



**Minderung öko- und klimaschädigender Abgase
aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung
– Fleischverarbeitender Betrieb –**



Januar 2001

Auftraggeber: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
86179 Augsburg

Auftragnehmer: Energieconsulting Heidelberg GmbH
Im Breitenspiel 7
69126 Heidelberg

Kooperation mit: LUTZ Fleischwaren AG
Justus-v.-Liebig-Str. 48
86899 Landsberg

Bearbeitungszeitraum: Februar 2000 bis Dezember 2000

© Deckblattfoto: Lutz Fleischwaren AG

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
86177 Augsburg

Das Amt gehört zum Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums
für Landesentwicklung und Umweltfragen

Vorwort

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich im Rahmen der internationalen Klimaschutzbemühungen verpflichtet, die energiebedingten CO₂-Emissionen auf der Basis von 1990 um 25 % bis zum Jahr 2005 zu senken. Die deutsche Industrie hat sich mit ihrer aktualisierten und erweiterten Selbstverpflichtungserklärung im November 2000 bereit erklärt, die spezifischen CO₂-Emissionen bzw. den spezifischen Energieverbrauch bis 2005 auf der Basis von 1990 um 28 % und für alle im Kyoto-Protokoll genannten Treibhausgase (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HFKW, FKW) auf der Basis von 1990 bis 2012 um 35 % zu senken.

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz hat zur Unterstützung der Selbstverpflichtungserklärung der deutschen Industrie ein Projekt zur „Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung“ initiiert, das aus Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen finanziert wird. Ziel des Projektes ist die mit dem rationellen Energieeinsatz verbundene Senkung der Treibhausgasemissionen, insbesondere des Kohlendioxid-Ausstoßes (CO₂). Gerade im Hinblick auf die Ökosteuer und die in letzter Zeit deutlich gestiegenen Energiekosten für Öl und Gas hat die Industrie derzeit ein gesteigertes Interesse an Energieeinsparpotenzialen und damit an Energiekostensenkungspotenzialen.

Mit Ausnahme einzelner Betriebe aus dem Ernährungsgewerbe, die bereits ein Öko-Audit durchgeführt bzw. ein Umweltmanagementsystem nach DIN ISO 14001 eingeführt haben, sind die möglichen Energieeinsparpotentiale noch nicht ausgeschöpft. Die Gründe hierfür liegen häufig am Informationsdefizit bezüglich rationellem Energieeinsatz bei der Produktion und im Unternehmen und den damit verbundenen Kostensenkungspotentialen.

In der vorliegenden Studie werden am Beispiel eines Fleischverarbeitenden Betriebes Energieeinsparpotenziale aufgezeigt und branchenspezifische Energiekennzahlen angegeben, mit denen die gesamte Branche ihren spezifischen Energieeinsatz für die Produktion bewerten kann. Auf der Basis einer detaillierten Energieanalyse wurden bei dem Kooperationspartner Energieeinsparpotenziale abgeschätzt, Maßnahmen zur Optimierung des Energieeinsatzes erarbeitet und deren wirtschaftliche Auswirkungen anhand einer ausführlichen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung beurteilt.

Der große Energieverbrauch bei der Produktion von Fleisch- und Wurstwaren in Fleischverarbeitenden Betrieben ist aus verfahrenstechnischen Gründen v.a. auf den großen Kühl- bzw. Wärmebedarf bei den einzelnen Produktionsschritten zurückzuführen. Die vorliegende Arbeit vermittelt insbesondere im Bereich der Wärmerückgewinnung aus einzelnen Produktionsanlagen sowie der Energiebereitstellung und -verteilung Erkenntnisse, die sich auf Betriebe der gesamten Branche übertragen lassen.

Wenn es gelingt, mit Hilfe dieser Arbeit Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz in Fleischverarbeitenden Betrieben 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 Januar 2001

Inhalt

1	Einleitung	8
1.1	Motivation, Ziele	8
1.2	Untersuchungsobjekt	8
1.3	Vorgehensweise	8
2	Prämissen und Randbedingungen	10
2.1	Betriebswirtschaftliche Ansätze	10
2.1.1	Spezifische Energiebezugskonditionen	10
2.1.2	Energietechnische Ansatzwerte	11
2.1.3	Betriebswirtschaftliche Ansatzwerte	11
2.2	Emissionen	11
3	Ist-Analyse	12
3.1	Betriebliche Daten	12
3.2	Produktionsablauf	13
3.3	Nutzungsänderungen	14
3.4	Energiebezug	15
3.4.1	Stromversorgung	15
3.4.2	Gasversorgung	16
3.4.3	Wasserversorgung	17
4	Datenermittlung und Messungen	18
4.1	Vorhandene Dokumentation	18
4.2	Technische Betriebsanalyse	18
4.3	Messungen	19
4.3.1	Blockheizkraftwerk	20
4.3.2	Kälteanlagen	20
4.3.3	Wärmerückgewinnung Kälteanlage	21
4.3.4	Druckluftkompressoren und Druckluftaufbereitung	21
4.3.5	Lüftungsanlagen	22
4.3.6	Kistenförderanlage	23
4.3.7	Kutter	23
4.3.8	Rauch- / Kochkammern	24
4.3.9	Verpackung	25
4.3.10	Dampfnetz	25
5	Technische Bestandsaufnahme	26
5.1	Bauphysik	26
5.1.1	Gebäudebestand, Bausubstanz	26
5.1.2	Heizwärmebedarf	26
5.2	Wärmeerzeugung	27
5.3	Wärmeverteilung	28
5.4	Wärmeanwendung	29
5.4.1	Trinkwassererwärmung	29
5.4.2	Raumheizung	29
5.4.3	Prozesswärme / Dampf	30
5.4.4	Übersicht Wärmeverbrauch	31

5.5	Elektrische Energieversorgung	33
5.5.1	Gesamt-Stromverbrauch	33
5.5.2	Elektrische Versorgungseinrichtungen	33
5.6	Stromanwendungen	34
5.6.1	Zentrale Dienste	34
5.6.2	Beleuchtung	35
5.6.3	Raumluftechnik	35
5.6.4	Kältetechnik	36
5.6.5	Druckluft	38
5.6.6	Vakuumanlagen	38
5.6.7	Kistenförderanlage	38
5.6.8	Kutter	39
5.6.9	Füllerei	39
5.6.10	Elektrowärme	39
5.6.11	Verpackung	39
5.6.12	Küche	40
5.6.13	Weitere Verbraucher	40
5.6.14	Übersicht elektrischer Energieverbrauch	41
5.7	Wasserverbrauch	42
6	Spezifische Kennzahlen	44
6.1	Energiekennzahlen des Gesamtbetriebs	44
6.2	Energiekennzahlen einzelner Prozesse und Produkte	46
6.2.1	Kutter	46
6.3	Leberkäs-Backen in der Rauch- / Kochkammer	47
7	Schwachstellenanalyse, Ansatzpunkte für Optimierung, Bewertung	49
8	Maßnahmen	50
8.1	Leerlaufverluste vermeiden: Netzfreeschaltung	51
8.2	Regelung der Abluft-Lüftungsanlagen	52
8.3	Verminderung von Druckluftverlusten	54
8.4	Wärmerückgewinnung aus Druckluftkompressoren	55
8.5	Regelung der Wärmerückgewinnung aus der Kälteanlage	56
8.6	Beheizung der Rauch- / Kochkammern	57
8.7	Energiemanagement-System	58
8.8	Alternatives Kälteerzeugungskonzept	59
8.9	Blockheizkraftwerk: Wirtschaftlichkeits- und Emissionsbetrachtung	60

9	Energiemanagementsystem	63
9.1	Ziele und Nutzen	63
9.2	Startphase	65
9.2.1	Beschluss	65
9.2.2	Planung	66
9.2.3	Erstuntersuchung	67
9.3	Energiepolitik und Energieziele	67
9.4	Energieinformationssystem	67
9.4.1	Datenerfassung	68
9.4.2	Datenauswertung	70
9.5	Umsetzung in Verbesserungsmaßnahmen	72
9.6	Kontrolle und Kontinuität	74
10	Übertragbarkeit der Maßnahmen auf andere Betriebe	76
10.1	Leerlaufverluste vermeiden: Netzfreeschaltung	76
10.2	Regelung der Abluft-Lüftungsanlagen	77
10.3	Verminderung von Druckluftverlusten	77
10.4	Wärmerückgewinnung aus Druckluftkompressoren	77
10.5	Regelung der Wärmerückgewinnung aus der Kälteanlage	78
10.6	Beheizung der Rauch- / Kochkammern	78
10.7	Energiemanagement-System	79
10.8	Alternatives Kälteerzeugungskonzept	79
10.9	Blockheizkraftwerk: Wirtschaftlichkeits- und Emissionsbetrachtung	79
10.10	Weitere Maßnahmen	80
11	Zusammenfassung und Empfehlung	81
11.1	Energie-, CO ₂ - und Kostenbilanzen	81
11.2	Maßnahmenempfehlungen	81
11.3	Erwartete Einsparungen	82

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AKA	Absorptionskälteanlage
BHKW	Blockheizkraftwerk
d	Tag
DM	Deutsche Mark
ECH	Energieconsulting Heidelberg GmbH
EMS	Energie-Management-System
EIS	Energie-Information-System
GLT	Gebäudeleittechnik
GWh	Gigawatt-Stunden
H _o	Brennwert / oberer Heizwert
H _u	Heizwert / unterer Heizwert
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKK	Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
MWh	Megawatt-Stunden
RLT	Raumluftechnik
TDM	Tausend Deutsche Mark
WRG	Wärmerückgewinnung
ZLT	Zentrale Leittechnik

**Ziel: Maßnahmen zur
Minderung der CO₂-
Emissionen**

1 Einleitung

1.1 Motivation, Ziele

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, Potenziale zur Energieeinsparung und Minderung von CO₂ - Emissionen aus industriellen Anlagen aufzudecken und daraus Maßnahmen zur Optimierung des Energieeinsatzes zu erarbeiten. Diese Maßnahmen wurden hinsichtlich ihrer technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen bewertet.

In dem ausgewählten fleischverarbeitenden Betrieb sollten dabei als exemplarischer Standort die Möglichkeiten untersucht werden, die zur CO₂ - Minderung in der fleischverarbeitenden Branche geeignet erscheinen. Zur Bewertung wurden produktbezogene spezifische Kennzahlen gebildet, die einen branchenbezogenen (bzw. bei Querschnittstechnologien auch branchenübergreifenden) Vergleich ermöglichen.

1.2 Untersuchungsobjekt

Untersucht wurde der Produktionsbetrieb der Lutz Fleischwaren AG in Landsberg, Justus von Liebig-Straße 48.

Ausgenommen wurden die betriebseigene Fahrzeugflotte sowie der angeschlossene Verkaufsbereich.

1.3 Vorgehensweise

Es wurde zunächst in einer Energie-Nutzungs-Analyse, auf Hauptabnehmergruppen bezogen, der derzeitige Verbrauch ermittelt und beurteilt. Dabei wurden auch bereits erkennbare Ansatzpunkte für Verbesserungen aufgenommen. Die Bestandsaufnahme beinhaltete

- ⇒ die Auswertung vorhandener Dokumentation zu Energiebezug, -umwandlung und -verwendung
- ⇒ die Erfassung der wesentlichen Energieumwandlungsanlagen und Energieverbraucher, deren Leistungsaufnahme und Betriebsdauer
- ⇒ Messungen der Leistungsaufnahme von wesentlichen Verbrauchern / Verbrauchergruppen sowie weiteren energie-relevanten Größen, die zur Bewertung des Energieeinsatzes dienen. Messprotokolle sind in Kapitel 4.3 dargestellt.

Nach Festlegung der Einzelmaßnahmen zur Energieeinsparung wurden diese in der Energie-Einspar-Analyse technisch ausgearbeitet und energetisch, betriebswirtschaftlich und hinsichtlich der CO₂ - Emissionen bewertet.

Aufbauend auf Maßnahmenbündeln wurde im dritten Schritt ein Energiekonzept erarbeitet, das konkrete Schritte zur Umsetzung der Maßnahmen vorschlägt.

Im vierten Schritt wurden auf Basis der vorausgegangenen Arbeitsschritte die Grundzüge eines Energiemanagementsystems entwickelt.

Schließlich wurde die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Betriebe der Branche analysiert.

2 Prämissen und Randbedingungen

Basis der Untersuchung sind die Verträge und Verbrauchsabrechnungen mit den Vorlieferanten für Strom und Erdgas, wie sie untenstehend im Einzelnen aufgelistet sind.

Alle Preise sind ohne Mehrwertsteuer angegeben.

2.1 Betriebswirtschaftliche Ansätze

Die in diesem Absatz beschriebenen Daten wurden aus den derzeitigen Energieverträgen und allgemeinen Strukturdaten ermittelt, die im Rahmen des Gesamtprojektes abgestimmt wurden und sich an der VDI 2067 orientieren. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden folgende betriebswirtschaftlichen Prämissen im Hinblick auf Investitionsmaßnahmen zur CO₂-Reduzierung festgelegt:

2.1.1 Spezifische Energiebezugskonditionen

2.1.1.1 Elektrische Energie

Die wirtschaftliche Bewertung der Maßnahmen wurde auf Grundlage der Energiebezugskonditionen des Betriebs für das Bezugsjahr 2000 durchgeführt.

2.1.1.2 Gas

Die Gasversorgung des Betriebes ist auf (leitungsgebundenes) Erdgas und Flüssiggas als Tankreserve ausgelegt. In den Jahren 1999 und 2000 wurde jedoch kein Flüssiggas eingesetzt. Daher wurde bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen nur der Erdgasbezug berücksichtigt.

2.1.1.3 Wasser

Bei den Wasserkosten wurde der Trinkwasserbezug und die Abwassergebühr berücksichtigt. In der wirtschaftlichen Bewertung der Rückkühlung mittels Brunnenwasser wurden die Stromkosten der Brunnenwasser-Förderpumpen angesetzt.

2.1.2 Energietechnische Ansatzwerte

Wartung / Instandhaltung		
⇒	Kesselanlagen, Bautechnik, Anlagentechnik, Lüftungstechnik	1 % der Investition
⇒	Kalkulatorische Nutzungsdauer	
⇒	Bautechnik	30a
⇒	Anlagentechnik	20a
⇒	Lüftungstechnik	20a
⇒	Kesselanlagen	20a
⇒	MSR- und Elektrotechnik	15a
⇒	Maschinentechnik	15a
⇒	Planungsleistungen	18a

2.1.3 Betriebswirtschaftliche Ansatzwerte

⇒	Versicherung / Verwaltung	1,5 % der Investition
⇒	Personalkosten	110 TDM (Person · a)
⇒	Kalkulatorischer Zinssatz	7,5 %

2.2 Emissionen

Neben den betriebswirtschaftlichen Ansätzen wird die Bewertung des Energieverbrauchs mit Emissionen erforderlich. Hierzu werden folgende Daten für die einzelnen Energieträger im Betrieb Landsberg angesetzt.

	CO ₂ (kg/kWh)
Erdgas (H _u)	0,200
Flüssiggas (H _u)	0,233
Strom (Bundesmix)	0,590
Strom (Strommix Bayern)	0,167

Quellen:

- ⇒ RWI-CO₂-Monitoring Faktoren
- ⇒ Energiebericht Bayern 1998/99
- ⇒ Emissionsmatrix klimarelevanter Schadstoffe für das Teilgebiet Industrie (Öko-Institut, Darmstadt, 1993)

**Produkte: Fleisch- und
Wurstwaren**

**Produktionsmenge
ca. 8.200 t/a**

**Mitarbeiterzahl
ca. 140 Personen**

**Nutzfläche
ca. 17.000 m²**

3 Ist-Analyse

3.1 Betriebliche Daten

Die Lutz Fleischwaren AG Niederlassung Landsberg ist ein fleischverarbeitender Betrieb mit einer breiten Produktpalette von Fleisch- und Wurstwaren.

Die Produktionsmengen in den Hauptproduktsparten sind in der folgenden Tabelle dargestellt (Bezugsjahr 1999) :

Produkt-Sparte	Brutto-Produktionsmengen
	Tonnen/Jahr
Brühwurst	5.239 t/a
Kochwurst	205 t/a
Rohwurst	87 t/a
Fleischwaren	2.656 t/a
Gesamtproduktion	8.188 t/a

Im Betrieb Landsberg sind 138 Mitarbeiter beschäftigt (Bezugsjahr: 1999)

Der Standort besteht seit 1990. Der Gebäudebestand und der größte Teil der Anlagen sind demnach rund zehn Jahre alt.

Der Betrieb besteht aus einem zweigeschossigen Flachbau mit einer Grundfläche von rund 8.800 m² und eine Gesamtfläche von 16.970 m².

Der Betrieb lässt sich in folgende Bereiche untergliedern:

- ⇒ Produktion und Lager
- ⇒ Verwaltung
- ⇒ Werkstatt und Technik-Räume

Die meisten Lagerräume und ein großer Teil der Produktionsräume sind gekühlt. Insgesamt sind rund 5.600 m² gekühlte Flächen auf Temperaturniveaus von -20°C bis +15°C vorhanden.

3.2 Produktionsablauf

Das unten stehende Flussdiagramm stellt den Ablauf der Produktion schematisch dar.

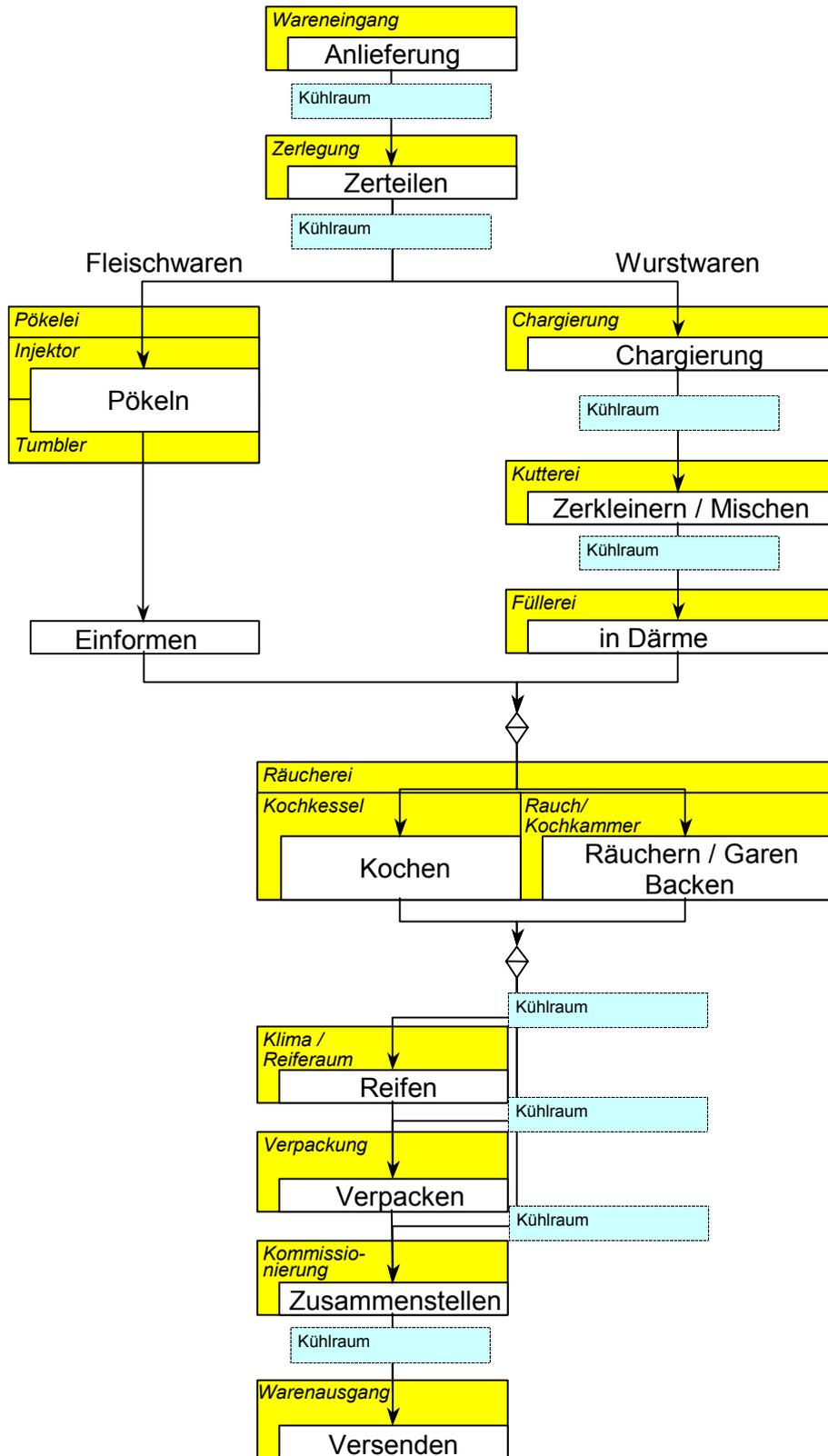


Abbildung 3-1: Produktionsablauf

Das Fleisch wird vorzerlegt durch Kühlfahrzeuge an den Wareneingangsrampen angeliefert und in die Wareneingangs-Kühlräume transportiert. Von dort wird es nach Bedarf zur Zerlegung gebracht. Nach der Zerlegung teilt sich der Materialfluss in zwei Teilwege auf:

a) Die für die Fleischwarenproduktion (vor allem Kochschinken) vorgesehenen Mengen werden - nach dem Pökeln im Injektor und im Tumbler - in Formen gepackt. Anschließend erfolgt die thermische Behandlung in der sogenannten Räucherei (siehe unten).

b) In der Chargierung werden die Fleischmengen zur Wurstwaren-Produktion in Teilmengen für die unterschiedlichen Produkte aufgeteilt und in wannenförmigen Wagen bereitgestellt. Die Fleisch-Chargen werden im Kutter zerkleinert und mit Gewürzen und ggf. weiteren Zutaten vermischt. Das so erhaltene Brät wird in der Füllerei in Därme oder Formen gefüllt und in Gestellwagen eingeordnet (auf Stangen aufgehängt oder auf Zwischenböden eingestellt). Die so gefüllten Gestellwagen gelangen zur Weiterverarbeitung ebenfalls in die Räucherei.

In der Räucherei erfolgen - je nach Produkt - ein oder mehrere Arbeitsgänge aus dem Arbeitsfeld Kochen, Brühen, Räuchern, Backen und ggf. Duschen zur Abkühlung der Waren. Nach der thermischen Bearbeitung erfolgt die Ausformung der Waren, falls erforderlich (Schinken, Leberkäse o.ä.).

Nach der Abkühlung der Waren erfolgt teilweise noch eine Reifephase in konditionierten Reiferäumen. Die meisten Produkte werden schließlich in der Packerei in verschiedene Verpackungsformen verpackt.

Die Waren werden am Ende des Produktionsprozesses in Kunststoffkisten kommissioniert und im Versandkühlraum zur Abholung durch Kühlfahrzeuge bzw. für den hausinternen Großhandels-Abholmarkt bereitgestellt.

Im Verlauf des Materialflussweges gibt es zwischen Wareneingang und Versand immer wieder Kühlräume zur zwischenzeitlichen Aufbewahrung der Waren.

Außerdem fallen aus hygienischen Gründen regelmäßig in hohem Umfang Reinigungsarbeiten an (Maschinen und weitere Arbeitsmittel, Wannen- und Gestellwagen, Kunststoffkisten, Arbeitsstiefel und -Schürzen, Produktionsräume).

3.3 Nutzungsänderungen

Nutzungsänderungen sind derzeit nicht geplant.

3.4 Energiebezug

Der Betrieb bezieht Energie in Form von Strom und Erdgas. Der Alternativbrennstoff Flüssiggas wurde in 1999 nicht eingesetzt.

3.4.1 Stromversorgung

Für die Analyse des Istzustandes wurden die Verbrauchsdaten des Bezugsjahres 1999 verwendet.

Strom: Bezugscharakteristik

Die Strom-Bezugscharakteristik stellt sich im Jahre 1999 wie folgt dar:

	Bezugsjahr	1999
Maximale Leistung (Verrechnungsleistung)	kW	937
Jahresarbeit Hochtarif	MWh/a	1.870
Jahresarbeit Niedertarif	MWh/a	1.839
Jahresarbeit gesamt	MWh/a	3.709
Benutzungsdauer	h/a	3.959

Jahresverlauf des Strombezugs

Der Jahresverlauf des Strombezugs ist in Abbildung 3-2 dargestellt. Abbildung 3-3 zeigt zusätzlich den Verlauf des spezifischen Strombezugs, bezogen auf die entsprechende Produktionsmenge.

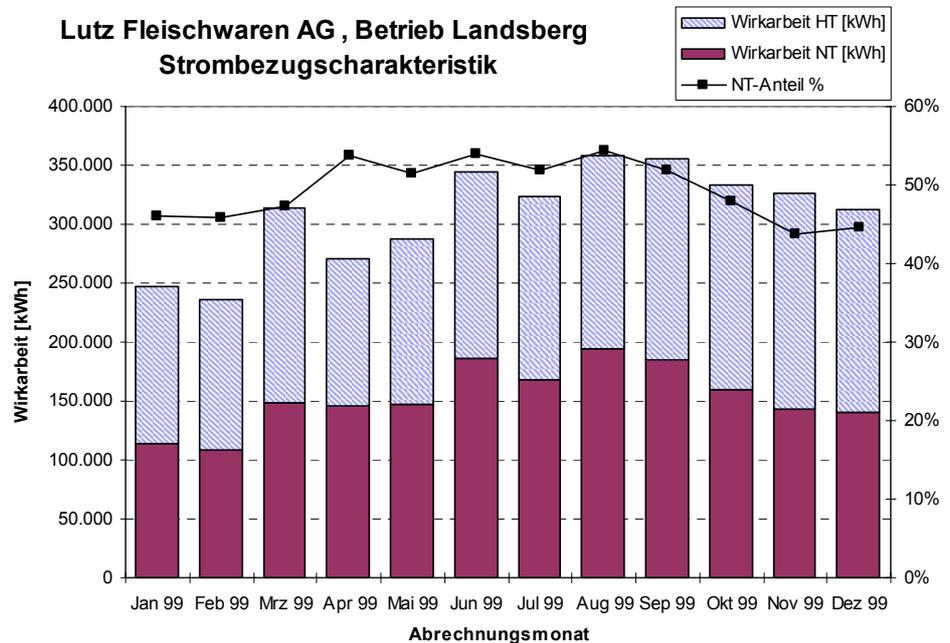


Abbildung 3-2: Strombezug 1999

**Lutz Fleischwaren AG , Betrieb Landsberg
spezifische Strombezugswerte**

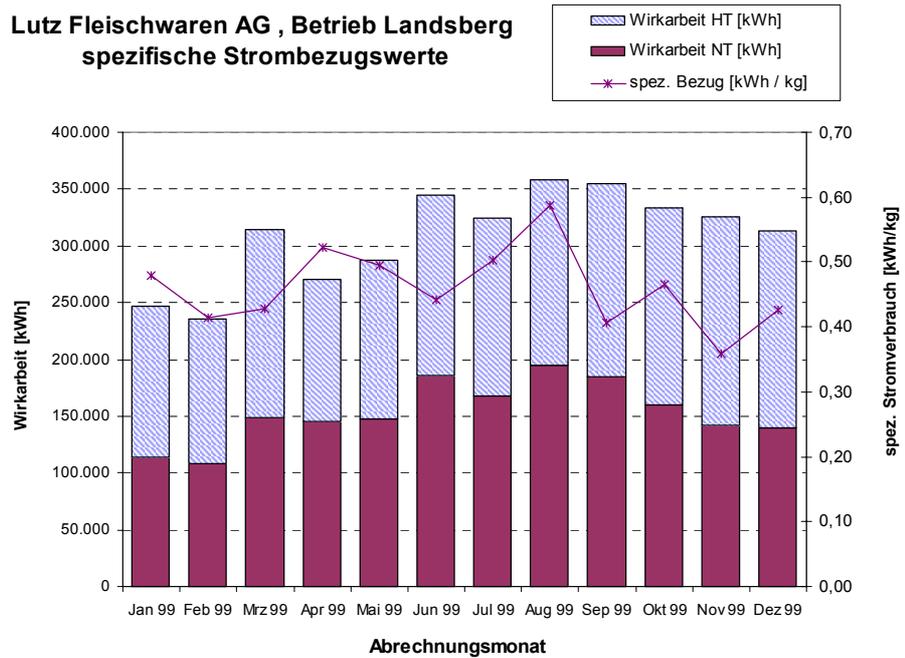


Abbildung 3-3 : spezifischer, auf Produktionsmenge bezogener Strombezug

Erkennbares Merkmal dieser Jahresganglinie ist zum Einen der gleichmäßig hohe NT-Anteil von rund 46 bis 54% am Gesamtverbrauch. Dies ist vor allem durch die starke Prägung des Stromverbrauchs durch die Kälteanlage bedingt (ganztägiger Kältebedarf, nächtliches Laden des Eisspeichers). Darüber hinaus sind auch einige Produktionsmaschinen (z.B. die Rauch- / Kochkammern) nachts in Betrieb.

Weiter ist ein ansteigender Stromverbrauch in den Sommermonaten festzustellen, der im Herbst wieder leicht abfällt. Auch das ist durch den im Sommer etwas höheren Strombedarf zur Kälteerzeugung zu erklären. Insgesamt ist der Strombezug im Jahr 1999 um 4,4% gegenüber dem Vorjahr angestiegen.

3.4.2 Gasversorgung

Gasversorgung

Der Betrieb hat sowohl einen Erdgasanschluss als auch Einrichtungen zum Flüssiggas-Betrieb. Im Jahr 1999 wurde allerdings kein Flüssiggas eingesetzt (im Vorjahr betrug die Flüssiggasmenge rund 10% des Erdgaseinsatzes). Deshalb beziehen sich alle weiteren Betrachtungen auf die Verwendung von Erdgas.

Der Erdgasbezug in 1999 ist wie folgt charakterisiert:

	Bezugsjahr	1999
Verbrauch H ₀	MWh/a	8.882
Verbrauch H _u	MWh/a	8.038

Jahresverlauf des Erdgasbezugs

Der Jahresverlauf des Erdgasbezugs ist in Abbildung 3-1 dargestellt.

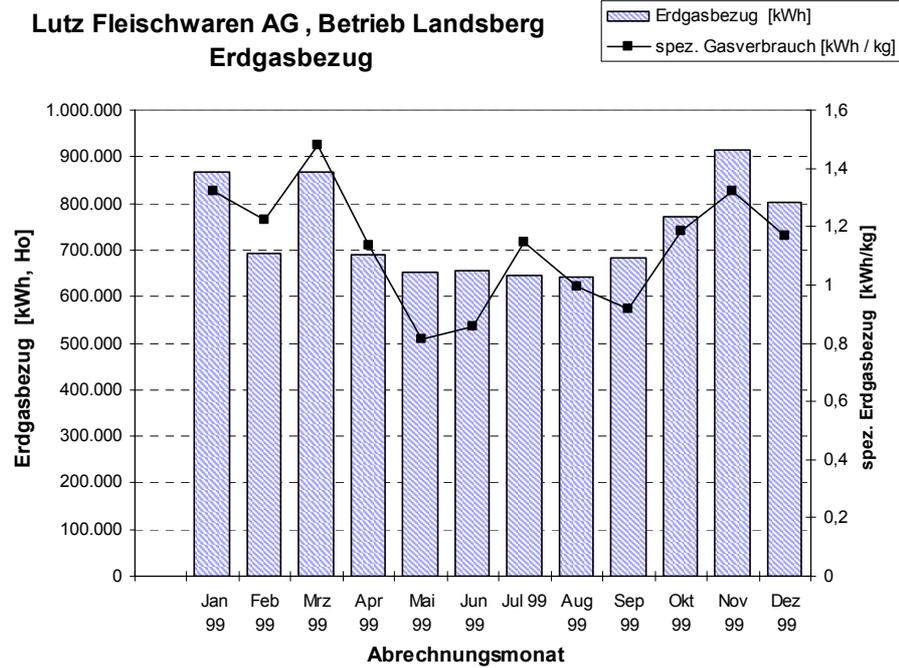


Abbildung 3-4 : Erdgasbezug 1999

Aus der nur leichten Absenkung des Gasverbrauchs in den Sommermonaten ist erkennbar, dass Gas vor allem zu Produktionszwecken und nur in geringem Maß zur (jahreszeitabhängigen) Raumheizung verwendet wird. Ein weiterer wesentlicher Gasverbraucher ist das Blockheizkraftwerk, das ebenfalls einen gleichmäßigen Jahresgang aufweist.

3.4.3 Wasserversorgung

Die Versorgung mit Trinkwasser erfolgte in 1999 zu folgenden Bedingungen:

	Bezugsjahr	1999
Jahresbezugsmenge	m ³ /a	59.835

Darüber hinaus wird Brunnenwasser aus dem Grundwasser entnommen, zur Rückkühlung der Kälteanlage verwendet und wieder eingeleitet.

4 Datenermittlung und Messungen

Als Ausgangspunkt für die Analyse wurde die Ermittlung der erforderlichen Daten durchgeführt:

1. Die Schwerpunkte des Energieverbrauchs wurden ermittelt.
2. Die produktspezifischen Anteile des Energieverbrauchs wurden erfasst und den Produktarten und Produktionsmengen zugeordnet.
3. Die allgemeinen Verbraucher, die nicht einzelnen Produkten oder Einzelanlagen zuzuordnen sind, wurden erfasst. Dazu gehören hier vor allem die Kälteerzeugung, die Lüftungsanlagen sowie die Druckluftkompressoren.
4. Gezielte Einzelanalysen, die dem Aufzeigen und der Bewertung von Verbesserungspotenzialen dienten, wurden durchgeführt.

Die Daten wurde durch Sichtung vorhandener Dokumentation, Analyse des Anlagenbestands sowie Messungen ermittelt. Dieses Vorgehen ist nachfolgend genauer beschrieben.

4.1 Vorhandene Dokumentation

Die Bestandsaufnahme zum Energiebezug (Mengen und Konditionen) erfolgte aus den vom Betrieb zur Verfügung gestellten Energie-Lieferverträgen und Verbrauchsabrechnungen. Weiter wurden mehrere im Betrieb vorhandene Zähler (für Strom, Gas, Wasser, Wärme, Betriebsstunden usw.) zweimal wöchentlich abgelesen und aufgezeichnet. Diese Aufzeichnungen wurden teilweise ebenfalls zur Ermittlung von Leistungs- und Verbrauchsbilanzen herangezogen. Schließlich wurden insbesondere zur Kennzahlenbildung auch vom Betrieb zur Verfügung gestellte Produktionsdaten (wie Produktmengen, Verfahrensparameter, Temperaturen etc.) verwendet.

4.2 Technische Betriebsanalyse

Eine bereits im Betrieb vorhandene Maschinenliste wurde aktualisiert und vervollständigt, um Betriebsdauern, Leistungs- und Verbrauchswerte ergänzt und zu Verbrauchergruppen zusammengefasst. Die erforderlichen Werte wurden aus den technischen Unterlagen, Typenschildern usw. und durch Auskünfte des technischen Betriebspersonals ermittelt.

4.3 Messungen

Darüber hinaus wurden weitere zur Bewertung des Energieeinsatzes im Betrieb erforderlichen Daten durch Messungen ermittelt.

Folgende Messgeräte wurden verwendet:

- ⇒ Für die elektrischen Leistungs- und Lastgangmessungen wurde ein Leistungsmessgerät Memobox 603, Fabr. LEM Elmes, mit integrierter elektronischer Messdatenaufzeichnung verwendet. Die aufgezeichneten Daten wurden mit der dazugehörigen Software ausgelesen, visuell dargestellt und in eine ASCII-Textdatei exportiert. Die weitere Auswertung wurde durch MS-Excel vorgenommen.
- ⇒ Durchflussmengen wurden mittels eines Ultraschall-Durchflussmessgeräts Fluxus ADM 6515, Fabr. Flexim gemessen. Dieses Gerät kann aus der Durchflussmenge mittels zweier angeschlossener Temperatursensoren (an Vor- und Rücklaufleitung) auch die zugehörige Wärmemenge errechnen, was für die Messungen an der Wärmerückgewinnung (WRG) der Kälteanlage angewendet wurde
- ⇒ Weitere Temperaturmessungen wurden mit einem Datenlogger Hobo H8, Fabr. Onset Computer Corporation, durchgeführt. Das Gerät verfügt neben einem eingebauten Lufttemperatur- und Feuchtesensor über Anschlüsse für zwei weitere externe Sensoren, an die zwei Temperaturfühler angeschlossen wurden.
- ⇒ Luftmengen und Lufttemperaturen wurden mit einem Luftströmungsmessgerät testo 425, Fabr. Testo, gemessen. Dieses Gerät wurde bei der Überprüfung der Lüftungsanlagen eingesetzt.
- ⇒ Darüber hinaus wurden die Ablesedaten der im Betrieb vorhandenen Energie- und Medienzähler verwendet.

Die Messungen wurden größtenteils kontinuierlich über bestimmte Betriebszyklen (Tages- oder Wochengang) durchgeführt.

Bei bekannter Betriebsdauer und konstanten Betriebsbedingungen der Anlage waren auch teilweise die gemessenen Momentanwerte ausreichend.

Schließlich wurden bei einigen Produktionsanlagen (Kutter, Rauch- / Kochkammern) Messungen über abgeschlossene Produktionszyklen mit den jeweils bearbeiteten Produktarten und -mengen verknüpft, um daraus spezifische Verbrauchswerte zu ermitteln.

Im Folgenden sind die durchgeführten Messungen beschrieben sowie typische Messdiagramme abgebildet.

4.3.1 Blockheizkraftwerk

- a) Messung der elektrischen Leistungsabgabe des BHKW; hier war nur eine kurzfristige Messung erforderlich, da die Leistung geregelt und ein Betriebsstundenzähler vorhanden ist; daraus wurde die erzeugte Strommenge bestimmt.
- b) Der Gasverbrauch für das BHKW während eines definierten Zeitraums wurde aus den wöchentlichen Ablesungen des Gaszählers ermittelt (siehe Abschnitt 4.2).
- c) Zeitgleich dazu stehen auch Ablesungen des Wärmemengenzählers zur Verfügung, woraus die in dieser Zeit erzeugte Wärmemenge bestimmt wurde. Aus den Messungen a) bis c) erfolgte eine Bestimmung des elektrischen und thermischen Wirkungsgrades des BHKW.

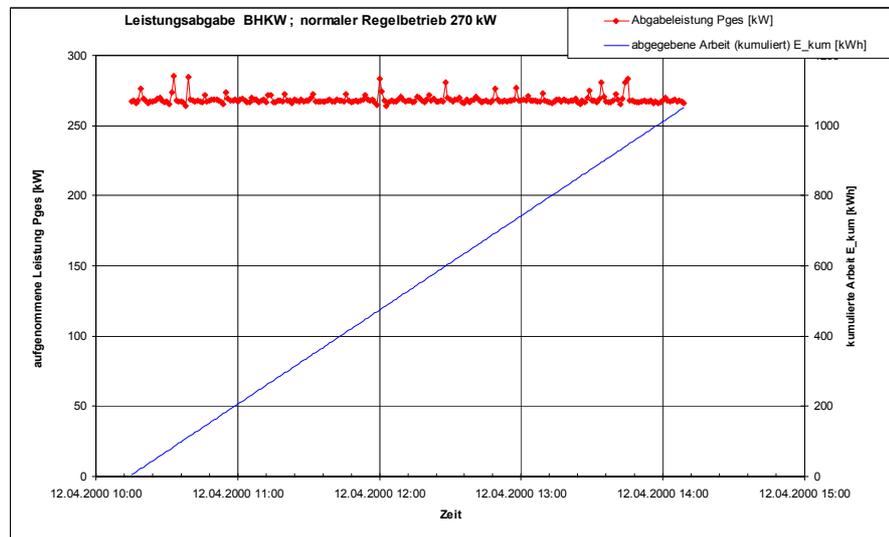


Abbildung 4-1: Leistungsabgabe des BHKW im normalen Regelbetrieb

4.3.2 Kälteanlagen

- a) Elektrische Leistungsmessung der gesamten Kälteanlage bei unterschiedlichen Außentemperaturen (drei Messungen über mindestens eine Woche)
- b) Elektrische Leistungsaufnahme eines einzelnen Verdichters während eines Betriebszyklus (mehrstufiges Anfahren, Dauerbetrieb, mehrstufiges Herunterfahren)

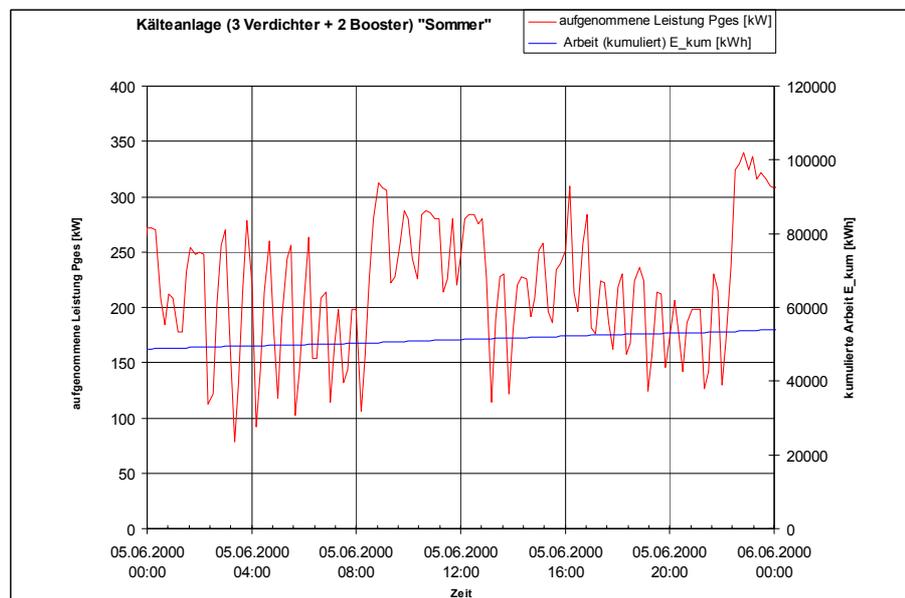
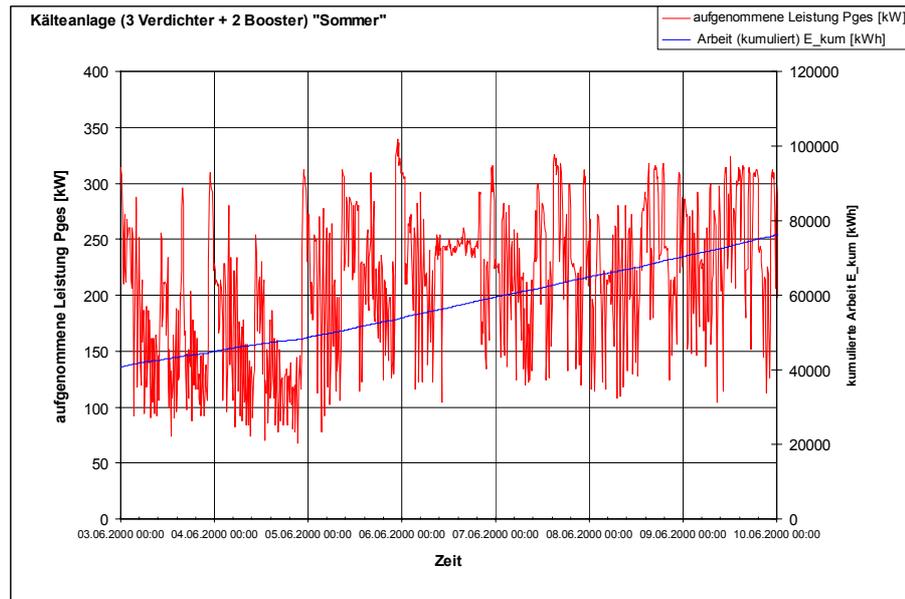


Abbildung 4-2: Elektrischer Wochenlastgang (oben) und typischer Tageslastgang (unten) der Kälteanlage

4.3.3 Wärmerückgewinnung Kälteanlage

- Messung der Vor- und Rücklauf-Temperaturen
- Messung der Durchflussmengen im Kühlkreislauf der Wärmerückgewinnung (Motorkühlung und Verflüssiger)

4.3.4 Druckluftkompressoren und Druckluftaufbereitung

- Elektrische Leistungsmessung der Kompressoren für einige Stunden, um die Leistungsaufnahme in verschiedenen Betriebszuständen zu erfassen.
- Durch eine Druckhalteprüfung bei abgeschalteten Druckluftabnehmer wurde die Leckrate des Druckluftnetzes gemessen.

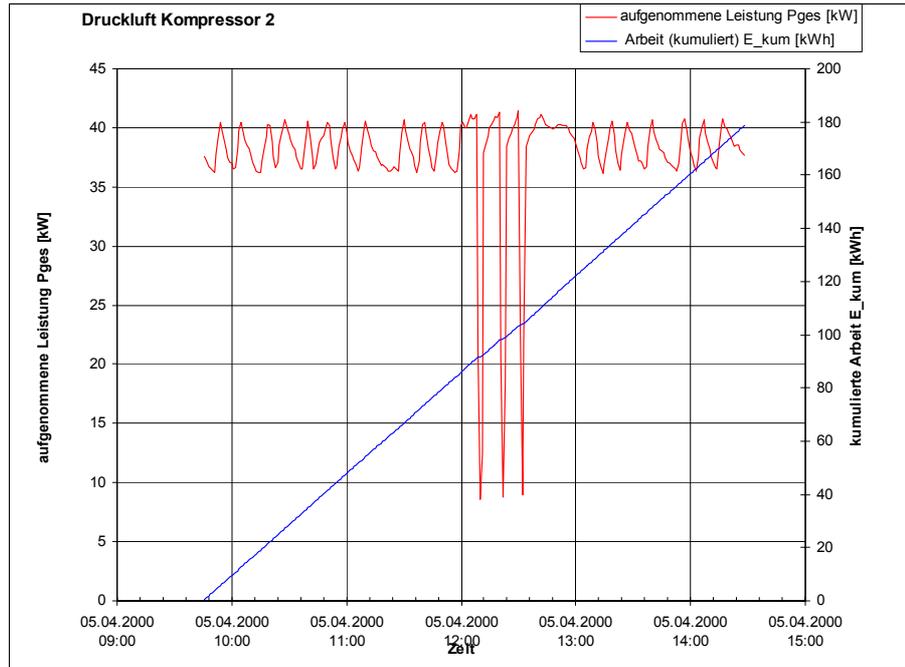


Abbildung 4-3 : Elektrischer Lastgang des Druckluftkompressors 2.

4.3.5 Lüftungsanlagen

- a) Elektrische Leistungsmessung für die Unterverteilung der gesamten Lüftungsanlagen im Verlauf einer Woche
- b) Punktuelle Überprüfung der Luftmengen und der Temperaturen in den Lüftungsanlagen gegenüber den Auslegungswerten aus der technischen Dokumentation

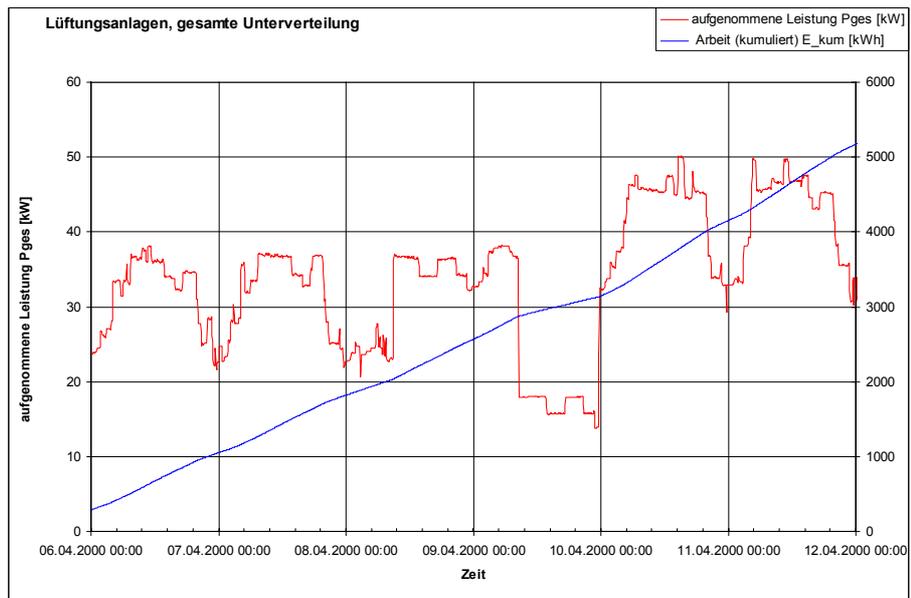


Abbildung 4-4 : Wochenlastgang der Lüftungsanlagen (gesamte Unterverteilung, alle Anlagen)

4.3.6 Kistenförderanlage

Elektrische Leistungsmessung der gesamten Anlage im Verlauf einer Woche

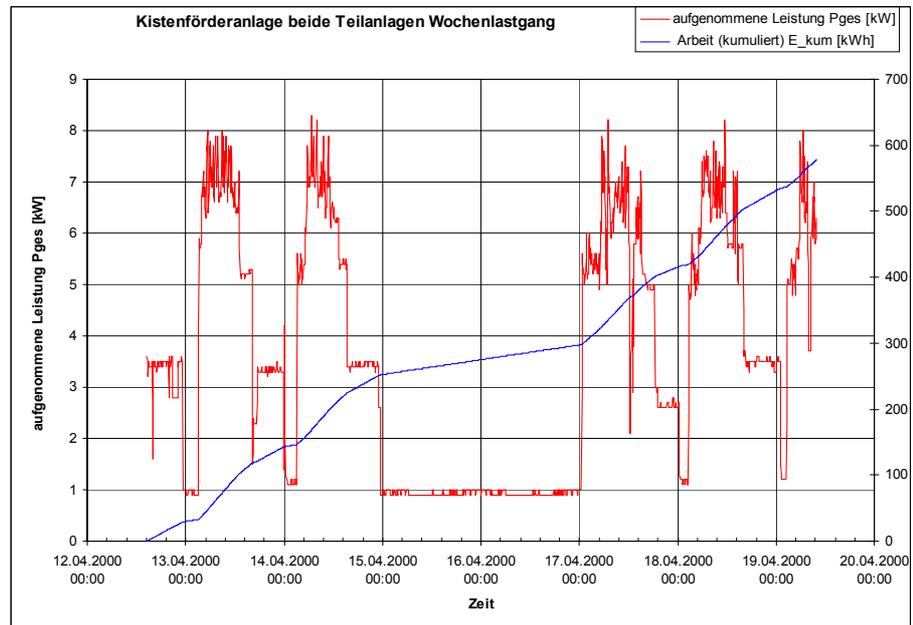


Abbildung 4-5 : Wochenlastgang der Kistenförderanlage

4.3.7 Kutter

- Elektrische Leistungsmessung im Verlauf eines Produktionstages mit zeitlicher Zuordnung zu den verarbeiteten Produktarten und –mengen (Mitschrift des Produktionsprogramms vom Bedienpersonal des Kutters und dem Produktionsplan des Tages).
- Elektrische Leistungsmessung im Verlauf einer Woche, mit Zuordnung zu Gesamt-Produktionsmengen.

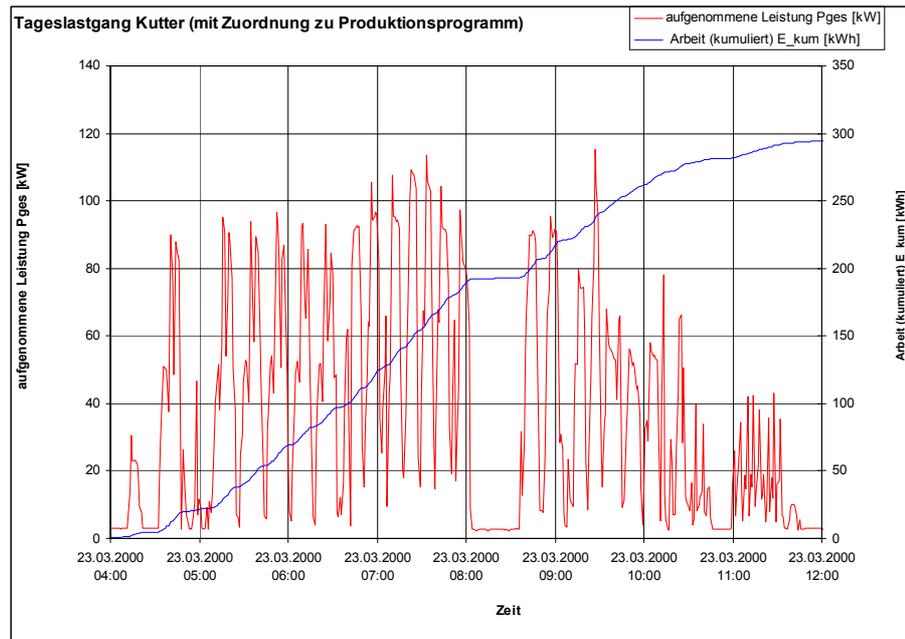


Abbildung 4-6 : Tageslastgang des Kutters. Gleichartige Lastspitzen bei gleichen Produktchargen

4.3.8 Rauch- / Kochkammern

- a) Elektrische Leistungsmessung einer Rauch- / Kochkammer im Wochenverlauf mit Zuordnung zum Produktionsprogramm.
- b) Elektrische Leistungsmessung im Verlauf eines Produktionsablaufs beim Backen von Leberkäse.
- c) Elektrische Leistungsmessung analog zu b), jedoch mit modifiziertem Produktionsverfahren. Hintergrund: Das derzeitige Produktionsverfahren für Leberkäse weist einen hohen Anteil an elektrischer Heizleistung auf. Alternativ dazu ist ein Prozess denkbar, der mit weitgehender Beheizung durch die Dampf-Heizregister geführt wird und erst oberhalb der damit erreichbaren Temperaturen die elektrische Beheizung einsetzt. Eine entsprechende Eignung hinsichtlich der Produkteigenschaften vorausgesetzt, wurde das Einsparpotenzial dieser Prozessführung durch entsprechende Leistungsmessungen zu ermittelt.

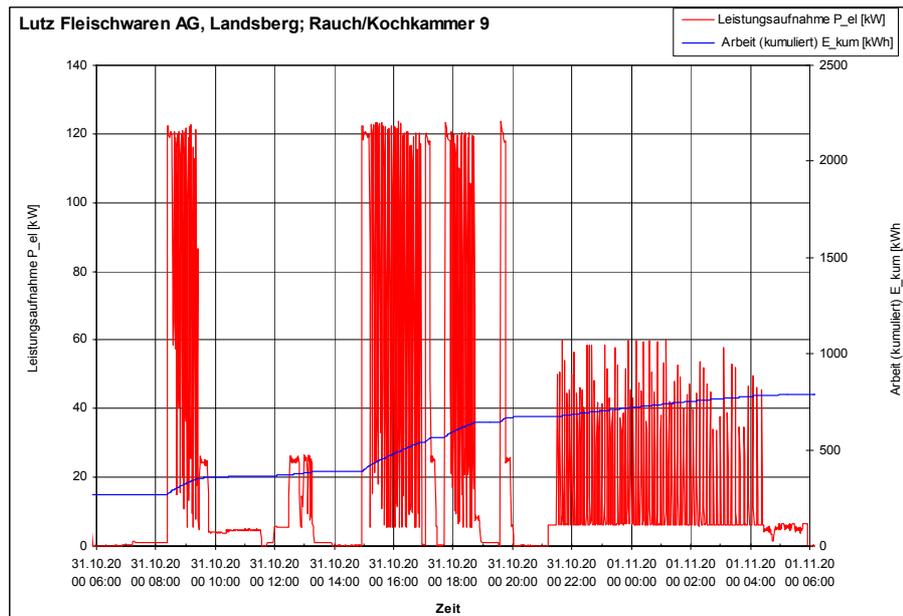


Abbildung 4-7 : Tageslastgang einer Rauch- / Kochkammer mit sechs unterschiedlichen Produktionszyklen

4.3.9 Verpackung

Elektrische Leistungsmessung der gesamten Verpackungsanlagen im Verlauf einer Woche.

4.3.10 Dampfnetz

- a) Ermittlung des Brennstoffeinsatzes für die Dampferzeugung aus den wöchentlichen Zählerablesungen.
- b) Bestimmung der in einem definierten Zeitraum erforderlichen Nachspeisemengen aus der Wasseraufbereitungsanlage.
- c) Messung der Kondensatrücklaufmengen (Ultraschall-Durchflussmessgerät).

5 Technische Bestandsaufnahme

In der Bestandsaufnahme wurden die Abnehmeranlagen hinsichtlich

- ⇒ Stromverbrauch
- ⇒ Gasverbrauch
- ⇒ Wärme- / Dampfverbrauch
- ⇒ Druckluftverbrauch
- ⇒ Kälteverbrauch und
- ⇒ Bauphysik

begutachtet. Darüber hinaus wurden relevante Verteilnetze für die oben genannten Medien betrachtet. Ebenso wurde die Dampf- bzw. Wärmeerzeugung und das Blockheizkraftwerk analysiert.

Die Analyse des Energieverbrauchs basiert auf den Daten, die nach den im Kapitel 4 beschriebenen Methoden ermittelt wurden.

Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme sind im Detail in den einzelnen Abschnitten dokumentiert.

Darüber hinaus ist in Abbildung 5-2 ein Energieflussbild in Form eines Sankey-Diagramms dargestellt, das die Energieströme bilanzierend veranschaulicht (siehe Seite 32).

5.1 Bauphysik

5.1.1 Gebäudebestand, Bausubstanz

Das Gebäudealter beträgt 10 Jahre. Alter und Zustand des Gebäudebestands bieten kein wirtschaftliches Einsparpotenzial.

5.1.2 Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf des Gebäudes entspricht dem Ersatz der Wärmeverluste, die sich aus Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten zusammensetzen.

Der Transmissionswärmebedarf, der zum Zeitpunkt der Gebäudeerrichtung vom ausführenden Architekturbüro ermittelt wurde, liegt bei 10,4 kW/K. Dies entspricht einem mittleren k-Wert von 0,451 W/(m² K). (Nach der zum Errichtungszeitpunkt gültigen Wärmeschutzverordnung ist für das Betriebsgebäude ein k-Wert von maximal 0,981 W/(m² K) zulässig, der somit weit unterschritten wird.)

<p>Gesamtwärmebedarf 2.750 MWh/a</p>	<p>Mit der Heizgradtagszahl (Augsburg: 4.200 Kh/a) ergibt sich für den Ausgleich der Transmissionswärmeverluste ein Wärmebedarf von 1047 MWh/a.</p> <p>Die Lüftungswärmeverluste errechnen sich aus den geförderten Luftmengen (siehe Abschnitt 5.6.3) zu etwa ca. 1.700 MWh/a.</p> <p>Damit beträgt der gesamte jährliche Wärmebedarf des Gebäudes 2.750 MWh/a. Dieser Bedarf muss gedeckt werden aus den inneren Wärmequellen (Anlagen und Geräte, Beleuchtung, Personen) und den Heizungseinrichtungen (Lüftungsanlagen und statische Heizung mit Radiatoren) sowie äußeren Wärmegewinnern durch Sonneneinstrahlung.</p>
<p>WRG : 1.190 kW_{th}</p>	<p>5.2 Wärmezeugung</p> <p>Die Wärmeversorgung des Betriebes erfolgt aus drei unterschiedlichen Wärmequellen:</p> <p>⇒ Wärmerückgewinnung aus der Verbund-Kälteanlage; Plattenwärmetauscher, max. Durchsatz 68 m³/h, entsprechend einer Wärmeleistung von 1190 kW_{th} bei einer Temperaturdifferenz von 15°C</p>
<p>Gas-BHKW : 422 kW_{th}</p>	<p>⇒ Gas-Blockheizkraftwerk (BHKW), Fabrikat MAN, Baujahr 1991; Nennleistung 270 kW elektrisch / 422 kW thermisch</p>
<p>Dampferzeuger : 2.666 kW_{th}</p>	<p>⇒ gasbefeuert Dampferzeuger. Kessel: Fabrikat Loos, Baujahr 1990, Wärmeleistung 2.666 kW, Dampferzeugung max. 4.000 kg/h, Betriebs-Überdruck 10 bar, entsprechend einer Sattedampftemperatur von 184°C; Gas-Brenner: Fabrikat Weishaupt G10-1D, Bj. 1990, Brennerleistung max. 4100 kW; Economizer zur Speisewasservorwärmung.</p>
<p>Erdgasverbrauch : 8.038 MWh_{Hu}/a</p>	<p>Damit ergibt sich rechnerisch eine installierte Gesamt-Wärmeleistung von 4.278 kW.</p> <p>Der jährliche Erdgaseinsatz in den oben genannten Wärmeerzeugern betrug 8.882 MWh_{Ho}/a bei einem oberen Heizwert von H_o=11,05 kWh/m³, entsprechend einer Gasmenge von 803.802 m³ (Bezugsjahr 1999). Dies entspricht einem unteren Heizwert¹ von H_u=10 kWh/m³ einem Jahresverbrauch von 8.038 MWh_{Hu}/a.</p>

¹ (NB: Im weiteren Verlauf werden Wärmemengen immer auf den unteren Heizwert H_u bezogen, wenn nicht anders angegeben)

**Jahresnutzungsgrad
des Dampfkessels:
92 %**

Davon wurden 3.484 MWh_{Hu}/a (rund 43%) im BHKW und 4.554 MWh_{Hu}/a (57%) im Dampfkessel verbraucht. Die Abgasverluste des Dampferzeugers betragen nach dem Protokoll der Emissionsmessung 5%. Die Verluste durch Strahlung und innere Auskühlung können auf zusammen 2 % abgeschätzt werden. Auf Grund der hohen Betriebsdauer des Dampferzeugers betragen auch die Betriebsbereitschaftsverluste nur rund 1 % (gemäß VDI 2067). Daraus errechnen sich Gesamtverluste in Höhe von 8 % der eingesetzten Heizwärmemenge, entsprechend einem Jahresnutzungsgrad des Dampfkessels von 92%.

Daraus ergibt sich für den Dampfkessel eine erzeugte Wärmemenge von 4.190 MWh/a in Form von Dampf (10 bar.)

**Wärmeerzeugung
BHKW:
1.843 MWh/a**

Die vom BHKW abgegebene Wärmemenge wird mit einem eigenen Wärmemengenzähler erfasst. Im Bezugsjahr 1999 wurden 1.843 MWh/a Wärme durch das BHKW abgegeben.

Die erzeugte Wärmemenge von der Wärmerückgewinnung aus der Kälteanlage wurde bestimmt aus dem jährlich Wasserdurchsatz von 21.000 m³ und der mittleren Temperaturerhöhung von 10°C auf 25°C. Daraus ergibt sich eine aufgenommene Wärmemenge von rund 366 MWh/a.

Die Daten der drei Wärmeerzeugungsanlagen sind in untenstehender Tabelle zusammengefasst.

Wärmeerzeuger	Max. Wärmeleistung	Erdgasverbrauch	Erzeugte Wärmemenge
	kW _{th}	MWh _{Hu} /a	MWh/a
WRG	1.190	-	366
BHKW	422	3.484	1.843
Dampferzeuger	2.666	4.554	4.190
Summe	4.278	8.038	6.399

5.3 Wärmeverteilung

Die drei Wärmeerzeuger sind mit den Wärmeabnehmern aus den Gruppen

- ⇒ Raumheizung
- ⇒ Trinkwassererwärmung
- ⇒ Prozesswärme / Dampf

verbunden über das Wärmeverteilungsnetz, das als kombiniertes Dampf-/Warmwassernetz ausgeführt ist:

- ⇒ Die Einspeisung der WRG der Kälteanlage erfolgt in die Kaltwasser-Nachspeisung des Trink-Warmwassernetz.
- ⇒ Die vom BHKW erzeugte Wärme wird ebenfalls über Wärmetauscher in das Warmwassernetz eingespeist.
- ⇒ Der Dampferzeuger stellt Dampf in vier Dampfverteilnetzen auf unterschiedlichen Druck-/Temperaturstufen zur Verfügung, die zum einen für Produktionsprozesse verwendet werden (8 bar, 6 bar und 0,5 bar Dampfverteilnetze). Zum anderen ist das Dampfnetz über jeweils einen Rohrbündel-Wärmetauscher mit dem Warmwasser-Heizungsnetz und mit der Trinkwassererwärmung verbunden (1 bar Dampfverteilnetz).

5.4 Wärmeanwendung

5.4.1 Trinkwassererwärmung

Der Betrieb hat wie alle fleischverarbeitenden Betriebe einen hohen Bedarf an erwärmtem Trinkwasser zu Produktions- und Reinigungszwecken. Im Bezugsjahr 1999 belief sich der Verbrauch auf 20.000 m³ Warmwasser, die durch die oben beschriebenen Wärmeerzeugungsanlagen erwärmt wurden.

Zur Zwischenspeicherung und als Puffer stehen drei hintereinander geschaltete Warmwasserbehälter zu je 40 m³ auf dem Freigelände des Betriebs. Diese Speicherkapazität entspricht etwa der Hälfte des Tagesbedarfs an Trink-Warmwasser.

Der zur Erwärmung dieser Wassermenge (von 10°C auf 60°C) erforderliche Wärmebedarf beträgt rund 1.220 MWh/a.

Davon wird durch die Vorwärmung aus der WRG der Kälteanlage ein Anteil von ca. 30% (366 MWh/a) gedeckt. Die verbleibenden 854 MWh/a werden von BHKW und Dampferzeuger aufgebracht.

5.4.2 Raumheizung

Der Raumwärmebedarf ist über den Gesamtbetrieb sehr inhomogen, da in vielen Produktions- und Lagerbereichen gekühlt werden muss, um die Produktqualität zu gewährleisten. Darüber hinaus gibt es einige Produktionsanlagen (Kochkessel, Rauch-/Kochkammern) mit einer hohen Wärmeabgabe an die umgebenden Räume. Daher erfolgt die Raumheizung teilweise über Luftheritzer und Heizregister in RLT-Anlagen, teilweise über Radiatoren (vor allem im Bürobereich).

**Wärmebedarf für
Warmwasserbereitung:
1.220 MWh/a**

**Wärmebedarf für
Raumheizung:
1.173 MWh/a**

Der Wärmebedarf für die Raumheizung lässt sich überschlägig aus dem Jahresverlauf des Gasverbrauchs ermitteln. Der Wärmebedarf der übrigen Verbraucher ist über das Jahr hinweg konstant (Trinkwassererwärmung und Prozesswärme) und kann bestimmt werden aus den monatlichen Verbrauchswerten in den Sommermonaten, wenn kein Heizbedarf besteht.

Die Differenz aus dem jährlichen Gas-Gesamtverbrauch und dem auf das Jahr hochgerechneten Verbrauch in den Sommermonaten ist demnach der Gasbedarf für die Raumheizung. Den Bedarf an Heizwärme erhält man daraus durch Bereinigung mit dem Wirkungsgrad der Wärmeerzeugung.

Auf diese Weise lässt sich aus den Bezugsmengen der Jahre 1998 und 1999 ein mittlerer Heizwärmebedarf von 1.173 MWh/a ermitteln, der durch Dampfkessel und BHKW gedeckt werden muss.

5.4.3 Prozesswärme / Dampf

Neben der Heizung und der Trinkwasser-Erwärmung sind die Produktionseinrichtungen die größten Wärmeverbraucher des Betriebs. Die vom Dampferzeuger erzeugte Wärmemenge, vermindert um die Dampfanteile von Heizung und Trinkwassererwärmung, ergibt rechnerisch die jährlich verbrauchte Wärmemenge für Prozesswärme in Höhe von 4.006 MWh/a.

Zu dieser Verbrauchergruppe gehören die Rauch- / Kochkammern, Kombikammern, Kochkessel sowie die Kistenwaschmaschine und die Robot-Waschmaschine.

Die Verbraucher werden aus drei verschiedenen Dampfverteilnetzen versorgt:

- ⇒ Dampf 8 bar: Heizregister zur indirekten Beheizung der Kombikammern
- ⇒ Dampf 6 bar: Heizregister der Kochkessel und der Waschmaschinen
- ⇒ Dampf 0,5 bar : Kochdampf zur direkten Einleitung in die Kombikammern

5.4.4 Übersicht Wärmeverbrauch

Damit lässt sich die Verteilung des Wärmeverbrauchs wie folgt aufgliedern (Bezugsjahr 1999):

Wärmeverbraucher	MWh/a
Trinkwassererwärmung	1.220
Raumheizung (incl. Raumwärme RLT-Anlagen)	1.173
Prozesswärme / Dampf	4.006
Summe Wärmeverbrauch	6.399

In Abbildung 5-1 ist diese Aufteilung der Verbrauchswerte grafisch dargestellt (siehe auch Energieflussbild, Abbildung 5-2).

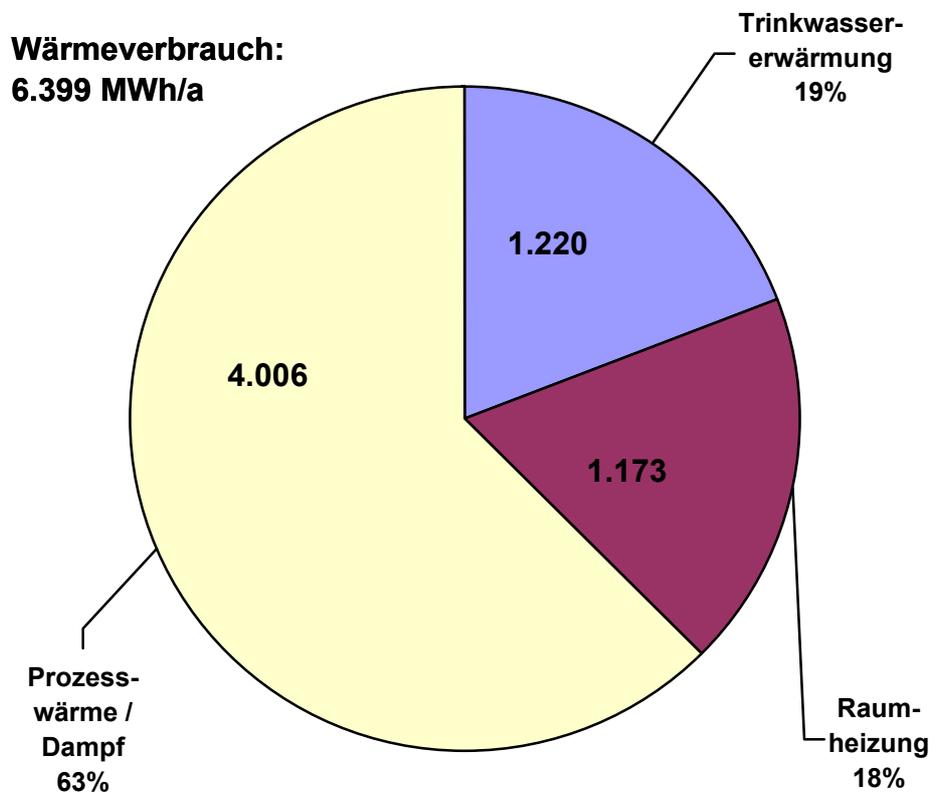


Abbildung 5-1: Wärmeverwendung

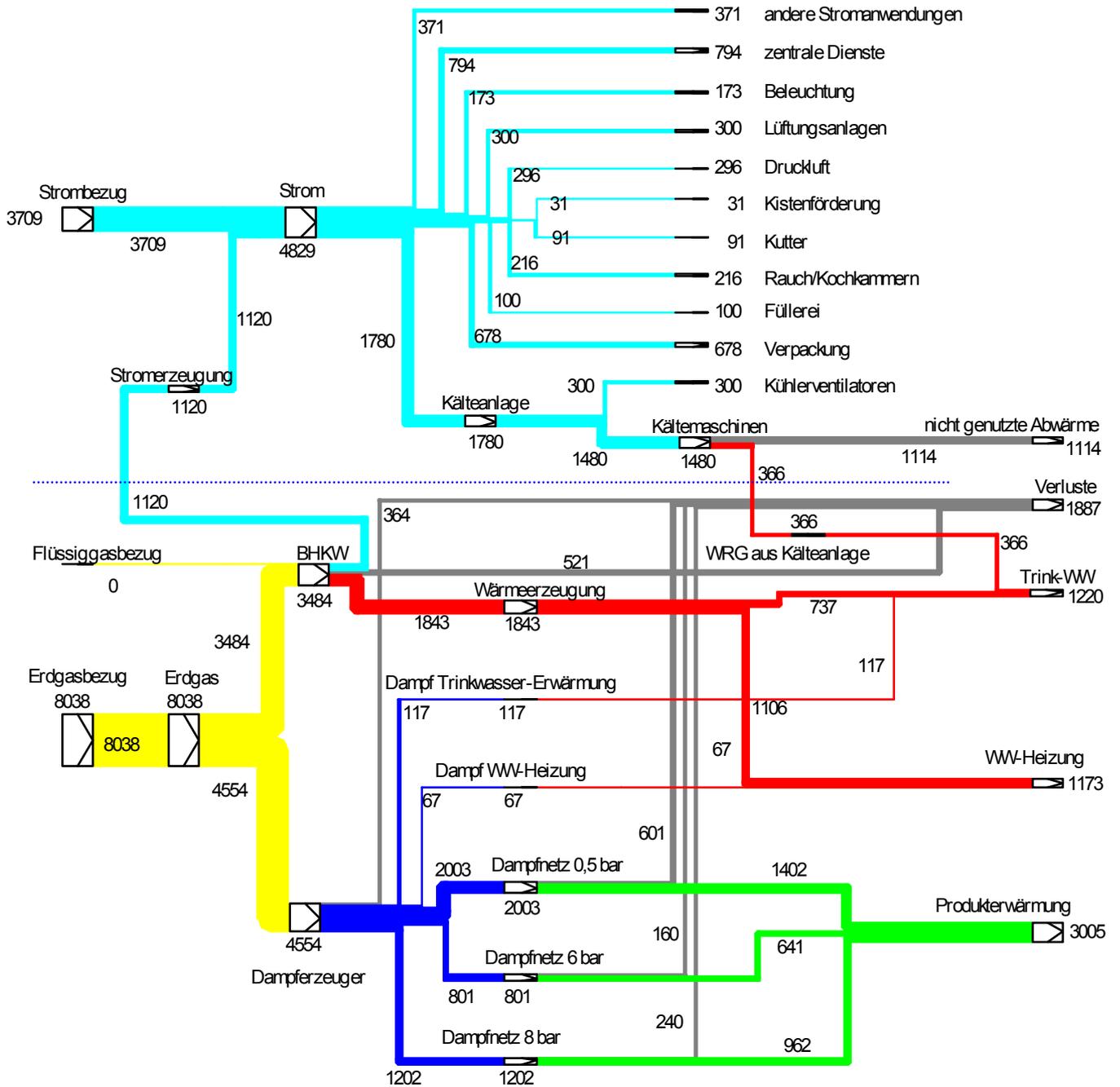


Abbildung 5-2: Energieflussbild (Sankey-Diagramm) des gesamten Betriebs für die bezogenen Energieträger Strom und Erdgas sowie die daraus umgewandelten Energieformen.

Alle Zahlenwerte in MWh/a.

Strom-Bezug
3.709 MWh/a

Strom-Eigenerzeugung
1.120 MWh/a

**Jährlicher Strom-
Gesamtverbrauch**
4.829 MWh/a

Transformatoren
2 x 630 kVA

Gas-BHKW : 270 kW_{el}

5.5 Elektrische Energieversorgung

5.5.1 Gesamt-Stromverbrauch

Im Bezugsjahr 1999 wurden 3.709 MWh Strom bei einer Maximalleistung von 937 kW bezogen (siehe auch Abschnitt 3.4.1).

Darüber hinaus wurden durch das Blockheizkraftwerk weitere 1.120 MWh Elektrizität erzeugt. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde der Wert des eigenerzeugten Stroms aus dem Mischpreis des bezogenen Stroms errechnet.

Damit ergibt sich für 1999 ein gesamter elektrischer Energieverbrauch von 4.829 MWh.

Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden die wesentlichen Stromanwendungen aufgenommen und deren Verbrauch berechnet bzw. abgeschätzt, siehe auch Kapitel 4.

5.5.2 Elektrische Versorgungseinrichtungen

5.5.2.1 Transformatoren

Die elektrische Energie wird in der Übergabestation auf Mittelspannungsniveau 20 kV eingespeist und durch zwei Gießharz-Transformatoren (je 630 kVA) auf Niederspannungsniveau 400 V transformiert. Dies ist auch die Nenn-Einspeisespannung des BHKW. Das Stromverteilnetz ist ein reines Niederspannungsnetz. Die mittlere Verlustleistung (Leerlauf- und Kurzschlussverluste) der Transformatoren beträgt zusammen rund 3,75 kW, was einer Jahresarbeit von ca. 33 MWh entspricht (ca. 0,9% der bezogenen Menge).

5.5.2.2 Gas-BHKW

Der Betrieb verfügt über ein Gas-Blockheizkraftwerk (BHKW) zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme mit einer jeweiligen Nennleistung von 270 kW elektrisch / 422 kW thermisch (Hersteller: MAN, Baujahr 1991).

Die Wärmeauskopplung aus dem BHKW wird durch einen Wärmemengenzähler erfasst, der im Rahmen der Betriebsdatenerfassung zweimal wöchentlich abgelesen wird.

Eine elektrische Leistungsmessung im normalen Regelbetrieb ergab eine hohe Konstanz der abgegebenen elektrische Leistung auf einem Niveau von rund 269 kW.

Die Betriebsdauer betrug 4150 h im Bezugsjahr 1999. Es wurden in dieser Zeit 1.120 kWh elektrische und 1.843 kWh Wärmeenergie erzeugt und in die Verteilnetze eingespeist.

5.5.2.3 Blindleistungskompensation

Zur Blindleistungskompensation verfügt der Betrieb über zwei Blindleistungskompensationsanlagen, die den Leistungsfaktor $\cos \varphi$ automatisch auf 0,95 einregeln.

5.5.2.4 Spitzenleistungsmanagement, Maximumwächter

Das Leistungsmanagementsystem steuert lastabhängig die Zuschaltung des BHKW sowie den Lastabwurf einzelner Verbraucher. Abschaltbare Verbraucher sind einige kleinere RLT-Anlagen sowie die Kältekompressoren (in drei Abschaltstufen).

5.6 Stromanwendungen

5.6.1 Zentrale Dienste

In dieser Gruppe sind alle Verbraucher zusammengefasst, die Energiedienstleistungen für den gesamten Betrieb zur Verfügung stellen. Dazu gehören folgende Anlagen und Geräte¹:

Anlage	Verbrauch MWh/a
Transformatoren (Leerlauf- und Kurzschluss-Verluste, ermittelt aus der Inbetriebnahme-Messung)	33,6
Gebälsebrenner	65,5
Antriebe von Pumpen für die Heiz- und Kühlmedien (soweit sie nicht einer eigenen Gruppe zugeordnet sind)	654,9
Antriebe für Türen und Tore (rund 30 automatisch angetriebene Türen und Tore unterschiedlicher Bauart; Anpassrampen)	1,8
Aufzüge	7,8
Batterie-Ladegeräte für die elektrischen Gabelstapler und Hubwagen	10,3
Reinigungseinrichtungen (Schürzen- / Stiefelwaschanlagen),	8,8
Entsorgungseinrichtungen (Müllpresse, Fettabscheider, Nachverbrennung)	11,1
Summe Zentrale Dienste	794,3

**Zentrale Dienste:
794 MWh/a**

Insgesamt ist den erfassten Geräten und Anlagen ein Stromverbrauch von rund 794 MWh/a (16,4 % des Gesamtstromverbrauchs) zuzuordnen.

¹ Jahresverbrauchswerte zumeist ermittelt aus Leistungswerten und Betriebsdauern

5.6.2 Beleuchtung

Die Beleuchtung besteht überwiegend aus Leuchtstoffröhren, die größtenteils in Prismen- / Wannenleuchten installiert sind. Einige Teilbereiche werden auch mit Kompaktleuchtstofflampen und Halogenleuchten beleuchtet. Die Leuchtstoffröhren sind durchgängig mit elektronischen Vorschaltgeräten ausgestattet. Insgesamt ist im Gebäude eine Beleuchtungsleistung von ca. 55 kW installiert. Darüber hinaus gibt es eine Außenbeleuchtungsanlage mit rund 15 kW.

Die Produktionsräume werden durchgängig während der Arbeitszeit beleuchtet. In den Büroräumen werden neben den Deckenleuchten auch Halogen-Standleuchten eingesetzt, die nach Bedarf platziert und ein- / ausgeschaltet werden.

**Beleuchtung:
173 MWh/a**

Die Beleuchtung stellt mit rund 173 MWh (ca. 3,6 % Verbrauchsanteil) einen der nachgeordneten Einzelstromverbraucher dar.

5.6.3 Raumluftechnik

In dem Betrieb in Landsberg sind ca. 40 Lüftungsanlagen unterschiedlicher Größe in Betrieb.

Davon dienen die größeren Anlagen vor allem der Abführung dampf- / wärmebelasteter Luft aus den Produktionsräumen (Entnebelung). Diese Anlagen sind meist als reine Abluftanlagen ausgeführt, die Zuluft gelangt durch Nachströmung aus benachbarten Bereichen in die Räume. Die Abluftanlagen besitzen zwei Ventilatorstufen, die nach Bedarf per Handschalter zugeschaltet werden (Stufe I: Normalbetrieb; Stufe II: Entnebelung). Die Luftmengen (Stufe II) liegen im Bereich von 15.000 bis 23.000 m³/h. Die Anlage in der Räucherei ist als Zuluft- und Abluftanlage mit je 32.000 m³/h Förderleistung ausgeführt.

Die mittelgroßen Lüftungsanlagen (Förderleistung ca. 1200 bis 11.000 m³/h) dienen der Luftkonditionierung (Heizen / Kühlen) in Arbeits- und Sozialräumen. Die kleineren Anlagen sind meist Abluftanlagen von Toiletten mit Förderleistungen von 100 bis 650 m³/h.

Die gesamte installierte Ventilatorleistung beträgt rund 90 kW_{el}, die Nenn-Luffförderleistung insgesamt ca. 235.000 m³/h.

Bei Luftgeschwindigkeitsmessungen an einzelnen RLT-Anlagen wurden die Luftfördermengen überprüft. Es wurden keine wesentlichen Abweichungen gegenüber den vom Anlagenlieferanten angegebenen Werten festgestellt.

**Lüftungsanlagen:
300 MWh/a**

Die Dimensionierung der Lüftungsanlagen, die nicht als reine Fortluftanlagen ausgeführt sind, liegt im üblichen Rahmen der Richtwerte für die Luftwechselrate. In stark belasteten Räumen (Räucherei, Kisten-/Stiefelwaschanlage, Küche) werden Luftwechselraten bis ca. 20 /h erreicht. Die Fortluftanlagen weisen in der höchsten Ventilatorstufe noch höhere Werte auf, in einem Fall (Druckluftraum) bis ca. 50facher stündlicher Luftwechsel.

Aus dem gemessenen Wochenlastgang der Lüftungsanlagen errechnet sich ein jährlicher Stromverbrauch von rund 300 MWh/a (6,2 %) für die Antriebe dieser RLT-Anlagen. Daraus errechnet sich eine jährlich geförderte Abluftmenge von ca. 400 Mio. m³, was einer über das Jahr gemittelten Luftaustauschrate von 0,6 Luftwechseln pro Stunde entspricht. (Dieser Wert ist in den Bürobereichen geringer, in einigen stark belasteten Produktionsbereichen liegt die Luftwechselrate erheblich höher).

Da keine der RLT-Anlagen mit einer Wärmerückgewinnungsanlage ausgestattet ist, entspricht dies einem Lüftungswärmeverlust von rund 1.700 MWh/a.

Die gesamte installierte Heizleistung der raumluftechnischen Anlagen beträgt rund 745 kW_{th}.

5.6.4 Kältetechnik

Die Kühlung der Produkte ist ein wesentlicher Bestandteil der Fleisch- und Wurstwaren-Herstellung. Dem entsprechend gibt es entlang der gesamten Produktionskette vom Wareneingang bis zum Versand rund 5.615 m² gekühlte bzw. tiefgekühlte Lager- und Produktionsräume mit verschiedenen Temperaturniveaus.

In folgender Tabelle sind die Daten zu den gekühlten Bereichen für die drei unterschiedlichen eingesetzten Kältemedien (siehe unten) zusammenfassend dargestellt.

Kältemedium	Temperaturniveaus	Fläche der gekühlten Räume	Installierte Kälteleistung
Eiswasser	+7° C bis +18° C	2.230 m ²	398 kW
Ammoniak -10° C	-1° C bis +10° C	3.150 m ²	425 kW
Ammoniak -40° C	ca. -30° C	235 m ²	65 kW

Die benötigte Kälte wird zentral durch eine Verbundkälteanlage erzeugt, die aus drei Kompressionskältemaschinen zu je 110 kW elektrischer und 341 kW Kälteleistung und zwei Boosterverdichtern (18,5 kW_{el} / 44,3 kW_{Kälte}) besteht. Als Kältemittel wird Ammoniak (NH₃, Kältemittel R717) eingesetzt.

Rückkühlung

Der Rohrbündel-Verflüssiger sowie die Kältekompressoren werden je in einem geschlossenen Kühlwasserkreislauf gekühlt. Dieses Kühlwasser wird in zwei Plattenwärmetauschern rückgekühlt: in einem ersten Wärmetauscher wird die Wärme des Kühlkreislaufs sekundärseitig zur Warmwasserbereitung an das zu erwärmend Trinkwasser abgegeben. Die hierfür nicht nutzbare Restwärmemenge wird in dem zweiten Wärmetauscher an Brunnenwasser abgegeben, das durch zwei weitere Pumpen aus den Grundwasser entnommen wird (und nach der Aufnahme der Restwärme wieder dorthin abfließt). Auch die Brunnenwasserpumpen (2 x 20 kW) werden durchgängig betrieben.

Kälteverteilung

Die Kälteverteilung geschieht in drei separaten Kreislaufsystemen auf unterschiedlichen Temperaturniveaus, nämlich zwei Ammoniak- und einem Eiswasserkreislauf:

In den beiden Ammoniaksystemen (-10°C und -40°C) wird das flüssige Kältemittel NH₃ zu den Verdampfern in den zu kühlenden Räumen, in denen es verdampft wird und so die abzuführende Wärme aufnimmt.

**Eiswasserspeicher
65 m³**

Das dritte Kälteverteilnetz, der Eiswasserkreislauf, wird gespeist aus einem Eiswasserspeicher mit einem Bruttovolumen von rund 65 m³. Das Wasser dient dabei sowohl als Speicher- als auch als Verteilmedium. Es wird im Speicherladebetrieb gekühlt durch das primäre Kältemedium (Ammoniak), das durch ein im Speicherbehälter verlegtes Röhrensystem zirkuliert.

An diesen Röhren gefriert das Wasser zu einer bis zu mehreren Zentimeter dicken Eisschicht an, die dann im Entnahmebetrieb wieder abschmilzt. Das Eiswasser wird durch eine Zirkulationspumpe zu den Kühlregistern befördert, wo es die von Ventilatoren umgewälzte Raumluft abkühlt.

**Jahresverbrauch
Kälteanlage
1.780 MWh_{el}/a**

Der jährliche Verbrauch der Kälteanlage wurde ermittelt aus Messungen der elektrischen Leistungsaufnahme in der Unterverteilung für die gesamte Kälteanlage über den Verlauf von mindestens einer Produktionswoche. Um Witterungseinflüsse zu minimieren, wurden zwei Messungen zu unterschiedlichen Jahreszeiten durchgeführt und der Mittelwert aus den Verbrauchswerten gebildet. Da die Anlage ganzjährig in Betrieb ist und der Unterschied der beiden Wochenverbrauchswerte weniger als ein Prozent beträgt, kann der Jahresverbrauch daraus hochgerechnet werden. Mit 1.780 MWh/a (rund 36,8 % des gesamten Stromverbrauchs) ist die Kälteanlage mit Abstand der größte elektrische Verbraucher des Betriebes.

**Verdampfer-
ventilatoren**

In der gemessenen Leistungsaufnahme der gesamten Kälteanlage sind auch die Ventilatoren der Kälteregister in den Kühlräumen enthalten, die ebenfalls zur Kälteversorgung des Betriebes zu zählen sind. Aus den Leistungsdaten der Anlagen und den Betriebsdauern wurde hierfür ein Jahresverbrauch von ca. 300 MWh/a errechnet, der in dem oben genannten Verbrauchswert von 1.780 MWh/a inbegriffen ist. Damit ergibt sich ein Stromverbrauch von 1.480 MWh/a für die Kältekompressoren (Anteile am Gesamtstromverbrauch: 30,6 % Kompressoren, 6,2 % Verdampferlüfter).

**Druckluftanlage:
296 MWh/a****5.6.5 Druckluft**

Die Druckluft wird mit zwei Schrauben-Kompressoren mit je 37 kW Antriebsleistung erzeugt. Im Jahr werden etwa 42.000 Norm-Kubikmeter (m^3_N) Druckluft angesaugt und auf 8 bar verdichtet. Der Anteil der Kompressoren am Gesamtstromverbrauch beträgt mit 296 MWh/a rund 6,1 % (bestimmt aus Wochenlastgang-Messung).

Hauptabnahmestellen für Druckluft sind:

- ⇒ Verpackungsmaschinen
- ⇒ Füllerei / Clipverschlussmaschinen
- ⇒ Flüssigrauchvernebelung
- ⇒ Kleinverbraucher in Produktion und Werkstatt.

5.6.6 Vakuumanlagen

Vakuum wird an mehreren Stellen im Betrieb eingesetzt. Die Erzeugung erfolgt durch dezentrale Vakuumpumpen bei den Verbrauchern sowie eine Zentralvakuumanlage. Hauptabnehmer sind vor allem Verpackungsmaschinen sowie Produktionsmaschinen, in denen eine Produktverarbeitung unter Vakuum erfolgt (z.B. Kutter). Der Stromverbrauch dieser Anlagen ist in den jeweiligen Bereichen (Verpackung) mit enthalten.

5.6.7 Kistenförderanlage

Zur Förderung der Kisten, mit denen die Produkte durch den Betrieb transportiert werden, ist eine Kistenförderanlage (bestehend aus mehreren elektrisch angetriebenen Förderbändern und Aufzügen) installiert.

**Kistenförderanlage:
31 MWh/a**

Durch eine Messung des wöchentlichen Stromverbrauchs wurde die jährliche Verbrauchsmenge zu ca. 31 MWh/a ermittelt.

5.6.8 Kutter

Der Kutter ist eine zentrale Anlage des Betriebs, den fast die gesamte Wurstwaren-Produktionsmenge durchläuft. Er dient zum Zerkleinern des Fleisches zu Brät und dem Vermischen mit verschiedenen Zutaten wie Gewürzen.

**Kutter:
91 MWh/a**

Aus einer Lastgangmessung wurde der jährliche Verbrauch zu ca. 91 MWh/a bestimmt (2 % des Gesamtverbrauchs).

5.6.9 Füllerei

In der Füllerei wird das Brät in die verschiedenen Formen, Saitlinge oder Därme gefüllt und diese verschlossen.

**Füllerei:
100 MWh/a**

Da in der Füllerei eine elektrische Leistungsmessung der gesamten Unterverteilung nicht möglich ist, wurde der jährliche Stromverbrauch aus den Leistungswerten der installierten Maschinen und der Betriebsdauer errechnet. Er beträgt ca. 100 MWh/a.

5.6.10 Elektrowärme

Im Betrieb werden nahezu alle Wärmeverbraucher aus dem Dampf- / Wärmenetz gespeist. Wesentliche Ausnahme sind die Rauch- / Kochkammern, die neben den Dampfregistern auch über elektrische Heizeinrichtungen (Heizleistung 132 kW) verfügen. Bei rund 10 Produktarten werden diese Elektroheizungen eingesetzt. Dabei werden in den Kammern Betriebstemperaturen bis 110°C benötigt.

**Elektrowärme:
216 MWh/a**

Aus elektrischen Leistungsmessungen während einer Produktionsperiode von elf Tagen wurde der Stromverbrauch für die Produktionsvorgänge mit den jeweils dazugehörigen Produkten ermittelt. Mit der jeweiligen jährlich hergestellten Produkt-Mengen hochgerechnet, ergibt sich daraus ein Jahresverbrauch von 216 MWh (entspricht 4,5 % des Gesamtstromverbrauchs).

5.6.11 Verpackung

In der Verpackung werden die verschiedenen Produkte in entsprechende Verpackungsformen (Kunststoffbeutel, ggf. mit Schalen) eingebracht, vakuumiert und verschlossen. Außerdem werden die Produkte etikettiert.

**Verpackung:
678 MWh/a**

Der jährliche Stromverbrauch wurde aus einer Leistungsmessung des elektrischen Wochenlastgangs zu rund 678 MWh/a (14 % des Gesamtverbrauchs) ermittelt.

5.6.12 Küche

Der Betrieb verfügt über eine Kantine mit eigener Küche, in der täglich rund 120 warme Mahlzeiten für die Mitarbeiter zubereitet werden. Die Küchengeräte werden teils mit Gas betrieben (Gas-Kochstellenherd), teils elektrisch.

Die elektrischen Hauptverbraucher in der Küche sind:

- ⇒ Spülmaschine
- ⇒ Tellerwarmhalte
- ⇒ Warmhalteplatten für Speisen und Getränke
- ⇒ Küchenmaschinen.

Die zur Küche gehörigen Kühlräume werden von der zentralen Kälteanlage mitversorgt. Der Stromverbrauch der Küche ist in den unten aufgeführten weiteren Verbrauchern enthalten.

5.6.13 Weitere Verbraucher

Der Bilanzrest zwischen dem jährlichen Stromverbrauch des gesamten Betriebs und der Summe der oben beschriebenen Verbraucher beträgt 372 MWh/a (ca.7,7 %). Diese Verbrauchsmenge ist den vielen kleineren Abnehmern zuzuordnen, die nicht in obiger systematischen Aufstellung einzureihen sind. Dazu gehören vor allem kleine bis mittelgroße elektrische Arbeitshilfen wie

- ⇒ Fleischwölfe,
- ⇒ verschiedene Schneide- und Zerkleinerungsgeräte,
- ⇒ Tumbler,
- ⇒ Elektrowerkzeuge und Kleingeräte im Produktions- und Werkstattbereich
- ⇒ Büro- und Kommunikationsgeräte wie PC, Drucker und Kopierer, Telefon und Faxgeräte,
- ⇒ die Notbeleuchtungsanlage,
- ⇒ Kaffeemaschinen, Radios etc.

5.6.14 Übersicht elektrischer Energieverbrauch

Die Stromverbraucher wurden in folgende Verbrauchersparten unterteilt :

Sparte	Jährlicher Stromverbrauch (MWh/a)	Anteil am Gesamtverbrauch
Zentrale Dienste	794	16,4%
Beleuchtung	173	3,6%
Lüftungsanlagen	300	6,2%
Kältekompressoren	1.480	30,6%
Ventilatoren der Kälteregister/ Verdampfer	300	6,2%
Druckluft	296	6,1%
Kistenförderung	31	0,6%
Kutter	91	1,9%
Füllerei	100	2,1%
Elektrowärme	215	4,5%
Verpackung	678	14,0%
Summe erfasste Verbraucher	4.170	86,3%
Weitere Verbraucher	660	7,7%
Gesamt	4.829	100,0%

In Abbildung 5-3 ist diese Aufteilung der Verbrauchswerte grafisch dargestellt (siehe auch Energieflussbild, Abbildung 5-2).

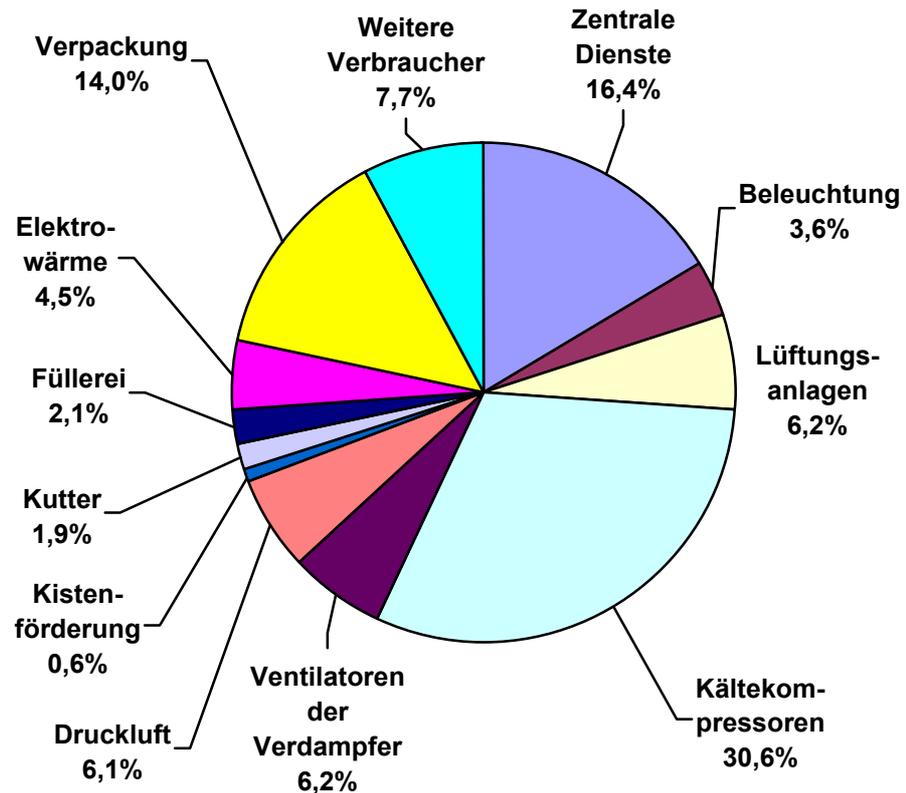


Abbildung 5-3: Strom-Verbrauchergruppen

5.7 Wasserverbrauch

**Wasserverbrauch
Trinkwasser
ca. 60.000 m³/a
davon Warmwasser
ca. 21.000 m³/a**

Im Jahr 1999 wurden 59.835 m³ Trinkwasser aus dem öffentlichen Versorgungsnetz bezogen. Davon flossen 21.003 m³ in das Warmwassernetz, das vor allem die Zapfstellen und Handwaschbecken im Betrieb zu Reinigungszwecken sowie Duschen in den Sozialbereichen versorgt.

**Wasseraufbereitung
3.800 m³/a**

Die Wassernachspeisung für den Dampferzeuger wird von einer Wasseraufbereitungsanlage (nach dem Prinzip der Umkehrosmose) versorgt. Die Nachspeisemenge beträgt ca. 3.800 m³/a. Darüber hinaus ist für die Regeneration der Umkehrosmoseanlage eine Rückspülung erforderlich. Das hierzu verwendete Wasser wird danach in den Abwasserkanal geleitet. Die Spülwassermenge wird nicht gesondert erfasst und beträgt rund 25% der gelieferten Menge des Permeats (aufbereitetes Wasser), also weitere 950 m³/a, so dass sich der Wasserverbrauch der Umkehrosmoseanlage auf rund 4750 m³/a beläuft.

Die restliche Wasserverbrauchsmenge wird nicht durch die zentrale Trinkwassererwärmung erhitzt. Wesentliche Wasserverbraucher sind

⇒ Kaltwasserbeimischung in Handwaschbecken, Duschen und anderen Zapfstellen im Betrieb

- ⇒ verschiedene Reinigungsanlagen (Waschmaschinen für Transportkisten und –Wagen, Hochdruckreiniger, Kleinteile-Waschmaschine, Fahrzeug-Waschanlage), die kaltes oder dezentral erwärmtes Wasser verwenden
- ⇒ Wasser- und Eiseinsatz in der Produktion

Zusätzlich zum Trinkwasserbezug wird in dem Betrieb Brunnenwasser zur Rückkühlung der Kälteanlage verwendet.

6 Spezifische Kennzahlen

6.1 Energiekennzahlen des Gesamtbetriebs

Auf Basis der Erhebung können folgende Kennwerte (bezogen auf Nutzfläche und die Brutto-Produktionsmenge) gebildet werden:

Energiebezugsmenge		Energiebezugsmenge bezogen auf...	
	absolut	Nutzfläche 16.970 m ²	Produktions- menge 8.188 t/a
Gasbezug	8.038 MWh/a	474 kWh/m ² a	982 kWh/t
Strombezug	3.709 MWh/a	219 kWh/m ² a	453 kWh/t
Wasserbezug	59.835 m ³ /a	3,53 m ³ /m ² a	7,31 m ³ /t

Diese Kennzahlen beziehen sich auf den Energiebezug, um eine Vergleichbarkeit mit anderen Betrieben zu vereinfachen und die gesamte Energieumwandlungskette zu berücksichtigen.

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

Verbrauchsmenge		Verbrauchsmenge bezogen auf...	
	absolut	Nutzfläche 16.970 m ²	Produktions- menge 8.188 t/a
Wärme- verbrauch	6.398 MWh/a	377 kWh/m ² a	781 kWh/t
Strom- verbrauch	4.829 MWh/a	285 kWh/m ² a	590 kWh/t
Wasser- verbrauch	59.835 m ³ /a	3,53 m ³ /m ² a	7,31 m ³ /t
Warmwasser- verbrauch	21.003 m ³ /a	1,25 m ³ /m ² a	2,56 m ³ /t

Von der Wirtschaftskammer Oberösterreich werden aus einer Branchenerhebung die unten stehenden spezifischen Energieverbrauchswerte (als Bandbreite über die untersuchten Betriebe) angegeben¹ :

Verbrauchsmenge	Verbrauchsmenge bezogen auf die eingesetzte Fleischmenge			
	Minimal	Mittelwert	Maximal	
Wärmeverbrauch	360	730	1.230	kWh/t
Stromverbrauch	210	450	640	kWh/t
Wasserverbrauch	11,7	16,5	25,4	m ³ /t

Der Vergleich dieser Kennzahlen mit dem untersuchten Betrieb Landsberg zeigt für den Wärmeverbrauch einen Wert leicht über dem Branchenmittel, beim Strom im oberen Bereich der Bandbreite. Dies kann durch den höheren Mechanisierungsgrad in Landsberg erklärt werden, der auch in o.a. Untersuchung bei den größeren Betrieben festgestellt wurde. Der spezifische Wasserverbrauch in Landsberg liegt dagegen weit unterhalb des angegebenen Branchenminimums, was durch das Fehlen einer Schlachtereierie im Betrieb Landsberg erklärbar wird.

Anzumerken ist hier, dass bei der angegebenen Erhebung die Kennzahlen auf den Rohmaterial-Input, also die eingesetzte Fleischmenge bezogen sind. Da im hier untersuchten Betrieb Landsberg vorzerlegte Ware eingesetzt wird und somit nur geringe Abfallmengen anfallen, ist der Unterschied zwischen Wareneingang und Warenausgang von geringer Bedeutung, zumal die Branchenerhebung sehr unterschiedliche Betriebsgrößen und – Arten untersuchte (auch sehr kleine Betriebe, auch Schlachtbetriebe). Vor diesem Hintergrund sollte der Kennzahlenvergleich nicht überbewertet werden, da die Vergleichsgruppe sehr heterogen ist.

¹ Energiekennzahlen und –sarpotenziale für Fleischerbetriebe, Hrsg.: Wirtschaftskammer Oberösterreich, Linz, Juli 1996

6.2 Energiekennzahlen einzelner Prozesse und Produkte

Eine bessere Vergleichbarkeit bietet die Untersuchung einzelner Prozesse oder Produkte, da diese auch bei sehr unterschiedlichen Betriebsstrukturen und Produktpaletten in ähnlicher Weise auftreten.

6.2.1 Kutter

Ein Beispiele für solche Prozesse ist das Kuttern (siehe Kapitel 3.2).

Die unterschiedlichen Produkte erfordern wegen der verschiedenen Endkonsistenz des Wurstbräts (von fein bei z.B. Leberkäse und Wiener Würstchen bis grob bei Salami) sowohl verschiedene Bearbeitungszeiten im Kutter als auch eine unterschiedliche elektrische Leistungsaufnahme des Kutterantriebs, wie an der unterschiedlichen Form der einzelnen Chargen in Abbildung 4-6 erkenntlich ist. Folglich ergeben sich für die unterschiedlichen Produktarten deutlich verschiedene spezifische Stromverbrauchswerte beim Kuttern, die in folgender Tabelle zusammengestellt sind:

spezifischer Stromverbrauch Kutter

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

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

Zusätzlich zu den spezifischen Verbrauchswerten ist in der Tabelle der produktspezifische Stromkostenanteil für die Produktarten aufgeführt, der aus einem angenommenen Strompreis von 0,12 DM/kWh errechnet wurde und beispielsweise für die produktbezogene Kostenkalkulation von Interesse ist.

¹ nach: M. Kubessa (Hrsg.): „Energiekennwerte“, Brandenburgische Energiespar-Agentur (BEA), Potsdam, 1998

² angenommener Strompreis 0,12 DM/kWh

**Elektrowärme:
216 MWh/a**

6.3 Leberkäs-Backen in der Rauch- / Kochkammer

Die Rauch-/Kochkammern (siehe Kapitel 3.2 und 5.6.10) besitzen – neben den Anlagen zur direkten Beaufschlagung mit Rauch und Dampf – sowohl elektrische als auch Dampfregister zur indirekten Beheizung der Kammern. Die unterschiedlichen Medien werden durch das automatische Produktionsprogramm mittels Temperatur- und Feuchtefühlern gesteuert.

Bei rund 10 Produktarten werden die Elektroheizregister (Heizleistung 132 kW) eingesetzt, um die benötigten Betriebstemperaturen bis 110°C zu erreichen.

Am Beispiel des derzeit eingesetzten Produktionsprogramms für Leberkäse (Verfahren 1) sind in untenstehender Tabelle die Strom- und Dampfverbrauchswerte dargestellt, die sich aufgrund der gleichzeitigen Verwendung des elektrischen und des Dampfheizregisters ergeben.

Alternativ ist eine Variante möglich, bei der im unteren Temperaturbereich nur das Dampfregister zur Heizung eingesetzt wird und die elektrische Heizung lediglich im oberen Temperaturbereich zugeschaltet wird (Verfahren 2).

Damit stellt sich der Vergleich der beiden oben angeführten Produktionsvarianten für die Energie-Verbrauchswerte und die damit verbundenen CO₂-Emissionen wie folgt dar:

	derzeitiges Verfahren (1)		alternatives Verfahren (2)	
	Verbrauch	Spezifische Emissionen	Verbrauch	Spezifische Emissionen
Dampf ¹	255 kWh/t	56,7 kg/t	382 kWh/t	84,9 kg/t
Strom ²	322 kWh/t	190,0 kg/t	207 kWh/t	122,1 kg/t
gesamt	-	246,7 kg/t	-	207,0 kg/t

Analog zu Abschnitt 6.2.1 lassen sich auch hier wieder spezifische Energiekostenbeiträge für Strom und Gas dem Produkt zuordnen.

¹ spezifische Emissionen Dampf errechnet aus den spez. Emissionen Erdgas und einem angenommenen Jahresnutzungsgrad des Kessels von 90%

² bewertet mit spezifischen Emissionen aus Bundesmix

	derzeitiges Verfahren (1)		alternatives Verfahren (2)	
	Verbrauch	Kosten ¹	Verbrauch	Kosten
Dampf	255 kWh/t	10,20 DM/t	382 kWh/t	15,28 DM/t
Strom	322 kWh/t	38,64 DM/t	207 kWh/t	24,84 DM/t
ge- samt	-	48,84 DM/t	-	40,12 DM/t

Durch Summierung aller dieser Kostenbeiträge lassen sich besonders energieintensive Produkte identifizieren und entsprechend kalkulieren.

Auf Grundlage dieser beiden Tabellen ist sowohl im Hinblick auf die Energiekosten als auch auf die CO₂-Emissionen das zweite Verfahren zu bevorzugen, wenn nicht andere Gründe (Produktqualität, Betriebsabläufe...) dagegensprechen. Die Umstellung erfordert keine zusätzlichen Investitionen, sondern lediglich die Umprogrammierung des Produktionsprogramms. Erste Tests zur Umstellung des Verfahrens wurden bereits durchgeführt.

¹ angenommener Strompreis 0,12 DM/kWh; angenommener DampfpPreis 0,04 DM/kWh

7 Schwachstellenanalyse, Ansatzpunkte für Optimierung, Bewertung

Bei den Begehungen fielen keine schwerwiegenden energietechnischen Mängel auf. Das energietechnische Gesamtkonzept beinhaltet mehrere Punkte, die dem aktuellem Stand der Technik der rationellen Energieverwendung entsprechen (WRG Kälteanlage, Kraft-Wärme-Kopplung mit BHKW, ...).

Dennoch sind eine Reihe von Maßnahmen erkennbar, die zu Energieeinsparungen führen können und im Rahmen der Energieeinsparanalyse untersucht und bewertet werden:

- ⇒ Betriebsbereiche mit hohen Abluftmengen im Umluftbetrieb und Entnebelungsanlage betreiben oder entsprechende Zuflutmengen kontrolliert über WRG-Anlage zuführen
- ⇒ Alternatives Kälteerzeugungskonzept (möglich sind hier eine Gasmotor-betriebene Kälteanlage oder eine Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung mit Absorptionskälteanlage)
- ⇒ Leitungs- und Regelungskonzept der WRG / Rückkühlung der Kältekompressoren optimieren
- ⇒ Wärmerückgewinnung aus den Druckluftkompressoren (derzeit Abfuhr der „Abwärme“ durch Fortluftanlage über Dach ersetzen durch Wasserkühlung mit WRG) und Verwendung der Wärme zur Trinkwassererwärmung
- ⇒ Vermeidung von Druckluftverlusten durch Wartung des Druckluftnetzes
- ⇒ Direkte Dampfheizung der Kochkessel durch Dampf-Register ersetzen
- ⇒ Drehzahlregelung der Brunnenwasserpumpen
- ⇒ Leerlaufverluste vermeiden, z.B. durch Einbau einer Zeitschaltuhr bei Kutter und Kistenförderanlage

8 Maßnahmen

Maßnahmen-Übersicht:

8.1	Leerlaufverluste vermeiden: Netzfreeschaltung	51
8.2	Regelung der Abluft-Lüftungsanlagen	52
8.3	Verminderung von Druckluftverlusten	54
8.4	Wärmerückgewinnung aus Druckluftkompressoren	55
8.5	Regelung der Wärmerückgewinnung aus der Kälteanlage	56
8.6	Beheizung der Rauch- / Kochkammern	57
8.7	Energiemanagement-System	58
8.8	Alternatives Kälteerzeugungskonzept	59
8.9	Blockheizkraftwerk: Wirtschaftlichkeits- und Emissionsbetrachtung	60

Hinweis: bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aller Maßnahmen wurden aus Gründen des Datenschutzes an Stelle der tatsächlich für den Betrieb zutreffenden Preise **angenommene Energiebezugspreise** angesetzt gemäß folgender Tabelle:

Arbeitspreis Strom, HT:	10 Pf/kWh
Arbeitspreis Strom, NT:	10 Pf/kWh
Arbeitspreis Erdgas :	3,0 Pf/kWh (H _o)
Wasser- und Abwasserkosten :	3,50 DM/m ³

8.1 Leerlaufverluste vermeiden: Netzfreeschaltung

Die Ergebnisse der elektrischen Leistungsmessungen an einzelnen Anlagen zeigen eine merkliche Leistungsaufnahme auch in Stillstandszeiten. Zu diesen Anlagen gehören insbesondere der Kutter (Leerlaufleistung ca. 2,8 kW) sowie die Kistenförderungsanlage (ca. 0,9 kW). Die Leistungsaufnahme ist auf die Leerlaufverluste der Transformatoren zurückzuführen.

Durch eine Netzfreeschaltung der Transformatoren in Stillstandszeiten (nachts und am Wochenende) sind diese Leerlaufverluste zu vermeiden. Dazu ist eine Zeitsteuerung (Wochenzeitschaltuhr) in die entsprechenden Schaltschränke einzubauen. Die erforderliche Investition hierfür wird auf ca. 500 DM je Anlage veranschlagt (einschließlich Installation). Dabei ist zu prüfen, ob zur Gewährleistung der elementaren Schaltschrankfunktionen (Uhr o.ä.) eine separate Nieder- bzw. Kleinspannungsversorgung erforderlich ist, was ggf. zusätzliche Investitionen von ca. 300 DM bedingt.

Dem stehen erwartete Einsparungen von rund 17,4 MWh/a (Kutter) und 2,9 MWh/a (Kistenförderung) gegenüber.

Erwartete Einsparungen:

Erdgas:	-	MWh _{H0} /a
Elektrische Leistung:	-	kW
Elektrische Arbeit:	20,3	MWh/a
CO ₂ :	12,0 (3,4) ¹⁾	t/a
Wasser:	-	m ³ /a

Investitionen:

Gesamtinvestition:	1,6	TDM
Anrechenbare Investition:	1,6	TDM
Spezifische Investition:	134 (472) ¹⁾	DM / t (CO ₂) / a

Amortisationszeit (statisch): 0,8 Jahre

¹⁾ berechnet mit spez. Emissionsfaktor Strom : Bundesmix (in Klammern: Bayernmix)

8.2 Regelung der Abluft-Lüftungsanlagen

Es gibt im Betrieb mehrere Bereiche, in denen eine Absaugung der stark feuchtebelasteten Raumluft erforderlich ist (Entnebelung). In diesen Bereichen (Zerlegung, Kutterei, Füllerei, Verpackung, Versand, Kistenwaschraum) sind neben den üblichen Lüftungsanlagen zusätzliche Fortluftanlagen installiert, welche die Abfuhr erheblich größerer Abluftmengen (durch zweistufige Ventilatoren) ermöglicht, die manuell ein- bzw. auf die größere Stufe geschaltet werden.

Die Nachlieferung der entsprechenden Zuluftmengen erfolgt nicht kontrolliert mittels eines Zuluftventilators, sondern durch Nachströmung aus benachbarten Bereichen, die häufig eine andere Raumlufttemperatur aufweisen. Die nachgeströmte Luft muss deshalb entsprechend dem jeweiligen Temperaturunterschied entweder erwärmt oder gekühlt werden.

Die nachträgliche Installation von entsprechenden Zuluftanlagen zur kontrollierten Luftzufuhr mit Wärmerückgewinnung ist wegen des sehr großen baulichen und anlagentechnischen Aufwands (in der Größenordnung von 100 TDM je Anlage) wirtschaftlich nicht vertretbar.

Daher wird folgendes Konzept für die Steuerung der Fortluftventilatoren vorgesehen, um unnötige Wärme- bzw. Kälteverluste zu vermindern (und gleichzeitig die manuelle Bedienung überflüssig zu machen):

Im Raum wird an geeigneter Stelle ein (oder mehrere) Fühler zur Messung der relativen Luftfeuchte installiert. Bei Überschreitung eines Grenzwerts von z.B. 60% relative Luftfeuchte werden automatisch die Fortluftventilatoren auf Stufe I geschaltet. Steigt die Raumluftfeuchte weiter an, wird ab 80% die zweite Ventilatorstufe (Entnebelung) zugeschaltet. Zusätzlich kann über einen *Taster* mit einer Nachlaufzeit von z.B. 30 min der Ventilator auf Stufe II manuell eingeschaltet werden. Der derzeit vorhandene *Schalter* (Aus – I – II) für den Fortluftventilator wird durch diesen Taster ersetzt und demontiert.

Die zu erwartenden Einsparungen werden am Beispiel der Anlage im Bereich „Zerlegung“ ermittelt. Die benachbarten Bereiche sind hier durchschnittlich 5°C kälter als der Raum.

Die Betriebsdauer der Ventilatoren wird auf rund 2 Stunden je Arbeitstag (500h/a) geschätzt. Damit ergibt sich ein Strombedarf für den Ventilator von 3,75 MWh_{el}/a, eine jährlich geförderte Fortluftmenge von ca. 10 Mio. m³/a sowie einen *Heizbedarf* für die Erwärmung der nachgeströmten Luft von 17,2 MWh_{th}/a (dies entspricht einem Gasverbrauch von 18,7 MWh_{Hu}/a).

Die Reduzierung der Betriebszeit durch die automatische Regelung wird auf rund die Hälfte geschätzt, und damit auch die Verminderung der genannten Verbrauchsmengen.

Hinweis: In den anderen Bereich mit Fortluftanlagen (insbesondere Versand) ist sogar mit einer Verminderung des energieintensiveren *Kühlbedarfs* zu rechnen, wenn die benachbarten Bereiche wärmer als der Raum sind.

Für die Fühler, Verkabelung, Schalter sowie Montage werden Investitionen von rund 2,5 TDM je Fortluftanlage veranschlagt.

Erwartete Einsparungen:		
Erdgas:	9,35	MWh _{Ho} /a
Elektrische Leistung:	-	kW
Elektrische Arbeit:	1,9	MWh/a
CO ₂ :	2,8 (2,0)	t/a
Wasser:	-	m ³ /a
Investitionen:		
Gesamtinvestition:	2,5	TDM
Anrechenbare Investition:	2,5	TDM
Spezifische Investition:	891 (1.242)	DM / t (CO ₂) / a
Amortisationszeit (statisch):	5,3	Jahre

8.3 Verminderung von Druckluftverlusten

Die Bereitstellung von Druckluft erfordert einen hohen Einsatz an elektrischer Energie. In schlecht gewarteten Druckluftnetzen gehen bis zu 50 % der Kompressorarbeit auf dem Weg zum Endverbraucher verloren.

Häufige Schwachstellen sind Leckagen im Rohrleitungssystem (insbesondere an Flanschen und Verbindungen, Armaturen, Stopfbuchsen, Schläuchen und Kupplungen).

Wichtigste Maßnahme für eine dauerhafte Reduzierung dieser Leckageverluste ist das regelmäßige Aufspüren und Beseitigen der Leckstellen im Rahmen der Instandhaltung.

Über eine Druckhalteprüfung (Messung des Druckabfalls im Druckluftnetz, ohne Luftentnahme an den Abnehmern) können Undichtigkeiten ermittelt werden.

Auch durch einen unnötig hohen Systemdruck ergibt sich ein erhöhter Energieverbrauch der Kompressoren (1 bar höherer Druck entspricht ca. 6% Mehrverbrauch).

Aus der elektrischen Leistungsmessung wurde ein jährlicher Energieverbrauch für die Druckluftherzeugung von rund 300 MWh/a ermittelt. (Dabei wurde auch eine ungewöhnlich hohe Laufzeit eines der beiden Kompressoren festgestellt, die auf einen Steuerungsfehler beruht. Dieser Fehler wurde umgehend beseitigt.)

Für die nachfolgenden Berechnungen wurde eine Verminderung dieses Energiebedarfs um 10 % (30 MWh / a) durch Beseitigung von Leckagen angesetzt.

Für die Wartungsarbeiten (Lecksuche, Reparatur, Austausch schadhafter Armaturen) werden Materialkosten in Höhe von 1,5 TDM sowie ein regelmäßiger Arbeitsaufwand von einem Manntag pro Jahr veranschlagt (der bei der Amortisationsrechnung berücksichtigt ist).

Erwartete Einsparungen:

Erdgas:	-	MWh _{Ho} /a
Elektrische Leistung:	-	KW
Elektrische Arbeit:	30	MWh/a
CO ₂ :	17,7 (5,0)	t/a
Wasser:	-	m ³ /a

Investitionen:

Gesamtinvestition:	1,5	TDM
Anrechenbare Investition:	1,5	TDM
Spezifische Investition:	85 (300)	DM / t (CO ₂) / a

Amortisationszeit (statisch): 0,8 Jahre

8.4 Wärmerückgewinnung aus Druckluftkompressoren

Bei der Druckluftherzeugung fällt eine erhebliche Wärmeleistung an, die per Luft- oder Wasserkühlung der Kompressoren abgeführt werden muss. Durch Nutzung dieser Abwärme kann die erforderliche Wärmebereitstellung durch andere Wärmeerzeuger und damit deren Verbrauch vermindert werden.

Die derzeit vorhandenen Kompressoren sind luftgekühlt. Die erwärmte Kühlluft wird aus dem Raum mittels eines Fortluftventilators (7,5 kW / 22.700 m³/h) über Dach abgeführt.

Ansatzpunkt dieser Maßnahme ist daher die Nachrüstung der vorhandenen Kompressoren mit einem Wärmetauscher und dessen wasserseitige Anbindung an die Wärmerückgewinnung (WRG) der Kälteanlage. Zur Anpassung an die höhere Wärmeleistung ist eventuell eine Erweiterung des vorhandenen Plattenwärmetauschers dieser WRG-Anlage erforderlich. Durch diese Maßnahme lassen sich sowohl die Abwärmenutzung zur Trinkwassererwärmung als auch eine weitgehende Laufzeitreduzierung des Fortluftventilators realisieren. Zusätzlich führt die wasserseitige Wärmeabfuhr zu einer kühleren Ansaugluft und damit zu einem besseren Wirkungsgrad der Kompressoren.

Die Laufzeit des Fortluftventilators wird auf rund 3500 h/a geschätzt, die auf rund 500 h/a reduziert werden kann. Mit der Nennleistung ergibt sich eine Verminderung des Strombedarfs um 22,5 MWh/a. Aus der rückgewinnbaren Wärmeleistung pro Kompressor (26,5 kW) und der Betriebsdauer der beiden Kompressoren (zusammen 8.800 h/a) ergibt sich eine jährliche Rückwärmemenge von 233 MWh/a, die zur Trinkwassererwärmung verwendbar ist. Dies entspricht gemäß dem Wirkungsgrad des Dampfkessels einer Erdgasmenge von 253 MWh_{Ho}/a.

Dazu sind folgende Investitionen erforderlich: für die Nachrüstung der Kompressor-Wärmetauscher 2 x 8 TDM; Montage ca. 2 TDM; Rohrleitung, Pumpe und Installation ca. 3 TDM, Erweiterung des Wärmetauschers der WRG rund 2 TDM.

Hinweis: Wegen steigenden Druckluftbedarfs wird die Erweiterung der Druckluftanlage um einen weiteren Kompressor erwogen. In diesem Fall ist schon die werksseitige Ausrüstung des neuen Kompressors mit einem Wärmetauscher vorzusehen, und die oben beschriebene Anbindung an den WRG-Wärmetauscher durchzuführen.

Erwartete Einsparungen:

Erdgas:	253	MWh _{Ho} /a
Elektrische Leistung:	-	kW
Elektrische Arbeit:	22,5	MWh/a
CO ₂ :	59,3 (49,8)	t/a
Wasser:	-	m ³ /a

Investitionen:

Gesamtinvestition:	15	TDM
Anrechenbare Investition:	15	TDM
Spezifische Investition:	253 (301)	DM / t (CO ₂) / a

Amortisationszeit (statisch): 1,5 Jahre

8.5 Regelung der Wärmerückgewinnung aus der Kälteanlage

In der Kälteanlage werden sowohl die Kompressoren als auch der Kältemittel-Verflüssiger (Rohrbündel-Wärmetauscher) mit je einem Kühlwasserkreislauf gekühlt. Die Kühlkreislauf-Pumpen (2 x 1,1 kW / 2 x 15 m³/h) für die Kühlung der Kompressoren und für den Verflüssiger (2 x 5,5 kW / 2 x 51 m³/h) sind durchgängig in Betrieb.

Weiter verfügt die Anlage zur Wärmeabfuhr über zwei Plattenwärmetauscher. Der erste dient zur Wärmerückgewinnung für die Trinkwassererwärmung. Die hierfür nicht nutzbare Restwärmemenge wird im zweiten Wärmetauscher an Brunnenwasser abgegeben, das über zwei weitere Pumpen aus dem Grundwasser entnommen wird (und nach Aufnahme der Restwärme wieder dorthin abfließt). Auch die Brunnenwasserpumpen (2 x 20 kW) werden durchgängig betrieben.

Die Messungen der primärseitigen Vor- und Rücklauftemperaturen der WRG zeigen eine sehr geringe Temperaturdifferenz (0,75 K im Wochenmittelwert, bei einer mittleren Temperatur von rund 25°C). Das bedeutet, dass die Durchflussmengen am Verflüssiger unnötig hoch sind.

Dadurch wird zum einen ein hoher Pumpenstromverbrauch von insgesamt 96,4 MWh/a verursacht, zum anderen ist die erreichbare Endtemperatur der Trinkwassererwärmung auf das unnötig niedrige Kühlwasser-Temperaturniveau begrenzt, und damit auch die rückgewinnbare Wärmemenge (da nur eine begrenzte Wassermenge erwärmt wird).

Eine temperaturgeregelte stufenweise Betriebsart der Pumpen ermöglicht einerseits eine Laufzeitverminderung der Pumpen und andererseits eine Erhöhung des oberen Temperaturniveaus und damit der erzielbaren Rückwärmemenge.

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung geht von einer Verminderung der Kühlwasser-Durchflussmenge auf ein Viertel des derzeitigen Wertes und damit einer Temperatur-Erhöhung um 3 K aus. Daraus ergibt sich eine zusätzlich gewinnbare Rückwärmemenge von rund 73,2 MWh/a. Der Pumpenstromverbrauch reduziert sich auf 24,1 MWh/a.

Die erforderlichen Investitionen (2 Temperatur-Fühler ca. 500 DM; Steuergerät ca. 2000 DM; Schaltkasten, Montage, Verkabelung sowie Detailplanung ca. 2500 DM) werden mit insgesamt 5 TDM veranschlagt.

Erwartete Einsparungen:

Erdgas:	73,2	MWh _{Ho} /a
Elektrische Leistung:	-	KW
Elektrische Arbeit:	72,3	MWh/a
CO ₂ :	56 (25,4)	t/a
Wasser:	-	m ³ /a

Investitionen:

Gesamtinvestition:	5	TDM
Anrechenbare Investition:	5	TDM
Spezifische Investition:	89,4 (197,0)	DM / t (CO ₂) / a

Amortisationszeit (statisch): 0,5 Jahre

8.6 Beheizung der Rauch- / Kochkammern

Die zum Garen und Räuchern verschiedener Produktarten eingesetzten Rauch-/ Kochkammern (Kombikammern) in der Räucherei sind (neben den Raucherzeugern) mit drei Einrichtungen zur Beheizung der Kammern ausgestattet, nämlich

- Dampfeinlässe für Niederdruckdampf,
- mit 8 bar beaufschlagte Dampf-Heizregister und
- Elektro-Heizregister.

Bei einer Reihe von Produktarten wird die Elektroheizung eingesetzt, teilweise gleichzeitig mit den Dampf-Heizregistern. Aus elektrischen Leistungsmessungen verschiedener Produktionsprogramme und den jährlichen Produktionsmengen der entsprechenden Produkte wurde der Stromverbrauch für die Elektroheizung zu 216 MWh/a ermittelt. Ein wesentlicher Anteil hiervon lässt sich durch den weniger CO₂- und kostenintensiven Dampf ersetzen. Aus den elektrischen Leistungsmessungen lässt sich zusammen mit den Temperaturverläufen in der Kammer und im Produkt ein Substitutionspotenzial von rund 30% der Elektrowärme durch Dampf abschätzen. Das entspricht einer Stromeinsparung von 64,8 MWh/a, die durch entsprechenden Gas-Mehreinsatz von 72 MWh/a ausgeglichen werden muss.

Hinweis: Diese Maßnahme betrifft unmittelbar den Produktionsprozess und damit die Produktqualität. Außer einer Umprogrammierung der Prozesssteuerung und Tests zur Eignung der neuen Produktionsparameter entsteht jedoch kein investiver Aufwand. Daher ist eine Überprüfung des Einflusses der Maßnahme auf die Produktqualität und technische Eignung des Prozesses sehr empfehlenswert.

Erwartete Einsparungen:

Erdgas: (Mehrverbrauch)	-72	MWh _{H₀} /a
Elektrische Leistung:	-	KW
Elektrische Arbeit:	64,8	MWh/a
CO ₂ :	25,1 (-2,3)	t/a
Wasser:	-	m ³ /a

Investitionen:

Gesamtinvestition:	-	TDM
Anrechenbare Investition:	-	TDM
Spezifische Investition:	-	DM / t (CO ₂) / a

Amortisationszeit (statisch): sofort

8.7 Energiemanagement-System

Ein Energiemanagement-System (EMS) stellt eine Verstärkung der hier vorliegenden Erstanalyse dar und zielt auf eine kontinuierliche Verbesserung von Energiebezug und Energieverwendung im Betrieb. Dies wird erreicht durch die regelmäßige Bewertung der in einem Energie-Informationssystem (EIS) gewonnenen Daten und deren Analyse hinsichtlich möglicher Verbesserungsmaßnahmen und deren Einsparpotenziale.

Im Kapitel 9 dieses Berichts sind Ziele und Nutzen eines EMS, seine Elemente sowie die Einführung eingehend beschrieben.

Der wirtschaftliche Nutzen des EMS in Form von Energiekosten-Einsparungen lässt sich zwar vorab nicht exakt berechnen. Erfahrungswerte zeigen jedoch, dass Einsparungen von 5% bis 10% regelmäßig erreicht werden können. Dies bezieht sich zunächst auf die organisatorische Maßnahmen und Beeinflussung des Nutzerverhaltens (Verbesserung des Energiebewusstseins, genauere Kostenzuordnung). Darüber hinaus sind bei konsequenter Anwendung des EMS zusätzliche Einsparungen durch weitere, auch investive Maßnahmen (die durch das EMS identifiziert und realisiert werden) zu erwarten. Bei der untenstehenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird von einer pauschalen Energiekosteneinsparung um 5% ausgegangen.

Das Energiemanagementsystem selbst ist eine organisatorische Maßnahme, so dass hier primär keine Investitionen anfallen. Das für die Erfassung und Auswertung der Daten notwendige EIS erfordert jedoch die Installation und Verkabelung von Zählern und Datenerfassungsgeräten sowie eines Rechners zur Sammlung und Auswertung der Daten. Ausgehend von den im Betrieb bereits vorhandenen Zählern wird in Kapitel 9 ein Stufenplan zum Aufbau dieses Systems gemacht. Hierfür sind Investitionen in Höhe von ca. 45 TDM erforderlich. Das Energiemanagementsystem erfordert einen jährlichen Arbeitsaufwand von ca. 20 Manntagen, die bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt wurden.

Erwartete Einsparungen:

Erdgas:	5%	444	MWh _{Ho} /a
Elektrische Leistung:		-	kW
Elektrische Arbeit:	5%	185	MWh/a
CO ₂ :		190 (112)	t/a
Wasser:	5%	2.992	m ³ /a

Investitionen:

Gesamtinvestition:		45	TDM
Anrechenbare Investition:		45	TDM
Spezifische Investition:		237 (403)	DM / t (CO ₂) / a

Amortisationszeit (statisch): 1,4 Jahre

8.8 Alternatives Kälteerzeugungskonzept

Alternative Kälteerzeugungskonzepte wurden aufgrund des hohen Kältebedarfs des Betriebes bei gleichzeitig hohem Warmwasserbedarf hinsichtlich ihrer technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Eignung untersucht. Als mögliche Alternativen für die derzeit realisierte Lösung kommen folgende Varianten in Betracht:

- a) mit Gasmotoren direktbetriebene Kältekompressoren und Nutzung der Motorenabwärme zur Trinkwassererwärmung („direkte KWK“)
- b) Absorptionskälteanlage (AKA) mit Wärme aus KWK-Anlage

Die Auslegung dieser beiden Varianten auf den vorgegebenen Kältebedarf des Betriebes führt zu folgenden Aussagen:

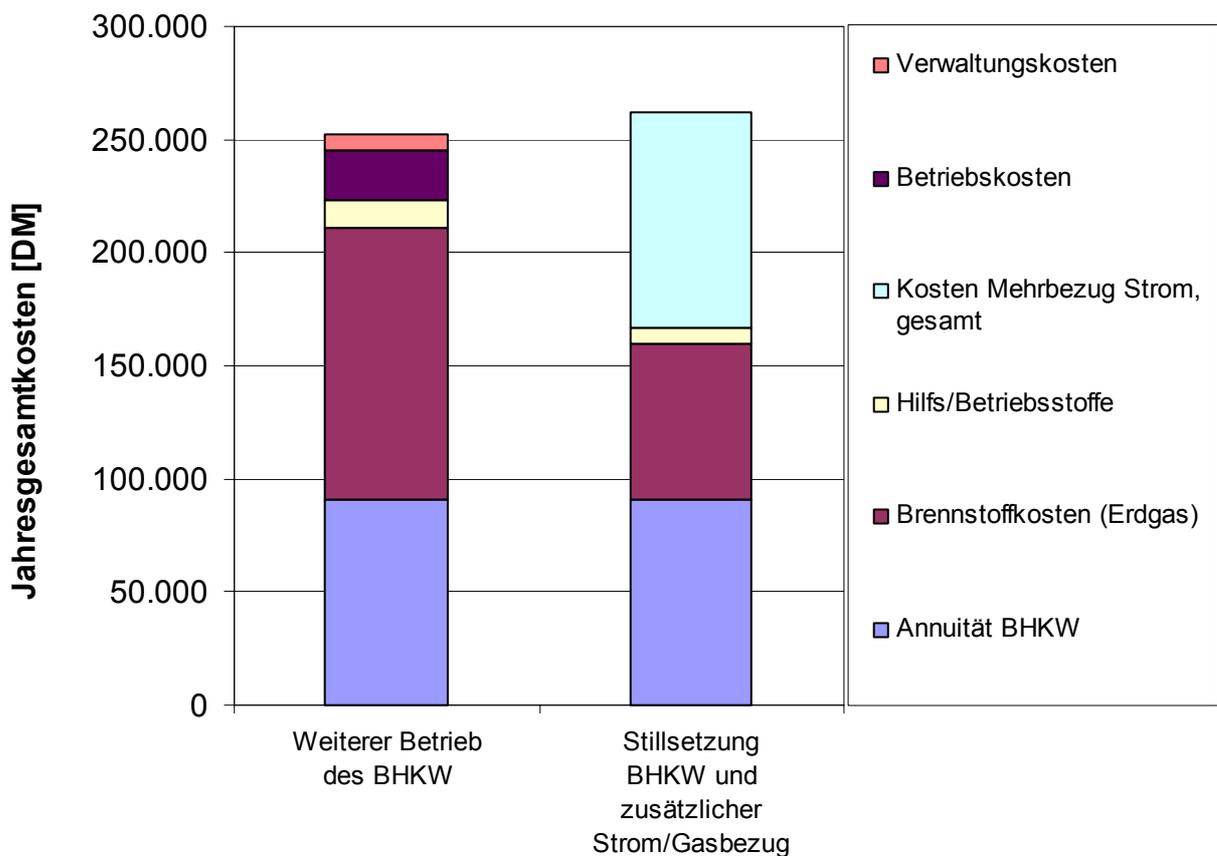
- a) Der Direktantrieb der Kältekompressoren mittels Gasmotoren bietet einen erhöhten mechanischen Wirkungsgrad. Wegen des hohen Kältebedarfs ist jedoch eine hohe Motorleistung notwendig. Die hierbei anfallende Wärmemenge liegt bei ca. 6.500 MWh/a und übersteigt den Wärmebedarf zur Trinkwassererwärmung (ca. 1.220 MWh/a) um ein Vielfaches. Wegen der erforderlich Leistungsregelung auf den beiden unterschiedlichen Temperaturniveaus sind auch mehrere Gasmotoren notwendig. Dies erhöht die Investitionskosten. Auch die geringere anlagen- und regelungstechnische Flexibilität ist bei dieser Variante nachteilig.
- b) Die Wärmeleistung des vorhandenen BHKW ist zu gering für den Wärmebedarf der Absorptionskälteanlage. Auch der Dampfkessel bietet keine ausreichende freie Erzeugungskapazität, so dass ein zusätzlicher Wärmeerzeuger erforderlich ist. Eine KWK-Anlage mit ausreichender Wärmeleistung für die AKA erzeugt weit mehr Strom als der Betrieb selbst benötigt. Daher muss in diesem Fall der überschüssige Strom ins Netz eingespeist werden. Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für KWK-Neuanlagen sind derzeit (noch) ungünstig: ein relativ niedriger Strompreis im Vergleich zum relativ hohen Gaspreis macht den Strombezug attraktiver als die mit hohen Investitionen verbundene Eigenerzeugung in KWK-Anlagen. Durch die hier bevorstehenden Änderungen zur KWK-Förderung (KWK-Quote, Emissionshandel) sowie durch den prognostizierten moderaten Strompreisanstieg ist eine deutliche Verbesserung zu erwarten. In diesem Fall ist auch eine Gasturbinen-KWK-Anlage eine interessante Variante, da hier der Abhitzeessel zur Dampferzeugung eingesetzt werden kann, wodurch die Wärmebedarfswerte für Prozessdampf, Trinkwassererwärmung und Absorptionskälteanlage besser angepasst werden können.

In der wirtschaftlichen Betrachtung kann derzeit keine dieser Varianten mit der vorhandenen Kälteanlage konkurrieren (zumal die Varianten hohe Neuinvestitionen erfordern, die bei weiterer Nutzung der vorhandenen Anlage noch nicht anfallen).

Bei Eintreten der o.g. Änderungen der Rahmenbedingungen (Verschiebung des Verhältnisses der Energiepreise, KWK-Förderung) oder bei ohnehin fällig werdenden Investitionen wird sich die Wirtschaftlichkeit dieser Alternativkonzepte erhöhen und sollte dann erneut betrachtet werden.

8.9 Blockheizkraftwerk: Wirtschaftlichkeits- und Emissionsbetrachtung

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit und der Emissionen bei Betrieb des vorhandenen Blockheizkraftwerks (BHKW) werden die jährlichen Werte des Gasverbrauchs und der Strom- und Wärmeerzeugung des BHKW verglichen mit den zusätzlichen Bezugsmengen von Strom sowie von Gas (zur zusätzlichen Wärmeerzeugung im Dampfkessel), die durch eine Stillsetzung des BHKW entstehen.



Da die Investition für das BHKW ohnehin getätigt ist, fallen die kapitalgebundenen Kosten des BHKW auch bei Stillsetzung weiter an. Sie sind in obenstehendem Vergleichsdiagramm für beide Varianten gleich groß.

Die Stillsetzung des BHKW verursacht durch den vermehrten Energiebezug jährliche Mehrkosten von rund 13 TDM als der weitere Betrieb der Eigenstromerzeugung.

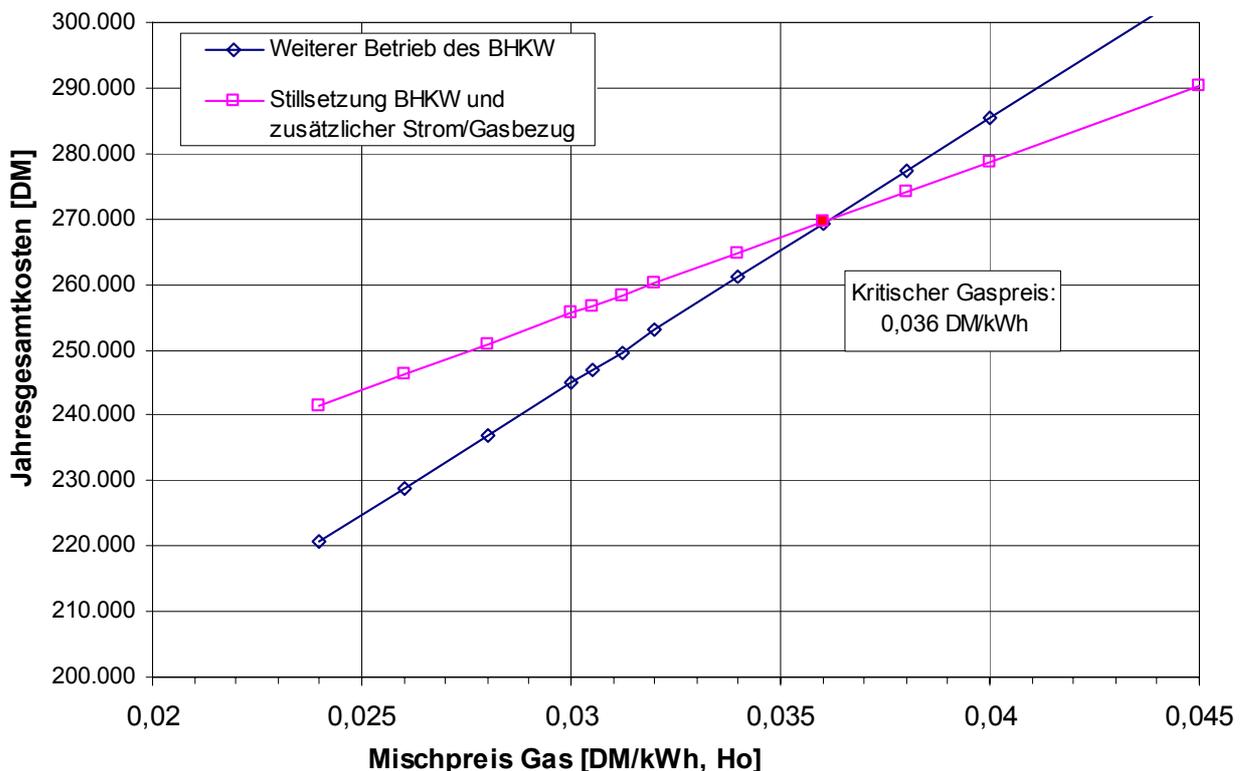
Aus Sicht der CO₂-Emissionen ist der Betrieb des BHKW wie folgt zu bewerten:

CO₂-Emissionen	Weiterer Betrieb des BHKW	Stillsetzung BHKW und zusätzlicher Strom- / Gasbezug	
CO ₂ -Emissionen Erdgas	696	400	t/a
CO ₂ -Emissionen Strom	0	661 (187)	t/a
CO₂-Emissionen Summe	696	1.061 (588)	t/a
(in Klammern: bei Ansatz der spezifischen Emissionen für Strom aus Bayernmix)			

Auch hinsichtlich der Emissionen ist also der Weiterbetrieb vorteilhafter, da jährlich 365 t CO₂ weniger produziert werden (Strom aus Bayernmix: in diesem Fall ergibt sich rechnerisch sogar eine CO₂-Einsparung von 109 t/a.)

Sensitivitätsanalyse BHKW

Der kritische Gasbezugspreis, ab dem die jährlichen Gesamtkosten des Weiterbetriebs die Kosten des Zusatzbezugs übersteigen, wurden durch eine Sensitivitätsanalyse ermittelt, die in folgendem Diagramm dargestellt ist. Darin sind (entsprechend obenstehender Zusammenstellung) die jährlichen Gesamtkosten der beiden Varianten für verschiedene Gasbezugspreise aufgetragen.



Daraus ist ersichtlich, dass der Weiterbetrieb des BHKW auch aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist, so lange der Bezugspreis für das Erdgas unter dem kritischen Preis von ca. 3,6 Pf/kWh (Ho) liegt.

Tabellarische Zusammenstellung der Maßnahmen 1 bis 8

Nr. Name der Maßnahme	Investitionen in DM	Energie- kosten- reduzie- rung in DM/a	Amortisa- tionszeit statisch	CO ₂ - Einsparung in t CO ₂ / a		Spez. Investition in DM / t CO ₂ , / a	
				Bundesmix	Bayernmix	Bundesmix	Bayernmix
1 Leerlaufverluste vermeiden durch Netz- freischaltung von Kutter und Kistenförde- rungsanlage	1.600	2.030	0,8	11,98	3,39	133,6	472,0
2 Regelung der Abluftanlagen	2.500	468	5,3	2,81	2,01	890,9	1.241,9
3 Verminderung von Druckluftverlusten	1.500	3.000	0,8	17,70	5,01	84,7	299,4
4 Wärmerückgewinnung aus den Druck- luftkompressoren	15.000	9.840	1,5	59,28	49,76	253,1	301,5
5 Regelung der Wärmerückgewinnung aus der Kälteanlage	5.000	9.423	0,5	55,95	25,38	89,4	197,0
6 Beheizung der Rauch/Kochkammern	0	4.320	0,0	25,14	-2,27	0,0	0,0
7 Energiemanagementsystem	45.000	42.339	1,4	190,16	111,72	236,6	402,8
Summe der 6 Maßnahmen (1 und 3 bis 7)		71.420	1,0	363,01	194,99	194	362

9 Energiemanagementsystem

In diesem Kapitel werden Ziele und Vorteile eines Energiemanagementsystems (EMS) dargestellt. Allgemeine Hinweise und ein auf den Betrieb ausgerichtetes stufenweißes Vorgehen bei der Einführung eines solchen Systems werden beschrieben. Die vorgestellten Schritte sind als Ausgangsbasis zu verstehen, die um verschiedene Arbeitshilfen (Checklisten, Diagramme,...) ergänzt sind.

9.1 Ziele und Nutzen

Unter dem Begriff Energiemanagementsystem werden Einrichtungen und Maßnahmen zusammengefasst, deren primäres Ziel die rationelle betriebliche Energieversorgung und –Verwendung ist. Damit verbunden sind weitere mögliche Ziele und Nutzen für den Betrieb:

- ⇒ Reduzierung der Energiekosten
- ⇒ Reduzierung der Umweltbelastung (energiebedingter Ressourcenverbrauch und Emissionen öko- und klimaschädigender Abgase, insbesondere CO₂)
- ⇒ Verbrauchs- und Kostentransparenz der einzelnen Betriebsbereiche und / oder Produkte
- ⇒ kontinuierliche Identifizierung und Bewertung von Einsparpotenzialen und Verbesserungsmaßnahmen im Energiebereich.
- ⇒ erhöhte Transparenz der energierelevanten Betriebsabläufe
- ⇒ verbesserter Überblick für die technische Betriebsführung (Vermeidung von Kapazitätsengpässen, verbesserte Reaktionsfähigkeit auf Abweichungen und Änderungen in den betrieblichen Abläufen)
- ⇒ Planungs- und Entscheidungsgrundlage beim systematischen Aufbau der Energieversorgung des Betriebes
- ⇒ verbesserte Entscheidungsgrundlagen und Reaktionsfähigkeit auf Änderungen im Umfeld des Betriebs (Energiepreise, Energiepolitische Rahmenbedingungen)
- ⇒ Grundsteinlegung für ein Umweltmanagementsystem (UMS)

Ein Energiemanagementsystem ist auf eine kontinuierliche Verbesserung ausgerichtet und berücksichtigt sowohl technische als auch organisatorische Aspekte des Betriebes.

Beim Aufbau ist es sinnvoll, bereits im Betrieb vorhandene Managementwerkzeuge (wie z.B. ein Qualitätsmanagementsystem, Kostenstellenrechnung, Controlling,...) mitzuverwenden.

**Elemente des
Energiemanagement-
Systems**

Die Einbindung in ein integriertes Managementsystem (für Qualität, Energie und Umwelt, Sicherheit...) bietet sich an, da die wesentlichen Elemente des EMS auch in anderen Managementsystemen vorhanden sind:

- ⇒ Energiepolitik und Energie-Zielsetzung
- ⇒ Energie-Informationssystem (Datenerfassung, Auswertung)
- ⇒ Identifikation und Bewertung von Maßnahmen
- ⇒ Dokumentation

**Ablauf der Einführung
des EMS**

Diese Elemente und die wichtigsten Schritte bei der Einführung eines betrieblichen Energiemanagements (EM) sind in Abbildung 9-1 dargestellt. Nach einer Startphase mündet der Verlauf in die kontinuierliche Verbesserung der Energiesituation. Hier werden in einem Management-Kreislauf Daten erfasst und analysiert sowie Verbesserungsmaßnahmen identifiziert, bewertet und nach positiver Entscheidung umgesetzt. Der Kreislauf schließt sich mit der Erfolgskontrolle, ggf. dem Vergleich der neuen Verbrauchswerte / Kennzahlen mit den Zielvorgaben und evtl. der Vorgabe neuer Zielwerte.

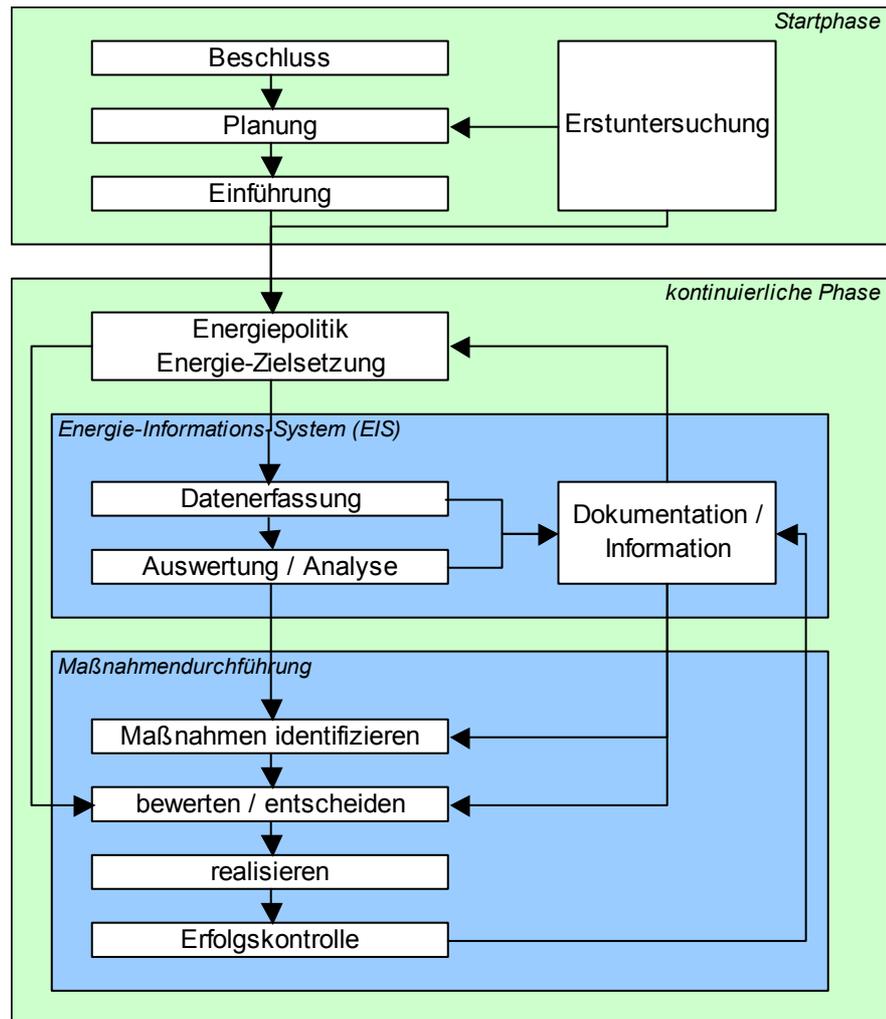


Abbildung 9-1 : Einführung und kontinuierlicher Verlauf eines Energiemanagementsystems

9.2 Startphase

9.2.1 Beschluss

Bei der Entscheidung über die Einführung eines EMS sind nicht nur technische Voraussetzungen zu beachten. Weitere wichtige Aspekte sind im folgenden dargestellt. Dazu gehören auch die Firmengeschichte, die wirtschaftliche und produktspezifische Entwicklung des Unternehmens, und damit eng verbunden die technologische sowie die energie- und umweltrelevante Entwicklung.

Weiter beeinflusst auch die Unternehmenskultur, der Umgang des Unternehmens mit seinem gewachsenen Umfeld (z.B. Umgang mit Kunden, Mitarbeiterinnen, Lieferanten, Behörden, etc.) die Chancen und Möglichkeiten für Energieeffizienzmaßnahmen in hohem Maße.

Erfahrungen nutzen

Bereits vorhandene Erfahrungen mit anderen Managementsystemen sollten genutzt werden. Das bereits bei der Firma Lutz eingeführte und praktizierte Qualitätsmanagementsystem (QMS) nach DIN EN ISO 9001 bietet die Möglichkeit, das EMS in die vorhandenen Strukturen zu integrieren. Gleichzeitig stellt das EM einen wesentlichen Bestandteil eines Umweltmanagementsystems (UMS) dar, der z.B. im Rahmen einer geplanten Zertifizierung die Grundlage für das UMS oder ein integriertes Managementsystem (Energie-Umwelt-Qualität) bildet.

Nähere Hinweise auf die Einführung eines EMS sowie auf die Verbindungen von EMS, UMS und QMS sind in der Literatur ^{1, 2} gegeben.

Einführung des EMS bekannt geben

Der Beschluss des Managements zur Einführung eines EMS sollte in der gesamten Firma kommuniziert werden und klare Zuständigkeiten geschaffen werden. Dieses offizielle Engagement der Firmenleitung gibt den Energiezuständigen die notwendige Rücken-deckung, um Verbesserungen zu entwickeln und eventuelle Konfrontationen, die durch Änderungen entstehen, zu bewältigen. Informationen an alle Mitarbeiter und die frühzeitige Einbindung der direkt involvierten Mitarbeiter sollen das Interesse am Thema wecken. Das Bewusstsein, dass etwas verbessert werden kann, kann innerhalb des Betriebes durch motivierte Einzelpersonen (Betriebsleiter, Elektriker, etc.) oder durch das Management geschaffen sowie über externe Beziehungen (öffentliche Einrichtungen, Fachverbände, Berater, Erfahrungsgruppen, Nachbarfirmen, Lieferanten, Wettbewerber etc.) vermittelt werden. Das bestehende "Netzwerk" von internen und externen Kontakten ist sehr hilfreich bei der Versorgung mit energierelevanten Informationen.

9.2.2 Planung**EM-Team**

Die Bildung eines regelmäßigen zusammentreffenden EM-Teams aus Mitarbeitern der betroffenen Bereiche sichert einerseits den Informationsfluss und andererseits die Möglichkeit, ihre Ideen, Anmerkungen sowie Kritik einzubringen. In der Einführungsphase ist es sinnvoll, das eigentliche Kern-Team (z.B. Energiebeauftragter / Mitarbeiter, Produktionsleiter, evtl. Qualitätsbeauftragter) nach Bedarf zu erweitern (Geschäftsführung, Abteilungsleiter, Produktionsmitarbeiter). In dieser Phase sind auch häufigere Team-Treffen angebracht.

¹ Kaiser, Sven; Starzer, Otto: Handbuch für betriebliches Energiemanagement. Österreichisches Bundesministerium für Umwelt, Familie und Gesundheit. Wien, 1999

² Meyer, Jörg u.a.: Rationelle Energienutzung in der Ernährungsindustrie. Vieweg Verlag, Braunschweig 2000

Das EM-Team kann durch externe Berater unterstützt werden, der neutral ist und vor Betriebsblindheit schützt, zeitlich die Mitarbeiter des Betriebes entlastet und neue Erfahrungen und Know-how (auch von anderen Betrieben) einbringt.

Innerhalb dieses EM-Teams müssen klare Zuständigkeiten geschaffen werden. Die Einführung des Energiemanagementsystems sollte durch einen Aktionsplan mit Fristen und Verantwortlichkeiten festgelegt werden, z.B. mittels einer Zuständigkeitsmatrix.

Neben der Bildung des EM-Teams sind ggf. weitere Organisatorische Änderungen erforderlich, z.B. Schulungen von Mitarbeitern, neue Kommunikationswege, Berichtswesen etc.

9.2.3 Erstuntersuchung

Das Ziel dieses Schrittes ist es, die Energiesituation des Betriebes möglichst genau zu erfassen und erste Energieeffizienzmaßnahmen zu identifizieren.

Die ausführliche energietechnische Analyse des Betriebes in dem hier vorliegenden Bericht dient als Ausgangspunkt für das EM-System und die Realisierung der ersten Maßnahmen.

In Abbildung 5-2 ist der betriebliche Energiefluss dargestellt. Eine Beschreibung und Bewertung der Maßnahmen liegt in einem eigenen Kapitel vor.

9.3 Energiepolitik und Energieziele

Zum Einstieg in die kontinuierliche Phase des EMS werden hier (analog z.B. zu einem QMS) strategische, langfristig ausgerichtete Leitlinien über die Energieverwendung im Betrieb formuliert. Aus diesen allgemeinen Aussagen werden im kontinuierlichen Verlauf konkrete Zielvorgaben für die Energiebewirtschaftung abgeleitet, die wiederum zu definierten Maßnahmen führen. Ein solches konkretes Ziel wäre beispielsweise die Reduzierung des Warmwasserverbrauchs um 5% innerhalb eines Jahres.

9.4 Energieinformationssystem

Kontinuierliche...

Die nächste Stufe des EMS (und die Fortführung der Erstuntersuchung) ist ein Energieinformationssystem (EIS), mit dessen Hilfe in regelmäßigen Abständen die betrieblichen Energieströme sichtbar gemacht und kontrolliert werden.

...Datenerfassung

Die Datenerfassung kann manuell (Daten ablesen und in Formular eintragen) oder durch ein elektronisches Datenerfassungssystem erfolgen.

...Datenauswertung

Die erfassten Daten werden auf verschiedene Arten ausgewertet (siehe unten).

...Dokumentation und Informationsweiterleitung

Parallel dazu erfolgt die Dokumentation der Energiedaten (Energiebuchhaltung) sowie die Weitergabe der relevanten Informationen (Berichtswesen) an die entsprechenden Stellen im Betrieb (Kostenrechnung, Produktionsplanung, Umweltmanagement, Geschäftsleitung).

Aufbau des Energie- Informations-Systems

Beim Aufbau des EIS sind zunächst die Aussagen und Ergebnisse festzulegen, die das System liefern soll. Dadurch wird einerseits das Vorhandensein aller erforderlichen Daten gewährleistet, andererseits überflüssige Datenerfassung vermieden. Weiter empfiehlt es sich, eine Schnittstellen- / Systemdefinition zur Unterteilung des Betriebes in sinnvolle Einheiten durchzuführen. Eine zweckmäßige Einteilung ist für die Aussagekraft der Datenauswertung maßgeblich. Bei entsprechender Vorplanung ist stufenweise eine nachträgliche Erweiterung der Detaillierung möglich.

9.4.1 Datenerfassung

Im untersuchten Betrieb wird bereits regelmäßig (zweimal wöchentlich) eine manuellen Ablesung verschiedener Zähler durchgeführt (allerdings nicht systematisch ausgewertet). Ausgehend von dieser Grundkonfiguration wird in folgender Tabelle der weitere Ausbau vorgeschlagen.

Vorhandene Zähler (Stufe I)	Stufe II	Stufe III
Strom		
Bezugszähler (HT, NT, Blindstrom)		
	Unterverteilungen: Lüftungsanlagen; Druckluftanlage; Kistenförderung; Kutterei; Füllerei; Räucherei; Verpackung;	
Unterverteilung Kälte		Aufteilung in Kältekompressoren; Verdampferventilatoren; Pumpen
Gas		
Erdgas Bezug gesamt		
Erdgas BHKW		
Flüssiggas Bezug		
Flüssiggas BHKW		

Vorhandene Zähler (Stufe I)	Stufe II	Stufe III
Dampf		
	Erzeugte Dampfmenge (gesamt)	Verbrauch in den Teilnetzen (0,5 bar; 6 bar; 8 bar)
Kondensat		
		Kondensatmenge
Kälte		
Betriebsstunden, Komp. 1-5		
	Erzeugte Kältemengen (-10°C, -40°C, Eiswasser)	
Druckluft		
Betriebsstunden, Komp. 1 und 2		
	Erzeugte Druckluftmenge gesamt	Aufteilung in Teilnetze EG1, EG2, OG
		Alternativ: Einzelne Verbrauchergruppen: Flüssigrauch, Verpackungsmaschinen,...
Wärmemengen		
Wärmeabgabe BHKW		
	Heizung	
	Warmwasserbereitung	
	Wärmerückgewinnung	

Vorhandene Zähler (Stufe I)	Stufe II	Stufe III
Wasser		
Bezug Kaltwasser		
Warmwasserbereitung		Aufteilung in Teilnetze: Reinigung, Waschbecken / Sanitär
Aufbereitetes Wasser (Umkehrosmose)	Permeat Konzentrat	
Brunnenwasser		

Eine automatisierte Zählerfernauslesung verringert den Personalaufwand für die manuelle Zählung beträchtlich. Darüber hinaus ermöglicht sie eine deutlich höhere Auslesehäufigkeit bis hin zur Echtzeiterfassung, was einen entscheidenden Vorteil für die Betriebsführung darstellt. Dem stehen Zusatzinvestitionen für Zähler und Verkabelung, Unterstationen sowie Auswerterechner und -Software gegenüber. Für diese Investitionen werden bei Installation der oben dargestellten Ausbaustufe II (unter weitgehender Verwendung der vorhandenen Zähler) rund 45 TDM erforderlich.

9.4.2 Datenauswertung

Der Nutzen der Datenerfassung hängt entscheidend von der regelmäßigen Auswertung und Analyse der so gewonnenen Daten ab. Dazu sind allgemeine betriebliche und Produktionsdaten (z.B. Mitarbeiterzahl, Flächen, Kosten, Energiepreise, Produktionsmengen...) sowie sonstige Einflussfaktoren (klimatische Bedingungen...) einzubeziehen. Auch von externen Quellen sollten relevante Angaben herangezogen werden, z.B. Vergleichskennzahlen von Verbänden oder anderen Betrieben, technische Daten von Lieferanten, Messwerte von Energieversorgern etc..

Energieflussdiagramm

Energieflussdiagramme bilden in übersichtlicher Form die betriebliche Energiesituation ab. Sie können für den Gesamtbetrieb, einen Teilbereich oder für einzelne Anlagen erstellt werden. Dabei kann entweder der Energieverbrauch in einem bestimmten Zeitraum (Woche, Jahr...), oder eine Momentaufnahme (Leistung) abgebildet werden. Die Breite der Pfeile entspricht hierbei der Größe des jeweiligen Energieflusses in einer bestimmten Einheit (hier MWh/a).

Das in Abbildung 5-2 dieses Berichts dargestellte Diagramm bietet einen Überblick über die Energieflüsse im Gesamtbetrieb.

Energiebilanzen

Entsprechend dem Energieflussbild lassen sich auch zahlenmäßige Energie-, Kosten- und Umweltbilanzen für den Gesamtbetrieb oder Teilbereiche erstellen.

Energiekennzahlen

Eines der wichtigsten Konzepte zur Auswertung ist die Bildung von Energiekennzahlen, die Prozesse, Anlagen oder ganze Betriebe hinsichtlich ihres spezifischen Energieeinsatzes charakterisieren. Da die absoluten Werte von Energieverbrauch oder Energiekosten wegen der sich ändernden Randbedingungen (z.B. Produktionssteigerung) nur begrenzt aussagefähig sind, werden diese Werte ins Verhältnis zu typischen Bezugsgrößen gesetzt.

Zu den allgemeinen Kennzahlen gehören z.B. Energieverbrauch je Umsatz bzw. Wertschöpfung je Beschäftigte, Lohnkosten, etc. Branchenspezifische Kennzahlen sind nur innerhalb der Branche vergleichbar, z.B. Energieverbrauch je Produktionseinheit (Stück, Gewicht, Kundenanzahl). Darüber hinaus sind zusätzliche Information von Interesse wie z.B. Energiepreise je kWh (el./th.), Stromanteil am Energieverbrauch (%), Leistungskostenanteil an Stromkosten usw.

Die so gebildeten Kennzahlen werden verglichen mit

- ⇒ dem entsprechenden Kennzahlenwert vorangegangener Perioden (Zeitreihenvergleich)
- ⇒ einem Vergleichswert aus anderen Betrieben (Querschnittsvergleich, Benchmarking). Hier ist ein Vergleich um so aussagefähiger, je ähnlicher die Rahmenbedingungen bei der Ermittlung des Vergleichswert waren (Betriebsstruktur, Produktspektrum, Herstellungsverfahren, Systemabgrenzung).
- ⇒ der entsprechenden Kennzahl von anderen Produkten bzw. alternativen Produktionsverfahren. Dies kann als Entscheidungshilfe für unterschiedliche Herstellungsmethoden herangezogen werden.

Der Auswahl der „richtigen“ Energiekennzahlen kommt größte Bedeutung zu, damit eine Vergleichbarkeit mit externen Daten gewährleistet ist.

Auch hier sind die in dem vorliegenden Bericht genannten Kennwerte (siehe Kapitel 6) eine geeignete Ausgangsbasis, die zu einem Kennzahlensystem höheren Detaillierungsgrades ausgebaut werden kann.

Lastganglinien

Ein weiteres Instrument zur Datenanalyse sind Tages- bzw. Wochenganglinien der Verbrauchswerte für den Gesamtbetrieb, Betriebsbereiche oder einzelne Anlagen. Im zeitlichen Vergleich mit z.B. den Produktionsmengen lassen sich hier Verbrauchsschwerpunkte erkennen. Ungewöhnliche Merkmale (Lastspitzen, deutliche Abweichungen gegenüber Vorperioden) deuten auf Verbesserungspotenziale hin.

Kostenrechnung

Durch die Bewertung der einzelnen Verbrauchswerte mit den Energiepreisen und die Verknüpfung mit den relevanten erlaubt die Zuordnung von Energiekosten zu verschiedenen Verbrauchskostenstellen (Kostenumlage für unterschiedliche Betriebsteile) und die Bestimmung von Energiekostenanteilen an den unterschiedlichen Produkten.

9.5 Umsetzung in Verbesserungsmaßnahmen

Umsetzung von EM heißt: Realisierung von Energieeffizienzmaßnahmen. Dazu müssen zunächst mögliche Maßnahmen identifiziert, bewertet und schließlich entschieden werden. Auch in dieser Phase kann ein externer Berater hilfreich sein.

Mögliche Maßnahmen identifizieren

Als ersten Schritt in der Umsetzungsphase gilt es mögliche Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und / oder Senkung der Energiekosten zu finden.

Neben auffälligen Merkmalen aus der Datenanalyse (ungewöhnlich hohe Energiekennzahlen, Abweichungen im Lastgangverhalten), die Einsparpotenziale anzeigen, können auch weitere Indikatoren auf Verbesserungsmöglichkeiten hinweisen:

- ⇒ Interne Auslöser sind Probleme (wie Maschinenausfälle, Qualitäts- oder Produktionsprobleme, Versorgungsengpässe, etc.), aber auch günstige Gelegenheiten (fällige Ersatzinvestition, Änderungen in den Besitzverhältnissen, bei Personal oder Management, Verlagerung der Produkte oder Verfahren, Umbau / Umzug...).
- ⇒ Externe Auslöser entstehen durch direkten Handlungsdruck (Gesetze, Preisanstieg, Leistungsnachkauf...), Anreize (Subventionen, Förderungen...) sowie über positive Beispiele (Informationen von anderen Firmen, Verbänden oder externen Partnern, "Best Practice" Beispiele etc.).

Maßnahmen bewerten

Zur Bewertung der Maßnahmen im direkten Vergleich mit der Ist-Situation werden folgende Kriterien herangezogen:

- ⇒ Erzielbare Energieverbrauchs-, Kosten- und Emissionsminderung
- ⇒ Investitionsbedarf, Finanzierungsmöglichkeiten, Contracting-Angebote
- ⇒ Wirtschaftlichkeit (Amortisationszeit, Kostenvergleich, Interner Zinsfuß, Kapitalwert)
- ⇒ Technische Realisierbarkeit
- ⇒ Ohnehin anstehender Handlungsbedarf
- ⇒ Vergleich mit Anlagen in anderen Betrieben / Unternehmen
- ⇒ Energiepreisprognosen
- ⇒ Auswirkungen auf Produktion, Betriebssicherheit, Produktqualität

⇒ Imagegewinn

Die Bewertung liefert als Ergebnis eine Maßnahmenliste, am besten in Form einer Tabelle mit diesen Kriterien, die z.B. nach Amortisationszeit oder Kosteneinsparung geordnet ist. Dabei ist eine Gruppierung nach der Investitionshöhe sinnvoll (keine / geringe / größere Investitionen erforderlich).

Zur Orientierung dienen die in diesem Bericht vorgelegten Maßnahmenblätter, in denen die hier untersuchten Maßnahmen beschrieben und bewertet sind.

Entscheidung

Basierend auf dieser Zusammenstellung wird die Entscheidung für oder gegen eine Maßnahme getroffen. Deshalb trägt eine gute Aufbereitung der Entscheidungsgrundlagen wesentlich zu deren Umsetzungserfolg bei.

Maßnahmen, die ohne nennenswerte Investitionen zu laufenden Einsparungen führen (wie Verhaltensänderungen), sollten auf jeden Fall umgesetzt werden. Für Maßnahmen, die größere Investitionen erfordern, werden in erster Linie Wirtschaftlichkeitskriterien über die Umsetzung entscheiden.

Zu enge Kriterien (nur Amortisationszeit) können jedoch vom eigentlichen Erfolg einer Maßnahme ablenken. So kann der schlechte Zustand einer bestehenden Anlage oder eine starke Emissionsminderung einer Maßnahme im Einzelfall eine geänderte Prioritätensetzung erfordern.

Kombinationen von Einzelmaßnahmen haben oft andere Auswirkungen als die pure Summe der Bestandteile. Dabei kommen sowohl günstigere als auch ungünstigere Ergebnisse vor.

Realisierung

Rein organisatorische Maßnahmen ohne wesentliche Investitionen können oft intern realisiert werden. Eine Festlegung von Zuständigkeiten ist hier erforderlich. Änderungen des Mitarbeiterverhaltens sind nicht leicht zu realisieren (alle Mitarbeiter sollten mitmachen, Zeitmangel, niemand ist zuständig, kein Management-Beschluss). Ein direkter Aufruf des Managements an die Belegschaft und ein klarer Auftrag an das EM-Team oder den Energiebeauftragten zur Information und Kontrolle können hier Abhilfe schaffen.

Bei investiven Maßnahmen sind auch externe Partner eingebunden. Bei der Auswahl von Auftragnehmern und Lieferanten sind natürlich bisherige Geschäftsbeziehungen empfehlenswert. Bei großen Projekten kann der Einsatz eines Generalunternehmers (GU) vorteilhaft sein (Übernahme der Bauleitung, ein Ansprechpartner, bessere Kostenübersicht). Aber auch interne Ressourcen sind hier erforderlich. Die Zuständigkeiten für Planung, Genehmigungsbehörden, Koordination, Projektbegleitung und Steuerung, Terminverfolgung, Controlling, usw. müssen geklärt sein.

Schnell sichtbarer Erfolg erhöht die Motivation für weitere Schritte. Daher sollten kleine erfolgversprechende Projekte sofort umgesetzt und das Erreichte im Betrieb rasch kommuniziert werden.

9.6 Kontrolle und Kontinuität

Erfolgskontrolle

Während und nach der Durchführung der Maßnahme(n) schließt sich der Regelkreis durch die Erfolgskontrolle und ggf. Reaktionen darauf (Korrekturen, weitere Schritte, Veröffentlichung, neue Zielvorgaben etc.).

Wichtige Rollen bei der Erfassung und Bewertung der Auswirkungen und des Erfolgs der Maßnahmen

- ⇒ die laufende Datenerfassung und –auswertung im EIS
- ⇒ regelmäßige Analysen und Bewertungen in Teamtreffen
- ⇒ die Erstellung einer Projektdokumentation

Reaktionen

Bei der Erfolgskontrolle lohnt sich die Prüfung, ob die durchgeführten Maßnahmen einen Zusatznutzen für das Unternehmen bieten. Dies kann ein Imagegewinn sein, z.B. durch öffentlichkeitswirksame Publikation der Errungenschaften (Pressemitteilungen, Fachartikel, Branchenverbände, Werbung). Erfolgreiche Maßnahmen lassen sich vielleicht auch auf andere Niederlassungen des Unternehmens oder der Branche übertragen.

Bei geringerem Erfolg von Maßnahmen bietet die Suche nach der Ursache oft Ansatzpunkte für Korrekturen oder zusätzliche Schritte, die doch noch zum Ziel führen.

Schließlich werden die durchgeführten Maßnahmen einen Einfluss auf die Energiezielsetzung haben, die in regelmäßigen Abständen angepasst werden muss.

Verstetigung

Dies ist ein wichtiger Aspekt bei der Verstetigung des EMS. Weiter können Maßnahmen, die z.B. aus Kostengründen, wegen Kapazitätsengpässen etc. nicht realisiert wurden, in einem Energieprogramm für die zukünftige Periode geplant werden.

Durch den kontinuierlichen Vergleich (z.B. mit Werten des Vorjahres, anderen Firmen, s.o.) lassen sich Trends ablesen, Störungen identifizieren und Ziele für das nächste Jahr formulieren.

Schulung der Mitarbeiter, insbesondere der mit dem Thema Energie befassten, sowie ein stetiger Informationsaustausch (z.B. mit anderen Betrieben, Lieferanten, Fachverbänden) motiviert und bringt neue Ideen in das Unternehmen.

10 Übertragbarkeit der Maßnahmen auf andere Betriebe

In der Fleischverarbeitenden Industrie gibt es ein weites Spektrum unterschiedlicher Betriebe. Die Gründe liegen in unterschiedlichen Betriebsgrößen, -Strukturen und Betriebszeiten (Schichtbetrieb), der im Betrieb vorhandener Verarbeitungsstufen (Schlachtung, Zerlegung, Weiterverarbeitung, Verpackung...), Produktionsanlagen, Produktarten, verschiedenem Mechanisierungsgrad, usw.

Dennoch gibt es eine Reihe gemeinsamer Merkmale, die für die ganze Branche Gültigkeit besitzen:

- ⇒ Der Raumwärmebedarf ist vergleichsweise gering wegen hoher innerer Wärmelasten (Produktionsmaschinen, Öfen, Rauch- / Kochkammern, usw.)
- ⇒ Der Wärme- und Strombedarf sind bestimmt durch Produktionsprozesse, nicht durch Bauphysik / allgemeine Gebäudetechnik (Raumheizung, Klimatisierung, Beleuchtung, usw.)
- ⇒ Es besteht ein hoher Kältebedarf auf unterschiedlichen Temperaturniveaus (Raum-Kühlung / Tiefkühlung, Prozesskühlung, Eisbereitung, usw.)
- ⇒ Gleichzeitig herrscht ein hoher Bedarf an Prozesswärme (in Form von Dampf, Elektrowärme) und Warmwasser (für Reinigungszwecke)
- ⇒ Bedingt durch den Produktionsablauf liegen oft warme und gekühlte Betriebsbereiche in unmittelbarer Nachbarschaft
- ⇒ Es fallen große Abluftmengen an (bedingt durch Prozessdampf, Feuchtigkeit, Räucherei)

Die Übertragbarkeit der in dieser Untersuchung beschriebenen und bewerteten Maßnahmen auf andere Betriebe der Fleischverarbeitung (und teilweise auch branchenübergreifend) sind in unten stehender Liste dargestellt.

10.1 Leerlaufverluste vermeiden: Netzfreisaltung

Diese Maßnahme, die sich hier auf zwei Produktionsanlagen (Kutter, Kistenförderanlage) bezieht, ist nicht nur in der untersuchten Branche, sondern in jedem Betrieb relevant. Darüber hinaus gilt dies nicht nur für elektrische Energie, sondern auch für Wärme, Druckluft, usw.

Die zu erwartenden Einsparpotenziale und die Wirtschaftlichkeit hängt im Wesentlichen von den täglichen bzw. wöchentlichen Betriebsdauern der entsprechenden Anlagen und von deren Verbrauchswerten ab. Da der Investitionsaufwand eher gering und weitgehend unabhängig von der Anlagengröße ist, sind kurze Amortisationszeiten insbesondere bei größeren Verbrauchern typisch.

10.2 Regelung der Abluft-Lüftungsanlagen

Die Ausführung der Lüftungsanlagen als reine Fortluftanlagen ohne Zuluftkanal macht eine anlagentechnische Verminderung der Lüftungswärme- bzw. -Kälteverluste (z.B. durch eine Wärmerückgewinnung aus der Abluft in die Zuluft) wegen des hohen baulichen und anlagentechnischen Aufwands unwirtschaftlich. Deshalb wird mit dieser Maßnahme eine regelungstechnische Lösung vorgeschlagen, die die Laufzeit der Fortluftventilatoren auf die minimale erforderliche Betriebsdauer begrenzt und auf diese Weise den Stromverbrauch und die Wärme / Kälteverluste vermindert.

Eine Übertragbarkeit ist daher nur bei ähnlicher Ausführung der Lüftungsanlagen gegeben. Der zu erwartende Einspareffekt sowie die Investitionen sind sehr stark von der individuellen Anlage abhängig.

10.3 Verminderung von Druckluftverlusten

Die Verminderung von unnötigen Druckluftverlusten ist für praktisch jeden Betrieb mit einer Druckluftanlage von Interesse. Leckagen an Verbrauchern, Armaturen und dem Leitungsnetz sind häufige Schwachstellen, die durch regelmäßige Wartung zu minimieren sind. Durch eine einfach durchzuführende Druckhalteprüfung (Messung des Druckabfalls im Druckluftnetz, ohne Luftentnahme an den Abnehmern) können Undichtigkeiten ermittelt werden.

Auch die Begrenzung der Betriebsdauer sowie des Netzdrucks auf den tatsächlichen Bedarf sind einfach zu realisierende und gering investive Maßnahmen mit meist sehr kurzer Amortisationszeit.

10.4 Wärmerückgewinnung aus Druckluftkompressoren

Auch hier gilt eine generelle branchenübergreifende Übertragbarkeit auf andere Betriebe. Dazu muss jedoch ein entsprechender Wärmebedarf vorhanden sein, um die zurückgewonnene Energie zu nutzen. Dies ist in der Fleischverarbeitung wegen des hohen Warmwasserbedarfs i.a. gegeben.

Im untersuchten Betrieb sind die Bedingungen für die Maßnahme besonders günstig, da schon eine WRG aus der Kälteanlage installiert ist, die wegen der unmittelbaren Nachbarschaft zur Druckluftzentrale die Anbindung an die Brauchwassererwärmung vereinfacht. Auch die vorhandenen Warmwasserspeicher sind wegen der Glättungswirkung auf den Wärmebedarf vorteilhaft. Weniger günstige Voraussetzungen führen wegen des höheren Aufwands zu verlängerten Amortisationszeiten.

10.5 Regelung der Wärmerückgewinnung aus der Kälteanlage

Diese Maßnahme stellt eine Korrektur des Regelungsverhaltens einer speziellen Anlage dar, sie ist daher nicht allgemein übertragbar.

Branchentypisch ist jedoch der gleichzeitig hohe Kälte- und Wärmebedarf. Die großen anfallenden Abwärmemengen bei Kompressionskälteanlagen begünstigen eine Wärmerückgewinnung in Verbindung mit der Warmwasserbereitung. Hier sind auch andere Möglichkeiten einer integrierten Lösung zur Erzeugung der benötigten Energieformen (Strom, Kälte, Warmwasser, Dampf) interessant; siehe Abschnitt 10.8.

10.6 Beheizung der Rauch- / Kochkammern

Diese Maßnahme ist von den untersuchten sicher diejenige, die am stärksten direkt in die Produktionsprozesse eingreift. Sie erfordert daher eine genaue Prüfung auf den Einfluss der geänderten Prozessparameter auf die Produktqualität und damit die prinzipielle technische Eignung der Maßnahme.

Sie ist auch sehr anlagenspezifisch wegen der beiden parallel installierten Heizeinrichtungen der Rauch- / Kochkammern. Wo diese Voraussetzungen vorhanden sind, ist diese Maßnahme wegen des geringen Investitionsbedarfs und der deswegen sehr kurzen Amortisierungsdauer interessant.

10.7 Energiemanagement-System

Auch das Energiemanagement-System (EMS) ist wiederum eine branchenübergreifende Maßnahme, die prinzipiell für alle Energieträger / Medien in allen Betrieben einsetzbar ist. Der technische und organisatorische Aufwand ist erst ab einer gewissen möglichen Energie(kosten)einsparung wirtschaftlich interessant. Die Grenze ist allerdings stark von den bereits im Betrieb vorhandenen Einrichtungen (Zähler, Betriebsdatenerfassung etc.) und Strukturen (andere Managementsysteme, z. B. für Qualitäts- oder Umweltmanagement (QMS, UMS)) sowie den Möglichkeiten zu deren gemeinsamen Nutzung abhängig. Im Gegenzug bietet die Einsparpotenziale bei den Energiekosten durch ein EMS wiederum Möglichkeiten, z.B. die ohnehin geplante Einführung eines UMS finanziell mitzutragen.

10.8 Alternatives Kälteerzeugungskonzept

Wie bereits erwähnt, ist ein hoher Wärmebedarf und ein ebenfalls hoher Kältebedarf charakteristisch für die Branche. Diese Energieformen weisen typischerweise die größten Verbrauchswerte des Betriebes auf.

Daher sind Konzepte zur gemeinsamen Erzeugung prädestiniert für fleischverarbeitende Betriebe. Das im untersuchten Betrieb realisierte Blockheizkraftwerk (BHKW) zielt in diese Richtung, da ein Teil der Eigenstromerzeugung für die Kälteanlage verwendet wird. Andere Möglichkeiten sind in Abschnitt 8.9 beschriebenen (mit Gasmotoren direktbetriebene Kältekompressoren und Nutzung der Motorenwärme zur Trinkwassererwärmung; Absorptionskälteanlage mit Wärme aus KWK-Anlage, eventuell kommt hier auch eine Gasturbinenanlage mit Dampferzeugung aus einem Abhitzeessel in Betracht).

Die Anlagenkombination sind stark von den Verhältnissen der Bedarfswerte in den unterschiedlichen Energieformen sowie deren zeitlichen Strukturen abhängig. Trotz den branchentypischen Merkmalen sind diese von Betrieb zu Betrieb unterschiedlich. Daher ist eine Verallgemeinerung hier nicht möglich. Das Konzept ist für jeden Betrieb individuell zu erstellen.

10.9 Blockheizkraftwerk: Wirtschaftlichkeits- und Emissionsbetrachtung

Hier gelten analog die gleichen Aussagen zur Übertragbarkeit wie in Abschnitt 10.8 beschrieben.

10.10 Weitere Maßnahmen

In dem untersuchten Betrieb entsprechen sehr viele Energietechniken bereits dem Stand der Technik, da der gesamte Betrieb und seine Maschinen und Anlagen erst rund zehn Jahre alt sind. Daher sollten für die Betrachtung anderer Betriebe (in denen der Energieeinsatz noch nicht so nah am aktuellen Stand der Technik orientiert ist) neben den oben beschriebenen Maßnahmen generell folgende Handlungsempfehlungen auf ihre Anwendbarkeit überprüft werden, insbesondere bei ohnehin anstehendem Erneuerungs- oder Erweiterungsbedarf:

- ⇒ Zur Anpassung der Fördermengen an den tatsächlichen Mindestbedarf ist eine Drehzahlregelung von Antriebsmotoren, z.B. von Ventilatoren oder Pumpen sinnvoll. Diese Anwendung ist branchenübergreifend auf viele zu fördernde Medien (z.B. Luft, Brauchwasserzirkulation, Heizungswarmwasser) übertragbar. Dies ist i.a. mit einer Erhöhung der Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf verbunden. Je größer die Pumpenleistung und die jährliche Betriebsdauer, desto höhere Einsparungen sind zu erwarten. Da mit der Anlagengröße die spezifischen Investitionen rasch sinken, kann die Maßnahmen ab wenigen kW Nennleistung wirtschaftlich sein.
- ⇒ Die Kälteerzeugung erfolgt oft noch in viele kleine Kälteanlagen. Insbesondere wenn kein weit verzweigtes Betriebsgelände vorliegt, bietet die Umstellung auf eine zentrale Kälteversorgung durch bessere Wirkungsgrade wirtschaftliche Vorteile
- ⇒ Ein Eiswasserspeicher bietet eine gute Möglichkeit, den tageszeitlich schwankenden Kältebedarf und damit die Auslastung der Kälteanlage zu vergleichmäßigen. Voraussetzung dafür ist ein Kältebedarf auf einem Temperaturniveau von 0°C bis 5°C.
- ⇒ Zur Steigerung der Anlagenauslastung bei den Produktionseinrichtungen bieten organisatorische Maßnahmen (Rauch-/Kochkammern vollständig beladen, noch warme Kammern wieder beschicken, usw.) gute Möglichkeiten, den spezifischen Energieeinsatz pro Produktmenge und damit den Gesamtverbrauch zu senken.

11 Zusammenfassung und Empfehlung

11.1 Energie-, CO₂- und Kostenbilanzen

Die Gesamtbilanz des Betriebes Landsberg stellt sich für das Bezugsjahr 1999 wie folgt dar:

CO₂-Emissionen :
ca. 3.796 t/a

Energie-träger	Energiebezug (MWh/a)	CO ₂ -Emissionen (t _{CO2} / a)	
		Strom Bundesmix	Bayerischer Strommix
Strom	3.709	2.188 t/a	619 t/a
Erdgas _{Hu}	8.038	1.608 t/a	1.608 t/a
Summe	-	3.796 t/a	2.227 t/a

11.2 Maßnahmenempfehlungen

Im Kapitel 8 sind folgende Maßnahmen zur Verbesserung der Energieverwendung beschrieben und hinsichtlich Kosten- und Emissionsreduzierung bewertet.

1. Vermeiden von Leerlaufverlusten durch Netzfreisaltung der Kutter und der Kistenförderanlage
2. Regelung der Abluft-Lüftungsanlagen
3. Reduzierung der Druckluftverluste
4. Wärmerückgewinnung aus Druckluftkompressoren
5. Regelung der Wärmerückgewinnung aus der Kälteanlage
6. Beheizung der Rauch- / Kochkammern
7. Energiemanagement-System
8. Alternatives Kälteerzeugungskonzept
9. Blockheizkraftwerk: Wirtschaftlichkeits- und Emissionsbe-trachtung

Bei den Maßnahmen 1 bis 7 sind die erwarteten Einsparungen beim Energieverbrauch und den CO₂-Emissionen sowie die für die Durchführung der Maßnahme erforderlichen Investitionen aufgeführt. Die statische Amortisationszeit der Einzelmaßnahmen ist ebenfalls ausgewiesen (auf Grundlage einer Abschreibungsdauer von 15 Jahren und einem kalkulatorischen Zinssatz von 7,5 % p.a.). Die Maßnahmen 1 und 3 bis 7 weisen eine Amortisationszeit von unter 5 Jahren auf und werden daher zur Umsetzung empfohlen.

Im Abschnitt 8.8 werden technische Aspekte und die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für alternative Kälteerzeugungskonzepte unter Einbeziehung einer Kraft-Wärme-Kopplung bzw. Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWK/KWKK) bewertet. Wegen der ungünstigen Verhältnisse der Bedarfswerte bei Strom, Wärme und Kälte sowie den derzeit noch ungünstigen Rahmenbedingungen für KW(K)K-Anlagen ist ein unmittelbarer Wechsel des Kältekonzepts nicht empfehlenswert, die vorhandene Anlage sollte weiter genutzt werden. Bei Ersatzbedarf ist die erneute Prüfung der Alternativen dringend zu empfehlen, da eine deutliche Veränderung der Randbedingungen (Energiepreisstruktur, KWK-Förderung) zu erwarten ist.

In Abschnitt 8.9 wird die Wirtschaftlichkeit des Blockheizkraftwerks hinsichtlich einer möglichen Stillsetzung bewertet. Aufgrund der auch bei der Stillsetzung anfallenden kapitalgebundenen Kosten ist der weitere Betrieb des BHKW zu empfehlen, da in diesem Fall geringere Betriebskosten entstehen.

11.3 Erwartete Einsparungen

Bei Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen 1 und 3 bis 7 ergibt sich rechnerisch eine jährliche Energiekosteneinsparung von

ca. 71 TDM/a.

Die dazu erforderlichen Investitionen werden veranschlagt mit

ca. 68 TDM.

Die empfohlenen Maßnahmen führen (bei Ansatz der spezifischen CO₂-Emissionen für Strom aus bundesdeutschem Kraftwerksmix) zu einer jährlichen CO₂-Reduktion von ca.

ca. 360 t CO₂/a.

Dies entspricht etwa 9,5 % der gesamten jährlichen Emissionen des Betriebes.

Setzt man dagegen den spezifischen Emissionswert des bayerischen Kraftwerksparks an, so ergibt sich lediglich eine CO₂-Emissionsminderung um

ca. 193 t CO₂/a,

entsprechend rund 8,7% der jährlichen CO₂-Emissionen des Betriebs.

Der weitere Betrieb des BHKW vermindert die CO₂-Emissionen um weitere 365 t CO₂/a (Bundesmix; bei Strom aus Bayernmix ergeben sich allerdings rechnerisch eine Erhöhung der CO₂-Emissionen um 109 t/a).

Die Einsparung der um rund 13 TDM geringeren Betriebskosten beim Weiterbetrieb des BHKW sind in den o.g. Kosteneinsparungen nicht enthalten.