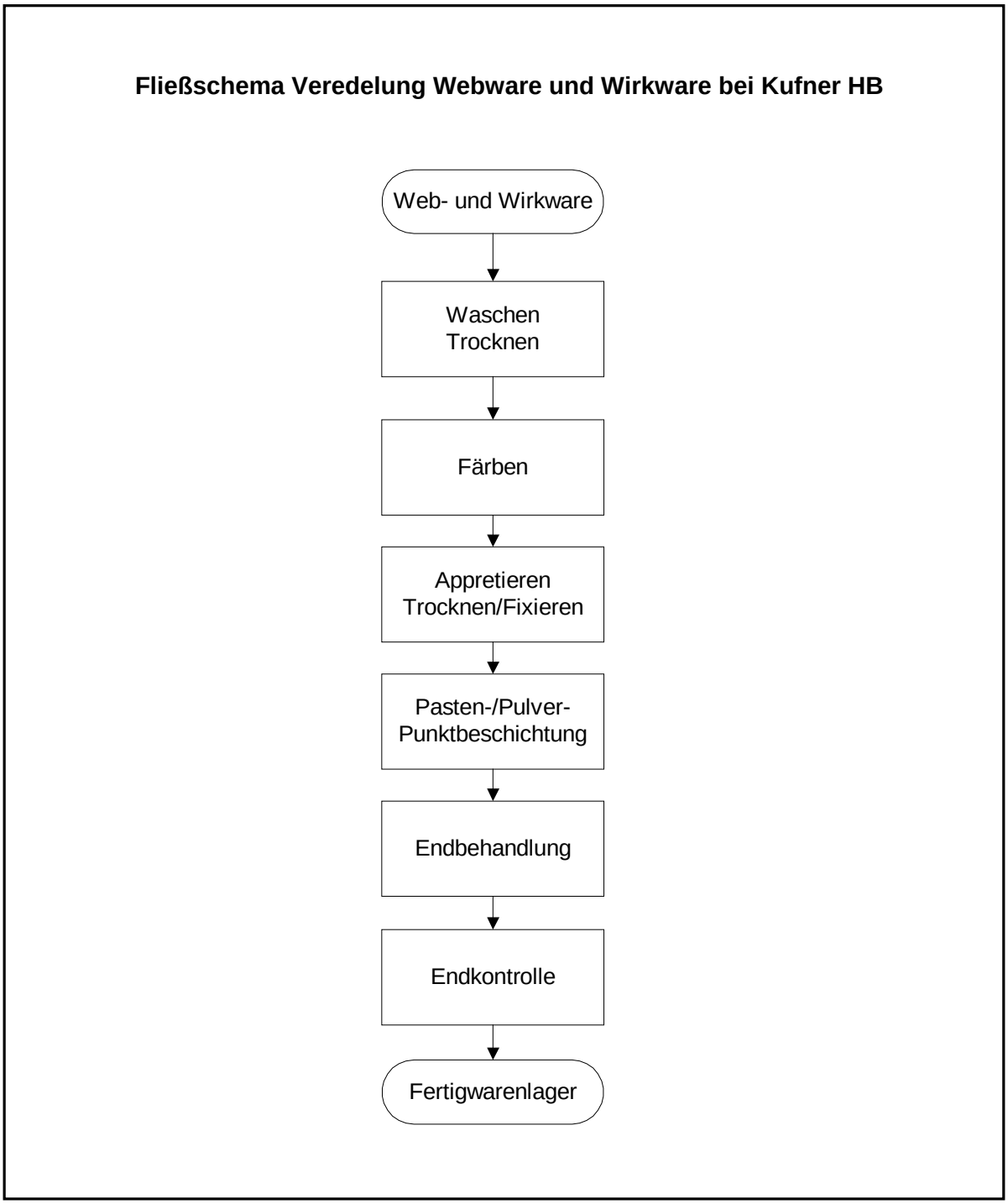


Abbildung 5 – Fließschema Veredelung von Web- und Wirkware bei Kufner HB

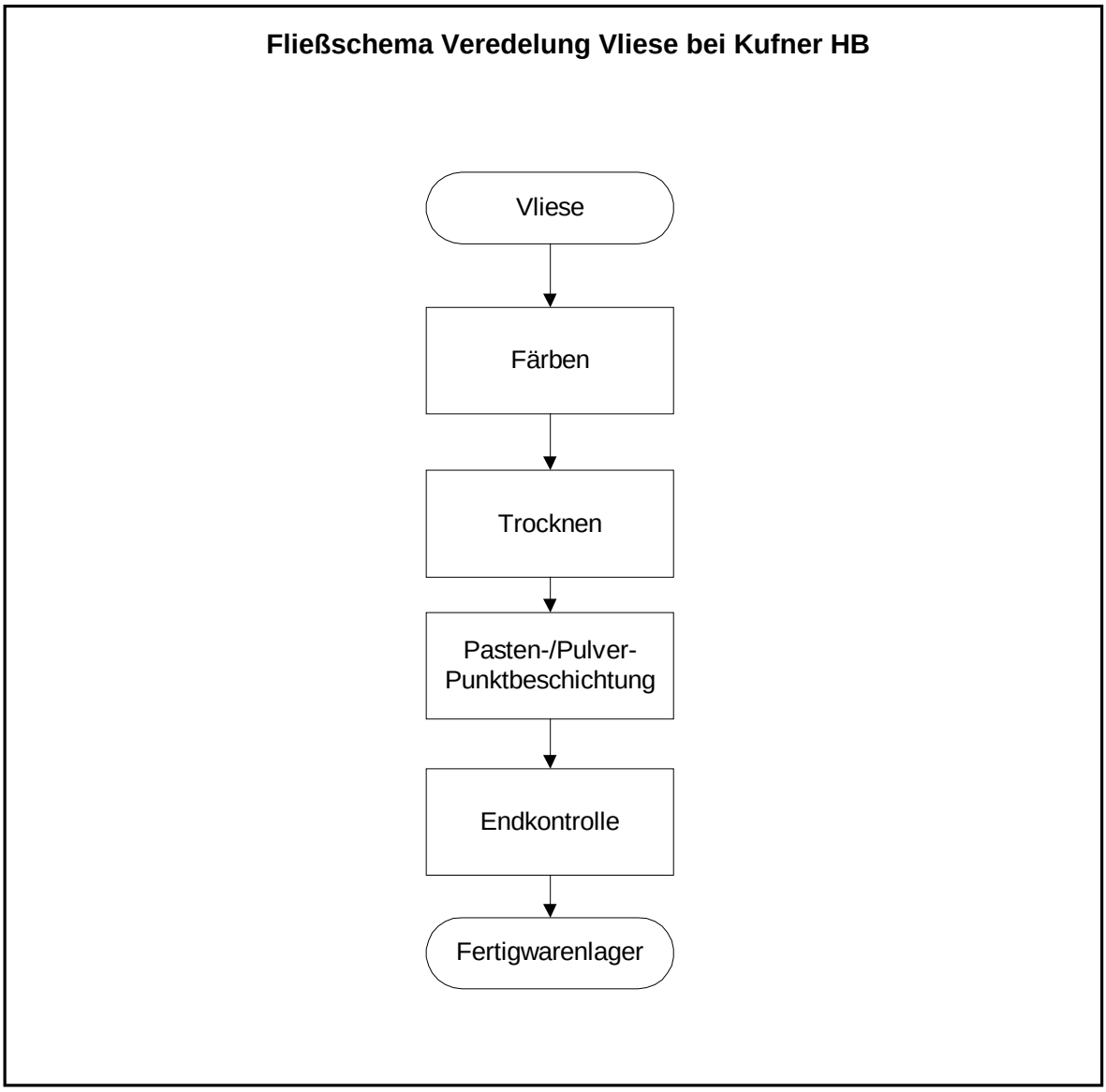


Abbildung 6 - Fließschema Veredelung Vliese bei Kufner HB

Web- und Wirkwaren bestanden zum Zeitpunkt des Projektes zu 56 Gew.-% aus synthetischen Materialien (PES, PA). 44 Gew.-% waren natürliche Fasern (CO, CV, WO und Tierhaare). Vliese bestanden ausschließlich aus synthetischen Materialien (PES und PA6.6).

Die Ware aus natürlichen Fasern (hauptsächlich Plackartikel) wird in der kontinuierlich arbeitenden Waschmaschine von Verunreinigungen sowie von Schlichte und Präparationen gereinigt und anschließend am direkt mit Erdgas beheizten Spannrahmen getrocknet. Die Ware aus synthetischem Material wird einer gewollten Dimensionsänderung unterzogen, wodurch sie Elastizität und Fülle erhält. Sofern sie nicht gefärbt wird, folgt abschließend ein Trockenprozess.

Gefärbt wird auf Jiggern (Ware mit überwiegend Cellulose) und auf HT-Bäumen (Warenzusammensetzung zu 100% aus PES und PA). Bei Jiggerfärbungen werden Flottentemperaturen bis nahe 100°C, bei HT-Färbungen bis 130°C erreicht. Das benötigte Wasser wird über die vorhandene Wärmeerückgewinnungsanlage auf ca. 50°C erwärmt und mittels Dampf (Booster) auf konstant 60°C Prozesstemperatur gehalten. In der Färbeanlage wird durch indirekte Dampfheizung die Prozesstemperatur eingestellt.

Durch die anschließend folgende „Appretur“ („nass-in-nass“ bei gefärbter und „trocken-in-nass“ bei weißer Ware) wird die Ware mit einer Appreturflotte beaufschlagt. Diese sind vor allem:

⇒ Weichgriffausrüstung,
⇒ Griffgebende Ausrüstung oder
⇒ Knitterfreiausrüstung.

Im nachfolgenden Prozess wird die Ware mittels Abquetschfoulard oder Saugbalken mechanisch und im SR thermisch entwässert (getrocknet) und thermofixiert. Je nach Kundenwunsch erfolgt eine Pasten-/Pulver-Punktbeschichtung, Voraussetzung für die später in der Konfektion erwünschte dauerhafte Verbindung/Befestigung mit anderen Trägerstoffen. Es wird dabei auf das textile Flächengebilde mittels eines Druckauftragswerkes punktuell Paste aufgetragen. Wahlweise kann das nunmehr mit Paste beschichtete Textil mit Pulver bestreut werden, das dann auf den Pastenpunkten haftet. Überschüssiges Pulver wird in diesem Fall anschließend abgesaugt und einem Entstauber zugeführt.

Die Pastenpunkte und das anhaftende Pulver auf den beschichteten Textilien werden anschließend im Vortrockner getrocknet, bzw. angesintert. Im Haupttrockner wird das Textil bei Temperaturen bis ca. 185°C restgetrocknet. Alternativ kann das Textil auch nur mit Pasten oder nur mit Pulver ganzflächig beschichtet werden. Durch die am Ende des Beschichtungsaggregates angebrachte Kühlwalze wird die Ware gekühlt bzw. durch eine Glättwalze eine Glättung der Beschichtungspunkte herbeigeführt.

Für die genannten Produktionsprozesse stehen die im Folgendenen nach Gruppen aufgeführten Veredelungsaggregate zur Verfügung:

	Anzahl
⇒ Beschichtungsanlagen	3
⇒ Spannrahmen	3
⇒ Färbemaschinen	8
⇒ Waschmaschine	1
⇒ Zylindertrockner	1
⇒ Anlagen zur weiteren Vorbehandlung	2
⇒ Anlagen zur weiteren Endbehandlung	2

2.3.1.3 Struktur der Energieversorgung und des Energieverbrauchs

2.3.1.3.1 Überblick

Neben der Energieversorgung mit Erdgas wird Strom eingesetzt. Die Wärmeerzeugung erfolgt über Dampf, Thermoöl und Direktbefeuerung sowie durch Wärmerückgewinnungsanlagen (vorrangig in der Färberei). Weitere Versorgungsmedien stellen Druckluft und Wasser dar. Wasser wird ausschließlich aus dem kommunalen Netz bezogen.

Die wichtigsten Daten zum Energieverbrauch im betrachteten Zeitraum des Vergleichsjahres 1999 sind nachfolgend dargestellt.

Energieträgerstruktur
Die Zusammensetzung der Energieträger bei Kufner HB gliedert sich bezogen auf das Jahr 1999 wie in Abbildung 7 ersichtlich.

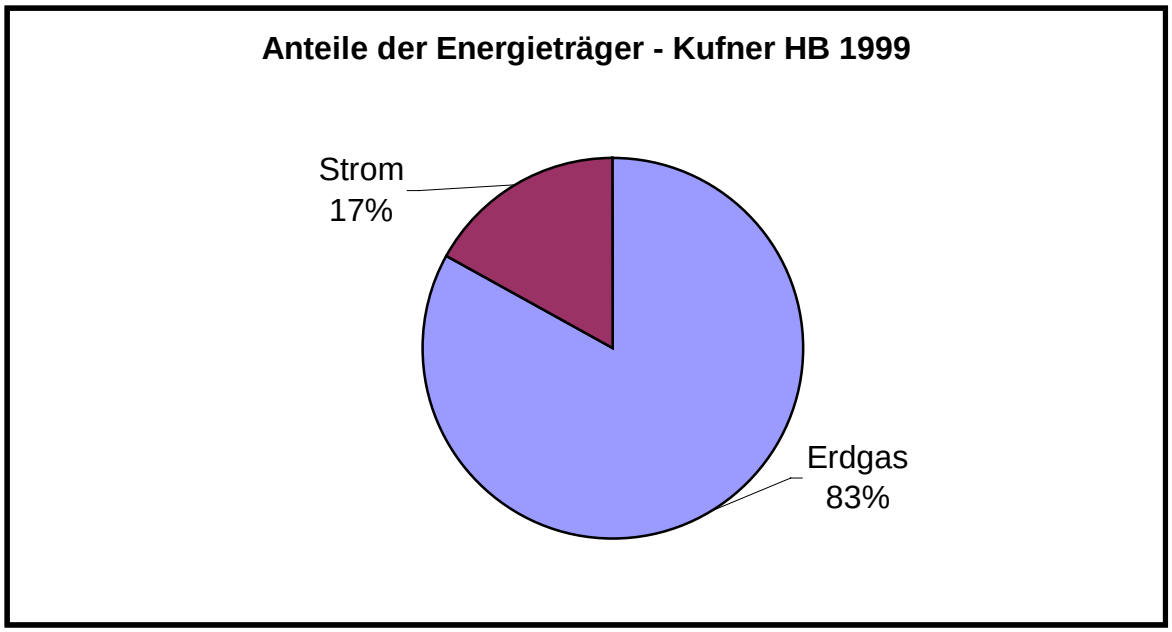


Abbildung 7 – Anteile der Energieträger - Kufner HB 1999

Der Gesamtenergieverbrauch des Unternehmens betrug in 1999 ca. 31.242 MWh. Hiervon entfielen ca. 17% auf die elektrische Energie und 83% auf den Erdgasbezug.

2.3.1.3.2 Strom

Die Versorgung erfolgt über zwei Übergabestationen (Transformatoren der Größe 1.000 kVA).

Es ergab sich ein Gesamtbezug in 1999 von 5.333,5 MWh. Die Verteilung über das Jahr gesehen ist in Abbildung 8 dargestellt.

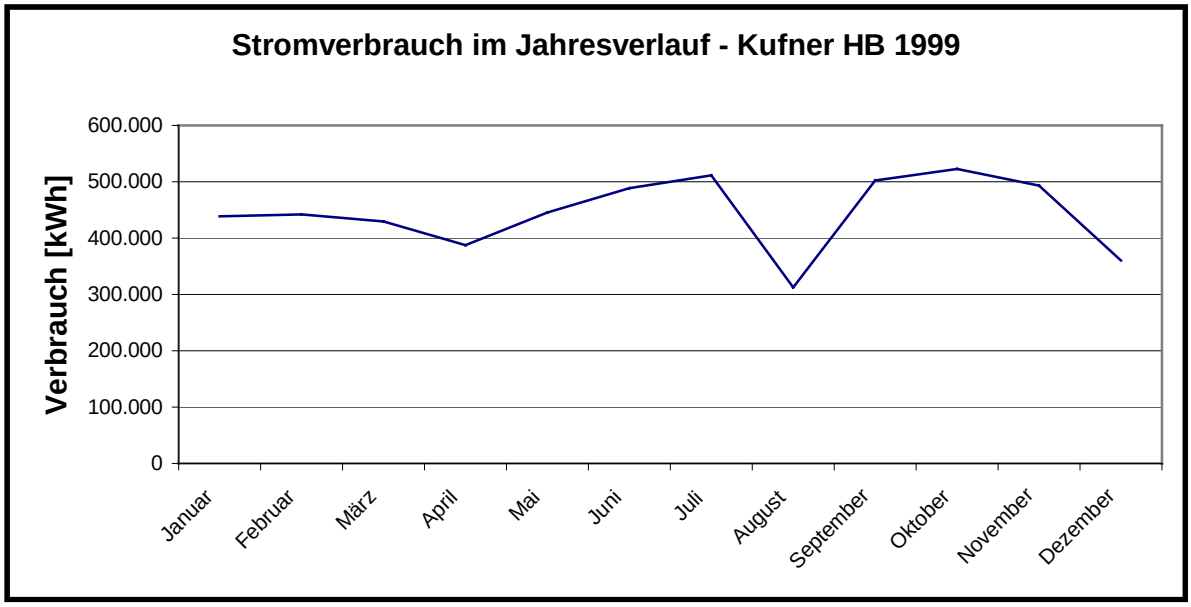


Abbildung 8 – Stromverbrauch im Jahresverlauf - Kufner HB 1999

Die elektrische Energie wird hauptsächlich von den Produktionsmaschinen verbraucht (siehe Abbildung 9).

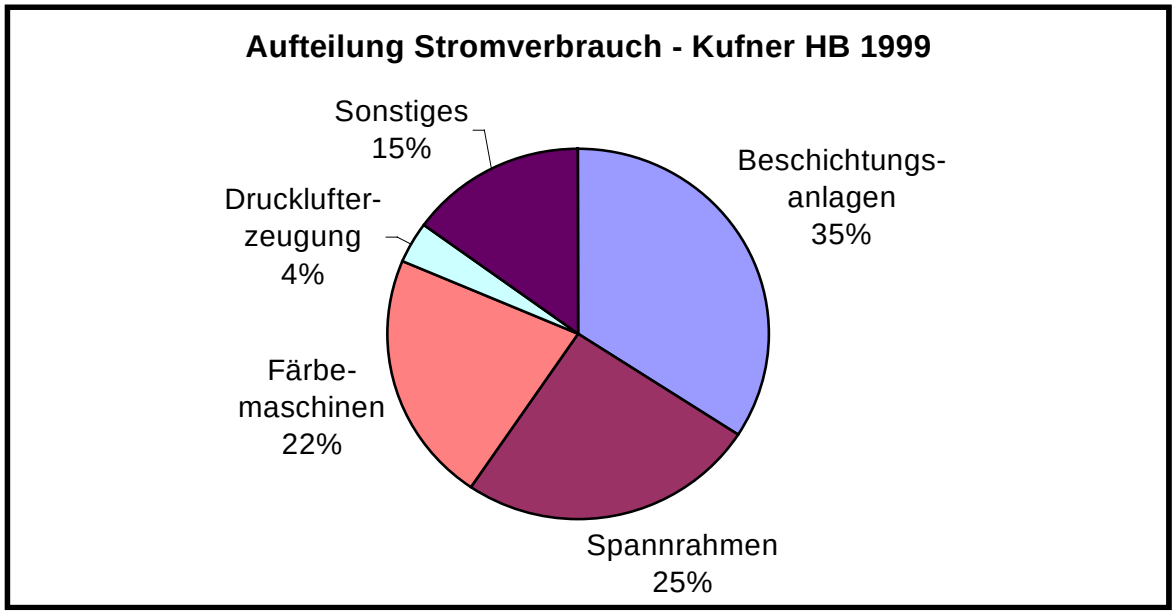


Abbildung 9 - Aufteilung Stromverbrauch bei Kufner HB 1999

Beim Strombezug wird nicht in Haupt- und Niedertarif unterschieden. Die elektrische Leistung und die elektrische Arbeit werden gesondert verrechnet.

Die vom Stromversorger berechnete Leistung ergibt sich als Mittelwert der drei höchsten Monatsleistungsbezüge. Die Leistungserfassung erfolgt in 15-Minuten-Intervallen. Im Jahr 1998 betrug diese maximal 1.279 kW. Summiert man die Nennleistung aller Verbrauchsstellen auf, führt dies zu einer gesamten installierten Leistung in Höhe von 1.600 kW (Tabelle 1). Um zu ermitteln, in welchem Umfang alle Verbraucher gleichzeitig mit voller Last am Netz sind, wird der sogenannte Gleichzeitigkeitsfaktor bestimmt, der sich aus dem Quotienten der tatsächlichen elektrischen Leistung und der Summe der Nennleistungen aller Verbraucher ergibt. Für das Unternehmen ergibt sich ein Faktor in Höhe von 0,8.

Tabelle 1 – Leistung elektrischer Verbraucher – Kufner HB

Verbraucher	Leistung [kW]
Beleuchtung	80
Beschichtungsanlagen	327
Endbehandlungsmaschinen	32
Drucklufterzeuger	85
Färbemaschinen	250
Kühlgeräte	76
Spannrahmen	253
Vorbehandlungsmaschinen	170
Warmwassererzeugung	38
Sonstige	289
Installierte Leistung gesamt:	**1600**

Alle elektrischen Verbraucher waren ca. 7.390 Stunden im Jahr am Netz. Die Volllaststunden in Höhe von 5.900 h/a und der Gleichzeitigkeitsfaktor (0,8) zeigen an, dass die Firma Kufner HB eine sehr gleichmäßige elektrische Bezugscharakteristik aufweist, was im weiteren noch in Form von Tageslastganglinien und einer Jahresdauerlinie dargestellt wird.

2.3.1.3.3 Erdgas

Als Brennstoff kommt ausschließlich Erdgas zum Einsatz. Das benötigte Erdgas wird mit einem Lieferdruck von 1,92 bar. Die Gasübergabestation befindet sich auf dem Werksgelände. Die Messung des Erdgasbezuges erfolgt durch den Lieferanten, entsprechend druck- und temperaturkompensiert. Der Heizwert des Erdgases liegt bei H_u 9,3 kWh/m³.

Erdgas wird im Dampfkessel, in den Thermoölkesseln und in den direkt beheizten Aggregaten (z.B. Spannrahmen, Beschichtungsanlagen) eingesetzt. In 1999 wurden insgesamt 2.785.871 m³ verbraucht. Dies entspricht einer Energiemenge von 25.909 MWh.

Aus Abbildung 10 ist der nach Monaten aufgeschlüsselte Erdgasverbrauch in 1999 zu erkennen. Abbildung 11 gibt die Hauptverbrauchsstellen wieder.

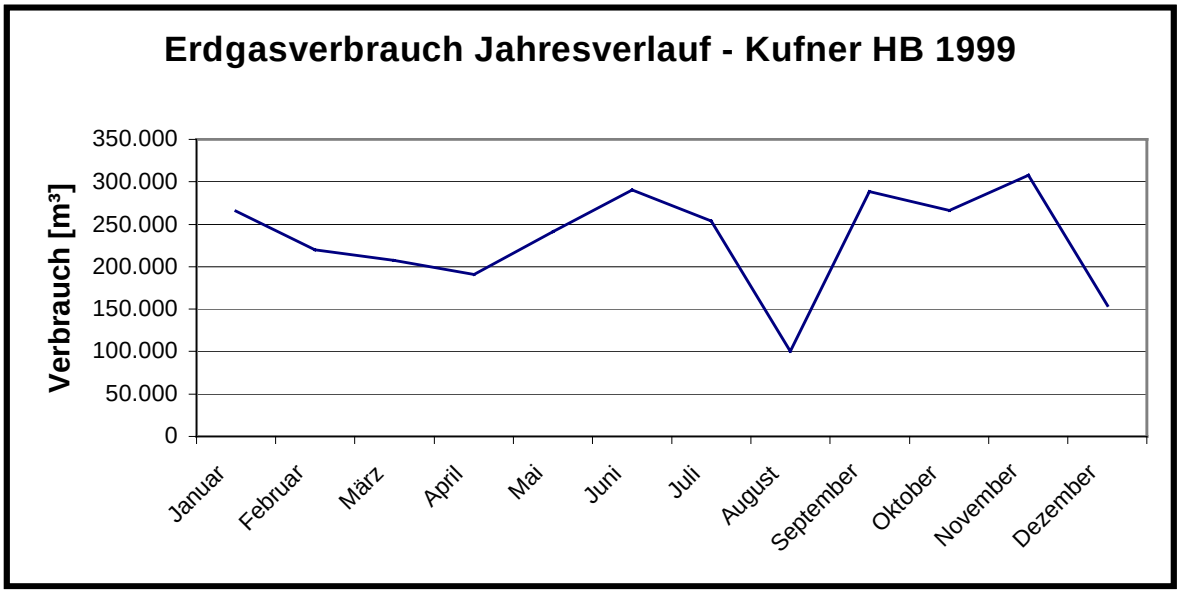


Abbildung 10 – Erdgasverbrauch - Jahresverlauf bei Kufner HB 1999

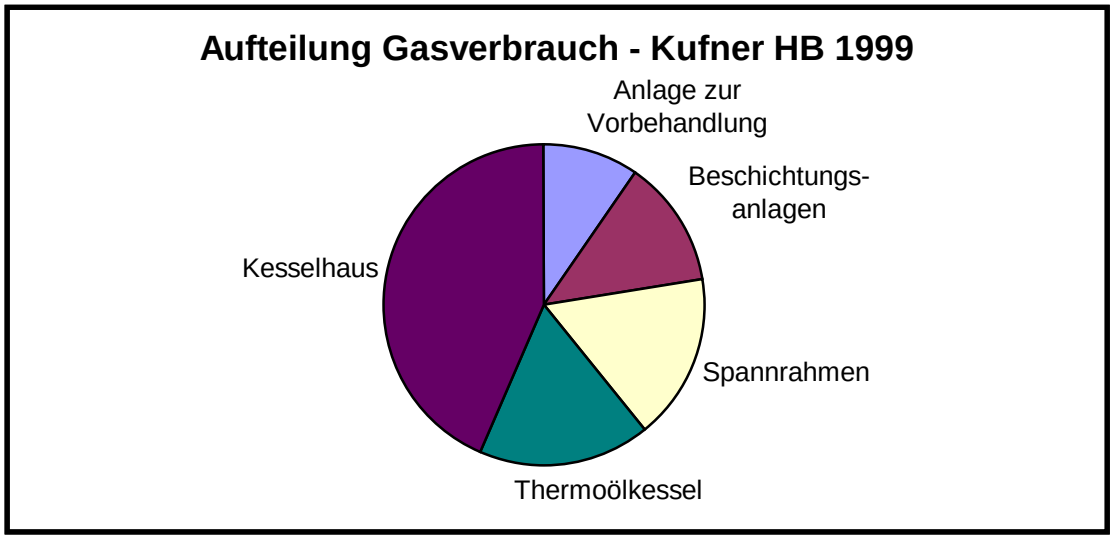


Abbildung 11 - Aufteilung Gasverbrauch - Kufner HB 1999

2.3.1.4 Energierelevante Anlagen und Betriebsbereiche

2.3.1.4.1 Beleuchtung

Produktions- und Lagerräume werden nahezu ausschließlich mittels künstlichem Licht beleuchtet (Aufstellung siehe Tabelle 2). In der Produktionshalle werden Leuchtstoffröhren verwendet, welche parallel zu den Maschinen angeordnet sind. In den Lagerräumen sind ebenfalls Leuchtstoffröhren installiert. Quecksilber-Hochdruckdampf-lampen werden im Heizraum und zur Außenbeleuchtung eingesetzt.

Tabelle 2 – Beleuchtungseinrichtungen Kufner HB

Raum	Art der Beleuchtung	Anzahl	Tageslicht vorhanden?	Vorschaltgerät	Reflektor
Produktionshalle	1 x LSR, W58	750	Nein	KVG	Nein
Lager	2 x LSR, W58	120	Nein	KVG	Nein
Heizraum	HQL W400	6	Nein	--	--
Außenbeleuchtung	HQL W400	12	Nein	--	--

Jede Leuchtstoffröhre benötigt 70 W elektrische Leistung. Dies führt für alle Beleuchtungskörper zusammen zu einem elektrischen Leistungsbedarf in Höhe von 76,5 kW. Bei einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 6.000 h/a ergibt sich ein Verbrauch an elektrischer Energie in Höhe von 459.000 kWh. Dies entspricht einem Anteil von 8,6% am gesamten Stromverbrauch.

2.3.1.4.2 Lüftung und Beheizung

Im Betrieb besteht ein hoher Bedarf an Trocknungs- und Verbrennungsluft in den Spannrahmentrocknern. Diese Luft wird aus den Produktionshallen entnommen und verlässt diese über die Ablufteinrichtungen der Spannrahmentrockner. Eine zusätzlich Entlüftung der Produktionsräume ist deshalb nicht erforderlich.

Die Belüftung der Produktionshalle erfolgt teilweise über gezielte Zuluftführungen und teilweise passiv über Türen und Tore. Eine Erwärmung der Zuluft durch Wärmetauscher ist nicht vorhanden. Eine Produktionshallenbeheizung ist nicht notwendig, weil die Wärmeabstrahlung der zum Einsatz kommenden Veredelungsaggregate, ggf. auch deren Abluftführungen, zur Beheizung teils mehr als ausreichend ist. Im Winter wird zusätzlich die Abwärme der Druckluftkompressoren zur Vorwärmung der Hallenzuluft genutzt.

Die Büroräume des Unternehmens werden mittels im Kesselhaus erzeugtem Dampf beheizt. Der Wärmebedarf für die vorhandenen Räume begrenzt sich auf die Büro- sowie auf die Produktionsflächen im Kellerbereich.

Auf Grundlage der örtlichen Heizgradtage und einem Wärmebedarf von 100 kWh/m²a für die oberirdische Büroräume, 70 kWh/m²a Wärmebedarf für sonstige zu beheizende Flächen ergibt sich ein rechnerischer Raumwärmebedarf von 131,89 MWh/a. Der Raumwärmeanteil am gesamten Energieverbrauch beträgt ca. 1% und wird ausschließlich über den Energieträger Erdgas bereitgestellt. Die Aufteilung des Erdgasverbrauchs ist in Abbildung 12 dargestellt.

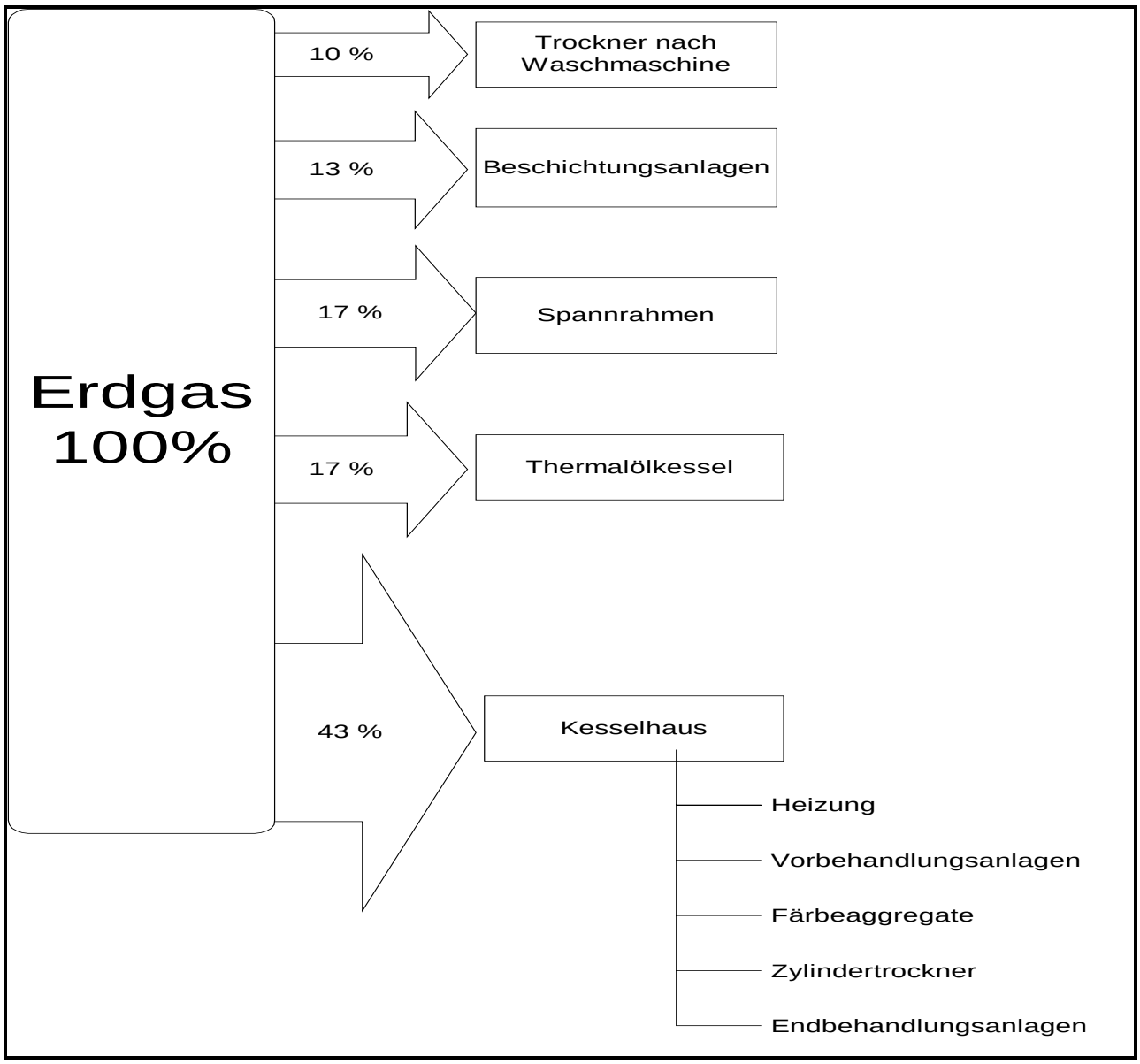


Abbildung 12 – Aufteilung des Gasverbrauchs – Kufner HB 1999

2.3.1.4.3 Klimatisierung und Kühlung

Eine Anlage zur Raumklimatisierung und –kühlung, abgesehen von einer kleinen Laborklimatisierung, ist nicht vorhanden.

Kühlwasser wird bei Kufner HB für die Kühlung der Färbeapparate sowie für Kühlwalzen benötigt. Die Versorgung erfolgt ausschließlich über das öffentliche Netz, die Frischwassertemperatur beträgt ca. 11°C. Eine zusätzliche aktive Kühlung ist nicht erforderlich.

Das erwärmte Kühlwasser wird zentral in einem Behälter gesammelt und von dort als vorgewärmtes Wasser weiteren Prozessen zugeführt.

2.3.1.4.4 Druckluftversorgung

Für die Versorgung verschiedenster Maschinen oder Maschinenteile des Betriebes mit Druckluft stehen zwei Druckluftverdichter mit insgesamt 85 kW elektrischer Leistung zur Verfügung (Tabelle 3).

Tabelle 3 – Kompressordaten Kufner HB

Kompressor	1	2
Elektrische Leistung [kW]	55	30
Luftleistung [m³/min]	7,85	4,57
Theroretische Volllaststunden [h/a]	1.000	5.840
Betriebsstunden [h/a]	5.000	8.000
Ausnutzungsgrad [%]	20	73

Die Verdichter (Schraubenkompressoren) stehen an einer zentralen Stelle im Unternehmen und werden automatisch, abhängig vom Versorgungsdruck, zu- oder abgeschaltet. Die Druckluftverteilung erfolgt über eine innenraumverlegte Druckluftleitung mit einer Länge von 590 Metern und einem Leitungsdurchmesser von DN 0,5 bis DN 80 zu den einzelnen Verbrauchern. An Verbrauchern existieren 90 pneumatische Steuerungen, 17 Presswerke und 25 Einrichtungen zur Reinigung mit Pressluft.

Zur Druckluftzentrale gehört auch die Lufttrocknung durch Kältetrockner. Die Kühlleistung wird mittels zweier elektrisch betriebener Kompressionskältemaschinen mit je 42 kW Kühlleistung bereitgestellt. Beide Maschinen haben eine elektrische Bezugsleistung von je 20 kW. Als Kühlmittel wird R22 genutzt. Eine der Maschinen weist eine jährliche Benutzungsstundenzahl von 8.000 h/a auf, was einer nahezu permanenten Nutzung entspricht. Die zweite ist eine sogenannte Spitzenlastanlage und ist nur an 5.000 h/a in Betrieb.

2.3.1.4.5 Prozesswärme-/Dampferzeugung

Die Dampferzeugung erfolgt durch einen Dampfkessel mit folgenden Kennzahlen

⇒ Baujahr 1988
⇒ Dampfleistung max. 8 t/h,
⇒ Dampfdruck max. 12 bar
⇒ Betriebsdampfdruck 10 bar.

Ein Wärmetauscher (ECO – Abgas-Wärmerückgewinnung) erwärmt das Speisewasser.

Für die Wärmeversorgung eines Spannrahmens und einer Beschichtungsanlage stehen Thermoölerhitzer zur Verfügung. Alle Aggregate werden mit Erdgas befeuert.

2.3.1.4.6 Produktionsmaschinen

Zylindertrockner
Ein mit Dampf beheizter Zylindertrockner übernimmt das Trocknen und Schrumpfen der textilen Waren.

Färbemaschinen
Ein Jet, zwei Jigger und fünf HT- Bäume stehen zur Verfügung. Das Abwasser aus den Färbemaschinen, das eine Temperatur von über 40°C aufweist, wird über eine Wärmerückgewinnungsanlage geleitet (siehe Abbildung 13)

Spannrahmen
Für die Trocknung sowie für Fixier- und Hochveredelungsvorgänge stehen drei Spannrahmen, zwei direkt mit Erdgas und einer mit Thermoöl beheizt, zur Verfügung. Einer der Spannrahmen verfügt über eine Wärmerückgewinnungsanlage aus der Abluft (Wärmerad), welches jedoch außer Betrieb ist.

Beschichtungsanlagen
Die drei im Produktionsprozess integrierten Beschichtungsanlagen verfügen jeweils über eine mit Erdgas betriebene direkte Beheizung sowie über Infrarotstrahler. Wärmerückgewinnungsanlagen sind an den Beschichtungsanlagen nicht vorhanden.

Waschmaschine
Es handelt sich um eine kontinuierlich arbeitende Waschmaschine mit nachgeschaltetem direkt beheiztem (Erdgas) Trockenaggregat.

2.3.1.4.7 Wärmerückgewinnungsanlage

Das aus der Färberei kommende Abwasser wird mittels Temperaturweiche, eingestellt auf 40°C, in „kaltes“ und „warmes“ Wasser getrennt. Kaltes Wasser wird über die betriebliche Kanalisation in den kommunalen Sammler geführt und warmes Wasser in einem Abwassersammelbecken gesammelt. Von hier aus gelangt es in eine zentrale zweistufige Wärmerückgewinnungsanlage. Hier werden große Teile des Wärmeinhaltes entzogen. Anschließend wird das Abwasser ebenfalls in den kommunalen Sammler abgeleitet. Der Leitungsverlauf des Wärmerückgewinnungsanlage ist in Abbildung 13 ersichtlich.

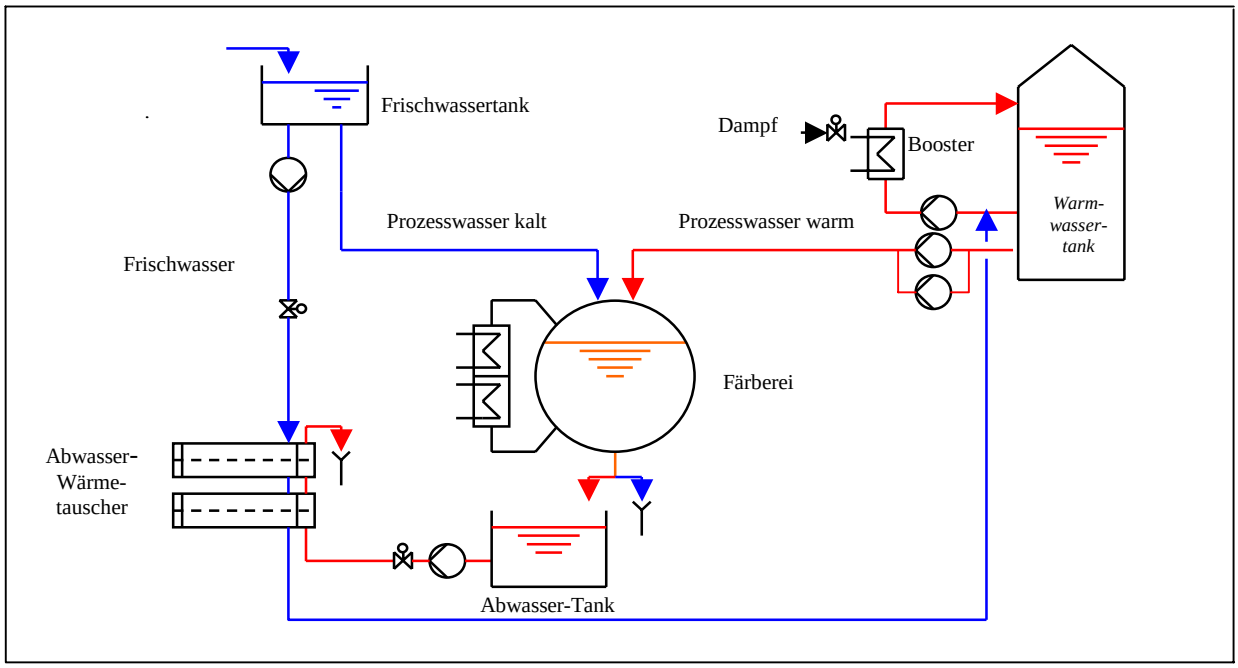


Abbildung 13 – Schema Wärmerückgewinnungsanlage

2.3.1.5 Energiebedingte CO_2-Emissionen

In Abbildung 14 sind die energiebedingten CO_2-Emissionen der Firma Kufner HB in 1999 dargestellt. Die strombedingten CO_2-Emissionen wurden aus den Daten von GEMIS für den bundesdeutschen Kraftwerksmix errechnet.

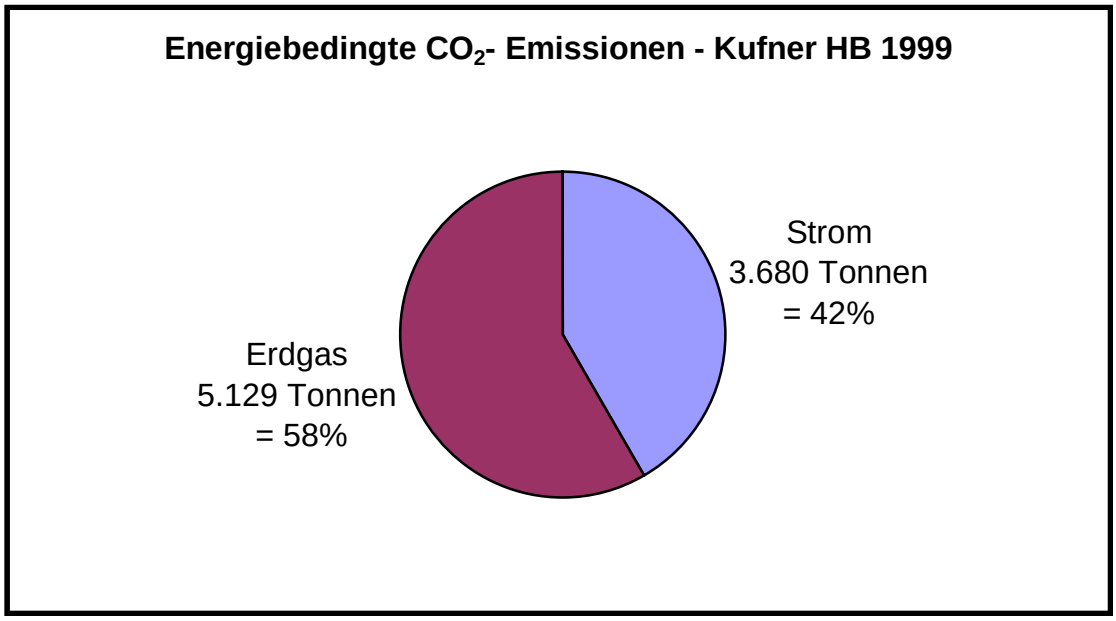


Abbildung 14 – Energiebedingte CO_2-Emissionen– Kufner HB 1999

2.3.2 Bayerische Textil Werke Lothar Lindemann GmbH

2.3.2.1 Rahmenbedingungen der Produktion

Das Unternehmen Bayerische Textil Werke Lothar Lindemann GmbH (im folgenden BTW) genannt) ist als Lohnveredler im Bereich der Stoffdruckerei tätig, d.h. die von Lieferanten zur Verfügung gestellten Halbfertigerzeugnisse werden im Werksauftrag bestimmten Veredelungsvorgängen unterzogen. Es werden ausschließlich Webwaren verarbeitet. Es handelt sich hierbei um Bettwäsche, Dekostoffe und Futterstoffe.

Die Produktion erfolgt im Einschichtbetrieb, derzeit an fünf Tagen pro Woche. Bei Bedarf wird grundsätzlich auch an Samstagen oder auch ein Teil der Veredelungsaggregate im Zweischichtbetrieb betrieben. Betriebsschließungstage sind die Tage zwischen Weihnachten und Neujahr sowie der Sommermonat August.

Die Jahresproduktion 1999 betrug ca. 7.575.000 m² Stoff. Das Flächengewicht beträgt zwischen 80 g/m² und 300 g/m². Dies ergibt ein durchschnittliches Warengewicht von ca. 145 g/m². Die Jahresproduktion betrug ca. 1.100 t. Die Warenbreiten schwanken im Bereich von 0,80 m bis zu 1,80 m, bei Partielängen zwischen 500 m und 1.000 m.

Die verarbeiteten Gewebe und deren Zusammensetzung sind in
Abbildung 15 dargestellt.

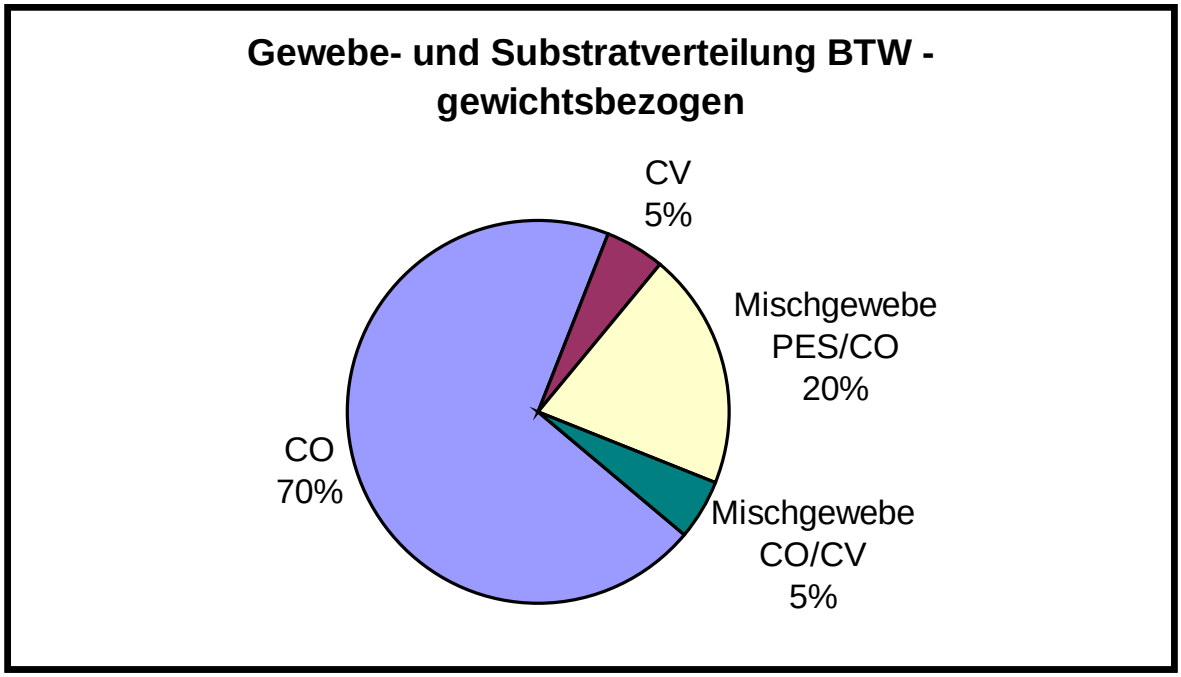


Abbildung 15 – Gewebe- und Substratverteilung bei BTW - gewichtsbezogen

Der Veredelungsschwerpunkt liegt deutlich im Bereich der natürlichen Fasern und hier dominant bei Baumwolle.

2.3.2.2 Veredelungsprozesse

Die Rohtextilien werden nach Kundenwunsch veredelt. Aufgrund unterschiedlichster Warenqualitäten und Kundenwünsche ist die Kombination von vielen Veredelungsvorgängen möglich und notwendig. Im Nachfolgenden ist eine grobe Darstellung des Veredelungsprozesses (siehe Fließschema Abbildung 16) aufgezeigt.

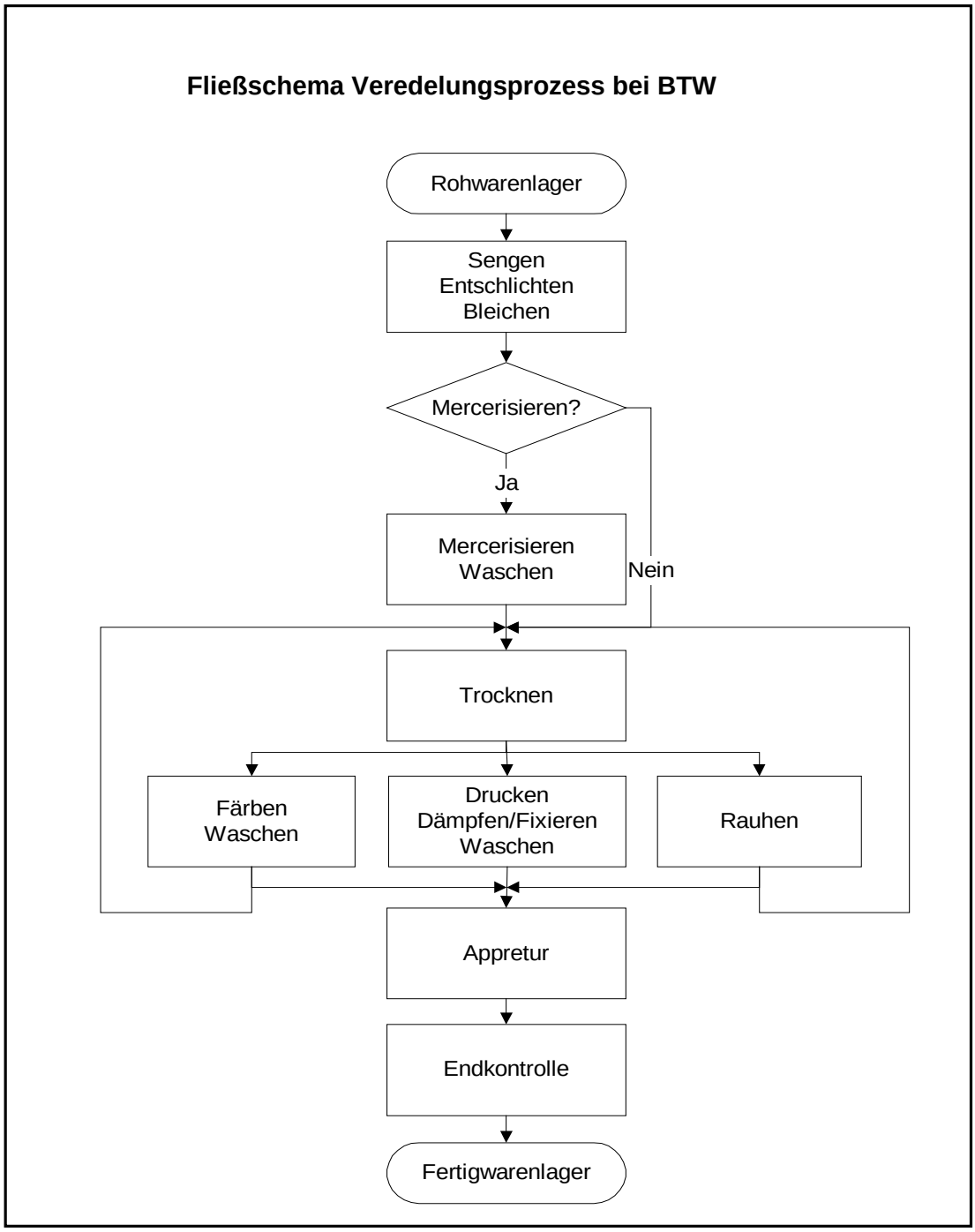


Abbildung 16 – Fließschema Veredelung BTW

Alle Druckwaren müssen einer Vorbehandlung unterzogen werden. Das Vorbereiten der Ware hat einen großen Einfluss auf die Druckqualität, d.h. letztendlich auf die Qualität des Veredelungsvorganges. Daher werden im Rahmen der Vorbehandlung große Anforderungen an die Arbeitsqualität gestellt.

Einen wesentlichen Punkt stellt die Warenoberfläche dar. Um die Ware zu reinigen, glatt und flusenfrei zu machen, wird sie einem Sengprozess unterzogen. Dabei wird die Ware an einer offenen Flamme (Erdgas-beheizt) vorbeigeführt und überstehende Flusen abgesengt. Um die Saugfähigkeit der Ware gleichmäßig und gut gewährleisten zu können, wird die Ware anschließend entschlichtet und von Faserbegleitstoffen wie Fetten, Wachsen, Proteinen oder Schalenresten sowie vor dem Spinnen bzw. Weben aufgebrachten Hilfsmitteln wie Schmälzen, Avivagen und Schlichten gereinigt. Damit wird erreicht, dass später aufgetragene Druckfarbe rasch und vollständig vom Material aufgesaugt werden kann. Der Weißgrad wird durch eine Peroxidbleiche (evtl. unter Zugabe optischer Aufheller) erhöht.

Muss das Farbstoffaufnahmevermögen der Baumwollgewebe verbessert werden, wird die Ware zusätzlich nach dem Bleichvorgang mercerisiert (Behandlung mit konzentrierter Natronlauge unter Spannung), ausgewaschen und anschließend wieder getrocknet. Eventuell kann auch ein Rauhen der Ware erforderlich sein.

Nach dem Bedrucken der Ware wird diese einem Dämpfprozess (Reaktivdruck) oder einem Fixierprozess (Pigmentdruck) unterzogen. Beim Reaktivdruck werden mit der Drucknachwäsche das Verdickungsmittel, die Fixierhilfsmittel sowie die nicht fixierten Farbstoffe ausgewaschen. Beim Pigmentdruck erfolgt keine Nachwäsche, alle beim Druckprozess aufgebrachten Substanzen verbleiben auf der Ware.

Im anschließenden Appreturvorgang wird die Ware endbehandelt und gelangt nach der Qualitätskontrolle (Warenschau) zur Auslieferung an den Kunden.

Für die genannten Produktionsprozesse stehen die im Folgenden aufgeführten Veredelungsaggregate zur Verfügung:

		Anzahl
⇒	Bleiche	1
⇒	Dämpfer	1
⇒	Entschlichtung	1
⇒	Fixiermaschine	1
⇒	Flachdrucktrockner	1
⇒	Rotationsdruckanlagen	2
⇒	Mercerisieranlage	1
⇒	Senge	1
⇒	Spannrahmen	2
⇒	Waschmaschine	1

2.3.2.3 Struktur der Energieversorgung und des Energieverbrauchs

2.3.2.3.1 Überblick

Neben Erdgas und Heizöl EL wird Strom als Energieform eingesetzt. Die Erwärmung der Flotten bzw. textilen Substrate erfolgt sowohl über Dampf und Thermoöl als auch über Direktbefeuerung am Spannrahmen. Weiter sind mehrere dezentrale Wärmerückgewinnungsanlagen im Bereich der Vorbehandlung wie auch im Bereich der Dampfkessel und des Thermoölerzeugers installiert. Druckluft und Wasser stellen weitere Versorgungsmedien dar.

Energiestruktur

Die sich aus Strom, Erdgas und Heizöl EL zusammensetzende in 1999 verbrauchte Gesamtenergie beträgt ca. 16.369 MWh. Davon entfallen 58 MWh, entspricht ca. 0,35%, auf den Einsatz von Heizöl EL, 1.908 MWh, entspricht ca. 11,7 Prozent auf den Verbrauch von Strom und der Hauptanteil mit 14.403 MWh von nahezu 88% auf den Einsatz von Erdgas (Abbildung 17).

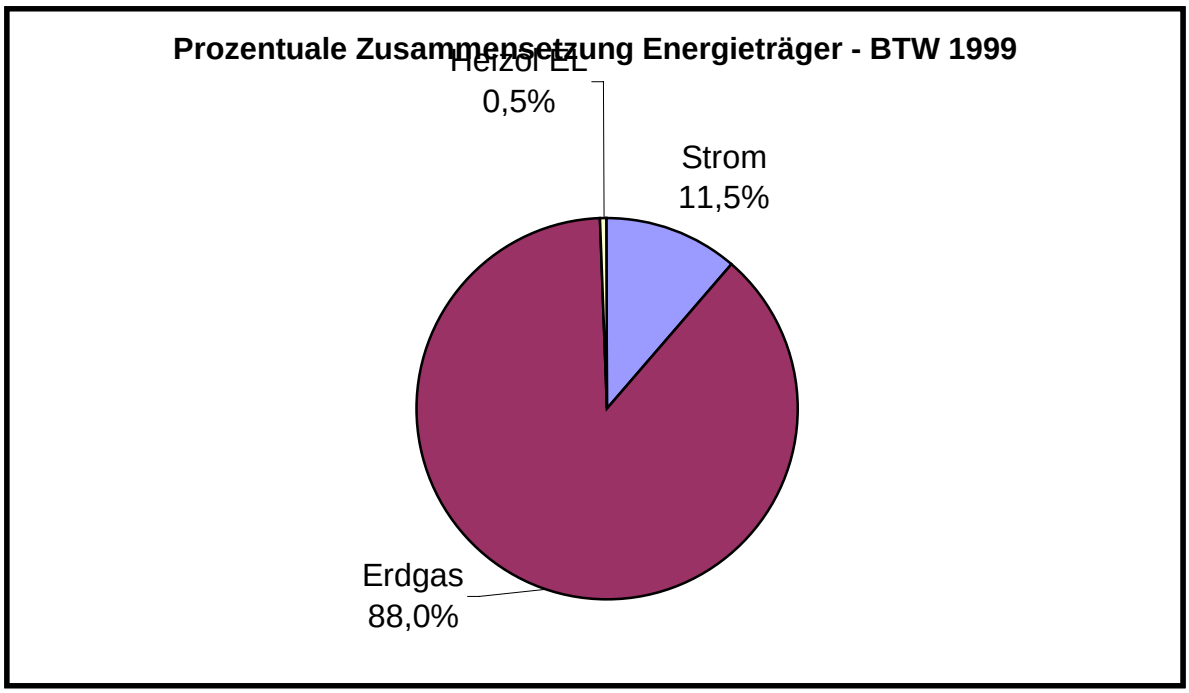


Abbildung 17 – Prozentuale Zusammensetzung Energieträger bei BTW 1999

Die wichtigsten Daten des Energiebedarfs des Vergleichsjahres 1999 sind nachfolgend dargestellt.

2.3.2.3.2 Strom

Die Firma ist mit dem Netz des Energieversorgers auf der Mittelspannungsebene verbunden. Der Transformator hat eine Leistung von 1.450 kVA. Der Gesamtstromverbrauch in 1999 betrug ca. 1.908 MWh. Die Verbrauchswerte wurden für die Bereiche Hochtarif (HT) und Niedertarif (NT) erfasst. Aufgliedert in diese beiden Bereiche zeigte sich der Verbrauch wie in Abbildung 18 dargestellt. Auch die elektrische Energie wird hier hauptsächlich von den Produktionsmaschinen verbraucht (siehe Abbildung 19).

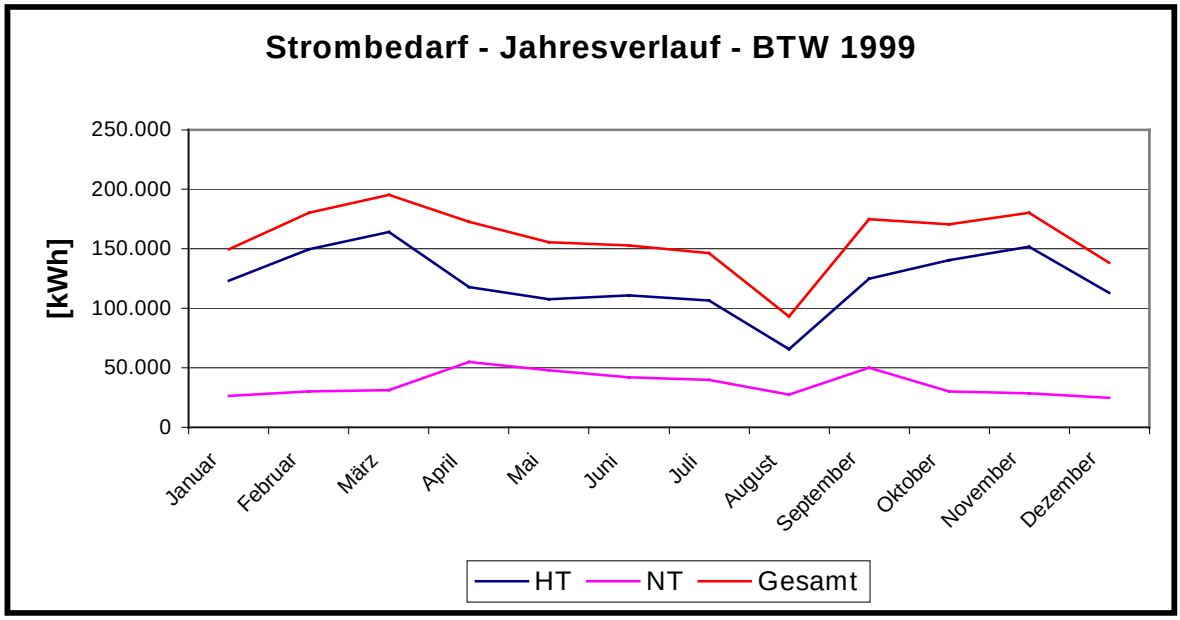


Abbildung 18 – Strombedarf – Jahresverlauf bei BTW 1999

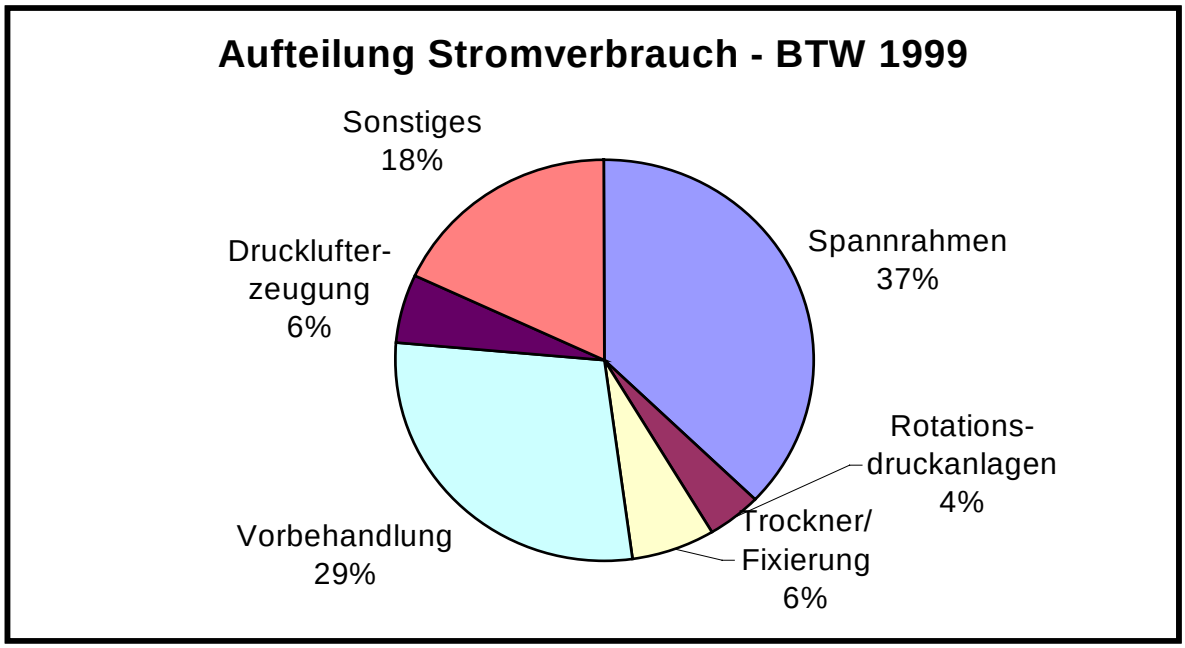


Abbildung 19 – Aufteilung Stromverbrauch bei BTW 1999

Der Bezug elektrischer Energie wird mit dem Stromlieferanten durch die bereitzustellenden, bzw. vorzuhaltende Leistung und die tatsächlich gelieferte Energiemenge abgerechnet. Beide Werte sind wichtige Beurteilungskriterien.

Der Leistunsbezug wurde wie bei Kufner HB beschrieben, ermittelt. Die Verrechnungsleistung der Jahre 1997 bis 1999 ist in Tabelle 4 ersichtlich.

Tabelle 4 - Verrechnungsleistung bei BTW 1997 bis 1999

	1997	1998	1999
Verrechnungsleistung [kW]	722	656	680

Summiert man alle elektrischen Verbraucher auf, ergibt dies eine Leistung in Höhe von 998 kW (Tabelle 5).

Tabelle 5– Leistung elektrischer Verbraucher - BTW

Verbraucher	Leistung [kW]
Druckmaschinen	270
Drucklufterzeuger	44,3
Dampfkessel	36
Frisch-/Abwasseraggregate	58,5
Rauhmaschine	40
Spannrahmen	240
Vorbehandlung	203
Sonstige	105,8
Instalierte Leistung gesamt	997,6

Da diese Maschinen nie alle gleichzeitig in Betrieb sind, ist die laut Stromabrechnung über den Zeitraum von drei Jahren gemittelte Höchstbezugsleistung in Höhe von 686 kW geringer. Für das Unternehmen ergibt sich ein Faktor in Höhe von 0,69.

2.3.2.3.3 Erdgas

Als Brennstoff kommt hauptsächlich Erdgas zum Einsatz. Der Erdgaslieferant liefert das benötigte Erdgas mit einem Lieferdruck von 1,4 bar in das Unternehmen. An der Gasübergabestation findet die druck- und temperaturkompensierte Messung der Erdgasbezugsmenge statt. Der Heizwert des Erdgases liegt bei H_u 9,3 kWh/m³. Seit mehreren Jahren ist der Erdgasbezug bereits über einen Abschaltvertrag geregelt. Bei Umstellung aufgrund des Abschaltvertrages wird für die Dampfkessel der Energieträger Heizöl EL eingesetzt.

Erdgas wird in den Dampfkesseln, dem Heizkessel, dem Thermoölkessel und den direkt beheizten Aggregaten (Spannrahmen) in Wärmeenergie umgewandelt. In 1999 wurden insgesamt 1.548.687 m³ verbraucht. Dies entspricht einer Energiemenge von 14.403 MWh.

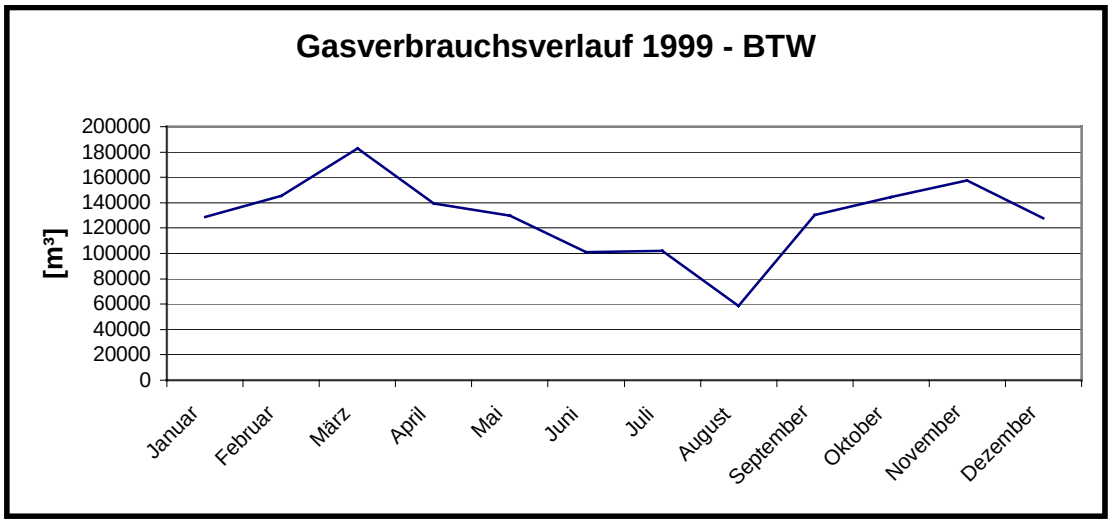


Abbildung 20 – Gasverbrauchsverlauf 1999 – BTW

2.3.2.3.4 Heizöl EL

Der Energieträger Heizöl-EL kommt zum Einsatz, wenn die mit dem Energieversorger vertraglich abgesicherte Abschaltvereinbarung greift. Finanzielle Vorteile des Erdgasbezuges rechtfertigen die Vorhaltung und die sporadische Verwendung von Heizöl EL.

Die Heizöl- EL Verbrauchsmenge wird nicht kontinuierlich im Verbrauch erfasst. Die Gesamtverbrauchsmenge in 1999 wurde mit 5780 Liter ermittelt, was einem Verbrauch in Höhe von 57,8 MWh/a entspricht (H_u = 10 kWh/l).

2.3.2.4 Energierelevante Anlagen und Energiebereiche

2.3.2.4.1 Beleuchtung

Die Beleuchtung der Gebäude erfolgt zum Großteil mit Leuchtstoffröhren. Diese Lampen zeichnen sich durch eine hohe Lichtausbeute, lange Lebensdauer und geringen Stromverbrauch aus. Die eingesetzten Leuchten sind alten Bautyps. Vor allem das konventionelle Vorschaltgerät führt bei häufigen Aus- und Einschaltvorgängen zu einer Nutzungdauerverkürzung und verursacht desweiteren einen hohen Leistungsbezug.

Nach Vermessung aller Gebäudeteile mit einem Luxmeter konnte, verglichen mit den vorgeschriebenen Sollwerten, keine Möglichkeit der Energieeinsparung aufgrund einer Überbe-

leuchtung festgestellt werden. Im Einzelnen sind in den Räumen der Firma BTW folgende, in Tabelle 6 ersichtliche Beleuchtungseinrichtungen installiert.

Tabelle 6 – Beleuchtungseinrichtungen BTW

Raum	Art der Beleuchtung	Anzahl	Tageslicht vorhanden?
Lager bei Treppe	2 x LSR, W58	7	Nein
Treppe WC	2 x LSR, W58	7	Nein
Elektrowerkstatt	2 x LSR, W58	7	Gering
Verweilstation	2 x LSR, W58	8	Nein
Schlosserei	2 x LSR, W58	10	Ja
Dämpferei	2 x LSR, W58	11	Ja
Rohlager	2 x LSR, W58	12	Ja
Abschlagrahmen	2 x LSR, W58	12	Nein
Schablonenlager	2 x LSR, W58	14	Ja
Rotation 2	2 x LSR, W58	16	Nein
Entschlichtung	2 x LSR, W58	17	Ja
Bleicherei	2 x LSR, W58	25	Ja
Rotation 1	2 x LSR, W58	26	Ja
Vorspannrahmen	2 x LSR, W58	26	Gering
Farbküche	2 x LSR, W58	30	Ja
Lager Keller	2 x LSR, W58	36	Ja
Versand	2 x LSR, W58	36	Ja
Flachdruck	2 x LSR, W58	40	Nein
Fertigspannrahmen	2 x LSR, W58	46	Nein
Waschmaschine	2 x LSR, W58	57	Ja
Summe		**443**	

Die Aufnahme der Beleuchtungskörper zeigt, dass insgesamt 443 Doppelstrang-W58 Leuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVG) ohne Reflektor in den Produktionsräumen installiert sind. Da bei diesen Lampen mit einer Lichtleistung von 58 Watt je Leuchtstoffröhre eine elektrische Bezugsleistung in Höhe von 70 Watt anzusetzen ist, ergibt sich eine gesamte elektrische Bezugsleistung für die Beleuchtungseinrichtungen in Höhe von 60 kW. Bei einer durchschnittlichen Benutzungsstundenzahl von 1.500 h/a, ergibt sich ein Energiebedarf in Höhe von ca. 90.000 kWh/a.

Neben diesen Leuchtstofflampen werden auch in verschiedenen Räumen Hochdruckquecksilberdampflampen eingesetzt. Diese Lampen sind für eine Punktbeleuchtung bei Rotation 1 und 2 und dem Flachdruck eingesetzt. Sie weisen eine elektrische Leistung von 400 W auf. Auch für diese Beleuchtungseinrichtungen werden pro Jahr 1.500 h Nutzungszeit angesetzt. Daraus ergibt sich ein Energiebedarf pro Jahr in Höhe von 4.200 kWh.

2.3.2.4.2 Lüftung und Beheizung

Es besteht ein hoher Bedarf an Trocknungs- und Verbrennungsluft in den Spannrahmentrocknern sowie am Flachdrucktrockner und den Rotationsanlagentrocknern. Diese Luft wird aus den Produktionshallen angesaugt. Über die Ablufteinrichtungen der Trocknungsaggregate wird die Abluft ins Freie geleitet. Die Abluftkanäle der Trocknungsaggregate Rotationsanlage 1 und 2, des Flachdrucktrockners und der Fixieranlage münden in einen gemeinsamen Entlüftungskanal. Die vermischte Abluft wird über einen Kamin ins Freie geführt. Ein Spannrahmen verfügt über eine Abluftwärmerückgewinnungsanlage in Form eines Wärmerades. Dieses ist heute wegen des für die einwandfreie Funktion notwendigen Wartungsaufwandes (Verschmutzung durch Fasern und Präparationen) nicht mehr in Gebrauch.

Die Belüftung der weit verzweigten Produktionshallen erfolgt ausschließlich passiv über Türen und Tore des Gebäudes. Eine Erwärmung der Zuluft durch Wärmetauscher ist nicht vorhanden. Eine Produktionshallenbeheizung ist nicht notwendig, weil die Wärmeabstrahlung der zum Einsatz kommenden Veredelungsaggregate und deren Abluftführungen zur Beheizung der Räume ausreichen.

Die Büroräume sowie vermietete Verkaufsräume werden mittels eines eigenen Heizkessels mit Warmwasser beheizt. Auf Grundlage der deutschen Haustypenmatrix und einem Wärmebedarf von 160 kWh/m² und Jahr für oberirdische Flächen ergibt sich rechnerisch jährlich ein Raumwärmebedarf von 25,6 MWh. Der Raumwärmeanteil am gesamten Energieverbrauch ist damit kleiner als 1%.

Die Aufteilung des Erdgas- und Heizöl EL-Verbrauchs zeigt Abbildung 21.

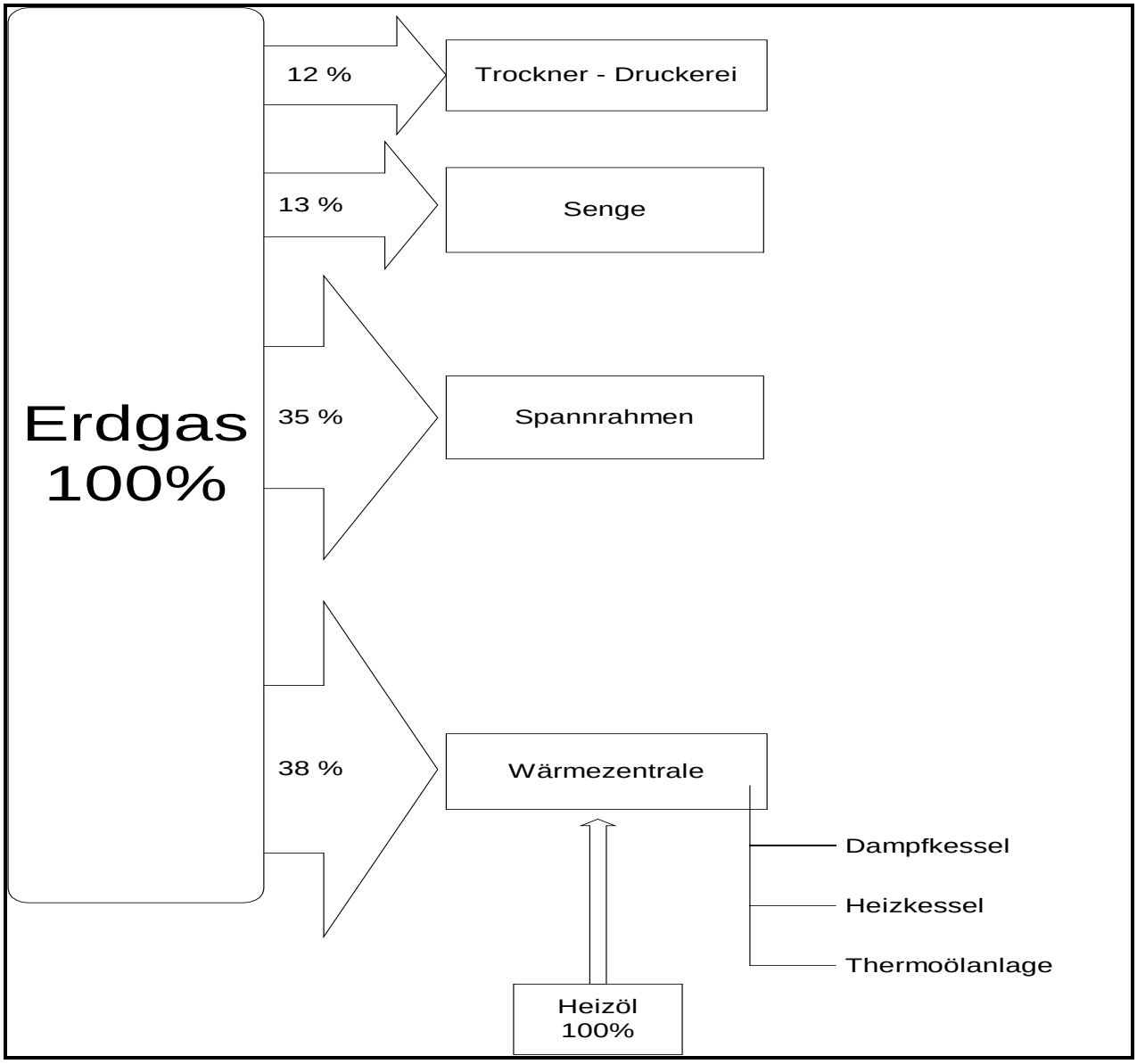


Abbildung 21 – Aufteilung des Erdgas-/Heizölverbrauchs – BTW 1999

2.3.2.4.3 Klimatisierung und Kühlung

Anlagen zur Raumklimatisierung sind nicht vorhanden. In den Produktionsprozessen sind keine Anlagen vorhanden die eine Kühlung erfordern.

2.3.2.4.4 Druckluftversorgung

Die Produktionshallen verfügen über ein zentral versorgtes Druckluftnetz. Die Druckluftleitung ist in einem Teil der Hallen als Ringleitung, DN 25, ausgebildet. Die Verdichter (Schraubenkompressoren) stehen in einer Druckluftzentrale, die sich ca. 100 m entfernt vom ersten Verbraucher befindet. Das Netz wurde zu Beginn des Projektes mit 10 bar und seit Durchführung der Druckluftbedarfsanalyse mit 7 bar, betrieben.

Für die Druckerzeugung stehen zwei Druckluftverdichter (Schraubenkompressoren) mit insgesamt 44 kW elektrischer Leistung zur Verfügung (Tabelle 7).

Tabelle 7 – Kompressordaten BTW

Kompressor	1	2
Elektrische Leistung [kW]	24	20
Luftleistung [m³/min]	2,8	1,95
Theoretische Volllaststunden [h/a]	3.080	1.760
Betriebsstunden [h/a]	4.680	3.120
Ausnutzungsgrad [%]	65	56

Die Kompressoren werden automatisch, in Abhängigkeit des Versorgungsdruckes, zu- oder abgeschaltet. Eine zentrale Steuerung sorgt dafür dass je nach Tageszeit der größere oder der kleinere der Kompressoren mittels Vorrangschaltung die Grundlast bereit stellt. Den Kompressoren nachgeschaltet steht ein Druckbehälter als Pufferspeicher mit einem Volumen von 1.000 l zur Verfügung. Die Druckluft wird für Pressen, pneumatische Steuerungen und zu Reinigungszwecken verwendet.

2.3.2.4.5 Prozesswärme-/Dampferzeugung

Das Unternehmen verfügt über zwei Dampfkessel. Die Dampfkessel besitzen die in Tabelle 8 ersichtlichen Kennwerte.

Tabelle 8 – Kennwerte Dampfkessel BTW

	Dampfkessel 1	Dampfkessel 2
Dampfleistung max.	5 t/h	2 t/h
Dampfdruck max.	8 bar	8 bar
Betriebsdampfdruck	4 bar	4 bar

Die Dampfkessel sind je mit einer zweistufigen Wärmerückgewinnungsanlage für das Abgas ausgerüstet. Die Wärmerückgewinnungsanlage von Dampfkessel 1 dient zur Erwärmung des Kesselspeisewassers. Die Wärmerückgewinnung des zweiten Dampfkessels kann Warmwasser erzeugen. Wegen der geringen Jahresbetriebsstunden des Kessels 2 (der Kessel dient nur zum Abfahren der Spitzenlasten) und der notwendig werdenden langen Leitungsführung zu den Verbrauchern, wurde von einer Realisierung zur Warmwassererzeugung bislang abgesehen.

Die Betriebsstunden von Dampfkessel 1 betrug in 1999 ca. 1.980 h. Der Energieverbrauch an den beiden Dampfkesseln konnte nicht erfasst werden. Es wurde deshalb der Erdgasverbrauch nach den betriebstechnischen Gegebenheiten abgeschätzt und aufgeteilt. Unter dieser Annahme ist von einer Auslastung von Dampfkessel 1 von 50% und bei Dampfkessel 2 von ca. 10% auszugehen.

Für die Beheizung der Büro- und Produktionsräume wird in den Wintermonaten ein separater Heizkessel eingesetzt. Eine Abgaswärmerückgewinnungsanlage ist nicht existent. Die Heizkörper werden mittels Warmwasser gespeist.

Thermoölkessel

Zum Beheizen eines Fixieraggregates dient eine Thermoölheizung (Indirektbeheizung mit Thermoöl). Die im Abgasstrom installierte Wärmerückgewinnungsanlage erwärmt das Warmwasser für die Entschlichtungs- und Bleichanlage (Schema siehe Abbildung 22).

2.3.2.4.6 Produktionsmaschinen

Vorbehandlungsmaschinen

Aufgrund der sehr aufwendigen Vorbehandlung von Druckwaren, verfügt das Unternehmen über umfangreiche „Vorbehandlungsmaschinen“. Dazu zählen die Senge, Entschlichtung, Bleiche, Mercerisiermaschine und Waschmaschine. Alle Maschinen sind besonders energieintensiv.

Senge

Die Senge ist mit zwei offenen Gasbrennern ausgestattet. Das zu sengende Textil wird an den Flammen vorbeigeführt und die abstehenden feinen Härchen dabei abgebrannt (abgesengt). Das Kühlwasser der Brenner wird im anschließenden Löschtrog zum Benetzen der Ware verwendet.

Entschlichtungsanlage und Bleichanlage

Die Abwassermengen der Entschlichtungsanlage sowie der Bleichanlage werden einem zentralen Wärmerückgewinnungsaggregat (Spiralwärmetauscher – Schema siehe Abbildung 22) zugeführt. Die Abwassergesamtmenge beträgt 7 m³/h bei einer Jahresstundenzahl von 1.540 h und einer Temperatur von 60°C. Das erwärmte Frischwasser wird anschließend über die Wärmerückgewinnung des Thermoölkessels geführt, dort weiter erwärmt und der Bleiche sowie der Entschlichtungsanlage zugeleitet. Unmittelbar in den Aggregaten wird das erwärmte Frischwasser mittels Dampf auf die Prozesstemperatur von bis zu 95°C weiter erwärmt.

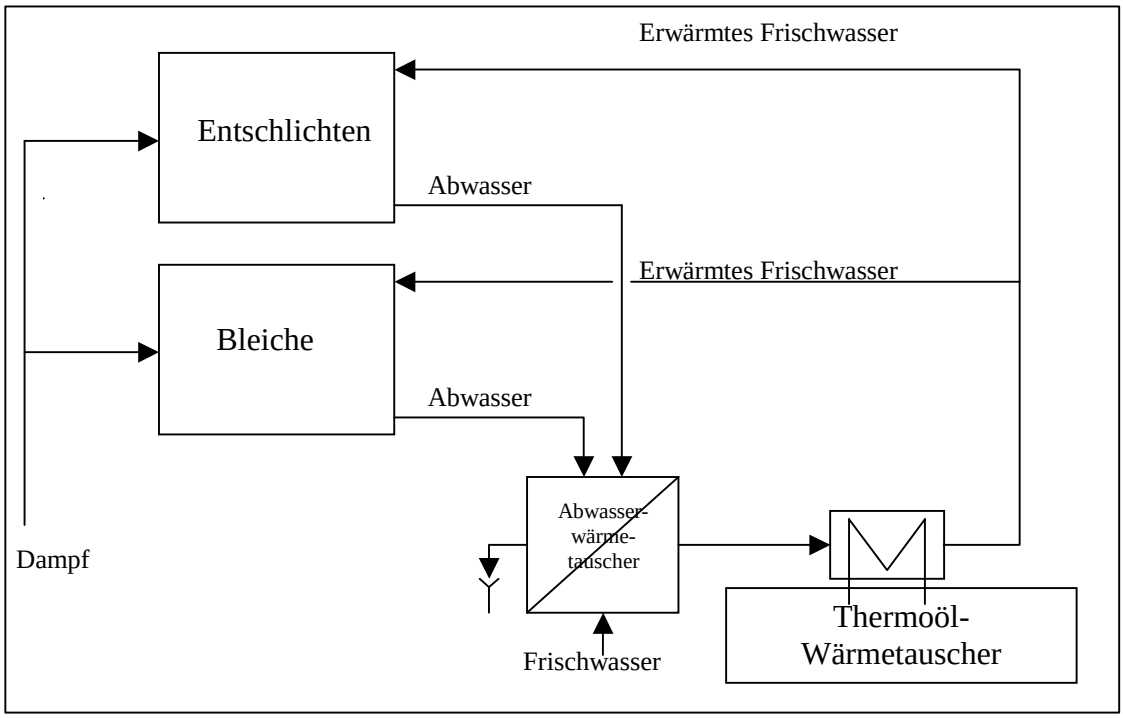


Abbildung 22 – Schema Wärmetauscher Entschlichtung/Bleiche

Die heute pro Jahr zurückgewonnene Wärmemenge beträgt 185.500 kWh.

Mercerisiermaschine

Die Mercerisiermaschine besteht aus dem Mercerisierabteil sowie einer nachgeschalteten Auswaschanlage. Die Auswaschanlage wird kaskadenmäßig vom Frischwasser durchströmt. Das Abwasser wird über einen Plattenwärmetauscher geführt. Im Gegenstrom gelangt Frischwasser (kalt) in den Plattenwärmetauscher und erwärmt sich. Im nachfolgenden Dampfwärmetauscher wird das erwärmte Frischwasser auf die gewünschte Badtemperatur von ca. 95°C weiter erwärmt. Pro Stunde werden 5 m³ Frischwasser benötigt.

Waschmaschine

Die aus sechs Waschabteilen (Kaskadenführung) bestehende Waschmaschine wird zum Auswaschen der gefärbten Waren, zur Rohgewebewäsche und zur Nachwäsche eingesetzt. Die Waschtemperatur beträgt 95°C (Ausnahme: Auswaschen von Farbware – hier in den ersten Abteilen 50°C). Das Abwasser (95°C) wird über einen Drehscheibenfilter einem Plattenwärmetauscher zugeführt. Im Gegenstrom gelangt Frischwasser durch die Wärmerückgewinnung und wird aufgewärmt. Mittels nachgeschaltetem Dampfwärmetauscher wird das Frischwasser auf die gewünschte Badtemperatur (95°C) weiter aufgeheizt. Der Wasserverbrauch der Anlage beträgt 5 m³.

Pumpen

Das im Unternehmen benötigte Produktionswasser wird durch eigene Pumpen aus dem nahegelegenen See gefördert. Das Abwasser wird in einem Sammelbecken zur Reduzierung von Geruchsemissionen belüftet und mittels einer Pumpe gezielt dem kommunalen Sammler zugeführt. Insgesamt steht eine Pumpen- und Lüfterleistung von 59 kW zur Verfügung.

Spannrahmen

Für die Trocknung von vorbehandelter Druckware und für die Endausrüstung (Hochtemperaturvorgänge) steht je ein direkt mit Erdgas beheizter Spannrahmen (Baujahr 1971 und 1974) zur Verfügung.

Trocknungsaggregate von Druckmaschinen

Um die unterschiedlichsten Kundenanforderungen für Druckware erfüllen zu können, kommen im Unternehmen der Rotationsdruck und das Flachdruckverfahren zum Einsatz. Mit den Druckvorrichtungen der Rotationsdruckmaschinen kann der Stoff mit bis zu 12 Druckschablonen bedruckt werden. Beim Flachdruck kommen bis zu 10 Flachschablonen zum Einsatz. Die Trocknungsaggregate sind aus den Baujahren 1971, 1972 und 1979. Sie werden direkt mit Erdgas beheizt.

Heißluftfixiermaschine

In der mit Thermoöl beheizten Heißluftfixiermaschine werden die z.B. in den Rotationsdruckmaschinen aufgedruckten Pigmentfarbstoffe fixiert.

Wärmerückgewinnungsanlagen

Dezentral installiert befinden sich mehrere Wärmerückgewinnungsanlagen im Betrieb. Dies sind im Bereich des Abgases der Dampfkessel 1 und 2 sowie beim Thermoölkessel. Im Bereich des Abwassers ist dezentral für die Waschmaschine und für die Mercerisieranlage ein Plattenwärmetauscher vorhanden. Die Entschlichtung und die Waschmaschine verfügen über eine gemeinsame WRG (Abbildung 22).

2.3.2.5 Energiebedingte CO_2-Emissionen

In Abbildung 23 sind die energiebedingten CO_2-Emissionen der Firma Kufner HB in 1999 dargestellt. Die strombedingten CO_2-Emissionen wurden aus den Daten von GEMIS für den bundesdeutschen Kraftwerksmix errechnet.

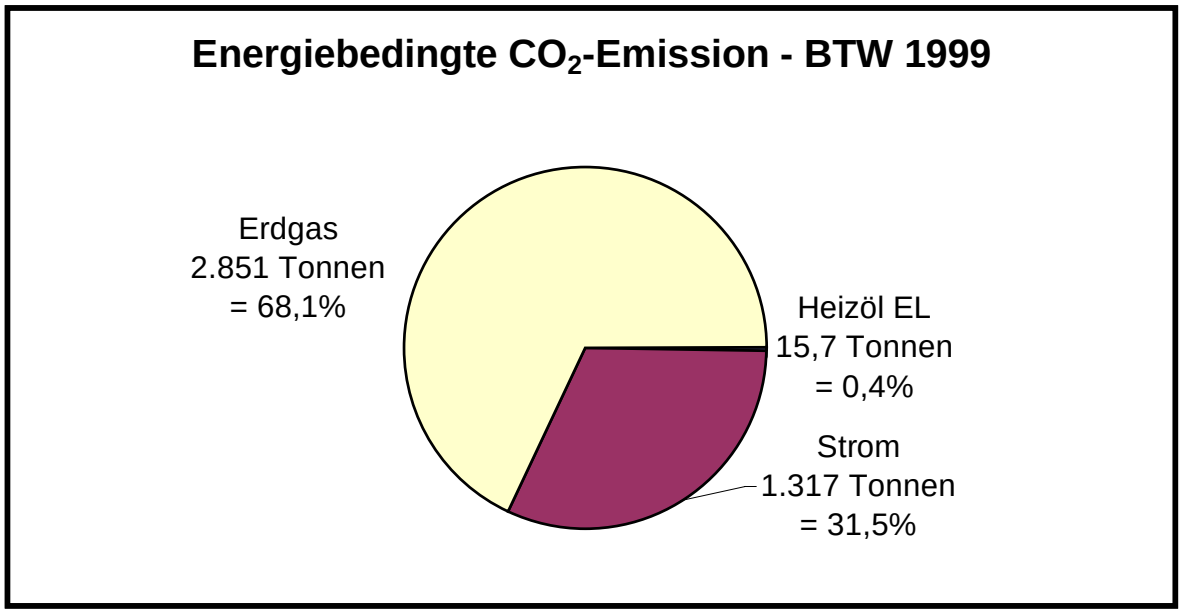


Abbildung 23 - Energiebedingte CO_2-Emissionen 1999 – BTW

3 Messprogramm und Kennzahlenermittlung

3.1 Zielsetzung

Die Energieverbrauchsstruktur der Anlagen wurde mittels gezielt durchgeführter Messungen erfasst. Dabei wurden anhand der Ergebnisse der Vorerhebung diejenigen Anlagen ausgewählt, die einen hohen Energieverbrauch haben oder bei denen eine hohe Einsparmenge vermutet wurde. Die dabei gewonnenen Daten dienen zur Ermittlung von Energiesparpotenzialen.

3.2 Messkonzept, Messwerterfassung

Zur Erfassung und Bewertung des Energieeinsatzes wurden die zugeführten Energiemengen an den Hauptzählern der Unternehmen (Erdgas und Strom) und soweit möglich, an einzelnen Aggregaten gemessen. Für den Bereich der Nassveredelungsmaschinen, welche Warmwasser als Produktionsmedium nutzen, wurden teilweise Zählerangaben und teilweise Angaben der Anlagenhersteller benützt. Insbesondere Stromhauptverbraucher wurden im Hinblick auf Leistungsschwankungen erfasst.

Abwärmeseitig wurden bei beiden Betrieben vor allem die Bereiche der Abluft (Trocknungs-/Beschichtungsaggregate und Dampf-/Thermoölkessel) sowie des Abwassers (Vorbehandlung, Färberei) betrachtet.

3.2.1 Druckluft

Für die Erfassung der Betriebszustände im Druckluftbereich kam eine sogenannte „Comp-Analyse-Station“ zur Anwendung. Diese wurde in das Stromnetz, unmittelbar vor den Kompressoren eingebaut. Die Analyse wurde jeweils über einen Zeitraum von zehn Tagen betrieben. Das Messgerät registriert minütlich, ob sich der Kompressor im Ruhe- oder Betriebszustand befindet. Jeweils 15 einzelne Minutenwerte ergeben eine Durchschnittsleistung über einen 15-Minutenzeitraum.

Im Ergebnis wird der Tageslastgang einzelner, oder zusammengefasst aller Kompressoren, graphisch dargestellt. Erkennbar sind bei Ruhezeiten (Betriebsstillstand) die Leckagemengen des Druckluftnetzes und der Verbraucher.

3.2.2 Licht

Die Beleuchtungseinrichtungen der Firmen wurden in einer Begehung mit deren Alter, Art des Vorschaltgerätes, Reparaturintervallen und elektrischer Anschlussleistung detailliert erfasst. Die Messungen wurden am Abend und Morgen ohne Sonnenlichteinwirkung unter Berücksichtigung der notwendigen Einbrennzeit[1] der Beleuchtungsanlagen durchgeführt.

Zur Grundlagenermittlung des jeweilig vorliegenden Beleuchtungsstandards wurde eine Ausmessung der relevanten Gebäudeteile vorgenommen. In einzelnen Bereichen wurde im Rahmen einer Differenzmessung mit einem Luxmeter die Beleuchtungsstärke ausgemessen. Es sollten hierbei im Unternehmen Bereiche mit Überleuchtung ermittelt werden.

3.2.3 Strom

Zur Datenerfassung wurden Messgeräte der Projektteilnehmer verwendet. Die Messgeräte dienen zur Verbrauchsüberwachung und Laststeuerung des gesamten elektrischen Netzes. Dazu werden Impulse benutzt, die von einem Elektrizitätszähler (Geberzähler) verbrauchsproporzional abgegeben werden. Die kWh-Impulse werden in einem Zähler erfasst und dessen Zählerstand bei Ende jeder Messperiode je nach eingegebener Zeitperiode in kW umgerechnet. Da eine Abrechnung mit dem Energieversorger nach einer Viertelstundenwertmessung erfolgt, sind die Messgeräte auf diese Periode eingestellt. Um den jeweiligen Stromverbrauch nach Hochtarifzeiten (HT) und Niedertarifzeiten (NT) unterschiedlich darstellen zu können, können die Messgeräte per Umschaltsignal die Leistung und Energie nach Tarif 1 (HT) und Tarif 2 (NT) unterschiedlich aufzeichnen und darstellen. Allerdings ist in den neuen seit 1998 gültigen Stromlieferungsverträgen eine Unterscheidung zwischen HT und NT bei einem Projektpartner nicht mehr gegeben.

Die bei den Messungen ermittelten Zahlen (Gesamtverbrauch) werden verwendet für:

a) Berechnung des Leistungsmittelwertes
b) Höchstwertvergleich

Es findet ein Höchstwertvergleich mit einem der 24 Höchstwertspeicher (12 Speicher für Tarif 1, 12 Speicher für Tarif 2) statt. Jedem erfassten Monat sind 2 Höchstwerte zuzuweisen, so dass der HW-Vergleich immer für die Dauer eines Monats mit dem selben Speicher durchgeführt wird. Wird die Übernahme des gespeicherten Höchstwertes vorgenommen, erfolgt zugleich die Abspeicherung des Tages und der Uhrzeit, um bei einer Auflistung eine genaue Zeitzuordnung des aufgetretenen Höchstwertes zu haben.

3.2.4 Abwasser

Der Abwasservolumenstrom wurde bei kontinuierlichen Prozessen über Durchflusszähler ermittelt. Zudem wurde die Temperatur des Abwassers bestimmt. Bei diskontinuierlich stattfindenden Prozessen (z.B. Färbebaum) wurde auf Herstellerangaben und auf die zur Anwendung kommenden Veredelungsprozesse abgestellt und die Verbrauchsmengen berechnet. Dies gilt auch für die Temperaturen, bzw. die Temperaturverläufe während der Färbezyklen. Die rechnerisch ermittelten Daten wurden mittels Plausibilitätsbetrachtungen überprüft.

3.2.5 Abluft

Das Messprogramm wurde so ausgelegt, dass die Abwärme und andere Parameter aller abluftrelevanten Anlagen erfasst werden konnten. Die Messungen wurden vorgenommen an Einzellagen sowie auch an Abluftsammelleitungen. Das Ergebnis soll einerseits Aufschluss geben welche Energiemengen von den einzelnen Anlagen ausgehen und wie sich die Energiemenge bei Sammelleitungen darstellt sowie welche möglichen Einspar- und Wärmerückgewinnungsmengen vorliegen.

Folgende Parameter wurden über das Messprogramm erfasst:

⇒ Temperatur:	Thermometer Pt 100, Messbereich –200°C bis +1.300°C
⇒ Luftdruck:	Digitalbarometer, Messgenauigkeit ± 1 hPa
⇒ Strömungsgeschwindigkeit:	Prandtl´sches Staurohr in Verbindung mit nachfolgendem Mikromanometer, Messbereich 1,8 bis 76 m/s bei 0 bis 3.500 hPa
⇒ Abgasfeuchte:	Psychrometrisches Verfahren (T = < 90°C) sowie Adsorption an Blaugel mit nachfolgender gravimetrischer Bestimmung (T = > 90°C)
⇒ Methan:	Flammen-Ionisations-Detektor

Zur Volumenbestimmung werden neben den Maßen der Abluftkamine, die Ablufttemperatur, der Luftdruck, die Abgasfeuchte sowie die Abgasströmungsgeschwindigkeit benötigt. Die Abgasfeuchte [g/kg] ist darüber hinaus wichtig zur Bestimmung des zur Verfügung stehenden Wärmepotenziales in der Abluft. Je höher der Wasserdampfgehalt in der Abluft ist, um so mehr Energie kann theoretisch aus der Abluft zurückgewonnen werden.

Beispiel
Um 1 kg Wasser von 14,5 auf 15,5°C zu erwärmen werden 4,19 kJ benötigt. Um 1 kg Wasser bei 100°C und 1.013,3 hPa zu verdampfen werden mehr als 2.256,9 kJ benötigt (Verdampfungsenthalpie). D.h. umgekehrt, bei der Abkühlung der Luft werden bei Unterschreitung des Kondensationspunktes sehr grosse Energiemengen frei.

Die Erfassung der Methanemission (nur bei direkt beheizten Trocknungsaggregaten) wurde vorgenommen um den Anteil an unverbranntem Gas feststellen zu können. Das Ergebnis lässt Rückschlüsse auf den Zustand und die Einstellung der Brenner einerseits und den Verlust an unverbranntem Erdgas andererseits zu.

In Verbindung mit den tatsächlich erfassten Produktionsprozessen wurden auch die eigentlichen Produktionszahlen (produzierte Menge, etc.) erfasst und das Luft-Waren-Verhältnis (benötigtes Luftvolumen in m³ pro kg veredelte Ware) gebildet. Dies ermöglicht die Vornahme der Auswertung über das errechnete LWV.

3.3 Durchführung

3.3.1 Koordination

Die Koordination des Messprogrammes erfolgte durch die EnviroTex GmbH in enger Abstimmung mit den Unterauftragnehmern, den beteiligten Unternehmen sowie dem Bayerischen Landesamt für Umweltschutz.

3.3.2 Zeitplan

Messprogramm und Datenaufnahme wurde im Zeitraum von Januar 2000 bis Mai 2000 durchgeführt.

In diesem Zeitraum wurden die Messdaten zum Teil kontinuierlich (Strom) und zeitparallel im Viertelstundenintervall aufgenommen, gespeichert und ausgedruckt. Die Messdaten der Druckluftkompressoren wurden über einen Zeitraum von zehn Tagen, ebenfalls kontinuierlich, im minütlichen Takt aufgenommen und gespeichert.

Die Daten der Abluft wurden diskontinuierlich (Einzelmessung) und kontinuierlich (Zeitraum ca. 1 h) und unter Registrierung der jeweiligen Prozessparameter, aufgenommen. Die zur weiteren Berechnung verwendeten Messwerte sind Mittelwerte aus einer Reihe von Einzelmessungen und von kontinuierlich erfolgten Messungen.

3.4 Aufbereitung der Daten

Zur Auswertung und Analyse der Daten wurde im Bereich Druckluft sowie elektrische Energie (Strom) eine speziell entwickelte Software verwendet. Für den Bereich Abluft erfolgte die Auswertung nach den geltenden Richtlinien für Emissionsmessungen. Andere Auswertungen waren spezifisch auf die Unternehmen zugeschnitten.

Die Messwerte des Messprogrammes liegen für Teilbereiche im Datenspeicher, für andere Bereiche in Messstreifenform sowie in handschriftlichen Aufzeichnungen vor.

3.5 Messergebnisse und deren Auswertung

3.5.1 Messungen Kufner HB

3.5.1.1 Druckluft

Die Erzeugung von Druckluft mit derzeit ca. 4% Anteil am gesamten Verbrauch elektrischer Energie spielt eine eher untergeordnete Rolle. Der gemessene Luftverbrauch beträgt ca. 10 m³/min, wovon ca. 3,5 m³/min nach der vor beschriebenen Methode als Verlust ermittelt wurde. Die ermittelte Gesamtlast über alle aufgenommenen Kompressoren ist in Abbildung 24 ersichtlich. Der Druck im Druckluftnetz beträgt 8 bar.

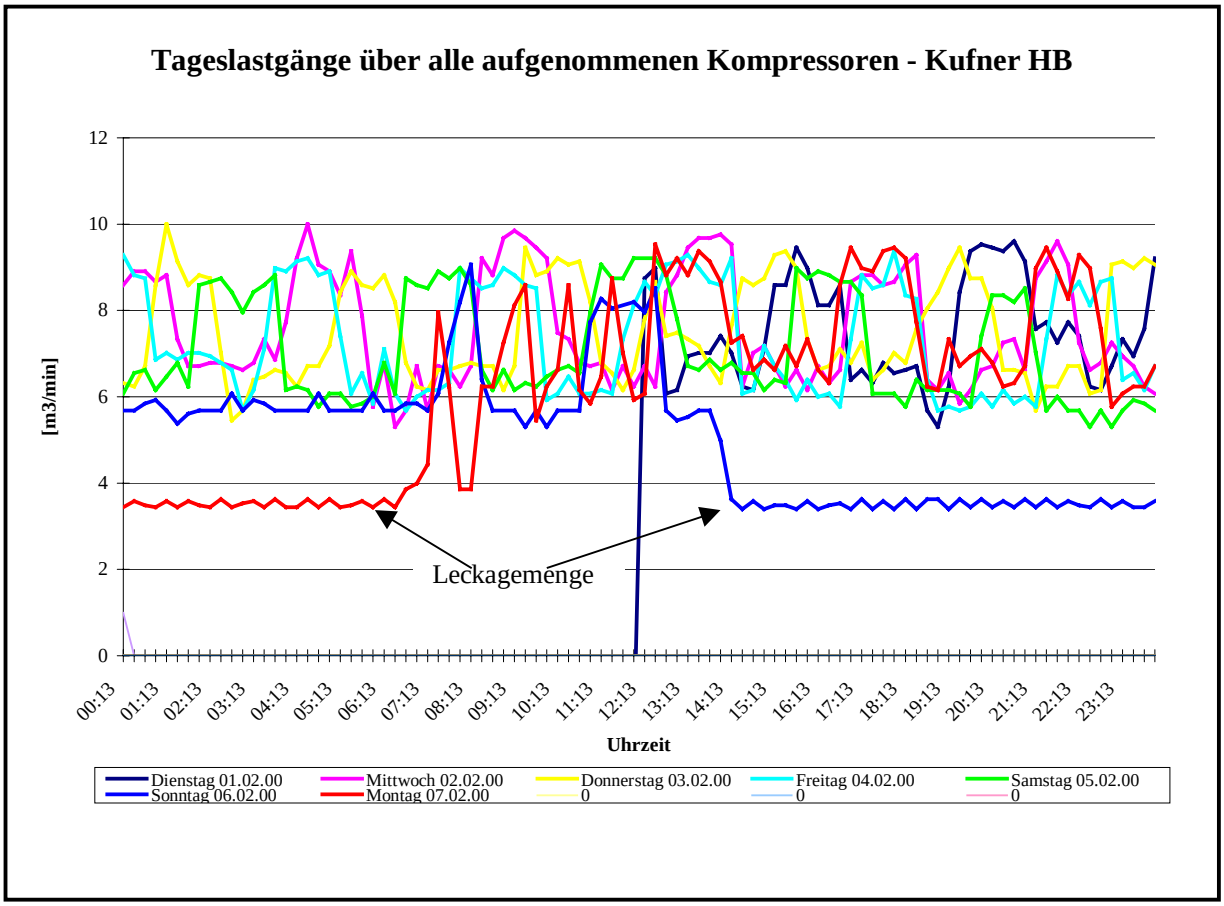


Abbildung 24 – Tageslastgänge über alle aufgenommenen Kompressoren – Kufner HB

Durch den Leckageanteil ergibt sich ein errechneter Verlustanteil von 202.356 kWh/a. Durch die Verringerung der Leckageverluste sollten sich realistisch die Leckageverluste auf unter 10% der gesamten Drucklufterzeugung verringern. Die Leckagen sind im Bereich der Leitungen und vor allem an den Verbrauchern selbst (z.B. Sperrluft an Kugellagern) zu finden.

Als Kältetrockner wird ein Heißgas-Bypass geregelter Trockner eingesetzt.

3.5.1.2 Strom

Licht

Jede Leuchtstoffröhre benötigt 70 Watt elektrische Leistung. Dies führt für alle Beleuchtungskörper zusammen zu einem elektrischen Leistungsbedarf in Höhe von 76,5 kW. Bei einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 6.000 h/a beträgt der Verbrauch an elektrischer Energie 459.000 kWh, was einem Anteil von 8,6% am gesamten Stromverbrauch entspricht. Dieser hohe Anteil resultiert aus dem Vierschichtbetrieb und den Räumen ohne Tageslichtbeleuchtung.

Elektrische Energie

Die Tageslastgänge des elektrischen Gesamtstrombezuges der Firma Kufner HB wurden mit Hilfe von Viertelstundenmessungen ermittelt. Die Datenaufnahme erfolgte mit der Messeinrichtung VP 9630M, die zu Dauermessungen in dem Betrieb installiert wurde.

Das Gerät dient sowohl zur Verbrauchsüberwachung als auch zur Regulierung und Nivellierung des Stromleistungsbezuges. Dazu werden von einem Zählwerk abgegebene verbrauchsproporzionale Impulse erfasst. Diese Viertelstundenwerte werden in ein rechnergestütztes Simulationsprogramm eingegeben und daraus sogenannte typische Tageslastgänge ermittelt. Da nicht davon auszugehen ist, dass im Strombereich eine erkennbare Schwankung zwischen den Jahreszeiten erfolgen wird, können die typischen Tage des erfassten Zeitraums auf das gesamte Jahr umgelegt werden.

Gesamttageslastgang

Abbildung 25 und Abbildung 26 geben einen Überblick der auf Grundlage des Messprogrammes entwickelten Tageslastgänge[I] für zwei typische Arbeitstage wieder. Die elektrische Leistungsaufnahme pro Stunde wird im Verhältnis zum Tagesspitzenwert dargestellt. Arbeitsfreie Tage wie Feiertage oder Sonntage werden nicht dargestellt. In der zusammenfassenden Grafik der Jahresdauerlinie (Abbildung 27) sind sie allerdings enthalten.

[I] Ermittelt mit dem Simulationsprogramm GOMBRIS

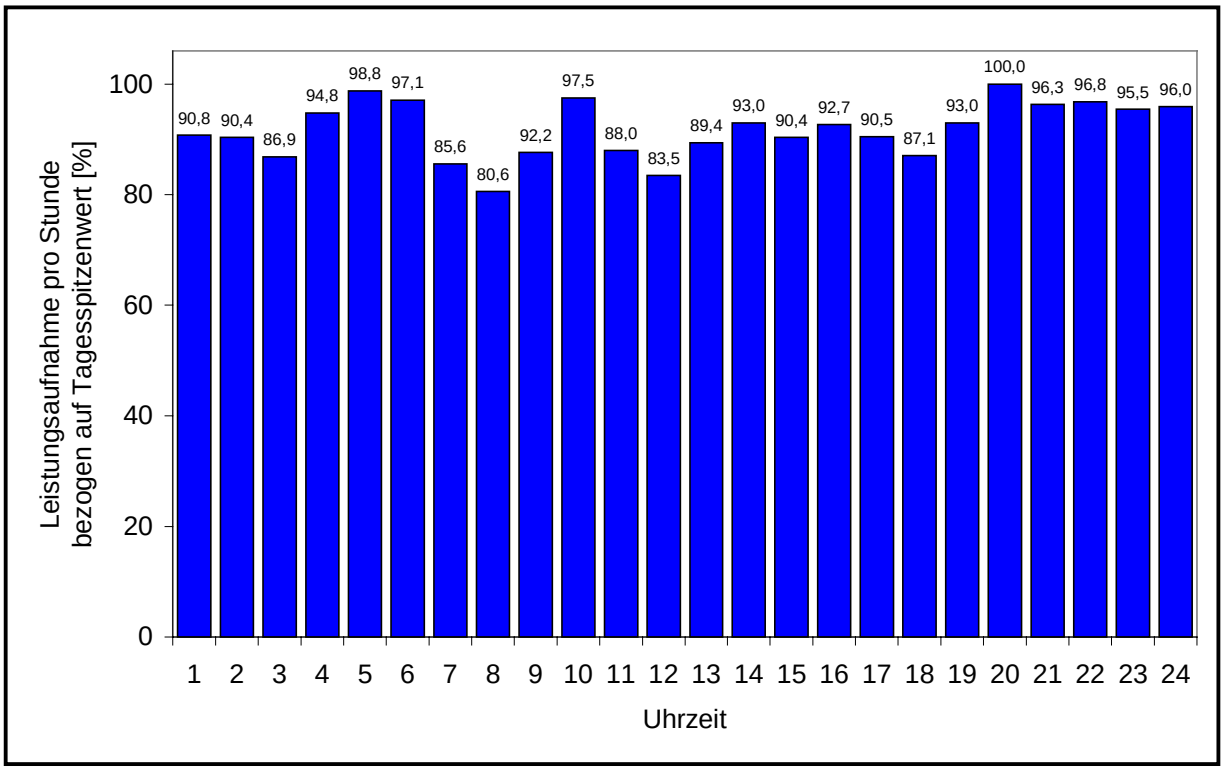


Abbildung 25 - Tageslastgang Strom typischer Werktag 1 - Kufner HB

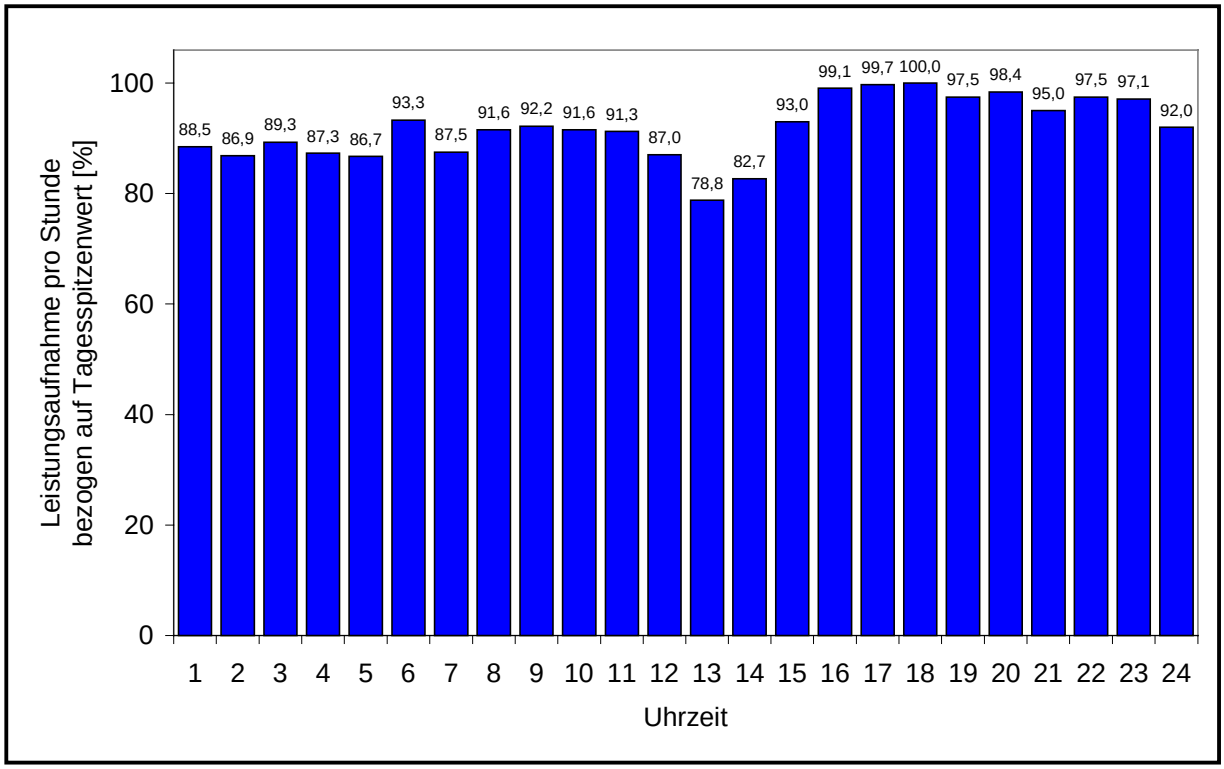


Abbildung 26 - Tageslastgang Strom typischer Werktag 2 - Kufner HB

Werktag 1 und 2 unterscheiden sich durch eine leicht verschobene Spitzenleistung. Beide Spitzenwerte liegen allerdings am frühen Abend. Man erkennt anhand dieser Auswertungen den nahezu gleichbleibenden Lastgangverlauf während eines Arbeitstages. Eine weitere Vergleichmäßigung der Leistungsbezüge ist nahezu nicht mehr möglich.

Jahresdauerlinie Strom

Aufbauend auf den erfassten Stundenwerten wird über den Zwischenschritt der zu Stundenwerten zusammengefassten Tageslastgänge die sogenannte Jahresdauerlinie (Abbildung 27) ermittelt. Sie stellt die absteigend geordneten Verbrauchswerte je Stunde dar und zeigt auf, welche Bezugscharakteristik vorliegt. Falls die elektrische Energie als Führungsgröße für eine mögliche Kraft-Wärme-Kopplungsanlage herangezogen wird, kann die Jahresdauerlinie auch als Auslegungsgrundlage dienen. Da allerdings meistens der Wärmebedarf als Führungsgröße dient, kann die Jahresdauerlinie des Stromes den Anteil des verdrängten Stromes darstellen.

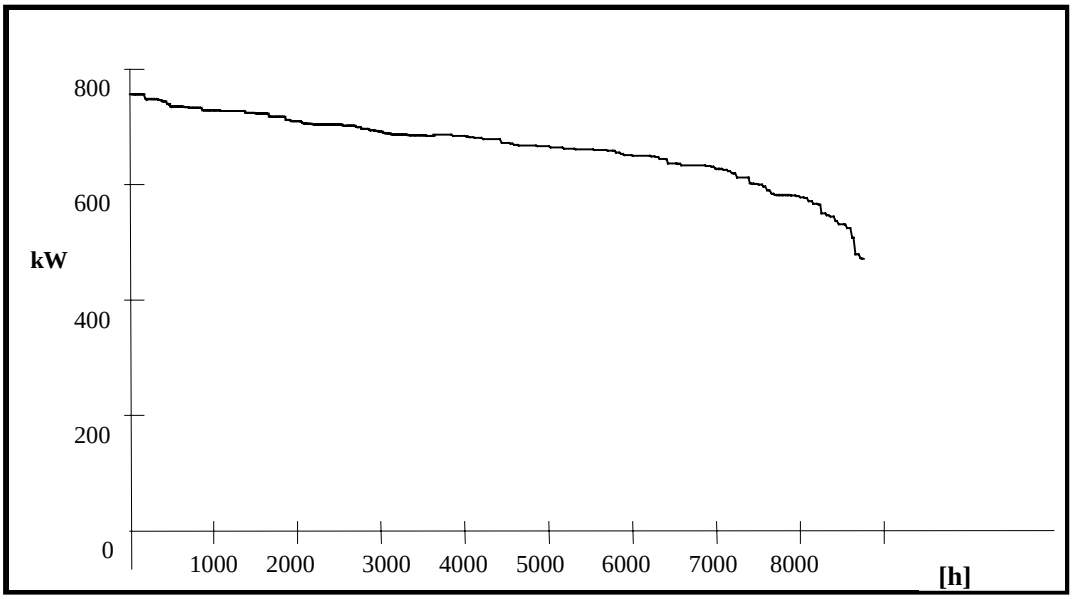


Abbildung 27 - Jahresdauerlinie Strom - Kufner HB

Auch die Jahresdauerlinie zeigt deutlich, dass der elektrische Bezug des Unternehmens sehr gleichmäßig über die Woche verteilt stattfindet. Da aufgrund des vorwiegend produktionsbedingten Energieverbrauchs von einer saisonal schwankenden Energienachfrage nicht auszugehen ist, kann die Jahresdauerlinie auf diese Weise dargestellt werden, auch wenn die Messdatenerfassung auf Winter und Frühjahr beschränkt wurden.

Lastmanagement

Ein Lastmanagement wird nicht durchgeführt. Die technischen Voraussetzungen sind jedoch vorhanden.

3.5.1.3 Abwärme aus Abwasser

Warmes Abwasser fällt kontinuierlich in Form von erwärmtem Kühlwasser und diskontinuierlich im Bereich der Färberei an. Die Temperaturverläufe in den Färbeaggregaten sind sich stark unterschiedlich. Abbildung 28 bis Abbildung 31 zeigen beispielhaft den Temperaturverlauf einzelner Färbeaggregate auf.

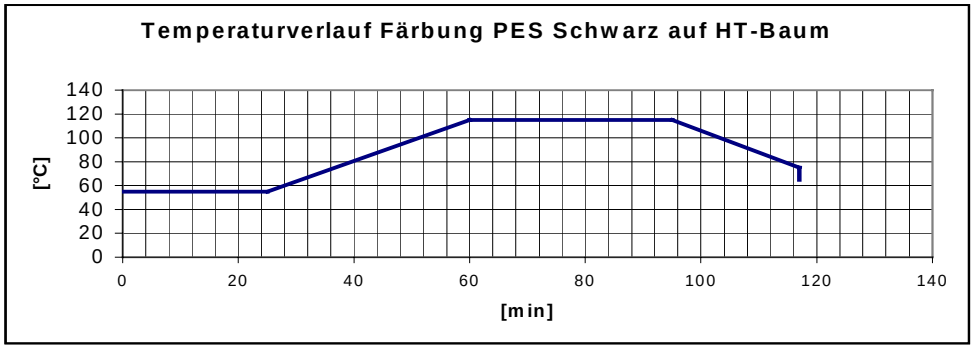


Abbildung 28 – Temperaturverlauf Färbung PES „Schwarz“ auf HT-Baum

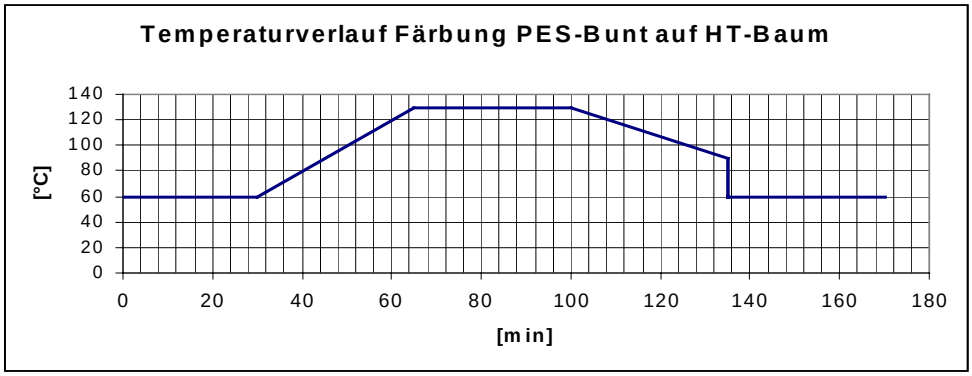


Abbildung 29 – Temperaturverlauf Färbung PES „Bunt“ auf HT-Baum

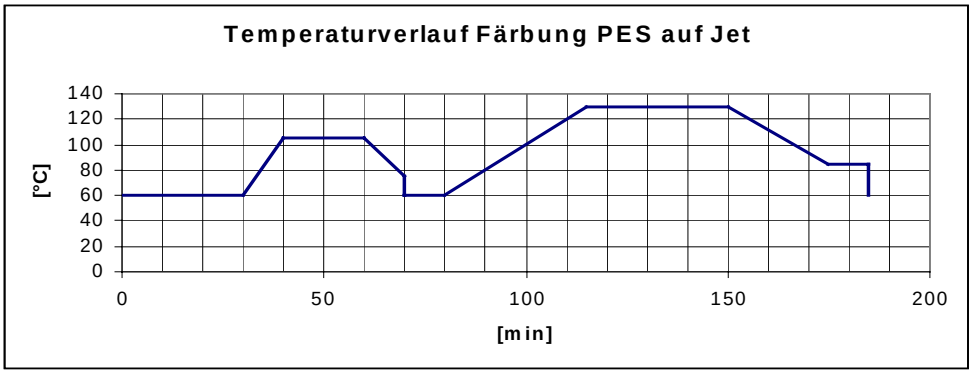


Abbildung 30 – Temperaturverlauf Färbung PES auf Jet

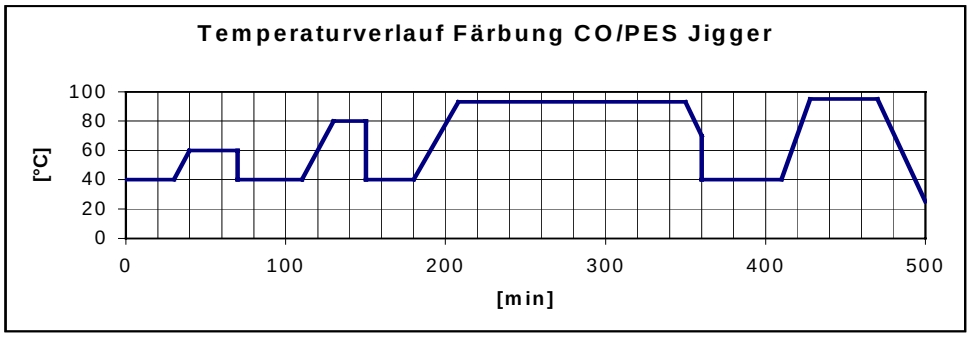


Abbildung 31 – Temperaturverlauf Färbung CO/PES auf Jigger

Aus Abbildung 28 bis Abbildung 31 ist ersichtlich, dass sowohl die Färbedauer, der Temperaturverlauf als auch der Flottenwechsel (z.B. Farbflotte, Spülflotte, etc.) von Maschine zu Maschine unterschiedlich ist. Dies hat zum einen maschinentechnische Gründe aber auch färbereitechnologische Gründe. Stark unterschiedlich ist auch der Wasserverbrauch (Flottenverhältnis) der einzelnen Färbeaggregate.

Das Abwasser fällt demnach in unterschiedlicher Menge, Temperatur und zu unterschiedlichen Zeiten an. Aus diesem Grund ist es nur rein theoretisch möglich, Abwasserqualität (Temperatur) und Abwasserquantität anzugeben. Alles Abwasser aus den einzelnen Färbe- und Spülprozessen wird über eine temperaturgesteuerte Weiche geführt, wobei das warme Abwasser (> 40°C) in einen Puffertank (Schema siehe Abbildung 13) geleitet wird. Der Tank hat die Aufgabe, die diskontinuierlich anfallenden Abwässer zu sammeln. Aus dem Sammeltank wird die bestehende Wärmerückgewinnungsanlage kontinuierlich mit Abwasser versorgt.

Zur Berechnung der zurückgewonnenen Wärme wurden je Färbeaggregat die Färbeprozesse pro Tag und das Färbeprogramm mit den entsprechenden Verbräuchen herangezogen. Auf dieser Basis wurde der durchschnittliche Tagesanfall des Abwassers berechnet und mit vorliegenden Zahlenwerten auf Plausibilität geprüft. Eine genauere Erfassung der Werte ist nur nach Installation von entsprechenden Erfassungsgeräten möglich. Sie konnte im vorliegenden Fall aufgrund der baulichen Gegebenheit und des damit verbunden hohen Aufwandes nicht durchgeführt werden.

Prozessdaten Wärmetauscher:

- ⇒ Abwassermenge warm: 18,8 m³/h
- ⇒ Abwassertemperatur Eintritt WT: 68 °C
- ⇒ Abwassertemperatur Austritt WT: 33 °C
- ⇒ Frischwassermenge: 15 m³/h
- ⇒ Frischwassertemperatur Eintritt WT: 17 °C
- ⇒ Frischwassertemperatur Austritt WT: 61 °C

Bei 5.760 Jahresbetriebsstunden in der Färberei errechnet sich eine Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung von 5.073 MWh/a. Dies entspricht einer Erdgasmenge von 545.682 m³. Das mit 33°C aus der WRG in die Abwasseranlage geleitete Abwasser vermischt sich mit kaltem Wasser und wird zur kommunalen Kläranlage geleitet.

3.5.1.4 Wärmepotenziale aus der Abluft

Mit den Messwerten aus dem Messprogramm lassen sich die Abgaswärmemengen der einzelnen Aggregate in ihrer absoluten Größe errechnen und dokumentieren. Die gesamte mit der Abluft abgegebene Wärmemenge in 1999 beträgt 14.347 MWh (bezogen auf 20°C, einschließlich latente Wärme).

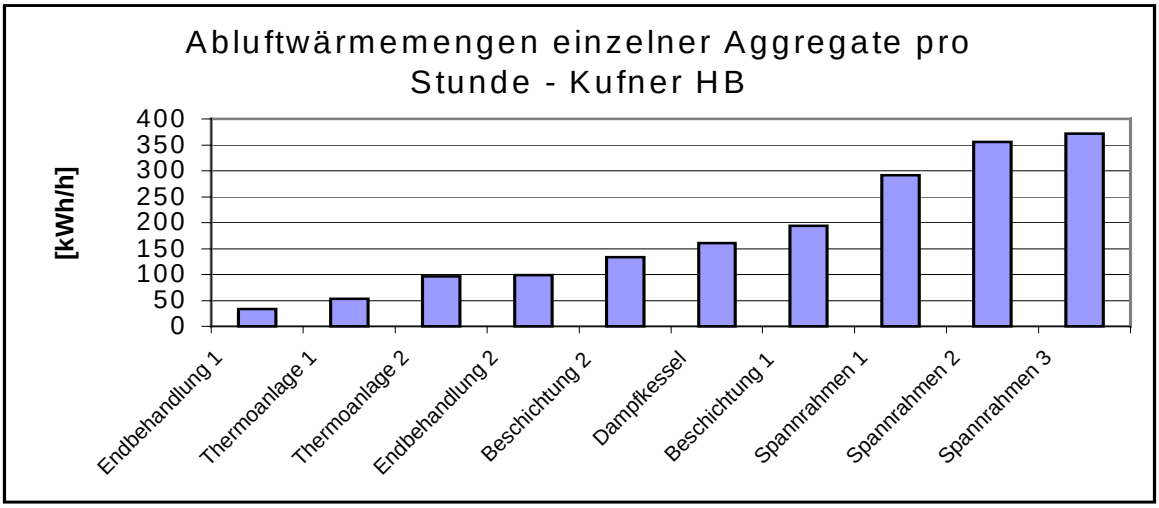


Abbildung 32 – Abluftwärmemengen einzelner Aggreagte pro Stunde - Kufner HB

Deutlich zu erkennen ist, dass die größte Abluftabwärmemenge im Bereich der Spannrahmen liegt. Abbildung 33 zeigt die Abwärmemengen einzelner Anlagengruppen.

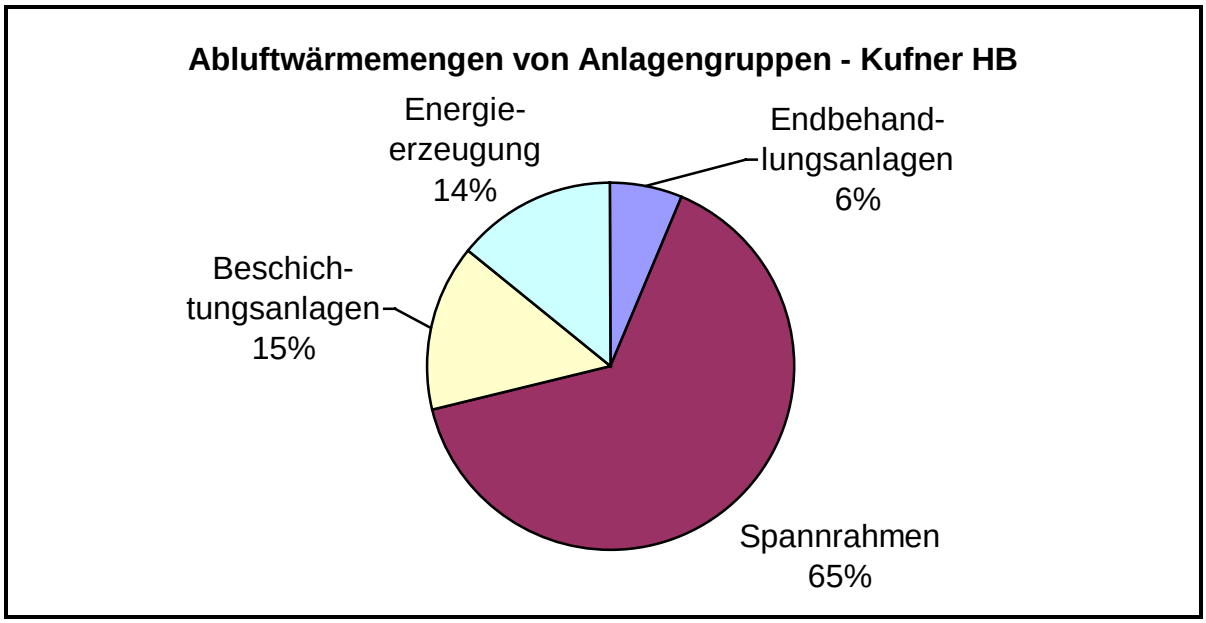


Abbildung 33 –Abluftwärmemengen von Anlagengruppen - Kufner HB

Die interessantesten Abluftwärmemengen in Qualität und Quantität sind im Bereich der Spannrahmen zu finden (Hochtemperaturprozesse). Diese Aggregate werden im zu betrachtenden Unternehmen jeweils über zwei Abluftabsaugungen (getrennte Abluftkamine) betrieben. Ein Spannrahmen war ursprünglich mit einer Wärmerückgewinnungsanlage (Wärmerad) ausgestattet. Dieses ist jedoch heute ausgebaut. Die Kanalführungen sind noch vorhanden.

Nicht unterzubewerten ist die Wärmemenge des Dampfkessels sowie der Thermoölkessel. Der Dampfkessel selbst verfügt über eine einstufige Abgaswärmerückgewinnungsanlage. Mit dem Wärmepotenzial wird das vom Dampfkessel benötigte Speisewasser vorgewärmt. Die Einsparung an Erdgas mit der einstufigen WRG-Anlage wurde mit 10 m³/h berechnet.

3.5.2 Messungen BTW

3.5.2.1 Druckluft

Die Druckluftversorgung stellt auch im Unternehmen BTW im Vergleich mit der gesamt bezogenen elektrischen Energie eine eher untergeordnete Rolle dar.

Die ermittelte Gesamtlast über alle aufgenommenen Kompressoren ist in Abbildung 34 ersichtlich.

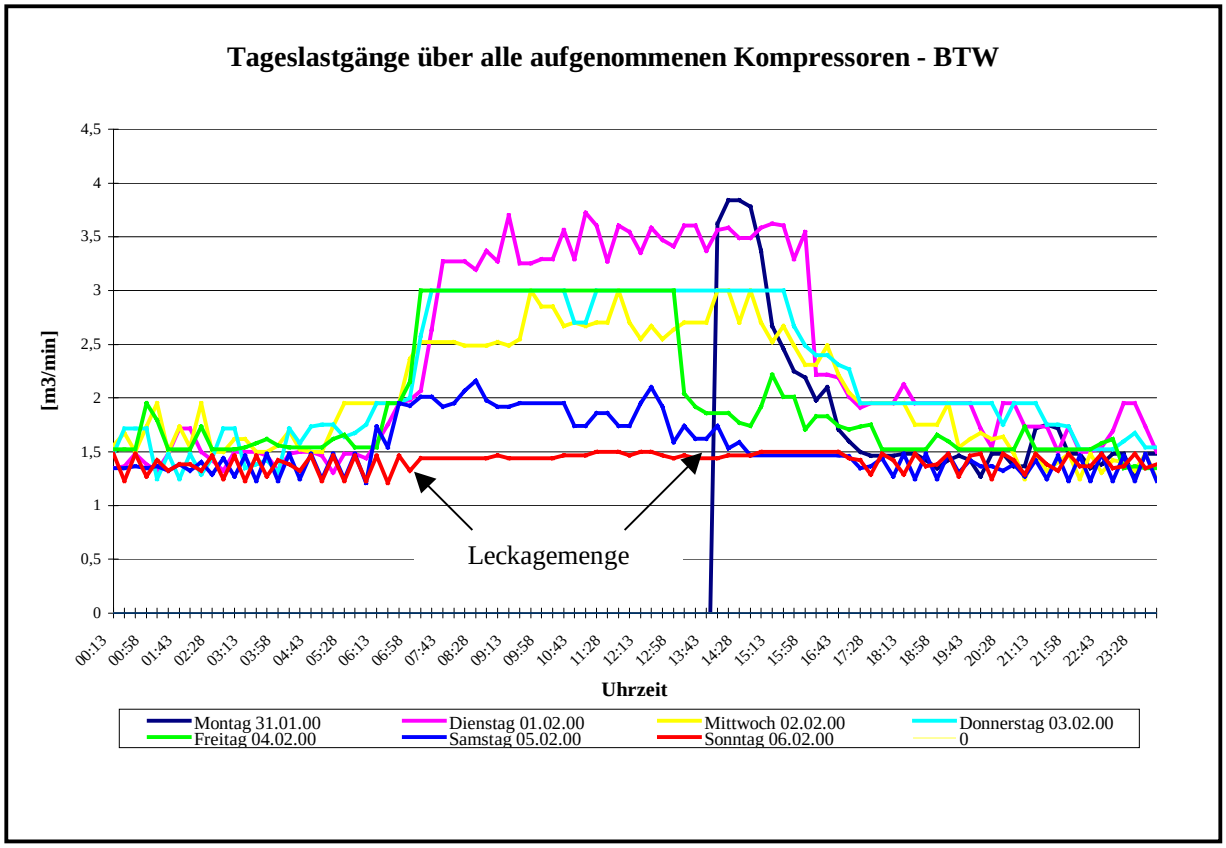


Abbildung 34 – Tageslastgänge über alle aufgenommen Kompressoren - BTW

Die Leckagemenge beträgt 1,5 m³/min. Dies entspricht einer Menge von ca. 30% der erzeugten Druckluftmenge. Berechnet auf den Stromverbrauch ergibt sich eine Verlustrate von 32,7 MWh/a.

Als Kältetrockner wird ein Heißgas-Bypass geregelter Trockner eingesetzt.

3.5.2.2 Strom

Licht

Der Verbrauch an elektrischer Energie für Licht beträgt ca. 18.700 kWh/a. Dies entspricht einem Anteil von 0,94% des Gesamtverbrauchs. Dieser niedrige Anteil ist begründet durch den Einschichtbetrieb. Einige Produktionsräume verfügen über guten Tageslichteinfall.

Elektrische Energie

Zur Strommessung wurden auch hier die Tageslastgänge ermittelt. Die Tageslastgänge wurden mittels Viertelstundenmessung erfasst.

Die Datenaufnahme erfolgte mit der Messeinrichtung zur Maximumüberwachung des Leistungsbezuges, die zu Dauermessungen in dem Betrieb installiert ist. Das Gerät dient sowohl zur Verbrauchsüberwachung als auch zur Regulierung und Nivellierung des Stromleistungsbezuges. Dazu werden von einem Zählwerk abgegebene verbrauchsproporzionale Impulse erfasst. Aufbauend auf diesen vor Ort erfassten Werten wurde in einem Simulationsprogramm eine Nachbildung dieser Strombezugscharakteristik errechnet. In das Simulationsprogramm wurden die Messwerte eingegeben und daraus sogenannte typische Tageslastgänge ermittelt.

Auch bei BTW ist nicht davon auszugehen, dass im Strombereich eine erkennbare Schwankung zwischen den Jahreszeiten erfolgt. Deshalb werden die typischen Tage des Messzeitraumes als Grundlage für eine Gesamthochrechnung des Jahres verwendet.

Gesamttageslastgang

Aus den Permanentmessungen der Bezugsleistung elektrischer Energie werden für die BTW nachfolgende typische Tageslastgänge des Gesamtstrombezuges ermittelt. Dabei wurde die Typisierung auf zwei Werktage begrenzt. Werktag 2 (Abbildung 36) unterscheidet sich als letzter Arbeitstag einer Woche deutlich von Werktag 1 (Abbildung 35). Die Darstellung des Tageslastgangs erfolgt ebenso wie bei der Firma Kufner HB in Prozent des jeweiligen Spitzenwertes des Tages.

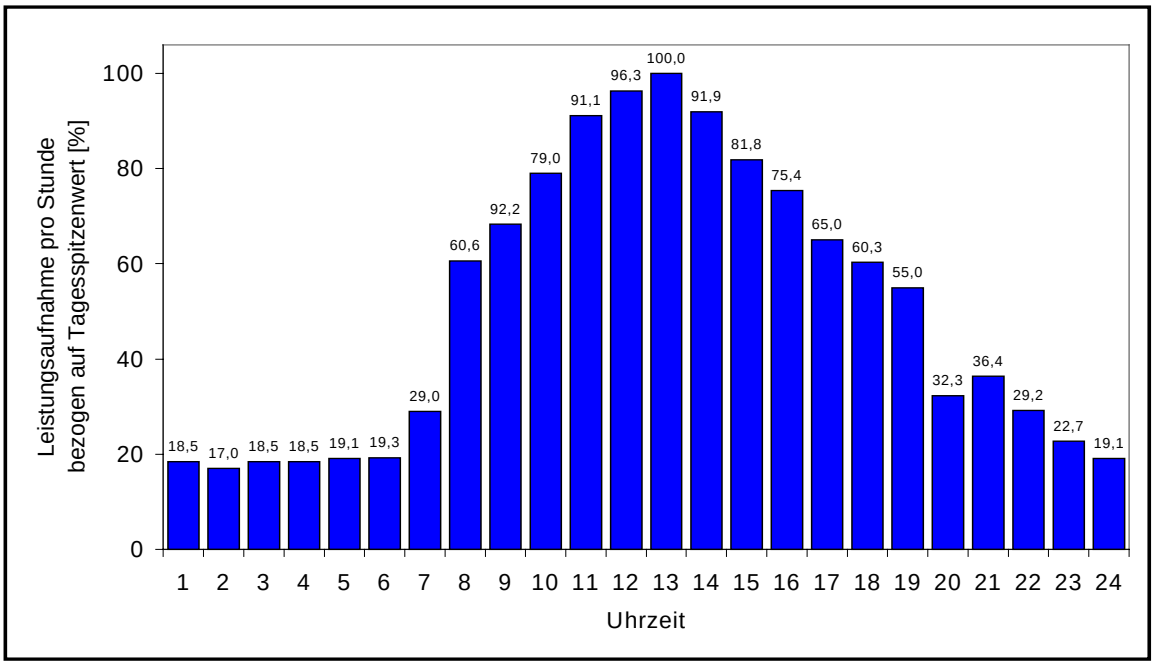


Abbildung 35 - Stromtageslastgang typischer Werktag 1

Erkennbar ist der starke Anstieg zu Beginn der Produktionszeit um ca. 07:00 Uhr. Danach folgt ein permanenter Anstieg bis zum Leistungsmaximum, das um die Mittagszeit benötigt wird. Am späten Nachmittag flacht die Lastkurve wieder ab und erreicht zwischen 20:00 und 22:00 Uhr die Grundlast. Wegen des fehlenden Schichtbetriebes wurde neben einer Grundlastabdeckung an den Wochenenden und Feiertagen auch der Freitag speziell beachtet.

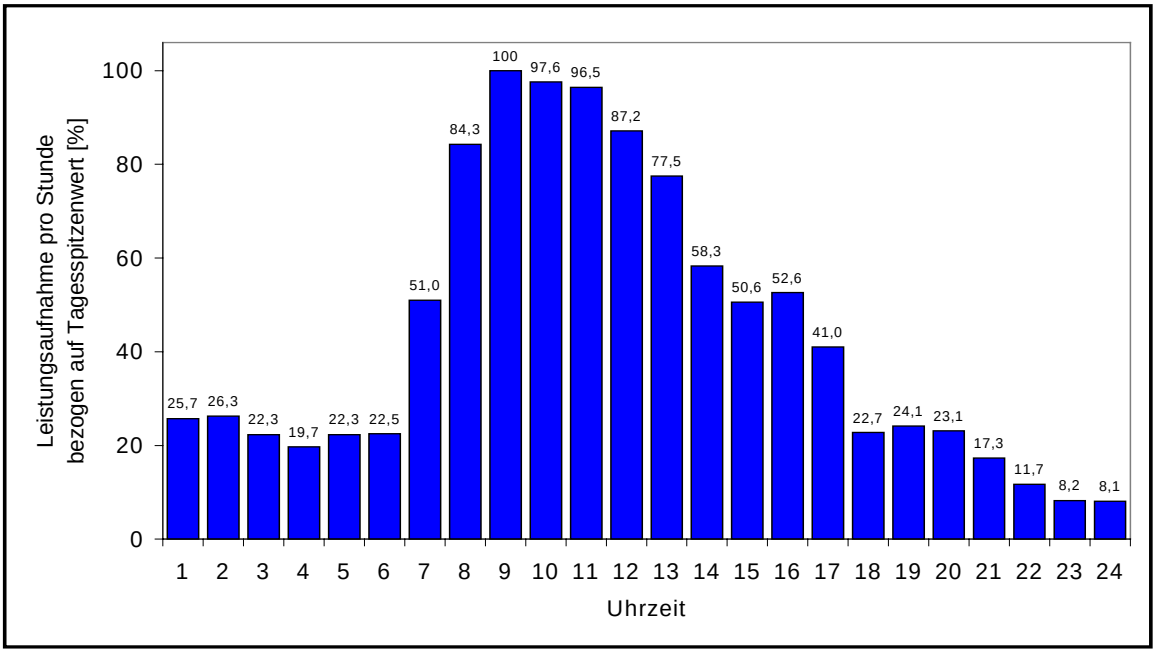


Abbildung 36 – Stromtageslastgang typischer Werktag 2

Es ist ersichtlich, dass der Lastkurvenverlauf am Freitag (Werktag 2) eine ähnliche Charakteristik aufweist wie der typische Werktag 1. Allerdings wird sowohl die tagesbedingte Spitzenlast als auch die Absenkung bereits früher erreicht. Dies hat die Ursache darin, dass z.B. bestimmte Prozesse am Freitag nicht durchgeführt werden können, da die weitere notwendige Behandlung auf den Samstag fallen würde. Aus Qualitätsgründen kann die Ware nicht bis zum Montag liegenbleiben und dann weiterbehandelt werden.

Das Wochenende und die Feiertage sind arbeitsfrei und mit einer permanenten Grundlast in Höhe von ca. 40-50 kW einzubeziehen. In der Gesamtbetrachtung der Jahresdauerlinie werden diese Tage jedoch berücksichtigt. Die Grundlast resultiert aus folgenden elektrischen Verbrauchern:

⇒ Kessel 1 und 2	19 kW
⇒ Belüfter Klärbecken	18 kW
⇒ Druckerhöhungspumpen	22 kW

In Summe sind dies 59 kW elektrische Bezugsleistung. Die permanente Grundlast beträgt ca. 40-50 kW. Eine Abschaltung dieser Anlagen durch Zeitschaltuhren oder manuelle Bedienung in der arbeitsfreien Zeit ist aufgrund der notwendigen Verfügbarkeit dieser Aggregate nicht möglich.

Jahresdauerlinie Strom

Aufbauend auf den erfassten Stundenwerten wird über den Zwischenschritt der zu Stundenwerten zusammengefassten Tageslastgängen die sogenannte Jahresdauerlinie (Abbildung 37) ermittelt. Sie stellt die absteigend geordneten Verbrauchswerte je Stunde dar und zeigt auf, welche Bezugscharakteristik in der Firma BTW vorliegt. Falls die elektrische Energie als Führungsgröße für die Kraft-Wärme-Kopplungsanlage herangezogen wird, kann die Jahresdauerlinie auch als Auslegungsgrundlage herangezogen werden. Da allerdings meistens der Wärmebedarf als Führungsgröße dient, kann die Jahresdauerlinie des Stromes den Anteil des verdrängten Stromes darstellen.

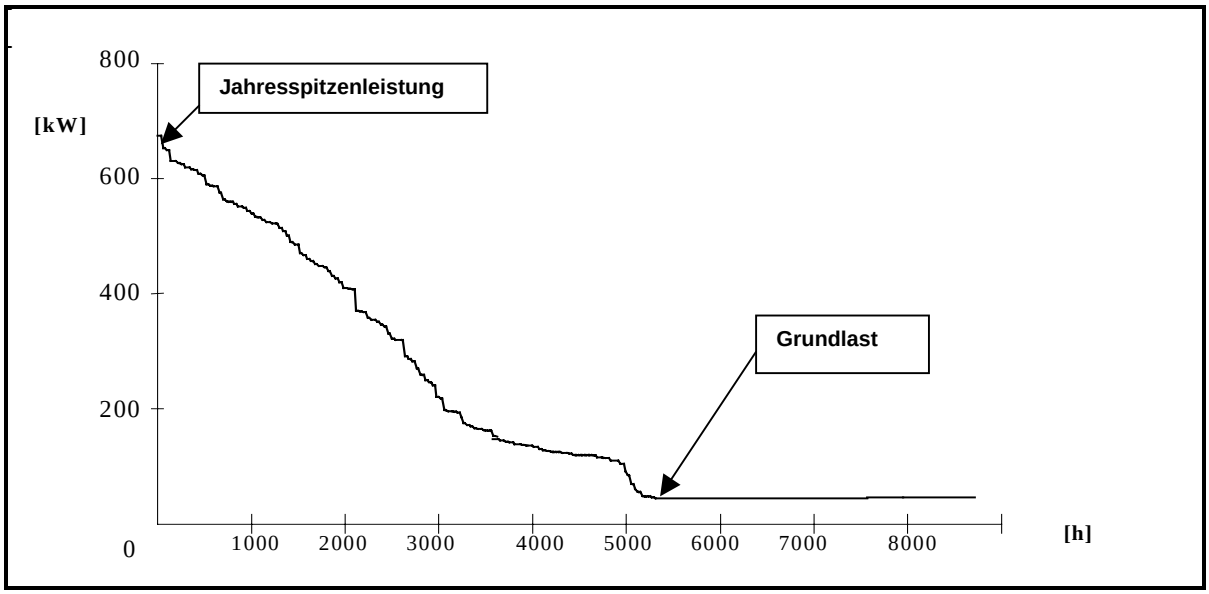


Abbildung 37 – Jahresdauerlinie Strom BTW

Klar zu erkennen ist die stark abfallende Jahresdauerlinie. Dies ist auf den sehr schwankenden Tageslastgang der Firma BTW zurückzuführen. Eine Vergleichmäßigung des Tagesbezugs hätte demnach eine Verflachung der Jahresdauerlinie zur Folge. Dies ist jedoch aufgrund der einschichtigen Betriebweise nicht realisierbar.

<u>Lastmanagement</u>

Ein Lastmanagement ist vorhanden und wird genutzt. Der Lastabwurf ist auf 680 kW elektrische Leistung eingestellt. Mit nachfolgender Priorität werden die Verbraucher bei Erreichen des Höchstwertes automatisch vom Netz getrennt.

Belüfter Umwälzbecken	24 kW
Seepumpe	30 kW
Rauhmaschine	44 kW
Vorspannrahmen	91 kW
Druckerhöhungspumpen	11 kW
Rührgerät Farbküche	18 kW

3.5.2.3 Abwärme aus Abwasser

Im Unternehmen sind im Abwasserbereich dezentral verschiedene Wärmerückgewinnungsanlagen vorhanden. Es handelt sich im einzelnen um die Anlagen:

⇒ Entschlichtungs- und Bleichanlage (nachgeschaltet ein Spiralwärmetauscher)
⇒ Mercerisiermaschine (nachgeschaltet ein Plattenwärmetauscher)
⇒ Waschmaschine (nachgeschaltet ein Plattenwärmetauscher)

Entschlichtung/Bleiche
Die realisierte Wärmeeinsparung aus der betriebenen WRG beträgt ca. 106 kWh/h. Dies entspricht einer Jahreseinsparung von 185.500 kWh oder 19.919 m³ Erdgas. Abwasser mit 29°C wird nach Vermischung mit anderen kalten Abwässern der Kläranlage zugeführt.

Mercerisiermaschine
Durch die installierte Wärmerückgewinnungsanlage ergibt sich bei einer Jahresbetriebsstundenzahl von 1.760 h eine Energieeinsparmenge von 620.513 kWh oder 66.722 m³ Erdgas.

Waschmaschine
Durch die installierte WRG errechnet sich bei 1.980 Jahresbetriebsstunden eine Energieeinsparung pro Jahr von 569.720 kWh oder 61.260 m³ Erdgas. Die Wärmerückgewinnungsanlage befand sich zum Zeitpunkt der Datenaufnahme wegen eines defekten Ventils nicht im Betrieb. Die dampf- und warmwasserseitigen Armaturen sind nicht isoliert.

3.5.2.4 Wärmepotenziale aus der Abluft

Die Temperaturverläufe sowie auch das Abluftvolumen der einzelnen Aggregate sind während der einzelnen Veredelungsprozesse konstant und richten sich nach den ausrüsttechnischen Gegebenheiten, bzw. Zielen der Veredelungsprozesse. Die Veredelungsprozesse richten sich nach den Anforderungen des Kunden.

Mit den Messwerten aus dem Messprogramm lassen sich die Abluftwärmemengen der einzelnen Aggregate in ihrer absoluten Größe errechnen und dokumentieren (Tabelle 9). Die gesamte mit der Abluft abgegebene Wärmemenge in 1999 beträgt 3.200 MWh (bezogen auf 20°C, einschließlich latente Wärme). Abbildung 38 zeigt die Abluftwärmemengen der einzelnen Aggregate pro Stunde.

Tabelle 9 – Abwärmemengen in der Abluft- BTW

Anlagen	Prozesszustand/ Artikel	Ablufttemperatur [°C]	Abluftstrom [m³/h]	Abluftstrom [kg/h]	Leistung [kWh]	Betriebszeit [h/a]	Wärmemenge [kWh/a]
Endspannrahmen	Trocknen	142	9.190	7.186	292,1	3.080	899.803
Vorspannrahmen	Kettsatin	129	7.280	6.078	224,5	1.848	414.833
	Mischgewebe	119	7.280	6.064	206,6	1.232	254.530
Dämpfer	Trocknen	77	3.370	2.662	58,7	1.650	96.829
Entschlichtung	Trocknen	75	2.420	2.001	43	1.540	66.168
Bleiche	Trocknen	75	2.430	1.995	42,8	1.540	65.970
Waschmaschine	Trocknen	69	4.510	4.248	83,9	1.980	166.158
Rotation 1	Reaktivdruck	85	9.910	9.087	221,1	1.109	245.241
	Pigmentdruck	93	9.270	8.268	220,1	475	104.568
Rotation 2	Reaktivdruck	78	12.100	11.325	252,9	330	83.458
	Pigmentdruck	92	11.500	10.534	277,5	770	213.645
Flachdruck	Trocknen	104	4.970	4.364	129,9	770	100.053
Dampfkessel 1	Dampfproduktion	98	4.220	3.700	103,8	1.980	205.549
Dampfkessel 2	Dampfproduktion	187	1.720	1.209	64,7	1.980	128.161
Heizkessel Büro	Dampfproduktion	182	841	495	25,8	1.400	36.110
Thermoölanlage	Thermoölaufheizung	147	1.770	1.368	57,6	1.540	88.664
Fixiermaschine							
Einlauf	Fixieren	61	762	758	13,2	1.540	20.386
Auslauf	Fixieren	77	719	677	14,9	1.540	22.984

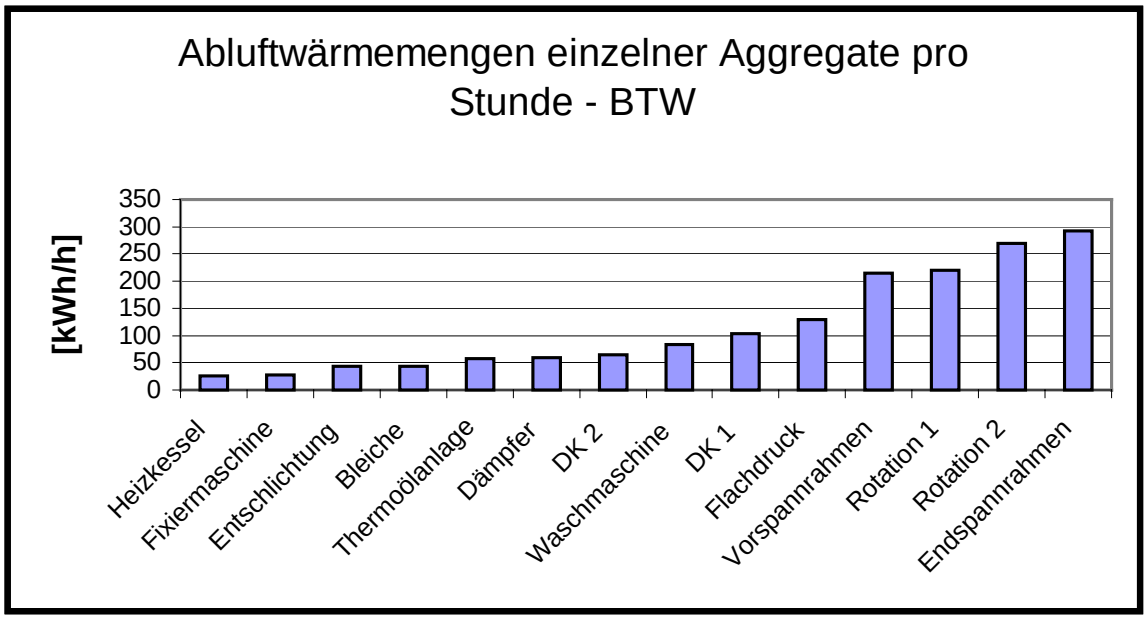


Abbildung 38 –Abluftwärmemengen einzelner Aggregate pro Stunde - BTW

Der Vorspannrahmen verfügt über eine Wärmerückgewinnungsanlage (Wärmerad) mit Rückführung erwärmter Luft in das Aggregat. Die Anlage ist nicht mehr im Betrieb, aber noch existent. Das größte, prinzipiell für eine Wärmerückgewinnung geeignete Abwärmepotenzial ist auch hier im Bereich der Spannrahmen sowie bei den Rotationsanlagen vorhanden.

Die Dampfkessel und der Thermoölkessel verfügen je über eine Abgaswärmerückgewinnung.

3.6 Energiekennzahlen für die verschiedenen Veredelungsprozesse

3.6.1 Allgemein

Um einzelne Veredelungsschritte oder auch Produktionsmaschinen untereinander vergleichen zu können, kann die Leistungsbewertung über Kennzahlen erfolgen. Die Übertragbarkeit der Kennzahlen ist auf andere Unternehmen oder auch im Unternehmen auf verschiedene Maschinen nur bedingt geeignet. Wesentlichen Einfluss auf die Kennzahl hat z.B.

⇒ das spezifische Warengewicht
⇒ die Warenfeuchtigkeit
⇒ die Aggregatsbeheizung (direkt oder indirekt)
⇒ das Veredelungsziel
⇒ das Substrat

Aufgrund der Bildung von Kennzahlen können jedoch gleiche Maschinen und /oder verschiedene Veredelungsprozesse dargestellt und auf Dauer vom Unternehmen selbst überprüft werden. Bei dieser Vorgehensweise werden Kennzahl-Veränderungen sichtbar und eine Überprüfung des Prozesses kann zur Ergründung und Einleitung von Gegenmaßnahmen erfolgen.

Die Energie-Kennzahlenbildung erfolgte unter Berücksichtigung von Abstrahlverlusten am Trocknungsaggregat, die erfahrungsgemäß ca. 10% bei älteren und 3% bei neuen (nicht älter als 5 Jahre) Aggregaten liegen. Berücksichtigung findet auch die mit der Ware ausgetragene Wärmemenge von ca. 2%. Bei einer indirekt erfolgten Beheizung werden für Energieerzeugung und Leitungsverluste 12% angesetzt.

Das Luftwarenverhältnis (LWV) gibt Auskunft, wieviele m³ Luft pro kg veredelter Ware für den Trocknungs-/Fixiervorgang über den Kamin in die Atmosphäre geführt werden. Bei Spannrahmen sollte das Verhältnis[2] unter 20 : 1 liegen.

Die Energie-Kennzahl bzw. auch das LWV wird maßgeblich von den Einstellungen an den Maschinen (hier Lüftereinstellungen) beeinflusst. Energetisch vorteilhaft ist ein hoher Feuchtegehalt in der Abluft.

3.6.2 Kufner Textilwerke GmbH

Basierend auf den Messergebnissen und Produktionszahlen ergeben sich für den Bereich Abwärme in die Abluft die in Tabelle 10 dargestellten Kennzahlen.

Tabelle 10 – Kennzahlen Energieverbrauch/Ware einzelner Prozesse – Kufner HB

Maschine	Vorgang	Substrat	Warenbreite [m]	Flächengewicht [g/m²]	Geschwind. [m/min]	LWV	Luftfeuchte [kg/kg]	Energiekennzahl [kWh/kg]			Energiekennzahl [kWh/m²]		
								Erdgas	Strom	gesamt	Erdgas	Strom	gesamt
Endbehandlung 1	Double-Spot	PES/PA	1,52	40	k.A.	17	0,007	0,76	0,01	17,777	0,038	0,0038	35,5958
Endbehandlung 2	Pulver-Punkt	PES	1,59	50	25	19	0,006	0,54	0,018	0,558	0,097	0,018	0,115
Vorbehandlung 1	k.A.	k.A.	1,88	23,5	25	83	0,082	1,74	0,32	135,522	0,041	0,0074	271,0924
Vorbehandlung 2	k.A.	k.A.	1,60	40,5	40	12	0,1	0,25	0,05	94,5	0,010	0,0021	189,0121
SR 1	Thermofixieren	PES	1,62	40	48	37	0,02	2,70	0,24	129,58	0,108	0,0095	259,2775
SR 2	Trocknen/ Thermofixieren	PES	1,59	64	48	21	0,043/ 0,024	1,40	0,13	1,53	0,090	0,0084	3,1584
SR 3	Trocknen/ Thermofixieren	CV/PES	1,87	92	38	34	0,110/ 0,008	0,95	0,10	1,05	0,088	0,012	2,2
SR 3	Trocknen	CO	1,82	118,5	36	30	0,047/ 0,006	0,69	0,13	0,82	0,081	0,0115	1,7325
SR 3	Hochveredelung	CO	1,85	152	35	24	0,006/ 0,005	0,56	0,08	0,64	0,086	0,0119	1,3779
Trockner	Trocknen	PES	1,4	58,5	k.A.	33	0,083/ 0,028	1,59	0,16	1,75	0,093	0,0114	3,6044

k.A. = keine Angabe

Deutlich sichtbar ist der große Unterschied in der spezifischen Kennzahl des Erdgas- und des Stromverbrauches bei den Endbehandlungsanlagen 1 und 2. Die bei diesen Anlagen existierenden unterschiedlichen LWV sind durch die unterschiedlichen Aggregatseinstellungen zu erklären. Diese wiederum wurden spezifisch für die jeweils veredelte Ware eingestellt.

In Abhängigkeit von der Ware bzw. vom Emissionspotenzial wird im Fixierteil des Spannrahmes mit mehr oder weniger hohen Luftraten gefahren. Die Luftraten richten sich dabei entweder nach dem Wasserdampfgehalt in der Abluft (bei Trocknungsprozessen), oder nach den erforderlichen Abluftmengen (bei Thermofixierprozessen). Diese müssen wegen des Aufrecht zu erhaltenen Unterdrucks abgeführt werden. Die unterschiedlichen LWV an SR 2 und 3 sind damit zu erklären.

Bei SR 3 (Trocknen und Hochveredelung) sowie beim Trockner sollte eine Absenkung des LWV durch den Einbau einer feuchtigkeitsgeregelten Abluftsteuerung geprüft werden.

Die Methanemissionen zeigten sich bei allen direkt befeuerten Aggregaten unter 0,4 g/kg Ware. Es besteht diesbezüglich kein Handlungsbedarf.

Insgesamt ergeben sich aus der Jahresproduktion und den Jahresenergieverbräuchen folgende Kennzahlen:

Erdgas:	1,92 kWh/kg Ware ≅ 0,149 kWh/m² Ware
Strom:	0,40 kWh/kg Ware ≅ 0,031 kWh/m² Ware
Gesamt:	2,32 kWh/kg Ware ≅ 0,180 kWh/m² Ware

3.6.3 Bayerische Textil Werke Lothar Lindemann GmbH

Basierend auf den Messergebnissen und Produktionszahlen ergeben sich für den Bereich Abwärme in die Abluft die in Tabelle 11 dargestellten Kennzahlen.

Tabelle 11 – Kennzahlen Energieverbrauch/Ware einzelner Prozesse - BTW

Maschine	Vorgang	Substrat	Warenbreite [m]	Flächengewicht [g/m²]	Geschwind. [m/min]	LWV	Luft Feuchte [kg/kg]	Energiekennzahl [kWh/kg]			Energiekennzahl [kWh/m²]		
								Erdgas	Strom	gesamt	Erdgas	Strom	gesamt
Bleiche	Bleichen	Satin	1,40	200	75	0,9	0,474	0,05	0,075	0,125	0,011	0,015	0,026
Dämpfer	Dämpfen	Satin	1,40	200	20	4,1	0,638	0,30	0,161	0,461	0,059	0,077	0,136
Endspannrahmen	Trocknen	CO	1,64	137	36	10,8	0,06	0,66	0,137	0,797	0,077	0,019	0,096
Entschlichtung	Entschlichten	Satin	1,40	200	80	0,9	0,440	0,02	0,099	0,119	0,005	0,015	0,02
Fixiermaschine	Fixieren	CO	1,60	148	42	1,8	0,034	0,10	0,012	0,112	0,015	0,002	0,017
Flachdruck	Trocknen	CO	1,40	136	9	32,2	0,015	1,39	0,51	1,9	0,189	0,069	0,158
Rotation 1	Reaktivdruck	CO	1,60	136	20	26	0,037	0,93	0,157	1,087	0,127	0,021	0,148
Rotation 1	Pigmentdruck	Leinen	1,50	185	20	11,9	0,044	0,47	0,079	0,549	0,135	0,023	0,158
Rotation 2	Reaktivdruck	CO	1,60	128	20	34,7	0,029	1,13	0,127	1,257	0,145	0,016	0,161
Rotation 2	Pigmentdruck	CO	1,60	148	75	7,5	0,014	0,29	0,029	0,329	0,042	0,004	0,046
Vorspannrahmen	Trocknen Kettsatin	CO	1,40	136	38	10,9	0,05	0,57	0,213	0,783	0,058	0,029	0,087
Vorspannrahmen	Trocknen Mischgew.	CO/CV	1,45	113	45	10,2	0,045	0,51	0,209	0,719	0,091	0,024	0,115
Waschmaschine	Waschen	CO	1,50	91	96	2,9	0,096	0,09	0,068	0,186	0,015	0,006	0,021

Aus den Kennzahlen ist ersichtlich, dass beim Reaktivdruck der spezifische Energieverbrauch in der Druckmansarde des Rotationsaggregates 1 geringer als der von Rotationsaggregat 2 ist. Beim Pigmentdruck ist die Situation genau umgekehrt. Dies liegt darin begründet, dass das LWV beim Rotationsaggregat 1 bei Reaktivdruck geringer ist als bei Rotationsaggregat 2. Im Falle des Pigmentdruckes zeigt sich die Situation genau gegenteilig. Das unterschiedliche LWV ist auf die manuell eingestellten Lüfterklappen der Trocknungsaggregate zurückzuführen. Demnach stellt sich bei leichteren Flächengewichten ein ungünstigeres und bei schwereren Flächengewichten eine günstigere Situation dar. Der Einsatz einer temperaturgesteuerten Abluftregelungsanlage sollte geprüft werden.

Sofern am Vor- und Endspannrahmen der im Spannrahmen herrschende Unterdruck nicht beeinträchtigt wird, sollte die Betriebsweise über eine feuchtigkeitsgeregelte Abluftrate erfolgen. Nach physikalischen Gegebenheiten kann das Abluftvolumen pro kg oder m² veredeltes Textil um nahezu 50% reduziert werden.

Die Methanemissionen zeigten sich bei allen direkt befeuerten Aggregaten unter 0,4 g/kg Ware. Es besteht somit nach den Vollzugsvorschriften des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Bausteine für Regelungen bei Textilveredlungsanlagen) kein Handlungsbedarf.

Für die Gesamtproduktion errechnen sich folgende Kennzahlen:

Erdgas/Heizöl EL:	13,20	kWh/kg Ware ≅ 1,882 kWh/m² Ware
Strom:	1,74	kWh/kg Ware ≅ 0,248 kWh/m² Ware
Gesamt:	14,94	kWh/kg Ware ≅ 2,130 kWh/m² Ware

4 Einspar- und Optimierungsmöglichkeiten - Wirtschaftlichkeitsberechnung

Unabhängig der untersuchten Branche (Textilveredelungsindustrie) und der zu treffenden Investitionsentscheidung gelten für eine rationale wirtschaftliche Entscheidungsfindung immer folgende Hinweise:

⇒ Die Entscheidung sollte alle Kostenkomponenten berücksichtigen. Diese umfassen neben der reinen Investition die Kosten für Wartung, Betrieb und Instandhaltung des Investitionsobjektes.

⇒ Es sollte eine dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung durchgeführt werden, so dass der Faktor Zeit mittels Zinssatz in den Entscheidungsprozess mit einbezogen werden kann.

4.1 Allgemeines zur Wirtschaftlichkeitsberechnung

Zur Berechnung der Kapitalkosten empfiehlt es sich, die sogenannte Vollkostenrechnung auf Basis dynamischer Berechnungsmodelle anzuwenden. Eines dieser Modelle ist in der VDI-Richtlinie 2067 detailliert dargestellt. Nachfolgend werden eine grundsätzliche Erläuterung zu dynamischen Berechnungsmodellen gegeben und im Speziellen die Ergebnisse der Annuitätenmethode nach VDI 2067 als mögliches Entscheidungskriterium dargelegt.

4.1.1 Dynamische Berechnungsverfahren zur Kostenermittlung

Bei der dynamischen Berechnungsmethode wird unter Berücksichtigung eines Kalkulationszinssatzes der Faktor Zeit in die Entscheidungsfindung miteinbezogen. Der Zinssatz repräsentiert die Zeitpräferenz der Betriebe. Alle Ein- und Auszahlungen einer Investition werden gegenüber der Gegenwart umso niedriger bewertet, je weiter sie in der Zukunft liegen. Dies ist gerade für die langlebigen Investitionen der Energieversorgung sehr wichtig. Außerdem kommen bei den dynamischen Verfahren reale Ein- und Auszahlungen als Rechnungselemente zum Tragen.

Die Ein- und Auszahlungen unterschiedlicher Zeitpunkte werden durch Auf- und Abzinsen auf einen Vergleichszeitpunkt (meistens der Investitionszeitpunkt) nach den Gesetzen der Zinseszinsrechnung angeglichen. Die Nettogeldströme der Investitionsalternativen werden auf einer Zahlungsreihe abgebildet, in der jede Veränderung zeitlich exakt dargestellt werden kann. Die Zahlungsreihe liefert eine erste Einschätzung, welche der Investitionen nach ökonomischen Überlegungen zu favorisieren ist. Die dynamischen Verfahren bestehen aus der Kapitalwert-, der Internen Zinsfuß- und der Annuitätenmethode. Vor der Beschreibung dieser drei Verfahren soll zuerst auf den Kalkulationszins eingegangen werden, der Bestandteil aller dynamischen Verfahren ist.

4.1.2 Festlegung des Kalkulationszinssatzes

Alle dynamischen Verfahren berücksichtigen die Zeitpräferenz mit Hilfe eines speziellen Zinssatzes. Er stellt einen unverzichtbaren Bestandteil aller dynamischen Verfahren dar. Die Höhe des Zinssatzes ist für die Investitionsrechnung von erheblicher Bedeutung. Eine exakte Bestimmung des Kalkulationszinses ist allerdings nicht möglich. Er basiert auf der Struktur des investierten Kapitals und der anlegbaren Zinssätze.

Für die untersuchten Firmen der Textilveredelungsindustrie sollte eine Gegenüberstellung der Eigenkapital- und Fremdkapitalbeschaffung und des jeweiligen Zinssatzes erfolgen. Diese zusammengenommen, gewichtet und mit einem Unsicherheitsaufschlag versehen, bilden die Grundlage der Berechnung.

Als Grundlage für die in dieser Untersuchung durchgeführten Berechnungen wird ein Kalkulationszins in Höhe von 6% angenommen. Sowohl ein höherer als auch geringerer Zinssatz sind betriebswirtschaftlich vertretbar. Bei Festlegung des jeweiligen Zinssatzes sollte auch die im Land herrschende Inflation berücksichtigt werden. Bei Firmen, die weltweit investieren, sind bei einer Kapitalbeschaffung im jeweiligen Land die regionalen Verhältnisse anzusetzen.

Bei kurzen Amortisationszeiten, hier empfohlen kleiner zwei Jahre, spielt in der Regel der Zins eine untergeordnete Rolle und sollte der Einfachkeit halber unberücksichtigt bleiben.

4.1.3 Die Annuitätenmethode

Der Leitgedanke dieses Verfahrens ist das gleichmäßige Verteilen der Zahlungsströme auf den Investitionszeitraum mittels der Annuität. Die Annuität errechnet sich aus der Multiplikation des Kapitalwertes mit dem Annuitätenfaktor. Dieses Verfahren ist eng mit der Kapitalwertmethode verwandt. Während der Kapitalwert den Totalerfolg einer Investition angibt, bezieht sich die Annuitätenmethode auf den Periodenerfolg. Eine Investition wird so nach ihren durchschnittlichen jährlichen Ein- und Auszahlungen beurteilt, die finanzmathematisch korrekt zu ermitteln sind. Die Investition gilt als vorteilhaft, wenn sie eine positive Annuität aufweist.

Mit dieser Methode können Investitionen unterschiedlicher Laufzeit verglichen werden. Eine einfache Anwendung der Annuitätenmethode ergibt sich, wenn die Ein- und Auszahlungsreihe aus einer einmaligen Anfangsinvestition und nachfolgend gleichbleibenden Rückflüssen besteht. Dabei wird die Anfangsinvestition mit dem Annuitätenfaktor multipliziert und der resultierende Wert von den konstanten Einnahmen abgezogen. Auf diese Weise erhält man den periodisch zu erwartenden Überschuss. Diese Vorgehensweise nach VDI 2067 findet in den Investitionsentscheidungen für Energieanlagen häufig Anwendung und bildet auch für die nachfolgenden Berechnungen die Grundlage.

4.2 Einsparpotenzial/Wirtschaftlichkeit verschiedener Maßnahmen in den Projektbetrieben

4.2.1 Kufner Textilwerke GmbH

4.2.1.1 Strom

4.2.1.1.1 Beleuchtungseinrichtungen

Folgende Komponenten einer effizienten Beleuchtungstechnik sind bei einer Optimierung für das Unternehmen zu beachten[3]:

⇒ Auswahl energiesparender Lampen
⇒ Leuchten mit einer wirkungsvollen und gleichmäßigen Beleuchtung
⇒ Effiziente Vorschaltgeräte

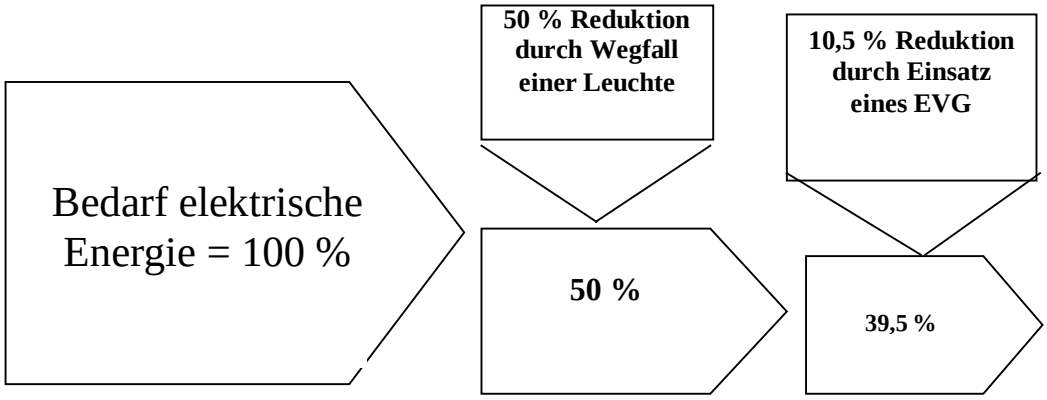
Vor allem der Ersatz der derzeitigen Lampen mit Leuchten und die Integration eines elektronischen Vorschaltgerätes (EVG) stellt eine sinnvolle Maßnahme zur rationellen Energieverwendung dar. Die momentan verwendeten konventionellen Vorschaltgeräte führen zu einer Frequenz von 50 Hz. Zusammen mit der 58-W-Lampe ergibt sich eine Leistung von 70 W je Leuchte. Das EVG erhöht die Betriebsfrequenz auf 25 kHz, was zu einem flimmerfreien Betrieb führt. Desweiteren wird die benötigte Leistungsaufnahme von 70 W auf 55 W reduziert. Dies entspricht einer ca. 21%igen Einsparung von elektrischer Energie. Auch die Wartungs- und Instandhaltungskosten sind durch den Einsatz dieser Geräte zu verringern. Dies hat zwei Gründe:

⇒ kein Startertausch mehr notwendig
⇒ Erhöhung der Lebensdauer um bis zu 50%

Da der Austausch sehr arbeitsintensiv ist, ist dies nur bei Leuchten zu empfehlen, die sich in einwandfreiem Zustand befinden. Ein Komplettaustausch der vorhandenen Beleuchtungskörper in solche mit EVG ist daher vorzuziehen.

Die Neuinvestition sollte in eine Spiegelraster-Leuchtstofflampe mit elektronischem Vorschaltgerät erfolgen. Durch den Einsatz eines Spiegelraster-Reflektors ist es möglich, die ursprünglichen 2 Leuchtstoffröhren auf eine zu reduzieren. Dies trifft für die 120 Leuchten in den Lagerräumen zu. Zusätzlich kann durch den Ersatz des konventionellen in ein elektronisches Vorschaltgerät der elektrische Leistungsbezug und damit der Energieverbrauch noch weiter gesenkt werden.

Nachfolgend wird eine Bilanz des Einsatzes von elektrischer Energie bei Verwendung der 120 Leuchten mit zwei Leuchtstoffröhren mit konventionellem Vorschaltgerät dargestellt. Die zwei Leuchtstoffröhren werden durch eine Spiegelraster-Reflektor mit elektronischem Vorschaltgerät (EVG) und einer Leuchtstoffröhre ersetzt:



Insgesamt summiert sich die erzielbare Energieeinsparung auf über 60% des ursprünglichen Energieeinsatzes. Für die 750 Leuchten des Produktionsraumes, die mit einer Leuchtstoffröhre bestückt sind, ergibt sich eine ca. 21-prozentige Energieeinsparung durch den Einsatz eines elektronischen Vorschaltgerätes.

Summiert man die einzelnen Einsparerfolge und setzt diese in Bezug zum Anteil der Beleuchtung in Höhe von 8,6% am gesamten Bezug der elektrischen Energie, ergibt sich ein theoretisches Einsparpotenzial in Höhe von 2,6% bezogen auf den Gesamtenergieverbrauch.

Der Einsatz eines elektronischen Vorschaltgerätes erhöht neben der bereits dargestellten Reduktion des Einsatzes elektrischer Energie in Höhe von 10,5% die Nutzungsdauer der Lampen um ca. 50%.

Die nachfolgende Amortisationsberechnung gibt Aufschluss über die Wirtschaftlichkeit bei Auswechseln der Beleuchtungseinrichtungen.

Anzahl der einflammigen Leuchten	750 Stück
Anzahl der zweiflammigen Leuchten	120 Stück
Gesamtanzahl der Lampen alt	990 Stück
Bezugsleistung pro Lampe alt (Lampe plus Vorschaltgerät)	70 W
Gesamtleistung Beleuchtung alt	69,3 kW
Jährliche Volllaststunden	6.000 h/a
Gesamter Energieverbrauch Beleuchtung alt	415,8 MWh/a
Gesamtanzahl der Lampen neu	930 Stück
Bezugsleistung pro Lampe neu	55 W
Gesamtleistung Beleuchtung neu	51,15 kW
Gesamter Energieverbrauch Beleuchtung neu	306,9 MWh/a

Daraus folgt eine Einsparung der elektrischen Leistung und Energie in Höhe von:

Einsparung der elektrischen Bezugsleistung	18,15 kW
Einsparung der elektrischen Energie	108,9 MWh/a

Tabelle 12 – Jahreskostenberechnung neue Beleuchtung - Kufner HB[4]:

	Investition	Nutzungszeit [a]	Annuität Zins 6%	Kosten pro Jahr [DM/a]
Investition in Leuchten ohne Lampen je 140 DM	121.800	30	0,0726	8.849
Investition Lampen 10 DM/Stück	8.100	2	0,5454	4.418
Lampengutschrift für eingesparten Lampenaustausch	- 8.100	2		-4.418
Gesamte Investition und Kosten	**121.800**			**8.849**

Jahreskosten der Beleuchtungs-Anlage

Kapitalkosten	8.849
Montageaufwand für Wechsel der ausgefallenen Lampen, pro Jahr	2.500
Stromgutschrift durch Energieeinsparung 108,9 MWh/a x 80 DM/MWh	-8.700
Stromgutschrift durch Leistungseinsparung 18,15 kW x 160 DM/kW	-2.900
Jahresgesamtkosten	-251

Unter der Bedingung des sowieso notwendigen Lampenaustausches sind Einsparungen von 251,- DM zu verzeichnen. Es zeigt sich, dass die Investition auch unter den heute niedrigen Stromkosten rentabel ist. Das Einbringen weiterer Dachluken oder Lichtbänder ist im bestehenden Gebäude wegen der langen Amortisationszeiten nicht wirtschaftlich.

Der Bezug elektrischer Energie für die Beleuchtungseinrichtungen, wenn auch nicht wirtschaftlich bei jetzigem Strompreis, kann neben diesen Maßnahmen auch durch eine innovative Steuerung weiter reduziert werden. Dabei stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

⇒ Einbau einer tageslichtabhängigen Steuerung
Durch Einbau einer tageslichtabhängigen Steuerung kann der künstliche Beleuchtungsanteil reduziert werden. Da bei der Firma Kufner HB nur sehr geringe Fensterflächen in der Produktion und Lager vorhanden sind, ist dies vor allem für den Büro- und Verwaltungsbereich zu empfehlen.

⇒ Integration von Zeitschaltuhren
Ergeben sich aufgrund der Nutzung eines Raumes festgelegte Zeiten, in denen eine Beleuchtung nicht erforderlich wird, kann ein Ausschalten durch entsprechend programmierte Zeitschaltuhren gewährleistet werden. Da die Firma Kufner HB „rund um die Uhr“ den Produktionsprozess aufrecht erhält, ist auch diese Maßnahme nur in Ausnahmefällen möglich.

⇒ Einsatz von Bewegungsmeldern
Besonders im Bereich des Materiallagers und der Gänge kann durch den Einbau eines Bewegungsmelders nutzerabhängig eine ausreichende Beleuchtung garantiert werden. In sensiblen Bereichen sollte allerdings auf den Einsatz dieser Geräte verzichtet werden.

Als Langfristmaßnahme ist auch die Überlegung anzustellen, inwieweit im Rahmen einer notwendigen Dachsanierung der Einbau von Oberlichten eine sinnvolle Maßnahme zur Nutzung des Tageslichtes darstellen würde. Dies ist nicht nur aus Gründen des Wohlbefindens der Mitarbeiter sinnvoll, sondern auch zur Entlastung der künstlichen Beleuchtung.

Bei der Dachintegration von lichtdurchlässigen Flächen muss auf die Vermeidung von Blendung durch direktes Sonnenlicht geachtet werden. Gegebenenfalls bieten sich folgende Konstruktionen an:

⇒ Senkrechte Fensterintegration
⇒ Satteloberlichter
⇒ Pultoberlichter
⇒ Senkrecht- oder Schrägshed
⇒ Lichtkuppeln
⇒ Lichtstreuende Verglasung

Ein sinnvoller Vorschlag für eine dieser genannten Oberlichtkonstruktionen ist bei den vorliegenden Gegebenheiten eine Glasfläche von 2,5 m² im Abstand von ca. 6-8 Metern. Die lichtdurchlässigen Flächen sollten dabei einen Transmissionsgrad von 70% nicht unterschreiten. Geht man von einer durchschnittlich zu gewährleistenden Beleuchtung in der Produktionshalle von 300 – 500 Lux aus, kann bei sinnvoller Oberlichtkonstruktion auch bei bewölktem Wetter auf künstliche Beleuchtung nahezu verzichtet werden.

4.2.1.1.2 Elektroantriebe

Der Elektromotor ist der bei der Kufner HB am häufigsten eingesetzte Antrieb. Die Besonderheit ist allerdings, dass ein Großteil der Motoren bereits in den Produktionsanlagen integriert ist. Da nur in geringem Maße Lüftungs- und Kühlaggregate vorhanden sind, ist eine effizientere Nutzung der elektrischen Energie in den Produktionsmaschinen zu suchen.

Eine Möglichkeit einen effizienten Einsatz von elektrischen Maschinen/Motoren zu gewährleisten, ist der Einsatz von sogenannten Energiesparmotoren. Diese Motoren zeichnen sich bei gleicher Abgabe der Nutzenergie durch einen geringeren Strombezug aus.

Energiesparmoteren weisen gegenüber Standardmotoren neben ihrem geringeren Energiebedarf auch ein besseres Teillastverhalten und eine geringere Empfindlichkeit gegen Überlastung auf.

Der Energiesparmotor führt gegenüber einem Standardmotor zu einer Steigerung des Wirkungsgrades von ca. 3%. Da nur Asynchronmaschinen als Ersatz in Frage kommen, können bei einer theoretischen Bestimmung des Einsparpotenzials nicht alle elektrischen Maschinen angesetzt werden. Zur Berechnung des Einsparpotenzials wird nur der Anteil der Asynchronmaschinen in Höhe von 75% angesetzt. Da 76% des gesamten Verbrauchs an elektrischer Energie für die Produktionsmaschinen benötigt werden, ergibt sich ein theoretisch mögliches Einsparpotenzial in Höhe von 2% am gesamten Bezug elektrischer Energie.

Geht man für einen Energiesparmotor von Mehrinvestitionen in Höhe von 300 DM[4] aus, ergibt sich bei einer jährlichen Volllaststundenzahl der Maschine in Höhe von 6.000 h/a eine Einsparung in Höhe von 119 DM. Bei angenommenen Wartungskosten von 5 DM folgt daraus eine Amortisationszeit in Höhe von 34 Monaten. Da sich die spezifischen Investitionen bei größeren Motoren verringern, der Einspareffekt aber proportional wächst, ist die Amortisationszeit von größeren Motoren kürzer als die hier angegebenen 34 Monate.

Für einen 18,5 kW Drehstrommotor ergibt sich ein um 3% höherer Wirkungsgrad. Geht man von Mehrkosten in Höhe von 800 DM[4] aus, ergibt sich eine Einsparung in Höhe von 399,6 DM. Bei angenommenen Wartungskosten von DM 10,-/a folgt daraus eine Amortisationszeit in Höhe von ca. 2 Jahren.

Der Ersatz intakter konventioneller Motoren durch neue Energiesparmotoren ist nicht wirtschaftlich. Bei Ersatz von Motoren und bei Neuinvestitionen sollte die Wahl auf Energiesparmotoren fallen.

4.2.1.2 Lastmanagement

Das für die Vornahme eines Lastmangements notwendige Erfassungsgerät ist im Unternehmen vorhanden. Die Notwendigkeit eines Lastmanagements ergibt sich aus dem Tageslastgang. Für Kufner HB zeigt sich wegen des gleichmäßigen Verlaufes des Tageslastganges die Einführung zum jetzigen Zeitpunkt nicht notwendig und sinnvoll. Zur Eigenüberwachung sollten die Lastgangkurven kontinuierlich erfasst und ausgewertet, ggf. ein Lastmanagement eingeführt werden.

4.2.1.3 Druckluft

Die Erzeugung von Druckluft mit derzeit ca. 4% Anteil am gesamten Verbrauch elektrischer Energie spielt eine eher untergeordnete Rolle. Der gemessene Luftverbrauch beträgt ca. 10 m^3/min, wovon ca. 3,5 m^3/min als Verlust anzusetzen sind.

Durch die Verringerung der Leckageverluste sollten sich die Leckageverluste auf unter 10% der gesamten Drucklufterzeugung verringern. Die Leckagen sind im Bereich der Leitungen und vor allem an den Verbrauchern selbst (Sperrluft an Lagern) zu finden. Durch das Verringern der Kompressorlaufzeiten resultiert auch ein reduzierter Wartungsaufwand der Kompressoranlage. Die Amortisationszeit ist kleiner 1 Jahr (es fällt in der Regel nur die Arbeitszeit an).

Während man im Bereich der Leitungen die Abdichtung mit relativ einfachen Mitteln verbessern kann, zeigt sich dies im Bereich der angeschlossenen Geräte schwieriger und kostenintensiver. Es sollte deshalb wie folgt Ursachenermittlung betrieben und die Situation verbessert werden:

⇒ Vermeiden von „Reinigungsvorgängen“ mittels Druckluft
⇒ Kontrollieren der Druckluftleitungen in nichtproduktiven Phasen (Betriebsstillstand) – Erkundung der Leckagen und Abdichtung
⇒ Kontrolle der Verbraucher und Erkundung (Hörprobe) der Leckagen
⇒ evtl. Anbringen von Sperrventilen für die Möglichkeit, Teilstränge abzuschalten (Betriebsstillstand)
⇒ Erneute Bedarfsanalyse durchführen

Bei realistischer Reduzierung der Drucklufterzeugung um 25% entspricht dies einer Stromeinsparung von absolut ca. 1% des Jahresverbrauchs. Dies entspricht einer Menge von ca. 50 MWh/a.

Der Einsatz eines neuen Kältetrockners (Kältespeichersystem) ermöglicht eine Energieeinsparung von ca. 5,5 MWh/a. Die Investitionssumme beträgt ca. 9.000 DM. Es ergibt sich eine

Amortisation von größer 20 Jahren. Die Maßnahme ist somit unwirtschaftlich. Bei Ersatzinvestition sollte jedoch die Wahl auf ein Kältespeichersystem fallen.

4.2.1.4 Wärmerückgewinnung

4.2.1.4.1 Abwasser

Die bestehende WRG-Anlage (Abbildung 13 – Schema Wärmerückgewinnungsanlage) im Unternehmen entspricht dem Stand der Technik.

Die Energieausbeute kann durch die Installation eines dritten Wärmetauschers (siehe Abbildung 39) erhöht werden. Die Warmwassertemperatur erhöht sich dabei von derzeit 61,4°C auf 64,4°C.

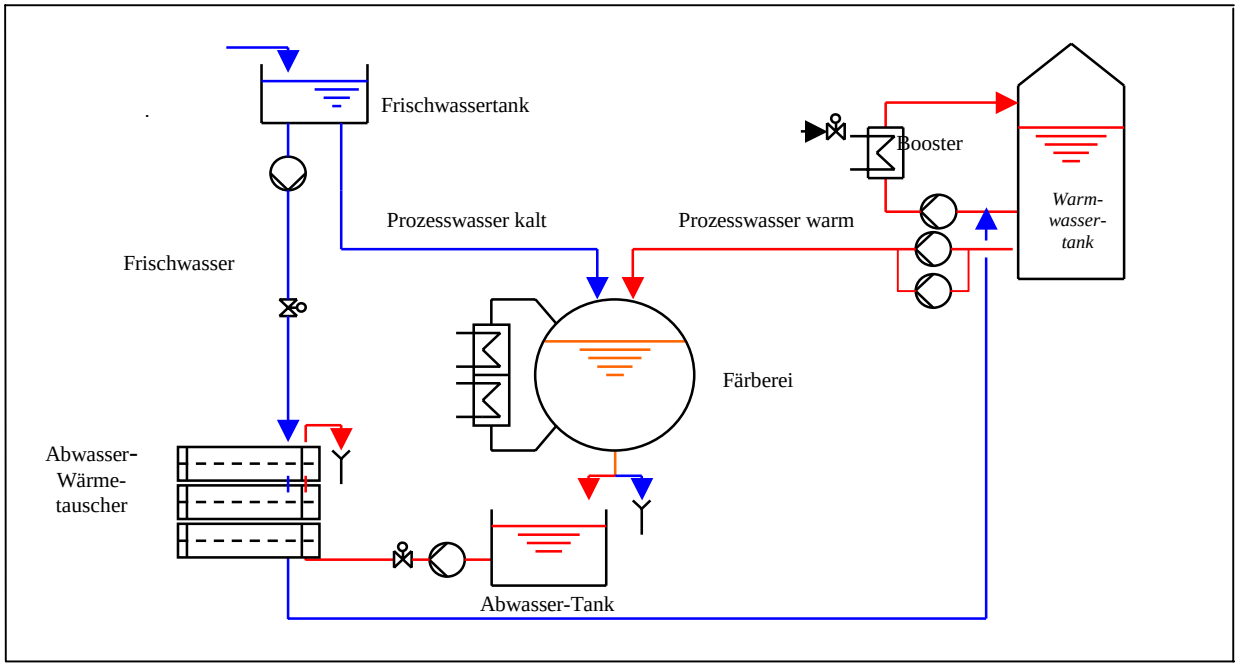


Abbildung 39 – Lösungsvorschlag Abwasserwärmerückgewinnung - Kufner HB

Mit der vorhandenen WRG werden vom Unternehmen bereits ca. 5.073 MWh/a Energie eingespart. Durch Installation dieses dritten Wärmetauschers (in Reihe zu den bestehenden) können weitere 335 MWh eingespart werden. Dies entspricht einer Menge von 36.074 m³ Erdgas oder ca. 18.000 DM/a.

Bei Investitionskosten von 25.000 DM (Rohrbündeltauscher und Installation) errechnet sich eine Amortisationszeit von ca. 1,4 Jahren. Die Umsetzung dieser Maßnahme wird empfohlen.

4.2.1.4.2 Abluft

Im Bereich der Abluftanlagen (SR, DK) bieten sich zwei Wege zur Energieeinsparung.

Feuchtegehalt der Umluft im Spannrahmen
Die Installation einer feuchtigkeitsgeregelten Abluftsteuerung im Trockner erfordert einen Investitionsaufwand von ca. 20.000 DM. Die Absenkung des LWV um mind. 20% sollte durch diese Maßnahme möglich sein, die relative Abluftfeuchte erhöht sich dabei auf 10%, was unter physikalischen Gesetzmäßigkeiten kein Problem bereitet.

Wärmemenge Trocknungsbereich (Einlauf)	2385 MWh/a
Energieeinsparung 20% durch geringeres Abluftvolumen	477 MWh/a

Unter Berücksichtigung der gleichbleibenden Abstrahlverluste des Spannrahmens selbst, wird eine Energieeinsparung von ca. 400 MWh/a angesetzt. Diese Wärmemenge entspricht einer Erdgasbezugsmenge von 43.000 m³/a. Bei Erdgaskosten von 0,50 DM/m³ beträgt die Amortisationszeit weniger als ein Jahr.

Im zweiten Schritt sollte auch die Absenkung des LWV, erst am Spannrahmen 2 und dann an Spannrahmen 1, durch die Installation einer feuchtigkeitsgeregelten Abluftsteuerung erfolgen.

Grundsätzlich bestehen im Bereich Abluft mehrere Möglichkeiten der Energierückgewinnung. Aufgrund der betriebsspezifischen Situation kommen in diesem Bereich die folgenden Verfahren jedoch nicht oder nur eingeschränkt in Frage:

⇒ Weitere Frischwassererwärmung
⇒ Erhöhung der Temperatur des bereits erwärmten Frischwasser
⇒ Luftvorheizung der Spannrahmenaggregate
⇒ Heizung Büroräume

Möglich sind jedoch Maßnahmen, die bei nachfolgenden Aggregatsgruppen beschrieben sind.

<u>Spannrahmen</u>
Der früher mit einer WRG (Luft/Luft-Tauscher) betriebene Spannrahmen kann mit einer neuen, dem Stand der Technik entsprechenden WRG, ausgerüstet werden. Die bereits vorhandene Infrastruktur (Abluftführung, Frischluftzuführung in den SR) kann genutzt werden. Zur Ausführung wird ein Luft/Luft Wärmetauscheraggregat (Prinzip siehe Abbildung 48) vorgeschlagen.

Berechnungsgrundlage bilden folgende Parameter:

Jährliche Produktionsstunden (Thermofixieren)	4828 h/a
Ablufteintrittstemperatur WRG (Mischtemp. SR-Gesamt)	74°C
Abluftmenge warm	17.600 kg/a
Austrittstempertaur WRG	67,6°C
Frischlufttemperatur kalt	20°C
Frischluftmenge kalt	8800 kg/h
Frischlufttemperatur (vorgewärmt)	58,3°C

errechnet sich eine Wärmeleistung von 118 kW. Dies entspricht einer jährlichen Energiemenge von 570 MWh oder einer Erdgasmenge von 61.300 m³. Die vorhandene Peripherie nutzend wird ein Investitionsaufwand für einen Luft/Luft-Wärmetauscher mit ca. 150.000 DM kalkuliert. Die Amortisationszeit beträgt 6 Jahre (Erdgaspreis von 0,50 DM/m³ Erdgas). Die Ausgliederung von Wärme in andere Bereiche des Unternehmens oder nach extern würde die Amortisationszeit erheblich verkürzen. Diese Maßnahme scheidet jedoch wegen fehlender Abnahmemöglichkeiten aus.

Weitere Abwärme könnte bei entsprechendem Bedarf (intern oder extern) an allen anderen Trocknungsaggregaten zurückgewonnen werden. Die Installation von Wärmerückgewinnungsanlagen ist ohne größere technische Veränderungen möglich. Ein Problem stellt die schwierige Wiedereinbindung im Bereich der bestehenden Spannrahmenaggregate dar, da die anderen Trocknungsaggregate nicht mit einem Frischluftzuführungssystem ausgestattet sind.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, aus allen Trocknungsprozessen sowie aus der Abluft der Thermoölanlagen Frischwasser zu erwärmen. Aufgrund der fehlenden Abnahme –schon jetzt steht genügend mit WRG erzeugtes Warmwasser zur Verfügung- ist eine Realisierung nicht möglich. Eine externe Abnahme zurückgewonnener Wärmeenergie scheidet aus. Ein Abnehmer ist bestenfalls in den Wintermonaten vorhanden.

Dampfkessel

Durch die Installation einer zweiten Wärmerückgewinnungsstufe im Abluftsystem des Dampfkessels könnten weitere ca. 1.750 MWh/a Wärmeenergie zurückgewonnen werden. Diese Wärmemenge könnte zur Vorwärmung des Frischwasser eingesetzt werden. Wegen der weiten Entfernungen vom Dampfkessel zum Warmwasserspeicher und der bereits vorhandenen, über dem Bedarf liegenden Warmwassermengen, ist diese Maßnahme nicht sinnvoll. Wenn in Zukunft Bedarf an weiteren Warmwassermengen besteht, wird diese Maßnahme zur Umsetzung empfohlen.

Thermoölkessel

Bei Ausstattung der bestehenden Thermoölkessel mit einer WRG errechnet sich eine Wärmemenge von 1.480 MWh/a. Wegen fehlender Abnahme, siehe Abhandlung Dampfkessel, scheidet auch hier eine Installation von Wärmerückgewinnungsanlagen aus. Sobald im Unternehmen weiterer Bedarf an Warmwasser besteht, wird diese Maßnahme zur Umsetzung empfohlen.

4.2.1.5 Wärmeisolierung

Ventile und Rohrleitungen sind bereits vollständig isoliert. Weitere Einsparmöglichkeiten in diesem Bereich bestehen nicht.

Im Bereich der Färbeapparate kann die Arbeitsplatzsituation, der Färbeprozess sowie der Energieverbrauch (Dampf) durch die Vornahme von Isolierungsmaßnahmen und die damit verbundene Eindämmung der Abstrahlverluste der Aggregate, verbessert werden. Dies wird erreicht durch ganzflächiges Einhausen der Färbeapparate incl. der damit verbundenen Peripherie.

Die Abstrahlverluste der Färbeaggregate unterscheiden sich aufgrund der unterschiedlichen Oberflächengrößen der Apparate. Es wurden berücksichtigt:

Arbeitstage	300 d/a
Färbeaggregatstemperatur 130°C	8 h/d
Färbeaggregatstemperatur 100°C	4 h/d
Gaspreis	0,50 DM/m³
Energieverlust Dampfkessel + Leitung	15%
Fläche Färbeaggregat 1	13,1 m²
Fläche Färbeaggregat 2	16 m²

Tabelle 13 – Amortisation Isolierung Färbeaggregate Kufner HB

	Färbeaggregat 1	**Färbeaggregat 2**
Investitionen für Material und Installation [DM]	10.000	11.000
Einsparung Erdgas [m³/a]	7.560	9.235
Einsparung [DM/a]	3.260	4.117
Amortisation [a]	**3,6**	**3**

Die Umsetzung dieser Maßnahme wird auch unter den Gesichtspunkten der Arbeitssicherheit und der Produktionsqualität empfohlen.

4.2.1.6 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Bei der Firma Kufner HB existiert noch keine KWK. Im Folgenden soll abgeklärt werden, ob der Betrieb einer KWK für das Unternehmen Kufner HB zweckmäßig ist. Die Auswahl der geeigneten Technologie richtet sich neben den Investitionen und Kosten der Aggregate vor allem nach dem benötigten Temperaturniveau. Motor-BHKW´s können nur einen Wärmebedarf von bis zu 100°C abdecken. Da bei Kufner HB deutlich höhere Temperaturen benötigt werden, wurde eine Beispielsrechnung für eine Gasturbine mit nachgeschalteteter Wärmeauskopplung als KWK-Anlage zugrunde gelegt. Diese Turbine ist in einem weiten Leistungsspektrum einsetzbar.

Für die Auslegung einer Gasturbine mit Dampf- bzw. Wärmeauskopplung wird in einem ersten Schritt die zur Laufzeitsimulation der Anlage notwendige Jahresdauerlinie für den Wärmebedarf erstellt. Sie basiert auf dem Erdgas-Tagesbezug des Betriebes Kufner HB und der derzeit bereits bestehenden Wärmerückgewinnung. Ein vermehrter Ausbau und das Ausnutzen der Wärmerückgewinnung beeinflusst die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlage negativ. Eine Entscheidung für eine der beiden Möglichkeiten der rationellen Energieverwendung sollte nur unter Berücksichtigung der jeweils anderen Alternative geschehen.

Die direkt befeuerten Anlagen des Unternehmens wurden aus dem gesamten Wärmebedarf ausgeklammert. Die über Thermoöl beheizten Trocknungsaggregate sind in der Jahresdauerlinie berücksichtigt. Auf Basis dieser korrigierten Gasbezugswerte konnte eine Tageslastkurve erstellt werden, die Grundlage einer Jahresdauerlinie darstellt. Diese ist mit der Jahresdauerlinie für Strom vergleichbar und nach gleichem Vorgehen erstellt worden. Dabei können mehrere Varianten der KWK-Einbindung gewählt werden. So ist ausgehend von der aus nachfolgender Dauerlinie (Abbildung 40) ersichtlichen Einturbinenfahrweise auch die Integration mehrerer baugleicher oder unterschiedlicher Anlagen möglich.

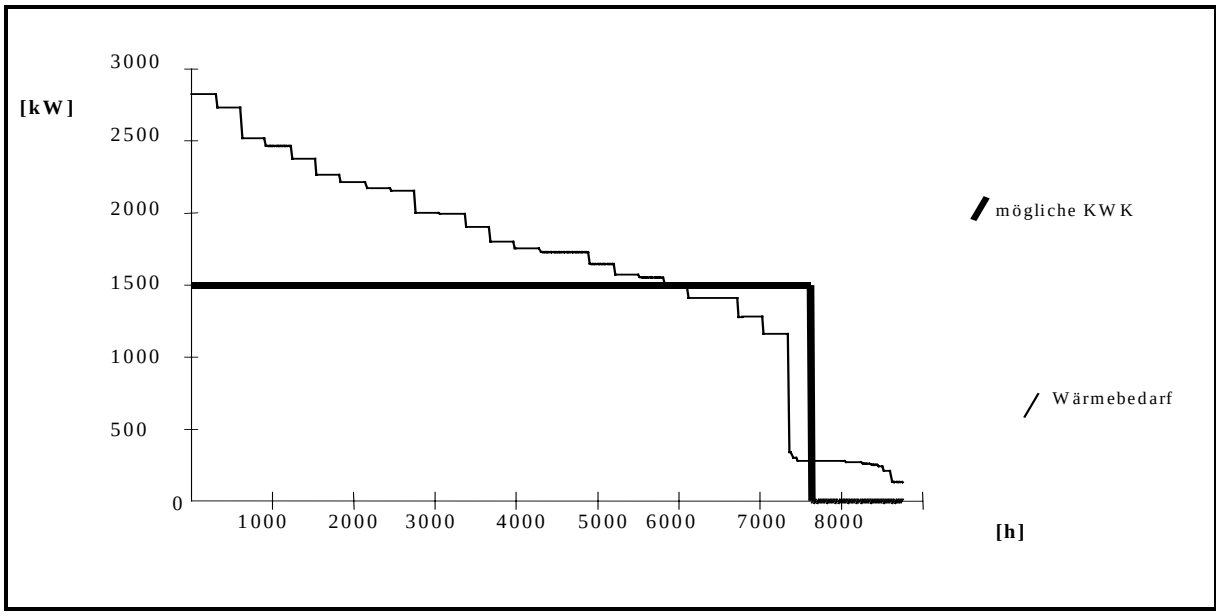


Abbildung 40 – Jahresdauerlinie Wärmelast Kufner HB

Der Wirkungsgrad verschlechtert sich im Teillastbereich und bei Veränderung des Strom/Wärme Verhältnisses. Dies entspricht nicht einer rationellen Energienutzung. Vor Realisierung einer KWK sollte auf Grundlage weiterer Tageslastgänge für Wärme verschiedene Kombinationen berechnet und auf Basis dieser die Feinplanung vorgenommen werden. In der hier durchgeführten Grobplanung ergibt sich, ausgehend von einer möglichst langen Laufzeit der KWK-Anlage, eine passende Anlagengröße. Folgende Parameter sind dabei von Relevanz[5]:

⇒ Elektrische Leistung der Anlage
⇒ Brennstoffeinsatz
⇒ Wärmenutzleistung bei Abkühlung des Abgases auf 140°C[1]
⇒ Dampferzeugung durch Abhitzekessel aus Gasturbinen-Abgas
⇒ Dampferzeugung durch Abhitzekessel aus Gasturbinen-Abgas bei maximaler Zufeuerung

Die zugrunde gelegte Anlage weist eine elektrische Leistung von 500 kW, bei einer thermischen Wärmenutzleistung von 1.500 kW, auf. Gasturbinenanlagen dieser Größenordnung haben einen Gesamtwirkungsgrad in Höhe von ca. 85%. Dabei kann die Fahrweise der Anlage durch den nachgeschalteten Abhitzekessel und einer Nachfeuerung dem unterschiedlichen thermischen Bedarf in Form von Sattdampf oder Thermoölerwärmung angepasst werden.

Die oben beschriebene Anlage weist nach der durchgeführten Simulation und unter der Annahme einer rein wärmegeführten Betriebsweise eine Laufzeit von 7.500 Stunden pro Jahr auf. Dabei werden 3.750 MWh Strom bereitgestellt, was 70% des gesamten Bedarfs an e-

[1] Als Planungsgröße angesetzt

lektrischer Energie des Jahres 1999 entspricht. Durch den wärmegeführten Betrieb tritt allerdings der Fall auf, dass in bestimmten Stunden mehr Strom bereitgestellt wird, als das Unternehmen benötigt. Dies führt, da elektrische Energie in diesen Mengen nicht wirtschaftlich speicherbar ist, zu einer Rückspeisung an den vorgelagerten Netzbetreiber in Höhe von 480 MWh pro Jahr. Auf Grundlage der Verbrauchsdaten 1999 ergibt sich daraus für Kufner HB die in Abbildung 41 ersichtliche Bilanz.

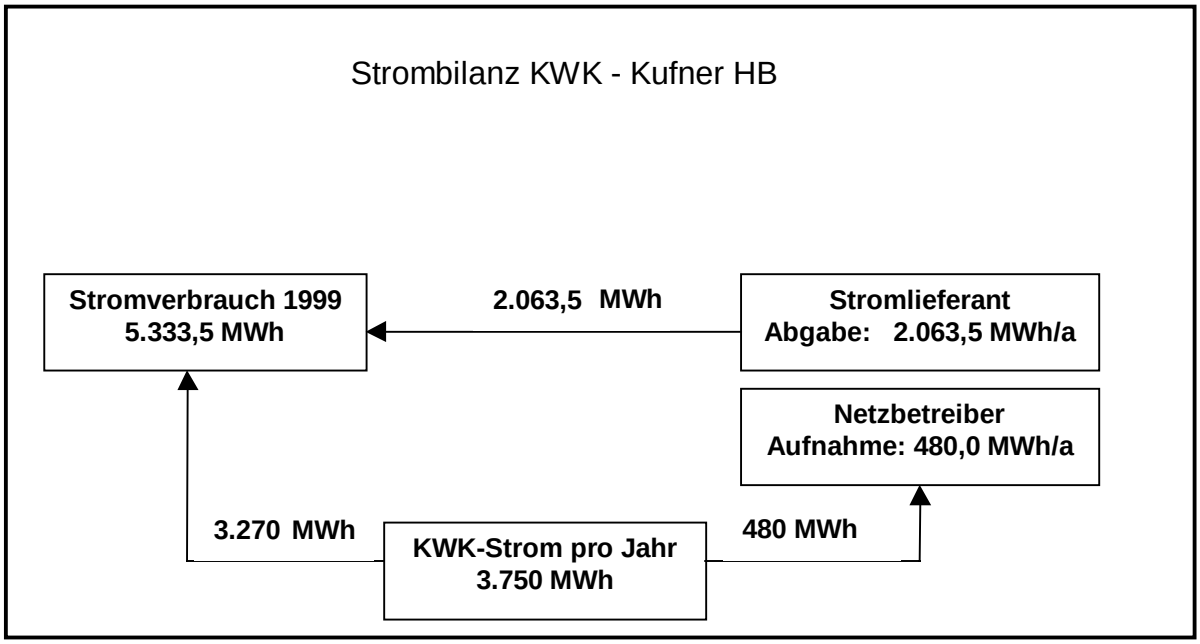


Abbildung 41 – Strombilanz KWK – Kufner HB

Grundsätzlich kann die in das Netz zu führende Strommenge von 480 MWh/a nach der Verbändevereinbarung II von einem anderen im Netzgebiet ansässigen Unternehmsteil wieder entnommen werden. Dabei wird die im KWK-Aggregat des Verbrauchers bereitgestellte Menge an elektrischer Energie mit der Abnahmenge an anderer Stelle verrechnet. Für diese Bilanzierung ist eine gleichzeitige Aufnahme der KWK-Strommenge (Viertelstundenmessung) und der Abnahmeleistung der dem Bilanzkreis angeschlosssenen Verbraucher erforderlich.

Wird für jede Kilowattstunde elektrischer Energie, die in der Kraft-Wärme-Kopplung bereitgestellt wird, eine Emissionsgutschrift erteilt und von diesen die zusätzlichen Emissionen aufgrund eines höheren Gaseinsatzes in der KWK-Anlage abgezogen, erhält man die Bilanz der ökologischen Auswirkungen einer solchen Anlage, mit einer CO_2-Reduktion von ca. 1.540 t/a.

Auf Basis der Betriebsdaten wurde eine Wirtschaftlichkeitsrechnung für eine KWK durchgeführt. Im Ergebnis ist zu beachten, dass es sich bei diesen Angaben um eine technische Nutzungszeit handelt. Die tatsächliche Nutzung kann deutlich höher liegen und das wirtschaftliche Ergebnis damit positiv beeinflussen.

Nachfolgende Beispielrechnung (Tabelle 14 und Tabelle 15) basiert auf der Grundlage einer Gasturbinenanlage[6] mit 500 kW elektrischer und 1.500 kW thermischer Leistung. Die Volllaststundenzahl pro Jahr beträgt 7.500 Stunden.

Tabelle 14 – Investitionsberechnung KWK - Kufner HB

	Investition [DM]	**Nutzungszeit [a]**	**Annuität Zins 6%**	**Kosten [DM/a]**
KWK-Anlage	620.000	15	0,1030	63.837
vorhandene Wärmeerzeugung als Spitzenkessel	0	20	0,0872	0
Abhitzekessel	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
Gesamte Investition und Kosten	**1.224.750**			**112.689**

Tabelle 15 – Jahresgesamtkosten KWK - Kufner HB

Gesamte Jahreskosten der KWK-Anlage	**Kosten [DM/a]**
Kapitalkosten	112.700
Wartung, Betrieb, Instandhaltung,1,5% der Investition ohne Gasturbine	9.100
Vollwartung KWK 10 DM/MWhel, 3.750 MWh/a	37.500
Arbeitspreis Gas 53,76 DM/MWh (0,50 DM/m³) x 17.648 MWh	948.700
Wärmegutschrift, konvent. Anlage, Nutzungsgrad 85%, je MWh_{th} 63,24 DM	-711.450
Stromvergütung vom Netzbetreiber, 480 MWh/a x 50 DM/MWh_{el}	-24.000
Stromvergütung , 3.270 MWh/a x 120 DM/MWh_{el}	-392.400
Jahresgesamtkosten	-19.850

optional Stromvergütung aufgrund Zertifikathandel 30 DM/MWh_{el}	-112.500
Jahresgesamtkosten mit Zertifikat	-132.350

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. Die Amortisationszeit dieser Anlage zeigt sich ohne Zertifikat bei 10,1 Jahren und mit Zertifaktshandel bei 5,25 Jahren (Inflationsrate 2%, dynamische Kalkulationsrechnung).

4.2.2 Bayerische Textil Werke Lothar Lindemann GmbH

4.2.2.1 Strom

4.2.2.1.1 Beleuchtungseinrichtungen

Die für BTW zu beachtenden Komponenten einer effizienten Beleuchtungstechnik sind vergleichbar mit den bei der Kufner HB aufgeführten Möglichkeiten. Vor allem der Ersatz der derzeitigen Lampen mit Leuchten und die Integration eines EVG ist auch hier eine sinnvolle Maßnahme in Bezug auf Leistungsverminderung. Auf einen alleinigen Austausch des Vorschaltgerätes sollte allerdings, entsprechend zur Empfehlung für Kufner HB, aufgrund des sehr arbeitsintensiven Vorgangs, hier verzichtet werden.

Die Räumlichkeiten der Firma BTW weisen eine Höhe von 3,5 bis 6 Meter auf. Der vorliegende Abstand der Lichtbänder in den einzelnen Räumen ist für ein optimales Ausleuchten geeignet. Die Neuinvestition sollte auch hier in Spiegelraster-Leuchten mit EVG erfolgen.

Die nachfolgende Amortisationsberechnung gibt Aufschluss über die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme.

Anzahl der derzeitigen Leuchten	443 Stück
Anzahl Lampen pro Leuchte	2 Stück
Bezugsleistung pro Leuchte	140 W
Gesamtleistung Beleuchtung	62 kW
Jährliche Volllaststunden	1.500 h/a
Gesamter Energieverbrauch Beleuchtung	93 MWh/a
Gesamtanzahl der Leuchten neu	443 Stück
Bezugsleistung pro Leuchte neu	55 W
Gesamtleistung Beleuchtung neu	24,3 kW
Gesamter Energieverbrauch Beleuchtung neu	36,45 MWh/a

Daraus folgt eine Einsparung der Leistung und Energie in Höhe von:

Einsparung der elektrischen Bezugsleistung	37,7 kW
Einsparung der elektrischen Energie	56,55 MWh/a

Tabelle 16 – Jahreskostenberechnung neue Beleuchtung - BTW

	Investition	Nutzungszeit [a]	Annuität Zins 6%	Kosten pro Jahr [DM/a]
Investition in Leuchten ohne Lampen je 140 DM	62.000	30	0,0726	4.504
Investition Lampen 10 DM	4.430	2	0,5454	2.416
Lampengutschrift für eingesparten Lampenaustausch	4.430	2		-2.416
Gesamte Investition und Kosten	**62.000**			**4.504**

Jahreskosten der Beleuchtungs-Anlage	
Kapitalkosten	4.504
Montageaufwand für Wechsel der ausgefallenen Lampen, pro Jahr	2.500
Stromgutschrift durch Energieeinsparung 56,55 MWh/a x 80 DM/MWh	-4.500
Stromgutschrift durch Leistungseinsparung 37,7 kW x 160 DM/kW	-6.000
Jahresgesamtkosten	**-3.496**

Es zeigt sich, dass auf Grundlage der dynamischen Annuitätenrechnung bei dem gewählten Zinssatz und den zugrundegelegten Vollbenutzungsstunden der Beleuchtungseinrichtung eine wirtschaftliche Ersatzinvestition der bestehenden Beleuchtungskörper in moderne Reflektorleuchten möglich ist. Die Maßnahme ist wirtschaftlich.

4.2.2.1.2 Elektroantriebe

Auch bei BTW ist der Elektromotor der am häufigsten eingesetzte Antrieb. Auch diese sind größtenteils in den Produktionsanlagen integriert.

In Bezug auf den effizienten Einsatz dieser Maschinen und Motoren sowie Aussagen zu Ersatz- und Neuanschaffungen, gelten die in Kapitel 4.2.1.1.2 getätigten Aussagen.

4.2.2.1.3 Lastmanagement

Das im Unternehmen bereits praktizierte Lastmanagement ist sinnvoll. Bei einem Ausbau wären jedoch weitere temporäre Abschaltungen der Aggregate notwendig. Hier wäre aber große Vorsicht geboten, da mit einer Abschaltung von Anlagen auch Produktionseinschnitte und mögliche Schäden am Textil verbunden sein können.

4.2.2.2 Druckluft

Wegen des geringen anteiligen Verbrauchs an elektrischer Energie spielt der Druckluftbereich eine eher untergeordnete Rolle.

Durch die Verringerung des Leitungsdruckes von 10 bar auf ca. 7,5 bar lässt sich eine Einsparung von 15% (16,4 MWh) oder 2.000 DM/a des Stromverbrauches realisieren. Die Umsetzung dieser Maßnahme ist bereits erfolgt.

Die vorhandene Leitung (1 Zoll) vom Kompressorraum bis zur Hallenverteilung ist aufgrund des geringen Volumens und zu geringen Leitungsquerschnitt empfindlich gegen starke Schwankungen im Luftverbrauch und der damit verbundenen Druckabnahme im Netz. Angeschlossene Verbraucher funktionieren daraufhin zeitweise nicht oder nur noch eingeschränkt. Als Lösung bietet sich die parallel zur bestehenden Leitung zu verlegende Kunststoffleitung mit einer Größe von einem Zoll. Weiter ist es möglich, einen weiteren Druckkessel als Pufferbehälter in das Druckluftnetz zu integrieren. Verbunden damit ist eine mögliche weitere Druckabsenkung auf unter 7,5 bar sowie die Erhöhung der Versorgungssicherheit.

Weitere Einsparungen in der Druckluftmenge von ca. 20 bis 25% können durch das Abdichten des Leitungssystems erreicht werden. Als Leckagemenge wurde ein Anteil von über 35% der erzeugten Druckluftmenge ermittelt (siehe Abbildung 42). Einsparungen von 21,9 MWh oder 2.600 DM/a sind realisierbar.

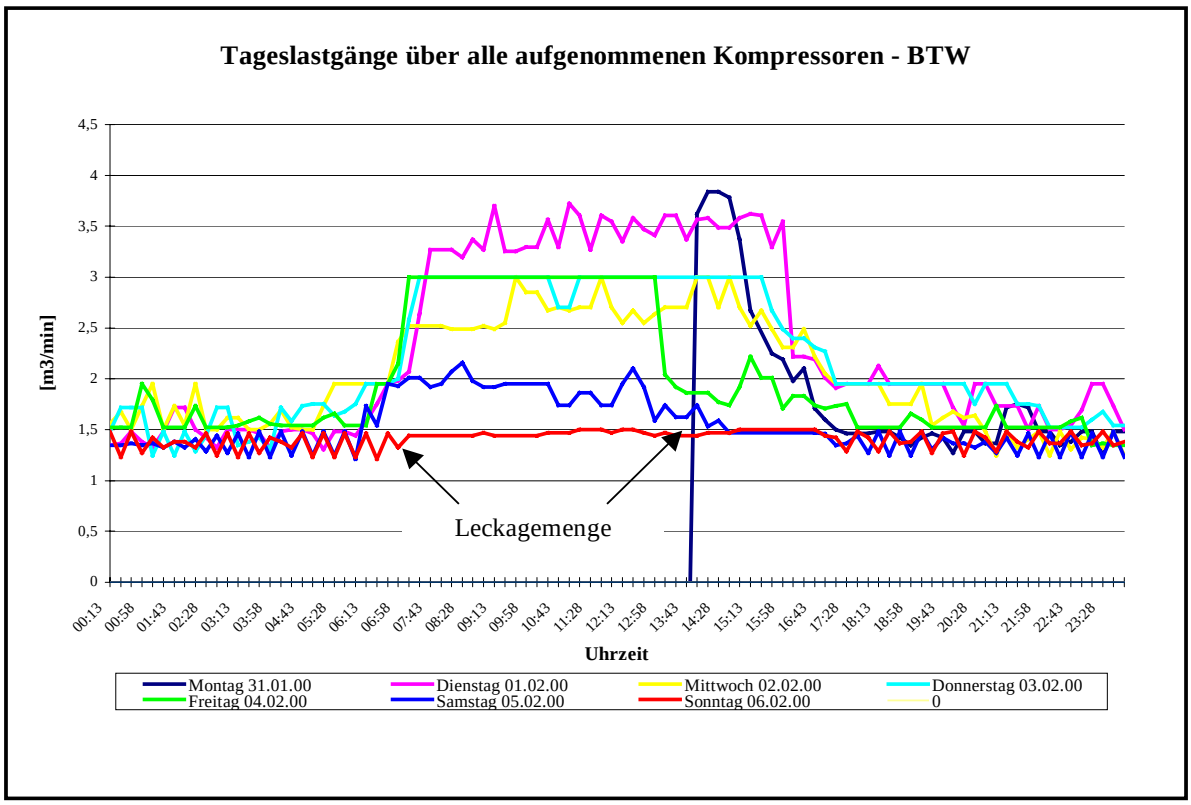


Abbildung 42 – Tageslastgänge über alle aufgenommenen Kompressoren - BTW

Das Trennen des Druckluftnetzes in den nichtproduktiven Phasen (Betriebsstillstand) kann durch den Einbau eines Druckhaltesystems erreicht werden. Dadurch werden die Leckagenmengen für diese Zeiten auf Null reduziert. Durch das Druckhaltesystem wird bei Wiederinbetriebnahme des Druckluftnetzes auch das „Überfahren“ der Druckluftaufbereitungsanlage vermieden.

Bei anstehender Ersatzinvestition des Kältetrockners sollte dieser durch einen sogenannten Energiespartrockner (Kältespeichersystem) ersetzt werden. Dieser Einsatz bringt eine weitere Einsparung von ca. 5,5 MWh/a. Der Investitionssumme dieses neuen Kältetrockners von 4.500 DM stehen jährliche Einsparungen von 300 DM gegenüber. Die Umsetzung dieser Maßnahme ergibt eine Amortisationszeit von größer 20 Jahren. Bei Ersatzinvestition sollte die Wahl auf ein Kältespeichersystem fallen.

4.2.2.3 Wärmerückgewinnung

4.2.2.3.1 Abwasser

Entschlichtungs- und Bleichanlagen

Die vorhandene WRG ist im Innenbereich des Wärmetauschers durch Korrosion irreparabel beschädigt. Dies wurde aufgrund der gemessenen Abwasser- und Frischwassertemperaturen im Einlauf und Auslaufbereich der WRG, bestätigt. Der Austausch des alten Wärmetauschers gegen einen neuen Rohrbündeltauschers lässt eine Einsparung von weiteren 236 MWh/a (25.400 m³ Erdgas) erwarten.

Einer Investitionssumme von 25.000 DM (Anlage und Installation) stehen einer jährliche Einsparung von ca. 12.700 DM gegenüber. Die Amortisationszeit beträgt somit ca. zwei Jahre.

4.2.2.3.2 Abluft

Es besteht bereits ein LWV von 10:1, welches als gut zu betrachten ist. Eine weitere Optimierung lässt sich durch die Neuanschaffung eines SR realisieren. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung dieser Maßnahme werden in Tabelle 17 ersichtliche Produktionsparameter herangezogen[7]:

Tabelle 17 – Berechnung Spannrahmenersatz alt gegen neu - BTW

	Spannrahmen Alt	Spannrahmen Neu
Warenart	CO 100%	CO 100%
Trockengewicht	136 g/m²	136 g/m²
Warenbreite	140 cm	140 cm
Prozess	Trocknen	Trocknen
Anfangsfeuchte	60%	60%
Endfeuchte	4%	4%
Trocknungstemperatur	150°C	150°C
Produktionsgeschwindigkeit	38 m/min	95 m/min
rel. Feuchte in der Abluft	10%	14%
Erdgaspreis	0,50 DM/m³	0,50 DM/m³
Strompreis	0,12 DM/kWh	0,12 DM/kWh
Lohnkosten	48,- DM/h	48,- DM/h
Raumkosten	3,- DM/m²Monat	3,- DM/m²Monat

Mit diesen Eckdaten ergeben sich bei 2.000 Betriebsstunden pro Jahr die in Tabelle 18 aufgeführten Kosten.

Tabelle 18 – Gegenüberstellung Kostenvergleich SR Alt – SR Neu

	Spannrahmen Alt	Spannrahmen Neu
Gasverbrauch	0,0128 m³/m²	0,011 m³/m²
Gaskosten	0,0064 DM/m²	0,0056 DM/m²
Stromverbrauch	0,025 kWh/m²	0,012 kWh/m²
Stromkosten	0,003 DM/m²	0,0015 DM/m²
Fixkosten	0,02 DM/m²	0,008 DM/m²
Gesamtkosten	41,72 DM/1.000 m²	21,35 DM/1.000 m²

Durch diese Maßnahme verringern sich die spezifischen Verbräuche und somit auch die Emissionen für Erdgas um ca. 12% und für Strom um ca. 50%.

Die Produktionskosten verringern sich ebenfalls um nahezu 50%. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Produktionsmenge in diesem Fall auf das 2,5 fache erhöht. Geht man von einer gleichen Produktionsmenge aus, errechnen sich für den bestehenden Spannrahmen Produktionskosten in Höhe von 97.356 DM/a gegenüber 190.243 DM/a. Diese Berechnung setzt allerdings voraus, dass Hallenmiete und Lohnkosten sich zur Veredelungsmenge linear verhalten, d.h. nicht höher werden bei fallender Benutzungszeit. In der Praxis stellt sich dieser Umstand natürlich ganz anders dar, d.h. die Fixkosten müssen auf die zu veredelnde

Menge umgelegt werden, was wiederum ein Ansteigen dieser Kosten bei fallender Produktionszeit nach sich zieht.

Selbst unter Annahme der linearen Absenkung der Fixkosten zu abnehmender Produktionsmenge ergibt sich bei einer Investitionssumme für einen neuen Spannrahmen mit ca. 1.000.000 DM, eine Amortisationszeit von 16 Jahren. Tatsächlich wird sie sich noch viel höher darstellen. Diese Maßnahme wird nicht zur Umsetzung empfohlen.

Grundsätzlich bestehen auch im Bereich Abluft mehrere Möglichkeiten der Energierückgewinnung. Diese sind nachfolgend beschrieben.

Spannrahmen und Trocknungsanlagen

Die bestehende Infrastruktur am Vorspannrahmen (Abluftführung und Frischluftrückführung) kann für die Neuinstallation eines „Luft/Luft-Wärmetauschers“ genutzt werden. Das noch installierte Wärmerad (derzeit abgeschalten) ist in diesem Falle zu entfernen.

Berechnungsgrundlage bilden folgende Parameter:

Jährlichen Produktionsstunden (Trocknen) von	3.080 h/a
Ablufteintrittstemperatur WRG	129°C
Abluftstrom warm	6100 kg/h
Abluft Austrittstempertaur WRG	82,8°C
Frischlufttemperatur kalt	20°C
Frischluftstrom kalt	3.070 kg/h
Frischlufttemperatur warm	114,9°C

errechnet sich eine Wärmeleistung von 83 kW. Dies entspricht einer jährlichen Wärmemenge von 289 MWh oder einer Erdgasmenge von 31.100 m³.

Auch hier die vorhandene Peripherie (z.B. Abluft- und Frischluftleitungen) nutzend wird ein Investitionsaufwand für einen Luft/Luft-Wärmetauscher mit ca. 150.000 DM kalkuliert. Die Amortisationszeit beträgt aufgrund der niedrigen Jahresbetriebsstunden bei 15 Jahren (Erdgaspreis von 0,50 DM/m³ Erdgas).

Weiteres Wärmerückgewinnungspotenzial liegt in der Erhöhung des dem Luft/Luft-Wärmetauschers zugeführten Frischluftanteils . Dadurch erniedrigt sich allerdings die Temperatur der Frischluft, welche für den Spannrahmen als Zuluft vorgesehen ist. Wegen Fehlens anderer Abnehmer scheidet diese Möglichkeit aus. Das dem Spannrahmen zugeführte Volumen (50% des Frischluftbedarfs) sollte bei Umsetzung dieser Maßnahme daher auf maximale Temperatur erwärmt werden.

Durch Installation eines „Luft/Wasser-Wärmetauschers“ am Endspannrahmen kann pro Stunde 7 m³ warmes Frischwasser auf 60°C erwärmt werden. Das erwärmte Frischwasser lässt sich im Bereich der Schablonenwaschanlage einsetzen. Durch diesen Einsatz werden die gewünschten Reinigungseffekte in kürzerer Zeit und mit weniger Wassereinsatz erledigt. Es ergeben sich Kostenvorteile durch die Verringerung des Arbeitsaufwandes sowie durch die Verringerung des Wassereinsatzes und somit dem Abwasseranfall. Eine Energieeinsparung ist mit dieser Maßnahme nicht verbunden.

Wegen der niedrigen Ablufttemperaturen und der geringen Abluftvolumina der geringen Betriebsstunden und auch der langen Rüstzeiten (Partiewechsel) sowie wegen fehlender Wärmeabnehmer ist eine Rückgewinnung der Abluftabwärmemengen der anderen Aggregate nicht sinnvoll und lohnenswert.

Dampfkessel/Thermoölkessel und Heizkessel (Büro)

Am Heizkessel (Raumheizung Büro) kann bei Warmwasserbedarf eine Abgaswärmerückgewinnungsanlage installiert und damit Brauchwasser erwärmt werden. Eine sinnvolle Nutzung dieser Wärme im Betrieb scheidet wegen der großen Entfernung zu diesen aus. Dies gilt auch für die mögliche Warmwassererwärmung des Dampfkessels zwei.

4.2.2.4 Wärmeisolierung

Das Dampfdrucknetz (Leitungen und Ventile) ist vom Verteilersystem her bis an die Verbrauchsaggregate umfassend isoliert. Im Bereich der Waschmaschine sowie an der Mercerisieranlage sollten die Ventile der Dampfzuleitung und der WRG noch isoliert werden. Eine Amortisationsrechnung konnte wegen der unsicheren Datenlage nicht vorgenommen werden. In jedem Fall ist diese mit maximal zwei Jahren zu gegeben. Die Maßnahme sollte deshalb durchgeführt werden.

4.2.2.5 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Die Umsetzung einer KWK-Anlage stellt sich für das Unternehmen BTW wesentlich schwieriger dar als für das Unternehmen Kufner HB. Auf die Produktion im Einschichtbetrieb abgestellt, muss ein wesentlich kleineres Aggregat gewählt werden. Diese Anlage ist spezifisch gesehen teurer in der Anschaffung, Wartung, dem Betrieb und der Instandhaltung. Die Zuverlässigkeit dieser Anlagen ist mit großen Aggregaten vergleichbar. Gerade in den letzten Jahren wurden diese technisch verfeinert, so dass heute sogenannten Microturbinen (bis 40 kWel) auf dem Markt erhältlich sind.

Um einen detaillierten Überblick der Möglichkeiten eines KWK-Einsatzes und dessen Möglichkeiten zur rationellen Energieverwendung zu bekommen, wurde auch für das Unternehmen BTW eine Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs erstellt. Dabei sind die direkt mit Erdgas befeuerten Prozessanlagen aus dem Wärmebedarf ausgeklammert.

Wird diese Wärmemenge der direkt mit Erdgas befeuerten Anlagen in Höhe von 3,837 MW mit der durchschnittlichen Benutzungsstundenzahl von 2.000 h/a multipliziert, ergibt sich die Erdgasmenge, die vom Gesamtbezug in Höhe von 14.403 MWh/a abzuziehen ist. Aus diesen Überlegungen folgt, dass 7.674 MWh/a durch die direktbefeuerten Anlagen verbraucht wird. Über die KWK-Anlage sind demnach noch 6.729 MWh/a abzudecken. Bei einem zugrunde zu legenden Wirkungsgrad der bestehenden Anlage im Unternehmen in Höhe von 85% errechnet sich ein Wärmemenge in Höhe von 5.719,6 MWh/a. Dies teilt sich auf in die als Dampf benötigte Wärmeenergie und das Erhitzen des Thermoöls. Desweiteren ist ein geringer Anteil für die in den Verwaltungsräume benötigte Raumwärme zu berücksichtigen.

Aus diesen Angaben folgt eine auf den Prozesswärmebedarf abgestimmte Jahresdauerlinie (Abbildung 43).

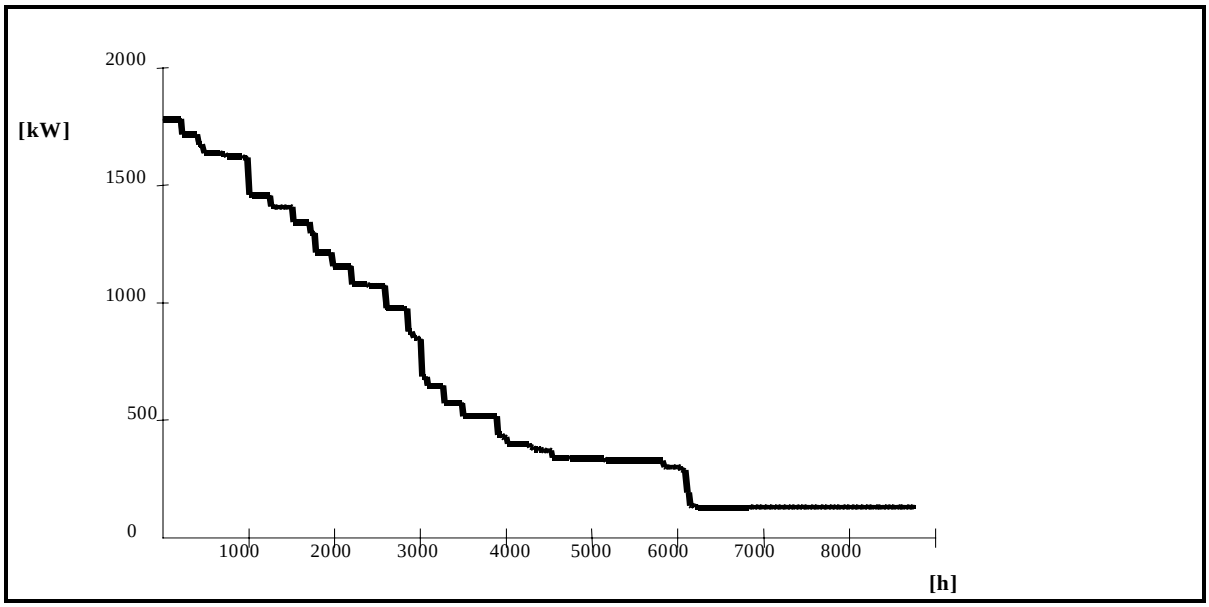


Abbildung 43 – Jahresdauerlinie Wärmelast[8] BTW

Um eine ausreichende Laufzeit der Gasturbine zu erreichen, darf diese eine thermische Leistung in Höhe von 300 kW nicht überschreiten. Diese Zahlen zugrunde gelegt, ergibt die Simulation einer KWK-Anlage folgendes Ergebnis (Abbildung 44):

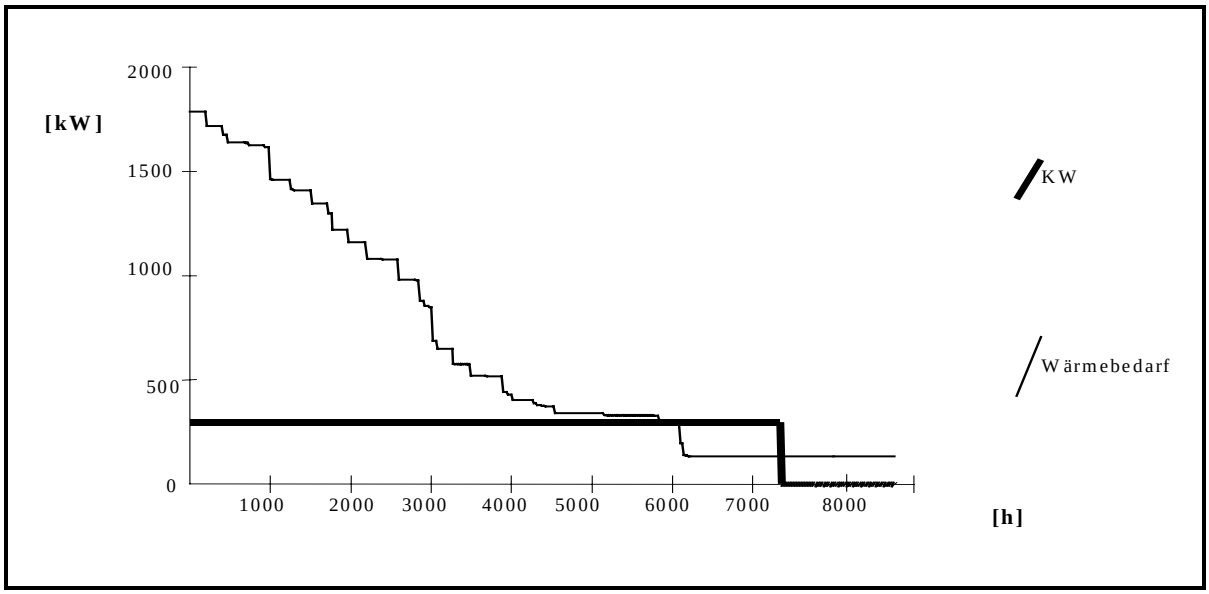


Abbildung 44 – Jahresdauerlinie KWK und Wärme BTW

Die KWK-Anlage genannter Größe kommt zu einer Jahreslaufzeit in Höhe von 7.400 Stunden und ist damit zu vergleichen mit den Werten bei der Firma Kufner HB. Würde die gleiche Gasturbine mit einer thermischen Leistung in Höhe von 1.500 kW gewählt werden, würde sich eine Laufzeit von nur 1.200 Stunden[2] pro Jahr ergeben. Zur Bereitstellung der derzeit benötigten Prozesswärme sind folgende konventionellen Aggregate momentan noch in Betrieb:

⇒ Dampfkessel 5 t, 3,26 MW
⇒ Dampfkessel 2 t, 1,312 MW

Beide Anlagen werden mit Erdgas beziehungsweise in Spitzenlastzeiten (Abschaltvertrag mit Erdgasversorger) mit Heizöl EL befeuert.

Nach der durchgeführten Simulationsrechnung ergibt sich für das Unternehmen folgende Bilanzierung (Abbildung 45).

[2] Angaben ohne Teillastbetrieb

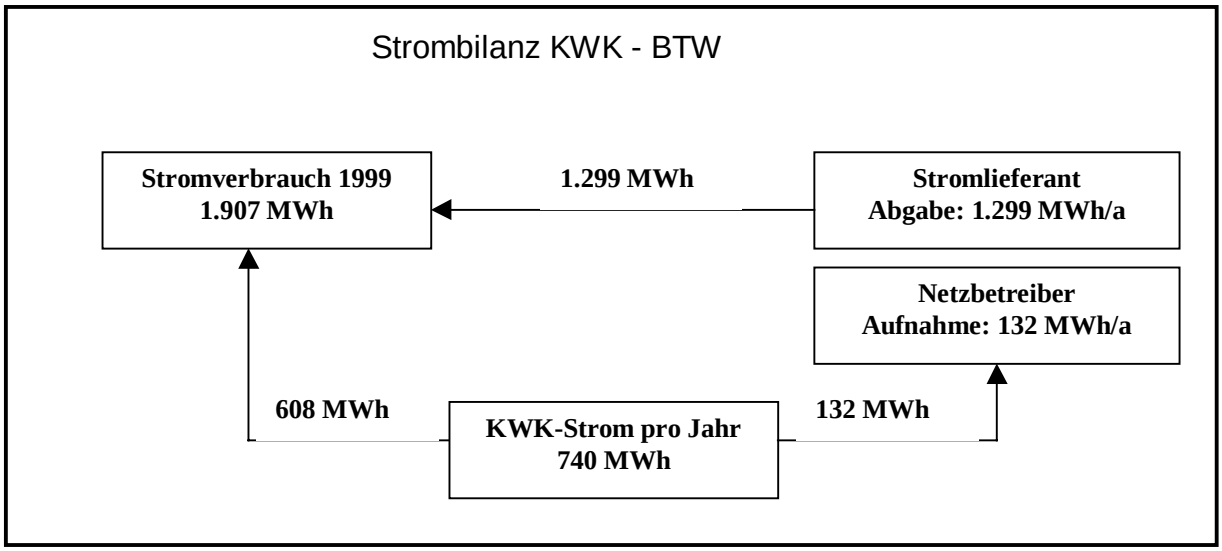


Abbildung 45 - Strombilanz KWK – BTW

Auf Basis vorgenannter betrieblicher Daten wurde eine Wirtschaftlichkeitsrechnung für ein KWK-Aggregat durchgeführt. Auch in diesem Fall kann die technische Nutzungszeit von der tatsächlichen Nutzung positiv abweichen und das wirtschaftliche Ergebnis positiv beeinflussen. Nachfolgende Beispielrechnung basiert auf der Grundlage einer Gasturbinenanlage (Microturbine) mit 100 kW elektrischer und 300 kW thermischer Leistung. Die Volllaststundenzahl pro Jahr beträgt 7.400 Stunden.

Tabelle 19 - Investitionsberechnung KWK - BTW

	Investition	Nutzungszeit	Annuität Zins 6%	Kosten [DM/a]
KWK-Anlage	175.000	15	0,1030	18.018
Gaszuleitung angleichen	35.000	30	0,0726	2.543
vorhandene Wärmeerzeugung als Spitzenkessel	0	20	0,0872	0
Abhitzekessel	65.000	20	0,0872	5.667
Rohrleitungen, Pumpen Armaturen	32.000	20	0,0872	2.790
MSR-Technik, Leittechnik	18.500	20	0,0872	1.613
elektrischer Anschluss	7.500	30	0,0726	545
Kaminsanierung	25.000	50	0,0634	1.586
20% Planung, Genehmigung und Sonstiges	71.600	30	0,0726	5.202
Gesamte Investition und Kosten	**429.600**			**37.964**

Tabelle 20 – Jahresgesamtkosten KWK - BTW

Gesamte Jahreskosten der KWK-Anlage	**Kosten [DM/a]**
Kapitalkosten	38.000
Wartung, Betrieb, Instandhaltung,1,5% der Investition ohne Gasturbine	3.800
Vollwartung KWK 20 DM/MWhel, 740 MWh/a	14.800
Arbeitspreis Gas 53,76 DM/MWh (0,50 DM/m³) x 3.486 MWh	187.400
Wärmegutschrift, konvent. Anlage, Nutzungsgrad 85%, je MWh_{th} 63,24 DM	-140.400
Stromvergütung vom Netzbetreiber, 132 MWh/a x 50 DM/MWh_{el}	-6.600
Stromvergütung , 608 MWh/a x 120 DM/MWh_{el}	-73.000
Jahresgesamtkosten	**24.000**
optional Stromvergütung aufgrund Zertifikathandel 30 DM/MWh_{el}	-22.200
Jahresgesamtkosten mit Zertifikat	**1.800**

Aufgrund der wesentlich kleineren Anlage als bei der Firma Kufner HB ergeben sich spezifisch höhere Investitionen und Wartungsausgaben. Bei einer Investitionssumme von ca. 430.000 DM entstehen jährliche Kapitalkosten von 38.000 DM. Anders als bei Kufner HB führt der Einsatz einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage bei BTW zu keinem positiven Ergebnis. Dies ändert sich auch nicht durch die Berücksichtigung der vom Gesetzgeber geplanten Zertifikatsvergütung in Höhe von 30 DM/MWh elektrischer Energie. D.h. der Amortisationszeitpunkt liegt hinter dem Reinvestitionszeitpunkt – die Maßnahme zeigt sich somit als unwirtschaftlich.

4.2.3 Einsparpotenziale der Unternehmen im Überblick

Die in beiden Unternehmen ermittelten Einsparpotentiale sind nachfolgend dargestellt (Tabelle 21 und Tabelle 22).

Tabelle 21 – Amortisationszeiten - Kufner HB

Maßnahme	Amortisationszeit
Umbau der Beleuchtung unter Verwendung von EVG – Einsparung 2,6% des Stromverbrauchs	Größer 10 Jahre Einsparung von 250 DM/a bei Betrachtung d. gesamten Nutzungszeitraumes (30 Jahre)
Einsatz Energiesparmotoren – Senkung des Stromverbrauchs um 2%	2 bis 3 Jahre je nach Motorgröße – nur bei Ersatz- oder Neuinvestitionen vornehmen
Verringerung Leckageverluste im Druckluftnetz auf 10% - Senkung des Stromverbrauchs um 1%	Kleiner 1 Jahr
Einsatz Kältetrockner (Kältespeichersystem) – Senkung des Strombedarfs um 0,1%	Größer 20 Jahre bei jetzigem Austausch
Installation dritte Stufe Abwasser-WRG – Senkung des Erdgasverbrauchs um 1,3%	1,4 Jahre
Einbau und Betrieb feuchtigkeitsgeregelter Abluftsteuerung im Trockner – Senkung Erdgasverbrauch um 1,5%	Kleiner 1 Jahr
Einbau und Betrieb eines Luft/Luft Wärmetauschers in SR 1 – Senkung des Erdgasverbrauchs um 2,2%	6 Jahre
Isolierung der Färbeaggregate – Einsparung der Erdgasmenge um 1,5%	Färbeapparate klein – 3,6 Jahre Färbeapparte groß – 3 Jahre
Einbau und Betrieb einer KWK mit einer elektrischen Leistung von 500 kW (Wärmenutzleistung 1.500 kW) – Reduzierung der CO_2-Emission um 17,5%	Ohne Zertifikatshandel 10,1 Jahre Mit Zertifikatshandel 5,25 Jahre

Weiter besteht noch ein mögliches wirtschaftliches Einsparpotenzial durch die Nutzung eines Abschaltvertrages beim Gasbezug. Diese Maßnahme kann erst einer Amortisationsberechnung unterzogen werden, wenn der Lieferant den dafür einzusparenden Leistungspreis nennt.

Tabelle 22 – Amortisationszeiten - BTW

Maßnahme	Amortisationszeit
Installation Spiegelrasterlampe mit EVG – Reduzierung des Stromverbrauchs um 2,9%	Größer 10 Jahre Einsparung von 3.500 DM/a bei Betrachtung d. gesamten Nutzungszeitraumes (30 Jahre)
Einsatz Energiesparmotoren – Senkung des Stromverbrauchs um 2%	6 bis 9 Jahre je nach Motorgröße – nur bei Ersatz- oder Neuinvestitionen vornehmen
Senkung des des Druckes im Druckluftnetz von 10 auf 7,5 bar Verringerung Strombezug um 0,85%	Kleiner 1 Jahr
Verringerung Leckageverluste im Druckluftnetz auf 10% - Senkung des Stromverbrauchs um 1,15%	Kleiner 1 Jahr
Einsatz Kältetrockner (Kältespeichersystem) – Senkung des Strombedarfs um 0,3%	Größer 20 Jahre bei jetzigem Austausch
Ersatz des vorhandenen Abwasserwärmetauschers – Reduzierung Erdgasverbrauch um 1,6%	2 Jahre
Einbau und Betrieb eines Luft/Luft Wärmetauschers in SR 1 – Senkung des Erdgasverbrauchs um 2%	15 Jahre
Neuanschaffung des Vorspannrahmens – Reduzierung des Erdgasverbrauchs um 12% Reduzierung des Stromverbrauchs um 50%	Größer 16 Jahre
Isolierung Warmwasser und Dampfleitungen und –ventile	Kleiner 2 Jahre
Einbau und Betrieb einer KWK mit einer elektrischen Leistung von 100 kW (Wärmenutzleistung 300 kW) – Reduzierung der CO_2-Emission um 7,2%	Keine – Amortisationszeitpunkt liegt nach dem Reinvestitionszeitpunkt

Weiter besteht noch ein wirtschaftliches Einsparpotenzial der Abwasserkosten durch Reduzierung der Abwassermenge im Bereich der Schablonenwäsche. Mittels Versuchen sollte geklärt werden, welche Wassereinsparung, mit der Verwendung von Warmwasser anstatt Kaltwasser, vorliegt. Aufbauend auf diese Zahlen und auf die damit auch verbundenen geringeren Reinigungszeiten muss die Amortisationsberechnung erfolgen.

5 Allgemeine Handlungsempfehlungen für die Textilveredelungsindustrie

5.1 Beleuchtung

Die Beleuchtung stellt in der Textilveredelungsindustrie einen relativ geringen Anteil am gesamten Verbrauch elektrischer Energie dar. Dies liegt an dem sehr hohen Bedarf der elektrischen Maschinen in den unterschiedlichen Prozessen.

Handlungsbedarf ist gegeben bei frei strahlenden Leuchten mit konventionellem Vorschaltgerät und bei verschmutzten Reflektoren oder Beschwerden der Mitarbeiter über eine unzureichende Beleuchtung. Diese Beschwerden können aus einer Blendung, ungewünschten Reflexionseffekten und einer zu hohen oder zu niedrigen Beleuchtungsstärke resultieren. Einer dieser Hinweise sollte schon genügen, im Rahmen einer detaillierten Untersuchung ein Sanierungskonzept zu erarbeiten. Es besteht auch die Möglichkeit die notwendigen Sanierungsarbeiten im Rahmen eines Contractingvertrages abwickeln zu lassen.

Eine den Arbeitsbedingungen und –abläufen angepasste Beleuchtung ist eine Grundvoraussetzung für die Verhütung von Unfällen und arbeitsplatzbedingten Erkrankungen und für die qualitätsgerechte Produktion.

Die Maßnahmen

⇒ Auswahl energiesparender Lampen,
⇒ Leuchten mit einer wirkungsvollen und gleichmäßigen Beleuchtung,
⇒ Effiziente Vorschaltgeräte,
⇒ lichttechnisch optimierte Leuchten und effiziente Beleuchtungssysteme, sowie
⇒ verbesserte Methoden der Planung (integrierte Planung) und Regelung der Beleuchtungsanlagen

ermöglichen Energie- und Kosteneinsparungen bis zu 60% (bezogen auf die elektrische Leistung der Beleuchtung).

Neben der Leuchtenerneuerung sollten auch die Möglichkeiten genutzt werden, die Beleuchtung konsequent nutzungsabhängig zu betreiben. Ansatzpunkte stellen dar:

⇒ Lichtsensoren zur lichtgesteuerten Beleuchtung
⇒ Tageslichtausnutzung
⇒ Einzelabschaltung von Leuchten

⇒ Zeitschaltuhren
⇒ Energiesparendes Verhalten der Beschäftigten

Glühlampen sind infolge ihres schlechten Wirkungsgrades (<7%) und ihrer kurzen Lebensdauer grundsätzlich durch Leuchtstofflampen zu ersetzen. Bei der Beschaffung sollte allerdings beachtet werden, dass es auch bei Kompaktsparlampen nicht nur Preis-, sondern auch Qualitätsunterschiede gibt. Insbesondere sollte auf eine garantierte Lebensdauer (z.B. 15.000 Stunden) und auf eine geringe Netzbeeinflussung (cos phi >0,85).

5.2 Elektrische Maschinen

Ein großes Einsparpotenzial beim Einsatz der im Produktionsprozess notwendigen Antriebsenergie liegt in der Optimierung der elektrischen Maschinen. Hier gewährleistet eine ausreichende und an den jeweiligen Produktionsprozess ausgelegte Dimensionierung einen effizienten Einsatz elektrischer Energie. Aber auch die Verbesserung des Arbeitsprozesses und die Wahl eines geeigneten Motors kann zu beträchtlichen Energieeinsparungen führen. Von einem Elektromotor sind oftmals eine Vielzahl unterschiedlicher Lastbeanspruchungen zu erfüllen. Der Einsatz einer geeigneten Steuerung oder Regelung ist deshalb besonders wichtig.

Eine Energie- und Kosteneinsparung der elektrischen Maschinen ist immer als Bestandteil des Gesamtprozesses zu sehen. Daher ist es auch zu empfehlen, bei Modernisierungen von Gesamtanlagen eine abgestimmte Umsetzung elektrischer Maschinen durchzuführen. Im Gegenzug sollte eine Neuanschaffung einer elektrischen Maschine auch zur Optimierung weiterer Verbraucher genutzt werden. Eine alleinige Betrachtung der Antriebstechnik verdeckt in vielen Fällen vorhandene Energiesparmöglichkeiten.

Durch Entwicklungserfolge im Bereich des Antriebsbaues, der Leistungs- und Steuerungselektronik und in der Prozessautomatisierung konnten erhebliche Fortschritte im Hinblick auf die Effizienzsteigerung erzielt werden.

Für die Planung und den Betrieb elektrischer Antriebe unter energie- und kostensparenden Gesichtspunkten ist die Kenntnis vom aktuellen Stand der Technik demnach unerlässlich. Neben verbesserten elektrischen Maschinen sind vor allem komfortable und intelligente Antriebsregelgeräte am Markt verfügbar, die mit Hilfe von Komponenten der Informationselektronik komplexe Steuerungs-, Regelungs-, Schutz- und Optimierungsaufgaben übernehmen können.

Dabei bieten sich grundsätzlich folgende Möglichkeiten an:

⇒ Wirkungsgradsteigerung der unterschiedlichen Komponenten eines Antriebs
⇒ Nutzung von neuen Wirkprinzipien bei der Wandlung von elektrischer Energie
⇒ Verwendung von drehzahlgesteuerten Antrieben
⇒ Angleichung der Nutzenergie an den elektrische Antrieb
⇒ Optimierung der Betriebsführung durch die Anbindung der Antriebe an Automatisierungssysteme

Um einen möglichst rationellen Einsatz bei elektrischen Maschinen bzw. Antrieben zu erreichen, sind alle Antriebskomponenten auf ihr Einsparpotenzial zu untersuchen. Die unterschiedlichen Bereiche dabei sind:

⇒ Elektrische Motorverluste
⇒ Stromrichter- bzw. Umrichterverluste
⇒ Hilfseinrichtungsverluste
⇒ Mechanische Verluste
⇒ Prozessverluste

Weiter stehen elektrische Maschinen/Antriebe in Textilveredelungsbetrieben, hauptsächlich im Bereich Transport, beziehungsweise Güterförderung, in Verwendung. Eine Vielzahl von Strömungsmaschinen, wie Pumpen, Ventilatoren und Verdichter sind außerdem im Einsatz.

Es werden dabei sowohl Gleichstrom- als auch Wechselstrom-Asynchronmotoren eingesetzt. Letztere zeichnen sich durch ein sehr schlechtes Teillastverhalten[9] aus. Bei einer Teillast unter 50% der Nennbetriebsleistung fällt der Wirkungsgrad rapide ab. Gleichzeitig zu diesem immer ungünstiger werdenden Verhältnis zwischen der aufgenommenen Endenergie Strom und der abgegebenen Nutzenergie steigt auch der Blindstrombezug des Elektromotors. Eine Blindstromkompensationsanlage schafft wirksame Abhilfe. Der Wirkungsgradverlust lässt allerdings im zu prüfenden Einzelfall erhebliches Einsparpotenzial erwarten.

Je nach spezieller Leistungscharakteristik können unterschiedliche Effizienzstrategien verfolgt werden. Zeigt zum Beispiel der Elektromotor eine permanente Auslastung, die ca. 30% der Nennleistung beträgt, so kann eine Sternschaltung hier Abhilfe schaffen. Aber auch für weitere Leistungskurven lassen sich sinnvolle Lösungen finden. Vor allem die zahlreichen Strömungsmaschinen zur Luftzirkulation können mit sogenannten Frequenzsteuerungen einen effizienten Betrieb sicherstellen. Nachfolgend schematisch dargestellt (Abbildung 46) ist der Lastverlauf eines Tages, wobei die obere Linie 100% Nennlast repräsentiert:

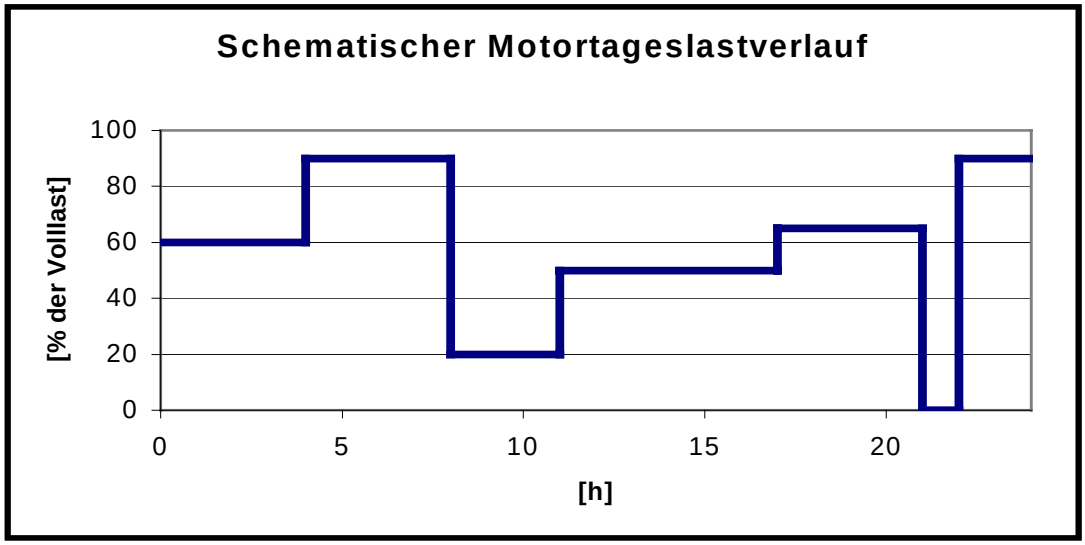


Abbildung 46 – Schematischer Motortageslastverlauf

Der Motor weist ein schlechtes Teillastverhalten auf.

Grundsätzlich sollte bei einer Neuanschaffung einer elektrischen Maschine die Leistungsauslegung mit möglichst geringen Sicherheitsaufschlägen versehen werden. Dies ist ohne weiteres zulässig, da ein moderner Elektromotor eine befristete Belastung bis zu ca. 50% über Nennlastzeit schadlos übersteht. Sicherzustellen ist hier allerdings, dass die thermische Belastungsgrenze des Motors nicht überschritten wird. Desweiteren kann bei belastungsvariablen Motoren der Einsatz einer frequenzgesteuerten Regelung sinnvoll sein.

5.3 Kraft-Wärme-Kopplung

5.3.1 Allgemein

Ein Schwerpunkt im Bereich der rationellen Energiebereitstellung ist die verstärkte Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung. Dieser Form der gleichzeitigen Bereitstellung von Prozesswärme und Eigenstromversorgung wird in der Industrie derzeit trotz erheblicher Preissenkungen in der Strombeschaffung ein hohes Einsatzpotenzial zugeschrieben. Dies liegt vor allem in der Möglichkeit der Mitversorgung und Stromdurchleitung zu weiteren Betriebsteilen oder Externen, der Begünstigung durch die ökologische Steuerreform und der nach neuer Verbändevereinbarung II möglichen Bilanzkreisbildung mehrerer räumlich voneinander getrennt liegender Stromverbraucher in der Firma. Desweiteren werden derzeit von der Bundesregierung Maßnahmen diskutiert, diese Technologie langfristig und nachhaltig zu unterstützen. Dabei wird momentan die Einführung einer KWK-Quote mit nachfolgendem Zertifikathandel diskutiert.

Der Begriff Kraft-Wärme-Kopplung bezeichnet die gleichzeitige Erzeugung von elektrischer Energie und Heizwärme aus einem Aggregat. Die zum Einsatz gebrachte Primärenergie wird somit parallel und zeitgleich in mechanische und thermische Nutzenergie umgewandelt. Die in KWK – Anlagen anfallende Wärme, die an unterschiedliche Träger (Kühlwasser, Motoröl, Abgas) gebunden ist, wird dem Prozess durch Wärmeübertrager entzogen. Durch diese an die Stromerzeugung gekoppelte Wärmenutzung wird der eingesetzte Primärenergieträger wesentlich effizienter genutzt als bei der aktuellen Nutzenergiebereitstellung durch externen Strombezug und eigener konventioneller Wärmebereitstellung[9, 10].

Liegt in einem Betrieb eine permanente und nahezu gleichmäßige Abnahme an Wärme und elektrischer Energie vor, sollte in jedem Fall die Möglichkeiten des Einsatzes einer KWK-Anlage geprüft werden. Dabei ist vor allem auf das benötige Temperaturniveau des Wärmeüberträgers (Thermoöl, wenn vorhanden) zu achten. Liegt Niedertemperaturwärme bis 100°C vor, kann ein BHKW eingebunden werden. Benötigt man höhere Temperaturen oder Dampf, bietet z.B. eine Gasturbine eine sinnvolle Option.

Der Unterschied von KWK-Anlagen zu getrennter Wärme- und Stromerzeugung wird prinzipiell in der nachfolgenden Abbildung (Abbildung 47) erläutert:

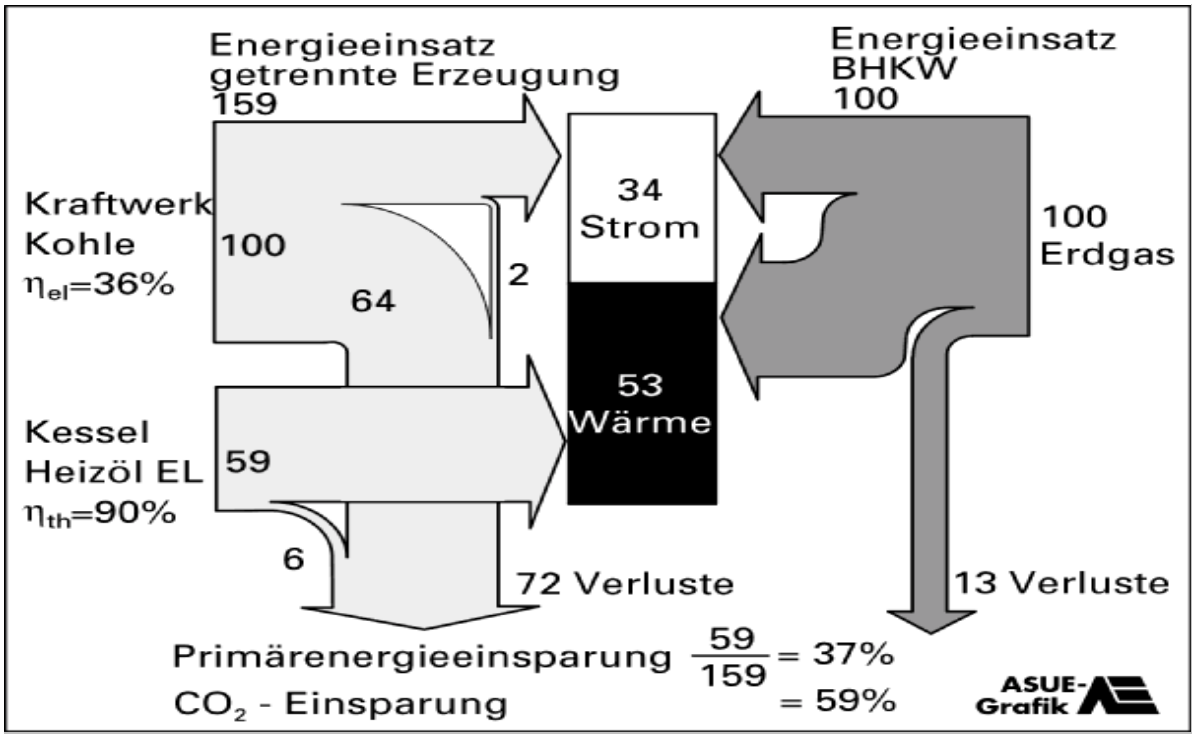


Abbildung 47 – Vergleich des Primärenergieeinsatzes in KWK (BHKW) sowie Großkraftwerk und Heizungsanlage (ASUE)

Die KWK-Technik ist ausgereift und zuverlässig bis zu einer Leistung von mehreren hundert Megawatt thermischer Leistung verfügbar. Folgende technische Varianten sind einsetzbar:

⇒ Gasturbinen

⇒ Gas- und Dampfturbine (GuD)
⇒ Gas- oder Dieselmotor, mit Generator gekoppelt (BHKW) (bedingt einsetzbar)
⇒ Brennstoffzellentechnologie

KWK-Anlagen in Verbindung mit Gasturbinen sind ab einem thermischen Bedarf des Betriebes in Höhe von 1 MW sinnvoll einsetzbar[11]. Damit sind in beiden Betrieben die Voraussetzungen für einen Einsatz aus Sicht der Primärenergieleistung gegeben. Als Primärenergieträger können flüssige und gasförmige Brennstoffe eingesetzt werden. In beiden Firmen erfolgt die Wärmebereitstellung mit dem Primärenergieträger Erdgas.

Für den Einsatz in einer Gasturbine bietet sich dieser Energieträger ebenfalls an. Dabei werden nach der Stromerzeugung in der Gasturbine und dem nachgeschalteten Generator die heißen Abgase in einen Abhitzekessel geleitet, der mit einer Zusatzfeuerung kombiniert werden sollte[11]. Die Abgase werden zur Dampferzeugung oder aber direkt für die im Unternehmen benötigten Prozesszwecke verwendet.

Die Kombination einer oder mehrerer Gasturbinen mit einer oder mehreren Dampfturbinen führt zu einer Gas- und Dampfturbinenanlage. Dabei werden die Gasturbinenabgase in einem Abhitzekessel ohne oder mit Zusatzfeuerung zur Erzeugung von Frischdampf für die Dampfturbine verwendet. Nach der Dampfturbine können Wärmeüberträger und andere Abnehmer für eine Wärmeauskopplung verwendet werden.

Blockheizkraftwerke werden als kleine Heizkraftwerke definiert[12], die auf Basis eines Verbrennungsmotors und nachgeschalteten Generators Strom und nutzbare Wärme gleichzeitig erzeugen. Zu beachten ist, dass der Temperaturbereich des Wärmebereiters oft unter dem im Unternehmen benötigten Niveau liegt. Ist Prozesswärme im Niedertemperaturbereich oder Raumwärmebedarf vorhanden, sollte über einen Einsatz von Blockheizkraftwerken nachgedacht werden. Die Installation dieser Anlage gestaltet sich unproblematischer als bei Gas- und Dampfturbinen.

Für die Auslegung der KWK – Anlagen kann grundsätzlich nach folgenden Gesichtspunkten erfolgen[13]:

⇒ strombedarfsorientiert (konstanter Strombedarf und in weiten Grenzen schwankender Wärmebedarf),
⇒ wärmebedarfsorientiert (konstanter Wärmebedarf und veränderlicher Strombedarf) oder
⇒ wechselseitig strom- und wärmebedarfsorientierter Betrieb (in Stromspitzenzeiten wird das Aggregat unabhängig von der momentanen Wärmelast betrieben. Dies erfordert einen ausreichend dimensionierten Warmwasserspeicher als Wärmepuffer. Mit dieser Auslegung kann der Strom-Leistungsbezug erheblich reduziert werden. Außerhalb dieser Zeiten wird eine wärmebedarfsorientierte Fahrweise durchgeführt).

Um eine wirtschaftliche Betriebsweise erreichen zu können, muss eine hohe jährliche Vollbenutzungsstundenzahl (> 5.000 Stunden) erreicht werden. Ausnahmen sind möglich, wenn ungünstige Strombezugstarife vorliegen, oder durch Abfahren der Stromlastspitze eine Bezugslastoptimierung für elektrische Energie erreicht werden kann. Die hohe geforderte Laufzeit der KWK-Anlage kann auch nur realisiert werden, wenn eine entsprechend hohe und gleichmäßige Wärmelast vorliegt.

Zu beachten ist, dass eine KWK-Anlage nicht mit anderen sinnvollen Möglichkeiten der rationellen Energienutzung (hier Wärmerückgewinnung) konkurrieren soll. Vor dem Einsatz einer KWK-Anlage sollte in jedem Unternehmen durch Wärmerückgewinnung die notwendige Wärmelast weiter reduziert werden. Erst auf diesem reduzierten Niveau ist es sinnvoll über den Einsatz einer KWK-Anlage nachzudenken.

5.3.2 Unterstützung für die KWK durch den Gesetzgeber

Um das umzusetzende CO_2-Reduktionsziel von 28% bis zum Jahre 2005 umsetzen zu können, müssen günstige Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen geschaffen werden. Dies ist dringend erforderlich, da aufgrund der Liberalisierung der Strommärkte gerade für die Industrie ein Verfall der Strombezugskosten zu beobachten ist.

Ende April 1998 ist das Gesetz zur Neuordnung des Energiewirtschaftsrechts in Kraft getreten. Für die KWK haben vor allem die Regelungen zur Stromlieferung und –durchleitung Bedeutung. Die starken Preisreduktionen für elektrischer Energie führte zu einer problematischen Situation für die KWK-Anlagen. So wurde von Seiten des Gesetzgebers der Einsatz von KWK-Anlagen mit Steuervorteilen begünstigt. Diese ökologische Steuerreform (Stromsteuergesetz und Mineralölsteuergesetz) enthält einige für den Einsatz der KWK-Anlagen bedeutsame Veränderungen:

⇒ Die für Textilveredelungsindustrie weitestgehend relevanten KWK – Anlagen mit einer Leistung kleiner 0,7 MW_{el} sind vollständig von der Mineralölsteuer befreit.
⇒ Bei der Strom-Eigenerzeugung aus diesen Anlagen und bis zu einer Leistung von 2 MW_{el} muss die momentane Stromsteuer in Höhe von 0,5 Pf/kWh nicht entrichtet werden.

Durch die Liberalisierung des Strommarktes ist eine Reduktion der Strombezugskosten eingetreten. Dadurch verringert sich die in jeder Amortisationsrechnung anzusetzende Stromgutschrift in Höhe der vermiedenen Strombezugskosten. Meldungen der Energiewirtschaft zu Folge ist die Bodenbildung erreicht (Stand August 2000) und mittelfristig mit steigenden Strombezugskosten zu rechnen.

Desweiteren ist von der Bundesregierung eine Aufstockung des KWK-Anteils an der Gesamtstromerzeugung geplant. Dies soll durch ein sogenanntes Quotenmodell mit Zertifikathandel erreicht werden. Dabei wird vom Gesetzgeber vorgeschrieben, dass jeder Stromversorger von Endkunden eine gesetzlich vorgegebene KWK-Stromquote erfüllen muss. Kann er dies nicht durch eigene Anlagen nachweisen, muss er die fehlende KWK-Kapazität durch Zertifikate zukaufen.

Dieses Instrumentarium soll nach momentaner Planung Mitte 2001 in Kraft treten und würde vor allem Industriebetrieben neue wirtschaftliche Potenziale eröffnen. So könnte ein Unternehmen neben der Eigenstromerzeugung und der Einspeisevergütung für den in der eigenen Gasturbine bereitgestellten Strom auch mit einem Endkundenversorger über den Verkauf der KWK-Zertifikate verhandeln. Dabei ist der Verkauf der elektrischen Energie an diesen Versorger nicht erforderlich. Es wird nur das Recht auf die Anrechnung des in der KWK-Anlage erzeugten Stromes gehandelt. Nach derzeitigem Kenntnisstand kann für dieses KWK-Zertifikat ein Preis von ca. 2-4 Pfennigen je Kilowattstunde angenommen werden. In der Wirtschaftlichkeitsrechnung wurde dies allerdings nur im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse berücksichtigt.

Da die KWK-Anlagen vornehmlich den Strombezug aus dem Netz verdrängen, ergibt sich bei einem angesetzten Strompreis von 12 Pfennigen je Kilowattstunde ein Aufschlag durch den Zertifikathandel in Höhe von 16-32%.

5.4 Druckluft

Wirtschaftlich lassen sich Druckluftanlagen auf Dauer nur betreiben, wenn die einsatzbedingten Anforderungen bei Planung, Erweiterung, Modernisierung und alltäglichem Betrieb angemessen berücksichtigt werden.

Der Anwendungsbereich der Druckluft hat sich auch in der Textilveredelungsindustrie, erheblich erweitert. Eine wesentliche Voraussetzung für den effizienten Drucklufteinsatz in den verschiedenen Textilveredelungsprozessen und –bereichen ist eine zuverlässige und kostengünstige Erzeugungs- und Aufbereitungstechnik. Diese muss jederzeit in der Lage sein, die benötigte Druckluft kostengünstig und in der erforderlichen Menge und in einer anwendungsgerechten, exakt definierten Qualität zur Verfügung zu stellen.

Aufstellungs- und Umgebungsbedingungen
Grundsätzlich bestehen an den Kompressorraum folgende Forderungen:

⇒ Sauber, trocken, staubfrei, kühl (wenn möglich Installation auf der Nordseite eines Gebäudes – Luftansaugung von außen)
⇒ Frostfrei (evtl. sind die Zuluftöffnungen mit verstellbaren Jalousien zu versehen)
⇒ Genügend Platz für Wartung und Prüfung der Kompressoren

⇒ Zuluftöffnung und Abluftöffnung möglichst entgegengesetzt installieren, auf ausreichend Abstand zur Wand hin achten

⇒ Bei kleinen Räumen oder bei Aufstellung mehrerer Kompressoren in einem Raum künstliche Belüftung vorsehen (evtl. temperaturgesteuert)

Aufbereitungsgeräte und Rohrleitungen

Durch die Wahl der Kühlmöglichkeit unterscheiden sich die Kühlkosten. Wassergekühlte Kompressoren verursachen doppelt soviel Kühlkosten wie vergleichbare luftgekühlte Versionen[14]. Wirtschaftliche Druckluftaufbereitung wird auch vom Einsatz moderner Trockner positiv beeinflusst. Dies wird durch den Einsatz neuer Steuerungsmöglichkeiten (nur dann im Betrieb, wenn wirklich Kälteleistung benötigt wird) oder durch die Wahl des Trockners (kalt- oder warmregeneriert, Adsorptionstrockner) bewerkstelligt. Die Investition in einen Energiespartrockner lohnt sich im bestehenden Betrieb in der Regel nur bei einem Defekt des Kältetrockners. Bei Anschaffung von Neuanlagen sollte die Verwendung eines Energiespartrockners erfolgen.

Druckluftleitungen sollten möglichst geradlinig verlegt werden. Bei nicht zu vermeidenden Ecken sollten keine Knie- und T-Stücke Verwendung finden. Lange Bögen und Hosenstücke sind strömungstechnisch günstiger und verursachen dadurch einen geringeren Druckabfall. Abrupte Querschnittsveränderungen sind aufgrund des hohen Druckabfalls zu vermeiden. Auf ausreichende Dimensionierung der Rohrleitungen (besonders bei gewachsenen Betrieben) ist zu achten.

Die räumliche Struktur des Betriebes entscheidet, ob die Druckluftversorgung zentral oder dezentral erzeugt und verteilt werden muss. Grundsätzlich sollte Drucklufterzeugung und Drucklufteinsatzbereiche nahe beieinander liegen.

Große Rohrleitungsnetze sollten in mehrere Abschnitte unterteilt und mit Absperrventilen ausgerüstet werden. Die Möglichkeit, Teile des Netzes stillzulegen, ist besonders für Inspektionen, Reparaturen und Umbauten wichtig, kann aber auch zur Eingrenzung der Leckageermittlung hilfreich sein.

Bei im Betrieb schlagartig auftretenden Luftentnahmen lassen den Druck im Leitungsnetz schlagartig abfallen und beeinflussen so direkt negativ die Schaltdifferenzen des Kompressors. Durch den Einbau eines Pufferbehälters kann der einzustellende Maximaldruck des Leitungssystems möglichst nah am Betriebsdruck herangeführt werden. Die Zeitspanne zwischen dem Auftreten des erhöhten Luftverbrauchs und dem Zuschalten des Kompressors kann so gezielt überbrückt werden. Der Verlust durch Leckagen wird durch die Absenkung des Betriebsdruckes verringert, was sich positiv auf die Energiekosten auswirkt. Absenkung des Betriebsdruckes von z.B. 10 bar auf 9 bar reduziert den spezifischen Stromverbrauch und damit die Kosten um 6%.

Unter Umständen ist bei großen Druckluftnetzen auch eine zweite Kompressorstation vorteilhaft, die das Rohrleitungsnetz von einer anderen Stelle aus versorgt. Dadurch legt die Druckluft kurze Wege zurück. Der Druckabfall in der Leitung gestaltet sich dadurch kleiner.

Effiziente Steuerung

Die Steuerungstechnik wirkt sich in hohem Masse auf die Wirtschaftlichkeit der Drucklufterzeugung aus. Verschiedene Kompressorsteuerungen (interne und übergeordnete Systeme, auch Leittechnik) sind auf dem Markt. Besonders Augenmerk sollte auf einen möglichst geringen Wartungsbedarf und die möglichst gleichmäßige Auslastung der Kompressoren (höhere Lebensdauer) gelegt werden. Auch etwaig notwendiger Sicherheitsreserven der Kompressorenleistung und auch des Leitungsnetzes sollten bei Planung und Auslegung Berücksichtigung finden.

Wärmerückgewinnungsmöglichkeiten

Kompressoren bieten viele Möglichkeiten Energie und Kosten durch Abwärmenutzung zu sparen. Der Aufwand lohnt sich in der Regel bei größeren Schrauben- und Kolbenkompressoren und Kompressorverbundsystemen. Die nutzbare Energie steigt mit der installierten Kompressorleistung.

Die Investitionskosten für eine WRG hängen stark von den baulichen Gegebenheiten am Aufstellungsort ab. Grundsätzlich muß entschieden werden ob die Abwärme zum Beheizen von Räumen oder zum Erhitzen von Brauch- oder Heizungswasser genutzt werden soll. Zusatzkosten für WRG-Systeme an Kompressoranlagen zur Warmwassererzeugung liegen bei ca. 2.000 DM. Dabei ist zu bedenken, daß die Raumheizung im Sommer meist ungenutzt bleibt.

Je höher die Einschaltdauer des Kompressors ist, desto eher lohnt sich die Nutzung der Abwärme. In jedem Fall sollte vor der Installation einer WRG eine Wärmebedarfsbetrachtung in dem Bereich durchgeführt werden, in dem die Anlage zum Einsatz kommen soll. Diese Betrachtung wird dann mit den durchschnittlichen Laufzeiten des Kompressors und mit der damit verbundenen Wärmeabgabe verglichen.

Vorhandene Druckluftanlagen sollten regelmäßig (bei Betriebsstillstand) auf Leckagen (Hörprobe bei Betriebsruhe) untersucht werden. Darüber hinaus wird empfohlen regelmäßig auch den Verbrauch messtechnisch zu erfassen und auszuwerten (Durchführung einer Druckluftbedarfsanalyse). Die Leckagemessung kann auch von Hand erfolgen.

Leckagenermittlung

Bei Betriebsstillstand wird das Rohrleitungssystem mit einem bestimmten Druck belastet. Sind keine Leckagen vorhanden, fällt bei Betriebsstillstand der Druck nicht ab und der Kompressor schaltet auch nicht ein. Sind Leckagen vorhanden, läuft der Kompressor bei Erreichen der unteren Druckgrenze (individuell je Betrieb eingestellt) an. Mit einer Uhr wird die Arbeitszeit des Kompressors gemessen und mit der Luftleistung des Kompressors multipliziert. Um Fehler auszuschließen, wird der Meßvorgang mehrmalig wiederholt.

Nach Vorliegen der Zahlen wird die zur Kompensation der Leckageverluste benötigte Arbeitszeit des Kompressors zur gesamten Prüfzeit in Beziehung gesetzt und auf die Druckluftleistung des Kompressors bezogen. Im Ergebnis erhält man den Teil des Volumenstroms, der durch Undichtigkeiten aus dem Druckluftnetz entweicht.

Über die installierte Leistung in kW, die Betriebsstundenzahl und den kWh-Preis kann der jährliche Verlust berechnet werden.

Als Richtwert gilt, dass bei einem Leckageanteil von > 10% eine Sanierung in der Regel wirtschaftlich rentabel ist. Ein Leckageanteil von < 10% ist als günstig einzustufen, eine weitere Optimierung ist oft nicht wirtschaftlich. Die Durchführung einer sach- und fachgerechten Inspektionen ergänzen die Wartungsarbeiten und trägt wesentlich zur Betriebssicherheit und Betriebskostenreduktion bei.

Tip

Ermittlung der Leckagestelle durch

- ⇒ Hörprobe oder
- ⇒ Ultraschallmessgerät
  (Feinortung mit Hilfe von Wasser oder Spray)

5.5 Abwärme aus Abwasser

5.5.1 Allgemein

Bevor man über Wärmerückgewinnungsanlagen nachdenkt, sollte eine Überprüfung der durchgeführten Vorbehandlungs- und Färbeprozesse erfolgen. Grundsätzlich sollten diese Prozesse mit sowenig Wasser als möglich betrieben werden. Dies wird mit z.B. niedrigen Flottenverhältnissen oder durch Verwendung von Breitwaschmaschinen anstatt Stranganlagen erreicht (wenn textiltechnisch möglich).

Tip
Eine Breitwaschmaschinen benötigt gegenüber einer Stranganlage max. 80% der Energie. Der dabei evtl. notwendig werdende Waschmittelverbrauch kann vernachlässigt werden.

Bei Verwendung neuer Präparationen im Faser- und Gewebeherstellungsprozess ist es bereits heute möglich wässerige Vorbehandlungsstufen in Ihrer Intensität zu verringern (gegeben durch leichte Auswaschbarkeit) oder gar ganz zu ersetzen. Wird die beabsichtigt zu veredelnde Ware einem Färbeprozess unterzogen, kann die Waschintensität reduziert, in Einzelfällen auf eine Vorbehandlung ganz verzichtet werden. Die Umsetzung der verminderten oder im Idealfall der nicht vorgenommenen Vorbehandlung oder einzelner Vorbehandlungsschritte, erfordert umfassende Kenntnisse über die zur Veredelung kommenden Textilien bzw. über deren dort aufgebrachte Präparation in Qualität und Quantität. Erfahrungsgemäß bleibt dieser Kenntnisstand den Lohnveredelungsunternehmen vorenthalten, so dass auf die Vorhandlung nicht verzichtet werden kann.

Eigenveredler verfügen über die Chance des gezielten Einsatzes solcher neuer Präparationstypen und damit auch über die Möglichkeit der Realisierung von Kosteneinsparungen im Bereich der Vorbehandlung. Neben der Energieeinsparung im Bereich der Dampferzeugung von ca. 10%, im Bereich der Stromeinsparung von ca. 22%, resultiert eine Frischwasser- und Abwasserersparnis von ca. 40% sowie eine Veredelungszeitersparnis von ca. 20%[15].

Tip
Die Verwendung von neuen sogenannten Thermostabilen Präparationen mindert oder ersetzt wässrige Vorbehandlungsschritte

Sind die Maßnahmen optimiert, kann nach umfassender Ist-Aufnahme der Einsatz von WRG geprüft werden. Das bei Vorbehandlungs- oder Färbeprozessen eingesetzt erwärmte Frischwasser kann nach Gebrauch grundsätzlich dezentral oder auch zentral einer Wärmerückgewinnungsanlage zugeführt werden. Entscheidend für die Festlegung sind die

⇒ räumlichen Gegebenheiten
⇒ Betriebszeiten
⇒ Prozess- und Abwassertemperaturen

Bei kontinuierlich arbeitenden Maschinen (z.B. Entschlichtung, Breitwaschmaschine) bietet sich die dezentrale Abwasserwärmerückgewinnung mit anschließender Rückführung in den Prozess an.

5.5.2 Wärmerückgewinnungsanlagen für Abwasser

An WRG-Anlagen stehen die folgenden Systeme zur Verfügung:

Rohrbündel-Wärmetauscher
Der Glattrohrwärmetauscher besteht aus einem Rohrbündel. Das Abwasser strömt innen durch die glatten Rohre und überträgt die Wärme an das im Gegenstrom aussen um die Rohre fliessende Medium. Glattrohrwärmetauscher sind aus Edelstahl hergestellt. Das System findet in der Textilveredelungsindustrie oft Verwendung.
Diese Ausführung ist geeignet für unterschiedliche Volumenströme, wobei üblicherweise das Abwasser/Frischwasserverhältnis sich nach dem Warmwasserbedarf orientieren sollte. Es müssen keine Flusenfilter installiert werden. Der Reinigungsaufwand der Anlage ist gering (Intervall ca. alle 6 Monate ca. 1 bis 2 Stunden), die gute Zugänglichkeit, lange Lebensdauer, kostengünstige Bauweise und keine beweglichen Teile vervollständigen das positive Bild.

Doppelrohr-Wärmetauscher
Wenn auf beiden Seiten mit etwa gleichen Volumenströmen zu rechnen ist und diese nicht zu groß sind, kann der Rohrbündelapparat auf einen Doppelrohrapparat reduziert werden. Die Reinigung dieser Geräte gestaltet sich wegen der oft großen Apparatelänge und den damit verbundenen hohen Umlenkungen (Rohrschlangensystem) jedoch schwierig.

Platten-Wärmetauscher
Ein Platten-Wärmetauscher besteht aus mehreren hintereinander angeordneten Platten, die verschiebbar auf zwei Führungsrohren angebracht und durch zwei Druckplatten mit Schrauben verspannt sind. Der Einsatz in der Textilveredelungsindustrie ist heute weit verbreitet.
Vorteile liegen in der hohen Wärmeübertragungsmöglichkeit und in der kompakten Bauweise. Nachteile sind zu finden im hohen Wartungsaufwand (Abhängig vom Abwasserstrom) sowie in den kurzen Reinigungs- und Wartungsintervallen.

Spiralband-Wärmetauscher

Diese sind aus zwei gleich breiten Blechbändern spiralförmig um einen mit Anschlussstutzen versehene Mittelkörper gewickelt. Der Wärmeübertragungskoeffizient (Wirkungsgrad) ist relativ gering. Der Wartungsaufwand und die Instandhaltungskosten sind aufgrund der Verunreinigungen und der mechanischen Abnutzungen als hoch einzustufen. Dieser Anlagentyp findet heute kaum mehr Verwendung.

Amortisationsberechnungen für Abwasserwärmetauscher

Heute kommen in der Textilveredelungsindustrie hauptsächlich Platten- und Rohrbündel-Wärmetauscher zum Einsatz. Mögliche Einsparmengen und Amortisationszeiten sind aus Tabelle 23 bis Tabelle 25 ersichtlich. Es wurden zwei typische Abwassertemperaturen zur Berechnung herangezogen. Verwendung fand ein EDV-gestütztes Programm.

⇒ 95°C bei Waschen nach Bleichen, Mercerisieren und Entschlichten, Drucknachwäsche
⇒ 67,5°C für z.B. Mischabwasser oder Farbnachwäsche

Berechnungsgrundlagen:

Frisch- und Abwassermenge_	5 m³/h
Frischwassertemparatur:	15°C
Wirkungsgrad der Wärmetauscher:	88%
Gaspreis:	0,50 DM/m³
Wartung/Instandhaltung:	1.000,- DM/a
Zins:	6%

Tabelle 23 – Amortisationsergebnisse Einzelstromabwasser Einschichtbetrieb

	Abwasser 95°C		Abwasser 67,5°C	
	Einsparung [DM]	Amortisation [a]	Einsparung [DM]	Amortisation [a]
1 Wärmetauscher	37.900	1	24.000	1,7
2 Wärmetauscher	45.400	1,7	29.100	2,8

Tabelle 24 - Amortisationsergebnisse Einzelstromabwasser Zweischichtbetrieb

	Abwasser 95°C		Abwasser 67,5°C	
	Einsparung [DM]	Amortisation [a]	Einsparung [DM]	Amortisation [a]
1 Wärmetauscher	75.800	0,5	48.000	0,8
2 Wärmetauscher	90.800	0,8	58.200	1,4

Tabelle 25 - Amortisationsergebnisse Einzelstromabwasser Dreischichtbetrieb

	Abwasser 95°C		Abwasser 67,5°C	
	Einsparung [DM]	Amortisation [a]	Einsparung [DM]	Amortisation [a]
1 Wärmetauscher	113.700	0,3	72.000	0,6
2 Wärmetauscher	136.200	0,5	87.300	0,9

Die Ergebnisse (Amortisationszeit) belegen, dass sich selbst im Einschichtbetrieb (siehe Tabelle 23) die Wärmerückgewinnung und die gezielte Wiederzuführung in den Prozess rechnet.

Bei diskontinuierlich anfallenden Abwasserströmen, müssen zusätzlich Abwassersammeltanks (oberirdisch oder unterirdisch) installiert werden. Ebenfalls zusätzlich installiert werden muss ein Tank für bereits erwärmtes Frischwasser. Die Größe richtet sich nach den betrieblichen Gegebenheiten. Die Installationskosten erhöhen sich deshalb für solche Anlagen, was sich negativ auf die Amortisationszeit auswirkt. Wenn möglich, sollte eine Trennung des Abwassers in Kaltwasser und Warmwasser erfolgen. Der Einsatz von 3-Wegeventilen ist deshalb vorzusehen. Bei bestehenden Anlagen ist es oft nicht mehr oder nur mit unverhältnismäßig hohen Aufwand möglich diese nachträglich einzubauen. Es wird deshalb bei nachfolgender Berechnung auf diesen Umstand eingegangen und ein Frischwasserbedarf (warm) von 16 m³/h angesetzt. Je nach Abwassertrennungsmöglichkeit wird deshalb von einer Mischabwassertemperatur von 40°C, 50°C und 60°C ausgegangen.

Berechungsgrundlagen:

Frischwasssermenge:	16 m³/h
Frischwassertemperatur:	20°C
Abwassermenge u –temperatur:	28 m³/h bei 40°C (Abwasser/Frischwasser 10:5,7)
	24 m³/h bei 50°C (Abwasser/Frischwasser 10:6,7
	20 m³/h bei 60°C (Abwasser/Frischwasser 10:8)
Wirkungsgrad der Wärmetauscher:	88%
Gaspreis:	0,50 DM/m³
Wartung/Instandhaltung:	1.000,- DM/a
Zins:	6%

Tabelle 26 – Amortisationsergebnisse Abwasserwärmetauscher Mischabwasser Einschichtbetrieb

	Abwasser 40°C		Abwasser 50°C		Abwasser 60°C	
	Einsparung [DM]	Amortisation [a]	Einsparung [DM]	Amortisation [a]	Einsparung [DM]	Amortisation [a]
1 Wärmetauscher	42.300	8,4	64.200	4,9	78.300	3,9
2 Wärmetauscher	54.200	7,9	74.300	5,5	91.700	4,4
3 Wärmetauscher	56.000	9,8	77.600	6,6	96.800	4,9

Tabelle 27 - Amortisationsergebnisse Abwasserwärmetauscher Mischabwasser Zweischichtbetrieb

	Abwasser 40°C		Abwasser 50°C		Abwasser 60°C	
	Einsparung [DM]	Amortisation [a]	Einsparung [DM]	Amortisation [a]	Einsparung [DM]	Amortisation [a]
1 Wärmetauscher	84.600	3,7	128.400	2,4	156.600	1,9
2 Wärmetauscher	108.400	3,6	148.600	2,6	183.400	2
3 Wärmetauscher	112.000	4,4	155.200	2,9	193.600	2,4

Tabelle 28 - Amortisationsergebnisse Abwasserwärmetauscher Mischabwasser Dreischichtbetrieb

	Abwasser 40°C		Abwasser 50°C		Abwasser 60°C	
	Einsparung [DM]	Amortisation [a]	Einsparung [DM]	Amortisation [a]	Einsparung [DM]	Amortisation [a]
1 Wärmetauscher	126.900	2,6	192.600	1,6	234.900	1,3
2 Wärmetauscher	162.600	2,4	212.900	1,7	275.100	1,4
3 Wärmetauscher	168.000	2,6	232.800	1,9	290.400	1,6

Aus Tabelle 26 bis Tabelle 28 ist ersichtlich, dass, wenn möglich, eine Abwassertrennung vorgenommen werden sollte. Bei höherer Abwassertemperatur, geringerer Abwassermenge aber gleichbleibender Frischwassermenge, verkürzen sich die Amortisationszeiten zum Teil erheblich. Die wesentlichen Vorteile für die Installation einer WRG bei der Abwassertrennung (nach Temperatur) sind:

⇒ eine gegenüber Mischabwasser um 34% bis 45% höhere Energieeinsparung (bei gleicher Wärmetauschergröße)

⇒ eine stärkere Entlastung des Dampfkessels tritt ein (dadurch weniger Dampfverbrauchsspitzen und somit keine Wartezeiten wenn mehrere Aggregate gleichzeitig Dampf benötigen)

⇒ die Verkürzung der Aufheizzeiten beim Färben (dadurch höhere Leistung der Färbeaggregate pro Zeiteinheit und ggf. Verzicht auf Anschaffung zusätzlicher Aggregate oder geringere Arbeitszeiten)

⇒ die Reduzierung der Abwassereinleittemperaturen in die Kanalisation (in der Regel liegt diese bei 35°C)

⇒ die Verkürzung der Spülzeiten und Verringerung der Abwassermenge und damit der Einleitgebühren durch den teilweisen Ersatz von Kaltspülprozessen durch Warmwasser (Temperatur ist variabel handhabbar) ermöglicht eine Verkürzung der Spülzeiten und Verringerung der Abwassermenge und damit Einleitgebühren

5.6 Thermische Prozesse

5.6.1 Trocknungsaggregate

5.6.1.1 Allgemein

Bevor man über die Wärmerückgewinnung im Bereich der Abluft Überlegungen anstellt, sollte eine genaue IST-Zustandsermittlung der Abluftströme erfolgen. Dazu ist es notwendig neben der Prozessdefinition, die Prozessparameter, die Betriebszeit pro Jahr, die Ablufttemperatur, die Abluftfeuchte, das Abluftvolumen sowie den Methangehalt (bei direkt befeuerten Aggregaten) und den Energieverbrauch zu ermitteln, festzuhalten und auszuwerten.

Auf dieser Grundlage sollten spezifische Kennzahlen, unter anderem für die Methanemission sowie für das Luft/Waren/Verhältnis gebildet werden. Der Wassergehalt in der Abluft gibt darüber Aufschluss. Aus diesen Werten lassen sich bereits erste Optimierungsansätze ermitteln. Bei einem Methangehalt von > 0,4 g/kg veredelte Ware ist eine Überprüfung der Brenner vorzunehmen und ggf. die Einstellung in kürzeren Abständen zu überprüfen (je nach Laufzeit der Trocknungsaggregate aber mind. 1mal jährlich).

Bei einem LWV von größer 20:1 ist in der Regel von einer niedrigen Abluftfeuchte und somit von einem überhöhten Luftwechsel auszugehen. Das Schließen der Abluftklappen oder besser eine feuchtigkeitsorientierte Abluftsteuerung optimiert (verringert) den Abluftvolumenausstoß und somit auch den Energieaustrag. Der feuchtigkeitsorientierte Abluftsteuerung ist aufgrund sich häufig ändernder Warenqualitäten (Gewicht, Breite, Faser, Ausrüstung) der Vorzug zu geben. Diese sehr empfindlichen Messinstrumente bedürfen jedoch einer gut organisierten und konsequenten Wartung.

Die den Spannrahmen verlassende Abluft muss grundsätzlich durch Frischluft ersetzt werden. Die Frischluft, in der Regel Raumtemperatur, muss auf Soll-Prozesstemperatur aufgeheizt und steht dann dem eigentlichen Prozess zur Verfügung. Die Abluftmenge beeinflusst insofern unmittelbar und mehr oder weniger drastisch den Energiebedarf der Texitlveredelungsanlage.

Für reine Trocknungsprozesse ist die Umluft- oder Abluftfeuchte ein Maß für die erforderliche Abluft- und damit auch der Frischluftmenge. Als optimal, abhängig von der jeweilig zu trocknenden Ware, wird ein Wert von 15 bis 20 Vol% (relative Feuchte) angesehen [16]. Dies entspricht bei einer Temperatur von ca. 160 bis 180°C einer Menge von ca. 100 bis 120 g Wasser/kg Luft. Diese Werte werden von neuen Veredelungsaggregaten (Spannrahmen) erreicht. Praxisergebnisse bewegen sich im Bereich von 1 bis 20%.

Für die reinen Fixierprozesse gibt es prinzipiell keine Messgröße, die eine Aussage für die erforderliche optimale Abluftmenge zulässt. Hier wird in der Regel das Abluftvolumen auf den Fixierprozess, d.h. auf die dort auftretenden „Rauchprobleme“ eingestellt. Bereits seit mehreren Jahren auf dem Markt erhältliche und zur Anwendung kommende „Thermostabile Präparationen“ vermindern die „Rauchprobleme“ drastisch. Die in der Vergangenheit aufgetretenen Verschmutzungen der WRG-Anlagen mit öligen Kondensaten gehört damit der Vergangenheit an. D.h. das Abluftvolumen kann in der Regel bei Fixierung von mit vorgenannter Präparation versehener Ware wesentlich erniedrigt werden.

Tip – Fixierung

Die Erniedrigung der Abluftmenge von 10 kg Frischluft/kg Textil auf 5 kg Frischluft/kg Textil hat zur Folge, dass[16]

⇒ die Produktionsgeschwindigkeit konstant bleibt
⇒ der Energieverbrauch um 57% abnimmt
⇒ die Produktionskosten um ca. 6% abnehmen

Weiteres Einsparpotenzial besteht beim Absaugen der Abluft aus den einzelnen Trocknungsfeldern, welche dem Veredelungsprozess spezifisch eingestellt sein sollten (z.B. höhere Abluftraten im Trockenteil und niedrigere im Fixierteil). Grundsätzlich sollte dies über Feuchteregelung gesteuert werden. Dies gewährleistet ein konstantes Trocknungsklima und damit die Qualität des getrockneten Gutes. Die eingesetzte Energie wird benötigt zum

⇒ Verdampfen des Wassers
⇒ Erwärmen der Trocknungsluft auf Ablufttemperatur
⇒ Erwärmen des Textilmaterials
⇒ Erwärmen des nicht verdampften Wassers (Restfeuchte)
⇒ Ausgleich der Abstrahlverluste des Trocknungsaggregates

Der energetisch optimale Trocknungsbereich liegt bei 130°C.

Tip – Erhöhung der Trocknungstemperatur im Spannrahmen

Eine Erhöhung der Trocknungstemperatur von 150 auf 180°C hat zur Folge, dass

⇒ die Produktionsgeschwindigkeit um 32% zunimmt
⇒ der Energieverbrauch um 12% pro kg Textil zunimmt
⇒ die relativen Produktionskosten um 11% abnehmen

Neben der Optimierung der Abluftsituation (Abluftvolumen) durch die feuchtigkeitsgeregelte Umluftsteuerung, sollte vorher ein möglichst geringer Feuchtigkeitsgehalt in/auf der Ware, bevor sie das Trockenaggregat eintritt, angestrebt werden. Dies kann mit speziellen Abquetschwalzen oder dem Foulard nachgeschaltete Saugbalken realisiert werden (Feuchtigkeitsgehalte bis unter 30% des Warengewichts sind möglich). Bei der Verwendung des Saugbalkens muss die mögliche Schädigung der Ware beachtet werden (für Naturfasern eher ungeeignet).

Tip – Verringerung der Wareneingangsfeuchte

Die Verringerung der Wareneingangsfeuchte von 60% auf 50% hat zur Folge, dass

⇒ die Produktionsgeschwindigkeit um 15% zunimmt

⇒ der Energieverbrauch um 15% abnimmt

⇒ die Produktionskosten um 15% abnehmen

Oft kommt es auch vor, dass die zu veredelnde Ware im Trockner „übertrocknet“ wird. D.h. die Ware ist trockener als das es für die Lagerung notwendig wäre. Mittels eine Restfeuchtemessanlage kann diese eingestellt werden und die Anlage regelt über die Geschwindigkeit die Restfeuchte.

Tip – Warenendfeuchte

Eine Verringerung der Warenendfeuchte von 8% (Lagerfeuchte) auf 4% hat zur Folge, dass

⇒ die Produktionsgeschwindigkeit um 10% abnimmt

⇒ der Energieverbrauch um 5% zunimmt

⇒ die Produktionskosten um 11% zunehmen

Sollten Abluftmessergebnisse des Spannrahmens oder Trockners auf grosse Einsparpotenziale hinweisen (schlechtes LWV) und eine Optimierung des Aggregates/der Veredelung nicht möglich sein, kann, bezogen auf die Produktionsprozesse, ein Vergleich mit einem neuen Aggregat (Spannrahmen/Trockner) angestellt werden. Neben der Verringerung der spezifischen Energieverbräuche werden durch die höhere Leistungsfähigkeit des neuen Aggregates auch die spezifischen Fixkosten (Lohn- und Raumkosten) verringert. In Tabelle 29 sind die Ergebnisse aufgeführt.

Tabelle 29 – Berechnung Trocknungskosten Spannrahmen alt gegen neu

	Spannrahmen alt			Spannrahmen neu		
Betriebszeiten	2.000 h/a [DM/1000m]	4.000 h/a [DM/1000m]	6.000 h/a [DM/1000m]	2.000 h/a [DM/1000m]	4.000 h/a [DM/1000m]	6.000 h/a [DM/1000m]
Wärmeenergiekosten	8,98	8,98	8,98	7,87	7,87	7,87
Elektroenergiekosten	4,22	4,22	4,22	2,09	2,09	2,09

Fixkosten	28,92	27,35	26,96	11,39	10,96	10,81
Gesamtkosten	41,72	40,55	40,16	21,35	20,92	20,77

In Tabelle 29 ersichtliche Werte sind insofern stark zu relativieren, da diese nur dann zutreffen, wenn die Produktionskapazität der neuen Anlage ausgeschöpft wird. Dies kann erfolgen durch Mehrproduktion im Unternehmen insgesamt oder durch Verlagerung von Produktion von anderen Aggregaten auf das neue (z.B. ein neuer Spannrahmen ersetzt zwei ältere).

Auf einem SR werden in der Regel mehr als nur ein Prozess gefahren. D.h. dass bei Berechnungen natürlich diesem Umstand Rechnung getragen und für die Amortisationsberechnung alle Prozesse erfasst und bilanziert werden müssen.

5.6.1.2 Wärmerückgewinnungsanlagen für Abluft

Bei der Wahl der Wärmerückgewinnungsanlagen haben gerade in der Textilveredelungsindustrie neben den Amortisationszeiten auch der benötigte Wartungsaufwand (durch Abluft teilweise hohe Verschmutzung) und die Betriebssicherheit der WRG erhebliche Bedeutung. Folgende Techniken sind in der Textilindustrie im Einsatz:

Glattrohrwärmetauscher

Der Glattrohrwärmetauscher besteht aus einem Rohrbündel. Die Abluft strömt innen durch die glatten Rohre und überträgt die Wärme an das im Gegenstrom aussen um die Rohre fliessende Medium. Glattrohrwärmetauscher sind aus Edelstahl hergestellt. Das System findet im Abluftbereich oft Verwendung.
Glattrohrwärmetauscher zeichnen sich durch einen hohen, lang anhaltenden Wirkungsgrad aus. Der geringe Wartungsaufwand (weitgehende selbstreinigende Wirkung) und die leichte Zugänglichkeit (kein Ausbau der Anlage bei Reinigung/Wartung notwendig) stellen weitere Vorteile dar. Als Nachteil ist der im Vergleich mit anderen Systemen relativ hohe Platzbedarf zu nennen.

Plattenwärmetauscher

Beim Plattenwärmetauscher strömt die Abluft zwischen Platten hindurch. Das aufzuwärmende Medium befindet sich innerhalb der Platten. Die Platten bestehen meist aus Aluminium. Auch dieses System findet oft Verwendung in der Textilveredelungsindustrie.
Vorteile bei der Anwendung von Platten-Wärmetauscheraggregaten bestehen im geringen Platzbedarf (kompakte Bauweise bei grosser Wärmeübertragungsoberfläche) und im hohen Wirkungsgrad (bei sauberen, flusenfreien System).

Intensive Reinigungsschritte (ca. wöchentlich) sind als Nachteil dieses Systems aufzuführen. Die Anlage (Plattenelemente) müssen zur Reinigung ausgebaut werden. Der Wirkungsgrad verringert sich bei Kreuzströmung.

Wärmerad

Das Wärmerad besteht im Wesentlichen aus einem Schaufelrad, welches axial von der Abluft durchströmt wird. Auf der einen Hälfte strömt die Abluft durch und auf der anderen Hälfte die Frischluft zurück in den Spannrahmen. Die Wärme der Abluft wird auf die Schaufeln übertragen und an die Frischluft abgegeben. Dieses System wurde oft bei Spannrahmen eingebaut, ist aber heute kaum mehr in Betrieb.

Der Vorteil des Wärmerades war früher in der Wärmerückgewinnungsrate zu suchen, die heute jedoch nur bei der Hälfte derer eines Glattrohrwärmetauschers liegt. Flusen und Kondensationsprodukte verschmutzen das Wärmerad und verringern den Wirkungsgrad weiter. Ein hoher Reinigungs- und Wartungsaufwand ist unerläßlich, ansonsten sinkt der Wirkungsgrad entscheidend.

Glasrohrwärmetauscher

Beim Glasrohrwärmetauscher durchströmt die Abluft ein Bündel von Glasrohren. Das aufzuheizende Medium befindet sich innerhalb der Glasrohre und wird im Gegenstrom geführt. Der Einsatz von Glasrohrwärmetauscher ist heute kaum mehr gegeben.
Die Nachteile diesen Wärmerückgewinnungstyps sind der bei Verschmutzung sehr schnell abnehmende Wirkungsgrad der Anlage, der hohe Reinigungsaufwand und die Reparaturanfälligkeit (Bruch der Glasrohre) zu sehen.

Rippenrohr-Wärmetauscher

Beim Rippenrohr-Wärmeaustauscher nehmen zwei Medien mit sehr unterschiedlichen Wärmeübertragungskoeffizienten an der Wärmeübertragung teil. Der Einsatz ist weit verbreitet. Vorteile sind die kompakte Bauweise und die grosse Wärmeübertragungsfläche. Nachteile liegen im hohen Wartungsaufwand. Um diesen zu verringern sind leistungsfähige Flusenvorfilter zu installieren.

<u>Amortisationsberechnungen für Abluft-Wärmetauscher</u>

Für einige in der Praxis oft auftretende Prozesse wurden Berechnungen vorgenommen. Es wurde die Möglichkeit berücksichtigt, Kaltwasser dem Wärmerückgewinnungsaggregat mit 15°C oder z.B. durch eine Abwasserwärmerückgewinnungsanlage bereits auf 40°C erwärmtes Wasser geführt.

Berechnungsgrundlagen:

Wärmerückgewinnungsaggregat:	Glattrohrwärmetauscher
Prozess Trocknen:	130°C
Prozess Fixieren mit:	190°C
Abluftvolumen (Betriebszustand):	15.000 m³/h
Abluftfeuchte „Trocknen“:	70 g/m³
Abluftfeuchte „Fixieren“:	40 g/m³
Wassereingangstemperatur WRG:	15°C
Wassereingangstemperatur WRG:	40°C
Firschlufteingangstemperatur:	20°C
Wirkungsgrad:	70 %
Erdgas H_u	9,3 kWh/m³
Erdgaspreis:	0,50 DM/m³
Wartung/Instandhaltung:	2.000,- DM/a
Zins:	6%

Tabelle 30 – Amortisationsergebnisse Abluftwärmetauschersysteme

Wärmetauscher-system und Prozess-parameter	Prozess	Einschichtbetrieb		Zweischichtbetrieb		Dreischichtbetrieb	
		Einsparung [DM]	Amort. [a]	Einsparung [DM]	Amort. [a]	Einsparung [DM]	Amort. [a]
Luft/Wasser 15°C Frischwassereingangstemperatur	Trocknen 130°C	64.100	5,7	128.200	2,6	192.300	1,7
	Fixieren, Hochveredelung 190°C	68.900	5,4	137.800	2,4	206.700	1,5
Luft/Wasser 40°C Frischwassereingangstemperatur	Trocknen 130°C	36.100	12,6	72.200	5,9	108.300	3,3
	Fixieren, Hochveredelung 190°C	46.700	8,6	93.400	3,7	140.100	2,4
Luft/Luft 20°C Lufteintrittstemperatur	Trocknen 130°C	16.000	> 20	32.000	15,6	48.000	8,5
	Fixieren, Hochveredelung 190°C	22.000	> 20	44.000	9,6	66.000	6,6

Vorausgesetzt man benötigt warmes Wasser im Unternehmen bietet sich selbst bei einschichtigem Betrieb die Wärmerückgewinnung mittels eines Luft/Wasser-Wärmetauscher-

aggregates an. Im dreischichtig geführten Unternehmen verkürzen sich die Amortisationszeiten unter heute vorliegenden Energiepreisen je nach Betriebsweise auf bereits unter 2 Jahren. Grundsätzlich kann zurückgewonnene Wärmeenergie zur

⇒ Aufheizung von Frischwasser - Warmwassererzeugung
⇒ Aufheizung der Spannrahmenzuluft
⇒ Aufheizung von Produktionsräumen (Luft/Luft)
⇒ Aufheizung von Heizungswasser (Luft/Wasser) oder
⇒ Abgabe an externe Abnehmer

verwendet werden.

Einbindungsvarianten von Luft/Luft- oder Luft/Wasser-Wärmetauscher sind in Abbildung 48 bis Abbildung 50 zu sehen.

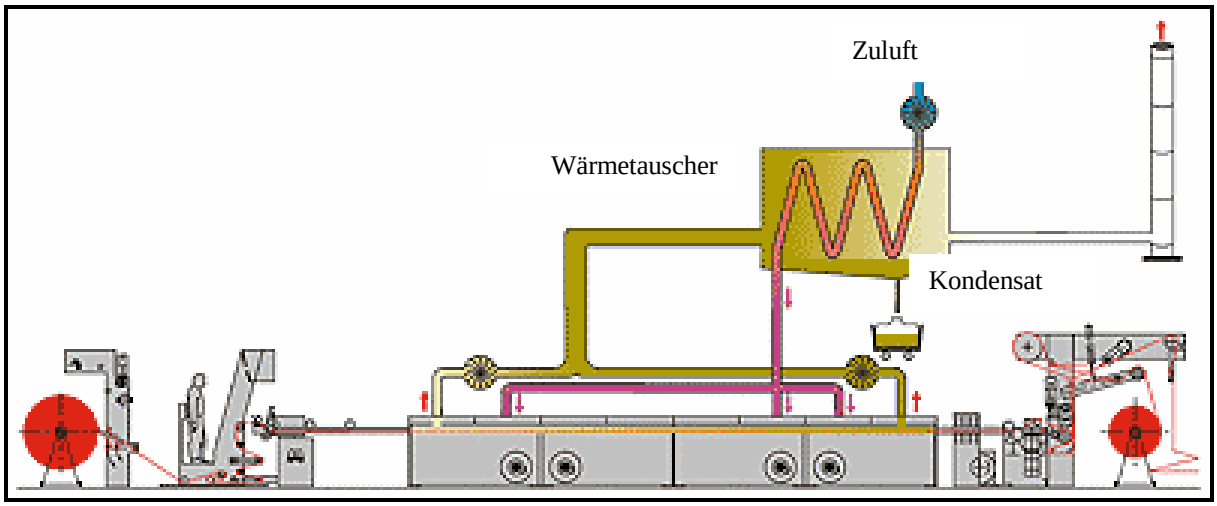


Bild: Monforts Textilmaschinen GmbH, Mönchengladbach

Abbildung 48 – Wärmerückgewinnung mit Trockenluft (Luft/Luft)

Bild: Thorey Gera Textilveredelung GmbH, Gera

Abbildung 49 – Frischluftzuführung in den Spannrahmen

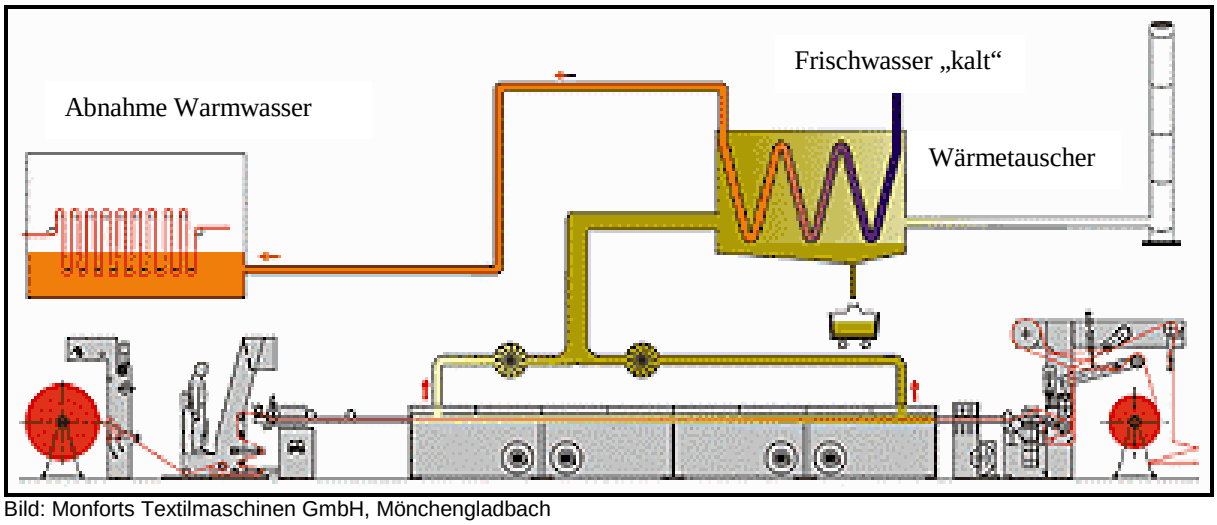


Bild: Monforts Textilmaschinen GmbH, Mönchengladbach

Abbildung 50 – Wärmerückgewinnung mit Frischwasseraufheizung (Luft/Wasser)

5.6.2 Kesselanlagen

An Kesselanlagen gehört die WRG auf der Abgasseite schon fast zu einer Standardmaßnahme. Mit der ersten Stufe der WRG wird das Kesselspeisewasser aufgewärmt, mit der zweiten Stufe z.B. Frischwasser für die Färberei. Am nachfolgenden Beispiel wird die Wirtschaftlichkeit dargelegt.

An einem Dampfkessel mit einer Dampfleistung von 4 t/h wird eine Erdgasmenge von ca. 324 m³/h benötigt. Durch die Installation einer WRG (erste Stufe) verringert sich bei gleicher Leistung der Erdgasverbrauch um ca. 12,6 m³/h. Bei Installation der zweiten Stufe kann eine Erdgasmenge von weiteren ca. 17 m³/h in eingespart werden. Bereits bei ca. 5.000 h/a errechnet sich eine Amortisation von einem Jahr.

Eine weitere Möglichkeit der Erdgaseinsparung besteht durch die Ansaugung der Brennerluft aus z.B. den Produktionsräumen oder Kesselhaus, wenn möglich aus dem Deckenbereich.

Sind dem Produktionsstandort auch Verwaltungsräume angegliedert, so ist die Beheizung dieser Räume aus energetischen Gründen nicht mit Dampf sondern mittels Warmwasser zu empfehlen. Wirtschaftlich gestaltet sich diese Maßnahme dann, wenn ein Neubau erfolgt oder am vorhandenen Gebäude die vorhandene Leitungsstruktur (z.B. wegen Sanierung) verändert werden muss.

Gasabschaltvertrag
Manche Gasversorger bieten Industriekunden die Möglichkeit von Gasabschaltverträgen an. Dabei verpflichtet sich der Gaskunde, in Zeiten von Versorgungsengpässen (kalte Wintertage), seine Brennstoffversorgung kurzfristig auf Heizöl EL umzustellen. Die vom Gasversorger dafür gewährten Abschläge beim Leistungspreis sind i.d.R. höher als die Zusatzkosten für die Infrastruktur (z.B. Öltanks, Ölreserven, Zweistoffbrenner) und damit für Industriebetriebe interessant.

5.7 Wärmeisolierungsmaßnahmen

Bei alten Spannrahmen (älter 20 Jahre) ist mit Wärmeverlusten (Abstrahlung) von ca. 10% zu rechnen. Neuanlagen weisen aufgrund der besseren Isolierungen nur noch Verlustraten von ca. 2 – 4% auf. Bei neuen, modernen Hochleistungsanlagen zur Textilveredlung ist die Isolierung zumeist ausreichend dimensioniert. Ältere Spannrahmenanlagen können in der Regel wegen der vorgegebenen technischen Gegebenheiten an den Aggregaten nicht mit neuen, stärkeren Isolierungen nachgerüstet werden.

Isolierungsmaßnahmen an Ventilen, Leitungen und an den Aggregaten selbst sind mit Effekten der Energieeinsparung, der Prozesssicherheit (Färbeprozess) und mit Arbeitsschutzmaßnahmen (Raumtemperartur in der Färberei) zu begründen.

Wie in den bei den Projektteilnehmern durchgeführten Berechnungen berücksichtigt, belaufen sich die Wärmeverluste des Dampfverteilungssystems geschätzt auf insgesamt 5 – 15% (je nach Alter der Anlagen) der insgesamt erzeugten Wärme. Die Amortisationszeiten für Isolationsmaßnahmen an Warmwasserleitungen, am Dampf- und auch Kondensatsammelsystem belaufen sich auf kleiner ein Jahr.

Berechnungsbeispiel für unisolierte Ventile

Unisoliertes Ventil:	NW 100
Dampftemperatur:	150°C
Umgebungstemperatur:	10°C
Betriebszeit:	8.760 h/a

Die Abstrahlverluste[17] des Ventils entsprechen ca. 1.000 kg Heizöl EL/a. Unter Berücksichtigung von Kosten für Isolationsmaterialien von DM 500,- und Kosten für die Montage von ca. DM 150,- ergibt sich bei einem Heizölkostenpreis von DM 0,50 pro Liter eine Amortisationszeit von 1,3 Jahren. Bei Vorhandenseins eines Ventils mit NW 200 verringert sich die Amortisationszeit auf 0,7 Jahre. Eine Isolierung von Ventilen sollte deshalb als Standardmaßnahme immer vorgesehen werden.

Berechnungsbeispiel für unisolierte Leitungen

Unisolierte Leitung:	NW 40
Dampftemperatur:	150°C
Umgebungstemperatur:	10°C
Betriebszeit:	8.760 h/a

Die Abstrahlverluste[17] des Rohres entsprechen pro Meter Länge ca. 400 kg Heizöl EL/a (1 kg Heizöl entspricht ca. 1,25 m³ Erdgas). Unter Berücksichtigung von Isolationsmaterialien DM 100,- und Kosten für die Montage von ca. DM 50,- ergibt sich bei einem Heizölkostenpreis von DM 0,50 pro Liter eine Amortisationszeit von 0,75 Jahren. Bei Vorhandenseins einer Leitung mit NW 100 verringert sich die Amortisationszeit auf 0,2 Jahre.

Zu isolierende Ventile und Leitungen wurde vielerorts schon immer große Bedeutung und Beachtung geschenkt. Die Zahlen belegen die Notwendigkeit dieser Maßnahmen.

Bei steigenden Energiepreisen gewinnen Isolierungsmaßnahmen an Warmwasserbehältern, Waschmaschinen und besonders an Färbeaggregaten immer mehr an Bedeutung. Von besonderer Bedeutung ist wegen der Prozesstemperaturen von bis zu 130°C der Bereich der HT-Färbeapparate. Dies ist nachfolgend (Tabelle 31) dargestellt.

Berechnungsgrundlagen:

Wärmedurchgangszahl Edelstahl	15,1 W/m²K
Wärmedurchgangszahl Isolierung	0,766 W/m²K
Färbetemperatur	110°C
Raumtemperatur	30°C
HT-Färbeapparat (Temperatur gemittelt 110°C)	10 h/a
Arbeitszeit	230 d/a
Erdgaspreis	0,50 DM/m³
Verluste Energieumwandlung und –transport	15%
Färbeapparat 1 – Außenfläche	17,5 m²
Färbeapparat 2 – Außenfläche	23,5 m²
Färbeapparat 3 – Außenfläche	31,6 m²

Tabelle 31 – Amortisation Wärmeisolierung Färbeapparate

	Färbeapparat 1	Färbeapparat 2	Färbeapparat 3
Materialkosten Isolierung [DM]	7.675	10.525	13.000
Lohnkosten für Installierung [DM]	4.000	4.000	4.000
Abstrahlverluste/a [MWh]	45,4	60,9	81,9
Gaseinsparung/a [DM]	2.868	3.852	5.179
Amortisationszeit [a]	4,9	4,6	3,8

Die Berechnung zeigt, dass, allein schon unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, eine Wärmeisolierung der Färbeapparate vorgenommen werden sollte. Weitere Vorteile für die Isolierung sind die gleichmässiger zu fahrenden Prozesse sowie die verbesserten Arbeitsschutzbedingungen. Abbildung 51 zeigt einen HT-Färbeapparat, versehen mit einer Isolierung aus GFK/PUR.

Bild: Windel Textil GmbH & Co., Bielefeld

Abbildung 51 – Wärmeisolierungsbeispiel an einem HT-Apparat

Bild: Thorey Gera Textilveredelung GmbH, Gera

Abbildung 52 – Wärmeisolierungsbeispiel an einem Dampfverteilungsystem

5.7.1 Checkliste für Energiesparmaßnahmen

Die möglichen Energiesparmaßnahmen oder die Wege zu diesen werden im Überblick nachfolgend aufgeführt.

Stromverversorgung

⇒ Leistungsgang Gesamtbezug und Einzelanlagen regelmäßig über mehrere Tage oder Wochen aufzeichnen und auswerten
⇒ Möglichkeiten zur Senkung der Leistungskosten prüfen (vorübergehende Abschaltung leistungsstarker Verbraucher, Maximumüberwachung, Höchstlastoptimierung)
⇒ Zweckmäßigkeit der Blindstromkompensation prüfen (Phasenschieber, Kondensatorbatterie, Gruppen- und Einzelkompensation)
⇒ Notwendigkeit und sinnvolle Dimensionierung der vorhandenen elektrischen Geräte überprüfen

Beleuchtung

⇒ Beleuchtungsstärke prüfen
⇒ Beleuchtungsanlagen nur in den Bedarfszeiten betreiben – sonst ausschalten (evtl. mittels helligkeitsabhängig gesteuerter Schaltautomatik)
⇒ Allgemeinbeleuchtung als Grundbeleuchtung auslegen und dazu örtlich Arbeitsplatzleuchten installieren
⇒ Bei Neuinvestition Energiesparlampen mit elektronischen Vorschaltgerät (EVG) verwenden

Elektrische Antriebe

⇒ Bei Neu- oder Ersatzinvestition Energiesparmotore verwenden
⇒ Richtige Auslegung beachten

Druckluftversorgung

⇒ Regelmäßige Wartung durchnehmen
⇒ Regelmäßige Überprüfung des Druckluftnetzes vornehmen (Druckluftbedarfsanalyse), auch wenn äußerlicher Eindruck des Druckluftnetzes positiv erscheint
⇒ Bei Neu- oder Ersatzinvestition Energiespartrockner verwenden
⇒ Druck nicht zu hoch wählen
⇒ Druckluftnetz ausserhalb der Betriebszeit abstellen oder herunterregeln
⇒ Bei Auftreten kurzzeitiger Verbrauchsspitzen Druckluftspeicher vorsehen oder vergrössern
⇒ Kompressorabwärme nutzen (Warmwassererzeugung oder Raumheizung)
⇒ Drucklufterzeugung für einzelne Bedarfsbereiche evtl. dezentralisieren

Mechanische Energie

⇒ Leerlauf von Anlagen vermeiden (vor allem im Bereich der Trocknungsaggregate)

⇒ Antriebe an die tatsächlich benötigte Leistung anpassen (Antriebe sind häufig überdimensioniert)

⇒ Bei sich häufig ändernden Belastungen und Drehzahlen Möglichkeit des Einsatzes polumschaltbarer Motoren und von Antrieben mit Spannungs- und Frequenzregelung prüfen

Erdgasversorgung

⇒ Möglichkeit einer Abschaltvereinbarung mit dem Energieversorger prüfen (zu entrichtender Leistungspreis fällt unter Umständen weg)

Heizung und Dampf-/Warmwasserbereitung

⇒ Heizkessel nicht überdimensioneren, ggf., Heizleistung auf zwei oder mehrere Kessel verteilen

⇒ Brenner an Kessel- und Spannrahmenleistung anpassen. Regeleinrichtungen richtig einstellen, regelmäßig überprüfen und gegen unbefugte Eingriffe sichern

⇒ Dampf- und Warmwasserleitungen, -ventile isolieren

⇒ Direktbeheizung gegenüber Indirektbeheizung an Spannrahmen bevorzugen (Vorsicht: nicht bei thermischer Behandlung von mit PER gereinigter Ware auf direkt mit Erdgas beheizbaren Trocknungsaggregaten)

Prozesswärme

⇒ Möglichst hohe Anlagenauslastung anstreben (Warenspeicher installieren)

⇒ Prozessdaten (Temperaturen, Luftmengen, Luftfeuchtigkeit, etc.) genau einhalten – automatische Steuerungsmöglichkeiten nutzen (Restfeuchte-, Umluft- und Abluftfeuchte- sowie Verweilzeit-Messung und –Regelung). Neue Mess- und Regelsysteme erlauben heute auch bei stark belasteten Trocknungsabgasen (aus z.B. Präparationen) einen störungsfreien und wartungsarmen Betrieb.

⇒ Bei wechselnder Produktion mit unterschiedlichen Prozessdaten Reihenfolge optimal wählen

⇒ Vorhandene Wärmetauscher regelmässig auf Schmutzablagerungen überprüfen und ggf. von diesen befreien

⇒ Abwärme möglichst im selben Prozess nutzen (Abwasserwärmerückgewinnung in Färberei und Aufheizung des benötigten Frischwassers, Abgaswärmerückgewinnung Dampfkessel und Aufheizung Speisewasser oder Erzeugung Warmwasser, Abwämrerückgewinnung Abluft Trocknungs- und Spannrahmenanlagen mit Vorwärmung Verbrennungsluft und Zuführung von Frischluft)

⇒ Bei Neuanschaffungen von thermischen Aggregaten und Wärmerückgewinnungsanlagen vom Planer und Lieferanten verbindliche Angaben über Energie- und Leistungsbedarf verlangen und diese durch Abnahmeversuche nachweisen lassen.

6 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. In dieser Arbeit wurden die energierelevanten Anlagenbereiche von zwei Textilveredelungsbetrieben hinsichtlich ihrer Energiesparpotenziale untersucht. Die Ergebnisse sollen anderen Unternehmen der Branche dazu dienen, ihren eigenen Betrieb hinsichtlich möglicher Energieeinsparmaßnahmen zu überprüfen.

Die Untersuchungen bei den Projektbetrieben ergaben, dass die jeweiligen Betriebssituationen großen Einfluss auf die zahlreich vorhandenen Möglichkeiten zur rationellen Energienutzung haben. 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. Sie erfordern in der Regel weder Investitionen noch Betriebskosten. So kann beispielsweise die Disposition (Maschinen- und Anlageneinsatzplanung etc.) energetische Gesichtspunkte miteinbeziehen. Anlagen mit gleichem Produktionszweck weisen häufig unterschiedliche Energieverbräuche auf. Durch Vollauslastung der energetisch optimierten Anlage lassen sich ökonomisch und ökologisch verbesserte Ergebnisse erzielen. Die Maßnahme hat einen zusätzlichen positiven Effekt: Vollausgelastete Aggregate weisen einen niedrigeren spezifischen Energieverbrauch aus als teilausgelastete Anlagen.

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

Im Einzelnen wurden die folgenden technischen Maßnahmen als Handlungsschwerpunkte ermittelt.

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, Restfeuchteregelung etc.) von Bedeutung.

Bei Neu- oder Ersatzanschaffung von elektrischen Motoren sollten immer Energiesparmotoren zum Einsatz kommen. Der Einsatz von modernen Beleuchtungsmaßnahmen ist bei Neu- oder Ersatzbeschaffung wirtschaftlich.

Einsparpotenziale existieren in der Regel im Bereich der Druckluftversorgung. Durch regelmäßige Kontrolle und Wartung der Drucklufterzeugung und des Druckluftnetzes sowie der

Druckluftverbraucher, lässt sich der Einsatz der elektrischen Energie z.T. erheblich senken. Die Kontrollen und ggf. eine Druckluftbedarfsanalyse sind auch sinnvoll, wenn der äußerliche Eindruck des Druckluftnetzes zunächst positiv ist und Leckagen nicht erkennbar sind. Die Kompressorenabwärme kann häufig zur Erwärmung von Raumluft und/oder Warmwasser genutzt werden.

Ein sehr ergiebiges für die Branche nutzbares Energiepotenzial liegt im Bereich der Abwasserwärmerückgewinnung in den Bereichen Vorbehandlung und Färberei. Die Integration der zurückgewonnenen Wärmemengen in der Vorbehandlung und Färberei ist möglich. Damit verbunden sind in der Regel neben der Energieeinsparung auch die Verkürzung der Produktionszeiten. So kann z.B. durch vorerwärmtes Wasser aus der Wärmerückgewinnung die zur Ausziehfärbung benötigte Arbeitszeit deutlich gesenkt werden. 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 in Betrieb (möglich) sind, scheitert eine Nutzung der Abwärmemengen an Spannrahmen oft an der Integration des zurückgewonnenen Energiepotenzials im Betrieb. Die Situation lässt sich jedoch verbessern, wenn neu anzuschaffende Spannrahmen mit einem Zuluftführungssystem ausgestattet werden oder sich Möglichkeiten für die Wärmenutzung bei weiteren Abnehmern (z.B. Hallenheizung, Abgabe an Dritte) eröffnen.

Die Neuanschaffung von Trocknungsaggregaten senkt durch die mittlerweile verbesserte Technik (z.B. höherer Durchsatz, effizientere Steuerung, bessere Isolierung) nachhaltig die spezifischen Energieverbräuche. Vorraussetzung ist jedoch eine Vollauslastung 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 Veredelungsbetrieb 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. Die geplante Förderpolitik (Zertifikatshandel) wird die Wirtschaftlichkeit erheblich verbessern.

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 unterscheiden sich von Betrieb zu Betrieb. Auch bei der Betrachtung identischer Veredelungsprozesse ergeben sich signifikante Unterschiede, wenn man unterschiedliche Betriebe bzw. Produktionslinien betrachtet. Die häufig wechselnden Warenqualitäten, Partiegrößen etc. lassen Allgemeinaussagen für die Branche nicht zu. Deshalb ist eine Aussage zu branchenspezifischen Kennzahlen für die Textilveredelungsindustrie und damit ein Benchmarking bzgl. der Energienutzung zwischen verschiedenen Betrieben kaum möglich. Vielmehr empfiehlt es sich, betriebsspezifische Kennzahlen zu bilden, diese permanent weiterzuverfolgen 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 wertvollen Entscheidungsgrundlage zur Verfügung stehen.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, dass auch in der Textilveredelungsindustrie eine Reihe von Maßnahmen zur rationellen Energienutzung existieren, die sich für den Betrieb kurzfristig amortisieren.

Glossar

Agenda 21
enthält die Verpflichtung, eine nachhaltige Entwicklung einzuleiten. Sie wurde von der UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro beschlossen.

Appretur
Entspricht im engeren Sinne den Veredelungsverfahren, die dem Substrat nach dem Bleichen, Färben oder Drucken nachfolgen.

Ausrüstung
Allgemeine Bezeichnung für die Veredelung von Stückware. Sämtliche Bearbeitungsvorgänge von Textilmaterialien nach dem Verlassen der Rohware aus der Weberei, Wirkerei, Strickerei und Vliesherstellung bis zur abgeschlossenen Appretur.

Avivage
Die Avivagen sind natürliche und synthetische Substanzen. Sie werden eingesetzt für die störungsfreie Verarbeitung der Fasern/Fäden auf den Textilmaschinen. Ihre Aufgabe ist es, die Faseroberfläche zu glätten, dabei aber eine bestimmte Haftung des Faserverbandes zu erhalten und der elektrostatischen Aufladung entgegenzuwirken. Die Aviavage stellt auch eine Art Nachpräparation von Synthesefasern dar, soweit diese durch vorausgegangene Verdelungsprozesse wie Färben oder Bleichen ihre Präparation verloren haben.

Beschichtungsanlage
Veredelungsmaschine zum Aufbringen von Massen oder Folienbahnen

Bleichen
Beseitigung von Naturfarbstoffen und Erhöhung des Weißgehaltes von Natur- und Chemiefasern. Bei der Oxidationsbleiche werden Natriumchlorit oder Wasserstoffperoxid verwendet. Man unterscheidet Apparate-, Breit- und Strangbleiche.

Breitware
Ware die im breiten Zustand bearbeitet wird.

Booster
Dampfwärmetauscher

Contractor
Externes Unternehmen, das Maßnahmen zur Energieversorgung oder zur rationellen Energieverwendung vorfinanziert, baut und betreibt. Die Refinanzierung erfolgt über die Energieerlöse bzw. die eingesparten Energiekosten.

Dämpfen
Stationäre und kontinuierliche Dampfbehandlung von Textilien mit unterschiedlichen Zielen.

Einlagestoffe
Stoffe zwischen Oberstoff und Innenfutter der Kleidungsstücke. Neben Geweben werden auch Kettenwirkwaren sowie synthetische Vliese verwendet.

Emissionen
Als Emissionen bezeichnet man die von einer Anlage oder einem Produkt ausgehenden Verunreinigungen, Geräusche, Strahlen, Wärme, Licht, Erschütterungen oder ähnliche Erscheinungen.

Entschlichten
Entfernen von Schlichterückständen aus Rohgeweben vor dem Bleichen und Färben.

Erneuerbare Energien
Auch regenerative Energien genannt, sind Energiequellen, die nach den Zeitmaßstäben des Menschen „unendlich“ lange zur Verfügung stehen. Die drei Energiequellen werden beschrieben durch Solar- (Sonnen-)strahlung , Erdwärme und Gezeitenenergie. Die solare Einstrahlung auf der Erde ist indirekt Grundlage für die Nutzung der Energieträger Wasserkraft, Windkraft und Biomasse und direkt für die Nutzung in Form von Photovoltaik und Solarthermie.

Flotte
Flüssigkeit, in der die Textilien beim Bleichen, Färben, Veredeln und Waschen behandelt werden.

Fossile Energieträger
In der erdgeschichtlichen Vergangenheit aus der Verrottung von Pflanzen entstandene feste, flüssige oder gasförmige Brennstoffe wie Kohle, Torf, Erdöl, Erdgas. Ihre energetische Nutzung durch den Menschen erfolgt unter Abgabe des vor Jahrmillionen gespeicherten Kohlenstoffs in Form von Kohlendioxid. Dabei wird das natürliche Gleichgewicht nachhaltig beeinflusst.

Futterstoffe
Gewebe, die eine Schutzschicht zwischen Oberstoff und Leibwäsche bilden, die Wärmehaltung begünstigen und einen glatten Fall der Oberkleidung sichern sollen.

Heizöl EL
Heizöl extra leicht

HT-Baumfärbeapparate
In Hochtemperatur (HT)färbeapparaten kann unter Druck bis zu einer Temperatur von 130°C gefärbt werden. Bei der Baumfärberei werden vor allem oberflächenempfindliche Gewebe oder Gewirke im breiten Zustand gefärbt. Das Textilgut ruht, die Färbeflotte durchströmt den perforierten Färbebaum, auf dem die Ware aufgewickelt ist.

Imprägnieren
Durchtränkende Behandlung von Textilien mit Lösungen, Dispersionen oder Emulsionen. Das Textil passiert eine Imprägnierflotte wonach ein über Länge und Breite gleichmäßiges Abquetschen der Ware erfolgt.

Jahresdauerlinie
Der stündliche Leistungsbedarf wird entsprechend der Außentemperatur für jede der 8.760 Stunden eines Jahres ermittelt und dargestellt. Dabei werden die Werte von links nach rechts nach absteigendem Leistungswert geordnet. Wird der Flächeninhalt unterhalb der sich ergebenden Linie integriert, ergibt sich der thermische Bedarf des Verbrauchers.

Jet
Färbemaschine, in der das Färbegut mittels eines starken Flottenstromes durch die Färbeflotte bewegt wird.

Jigger
Maschine zum diskontinuierlichen Bleichen, Färben und Waschen von Ware in breitem Zustand

Kohlendioxid (CO_2)
Kohlendioxid entsteht bei der Verbrennung aller fossilen Brennstoffe. Durch den weiteren Fortgang der Industrialisierung ist ein ständiger Anstieg von CO_2 in der Atmosphäre festzustellen. Dieser wiederum wird als der Hauptverursacher des anthropogenen Treibhauseffektes angesehen. Als Folge wird eine ständig zunehmende Erwärmung der Erdatmosphäre befürchtet.

Kontinueverfahren
Mehrere Fertigungsvorgänge in einem Arbeitsgang ohne Unterbrechung.

Mercerisieren
Veredlung von Baumwollerzeugnissen zur Erhöhung des Glanzes, des Farbstoffaufnahmevermögens, der Festigkeit, Dehnung und Elastizität durch Behandlung mit 20 bis 30-%ger Natronlauge unter Spannung und/oder Streckung

Partie
Bezeichnung für eine zusammengehörige Menge von textilen Erzeugnissen, die gleiche Erzeugungs- und Produktionsbedingungen erfahren haben, wie z.B. Faserpartie, Spinnpartie, Garnpartie, Farbpartie, etc..

Plackartikel
Verstärkungsmaterial für Einlagestoffe

Primärenergie
Als Primär- oder Rohenergie wird der Energiegehalt von Energieträgern, die noch keiner Umwandlung unterworfen worden sind, bezeichnet. Primärenergieträger sind sowohl fossile Brennstoffe wie z.B. Stein- und Braunkohle, Erdöl und –gas und Kernbrennstoffe auch erneuerbare Energien wie Wasserkraft, Sonnenenergie, Windkraft und Erdwärme.

Schlichte
Zum Schlichten der Webkette verwendetes Hilfsmittel um die Eigenschaften wie Fadenglätte, Fadenhaftung, Abriebfestigkeit, Auswaschbarkeit und Antistaticeffekt beim Verweben sicher zu stellen.

Schmälzen
Behandlung der Faserstoffe mit Schmälze (Öle, Emulsionen, Fettsäuren), um sie für das Spinnen geschmeidiger zu machen.

Spannrahmen
Veredelungsmaschine zur thermischen Behandlung von textilen Flächengebilden unter Beibehaltung und Fixierung der Warenbreite

Strangware
Ware, die im Strang bearbeitet wird.

Substrat
Bezeichnung in der Ausrüstung bzw. Veredelung für die Textilien, die behandelt werden.

Thermofixieren
Behandlung thermoplastischer Faserstoffe mit trockener Hitze oder Heißdampf zwecks Beseitigung von Spannungen und zur dauerhaften Verformung

Umrechnungsfaktoren Energie
1 J (Ws) = $2{,}78 * 10^{-7}$ kWh = $9{,}48 * 10^{-4}$ kcal
1 kWh = $3{,}6 * 10^{6}$ J (Ws) = 860 kcal
1 kcal = $4{,}19 * 10^{3}$ J (Ws) = $2{,}93 * 10^{-4}$ kWh

Vliese
Mechanisch oder physikalisch, chemisch oder thermisch verfestigte textile Flächengebilde aus Faservliesen.

Vollbenutzungsstunden
Anzahl der Stunden, die ein Heizungssystem auf Nennleistung betrieben werden muss, um den Wärmebedarf eines Versorgungsobjektes zu decken.

Vorschaltgerät
Der Betrieb von Leuchtstofflampen kann nicht direkt vom Netz aus geschehen. So würde in den meisten Fällen die Netzspannung nicht ausreichen, um die Zündung der Lampe zu ermöglichen. Nach dem Zündvorgang ist der elektrische Widerstand dieser Lampen so gering, daß sie durch den hohen Betriebsstrom des Netzes zerstört würden. Zur Strombegrenzung müssen deshalb Vorschaltgeräte und zur Zündung Starter eingesetzt. Diese Starter führen zu einem sehr großen Spannungsstoß bei der Zündung der Gasentladung.

Das elektronische Vorschaltgerät ermöglicht auch den Zündvorgang und sorgt für einen erheblich geringeren Strombedarf, da sich ein konventionelles (magnetisches) Vorschaltgerät stark erwärmt und dabei viel Energie sinnlos aufgewendet wird. Das elektronische Vorschaltgerät ermöglicht darüber hinaus einen Betrieb mit hochfrequenter Wechselspannung von ca. 30 – 50 kHz betrieben. Der Einsatz dieser Geräte führt demnach zu einer besseren Lichtausbeute und einem flackerfreien Betrieb.

Webware (Gewebe)
Textile Flächengebilde aus sich rechtwinklig kreuzenden Fäden mindestens zweier Fadensysteme (Kette und Schuss)

Wirkware
Flächengebilde die durch Wirken, d.h. alle Maschen einer Reihe werden in Längsrichtung mit einem Fadensystem gleichzeitig gebildet und zu einem Gewirke verbunden. Man unterscheidet zwischen Kulier- und Kettwaren.

Literaturverzeichnis

[1] DIN 5035 (Teile 1-7), Beleuchtung mit künstlichem Licht, 1990

[2] Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen: Schreiben vom 02.12.1997-AZ. 7/73-8721.26-1997/9 und Schreiben vom 23.06.1997 Nr. 7/72-8721.26-1997/7 an die Vollzugsbehörden für Immissionsschutz

[3] Energieagentur NRW: Rationelle Beleuchtung von Produktionshallen und Lagerräumen; Wuppertal, 1999

[4] Energieagentur NRW: Effiziente elektrische Antriebe, Wuppertal 1999

[5] Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE): Gasturbinen-Kenndaten, Verlag rationeller Energieeinsatz; Kaiserslautern, 1999

[6] ewu engineering GmbH: Kennziffernkatalog zur Investitionsvorbereitung; in Energiewirtschaft; Berlin 1999-

[7] Freiberg, H.: (A. Monforts Textilmaschinen GmbH & Co.); schriftliche Mitteilung an Fa. König AG

[8] Korb, G.: Simulationsprogramm GOMBIS; Berlin 1998

[9] Verband der industriellen Kraftwirtschaft (VIK), Praxisleitfaden zur Förderung der rationellen Energieverwendung in der Industrie; Verlage Energieberatung, Essen, 1998, S. 97

[10] M. Dehli: Energie sinnvoll nützen, Energie-Verlag GmbH, Essen, 1998, S. 116

[11] Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE): Grundlagen-Technik-Betrieb, Verlag rationeller Energieeinsatz; Kaiserslautern, 1999

[12] VDI-Richtlinie 2067 Blatt 1

[13] Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE): Kraft-Wärme-Kopplung mit Gasturbinen; Verlag rationeller Energieeinsatz; Kaiserslautern; 1990 (Internationale Fachtagung im Dezember 1990 in Darmstadt)

[14] Ruppelt, E.: Druckluft-Handbuch; Vulkan Verlag Essen; 3. Aufl. 1996

[15] Stummer, R. (Firma Carl Albani Gardinenfabrik GmbH & Co): Einsatz von thermostabilen Präparationen bei der Textilherstellung – Vortrag zur Fachtagung im LfU am 8. Mai 2000 in Augsburg

[16] Fischer, R.: Zur Beurteilung von Thermomaschinen und den entsprechenden Thermischen Prozessen; in textil praxis international 08/1992, 09/1992 und 11/1992

[17] Arbeitgeberverein Arbon und Umgebung: Tabelle zu jährlichen Verlusten nicht isolierter Ventile