

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



Dezember 2000

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

Auftragnehmer: TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb GmbH
Westendstraße 199
80686 München

in Zusammenarbeit mit

ZREU

Zentrum für rationelle Energieanwendung und Umwelt GmbH
Wiesenhuberstraße 3
93059 Regensburg

Technische Universität München
Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik
der Lebensmittelindustrie
Weihenstephaner Steig 22
85350 Freising

Kooperation mit: ANDECHSER MOLKEREI Scheitz GmbH
Molkereistraße 5
82346 Andechs

Bearbeitungszeitraum: Dezember 1999 bis Dezember 2000

© Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
86177 Augsburg

© Deckblattfoto: Andechser Molkerei Scheitz GmbH

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 Kohlendioxidausstoßes (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 des rationellen Energieeinsatzes bei der Produktion und im Unternehmen und den damit verbunden Kostensenkungspotenzialen.

In der vorliegenden Studie werden am Beispiel eines Milchverarbeitenden 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 Herstellung von Milchprodukten in Milchverarbeitenden 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 Milchverarbeitenden 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 Dezember 2000

Inhalt	Seite
1 Zielsetzung und Aufgabenstellung	5
2 Vorgehensweise	6
3 Darstellung der Betriebsstätte	
3.1 Entwicklung des Betriebes	7
3.2 Qualitäts- und Umweltmanagementsystem	8
3.3 Betriebsablauf	9
4 Bestandsaufnahme und Analyse	
4.1 Anlagen zur Energieerzeugung und Medienversorgung	11
4.2 Produktionsanlagen	15
4.3 Sonstige Werksanlagen und Verbraucher	17
4.4 Produktion und Jahresenergiebedarf	17
4.5 Durchführung von Messungen zur Ermittlung produktspezifischer Kennzahlen	21
4.5.1 Produktion und Energieverbrauch während des Meßzeitraums	22
4.5.2 Meßtechnik	26
4.5.3 Ergebnisse der Messungen	26
4.5.4 Spezifische Energieverbräuche für einzelne Produkte	37
4.6 Spezifische Kennzahlen	41
5 Potential und Maßnahmen zur Energieeinsparung und rationellen Energieverwendung	
5.1 Bauliche Maßnahmen	45
5.2 Anlagentechnische Maßnahmen	46
5.3 Organisatorische Maßnahmen	57
6 Technische, wirtschaftliche und ökologische Bewertung von Energieeinsparmaßnahmen	
6.1 Stand der Technik	64
6.2 Technische Bewertung	69
6.3 Wirtschaftliche Bewertung	69
6.4 Ökologische Bewertung	75
6.5 Vorschläge für die Realisierung von Energieeinsparmaßnahmen	77
7 Zusammenfassung	78
8 Abkürzungs- und Literaturverzeichnis, Begriffe	87

1 Zielsetzung und Aufgabenstellung

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) führt Projekte zur Minderung öko- und klimaschädigender Abgase aus industriellen Anlagen durch rationelle Energienutzung in verschiedenen Branchen durch. Ein Schwerpunkt liegt in Betrieben der Lebensmittelindustrie, insbesondere der milchverarbeitenden Industrie.

Wie der Tabelle 1 zu entnehmen ist, werden im Freistaat Bayern pro Jahr ca. 7 Mio. Tonnen Milch angeliefert. Bayern ist damit als Bundesland mit Abstand der größte Milchproduzent in der Bundesrepublik Deutschland. Der Untersuchung von Energieeinsparmöglichkeiten bei der Milchverarbeitung kommt daher eine hohe Bedeutung zu.

	1997	1998	1999
Bayern	7.637	7.511	6.893
Niedersachsen	5.303	5.204	5.067
Nordrhein-Westfalen	2.605	2.440	2.618
Schleswig-Holstein	2.215	2.085	2.276
Baden-Württemberg	1.903	1.813	2.096
Sonstige Bundesländer	7.507	7.887	7.883
Summe Deutschland	27.170	26.940	26.783

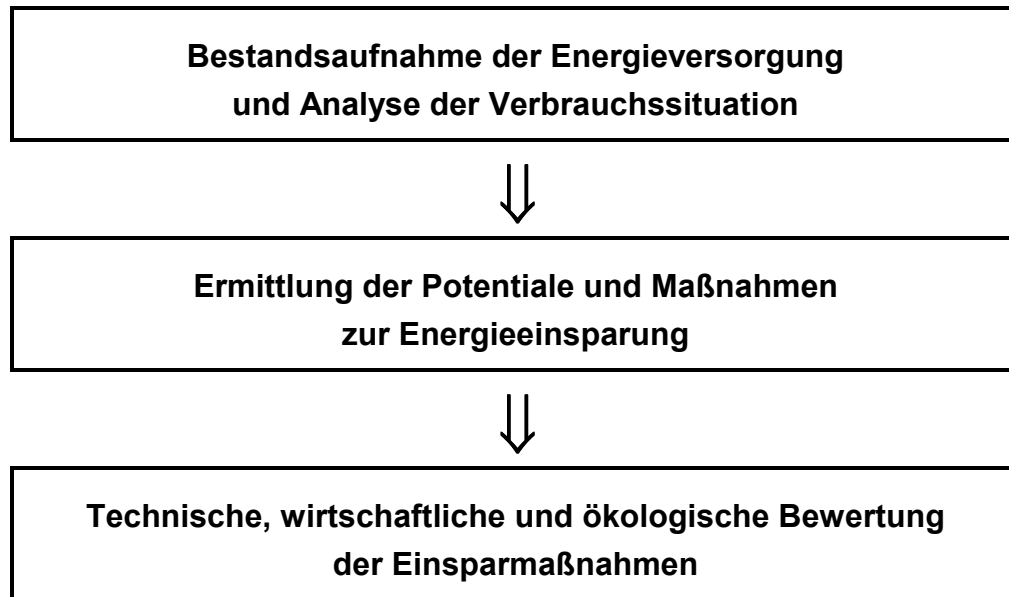
Tabelle 1: Milchanlieferung in den einzelnen Bundesländern (in 1.000 t)
Quelle ZMP, BML

Als milchverarbeitender Musterbetrieb wurde vom LfU die Andechser Molkerei Scheitz GmbH ausgewählt. Durch eine detaillierte Analyse sollten in diesem Betrieb die Energieeinsparpotentiale abgeschätzt, Maßnahmen zur Optimierung des Energieeinsatzes abgeleitet und diese anhand einer ausführlichen Kosten-Nutzen-Analyse bzw. einer monetären Teilbilanzrechnung wirtschaftlich bewertet werden.

Zur Bewertung des Energieeinsatzes für die Produktion sind produktbezogene Kennzahlen zu bilden, die die Abschätzung von Energieeinsparpotentialen und damit Kostensenkungspotentialen branchenbezogen bzw. bei Querschnittstechnologien branchenübergreifend ermöglichen.

2 *Vorgehensweise*

Die Erstellung der Energieanalyse erfolgte in folgenden Arbeitsschritten:



Ziel der Bestandsaufnahme war es, den Energie- und Medienbedarf für die Produktion zu erfassen und auszuwerten. Der Gesamtenergieverbrauch (Brennstoff, Strom) und typische Lastgänge wurden analysiert. Der Zustand der Versorgungseinrichtungen und der Produktionsanlagen wurde bewertet. Um den spezifischen Energiebedarf für die wichtigsten Produktgruppen zu ermitteln, wurde ein Meßprogramm durchgeführt.

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

3 *Darstellung der Betriebsstätte*

3.1 *Entwicklung des Betriebs*

Die Andechser Molkerei Scheitz GmbH wurde 1976 im oberbayerischen Andechs aufgebaut. Bereits seit dem Jahr 1980 werden große Mengen Milch aus ökologisch wirtschaftender Landwirtschaft verarbeitet.

Als erster Molkereibetrieb in Deutschland führte die Andechser Molkerei Scheitz GmbH im Jahr 1981 eine Mehrwegflasche für Milch ein. Auch für Joghurt-Produkte wurden Glasflaschen mit Deckeln zum Wiederverschließen verwendet. Für die Säuberung der Glasflaschen wurden entsprechende Reinigungsanlagen angeschafft.

Um der steigenden Nachfrage nach naturbelassenen Milch- und Molkereiprodukten gerecht zu werden, wurde im Jahr 1987 ein Neubau am Ortsrand der Gemeinde Andechs errichtet. Aufgrund der hohen Zuwachsraten bei Milchprodukten und einer Verbreiterung der Produktpalette, u. a. mit Ziegenmilch zu Käsespezialitäten, wurden der Betrieb und die technischen Einrichtungen in den folgenden Jahren ständig erweitert.

Die bestehenden Fertigungskapazitäten werden von der Betriebsleitung als ausreichend angesehen, eine Erweiterung der Produktionsanlagen ist in den nächsten Jahren nicht beabsichtigt.

Als bauliche und technische Maßnahmen stehen derzeit an:

- Änderung der Zufahrt für die Milchannahme.
Bei der Realisierung ist vorgesehen, die vorhandene Hanglage für die Entleerung der Tankwagen zu nutzen, um Energie für das Abpumpen der Rohmilch einzusparen.
- Neubau eines Verwaltungsgebäudes als Ersatz für die bestehenden Bürocontainer.
- Einbau einer Lüftungsanlage in der Produktionshalle.
- Neudimensionierung der CIP-Anlage.

Bedingt durch den schrittweisen Ausbau des Betriebs sind die Anlagen zur Energieerzeugung (Dampfkessel, Kälteanlagen, Druckluftversorgung) derzeit getrennt und in einiger Entfernung zueinander untergebracht. Mittelfristig ist daher der Bau einer Energiezentrale geplant. Für die Energieerzeugung sollen dann nach Möglichkeit erneuerbare Energieträger wie Rapsöl oder Holzhackschnitzel eingesetzt werden.

3.2 *Qualitäts- und Umweltmanagement (QM, UM)*

Im Jahr 1995 hat die Andechser Molkerei Scheitz GmbH ihr Qualitätsmanagementsystem nach den Richtlinien der europäischen DIN EN ISO 9001 zertifizieren lassen. In den Folgejahren wurde ein Umweltmanagementsystem aufgebaut, das 1997 zertifiziert wurde. Zu den wesentlichen Zielen des Betriebs gehört, daß die natürlichen Lebensgrundlagen durch die Verarbeitung von ökologisch produzierten landwirtschaftlichen Erzeugnissen erhalten werden.

Leitlinien der Umweltpolitik der Andechser Molkerei Scheitz GmbH, die für den Energieeinsatz relevant sind:

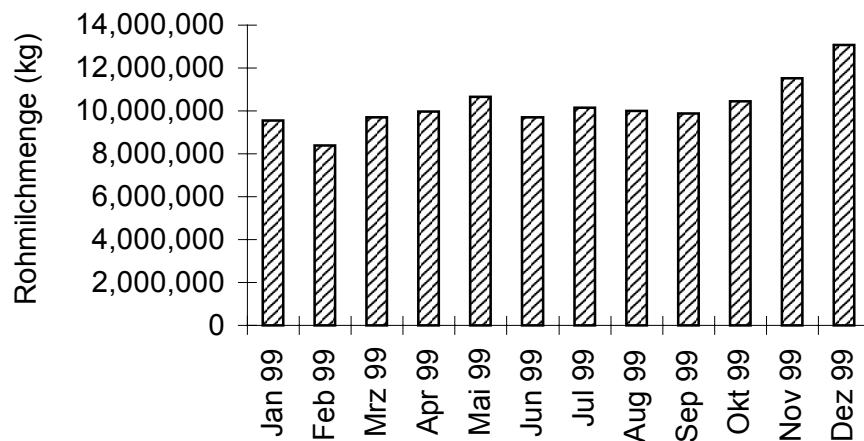
- In allen Bereichen, die Auswirkungen auf die Umwelt haben, wird eine kontinuierliche Verbesserung angestrebt. Insbesondere sollen die Bereiche Energie, Betriebsmittel, Materialwirtschaft, Lagerhaltung, Abfall, Betriebssicherheit, Lärm, Wasser/Abwasser und Öffentlichkeitsarbeit optimiert werden.
- Durch eine Optimierung des Energieeinsatzes soll der Energieverbrauch reduziert werden. Erdgas soll weiterhin als umweltverträglicher Energieträger eingesetzt werden. Die Nutzung von regenerativen Energiequellen wird angestrebt.
- Bei der Entwicklung und Herstellung von Produkten wird auf die Umweltverträglichkeit Wert gelegt. Es wird darauf geachtet, durch die Mehrweggläser und wiederverwertbaren Verpackungen möglichst wenig Abfall entstehen zu lassen. Alternative Verpackungen, die zu ökologischen Verbesserungen führen, werden gefördert.
- Die Mitarbeiter werden über umweltrelevante Vorgänge im Unternehmen informiert und sollen diese in ihren Tätigkeitsbereichen einsetzen. Den Mitarbeitern werden durch interne und externe Schulungen die notwendigen Erkenntnisse vermittelt, um aktiv Umweltschutz betreiben zu können.
- Die regional ansässigen Landwirte und Lieferanten sollen zur ökologischen Wirtschaftsweise ermuntert werden.
- Die Umweltauswirkungen werden kontrolliert und die Ergebnisse der Untersuchungen veröffentlicht.

3.3 Betriebsablauf

Das Rohmilch-Einzugsgebiet der Andechser Molkerei Scheitz GmbH liegt überwiegend in Oberbayern und Schwaben. Die aus dem regionalen Milchaufkommen hergestellten Milch- und Käsespezialitäten werden regional und überregional vermarktet.

In Bild 3.1 ist die im Jahr 1999 monatlich verarbeitete Rohmilchmenge dargestellt, davon sind ca. 50% ökologisch erzeugte Milch.

Bild 3.1 Rohmilchmenge des Jahres 1999



Die Andechser Molkerei Scheitz GmbH beschäftigt ca. 170 Mitarbeiter, es wird im 3-Schicht-Betrieb produziert. Der Schwerpunkt der Produktion (Frischmilch, Glasfertigung Joghurt, Butter, Käse etc.) liegt in der ersten Wochenhälfte, am Wochenende (Samstag und Sonntag) erfolgt lediglich die Milchannahme.

Der Produktionsprozeß, der durch ein Prozeßleitsystem gesteuert und überwacht wird, wiederholt sich wochenweise, wobei der Fertigungsablauf durch die Betriebsleitung vorgegeben wird.

Das Sortiment der Andechser Molkerei Scheitz GmbH ist breit gefächert und umfaßt u. a. eine Vielzahl von Bio-Spezialitäten sowie Produkte aus Ziegenmilch.

Für die energietechnische Bewertung (siehe Kapitel 4) wurden die Milchprodukte in folgende Gruppen eingeteilt:

Nr.	Gruppe	Hergestellte Produkte
1	Milch (Roh u. Mix)	Voll-, Magermilch, Ziegenmilch, Kakaotrunk
2	Joghurt	Joghurt (pur und mit Fruchtzusätzen), Trinkjoghurt, Kefir
3	Rahm	
3.1	Schlagrahm	Schlag-, Sauer-, Kaffeerahm, Kaffee-, Schlagsahne, Creme Fraiche u. ä.
3.2	Streichrahm	Streichrahm u. ä.
3.3	Friskkäse	Frisk-, Ziegenfrisk-, Schichtkäse, Quark, Topfen
4	Butter	Butter und Buttermilch
5	Käse	alle Käsearten außer Friskkäse, Molke

Tabelle 3.1: Hergestellte Produkte, in Gruppen zusammengefaßt

Im Labor der Andechser Molkerei Scheitz GmbH werden drei Bereiche der Milchverarbeitung geprüft, der bakterielle, der sensorische und der chemisch-physikalische. Es werden u.a. Keimzahl, pH-Wert, Dichte, Fettgehalt kontrolliert.

Die Verarbeitung von Milch, Bio-Produkten und Ziegenmilch bedingt einen hohen Reinigungsaufwand der Tanks, Rohrleitungen und Fertigungsanlagen.

4 Bestandsaufnahme und Analyse

Die Bestandsaufnahme und Analyse erfolgte anhand von Daten, Unterlagen und Plänen, die von der Andechser Molkerei Scheitz GmbH beigestellt wurden, von Betriebsbegehungen sowie Messungen an wesentlichen Anlagenteilen. Als Referenzjahr für die Produktion und den Energieverbrauch wurde das Jahr 1999 herangezogen.

4.1 Anlagen zur Energieerzeugung und Medienversorgung

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

- Dampf
- Kalt- und Warmwasser
- Druckluft
- Kälte

Wärmeerzeugung

Zur Wärmeerzeugung wird ein mit Erdgas gefeuerter Hochdruck-Dampfkessel, Fabrikat Loos Typ U-HD, mit einer Leistung von 2,4 MW eingesetzt (Kessel 1). Zwei weitere kleinere Kessel (2, 3) werden als Reserve vorgehalten. Die Kessel werden mit einem Dampfdruck von 10 bar betrieben. Die wesentlichen Leistungsdaten der Gaskessel sind der Tabelle 4.1 zu entnehmen.

	Leistung (kW)	Dampfleistung (kg/h)	Baujahr
Kessel 1	2.400	3.200	1998
Kessel 2	700	1.000	1992
Kessel 3	700	1.000	1976

Tabelle 4.1: Leistungsdaten Dampfkessel

Der erzeugte Dampf wird über eine zentrale Dampfschiene den einzelnen Verbrauchern zugeführt. Das anfallende Kondensat wird größtenteils zurückgeführt. Warmwasser wird durch Wärmetauscher erzeugt, für die Erwärmung von kleineren Mengen Wasser wird ein Warmwasserboiler verwendet.

Die Beheizung der Produktions- und Verwaltungsräume geschieht mit Elektroheizern.

Stromversorgung

Die Stromeinspeisung erfolgt auf der Mittelspannungsebene, die Übergabe geschieht über 2 Trafos mit einer Leistung von 630 kVA. Die weitere Verteilung im Betrieb erfolgt über 2 Niederspannungs-Hauptverteilungen (0,4 kV - Ebene).

Tabelle 4.2 zeigt die Hauptstromverbraucher des Betriebs mit Anschlußwert und täglicher Laufzeit. Die Daten wurden Betriebsaufzeichnungen entnommen und entsprechen der Verbrauchssituation im Sommer.

Anlage	Anschlußwert (kW)	Laufzeit (h)	Anteil (%)
Kälteanlagen	355	20	38
Produktionshalle	131	20	18
Sonstige Betriebsräume	126	6	5
Tanklager	110	2	2
Bürocontainer	90	9	5
CIP-Anlage	60	18	7
Elopak	83	7	4
Drucklufterzeugung	80	8	4

Tabelle 4.2: Hauptstromverbraucher

Zu den Hauptstromverbrauchern zählen die Kälteanlagen zur Eiswassererzeugung und Kühlung, die Fertigungsanlagen, die Verpackungsanlagen, die Drucklufterzeugung sowie Verbraucher wie Pumpen, Antriebe etc.

Weitere wesentliche Verbraucher sind die Elektroversorgung der Bürocontainer, die elektrischen Heizer, die zur Raumheizung verwendet werden und die Gabelstapler-Ladestation.

Der Strombedarf der Kantine sowie der Büro- und Sozialräume des Produktionsgebäudes sind vom Stromverbrauch her vernachlässigbar. Gleiches gilt für die Beleuchtungseinrichtungen.

Druckluftversorgung

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

Die Druckluftherzeugung geschieht zentral über 3 Kompressoren, Bauart Schraubenverdichter, 2-stufig, nicht ölfrei. Die Kompressoren sind luftgekühlt.

Fabrikat	Leistung (kW)	Förderleistung (m ³ _N /min)	Baujahr
Franz	1x75	11,5	1988
Balcke Dörr	1x75	11,5	1977
MAN	1x7,5	1,1	

Tabelle 4.3 Leistungsdaten Druckluft-Kompressoren

Den Kompressoren nachgeschaltet sind 3 Druckluftbehälter mit einem Speichervolumen von jeweils 2 m³. Die Verdichteranlagen sind mit einer Liefermengenregelung ausgerüstet, d.h. bei Unterschreiten des Druckniveaus von 7 bar werden die Verdichter nach Bedarf eingeschaltet und bei Erreichen des eingestellten Enddrucks in den Druckluftbehältern (9 bar) wird die Förderung automatisch unterbrochen.

Die Druckluftverteilung erfolgt mit einem Betriebsdruck von 8 bar über eine zentrale Leitung mit einem Durchmesser DN 65. Die Rohrleitungswege zu den einzelnen Verbrauchern, z.B. zu den Lagertanks, sind aufgrund der räumlichen Anordnung der Druckluftzentrale sehr lang.

Eine Druckreduzierung auf das benötigte Niveau von 2 oder 5 bar wird unmittelbar vor den Verbrauchern vorgenommen. Die Zuleitung zu den einzelnen Verbrauchern, u. a. zu einer Vielzahl von Steuerventilen, geschieht in der Regel über flexible Leitungen.

Eine Erfassung des Energieverbrauchs für die Druckluftherzeugung, z. B. mit kWh-Zähler, Betriebsstundenzähler oder eine Messung des Druckluftverbrauchs erfolgt derzeit nicht. Aus Messungen an einer Kompressoreinheit, die im November 1998 und im Januar 1999 während eines Zeitraums von 10 Tagen durchgeführt wurden, läßt sich für Werktage eine Vollastlaufzeit von ca. 8,5 Stunden je Kompressoreinheit ableiten. Unter Beachtung der Grundlast an produktionsfreien Tagen ergibt sich daraus je Kompressoreinheit eine jährliche Betriebsstundenzahl von ca. 4750 h. Die Anzahl der Laststunden beträgt ca. 3730 h.

Kälteversorgung

Zur direkten Kühlung im Produktionsprozeß, zur Kältespeicherung (Bereitung von Eiswasser) sowie zur Erzeugung von Kälte für die Reiferäume und Kühllager wird Kälte benötigt.

Im Molkereibetrieb ist es wichtig, die Milch nach dem Pasteurisieren möglichst schnell wieder auf ca. +4°C abzukühlen, damit die Keimfreiheit erhalten bleibt. Der Hauptanteil der Kälte wird daher zur Kühlung der Milch benötigt. Hierzu werden Plattenwärmetauscher eingesetzt.

Weitere Kälteverbraucher in der Produktion sind die Joghurtbereitung (Abkühlung des Joghurts nach Glasabfüllung im Kühltunnel), die Butterungsanlage und der Schlagrahmkühler.

Die Kälte wird in 3 Anlagen mit Kältekompressoren erzeugt, als Kältemittel wird Ammoniak (NH₃) verwendet. Die entstehende Wärme wird über Verdunstungskondensatoren an die Umgebung abgeführt.

Anlage	Fabrikat Kompressor	Antriebsleistung (kW _{el})	Kälteleistung
1	2x Grasso RC 49 1x KA 40x85	190 kW	2x306 kW (-5/+30°C) 1x204 kW (-5/+30°C)
2	Grasso RC 69 Grasso RC 411 [Reserve]	55 kW [90 kW]	170 kW (-5/+30°C) [356 kW (-5/+30°C)]
3	Grasso RC 611	110 kW	455 kW (-8/+30°C)

Tabelle 4.4: Leistungsdaten Kälte-Kompressoren

Die Kälteanlage 1 versorgt das Eiswasserbecken 1 mit einer Speicherleistung von ca. 1.280 kWh und die Kühltunnel. Die Anlage 2 bedient das Kühlhaus (Lager 01) und den Eisspeicher TSU-910C mit einer Speicherleistung von 2.977 kWh. Die Kälteanlage 3 versorgt nur das große Eiswasserbecken 18 HV10 mit einer Speicherleistung von 3.721 kWh.

Die Kälteproduktion erfolgt in der Regel in der Schwachlastzeit (nachts), wobei die zur Verfügung stehenden Eisspeicher geladen werden. Da die Eisspeicher jedoch nicht zur Deckung des Kältebedarfs ausreichen, muß fallweise tagsüber Kälte nachproduziert werden. In den Sommermonaten ist ein nahezu durchgehender Betrieb der Kältekompressoren erforderlich.

Eine kontinuierliche Erfassung des Einsatzes der Kälteanlagen mit Betriebsstundenzählern bzw. eine Ermittlung des Stromverbrauchs für die Kälteerzeugung, z. B. mit kWh-Zähler, erfolgt derzeit nicht.

4.2 Produktionsanlagen

Die Betriebsbereiche der Andechser Molkerei Scheitz GmbH lassen sich einteilen in:

- Lagerbehälter für Rohmilch, Rohrahm, Kesselmilch, Frischmilch, Mixgetränke, Buttermilch, Molke, Joghurt etc.
- Maschinenraum mit Milchannahme und Milchbehandlung.

Prozeßschritte für die Milchbehandlung sind dabei:

- Kühlung (über Plattenkühler), falls die Milch nicht sofort weiterverarbeitet wird.
Ggfs. Anwärmung
- Hitzebehandlung/Pasteurisierung
- Separation
- Bactofugation (Zentrifugalentkeimung)
- Homogenisierung
- Butterei mit Butterfertiger
- Milchabfüllung mit Elopak
- Joghurtabfüllung
- Rahmherstellung
- Käserei mit Käsefertiger und Reiferäumen
- CIP-Anlagen (Flaschen, Eimer, Kannen)

Der Produktionsablauf mit den wesentlichen Prozeß- und Fertigungsschritten ist als Übersicht in Bild 4.1 dargestellt.

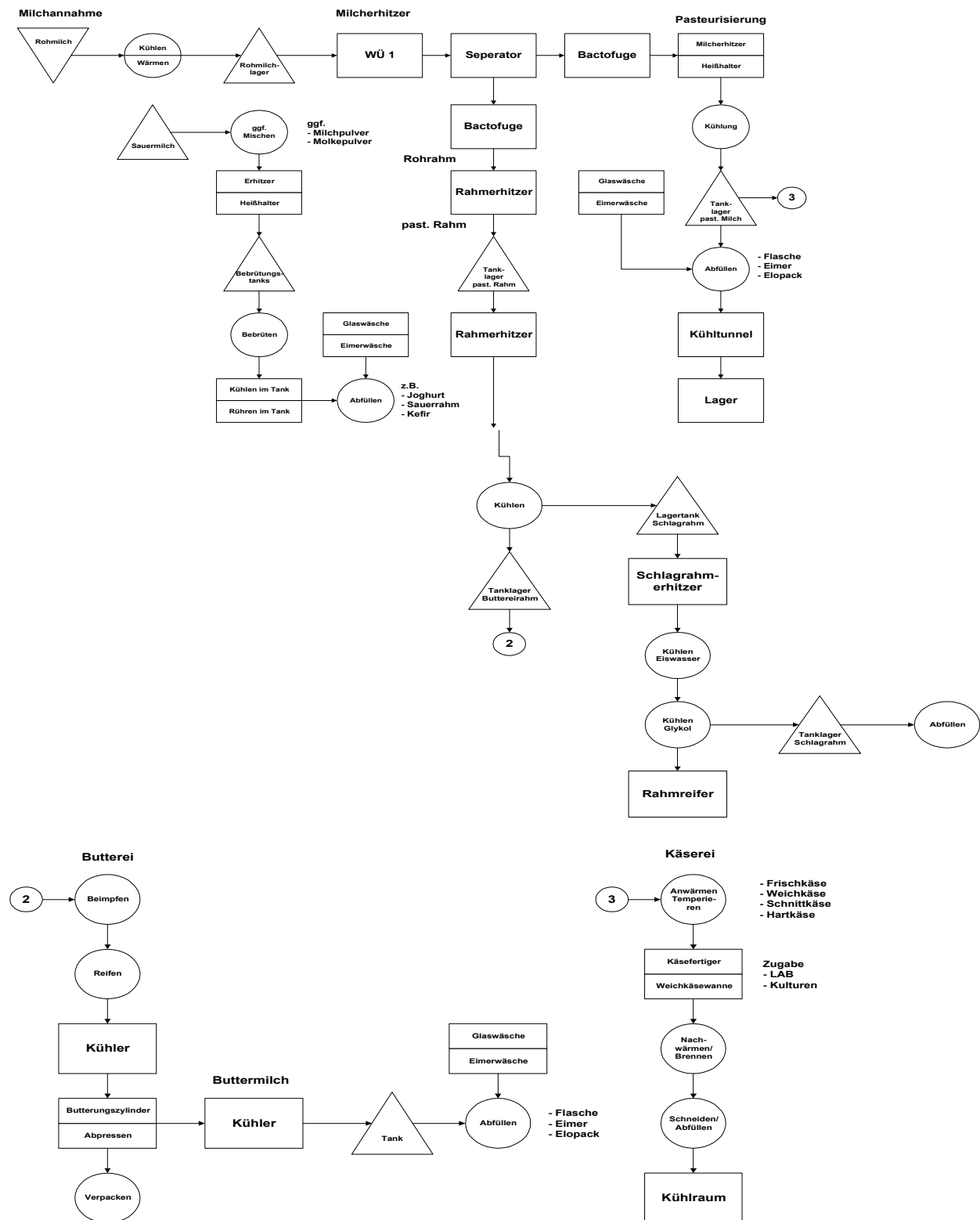


Bild 4.1: Übersicht Produktionsablauf

4.3 *Sonstige Werksanlagen und Verbraucher*

Zu den sonstigen Werksanlagen sind die Lager, das Labor, die Sozial- und Büroräume im Produktionsgebäude sowie die Scheune und die Bürocontainer zu zählen.

Der Flächenanteil des Labors und der Sozial- und Büroräume im Produktionsgebäude ist von untergeordneter Bedeutung und somit auch deren energietechnische Bedeutung. Die Bürocontainer stellen eine Übergangslösung dar und sollen daher nicht weiter betrachtet werden.

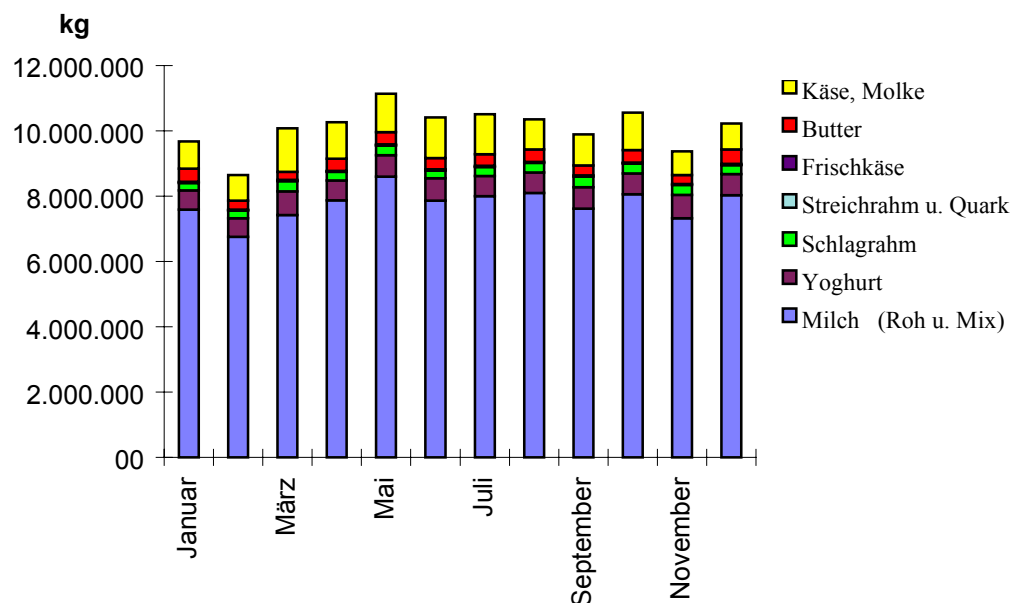
Von besonderer Bedeutung hinsichtlich des Energieverbrauches ist das Auslieferungskühllager. Es wird mit mehreren im Raum verteilten Ventilator-Luftkühlern temperiert.

Einen großen Einfluß auf den Kältebedarf und damit auf die Betriebskosten bei derartigen Kühllagern hat der Wärmedurchgangskoeffizient der umgebenden Gebäudehülle, da große Flächen für den Wärmeeintrag wirksam werden. Kälteverluste durch die Umfassung und die Begehung machen erfahrungsgemäß rund 50% des Kältebedarfs aus, der andere Teil wird durch innere Lasten verursacht.

4.4 *Produktion und Jahresenergiebedarf für das Referenzjahr 1999*

Die im Jahr 1999 monatlich hergestellten Milchprodukte sind in Bild 4.2 dargestellt. Die Produktionsdaten wurden den Unterlagen entnommen, die die Andechser Molkerei Scheitz GmbH zur Verfügung gestellt hatte.

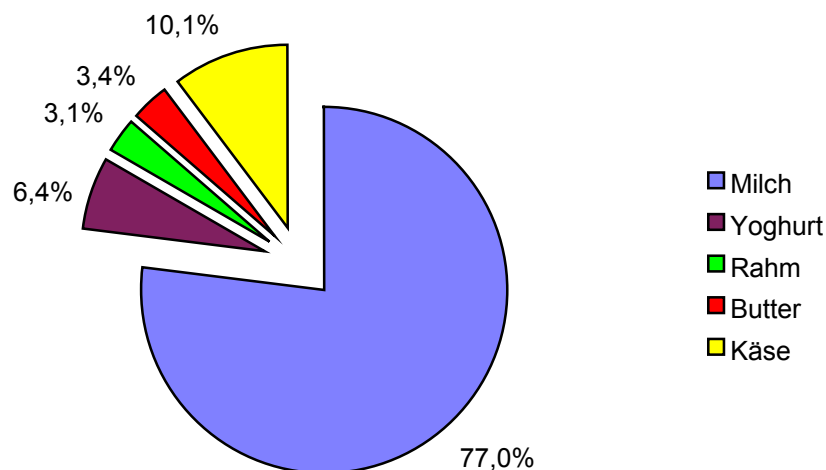
Bild 4.2: Produktion 1999



Aufgrund der vielfältigen Produktpalette wurden einzelne Produkte zu Gruppen zusammengefaßt. Schwerpunkt der Produktion im Jahr 1999 war die Herstellung von Konsum- und Milchlischerzeugnissen mit ca. 93.200 Tonnen. Die Herstellung von Käse hatte einen Anteil von ca. 10% (ca. 12.300 Tonnen) und die Joghurtfertigung einen Anteil von 6% (ca. 7.700 Tonnen) an der Gesamtproduktion. Bild 4.3 zeigt die Anteile der einzelnen Produktgruppen.

Bei einem Vergleich mit der verarbeiteten Rohmilchmenge ist zu berücksichtigen, daß an Wochenenden und Feiertagen lediglich die Milchannahme und -bearbeitung erfolgt.

Bild 4.3: Produktion 1999 aufgeteilt nach Produktgruppen

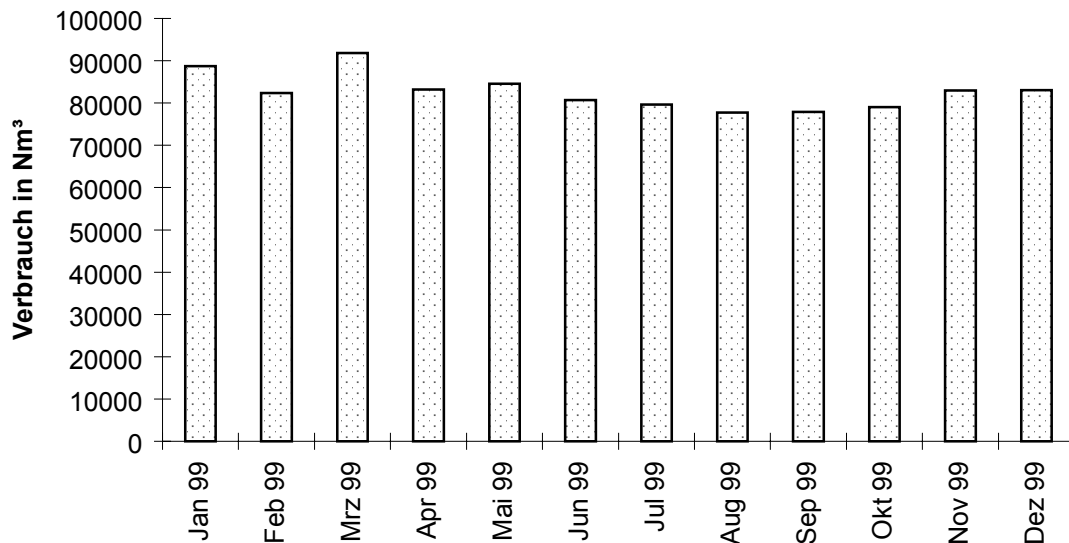


Der Energiebedarf bei der Milchverarbeitung hängt von folgenden Faktoren ab:

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

Gasverbrauch

Bild 4.4: Monatlicher Gasverbrauch im Jahr 1999



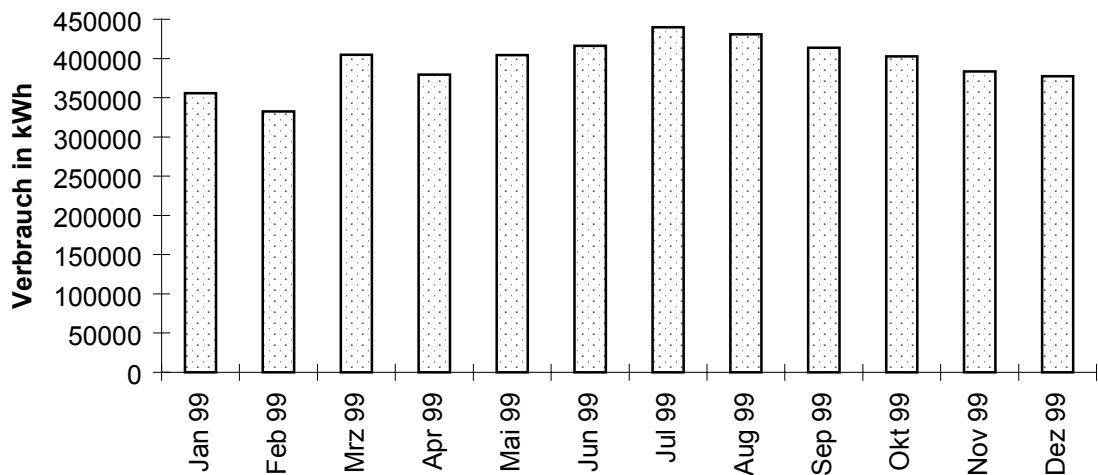
Der Gasverbrauch liegt in den Wintermonaten November bis April bei durchschnittlich ca. 87.000 Nm³/Monat, die benötigte Tagesmenge beträgt werktags ca. 3.300 Nm³/d und an Wochenenden/Feiertagen ca. 2.000 Nm³/d. In den Sommermonaten Mai bis Oktober liegt der durchschnittliche monatliche Gasverbrauch bei ca. 80.000 Nm³ und die Tagesmenge beträgt dann ca. 3.100 Nm³. Insbesondere in den Monaten Juli bis September 1999 ist der monatliche Gasverbrauch konstant.

Ein Vergleich der monatlichen Produktion mit den Monatswerten des Gasverbrauchs zeigt, daß der Gasverbrauch in den Wintermonaten vom Verlauf der Produktionsmenge abweicht.

Stromverbrauch

Der Jahresgang des Stromverbrauchs ist maßgeblich geprägt durch die Kälteerzeugung, deren Anteil am Stromverbrauch in den Sommermonaten nahezu 40% beträgt. Eine Abhängigkeit von der Produktionspalette ist kaum erkennbar.

Der durchschnittliche monatliche Stromverbrauch beträgt in den Sommermonaten ca. 420.000 kWh. In den Wintermonaten liegt der durchschnittliche monatliche Stromverbrauch trotz elektrischer Beheizung der Bürocontainer bei ca. 360.000 kWh.

Bild 4.5 Monatlicher Stromverbrauch 1999

Der Gas- und Elektroenergiebedarf einer Molkerei für die einzelnen Prozeßlinien ist sehr differenziert und von der Produktionsstruktur geprägt. Bezogen auf die im Jahr 1999 verarbeitete Rohmilchmenge von ca. 122.900 t ergibt sich für die Molkerei ein Gasverbrauch von 8,4 Nm³/t Rohmilch und ein Elektroenergiebedarf von 36 kWh/t Rohmilch.

Aus der Jahresenergiemenge Gas und Strom lassen sich die Anteile der verwendeten Energieträger ermitteln (siehe Bild 4.6). Unter Berücksichtigung des Normheizwertes von 31.736 kJ/m³ hatte Erdgas im Jahr 1999 einen Anteil von 65,5% am Endenergieverbrauch und Strom einen Anteil von 34,5%.

CO₂-Emissionen

Der Energieeinsatz führte zu CO₂-Emissionen von insgesamt 2.580 Tonnen für das Jahr 1999 (siehe Bild 4.6). Bei der Berechnung wurden die im Energiebericht Bayern [L 1] angegebenen Werte von 167 g CO₂ pro erzeugter kWh und für Erdgas von 200 g CO₂/kWh zugrundegelegt.

Bezogen auf den Bundesdeutschen Strommix von 648 g CO₂ pro erzeugter kWh (Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme, GEMIS, Version 3.0, 1997) ergeben sich weitaus höhere CO₂-Emissionen von insgesamt ca. 4.860 Tonnen für das Jahr 1999.

Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen, daß Gas im Vergleich zu anderen Brennstoffen als emissionsarm gilt.

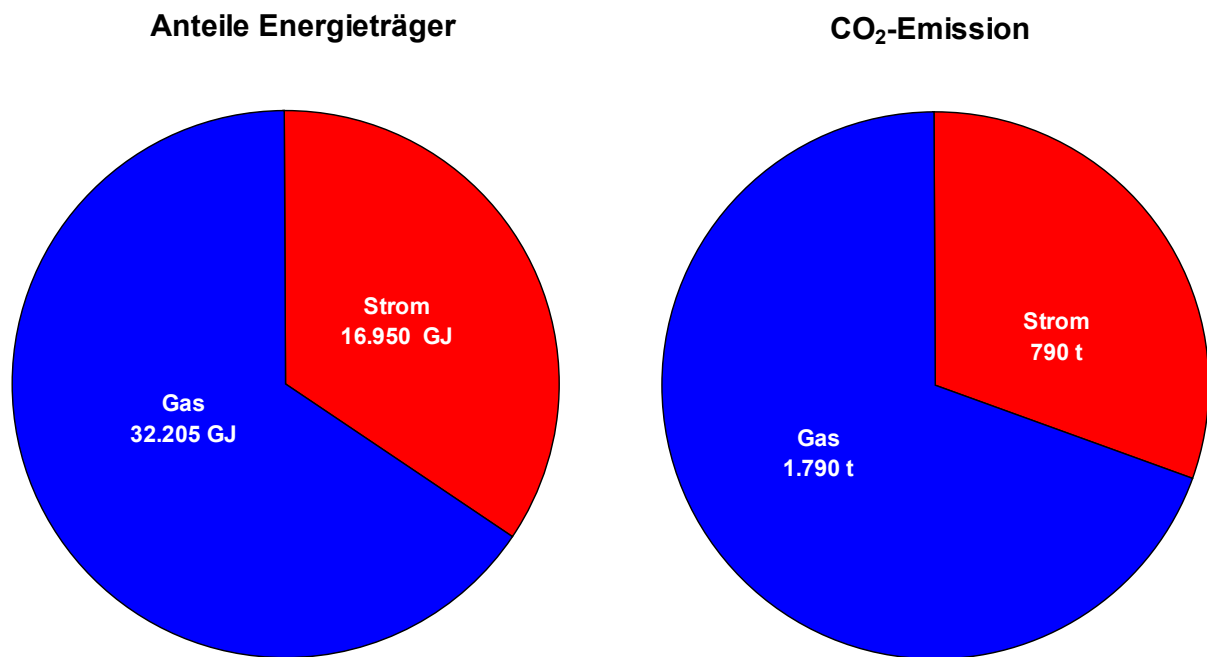


Bild 4.6: Anteile der Energieträger und der CO₂-Emissionen bezogen auf die Jahresenergiemenge

4.5 *Durchführung von Messungen zur Ermittlung produktspezifischer Kennzahlen*

Ziel der Messungen, die im Zeitraum vom 11.02. bis 18.02.00 vom Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik der Lebensmittelindustrie der TU München durchgeführt wurden, war die Analyse des Wärme- und Stromverbrauchs des Betriebs und die Ermittlung des spezifischen Energiebedarfs für die wichtigsten Produktgruppen (Milch, fermentierte Frischprodukte, Weichkäse, Schnittkäse).

Als problematisch stellte sich die Aufteilung des Wärmeverbrauchs auf die einzelnen Fertigungsschritte dar, da die Versorgung über ein zentrales Dampfnetz erfolgt. Um eine Analyse des Energieverbrauchs auf ein Produkt zu ermöglichen, mußten die Produktionsprozesse im Meßzeitraum entzerrt werden. Da sich der Produktionszyklus wiederholt, wurden die Messungen kontinuierlich nacheinander aufgenommen. Die einzige Ausnahme stellt die Messung der Kühlung der Reiferäume in der Käserei dar, die über eine Woche separat aufgezeichnet wurden.

Die einzelnen Messungen wurden als Momentaufnahme der jeweiligen Maschinenzustände in Form eines Abnahmeversuches im laufenden Betrieb durchgeführt. Es wurden die Meßwerte über einen Zeitraum von mindestens 2 Stunden im normalen Produktionsablauf erfaßt und gemittelt. Mit den erhaltenen Daten wurden die Energieverbräuche für die einzelnen Maschinen erarbeitet.

Die versorgungstechnischen Einrichtungen wurden hinsichtlich Verbrauch und angegebener Wirkungsgrade überprüft.

4.5.1 Produktion und Energieverbrauch während des Meßzeitraums

Auf den folgenden Seiten sind die spezifischen Energieverbräuche und Tageslastgänge für Gas- und Strom an ausgewählten Wochentagen aufgezeigt.

Der Gas- und Stromverbrauch bezogen auf die Rohmilchmenge für eine Woche des Meßzeitraums geht aus den Bilder 4.7 und 4.8 hervor. Die Rohmilchmenge schwankt zwischen 304.000 kg und 338.000 kg täglich. Die Verläufe des Gas- und Stromverbrauchs zeigen deutlich den Produktionszyklus an den Werktagen (Montag bis Donnerstag). Der Verbrauchsrückgang am Wochenende ist darauf zurückzuführen, daß Freitag bis Sonntag lediglich die Milchannahme und -bearbeitung erfolgt.

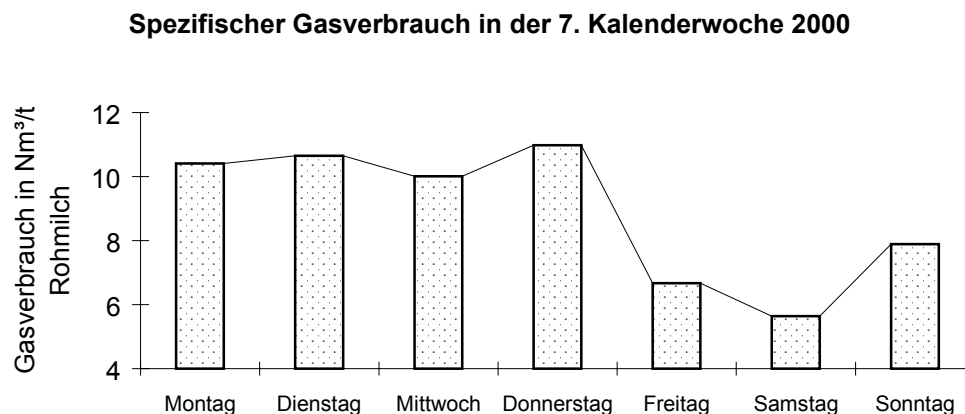
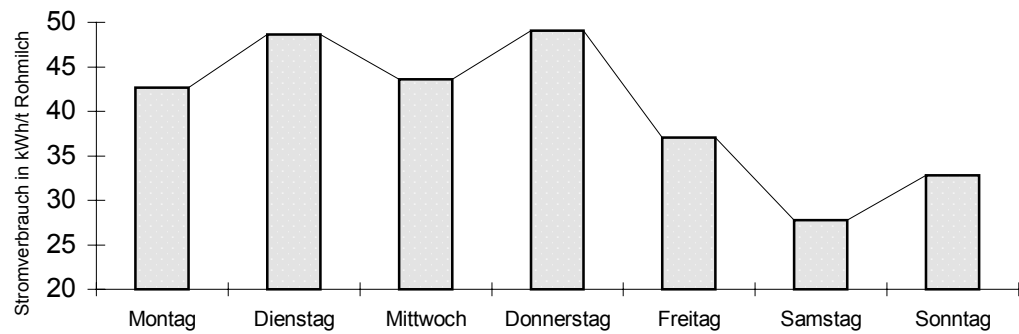
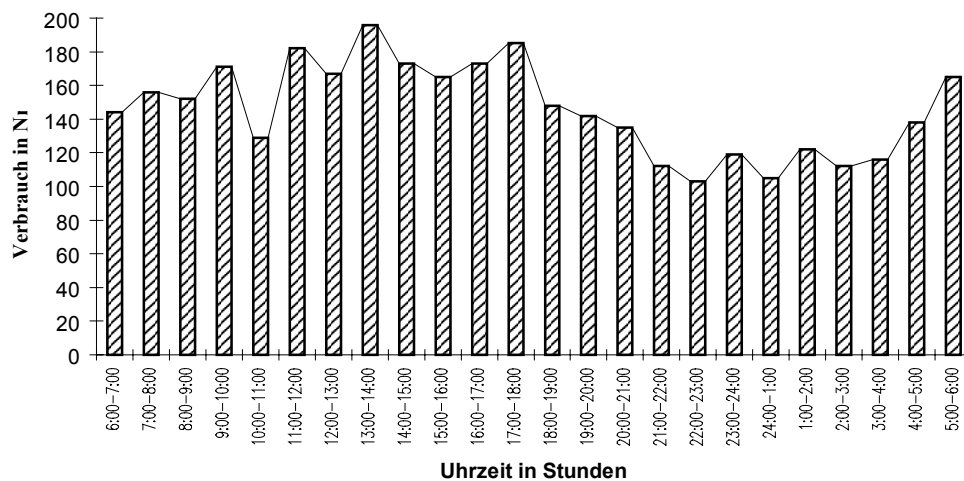
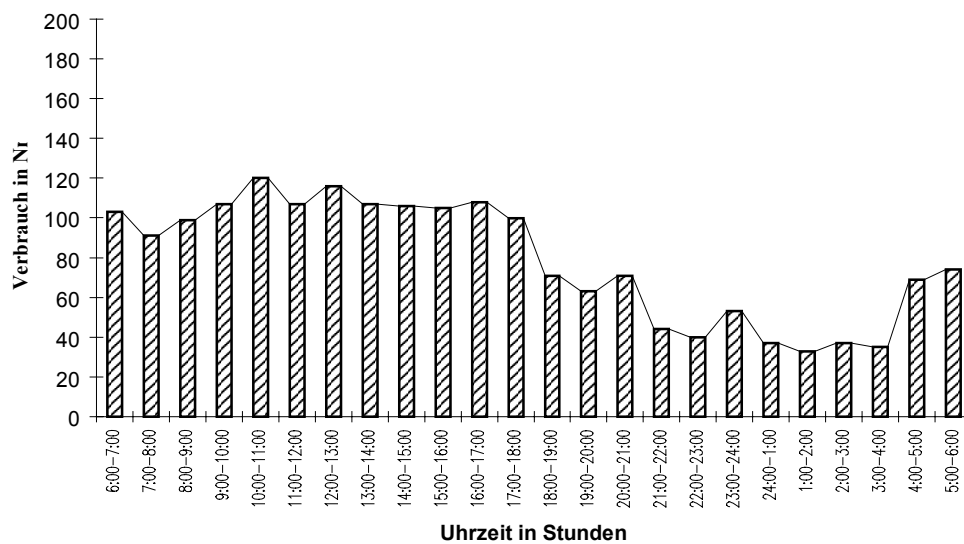


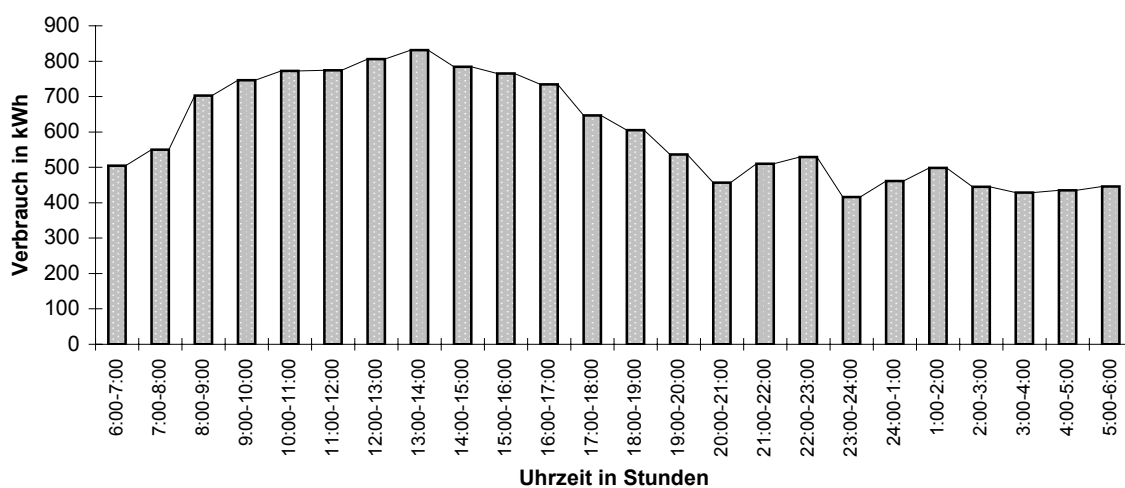
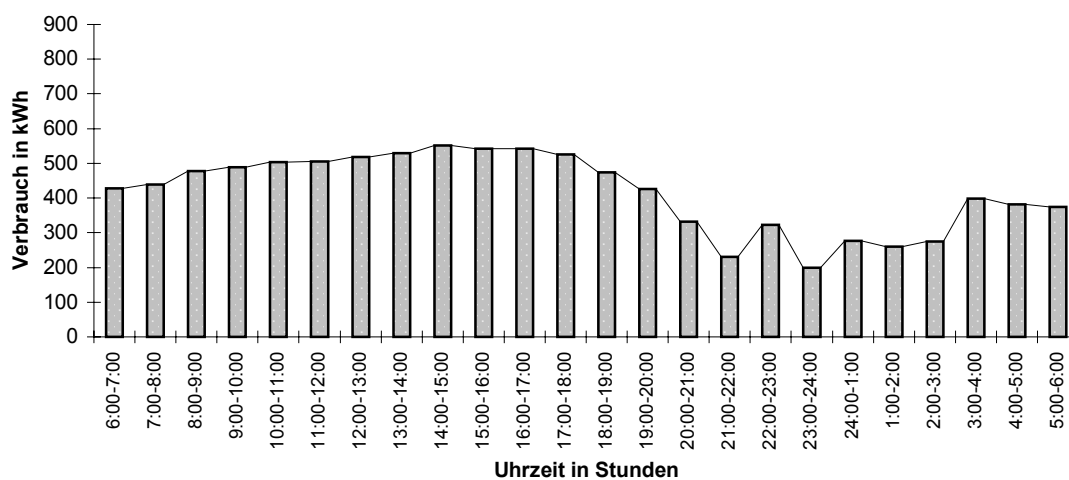
Bild 4.7: Spezifischer Gasverbrauch der 7. KW 2000

Die Lastgänge für ausgewählte Tage (Bild 4.9) zeigen, daß Lastspitzen beim Gasverbrauch in den Nachmittagsstunden von 13 bis 14 Uhr mit ca. 200 Nm³/h und von 17 bis 18 Uhr mit ca. 180 Nm³/h auftreten. Der Gasverbrauch am Wochenende ist deutlich geringer. Bemerkenswert ist der hohe Grundlastverbrauch in den Nachtstunden am Wochenende, der durch Reinigungsvorgänge und die Kesselgrundlast erklärbar ist.

Spezifischer Stromverbrauch in der 7. Kalenderwoche 2000**Bild 4.8:** Spezifischer Stromverbrauch der 7. KW 2000

Die Tageslastgänge des Stromverbrauchs für einen Tag zu Beginn der Woche und einen Tag des Wochenendes zeigt Bild 4.10. Werktags ist der stündliche Stromverbrauch in der Zeit von 8 bis 17 Uhr mit durchschnittlich 750 kWh am höchsten, die Lastspitze beim Stromverbrauch tritt von 13 bis 14 Uhr mit ca. 800 kWh auf. Der Verlauf des Stromverbrauchs am Wochenende ist von 6 bis 20 Uhr ziemlich konstant, die durchschnittlichen Verbrauchswerte liegen bei ca. 480 kWh und damit deutlich unter dem Verbrauch an Werktagen. Samstags erfolgt die Milchannahme bis ca. 18 Uhr. Die Grundlast an Strom ist am Wochenende und insbesondere in den Nachtstunden, gemessen am Tagesdurchschnitt, als hoch anzusehen. Verbraucher sind neben der Kälte- und Druckluftversorgung die Rührwerke und Pumpen sowie witterungsbedingt auch die Elektroheizung der Container.

Stündlicher Gasverbrauch von Montag, den 14.02.2000**Stündlicher Gasverbrauch von Samstag, den 19.02.2000****Bild 4.9:** Stündlicher Gasverbrauch an ausgewählten Tagen

Stündlicher Stromverbrauch vom Montag, den 20.03.2000**Stündlicher Stromverbrauch vom Samstag, den 18.03.2000****Bild 4.10:** Stündlicher Stromverbrauch an ausgewählten Tagen

4.5.2 Meßtechnik

Die für die Messung angewendeten Meßtechniken lassen sich wie folgt auflisten:

- Temperaturmessung mit Oberflächen- und Tauchthermometer (Thermoelemente NiCr-Ni-Thermometer)
- Durchflußmessung mit Ultraschallmeßgerät
- Durchflußmessung durch Auslitern des Kondensats der betrachteten Maschinen
- Messung der elektrischen Leistung mit Strommeßzange
- Messung der Luftgeschwindigkeit mit einem Flügelradanemometer
- Messung der Feuchte mit kapazitivem Verfahren

4.5.3 Ergebnisse der Messungen

Die Ergebnisse der Messungen lassen sich, bezogen auf die Versorgungstechnik, die Produktionstechnik sowie die Verpackungs- und Reinigungsanlagen, wie folgt zusammenfassen.

4.5.3.1 Energieversorgung

Die Überprüfung der versorgungstechnischen Einrichtungen ergab:

- Der bestimmte Wirkungsgrad des Kessels liegt nahe dem theoretischen Wirkungsgrad. Vermutete Probleme mit der Brenneinstellung konnten nicht bestätigt werden. Bei der Überprüfung des Kessels wurden die zugeführte Menge und die Temperatur des Speisewassers, der Verbrauch an Gas, die Abgastemperatur und die CO₂-Konzentration im Abgas sowie die produzierte Dampfmenge aufgenommen.
- Bei der Drucklufterzeugung bzw. beim Druckluftnetz wurden bei Stichproben hohe Stillstandsverluste festgestellt. Die Messungen wurden an einer Kompressoreinheit, die auf einen Druckbehälter liefert, an verschiedenen Wochenenden nach Beendigung der Arbeiten in der Milchannahme durchgeführt.

Eine Lokalisierung der möglichen Leckagen ist nach Angaben der Betriebsleitung sehr schwierig, da die Leitungen und Schläuche schwer zugänglich sind und an einer Vielzahl von Ventilen diffuse Verluste auftreten. Eine regelmäßige Inspektion des Leitungssystems wird aus vorgenannten Gründen nicht durchgeführt, sondern ein Austausch, z.B. von Steuerschläuchen, wird im Bedarfsfall vorgenommen.

- Die elektrische Leistungsaufnahme großer elektrischer Verbraucher wurde überprüft. Es konnte festgestellt werden, daß für die Bilanzierung mit den angegebenen Nennleistungen gerechnet werden kann. So wurden u. a. die Kompressoren der Kälteanlagen als große Stromverbraucher bestimmt. Die anderen Kälteanlagen waren auf Grund der niedrigen Temperaturen im Meßzeitraum nicht in Betrieb.

4.5.3.2 Produktion

Die Energieverbräuche wurden für

- die Milchannahme und -bearbeitung (Milcherhitzer 1 und 2)
- den Rahm- und Schlagrahmerhitzer
- den Joghurtherhitzer
- die Butterungsanlage
- den Käsefermenter

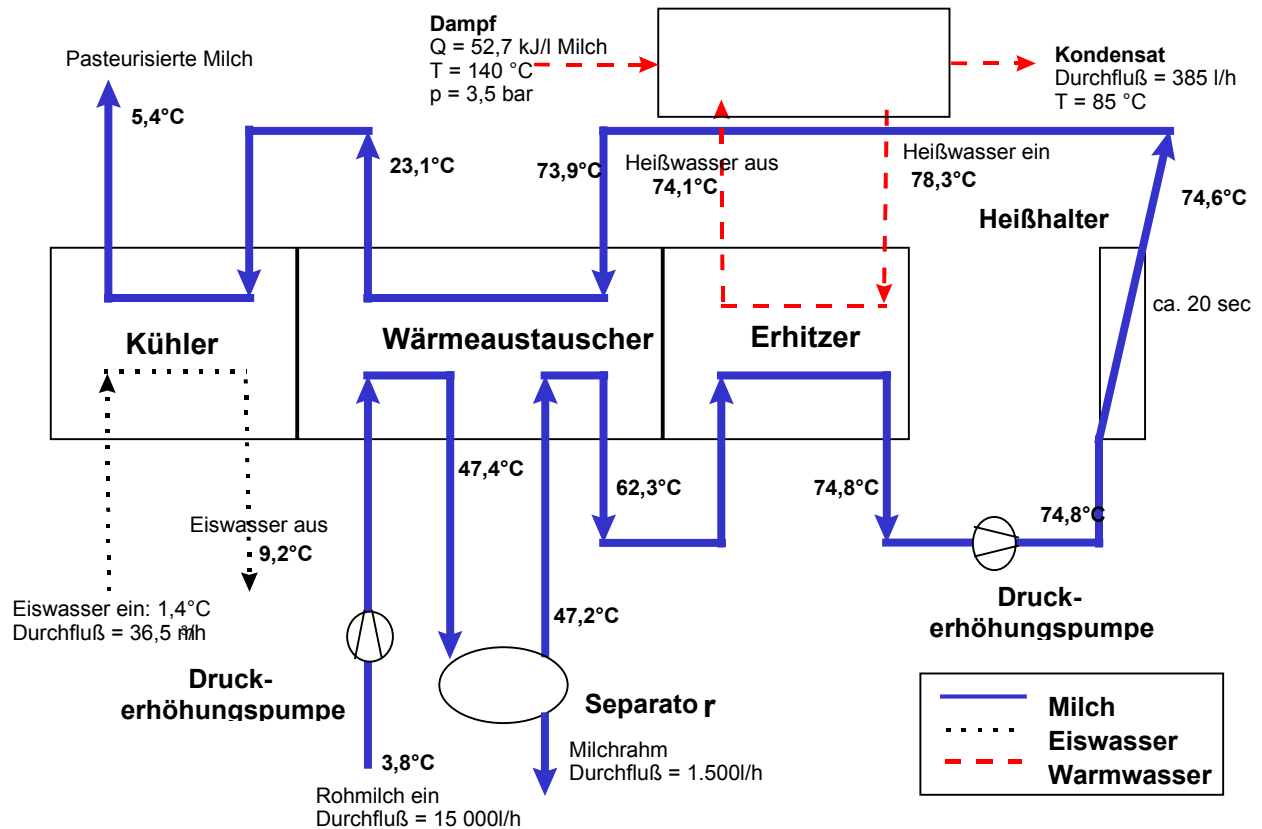
sowie für die Produktion von Streichrahm, Frischkäse ermittelt.

Milchannahme und -bearbeitung

Das Ablaufschema der Milchbearbeitung ist in Bild 4.11 für den Milcherhitzer 1 dargestellt und gilt bis auf geringe Unterschiede auch für die anderen Erhitzereinheiten.

Zum Zeitpunkt der Messung wurde die Rohmilch aus den Rohmilchtanks mit einer Temperatur $T_{\text{Milch, ein}} = 3,8^\circ\text{C}$ und einem Durchfluß von 15.000 l/h gefördert. Dann wird sie im Gegenstrom zur heißgehaltenen Milch in einen Wärmetauscher geführt und ein erstes Mal erwärmt auf eine Temperatur von $T = 47,4^\circ\text{C}$. Im Separator wird das Fett bzw. der Rahm von der Milch getrennt. Die entrahmte Milch wird je nach Verwendungszweck auf einen bestimmten Fettgehalt eingestellt. Der Milchrahm mit einem Durchfluß von ca. 10 % des Milchvolumenstroms gelangt zur Lagerung oder zur weiteren Verarbeitung.

Nach dem Separator wird die Magermilch erneut in einen Wärmetauscher eingebracht und mit der heißen Milch auf eine Temperatur von $T = 62,3^\circ\text{C}$ erwärmt. Erst in der letzten Stufe wird die Milch mit einem Warmwassersystem auf eine Temperatur von $T = 74,8^\circ\text{C}$ erhitzt. Die Erhitzung erfolgt mit Warmwasser, um eine unerwünschte Reaktion der Milch durch eine direkte Einwirkung des Dampfs auszuschließen. Die auf $74,8^\circ\text{C}$ erhitzte Milch wird mit einer Druckerhöhungspumpe in eine Heißhaltestrecke geführt, so daß über eine Zeit von ca. 20 s die gewünschte Pasteurisationstemperatur von ca. 75°C gehalten werden kann. Nach der Heißhaltestrecke wird die heiße Milch im Gegenstrom zur Erwärmung der eingehenden Rohmilch verwendet. Da eine komplette Abkühlung nicht möglich ist, wird die pasteurisierte Milch in einem abschließenden Schritt mit Eiswasser auf die Lagertemperatur von $5,4^\circ\text{C}$ gekühlt.


Bild 4.11 Ablaufschema Milcherhitzer 1

Das Heizmedium Dampf tritt mit einer Temperatur $T_{\text{Dampf}} = 140,5 \text{ °C}$ und 3,5 bar in den Wärmetauscher ein. Das Kondensat läuft mit $T_{\text{Kondensat}} = 80,3 \text{ °C}$ in den Kondensatsammelbehälter. Die Messung der Kondensatmengen erfolgte an der Kondensatleitung, welche aus dem Kondensatsammelbehälter abgeht.

Die Milchkühler werden zur Abkühlung der Milch verwendet, die nach dem Durchlaufen der Wärmetauscherpakete noch nicht auf die Lagerungstemperatur gebracht wurde. Dabei tritt ein Eiswasserdurchsatz von 36 500 l Eiswasser/h auf. Das eintretende Eiswasser hat eine mittlere Temperatur von $T_{\text{Eiswasser, ein}} = 1,4 \text{ °C}$ und verläßt den Wärmetauscher mit einer Austrittstemperatur $T_{\text{Eiswasser, aus}} = 9,2 \text{ °C}$.

Als spezifischer Wärme- und Kältebedarf wurden ermittelt:

Anlage	Spezifischer Energiebedarf
Milcherhitzer 1	52,7 kJ/l Milch
Milchkühler 1	84,6 kJ/l Milch
Milcherhitzer 2	60,4 kJ/l Milch
Milchkühler 2	98,8 kJ/l Milch
Rahmerhitzer	131,4 kJ/l Rahm
Schlagrahmerhitzer	55,8 kJ/l Schlagrahm
Schlagrahmkühler	65,7 kJ/l Schlagrahm
Joghurtherhitzer	78 kJ/l Joghurt

Tabelle 4.5: Spezifischer Energiebedarf für Erhitzungs- und Kühlungsschritte

Die unterschiedlichen Werte bei den Milcherhitzern und -kühlern ergeben sich durch die unterschiedliche Fahrweise (Durchsatz, Temperaturen) zu den Meßzeitpunkten, aber auch durch geringe Differenzen in den ermittelten Kühlerwirkungsgraden.

Die an den Wärmetauschern im Maschinenraum angegebenen Wirkungsgrade konnten meßtechnisch bestätigt werden.

Die großen elektrischen Verbraucher der Milchannahme sind die Separatoren und die Pumpen. Die Milchannahmepumpen fördern die ankommende Milch in die Rohmilchvorrattank. Aus diesen wird die Milch den Milcherhitzern zugeführt. Die Separatoren dienen der Auftrennung der Magermilch und des Rahms, so daß eine getrennte Erhitzung der Komponenten vorgenommen werden kann. Die Baktofuge hat die Aufgabe, die Milch zu entkeimen. Als letzter Stromverbraucher der Milchannahme und -bearbeitung ist der Joghurtherhomogenisator zu nennen. Durch diesen werden die Inhaltsstoffe der Joghurtmasse nach der Erhitzung gleichmäßig verteilt.

	Spezifischer Elektroenergiebedarf
Milchannahmepumpe 1	23.279 kJ/h
Milchannahmepumpe 2	21.616 kJ/h
Baktofuge	98.436 kJ/h
Milchseparator 1	4,2 kJ/l Milch
Milchseparator 2	4,4 kJ/l Milch
Schlagrahmpumpen	24,8 kJ/l Schlagrahm
Joghurthomogenisator	5,3 kJ/l Joghurt

Tabelle 4.6: Spezifischer Elektroenergiebedarf für die Milchbearbeitung

Butterungsanlage

Der Prozeß der Butterbereitung ist in Bild 4.12 dargestellt. Der Rahm wird mit einer Temperatur $T_{\text{Rahm}} = 6^\circ\text{C}$ aus dem Reifungstank mittels einer Pumpe in die Buttereie gepumpt. Der Rahm durchläuft mit einem Durchfluß von 2.300 l/h eine Vorwärmstufe. Diese wird mit Warmwasser beheizt, um ein Anbacken des Rahms im Wärmetauscher zu vermeiden.

Der Wärmeverbrauch wird über die benötigte Energie berechnet. Die Kondensatmenge für die Bereitstellung der Wärmeenergie wurde am Dampf-Wasser-Wärmeüberträger mit dem Ultraschalldurchflußmeßgerät bestimmt. Der eintretende Heizdampf hat eine Temperatur von $110,2^\circ\text{C}$, das abgehende Kondensat eine Temperatur $T_{\text{Kondensat}} = 90,5^\circ\text{C}$. Der Rahm verläßt den Wärmetauscher mit einer Temperatur von $T_{\text{Buttermaschine, ein}} = 12,9^\circ\text{C}$ und wird in die Butterungsmaschine gepumpt, mit Eiswasser gekühlt und durch ein Rührwerk in Butter umgewandelt. Das Eiswasser hat eine Eintritttemperatur $T_{\text{Eiswasser, ein}} = 0,3^\circ\text{C}$ und tritt mit $T_{\text{Eiswasser, aus}} = 7,1^\circ\text{C}$ aus der Maschine aus. Die Produktion benötigt einen Volumenstrom von 18m^3 Eiswasser/h

Die feste Butter wird nun der Portionierung und anschließend der Verpackung zugeführt.

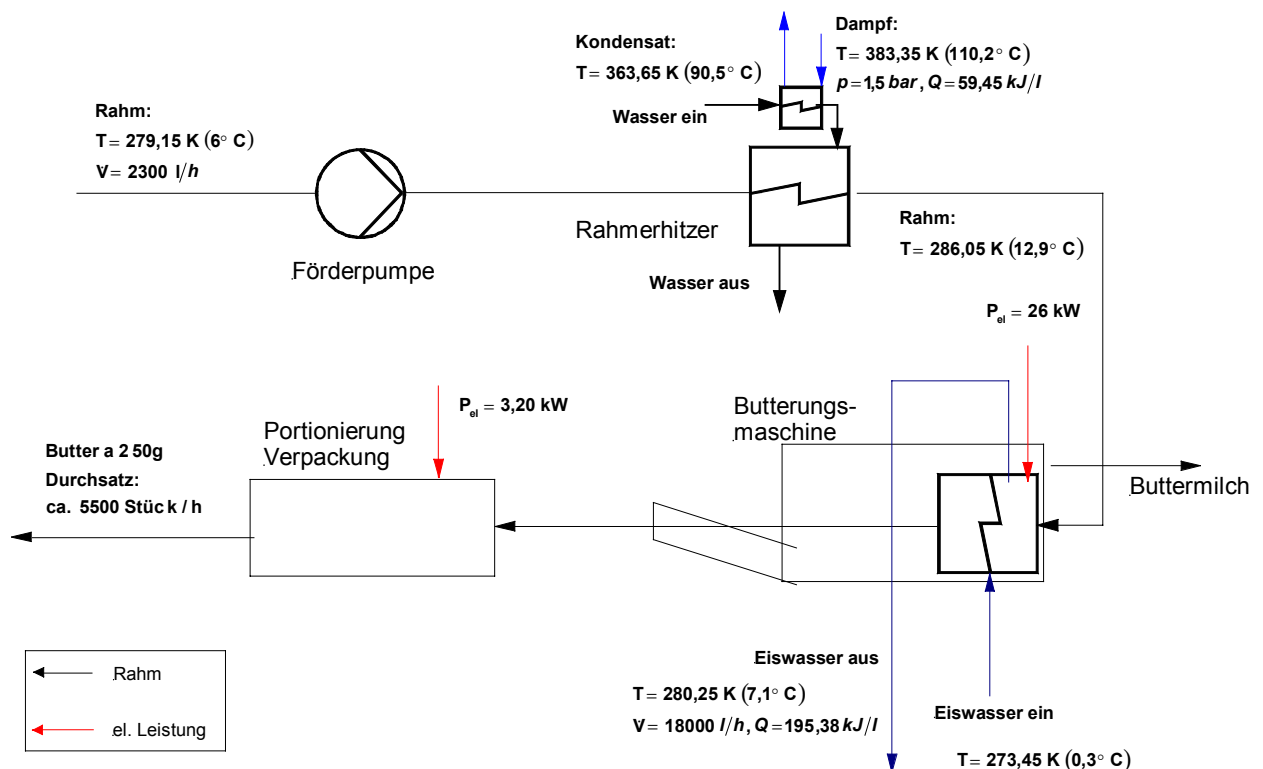


Bild 4.12 Ablaufschema der Buttereire

Die Verbrauchswerte lassen sich wie folgt auflisten:

- Wärme: Spezifischer Energiebedarf: 58,92 kJ/ l Rahm
- Strom: Spezifischer Energiebedarf: 40,70 kJ/ l Rahm
- Strom Verpackung: Spezifischer Energiebedarf: 5,00 kJ/ l Rahm
- Kühlung: Spezifischer Energiebedarf: 195,38 kJ/ l Rahm

Der Wärmetauscher der Vorwärmung hat einen relativ schlechten Wirkungsgrad (berechnet ca. 50%). Eine genauere Betrachtung sollte durchgeführt werden.

Käsefermenter

Im großen Käsefermenter wird nur Weichkäse produziert. Es werden pro Charge 14.000 l verarbeitet. Die Milch wird im Fermenter gerührt und mit Fermentationslab versetzt. Um die Fermentationstemperatur zu erreichen wird der doppelwandige Behälter mit Heizdampf erwärmt. Die Produktionsmenge wird in 20 min von 31°C auf 39°C aufgeheizt. Zur Messung der Kondensatmenge wurde das abgekühlte Kondensat ausgelitert. Der Heizdampf tritt mit einer Temperatur $T_{\text{Dampf}} = 140^\circ\text{C}$ und 3,5 bar in die Heizkanäle des

Fermenters ein. Das Kondensat wird nach dem Austritt aus der Anlage von $T = 86,7^{\circ}\text{C}$ auf $T = 23,4^{\circ}\text{C}$ abgekühlt.

Das Rührwerk des Fermenters ist kontinuierlich in Betrieb. Nach Beendigung des Fermentationsprozesses wird der Käsebruch in die Formen eingebracht. Bevor er der Reifung unterzogen wird, wird der Käsebruch durch Abpressen in der Preßwanne entwässert.

Die Verbrauchswerte lassen sich wie folgt auflisten:

- Wärme: Spezifischer Energiebedarf: 39,60 kJ/ l
- Strom: Spezifischer Energiebedarf: 0,59 kJ/ l

Die Kühlung für die Salzlake der Reifungsräume wurde im betrachteten Zeitraum nicht benötigt und war außer Betrieb.

Streichrahm

Die Produktion des Streichrahms erfolgt nur einmal pro Woche. Dabei wird der Rahm in einen Fermenter mit Rührwerk eingebracht und mit den Zutaten versetzt. Ist die Mischung der Einzelkomponenten erreicht, wird der Streichrahm in einen anderen Tank gepumpt, wobei er über einen Wärmetauscher auf die gewünschte Temperatur von $39,7^{\circ}\text{C}$ erwärmt wird. Der eintretende Dampf hat eine Temperatur von $129,7^{\circ}\text{C}$ und das austretende Kondensat eine Temperatur von $96,4^{\circ}\text{C}$. Es wurde über einen Plattenwärmetauscher mit Frischwasser auf $25,2^{\circ}\text{C}$ abgekühlt und ausgelitert. Daraus ergeben sich die folgenden Ergebnisse:

- Wärme: Spezifischer Energiebedarf: 47,64 kJ/ l
- Strom: Spezifischer Energiebedarf: 1,49 kJ/ l

Frischkäserei

Die Produktion der Frischkäse erfolgt von Montag bis Freitag. Dabei wird die Milch in einen großen offenen Fermentationsbehälter gegeben. Die Milch wird aus dem Tank über einen Wärmetauscher geführt und so von $7,3^{\circ}\text{C}$ auf $22,6^{\circ}\text{C}$ erwärmt. In die erwärmte Milch wird das Lab zur Fermentation zugegeben. Der Wärmetauscher ist ebenfalls mit Heißwasser beheizt, um einen direkten Kontakt der Milch mit Heizdampf zu vermeiden, da es sonst zu Anbackreaktionen kommen kann. Der Kondensatdurchfluß wurde mit einem Ultraschallmeßgerät gemessen. Der Heizdampf tritt mit einer Temperatur von $T = 100,2^{\circ}\text{C}$ in den Wärmetauscher ein, und verläßt ihn als Kondensat mit $T = 54,5^{\circ}\text{C}$.

Ist die Mischung der Einzelkomponenten erreicht, wird der Frischkäse in einen anderen Tank gepumpt, wobei er über einen Wärmetauscher auf die gewünschte Temperatur von 39,7°C erwärmt wird. Der eintretende Dampf hat eine Temperatur von 129,7°C und das austretende Kondensat eine Temperatur von 96,4°C. Der Wärmetauscher hat einen sehr guten Wirkungsgrad von 91%. Die Menge, die in das Fermentationsgefäß eingebracht wird, beträgt ca. 3600 l Milch/Charge. Die Befüllung des Gefäßes mit Milch dauert ca. 23 min. Daraus ergeben sich die folgenden Ergebnisse:

- Wärme: Spezifischer Energiebedarf: 61,22 kJ/ l

4.5.3.3 Verpackungs- und Reinigungsanlagen

Neben der Fertigung sind die Verpackungs- und Reinigungsanlagen in einer Molkerei von besonderem energietechnischen Interesse.

Abfüllung und Verpackung

Die Verpackungen von Frischmilch gliederten sich in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1998 wie folgt [L 2]:

Karton	69%
Mehrwegflaschen	17%
Schlauchbeutel	13%
Sonstiges	1%

Tabelle 4.7: Verpackungen von Frischmilch

In der Andechser Molkerei Scheitz GmbH wird die Frischmilch in Karton (Milchtüten), Mehrwegflaschen und in Eimern abgefüllt.

Milchtüten-Packmaschine (Elopak)

Bei der Abfüllung von Milch oder Buttermilch im Elopak wird das Produkt in Kartonagen abgefüllt. Die Maschine besitzt zwei parallel angeordnete Aufgabevorrichtungen, in welche die Kartonagen eingebracht werden. Die Kartonagen werden im folgenden in der Maschine aufgefaltet und mit dem Produkt befüllt. Im nächsten Schritt werden die Tüten mit Hilfe einer elektrischen Heizvorrichtung verschweißt und mit einem Drucker etikettiert. Über Förderbänder werden die gefüllten Tüten der Verpackungsanlage zugeführt. Das

System bläst die erwärmte Luft der Verschweißeinrichtung über einen konisch zulaufenden Abluftkamin in die Produktionshalle. Der Abluftkamin über der Maschine hat einen Öffnungsdurchmesser von 0,5 m.

Die Messungen wurden bei der Abfüllung von 0,5 l-Tüten durchgeführt, wobei 9.600 Tüten/h verarbeitet wurden. Der spezifische Energiebedarf wurde zu 25,1 kJ/Tüte ermittelt.

Die Abluft tritt mit 54,5°C und 12,8 % Feuchte mit einer mittleren Geschwindigkeit von 1,2 m/s aus dem Kamin aus. Der Volumenstrom wurde zu 847,8 m³/h und die enthaltene Energie zu 73277,19 kJ/h bestimmt. Dies ergibt eine Abwärmeleistung von 20,35 kW.

Milchabfüllung in Flaschen und Eimern

Bei der Milchabfüllung in Flaschen und Eimern ist neben dem elektrischen Energieverbrauch für die Abfülleinrichtungen (Abfüller, Etikettierer, Verpacker) insbesondere die für die Reinigung der Gebinde notwendige Wärme zu berücksichtigen. Die Darstellung des spezifischen Energieverbrauchs der Milchabfüllung erfolgt in Kap. 4.5.4.

Reinigung, Sterilisation

Von der Reinigung und Desinfektion der Maschinen, Apparate, Geräte, Anlagen, Prozeßlinien und Arbeitsräume hängt entscheidend die Sicherheit der hygienischen Produktqualität ab.

Für Reinigungsvorgänge stehen in der Andechser Molkerei Scheitz GmbH CIP-Anlagen und Waschmaschinen zur Verfügung.

CIP-Anlage

In den CIP-Anlagen (zentrale CIP-Anlage, CIP Reinigung für Milchlaster, CIP-Käserei) werden kontinuierlich Reinigungslösungen im Kreislauf gefahren. Es wird Heizenergie benötigt, um die Reinigungslauge auf eine Temperatur von ca. 63°C zu bringen. Die Messung an den CIP-Anlagen für einen Reinigungsvorgang ergab folgende Wärmeverbräuche:

- CIP-Anlage (zentral): Energiebedarf 1.059.477 kJ (ca. 294 kW)
- CIP-Anlage Käserei: Energiebedarf 200.807 kJ (ca. 56 kW)
- CIP-Anlage Milchlaster: Energiebedarf 160.358 kJ (ca. 44,5 kW)

Waschmaschinen

Neben der Glaswaschmaschine (Typ Sirio 8-12, Baujahr 1997), Hersteller MAG Schymansky GmbH, Offenbach/Pfalz, gibt es noch eine Eimerwaschmaschine, Hersteller Miroromatic GmbH, Egg an der Günz (Baujahr 1996). Der Wärmeverbrauch für Reinigungsvorgänge wurde durch Auslitern des Kondensats bestimmt.

Die Flaschen- und Glasbecher-Reinigungsmaschine wird mit Sattdampf beheizt und hat 12 Flaschenkörbe an einem Korbträger. Die Anlage wurde während der Messung mit einem Durchsatz von 6940 Flaschen pro Stunde betrieben. Es wurde ein Wärmebedarf von 90,5 kJ/ Flasche und ein Strombedarf von 13,07 kJ/ Flasche ermittelt. In der einschlägigen Literatur werden Wärmeverbrauchswerte von 30 bis 50 kJ/Fl. [L 6] angegeben.

Ein Grund für die vergleichsweise hohen Verbrauchswerte ist in der Größe der Maschine zu sehen. Der spezifische Wärmeverbrauch ist bei kleineren Maschinen größer als bei Maschinen mit einer großen Ausbringungsmenge. Es ist ferner zu berücksichtigen, daß die Maschine nicht vollisoliert ist, sondern nur eine Teilisolierung besitzt. Durch die Abstrahlung an den Wänden der Maschine kommt es zu einem Energieverlust, der bezogen auf das Raum- / Flächenverhältnis bei kleineren Maschinen höher ist. Die Verluste können bei unisolierten Maschinen im Vergleich zu vollisolierten Anlagen 5 bis 20 % der Heizleistung ausmachen [L 6].

Als weitere Ursachen für die hohen Verbrauchswerte kommen in Betracht:

- Fehlen eines Rekuperators.

Mit Rekuperatoren wird in modernen Reinigungsanlagen in der Getränkeindustrie Energie zurückgewonnen. Dabei werden 2 Medien gegeneinander in einem Wärmetauscher geführt. Es wird die Energie der Spritzlauge zurückgewonnen und auf die letzte Vorweichzone übertragen. Mit Hilfe des Rekuperators können 15 bis 25 % der Heizleistung zurückgewonnen werden [L 6]. Die Nachrüstung der Maschine mit einem Rekuperator ist zu überdenken.

- Auslegung des Wärmetauschers für die Wärmezufuhr der Maschine.

Im Rahmen der durchgeführten Messungen wurde festgestellt, daß der Dampf nicht vollständig auskondensiert war, sondern noch Dampf über die Kondensatleitung abgeblasen wurde. Ein Grund für diesen Effekt kann ein defekter Kondensatabscheider in der Leitung sein.

- Verschmutzung der Oberfläche des Wärmetauschers.

Die Verschmutzung ist auf zerfaserte Etiketten in der Reinigungslauge und etwaige Wasserinhaltsstoffe wie Karbonat und Hydrogencarbonat zurückzuführen. Ist die Standzeit der Reinigungslauge sehr hoch, ist ein verstärkter Verschmutzungsgrad erkennbar [L 6]. Da die Reinigungsmaschine von Sonntag Abend bis Freitag Vormittag durchgehend ohne Absetzung der Reinigungslauge durchgefahren wird, kann eine Belagbildung auf dem Wärmetauscher auftreten. Ein Indiz für eine Verschmutzung des

Wärmetauschers ist auch die starke Versteinung der Maschine im Bereich der Flaschenkörbe. Die chemische Entsteinung sollte wiederholt durchgeführt und stärker in die Instandhaltungsarbeiten der Maschine integriert werden.

- Frischwasserverbrauch.

In der Flaschenreinigungsmaschine wird die Wasserversorgung ausschließlich mit der Frischwasserzufuhr geregelt. Das Frischwasser wird im Gegenstrom zu den Flaschen geführt und in den einzelnen Zonen der Spritzungen erwärmt. Es besteht somit ein direkter Zusammenhang zwischen Frischwasserdurchsatz und benötigter Heizleistung. Die Überprüfung des Frischwasserverbrauchs konnte an der Maschine wegen einer defekten Wasseruhr nicht durchgeführt werden. Nach einer Instandsetzung der Meßsensoren sollte diese allerdings nachgeholt werden. In der Literatur werden Verbrauchswerte von 150 – 400 ml / Flasche angegeben [L 6].

Die Abluft der Glaswaschmaschine tritt mit 56°C und 100% Luftfeuchte über den Kamin aus der Produktion aus. Es werden somit 30 kW ausgetragen. Eine Nutzung zu Vorwärm- oder Aufheizungszwecken sollte angedacht werden.

Die Eimerwaschmaschine wird direkt mit Dampf beheizt. Die Anlage wurde während der Messungen mit einem Durchsatz von 750 Eimern/h gefahren. Es wurde ein Wärmebedarf von 276,5 kJ/ Eimer und ein Strombedarf von 44,3 kJ/ Eimer ermittelt. Der Energiebedarf für das Aufheizen ist durch die direkte Bedampfung relativ hoch. Eine indirekte Wassererwärmung würde zur einer Verminderung der Verluste (durch Ausdampfung) führen.

Sterilisation

Die Glasbecher für die Joghurtbefüllung und die dazugehörigen Deckel werden nach der Reinigung einer Sterilisation mit Dampf unterzogen. Dies ist ein in der Molkereitechnik übliches Verfahren.

Bei der Bedampfung der Gläser in der Glasfüllerei wird das Kondensat nicht aufgefangen und die nicht auskondensierten Schwaden treten in die Produktionshalle aus. Dies führt zu einem verstärkten Dampfverbrauch und erhöht zudem die Gefahr einer Kontamination durch Mikroorganismen. Bei der Dämpfung der Deckel wird ebenfalls Sattedampf über einen Kamin in die Umgebung gefördert. Bei Temperaturen um 80°C entspricht dies einer Energie von ca. 100 kW. Diese Abluft kann auf diesem Energieniveau zur Aufheizung anderer Prozesse genutzt werden. Zudem sollte eine Bedarfsanalyse durchgeführt werden, um feststellen zu können, ob eine solche Menge Dampf für die Sterilisation nötig ist.

Auch die Machbarkeit einer anderen Sterilisierungsmethode, z. B. mittels UV-Licht, sollte untersucht werden.

Bei der Sterilisation der stehenden Tanks wird ebenfalls Dampf verwendet. Zur Bestimmung der eingesetzten Menge wurde die Kondensatleitung geöffnet und die abgehende Kondensatmenge nach Abkühlung ausgelitert. Der Tank wird während der Sterilisation in

25 min von 14°C auf 95°C aufgeheizt. Es wurde eine Wärmemenge von 35.932 kJ/Sterilisation ermittelt, dies entspricht einer Leistung von ca. 10 kW.

4.5.4 Spezifische Energieverbräuche für einzelne Produkte

Auf der Basis der Meßergebnisse läßt sich der benötigte Energieverbrauch für die einzelnen Produktionsschritte ermitteln.

Das Bild 4.13 zeigt die Aufteilung der Wärmeenergie auf die einzelnen Produktschritte. Es ist zu berücksichtigen, daß die Messungen im Wintermonat Februar stattfanden und die Meßwerte lediglich eine Augenblicksaufnahme liefern. Die Ergebnisse sind somit nur bedingt auf das Gesamtjahr übertragbar.

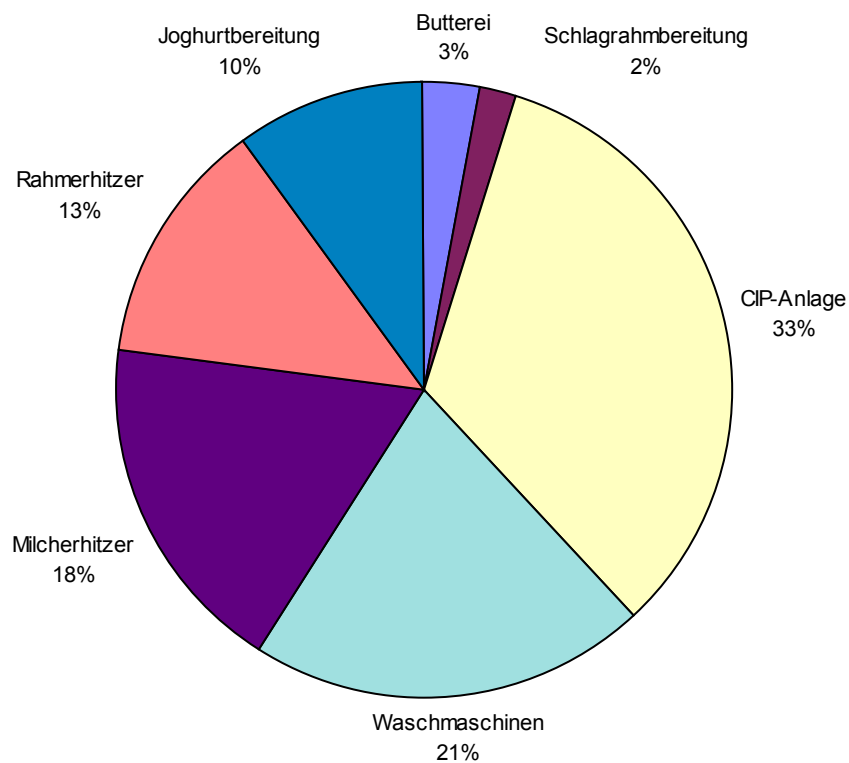


Bild 4.13: Aufteilung der Wärmeenergie auf einzelne Produktionsschritte

Der Stromverbrauch für verschiedene Gebinde bei der Frischmilch- und der Joghurtabfüllung ist auf den folgenden Bildern 4.14 bis 4.17 dargestellt. Dabei wurden die Anteile der Milchannahme/-bereitung, der Reinigung sowie der Abfüllung und der Verpackung berücksichtigt.

Stromverbrauch für verschiedene Gebinde bei der Milchabfüllung

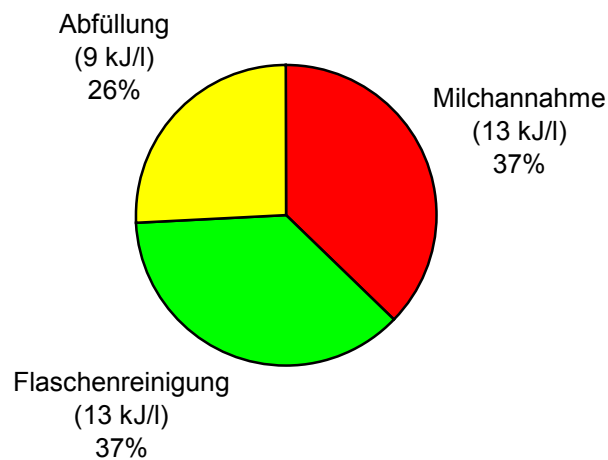


Bild 4.14 Verteilung Stromverbrauch bei der Milchflasche (35 kJ/l)

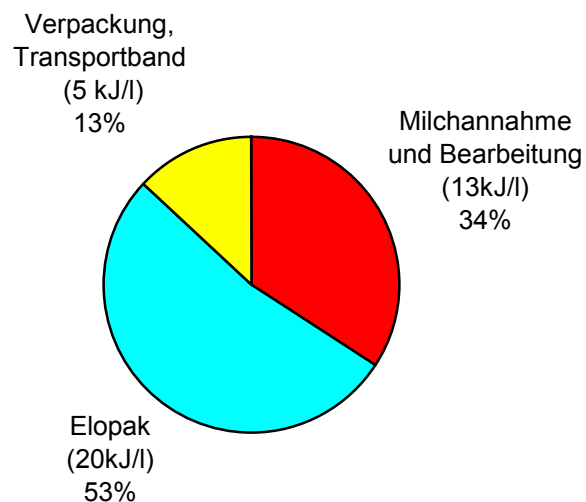


Bild 4.15 Verteilung Stromverbrauch bei der Elopakabfüllung (38 kJ/l) in Milchtüten

Bei der Frischmilchabfüllung in der Glasflasche (Bild 4.14) nimmt die Milchannahme und -bearbeitung ca. 37% des Gesamtstromverbrauchs (35 kJ/l) ein, auf die Abfüllung inklusive der Etikettierung entfallen 26%. Einen großen Anteil des Verbrauchs (37%) hat die Flaschenreinigungsmaschine. Auf die dargestellten Möglichkeiten zur Energieeinsparung sei verwiesen.

Bei der Elopakabfüllung (Bild 4.15) entfällt auf die Milchannahme und -bearbeitung ca. 34% des Gesamtstromverbrauchs (38 kJ/l). Die Verpackung und die Transportbänder benötigen bei diesem Gebinde einen Anteil von 13% des Stroms. Die Elopakmaschine benötigt erwartungsgemäß den größten Teil der elektrischen Energie. Die Auffaltung der Tüten sowie das Verschweißen der Tüten erfolgt über eine elektrische Einrichtung, so daß sich der große Verbrauch erklären läßt.

Es wird deutlich, daß die Verteilung der Stromverbräuche bei der Milchabfüllung stark vom verwendeten Gebinde abhängt. Die Gesamtverbrauchswerte an elektrischer Energie der einzelnen unterschiedlichen Gebinde listen sich wie folgt auf:

Glasflasche:	35 kJ/ l
Elopak:	38 kJ/ l
Eimer:	30 kJ/ l

Tabelle 4.8 Stromverbrauch Frischmilchabfüllung für verschiedene Gebinde

Die Werte liegen zwischen 30 und 38 kJ/l Milch. Der geringste Wert wird bei der Füllung von Eimern erreicht. Es macht sich zudem die Größe der befüllten Einheit bemerkbar.

Bei der Joghurtherstellung sind zwei Verarbeitungslinien zu vergleichen, die Glasabfüllung und die Becherabfüllung.

Den größten Anteil bei der Glasabfüllung (Bild 4.16) hat die Glasreinigung mit 40% des Gesamtstromverbrauchs (67 kJ/l). Die Abfüllung benötigt mit 34% den zweitgrößten Anteil. Mit wesentlich geringeren Anteilen schlagen der Joghurthomogenisator (7%) und die Milchannahme (19 %) zu Buche.

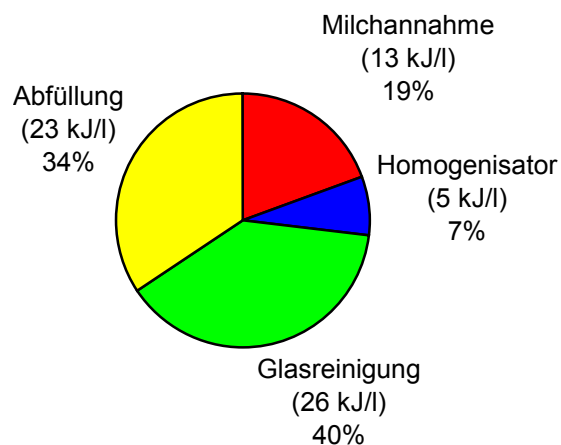
Stromverbrauch für verschiedene Gebinde bei der Joghurtproduktion

Bild 4.16 Verteilung Stromverbrauch bei der Glasproduktion (67 kJ/l)

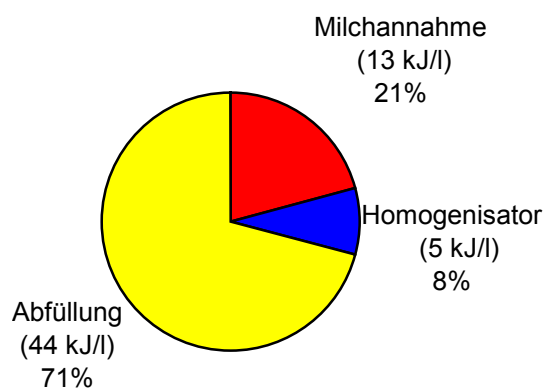


Bild 4.17 Verteilung Stromverbrauch bei der Becherproduktion (62 kJ/l)

Bei der Becherabfüllung (Bild 4.17) treten ähnlich große Gesamtverbräuche an Strom auf. Allerdings ist die Verteilung auf Grund der fehlenden Glasreinigung etwas anders. Bei dieser Linie benötigt die Abfüllung den größten Teil (71%).

4.6 *Spezifische Kennzahlen, Energieflußdiagramm*

Kennzahlen werden gebildet, um die energetische Effizienz von produktunabhängigen Prozessen, Produktionsabschnitten oder der Herstellung einzelner Produkte beurteilen zu können.

Unter Beachtung der unternehmensspezifischen Produktionsprofile können besonders die spezifischen Kennzahlen der zentralen Versorgungs- und Betriebseinrichtungen die Grundlage für einen Vergleich milchverarbeitender Unternehmen untereinander bilden. Ebenso bietet sich der Vergleich einzelner Produkte oder Produktgruppen an, wenn erkennbar ist, welche Produktionsschritte in die Kennzahl eingeflossen sind.

Jedoch können auch Kennzahlen einzelner Produktionsabschnitte, wie z.B. der spezifische Wärmeverbrauch der Glasreinigungsmaschine, branchenübergreifend an Hand von langfristig ermittelten Durchschnittswerten verglichen werden.

Erst der Vergleich der Kennzahlen mit branchenüblichen Werten oder typischen Werten einzelner Prozessschritte gestattet eine Wichtung der Ergebnisse des eigenen Unternehmens. Daraus lässt sich gegebenenfalls der Handlungsbedarf zur Verbesserung der Situation ableiten.

In der Tabelle 4.8 sind die spezifischen Kennzahlen für den Gesamtenergieverbrauch und für übergreifende Versorgungs- und Betriebseinrichtungen zusammengestellt. Diese wurden im wesentlichen aus der Analyse der Energieverbrauchssituation des Jahres 1999 zusammengestellt. Für die CIP - Anlagen sind die Ergebnisse der im Rahmen des Projektes durchgeführten Messungen herangezogen worden. Der Bezug erfolgte einheitlich auf die im Jahre 1999 in der Molkerei verarbeitete Menge an Rohmilch und Rohrahm.

Energieverbrauchsstelle	spezifischer Energieverbrauch
Elektroenergie	138 kJ _{el} /l Rohmilch
Erdgas (Dampferzeugung)	326 kJ _{th} /l Rohmilch
Gesamtverbrauch	464 kJ/l Rohmilch

Energieverbrauchsstelle	spezifischer Energieverbrauch
Kälteversorgung	53,9 kJ _{el} /l Rohmilch
Druckluft	13,6 kJ _{el} /l Rohmilch
CIP	62 kJ _{th} /l Rohmilch

Tabelle 4.9: Spezifische Kennzahlen Gesamtenergieverbrauch sowie zentraler Versorgungs- und Betriebseinrichtungen

Eine Zusammenstellung der spezifischen Kennzahlen für einzelne Prozessschritte und Produkte zeigt Tabelle 4.9.

Diese Werte basieren auf den Ergebnissen der durchgeführten Messungen und beziehen sich jeweils auf einen Liter der verarbeiteten Milch bzw. des Rahms oder Joghurts. Für Reinigungs- oder Abfüllvorgänge wird das entsprechende Gebinde herangezogen.

Es ist zu berücksichtigen, dass die Messungen im Wintermonat Februar stattfanden und die Messwerte lediglich Augenblicksaufnahmen liefern. Die Ergebnisse sind damit nur bedingt auf das Gesamtjahr übertragbar. So ist z.B. der spezifische Verbrauch der CIP - Anlage im Winter am höchsten einzuschätzen. Dagegen werden produkt- oder prozessspezifische Kennzahlen kaum jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen.

Im derzeitigen Betriebsablauf der Andechser Molkerei Scheitz GmbH gibt es kaum Messeinrichtungen, die z. B. Verbrauchswerte für die Ermittlung von Kennzahlen liefern.

Aus der Vielzahl von Messstellen, die für die Untersuchung der Anlagen temporär eingerichtet wurden, gilt es, entsprechend der gewonnenen Ergebnisse diejenigen auszuwählen, die für die Ermittlung von signifikanten Kennzahlen erforderlich sind.

Dazu sollten Zähleinrichtungen an den elektrischen Hauptverbrauchern, z.B. Kältekompressoren und Drucklufterzeugern sowie Mengenmessungen an Hauptverbrauchern von Dampf, z.B. CIP - Anlagen und Erhitzerpaketen, gehören.

Energieverbrauchsstelle	spezifischer Energieverbrauch	
	Wärmeverbrauch	Stromverbrauch
Milchannahme		12,8 kJ/l
davon Separatoren		4,3 kJ/l
Bactofuge		6,6 kJ/l
Milcherhitzer	56,5 kJ/l	
Rahmerhitzer	131,4 kJ/l	
Milchkühlung (Kompressoren)		30,6 kJ/l
Frischkäse	62,2 kJ/l	
Weichkäse (Fermenter)	39,6 kJ/l	0,59 kJ/l
Butterung (mit Kühlung)	58,9 kJ/l Rahm	110,8 kJ/l Rahm
Schlagrahm (mit Kühlung)	55,8 kJ/l Rahm	33,5 kJ/l Rahm
Streichrahm	47,6 kJ/l Rahm	1,5 kJ/l Rahm
Joghurt (Erhitzer/Homogenis.)	78,0 kJ/l	5,3 kJ/l
Glaswaschmaschine	90,5 kJ/Flasche	13,1 kJ/Flasche
Eimerwaschmaschine	276,5 kJ/Eimer	44,3 kJ/Eimer
Flaschenfüller		8,6 kJ/Flasche
Glasbecherfüller		23,4 kJ/l
Elopak		25,1 kJ/Tüte

Tabelle 4.10 Spezifische Kennzahlen Prozessschritte und Produkte

Aus den Energieverbrauchsdaten und aus den Messergebnissen ergibt sich folgendes Energieflußdiagramm (Bild 4.16). Die Angaben im Bereich der Kälteversorgung beziehen sich auf die maximale Kälteleistung, die in den Sommermonaten benötigt wird.

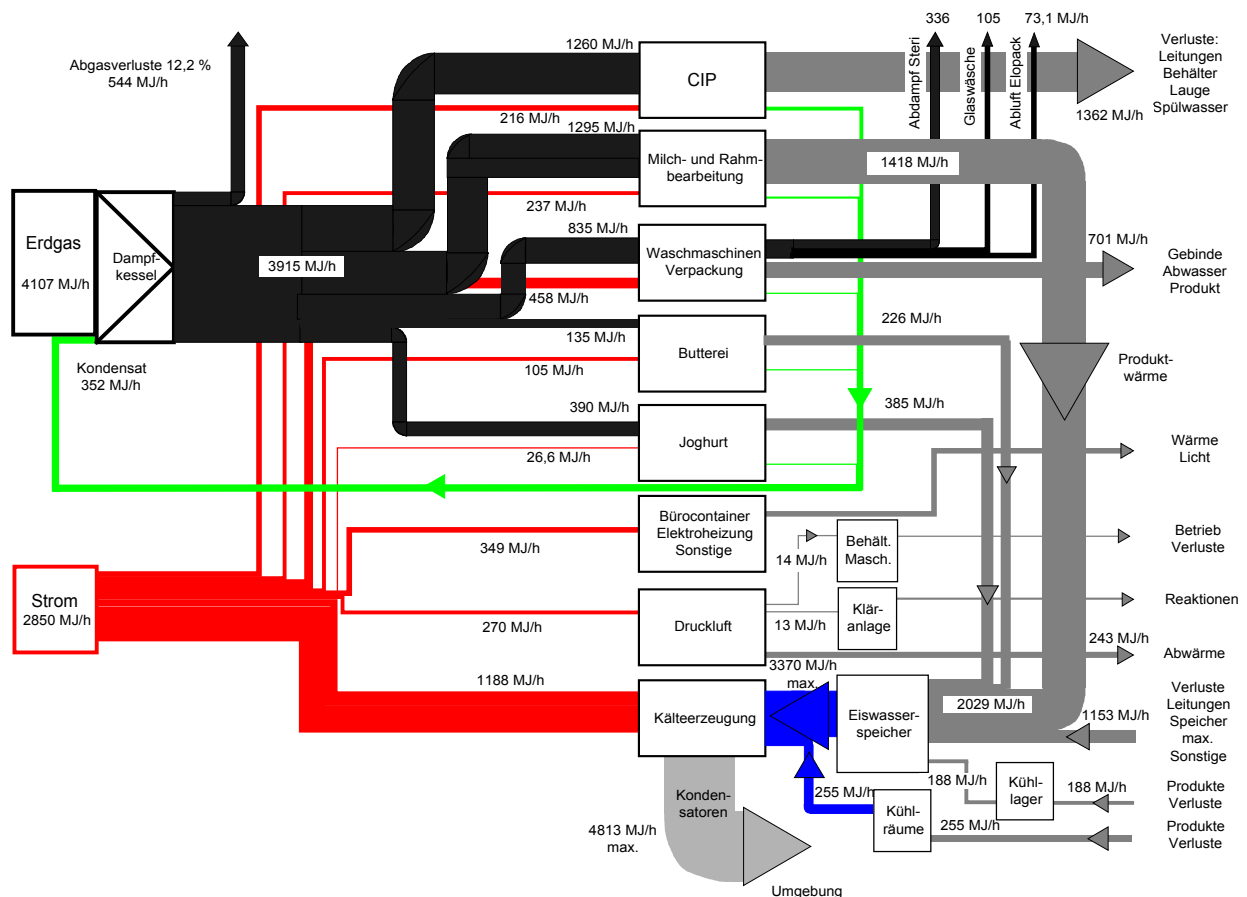


Bild 4.16: Energieflußdiagramm der Andechser Molkerei Scheitz GmbH

5 *Potentiale und Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur rationellen Energieverwendung*

Die Analyse der Daten und Informationen zu den Produktions- und Energieversorgungsanlagen sowie die Ergebnisse der durchgeführten Messungen ergaben folgende Energieeinsparpotentiale und Möglichkeiten für energetische Verbesserungsmaßnahmen.

5.1 *Bauliche Maßnahmen*

Neben den in der Andechser Molkerei Scheitz GmbH vorgesehenen baulichen Maßnahmen zum Umbau der Milchanlieferung und zur Errichtung eines Verwaltungsgebäudes wurden im Rahmen der Erstellung dieser Energieanalyse weitere energetisch relevante bauliche Maßnahmen am Kühllager und den Eiswasserspeichern identifiziert. Um das Einsparpotential abschätzen und gezielte Sanierungsmaßnahmen festlegen zu können, sind jedoch weitere Untersuchungen des wärmeschutztechnischen Zustands der Gebäudehülle bzw. der Speicherdämmung notwendig.

Umbau der Milchanlieferung

Die Verlegung der Milchanlieferung erfolgt auf Grund örtlicher und betrieblicher Gegebenheiten. Der Umbau wird genutzt, eine erhöhte Rampe für Tanklastzüge vorzusehen. Dadurch soll der hydrostatische Druck der Milch zur Entleerung der Fahrzeugtanks genutzt werden, so dass die bisher erforderliche Pumpenleistung zum Transport in die Rohmilchvorrattanks reduziert wird.

Neubau eines Verwaltungsgebäudes

Das zu errichtende Verwaltungsgebäude soll die derzeit genutzten Bürocontainer ersetzen. Die Bürocontainer werden mit Elektroradiatoren (ca. 90 KW installierte Leistung) beheizt. Mit der Errichtung des Verwaltungsgebäudes und der Installation einer Warmwasserheizung steht diese zur Nutzung vorhandener Abwärmequellen zur Verfügung.

Produktionsgebäude und Außenanlagen

- Kühllager 01

Die wärmeschutztechnische richtige Bemessung eines Kühllagers muß schon bei der Planung erreicht werden, da eine nachträgliche Optimierung unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten kaum möglich ist.

Das Wärmedämmsystem des Kühllagers, bestehend aus ca. 100 mm dicken Polyurethan-Hartschaumkern und beidseitigen Metalldeckschichten, entspricht rechnerisch den Anforderungen an den Wärmeschutz. Eventuelle Schwachstellen, die z. B. durch Montagefehler an Übergängen und Raumwinkeln bestehen, können mit einer Infrarot-Thermografieuntersuchung an der Rauminnenseite erkannt werden. Entsprechend ihres Einflusses auf den

Kältebedarf lassen sich Verbesserungsmaßnahmen ableiten.

Im Kühllager sind vier Beladeports vorhanden, die durch Rolltore verschlossen sind. Eines der Rolltore ist neuerer Bauart und weist gegenüber den anderen Toren einen verbesserten Wärmeschutz auf. Bei der Beladung der Kühlfahrzeuge ist der Ringspalt um die Ladeluke weitestgehend mit Lamellen abgedichtet, so dass keine größeren Verluste an gekühlter Innenraumlufte auftreten sollten. Auch hier liefert eine Infrarot-Thermografieuntersuchung Aufschluss über die tatsächlichen Verhältnisse. Damit kann beurteilt werden, ob der Ersatz der drei Rolltore älterer Bauart sowie die Installation von Torschleieranlagen zur Verminderung der Verluste an gekühlter Luft energetisch und wirtschaftlich sinnvoll sind.

- Eiswasserspeicher

Die drei Eiswasserspeicher mit unterschiedlicher Speicherkapazität sind im Freien aufgestellt. Dadurch sind diese besonders in den Sommermonaten einer intensiven Sonneneinstrahlung ausgesetzt und erreichen trotz ihrer reflektierenden Oberfläche hohe Oberflächentemperaturen. Zur Ermittlung des Zustandes der Wärmedämmung kann hier ebenfalls eine Infrarot-Thermografieuntersuchung beitragen. Um die direkte Sonneneinstrahlung und die damit verbundenen hohen Oberflächentemperaturen zu vermindern, wird eine offene Überdachung der Speicher vorgeschlagen.

5.2 *Anlagentechnische Maßnahmen*

5.2.1 Energieeinsparpotentiale in der Versorgungstechnik

Dampferzeugung

Im Dampfkessel wird Dampf für die verschiedensten Erhitzungsprozesse in der Produktion und für Reinigungsvorgänge erzeugt. Mit den Ergebnissen der Messungen wurde bei einer Brennerleistung von 1839 kW ein Abgasverlust von 12,18 % errechnet. Das entspricht einer thermischen Leistung von 224 kW. Die Abgase treten mit einer Temperatur von 220°C aus dem Kessel aus.

Durch den Einsatz eines Economisers kann ein Teil der Energie der Abgase zurückgewonnen und zur Speisewasservorwärmung genutzt werden. Mit der Abkühlung der Abgase von 220°C auf 130°C im Economiser wird eine thermische Leistung von 86,9 kW zurückgewonnen. Damit ist eine Erhöhung der Temperatur des gesamten zugeführten Speisewassers um 42 K möglich.

Aus einzelnen Tageslastgängen des Erdgasverbrauches wurden näherungsweise die Volllaststunden des Dampferzeugers ermittelt. Für Werktage werden demnach 19 h, für die Tage Samstag und Sonntag jeweils 10,5 h (Volllaststunden) bei der Berechnung der zurückgewonnenen Jahresarbeit zu Grunde gelegt. Diese Wärmemenge beträgt 527 MWh/a.

Druckluftversorgung

Druckluft wird im Produktionsprozess zur Verpackung, aber auch zur Luftbeaufschlagung von Milchbehältern benötigt. Weiterhin erfolgt die Belüftung der aeroben Kläranlage mit Druckluft.

Als Verbesserungsmaßnahmen im Bereich der Druckluftherzeugung, der Druckluftverteilung und der Druckluftverbraucher bieten sich an:

- Einsparung von Verdichterarbeit durch eine Spreizung des Druckluftnetzes

Die Druckluftherzeugung erfolgt zentral. Im Normalbetrieb arbeiten die zwei luftgekühlten Schraubenverdichter wechselweise und beladen drei Druckluftbehälter mit je 2 m³ Speichervolumen. Der Druckaufbau beginnt bei einem Druckniveau von 7 bar in den Speichern, bis das Druckniveau von 9 bar erreicht ist. Unmittelbar vor den Verbrauchern erfolgt eine Druckreduzierung auf das jeweils benötigte Niveau um 2 bar bzw. 5 bar.

Mit einer Druckspreizung im Netz kann das obere Druckniveau in den Behältern um 1 bar auf 8 bar abgesenkt werden. Damit lassen sich etwa 8 % der Verdichterarbeit, ca. 37.230 kWh/a, einsparen. Für Verbraucher an den Strangenden des Netzes sollten gegebenenfalls Pufferspeicher vorgesehen werden.

Einige Verbraucher werden mit einem Druck von 7 bar versorgt, so daß die vorgeschlagene Maßnahme unter Einbeziehung eines Druckverlustes in den Leitungen zu einer höheren Schalthäufigkeit der Kompressoren führen kann. Durch Betriebsaufzeichnungen oder durch eine geeignete Meßtechnik sollte die Einschalthäufigkeit und -dauer nach Umsetzung der Maßnahme erfaßt werden.

- Reduzierung der Leckageverluste bei Verbrauchern und im Leitungsnetz

Durch Messungen in der produktionsfreien Zeit an Wochenenden wurde der Druckluftbedarf für die Versorgung der Kläranlage und zur Deckung der Leckageverluste mit 54,2 %, gerechnet auf die Gesamtlaufzeit eines Kompressors, bestimmt. Das entspricht einer elektrischen Leistung von 39,4 kW und einem Volumenstrom von 5,4 m³/h. Unter Beachtung des Druckluftbedarfes für die Belüftung der Kläranlage wurde der Anteil der Verluste an der erzeugten Druckluft mit 17,5 % bestimmt.

Eine verbesserte Wartung des Netzes und der Einbau von selbsttätig schließenden Absperrarmaturen, die bei Stillstand einer Anlage diese vollständig vom Druckluftnetz trennen, sollte zu einer Reduzierung der Leckverluste auf ca. 8 % führen. Dadurch wird die erforderliche Verdichterarbeit um ca. 62.400 kWh/a verringert. Die Senkung des Druckniveaus, wie im vorangegangenen Punkt beschrieben, trägt ebenfalls zur Verringerung der Leckageverluste bei.

- Nutzung der Abwärme der Kompressorstation

Die beim Betrieb der Kompressoren anfallende Abwärme aus Kompressoröl und Kühlluft wird derzeit an die Umgebung abgegeben. Durch Einsatz einer Wärmerückgewinnungsanlage, z. B. mit einem kaskadenförmig verschalteten Wärmeüberträgersystem kann die Abwärme auf ein Temperaturniveau von 60 bis 80°C gebracht und somit für Heizzwecke nutzbar gemacht werden.

Aus an Wochenenden durchgeführten Messungen und aus Tageslastgangkurven von vorangegangenen Untersuchungen während mehrerer Produktionstage wurde eine durchschnittliche Laufzeit von ca. 17 h/d für einen Kompressor bestimmt. Bei einer elektrischen Antriebsleistung von 75 kW sind somit ca. 279 MWh/a an Wärmeenergie rückgewinnbar.

Der Heizwärmebedarf der derzeit elektrisch beheizten Bürocontainer beträgt etwa 175 MWh/a. Mit dem Neubau eines Bürogebäudes und der Umstellung auf eine Warmwasserheizung kann der Wärmebedarf vollständig mit der rückgewonnenen Abwärme der Kompressoren gedeckt werden. Zur Angleichung der zeitlichen Verläufe von Wärmeangebot und -bedarf ist ggfs. ein Pufferspeicher vorzusehen.

Es ist davon auszugehen, dass bei einem Neubau des Bürogebäudes der erforderliche Wärmebedarf sinkt. Jedoch sinkt mit der Realisierung der oben genannten Maßnahmen das Angebot aus Kompressorenabwärme ebenso.

- Modernisierung der Druckluftstation

Da mittelfristig der Bau einer Energiezentrale geplant ist, wird aufgrund des Alters der Kompressoren auch eine Modernisierung der Kompressorstation empfohlen. Dabei sollte der Standort so gewählt werden, daß möglichst kurze Rohrleitungswege entstehen. Eine detaillierte Analyse des Druckluft-Bedarfs sollte die Grundlagen für eine Modernisierung der Druckluftversorgung liefern.

Kälteerzeugung

Die Maßnahmen im Bereich der Kälteerzeugung versprechen ein erhebliches Energieeinsparpotential, da der Anteil der Kälteanlagen am Elektroenergieverbrauch des Betriebes mehr als ein Drittel beträgt.

Der Jahresgang der Kühllast in der Milchverarbeitung ist zum einen stark von der Anliefertemperatur der Milch, die in den Wintermonaten niedriger als im Sommer ist, und zum anderen von der Außentemperatur abhängig (Wärmeeintrag in das Kühllager und in die Eisspeicher, Wirkungsgrad der Kälteerzeugung). Der untersuchte Musterbetrieb weist aufgrund der Kälteanforderungen in den Sommermonaten einen deutlich höheren Stromverbrauch auf.

Maßnahmen zur energietechnischen Optimierung der Kälteerzeugung:

- Betriebstechnische Maßnahmen

Mit einer Optimierung der Kälteanlagen hinsichtlich Zustand und Wartung der Kondensatoren lassen sich rund 3 % der Verdichterarbeit, ca. 55.400 kWh/a, einsparen. Die Maßnahmen sollten dazu führen, dass die Kondensationstemperatur um 5 K abgesenkt werden kann. Die Optimierung beinhaltet die Reinigung und Wartung der Kondensatoren, die Ansätze von Verkalkung und Salmiaksteinbildung zeigen. Ferner wird vorgeschlagen, den Aufstellungsort der Kondensatoren zu erhöhen, um die Ansaugung von Staubpartikeln am Boden zu verhindern und gleichzeitig eine bessere Luftdurchströmung zu erreichen.

Um eine Kälteanlage möglichst effizient zu betreiben, sollten auf der Verdampferseite möglichst hohe, auf der Kondensationsseite möglichst tiefe Temperaturen gefahren werden. Mit einer Anhebung der Verdampferatemperatur um ein Kelvin läßt sich eine Energieeinsparung von ca. 4 % erzielen [L 6].

Aus prozeßtechnischer Sicht ist für die Erzeugung von Eiswasser mit einer Temperatur von $T_{EW} = 0^{\circ}\text{C}$ eine Verdampferatemperatur von -5°C ausreichend. Voraussetzung ist, daß die Wärmeüberträger entsprechend dimensioniert sind. Die Kälteanlagen des Betriebs sind auf eine Verdampferatemperatur von -7°C eingestellt. Eine Erhöhung um 2 K bedeutet bei Berücksichtigung einer Einsparung von 8 % für die vorhandenen Anlagen eine Verbrauchsreduktion um 147.800 kWh/a.

Gemäß den Aufzeichnungen des Betriebs sind die Kälteanlagen in den Sommermonaten vollständig ausgelastet, so daß eine generelle Absenkung der Verdampferatemperatur nicht möglich ist. Ursachen können der Zustand der Kondensatoren, aber auch deren Kapazitätsgrenze sein, die durch die Produktionserweiterungen des Betriebs in den letzten Jahren entstanden sein mag. Auch eine zeitlich begrenzte Absenkung der Verdampferatemperatur, z. B. in der kälteren Jahreszeit, bedeutet eine Energieeinsparung und wird daher empfohlen. Durch Verbrauchsmessungen sollten die Auswirkungen dieser Maßnahme erfaßt und analysiert werden.

- Wärmerückgewinnung, Nutzung der Abwärme der Kälteanlage

Eine weitere Möglichkeit zur rationellen Energienutzung bei Molkereien bietet die Wärmerückgewinnung und Nutzung der Abwärme der Kälteaggregate und der Kondensatoren. Aufgrund des Temperaturniveaus kommt eine Nutzung zu Vorwärmzwecken oder zur Erzeugung von Warmwasser in Frage. Der Abwärmeanfall hängt wesentlich von der Außentemperatur und von der Betriebsdauer der Kältemaschinen ab.

Eine Bilanz des Abwärmeanfalls konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht durchgeführt werden, da keine kontinuierliche Erfassung der spezifischen Energiedaten erfolgt und zum Zeitpunkt der Messungen im Monat Februar wegen der niedrigen Temperaturen nicht alle Kälteanlagen in Betrieb waren.

- **Modernisierung der Kälteerzeugung**

Im Zusammenhang mit dem Bau einer Energiezentrale wird eine grundlegende Sanierung bzw. Modernisierung der Kältekompressoren und der Verdunstungskondensatoren empfohlen.

Grundlage für die Modernisierung sollte eine Bedarfsanalyse sein, die u. a. eine Übersicht über die Laufzeiten und die Leistungsaufteilung der Aggregate sowie das Teillastverhalten der Kälteanlagen gibt. Die hierfür notwendigen Daten können mit Betriebsstunden- und Verbrauchszählern gewonnen werden.

Auf dieser Basis können dann Optimierungsmaßnahmen wie z. B. Einsatz von Frequenzumrichtern zur Drehzahlregelung der Kältekompressoren, zur Wärmerückgewinnung und ggfs. zum Aufbau von getrennten Kältekreisen für die direkte Produktkühlung und die Kühlräume geplant werden.

Medienleitungen

Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurde festgestellt, daß eine große Anzahl von Rohren zur Verteilung von Medien mit hoher (Dampf, Warmwasser) bzw. niedriger (Eiswasser) Temperatur nicht mit Wärmedämmung versehen war, so dass Verluste durch Wärmeabgabe bzw. -aufnahme auftraten.

Mit der Dämmung eines Meters Dampfleitung im Rohrdurchmesser DN 50 wird bei einer Betriebszeit von 19 h/d eine Einsparung von 2,6 MWh/ma an Wärmeenergie erzielt.

Die Dämmung von Warmwasser- bzw. Kondensatleitungen in DN 32 und einer Medientemperatur von 60°C liefert bei gleicher Betriebsstundenzahl eine Einsparung von ca. 1,4 MWh/ma.

Mit einem Meter gedämmter Eiswasserleitung in DN 32 wird die Wärmeaufnahme bei 24 stündigem Betrieb um 0,83 MWh/ma vermindert. Dadurch werden ca. 0,21 MWh/ma an elektrischer Energie zur Erzeugung der äquivalenten Kältemenge in Kompressionskältemaschinen eingespart.

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

Eigenenergieerzeugung mit einem Blockheizkraftwerk

Die zur Produktion und Erhaltung des Betriebsablaufes notwendige Energie wird derzeit von der Andechser Molkerei Scheitz GmbH ausschließlich in Form von Elektrizität und Gas bezogen. Da mittelfristig der Bau einer Energiezentrale geplant ist, werden die Randbedingungen für die Errichtung eines Blockheizkraftwerks (BHKW) dargestellt.

Unter Berücksichtigung des Betriebsablaufs wird der Einsatz eines wärmegeführten BHKW-Moduls mit einem Gas/Diesel - Aggregat vorgeschlagen. Die Auslegung erfolgt so, dass der Wärmebedarf der Prozesse, die vom Temperaturniveau nur Warmwasser an-

stelle von Dampf erfordern, gedeckt werden kann.

Die dafür vorgesehenen Bereiche sind:

- Milcherhitzer 1 und 2
- CIP - Anlagen
- Glaswäsche

Als Leistungsparameter des BHKW-Moduls ergeben sich:

$$P_{el} = 350 \text{ kW}$$

$$P_{th} = 470 \text{ kW}$$

$$P_{Br} = 1 \text{ MW}$$

Bild 5.1 zeigt die Auslegung eines derartigen wärmegeführten Blockheizkraftwerks. Der erzeugte Strom dient zur Deckung eines Grundlastbedarfes an Elektroenergie im Betrieb.

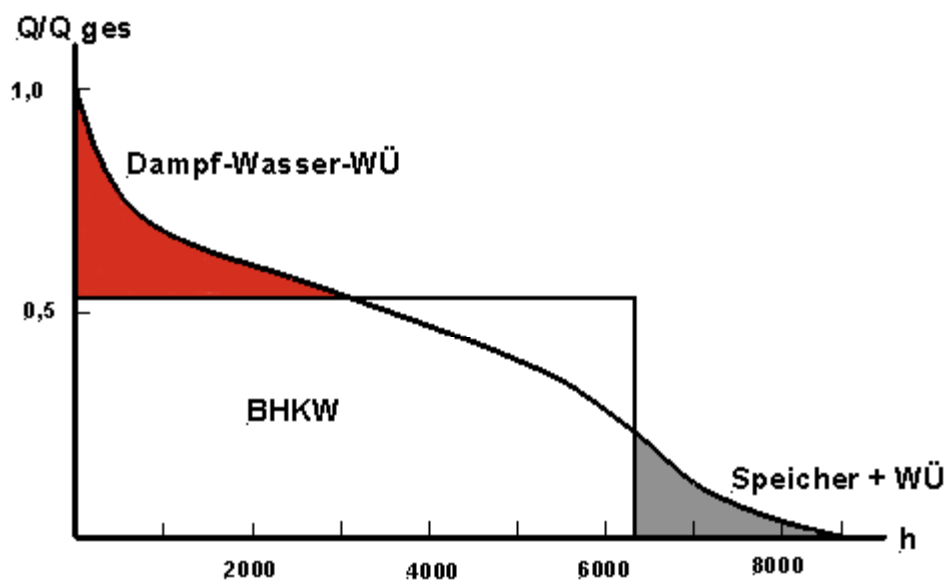


Bild 5.1: Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs und möglicher Leistungsanteil einer BHKW-Anlage

Durch die Deckung des Jahreswärmebedarfes der ausgewählten Anlagen, dieser beträgt auf der Verbraucherseite, ohne Beachtung der derzeit auftretenden Verluste bei der Erzeugung und Verteilung der Wärme, ca. 2.960 MWh/a, werden etwa 6.300 Betriebsstunden im Jahr erreicht. Dabei werden ca. 2.205 MWh/a Strom für den Eigenbedarf des Molkeriebetriebes erzeugt.

Zum Angleich der Tageslastgänge zwischen Wärmeabnahme und -erzeugung ist ein Puf-

ferspeicher von ca. 5.000 l Inhalt vorzusehen, der die halbstündig durch das BHKW erzeugte Wärme aufnehmen kann. Der Spitzenlastbedarf ist mit einem Dampf/Wasser - Wärmeüberträger mit einer Leistung von 150 kW abzudecken.

Einsatz eines BHKW auf Pflanzenölbasis

Eine Option zur Reduzierung von CO₂-Emissionen stellt die Nutzung biogener Treibstoffe wie beispielsweise Pflanzenöl dar. Jedoch unterscheidet sich Pflanzenöl vom Dieselmotorkraftstoff in wesentlichen Eigenschaften wie z. B. Viskosität und Zündwilligkeit, weshalb die Hersteller 2 Wege zur Anpassung beschreiten:

1. Das Pflanzenöl wird durch Umesterung an die Dieselmotoren angepaßt.
2. Der Motor, insbesondere das Verbrennungsverfahren, wird den Eigenschaften des Pflanzenöls angeglichen.

Der Einsatz von BHKW-Modulen auf Pflanzenölbasis erscheint aus technischer Sicht für die Andechser Molkerei Scheitz GmbH nicht sinnvoll, da für größere Motoren Langzeiterfahrungen mit dem Betrieb solcher Aggregate fehlen. Eine Aufteilung der oben genannten Leistung auf mehrere Module ist nicht praktikabel. Das bisher größte von einem Anbieter mit langjähriger Erfahrung eingesetzte BHKW-Modul liefert 180 kW_{el} und ist ein Prototyp.

Einsatz einer Hackschnitzel-Feuerung

Der Brennstoff Hackschnitzel steht am Standort aus ortsnahen Forstflächen zur Verfügung. In einer Untersuchung für eine autarke Energieversorgung wurden im Jahr 1997 verschiedene Anlagenvarianten mit einer Hackschnitzel-Feuerung bewertet. Neben der Wirtschaftlichkeit und der Umweltverträglichkeit sind auch der Raumbedarf für Anlagenbau, Brennstoffvorrat sowie die Anlagenverfügbarkeit wichtige Faktoren

Es wurde festgestellt, daß die Energiekosten bei einer Verwendung von Hackschnitzeln auch unter Berücksichtigung von Fördermaßnahmen über denen der konventionellen Energieversorgung liegen.

Da die Bezugspreise für Energie und die Konditionen für Fördermaßnahmen zu nachwachsenden Rohstoffen ständigen Änderungen unterliegen, sollte im Falle des Neubaus einer Energiezentrale für die Andechser Molkerei Scheitz GmbH der Einsatz einer Hackschnitzel-Feuerung als mögliche Alternative erneut bewertet werden.

5.2.2 Optimierungsmöglichkeiten in der Produktionstechnik

Eimerwaschmaschine

Die Erwärmung des der Eimerwaschmaschine zur Spülung zugeführten Frischwassers erfolgt bisher mittels direkt in das Wasserbad eingeleiteten Dampf.

Für die Erwärmung des Wasserbades sollte anstelle des Dampfes aus dem Betriebsnetz der Abdampfstrom der Deckelsterilisation genutzt werden. Dieser wird derzeit ungenutzt über Dach abgeführt. Die in einem Wärmeüberträger nutzbare Leistung aus dem Abdampfstrom beträgt ca. 89 kW. Damit kann die gesamte in der Eimerwaschmaschine erforderliche Wärmemenge von ca. 66,6 MWh/a gedeckt werden. Die Wärmeleistung wurde durch die Messungen mit 57,6 kW bestimmt. Die tägliche Maschinenlaufzeit einschließlich Vorwärmung wurde auf der Grundlage der in Eimer abgefüllten Monatsproduktion Mai '99 mit ca. 4 h ermittelt. Die Möglichkeit, das Wasserbad mit Dampf aus dem Netz zu erhitzen, sollte als Reserve erhalten bleiben.

Für die Übertragung der aus dem Abdampfstrom gewonnenen Wärme an das Wasserbad ist ein Wärmeüberträger notwendig. Im Bedarfsfall sollte der Frischdampf ebenfalls über diesen Wärmeüberträger geleitet werden. Durch den Ersatz der Direktbedampfung des Wasserbades werden die mit 10 % des derzeitigen Verbrauchs angesetzten Ausdampfverluste, etwa 6,5 MWh/a, eingespart. Gegenüber dem Einsatz mit Frischdampf bei direkter Baderwärmung wird der Verlust von 115 m³/a Kondensat vermieden.

Glaswaschmaschine

Zur Reduzierung des Wärmebedarfes können die folgenden Maßnahmen beitragen:

Mittels externer Wärmeübertragung in einem Rekuperator (Wärmeüberträger) wird die Wärme der Spritzlauge auf die letzte Vorweichzone vor dem Hauptlaugenbad übertragen. Damit wird die Rückkühltemperatur nach der Spritzlauge reduziert und gleichzeitig die Vorwärmtemperatur vor dem Eintritt der Flaschen in die Hauptlauge erhöht. Insgesamt wird die Temperaturdifferenz zwischen Rücklauftemperatur und Vorlauftemperatur kleiner, so dass die notwendige Wärme zur Beheizung der Flaschenreinigungsmaschine vermindert wird. Dadurch lassen sich ca. 20 % der Wärmeenergie einsparen. Für die in der Andechser Molkerei Scheitz GmbH betriebenen Maschine sind das ca. 89 MWh/a. Dabei wurde die tägliche Laufzeit anhand der in Flaschen und Gläser abgefüllten Produktion einschließlich Vorwärmung der Maschine auf ca. 10 h angesetzt.

Wird neben der vorhandenen Wärmedämmung des Laugenbades eine Volldämmung der Maschine, das bedeutet die zusätzliche Wärmedämmung der äußeren Hülle, vorgenommen, lassen sich ca. 15 % der benötigten Heizenergie einsparen. Für die vorhandene Maschine sind das ca. 67,0 MWh/a, wenn man nur die oben genannten Betriebsstunden heranzieht. Hinzu kommt eine Verringerung der Stillstandsverluste.

Der Wasser- und der Betriebswärmeverbrauch einer Glasreinigungsmaschine stehen im engen Zusammenhang. Durch Instandsetzungsmaßnahmen des Wasserzählers läßt sich die Frischwassereinspritzung entsprechend des vorhandenen Flaschendurchsatzes optimieren. Bei einer Reduzierung der Frischwassereinspritzung um 0,5 m³/h werden 76,5 MWh/a an Heizwärme eingespart.

CIP-Anlage

Die Reinigungslauge für die zentrale CIP-Anlage wird in drei Stapelbehältern mit je ca. 2,5 m³ Inhalt bei einer Temperatur von 85 °C vorgehalten. Diese Behälter sind in der Produktionshalle aufgestellt und nicht mit einer Wärmedämmung versehen. Die auftretenden Wärmeverluste müssen durch die Beheizung ausgeglichen werden und belasten gleichzeitig die Produktionsräume.

Die Dämmung der drei Behälter mit einer 30 mm dicken Polyurethan-Hartschaumschicht erbringt eine Einsparung von 32,4 MWh/a an Wärmeenergie. Die Wärmeabgabe in die Produktionsstätte kann damit um ca. 80 % reduziert werden.

Änderung des Sterilisationsverfahrens für Glas- und Deckelsterilisierung

Eine Alternative zur feuchten Sterilisation mit Dampf stellt die UV-Bestrahlung dar. UV - Licht liegt im nicht sichtbarer Bereich des Lichtes bei Wellenlängen zwischen 13,6 und 390 nm. Die Strahlung lässt sich aufteilen in UV – A-, UV – B – und UV – C- Bereich. Die mikrobiell wirkungsvollste Strahlung tritt bei einer Wellenlänge von 253,7 nm im UV - C – Bereich auf. Durch die Einwirkung des UV – Lichtes kommt es zu irreversiblen Veränderungen der Helixstruktur der DNA und einer gleichzeitigen Zerstörung [L 7]. Es werden Verkettungen in den Nukleinsäuren gebildet und damit eine Mutation des Gencodes hervorgerufen. Die Bakterien können sich bei genügend langer Einwirkzeit der Strahlung nicht mehr vermehren. Die Wirkung der UV – Strahlung hängt von der Form und dem Material des zu bestrahlenden Gutes ab [L 8].

Die Anwendung zur Sterilisation der Deckel findet bereits in der Praxis Verwendung. Es müssen dabei besondere Anforderungen eingehalten werden. Eine vollständige Ausleuchtung muß gewährleistet sein. Da es sich um eine optische Einwirkung handelt, dürfen keine Schatten auftreten, z. B. durch Staubpartikel oder Feuchtefilme. Die Desinfektion soll in kürzester Zeit erfolgen, um einen geregelten Ablauf der Produktion zu gewährleisten. Die Anschaffungskosten müssen in einer vertretbaren Höhe liegen [L 9].

In Untersuchungen an vorgeformten Bechern wurde ein Abstand der UV-Strahler zu den Bechern von 2 cm eingestellt. Es finden Hochdruckstrahler Verwendung, die den Vorteil einer hohen Strahlungsrate an der wirksamen UV – C – Strahlung aufweisen. In der genannten Untersuchungen werden Bestrahlungsstärken von 350 mW/ cm² erreicht [L 10].

Die UV – Technik findet bereits seit Jahren Anwendung bei der Entkeimung von Trinkwasser sowie bei der Entkeimung von Luft in Produktionsstätten. Bei der Anwendung für Deckel oder andere Behältnisse ist darauf zu achten, dass Sporen und Schimmelbakterien eine hohe Strahlungs-dosis zur Abtötung benötigen. Ein Einsatz ausschließlich von UV – Strahler bleibt daher zu überdenken. Als Teil der Desinfektion und Sterilisation kann die UV – Bestrahlung gute Ergebnisse leisten.

Im Rahmen einer detaillierten Untersuchung sollte analysiert werden, ob eine zusätzliche UV-Bestrahlung zur Sterilisation von Glas und Deckel grundsätzlich in Molkereien einsetzbar ist.

5.2.3 Abwärmequellen und Wärmesenken

Auf der Basis der durchgeführten Untersuchungen und den Betrachtungen zu anlagen- und produktionstechnischen Maßnahmen stellen sich Abwärmequellen und Wärmesenken in der Molkerei zusammengefasst wie folgt dar:

Die in Tabelle 5.1 aufgezeigten Abwärmequellen kommen aufgrund des Temperaturniveaus und der hohen zeitlichen Verfügbarkeit für eine Nutzung in Frage.

Abwärmequellen	Temperatur °C	Leistung kW	Vollbenutzungs- stunden	Energie kWh/a
Abdampf Deckelsterilisation	80	89	2295	204.255
Abgase Dampfkessel (Eco)	220	110	4790	527.000 nutzbar
Abwärme Druckluft- kompressoren	60 - 80	45	3900	279.000

Tabelle 5.1 Nutzbare Abwärmequellen

Für die in Tabelle 5.2 aufgezeigten Abwärmequellen ergibt sich auf Grund des Temperaturniveaus bzw. der theoretisch nutzbaren Wärmemengen keine sinnvolle Verwendung.

Abwärmequellen	Temperatur °C	Leistung kW	Vollbenut- zungs-stunden	Energie kWh/a
Abluft Glaswaschmaschine	56	30	2430	72.900
Abluft Elopak	55	20	1460	29.200

Tabelle 5.2 Nicht nutzbare Abwärmequellen

Wärmesenken	Temperatur °C	Energie kWh/a
Baderwärmung Eimerwaschmaschine	38	66.555
Vorwärmung Kesselspeisewasser	102	527.000
Bürogebäude	75	175.000
Warmwasser Milcherhitzer	80	1.884.000
Glaswäsche	85	609.000
CIP	85	369.000
CIP Milchannahme	85	99.000

Tabelle 5.3 Wärmesenken in der Molkerei

Die Deckung des Bedarfs der ersten drei in Tabelle 5.3 aufgeführten Wärmesenken ist unmittelbar an die Nutzung vorhandener Abwärmequellen gekoppelt.

Die Abwärme der Deckelsterilisation und deren Nutzung zur Baderwärmung in der Eimerwaschmaschine korrespondieren zeitlich miteinander, ebenso der Einsatz des Economiser, der zur Vorwärmung des Kesselspeisewassers eingesetzt werden kann.

Die Abwärme aus der Druckluftversorgung steht ganzjährig zur Beheizung und Bereitung von Warmwasser für das geplante Bürogebäude zur Verfügung.

Die Nutzung der weiterhin aufgeführten Wärmesenken ist im Zusammenhang mit dem Betrieb eines Blockheizkraftwerkes zu sehen. Mit der Wärmeauskopplung am BHKW kann Dampf, der zur Erzeugung von Warmwasser in Wärmeüberträgern genutzt wird, substituiert werden. Es ist jedoch auf die derzeitigen ökonomischen Randbedingungen für den Einsatz eines BHKW hinzuweisen (siehe Kap. 6.3).

5.3 *Organisatorische Maßnahmen*

5.3.1 Einführung eines Energiemanagements

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

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

Das Energiemanagement im Unternehmen erstreckt sich auf folgende Funktionsbereiche:

- Energie-Bezug
- Energieumwandlung und -bereitstellung
- Energieverteilung und -anwendung in der Produktion und in Nebenbereichen
- Energierückgewinnung

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

Verbrauchsmeßeinrichtungen

Tabelle 5.4 enthält die zur Erfassung des Energieverbrauchs einer Molkerei wichtigen Meßstellen.

Tabelle 5.4: Meßwerterfassung für ein Energiemanagementsystem

<i>Stromverbrauch:</i>	
Gesamtbetrieb	Gesamtproduktion (Übernahme der Leistungs- und Zeitimpulse des EVU)
Verwaltung	Gesamtverbrauch
Anlagen zur Energieerzeugung und Medienversorgung	
Druckluft	Separate Erfassung der Stromverbräuche der einzelnen Kompressoren
Druckluft	Erfassung der Vollast- und Teillastbetriebsstunden
Kälteanlagen	Separate Erfassung der Stromverbräuche der einzelnen Kompressoren
Produktionsanlagen	
Lagerung	Erfassung Gesamtstromverbrauch
Milchannahme und Milchbehandlung	Abteilung sowie evtl. separate Erfassung der Separatoren und Bactofugen
Butterei	Erfassung Gesamtstromverbrauch
Milchabfüllung	Erfassung Gesamtstromverbrauch
Joghurtabfüllung	Erfassung Gesamtstromverbrauch
Rahmherstellung	Erfassung Gesamtstromverbrauch
Käserei	Erfassung Gesamtstromverbrauch
CIP-Anlagen	Stromverbrauch der einzelnen Anlagen
Glaswaschmaschine	Erfassung Stromverbrauch der Anlage
Eimerwaschmaschine	Erfassung Stromverbrauch der Anlage

Wärmeverbrauch:	
Gaskessel	Gesamtproduktion
Produktionsanlagen (Dampfverbrauch)	
Milcherhitzer	Dampfdruck; Temperatur und Durchfluß Kondensat
Butterungsanlage	Dampfdruck; Temperatur und Durchfluß Kondensat
Käsefermenter	Dampfdruck; Temperatur und Durchfluß Kondensat
CIP-Anlagen	Dampfdruck; Temperatur und Durchfluß Kondensat
Glaswaschmaschine	Dampfdruck; Temperatur und Durchfluß Kondensat
Kälteverbrauch	
Eiswasser	Temperatur und Durchfluß Eiswasser pro Erzeuger
Eiswasserverbraucher	Temperatur Ein- und Austritt sowie Durchfluß
Kälteanlagen	Temperatur der Kühlräume und Kühltunnel, Verdampfungs-kondensationsdrücke, Kältemitteldurchfluß

Tabelle 5.4: Meßwerterfassung für ein Energiemanagementsystem

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

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

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

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

Automatisches Meßdatenmanagement - Energiemanagementsystem (EMS)

Der Begriff Energiemanagementsystem wird in der Industrie für automatische Meßdatensysteme verwendet. Ein EMS ist ein elektronisches Regelungs- und Überwachungssystem, das Daten zwischen Regelungseinheiten und einem Bedienterminal austauscht.

Bild 5.2 zeigt die prinzipielle Funktionsweise eines EMS. Das System kann Anwendungen in allen Bereichen der Gebäude- und Prozeßautomation bzw. der Management-Funktionen beinhalten.

Das Einsparpotential durch Energiemanagementsysteme liegt zwischen 5 und 15 % des Jahresenergieverbrauches [L 11].

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

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

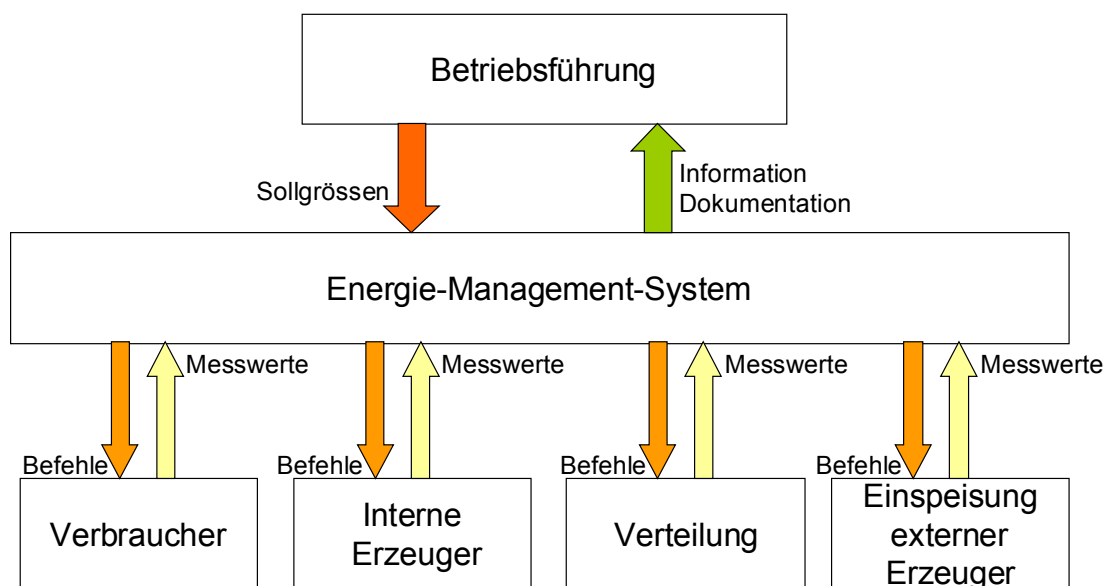


Bild 5.2: Aufbau eines Energiemanagementsystems

Folgende Funktionen können durch Energiemanagementsysteme realisiert werden:

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

Energiedatenerfassung

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

- Erfassung von Zählerscheibenumdrehungen mit opto-elektronischen Meßwertaufnehmern

- Neuinstallation elektronischer Zähler mit Impulsausgang
- Datenübernahme von vorhandenen Meßumformern
- Erfassung von analogen Meßgrößenaufnehmern.

Aufzeichnung der Energieverbrauchsdaten

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

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

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

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

Energiedatenauswertung, Überwachung, Regelung und Steuerung - Software

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

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

- mit zustandsabhängiger Farbgebung als numerischer Wert
- als Symbolbild
- in Form eines Balkendiagramms oder als Trenddiagramm.

5.3.2 Einführung eines Strom-Lastmanagements.

Neben der verstärkten Nutzung von Niedertarifzeiten (NT) bietet der Abbau von Spitzenlasten das wesentlichste Einsparpotential beim Elektroenergiebezug. Für die Installation eines Systems zum Lastabwurfmanagement ist es erforderlich, an den elektrischen Hauptverbrauchern in der Andechser Molkerei Scheitz GmbH entsprechende Messgeräte vorzusehen, die systemkompatibel sind.

Der höchste Leistungsbezug im Tagesverlauf erfolgt in der Zeit zwischen 9 Uhr und 17 Uhr. Dabei tritt das Leistungsmaximum von ca. 820 kW in der Zeit zwischen 13 Uhr und 14 Uhr auf. Ziel sollte sein, mit Hilfe eines rechnergesteuerten Lastabwurfsystems die maximale Bezugsleistung auf ca. 710 kW zu begrenzen, d.h. das genannte Leistungsmaximum um 110 kW zu reduzieren. Die in Kapitel 5.3.1 beschriebenen EMS sind in der Regel mit entsprechenden Modulen zur Begrenzung des Leistungsmaximums ausrüstbar.

5.3.3 Produktionsplanung

Die Möglichkeiten zur Optimierung der Energiemengen und -Kosten, u. a. durch eine entsprechende Produktionsplanung, sollten analysiert werden. Wenn es gelingt, Produktionsprozesse mit relativ hohem elektrischen Leistungsbedarf außerhalb der Spitzenlastzeiten zu verlegen, ohne neue Bedarfspitzen zu erzeugen, kann der Leistungspreis für den Elektroenergiebezug deutlich reduziert werden.

In der Andechser Molkerei Scheitz GmbH ist der Zeitraum nach 19.00 Uhr bis 8.00 Uhr des darauffolgenden Tages für die Aufnahme verlagelter Produktionsprozesse geeignet. Mit der Verlagerung der Butterung (29 kW) und der Abfüllung von Milch- und Milchlunchgetränken in Tüten mittels Elopak (68 kW) in diesen Zeitraum könnten ca. 97 kW an Bezugsleistung eingespart werden. Von 22.00 Uhr bis 6.00 tritt ein zusätzlicher Einspar-effekt durch die Verrechnung der verbrauchten elektrischen Arbeit im Niedrigtarif (NT) auf. Jedoch ist zu analysieren, ob die Einsparung an Energiekosten durch die erhöhten Personalkosten in dieser Zeit aufgebraucht werden.

5.3.4 Optimierung des Wartungs- und Instandsetzungskonzepts

Die Ergebnisse der Betriebsanalyse zeigen, daß das Wartungs- und Instandsetzungskonzept der Andechser Molkerei Scheitz GmbH aus energetischer Sicht optimiert werden kann. Dies betrifft die regelmäßige Inspektion sowie zustandsabhängige Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten am Druckluftsystem, an der Kälteanlage und an der Glaswaschmaschine.

- Die Leitungswege des Druckluftsystems sollten vierteljährlich überprüft werden, um die Gefahr von zu großen Verlusten zu vermeiden. Entsprechen den Befunden sollten die Leckagen entsprechen abgedichtet oder Leitungsstücke ausgetauscht werden. Der Verbrauch sollte zunächst mit Betriebsstunden- oder Leistungszählern analysiert und die Tendenz des Verbrauchs sollte in der Folgezeit beobachtet werden.
- Bei den vorhandenen Kälteanlagen lassen sich durch eine angepaßte Wartung und

technische Maßnahmen an den Kondensatoren rund 3 % der Verdichterarbeit, ca. 55.400 kWh/a, einsparen. Dies betrifft die Reinigung und Wartung der Kondensatoren, die Ansätze von Verkalkung und Salmiaksteinbildung zeigen. Weiterhin kann durch Erhöhung des Aufstellungsorts der Kondensatoren die Ansaugung von Staubpartikeln am Boden verhindert und gleichzeitig eine bessere Luftdurchströmung erreicht werden. Der Kältebedarf des Betriebs, die Fahrweise der Eisspeicher sowie die Laufzeiten und der Energieverbrauch der Kältekompressoren sollte aufgezeichnet und analysiert werden.

- Bei der Flaschenreinigungsanlage wurde eine Verschmutzung des Wärmetauschers und eine starke Versteinung der Maschine im Bereich der Flaschenkörbe festgestellt. Die chemische Entsteinung sollte wiederholt durchgeführt und stärker in die Instandhaltungsarbeiten der Maschine integriert werden.

6. *Technische, wirtschaftliche und ökologische Bewertung von Energieeinsparmaßnahmen*

6.1 *Stand der Technik*

6.1.1 Energieversorgung

Zur Energieversorgung in der Milchverarbeitung werden überwiegend die Energieträger Erdgas, Heizöl und Strom eingesetzt. Die Höhe des Energieeinsatzes in einem Betrieb hängt in großem Maße ab von

- der Produktpalette
- der Produktionsmenge
- der Prozeßtechnik, der zeitlichen Auslastung der Anlagen und dem Automatisierungsgrad.

Der durchschnittliche Gesamtenergiebezug der milchverarbeitenden Industrie beträgt ca. 25.000 MWh/a (StBA, 1998). Der Energiekostenanteil beträgt ca. 1,5% des Jahresumsatzes [L 12].

Im Rahmen einer Analyse des Energiebezugs [L 13] wurde deutlich, daß die Kostenstrukturen der Branche allerdings sehr stark streuen. Die höchsten Energiekosten weisen Betriebe auf, die u. a. Molkepulver herstellen, die Energiekosten betragen hier bis zu 14% des Jahresumsatzes.

Wärmeversorgung

Wärme wird im Molkereibetrieb im wesentlichen in Form von Dampf und Warmwasser für Erhitzungs- und Reinigungsprozesse benötigt.

Zur Wärmeerzeugung werden hauptsächlich Dampfkessel verwendet. Der Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (BHKW) ist eher die Ausnahme.

Das Warmwasser wird vielfach erst an den benötigten Stellen mittels Dampf in einem Wärmeüberträger erzeugt.

Stromversorgung/Stromverbrauch

Die in Molkereien benötigte Menge an Elektroenergie wird in der Regel von einem Energieversorgungsunternehmen bezogen.

Die o. g. Umfrage ergab bezüglich des Stromeinsatzes in der milchverarbeitenden Branche folgendes Bild [L 6.2]:

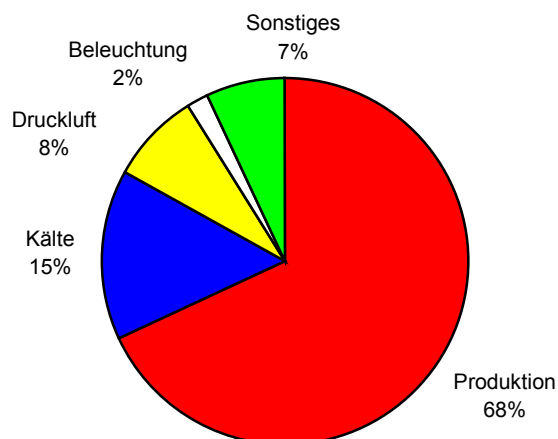


Bild 6.1: Einschätzung des Stromeinsatzes in verschiedenen Sektoren von Betrieben der Milchindustrie

Neben der Produktion ist demnach für den Stromeinsatz die Kälte- und die Druckluftherzeugung maßgeblich. Die Beleuchtung sowie die Erzeugung von Dampf-/Heißwasser und von Raumwärme spielen eine untergeordnete Rolle.

Kälteerzeugung

Zur Kälteerzeugung werden in Molkereibetrieben vorwiegend Kompressionskälteanlagen eingesetzt, die mit Ammoniak (NH_3) als Kältemittel arbeiten. Neben der direkten Verdampfung, das Kältemittel ist gleichzeitig Kälteüberträger, wie sie vor allem in Reiferäumen verwendet wird, spielt die indirekte Verdampfung eine bedeutende Rolle. Als Kälteüberträger dienen dabei Sole oder Wasser, die eine Kältespeicherung an zentraler Stelle ermöglichen und den Verbrauchern bei Bedarf zugeleitet werden können.

Durch die Speicherung ist es möglich die Kältekompressoren kleiner zu dimensionieren und im Betrieb den günstigeren Nachtstromtarif zu nutzen. In Molkereibetrieben wird meist Eiswasser zur Kältespeicherung verwendet, da es gegenüber der Solespeicherung eine um 30 bis 40 % höhere Wirtschaftlichkeit hat und darüber hinaus weitere Vorteile bietet [L 4]:

- keine Korrosionserscheinung im Kreislaufsystem
- hohe Speicherkapazität
- keine Gefahr des Einfrierens geschlossener Kühler
- unerhebliche Kosten bei Flüssigkeitsverlust
- gute Nutzungsmöglichkeiten des Nachtstroms

Als Nachteile stehen die durch die geringeren Temperaturdifferenzen hervorgerufenen höheren Volumenströme und entsprechend größere Wärmeübertragungsflächen entgegen.

Druckluftversorgung

Es bestehen in der Regel zentrale Druckluftnetze mit Speicherbehältern, die durch Schraubenkompressoren gespeist werden.

6.1.2 Produktionsverfahren

Für die klassischen Milcherzeugnisse bzw. Produktgruppen wie Dauermilcherzeugnisse, Konsummilch (Trinkmilch), Sauermilcherzeugnisse, Butter und Käse haben sich Technologien herausgebildet, die für die Milchverarbeitung als charakteristisch gelten [L 4]. Mit der zunehmenden Vielfalt an Milcherzeugnissen sowie der Innovationen im Maschinen- und Anlagenbau sind diese Grundtechnologien im Laufe der Jahre modifiziert worden.

Ständig wachsenden Verbraucheransprüchen an Produktqualität- und Sicherheit wird die milchverarbeitende Industrie durch den Einsatz moderner Trenntechniken (Ultrafiltration, Umkehrosmose, Elektrodialyse), aseptischer Verpackungstechniken und der Biotechnologie, sowie dem Einsatz der Computertechnik zur Messwerterfassung und Prozeßsteuerung gerecht.

Ein wesentlicher Trend dabei ist die systematische Qualitätssicherung von Verfahren und Erzeugnissen, mit entsprechender Zertifizierung und der verstärkten Hinwendung zu Markenartikeln.

Nachfolgend werden ausgewählte energie- und umweltrelevante Technologien und Versorgungstechniken kurz betrachtet.

Separatoren

Entrahmungsseparatoren, hier sind Reinigen und Entrahmen der Rohmilch kombiniert, gelangen am häufigsten zum Einsatz. Geschlossene selbstreinigende Separatoren bieten gegenüber offenen und halbgeschlossenen Separatoren Vorteile:

- Der Schmutz wird periodisch ohne Arbeitsunterbrechung ausgestoßen
- Die Reinigung kann ohne Demontage über die CIP - Anlage erfolgen
- Die Beimengung von Luft wird nahezu ausgeschlossen, wodurch eine schonendere Behandlung der Milch und eine höherer Entrahmungsschärfe (bis 0,005%) erreicht wird.

Homogenisieren

Homogenisieren in der Milchwirtschaft dient hauptsächlich dem Zweck der Verkleinerung der Fettkügelchen auf einen einheitlichen Durchmesser von 0,5 bis 1 µm.

Durch die Anwendung des Teilstromhomogenisierens kann ca. 60 % an Strom gegenüber dem Vollhomogenisieren eingespart werden. Bei diesem Verfahren wird Rahm mit entrahmter Milch vermischt, so dass ein Fettgehalt von 13 bis 20 % und eine Menge von etwa 20 bis 27 % des gesamten Milchstromes entsteht, dann homogenisiert und danach wieder dem Hauptmilchstrom zugeführt.

Pasteurisieren

Durch das Pasteurisieren, das thermische Abtöten von Mikroorganismen bei Temperaturen $< 100^{\circ}\text{C}$, soll die hygienische Qualität von Lebensmitteln verbessert und eine gewisse Konservierung erreicht werden. Der für diese Prozesse erforderliche energetische Aufwand ist erheblich.

Alternative Verfahren zur Wärmebehandlung sind:

- Bestrahlen mit UV - Licht, Röntgen- oder Gammastrahlen
- Ohmsches Erhitzen mit dem Produkt als elektrischen Widerstand im Netzfrequenzstromkreis
- Hochdruckbehandlung mit Drücken von 2000 bis 6000 bar und Temperaturen von 40 bis 60 °C
- Ultraschall
- Mikrowellenerwärmung

UHT - Verfahren

Diese Verfahren werden zur Sterilisation der Milch eingesetzt. Bei indirekten UHT - Verfahren erfolgt die Wärmeübertragung mit Platten- oder Röhrenwärmeüberträgern. Der Vorteil gegenüber direkten Verfahren, die eine direkte Vermischung der Milch mit Dampf erzeugen, besteht in einer hohen Wärmerückgewinnungsrate. Diese liegt zwischen 88 bis 90 %, während bei direkten Verfahren nur 40 bis 50 % erreicht werden können.

Flaschenreinigungsmaschine

Moderne Flaschenreinigungsmaschinen arbeiten vollautomatisch und bürstenlos. Sie besitzen ein breites Einsatzspektrum für diverse Flaschentypen sowie Weithalsgläser.

Zur Erhöhung der energetischen Effizienz wird mit einem Wärmeüberträger die Wärme der Spritzlauge auf die Vorweichzone vor dem Hauptlaugenbad übertragen. Neben der zumeist vorhandenen Dämmung des Laugenbades vermindert eine Volldämmung der äußeren Maschinenhülle den Wärmebedarf der Maschine zusätzlich um 15 bis 20 %.

Abwasserreinigung

Für das Reinigen von Molkereiabwässern kommt eine Kombination von mechanischer und biologischer Reinigung zur Anwendung.

Durch die mechanische Reinigung werden Schmutzstoffe durch Grob- und Feinrechen, Siebe oder Filter zurückgehalten und können kompostiert werden.

Bei der biologischen Reinigung werden aerobe (Belebtschlammverfahren, Tropfkörpersysteme) und anaerobe Verfahren unterschieden.

Beim Belebtschlammverfahren sorgen Ventilatoren, Düsen oder Walzen für eine Belüftung des Bioreaktors, die einen entsprechenden Energieaufwand erfordern. Dagegen wird dafür bei einem Tropfkörpersystem keine Hilfsenergie benötigt, da die Luft durch die freien Querschnitte der Tropfkörper im Gegenstrom zum herabrieselnden Abwasser durch natürlichen Auftrieb bewegt wird.

Bei anaeroben Verfahren, hier verläuft der Faulungsprozess des Abwassers in einem geschlossenen Bioreaktor, ist ein erhöhter Aufwand an Steuer- und Regelungstechnik für die Kontrolle des Prozesses erforderlich, jedoch wird keine Hilfsenergie für die Belüftung benötigt und es wird energiereiches Biogas erzeugt, das sich für die Wärmeerzeugung im Molkereibetrieb gut verwerten lässt.

6.2 Technische Bewertung

Die Bestandsaufnahme hat gezeigt, daß die Anlagen zur Energieversorgung und zur Produktion in der Andechser Molkerei Scheitz GmbH dem Stand der Technik entsprechen. Dennoch wurden eine Reihe von Einzelmaßnahmen zur Optimierung des Energieverbrauchs und zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes identifiziert.

Die in Kapitel 5 vorgeschlagenen technischen Maßnahmen zur

- Senkung des spezifischen Energiebedarfs
- zur Verbesserung der Wirkungs- und Nutzungsgraden
- zur Nutzung der Abwärmeströme

beruhen auf ausgereiften Technologien und sollten ohne größere Beeinträchtigungen des Betriebsablaufs realisierbar sein.

6.3 Wirtschaftliche Bewertung

Die im folgenden angegebenen Energie-Einsparpotentiale für die in Kapitel 5.2 und 5.3 aufgeführten Einzelmaßnahmen beziehen sich auf die spezifischen Verbrauchswerte der betrachteten Anlagen.

Die Einsparpotentiale sind Orientierungswerte, die durch Berechnungen oder Abschätzungen ermittelt wurden. Einzelne Maßnahmen können sich gegenseitig beeinflussen, so daß bei Realisierung mehrerer Maßnahmen eine geringere prozentuale Einsparung erreicht wird als bei isolierter Betrachtung der Summe der Maßnahmen.

Die Investitionen wurden aufgrund von Herstellerangaben sowie eigenen Erfahrungswerten ermittelt. In den Einzelpositionen sind die Montagekosten enthalten. Durch Eigenleistungen des Betriebes können dementsprechend Kostenreduzierungen erreicht werden.

Eine detaillierte Kostenschätzung ist nur durch eine ausführliche Projektierung unter Berücksichtigung der geltenden Normen und Bestimmungen möglich.

Die dynamische Amortisationszeit a wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$a = \frac{\lg(e/(e - I \cdot P))}{\lg(1 + P)}$$

mit	e	=	jährliche Kosteneinsparung
	I	=	Investitionen
	P	=	Kalkulationszinssatz 6 %

Den Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden Strompreise von 8,2 Pf/kWh und Gaspreise von 3,9 Pf/kWh zugrundegelegt.

Die Energiepreise waren in den letzten Jahren starken Schwankungen unterworfen. Es hat sich gezeigt, daß sich Veränderungen auf dem Primärenergiemarkt äußerst kurzfristig ereignen können und oft mit einem starken Preisverfall bzw. -anstieg verbunden sind.

Langfristig gesehen ist aufgrund der Ressourcenverknappung mit einem Anstieg der Primärenergiepreise zu rechnen.

Die Berechnung der dynamischen Amortisationszeit basiert auf einem kalkulatorischen Zinssatz von 6 %. Zur Unterstützung der Investitionsentscheidung wird bei einer dynamischen Amortisationszeit von mehr als sechs Jahren der interne Zinsfuß der Investition unter Berücksichtigung einer rechnerischen Nutzungsdauer von 10 Jahren bzw. 20 Jahren bei Wärmedämmmaßnahmen berechnet.

Für die Berechnung der Kosteneinsparungen für die Wärmebereitstellung wird ein Kesselwirkungsgrad von $\eta = 0,85$ angenommen.

6.3.1 Maßnahmen in der Versorgungstechnik

Dampferzeugung - Einsatz eines Economizer

Die Speisewasservorwärmung durch die Rauchgase des Dampferzeugungskessels führt zu Einsparungen von 24.180 DM pro Jahr. Die Investitionen betragen nach Herstellerangaben ca. 50.000 DM. Die Wartungs- und Instandhaltungskosten werden mit 1000 DM/a angenommen. Die dynamische Amortisationszeit beträgt 2,4 Jahre.

Druckluftversorgung

Durch eine Abwärmenutzung an der Druckluftherzeugungsanlage für die Heizung der Büroräume können im Vergleich zur derzeitigen elektrischen Beheizung Einsparungen von 14.350 DM pro Jahr erzielt werden. Die Investitionen für die Wärmerückgewinnung aus den Kompressoren betragen ca. 30.000 DM. In der Abschätzung sind keine Kosten für die Wärmeverteilung enthalten. Unter Berücksichtigung der Wartungs- und Instandhaltungskosten von 600 DM/a beträgt die dynamische Amortisationszeit 2,4 Jahre.

Die Investition für eine neue Kompressoranlage inkl. Wärmerückgewinnung beträgt demgegenüber ca. 170.000 DM. Die Amortisationszeit dieser Investition ist insbesondere abhängig von den derzeitigen Betriebskosten sowie den Wartungs- und Instandsetzungsaufwendungen für die Druckluftversorgung. Obwohl die Betriebs- und die Wartungskosten bei Neuanlagen deutlich geringer sind - die Wartungsintervalle einer neuen Anlage betragen z. B. ca. 3.000 Betriebsstunden - ist die Errichtung einer neuen Kompressoranlage nur im Zusammenhang mit der Modernisierung des Druckluftsystems bzw. dem geplanten Neubau einer Energiezentrale sinnvoll.

Durch eine regelmäßige Wartung des Druckluftnetzes und den Einbau von Maschinenschutzventilen, die bei Stillstand der Anlage die Druckluftzufuhr der Anlage zentral absperren, können Einsparungen von 5.120 DM/a erzielt werden. Die Investitionen für die Ventile betragen ca. 200 DM/Ventil (ohne Montage).

Eine Absenkung des Druckniveaus auf 8 bar im Druckbehälter kann zu Einsparungen von 3.050 DM pro Jahr durch eine Verringerung der Verdichterarbeit führen.

Optimierung der Kälteanlagen

Die Reinigung und Wartung der Kondensatoren sowie die Erhöhung der Verdampfertemperatur gehören zu den organisatorischen Maßnahmen. Die Erhöhung des Aufstellungsortes der Kondensatoren sollte überprüft werden.

Die Erhöhung der Verdampfertemperatur um 2 K hat Einsparungen von 12.120 DM pro Jahr zur Folge (entsprechend 8 % der Verdichterarbeit). Die erzielbaren Einsparungen durch die optimale Aufstellung der Kondensatoren sowie die regelmäßige Reinigung und Wartung betragen ca. 4.500 DM/Jahr.

Bei einer Modernisierung der Kälteanlage sollte eine Trennung des Kühllagers von der zentralen Anlage mit Eisspeicherung in Betracht gezogen werden, da im Kühllager nicht so tiefe Temperaturen benötigt werden. Bei einer Abkoppelung des Kühllagers können ca. 12 % der jetzigen Verdichterarbeit für das Kühllager eingespart werden, das entspricht einer jährlichen Einsparung von 550 DM pro Jahr.

Isolierung der Medienleitungen

Bei der Maßnahme handelt es sich um eine gering-investive Maßnahme. Die Kosten für eine nachträgliche Isolierung mit Edelstahl-Ummantelung für den Produktionsbereich betragen ca. 100 DM/m. Die Einsparungen bei der Isolierung von 10 m Medienleitung betragen jährlich ca. 1.190 DM für Dampfleitungen, 640 DM für Warmwasserleitungen und 170 DM für Eiswasserleitungen.

Dementsprechend betragen die Amortisationszeiten für die Isolierung von Dampf- bzw. Warmwasserleitungen weniger als ein Jahr. Für Eiswasserleitungen beträgt die dynamische Amortisationszeit 8,9 Jahre. Die rechnerische Nutzungsdauer für Wärmedämmungen ist 20 Jahre. Damit beträgt der interne Zinsfuß der Investition 14 %.

Einsatz eines Blockheizkraftwerkes

Eine wesentliche Voraussetzung für einen sinnvollen Einsatz eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) sind Verbrauchsstrukturen, die einen zeitgleichen Bedarf an thermischer und elektrischer Energie sowie eine hohe Jahresnutzungsdauer aufweisen. Diese Voraussetzungen sind in der Molkerei erfüllt (siehe Kap. 5.2.1).

Die Auslegung eines geeigneten Blockheizkraftwerkes zeigt Tabelle 6.1.

Elektrische Leistung	350 kW
Wärmeleistung	470 kW
Brennstoffleistung	1000 kW

Tabelle 6.1: Kenndaten des BHKW (Gas)

Für die wirtschaftliche Bewertung werden Investitionen von 1.600 DM/kW_{el} und Wartungskosten von 1,6 Pf/kWh_{el} angenommen. Die Laufzeit des BHKW-Moduls beträgt ca. 6.300 h/a. Es wird ein Kalkulationszinssatz von 6 % und einer Laufzeit der Anlage von 10 Jahren angenommen. Die Kosten und Einsparungen durch den Einsatz des BHKW sind in Tabelle 6.2 dargestellt.

Der derzeitige Strompreis ist gering. Beim Einsatz eines BHKW sind höhere Kosten von rund 40.500 DM/a zu erwarten. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht wird daher der Einsatz eines gasbetriebenen BHKW derzeit nicht empfohlen. Bei einem Anstieg der Strompreise sollte die Wirtschaftlichkeit erneut überprüft werden.

Kosten:	
Investitionen (ohne Bau)	560.000 DM
Annuität (6 %, Laufzeit 10 Jahre)	76.100 DM/a
Wartungskosten	35.280 DM/a
Brennstoffkosten	245.700 DM/a
Summe Kosten	357.080 DM/a
Einsparungen:	
Strom	180.810 DM/a
Dampf	135.812 DM/a
Summe Einsparungen	316.622 DM/a

Tabelle 6.2: Kosten und Einsparungen beim Einsatz eines BHKW

Bild 6.2 zeigt die Entwicklung der dynamischen Amortisationszeit in Abhängigkeit von den Energiepreisen.

Die Amortisationszeiten werden erheblich vom Strompreis beeinflusst:

- je niedriger der Strompreis, um so länger ist die Amortisationszeit
- je höher der Gaspreis, um so länger ist die Amortisationszeit.
- bei höheren Strompreisen hat der Gaspreis einen geringeren Einfluß auf die Amortisationszeiten

Bei einem Gaspreis von 40 DM/MWh werden unter den gegebenen Rahmenbedingungen Amortisationszeiten von drei Jahren und weniger ab einem Strompreis von 16 Pf/kWh erreicht.

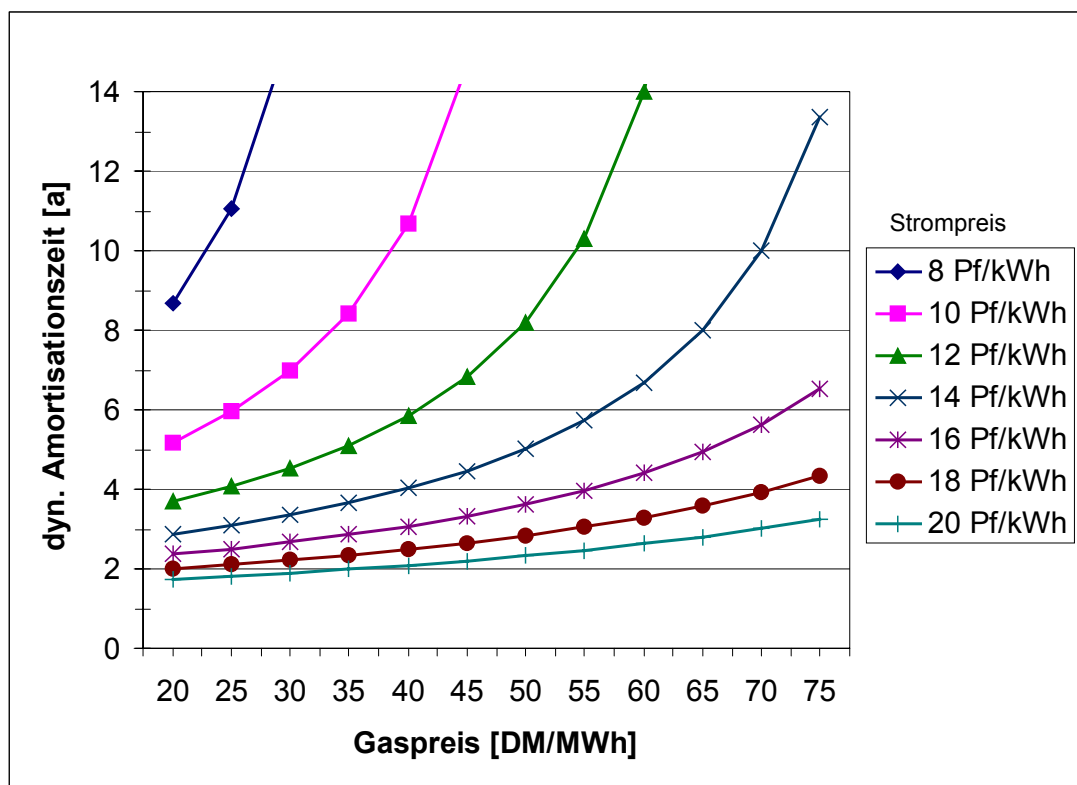


Bild 6.2: Entwicklung der Amortisationszeit in Abhängigkeit der Energiepreise

Pflanzenöl BHKW

Pflanzenöl BHKWs mit einer elektrischen Leistung von über 50 kW_{el} haben den Stand der Marktreife noch nicht erreicht. Ein Einsatz wird daher nicht empfohlen.

6.3.2 Maßnahmen in der Produktionstechnik

Eimerwaschmaschine

- Nutzung des Abdampfstromes der Deckelsterilisation

Die Investitionen für die Nutzung des Abdampfstromes der Deckelsterilisation über Wärmetauscher zur Aufheizung des Wasserbades der Eimerwaschanlage betragen ca. 20.000 DM (ohne Montage). Die Kosten für Wartung und Instandhaltung betragen 2 % der Investitionen (pro Jahr). Demgegenüber stehen Einsparungen von ca. 2.600 DM pro Jahr. Die dynamische Amortisationszeit beträgt 12,4 Jahre. Für eine rechnerische Nutzungsdauer von 10 Jahren beträgt der interne Zinsfuß 1,5 %.

- Einsatz Wärmetauscher zur Baderwärmung

Die Umrüstung von der direkten Dampfbeheizung auf eine indirekte Beheizung der Waschmaschine erfordert Investitionen von ca. 13.000 DM. Die Kosten für Wartung und Instandhaltung betragen 2 % der Investitionen (pro Jahr). Die Einsparungen betragen demgegenüber nur 300 DM pro Jahr. Zusätzlich können aber Kosteneinsparungen für die Wasseraufbereitung gutgeschrieben werden. Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten wird diese Maßnahme nicht empfohlen.

Glaswaschmaschine

Der spezifische Wärmebedarf der Glaswaschmaschine sollte laut Herstellerangaben 70,3 kJ/Flasche betragen.

Für eine nachträgliche Installation eines Wärmetauschers (Rekuperator) zur Übertragung der Wärme der Spritzlauge auf die letzte Vorweichzone betragen die Investitionen nach Herstellerangaben 10.000 DM. Die damit erreichbaren Einsparungen betragen 4.084 DM pro Jahr. Die Kosten für Wartung und Instandhaltung werden mit 200 DM pro Jahr angenommen. Die dynamische Amortisationszeit beträgt 2,9 Jahre.

Eine nachträgliche Isolierung des Bodens der Glaswaschmaschine ist sehr aufwendig und wird nicht empfohlen. Bei einer Ersatzinvestition sollte auf eine Vollisolierung der Waschmaschine geachtet werden. Die Mehrkosten einer isolierten Anlage gegenüber einer teilisolierten Anlage betragen 8-12 %.

Um eine optimale Wärmeübertragung auf das Laugebad zu erzielen, sollte der Wärmetauscher regelmäßig gereinigt werden. Diese Tätigkeiten sollten in das Wartungskonzept aufgenommen werden.

Isolierung CIP-Stapelbehälter

Die Kosten für eine Isolierung der CIP-Behälter betragen ca. 10.000 DM. Die dynamische Amortisationszeit beträgt 8,8 Jahre. Mit einer rechnerischen Nutzungsdauer von 20 Jahren beträgt der interne Zinsfuß 17 %.

Einführung eines Lastabwurfmanagement

Für die Einbindung in ein Lastabwurfmanagement eignen sich die Kältekompressoren der Eisspeicheranlagen sowie die Kompressoren zur Druckluftbereitstellung. Prinzipiell sind weiterhin Elektroheizungen die geeigneten Verbraucher für die Einbindung in ein Lastabwurfssystem. Für ein einfaches Lastabwurfssystem mit der Einbindung von bis zu 12 Verbrauchern betragen die Investitionen 6.000 DM (ohne Montage). Die Leistungsspitze kann durch den Einsatz eines Lastabwurfmanagementsystems um rund 100 kW gesenkt werden. Die Investition amortisiert sich in 5 Monaten.

6.4 Ökologische Bewertung

Jede Energieeinsparung führt zu CO₂-Einsparungen. Diese wurden über spezifische Emissionsfaktoren nach /GEMIS/ errechnet und setzen sich sowohl aus den indirekten als auch den direkten Emissionen am Standort zusammen. Die Potentiale sind in Tabelle 6.3 dargestellt.

Es ist zu berücksichtigen, daß sich einzelne Maßnahmen gegenseitig beeinflussen können und damit bei Realisierung mehrerer Maßnahmen eine geringere Einsparung erreicht wird als bei isolierter Betrachtung der Summe der Maßnahmen.

Durch den Einsatz eines Economizers können 124 t/a CO₂ eingespart werden. Das CO₂-Einsparpotential durch eine Optimierung der Kälteanlagen beträgt 132 t/a. Eine Wärmerückgewinnung bei der Drucklufterzeugung kann zu CO₂-Einsparungen von 113 t/a beitragen. Durch eine regelmäßige Wartung des Druckluftnetzes und eine Absenkung des Gesamtdruckes können 64 t/a CO₂ eingespart werden. Die Nutzung des Abdampfstromes der Deckelsterilisation zur Baderwärmung der Eimerwaschanlage führt zu CO₂-Einsparungen von 13 t/a. Unter ökologischen Gesichtspunkten ist diese Maßnahme dem Einsatz eines Wärmetauschers zur Baderwärmung vorzuziehen. Mit einer Isolierung der Medienleitungen und der CIP-Stapelbehälter können ca. 18 t/a CO₂ eingespart werden.

Das theoretische Einsparpotential aus der Realisierung eines BHKW beträgt 865 t/a. Ein Einsatz wird aus wirtschaftlichen Gründen jedoch derzeit nicht empfohlen.

Maßnahme	CO₂-Einsparpotential [t/a]
Nutzung des Abdampfstromes der Deckelsterilisation zur Baderwärmung Eimerwaschanlage	13
Einsatz Wärmetauscher zur Baderwärmung Eimerwaschanlage	2
Einsatz eines externen Wärmerekuperators Glaswaschmaschine	21
Regelmäßige Wartung des Kondensators Glaswaschmaschine	16
Isolierung der Medienleitungen	10
Isolierung CIP-Stapelbehälter	8
Optimierung der Kälteanlagen	132
Wärmerückgewinnung Druckluft	113
Regelmäßige Wartung des Druckluftnetzes, Verringerung von Leckagen	40
Absenkung des Gesamtdruckes Druckluftnetz	24
Einsatz eines Economizers zur Speisewasservorwärmung	124
Einsatz eines gasbetriebenen BHKW	865

Tabelle 6.3: CO₂-Einsparpotentiale

6.5 *Vorschläge für die Realisierung von Energieeinsparmaßnahmen*

Investitionen in Energieversorgungseinrichtungen werden von den Unternehmen eher als langfristige Güter gesehen. Im Vergleich zu den Energieversorgungseinrichtungen unterliegt die Produktionstechnik einem stetigen Wandel, so daß Forderungen nach kurzen Amortisationszeiten bestehen. Es ist darauf hinzuweisen, daß insbesondere Verpackungs- und Waschmaschinen in den letzten Jahren energetisch stark verbessert worden sind.

Als Fazit der technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Bewertung von energetischen Verbesserungsmaßnahmen ergeben sich für eine Realisierung folgende Prioritäten:

- Regelmäßige Wartung des Druckluftnetzes
- Optimierung der Kälteanlagen
- Einsatz eines Economizers zur Speisewasservorwärmung
- Isolierung von Medienleitungen
- Einsatz eines externen Wärmerekuperators in der Glaswaschmaschine
- Einführung eines Lastabwurfsystems

Die Wärmerückgewinnung aus der Drucklufterzeugung sollte im Zusammenhang mit dem geplanten Neubau eines Verwaltungsgebäudes erfolgen.

Der Einsatz eines BHKW sollte bei der mittelfristig vorgesehenen Errichtung einer Energiezentrale berücksichtigt werden.

Es bieten sich ferner folgende Tätigkeiten an:

- Einführung eines Energiemanagementsystems
- Überarbeitung des Wartungs- und Instandsetzungskonzepts
- Eine nähere Untersuchung des Kühlturms auf eventuell vorhandene wärmetechnische Schwachstellen.

Die o. g. Maßnahmen stellen Empfehlungen dar. Von der Marktlage, den geplanten Investitionen und Absichten des Molkereibetriebs hängt es ab, in welchen Zeiträumen die vorgeschlagenen Energieeinsparmaßnahmen umgesetzt werden.

7 Zusammenfassung

Zielsetzung

Durch eine detaillierte Analyse waren in einem milchverarbeitenden Betrieb die Energieeinsparpotentiale abzuschätzen, Maßnahmen zur Optimierung des Energieeinsatzes abzuleiten und diese anhand einer ausführlichen Kosten-Nutzen-Analyse bzw. einer monetären Teilbilanzrechnung wirtschaftlich zu bewerten.

Es sollten produktbezogene Kennzahlen gebildet werden, die die Abschätzung von Energieeinsparpotentialen und damit Kostensenkungspotentialen branchenbezogen bzw. bei Querschnittstechnologien branchenübergreifend ermöglichen.

Vorgehensweise

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

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

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

Anlagen zur Energieerzeugung und Medienversorgung

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

- Dampf
- Kalt- und Warmwasser
- Druckluft
- Kälte

Zur Wärmeerzeugung wird ein mit Erdgas gefeuerter Hochdruck-Dampfkessel mit einer Leistung von 2,4 MW eingesetzt. Der erzeugte Dampf wird über eine zentrale Dampfschiene den einzelnen Verbrauchern zugeführt. Das anfallende Kondensat wird größtenteils zurückgeführt. Warmwasser wird durch Wärmetauscher erzeugt, für die Erwärmung

von kleineren Mengen Wasser wird ein Warmwasserboiler verwendet. Die Beheizung der Produktions- und Verwaltungsräume geschieht mit Elektroheizern.

Die Stromeinspeisung erfolgt auf Mittelspannungsebene, die Übergabe geschieht über 2 Trafos mit einer Leistung von 630 kVA. Die weitere Verteilung im Betrieb erfolgt über 2 Niederspannungs-Hauptverteilungen (0,4 kV - Ebene).

Zu den Hauptstromverbrauchern zählen

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

Weitere wesentliche Verbraucher sind die Elektroversorgung der Bürocontainer, die elektrischen Heizer, die zur Raumheizung verwendet werden und die Gabelstapler-Ladestation. Der Strombedarf der Kantine, der Büro- und der Sozialräume des Produktionsgebäudes sind vom Stromverbrauch her vernachlässigbar. Gleiches gilt für die Beleuchtungseinrichtungen.

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

Im Molkereibetrieb ist es wichtig, die Milch nach dem Pasteurisieren möglichst schnell wieder auf ca. +4°C abzukühlen, damit die Keimfreiheit erhalten bleibt. Auch zur Joghurtbereitung (Abkühlung des Joghurts nach Glasabfüllung im Kühltunnel), für die Butterungsanlage und zur Schlagrahmkühlung wird Kälte benötigt. Hierzu werden Plattenkühler eingesetzt, die über ein zentrales Rohrleitungssystem versorgt werden. Die Bereitung von Eiswasser und die Erzeugung von Kälte für die Reiferäume und Kühltager erfolgt in 3 Anlagen mit Kältekompressoren. Als Kältemittel wird Ammoniak (NH₃) verwendet.

Produktionsanlagen

Die Betriebsbereiche der Andechser Molkerei Scheitz GmbH lassen sich wie folgt einteilen:

- Lagerbehälter für Rohmilch, Rohrahm, Kesselmilch, Frischmilch, Mixgetränke, Buttermilch, Molke, Joghurt etc.
- Maschinenraum mit Milchannahme und Milchbehandlung.

Prozeßschritte für die Milchbehandlung sind dabei:

- Kühlung (über Plattenkühler)
- Hitzebehandlung/Pasteurisierung
- Separation
- Bactofugation (Zentrifugalentkeimung)
- Homogenisierung
- Milch- und Joghurtabfüllung in verschiedenen Gebinden (Glas, Tüte, Becher, Eimer)
- Butterei mit Butterfertiger
- Rahmherstellung
- Käserei mit Käsefertiger und Reiferäumen
- Verpackungs- und Reinigungsanlagen
- Lager- und Kühlräume

Analyse des Energieverbrauchs

Der Energiebedarf bei der Milchverarbeitung hängt von folgenden Faktoren ab:

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

Der Gasverbrauch liegt in den Wintermonaten November bis April bei durchschnittlich ca. 87.000 Nm³/Monat, die benötigte Tagesmenge beträgt werktags ca. 3.300 Nm³/d und an Wochenenden/Feiertagen ca. 2.000 Nm³/d. In den Sommermonaten Mai bis Oktober

liegt der durchschnittliche monatliche Gasverbrauch bei ca. 80.000 Nm³ und die Tagesmenge beträgt dann ca. 3.100 Nm³. Insbesondere in den Monaten Juli bis September 1999 ist der monatliche Gasverbrauch sehr konstant. Die Auswertung einzelner Tageslastgänge zeigt, daß Lastspitzen beim Gasverbrauch in den Nachmittagsstunden von 13 bis 14 Uhr und von 17 bis 18 Uhr auftreten. Der Gasverbrauch am Wochenende ist deutlich geringer. Bemerkenswert ist ein hoher Grundlastverbrauch in den Nachtstunden am Wochenende, der durch Reinigungsvorgänge und der Kesselgrundlast erklärbar ist.

Der Jahresgang des Stromverbrauchs ist maßgeblich geprägt durch die Kälteerzeugung, deren Anteil am Stromverbrauch in den Sommermonaten nahezu 40% beträgt. Eine Abhängigkeit von der Produktionspalette ist nur schwach erkennbar. Der durchschnittliche monatliche Stromverbrauch beträgt in den Sommermonaten ca. 420.000 kWh. In den Wintermonaten liegt der durchschnittliche monatliche Stromverbrauch trotz elektrischer Beheizung der Bürocontainer bei ca. 360.000 kWh. Der Stromverbrauch beträgt werktags in der Zeit von 8 bis 17 Uhr durchschnittlich 750 kWh, die Lastspitze beim Stromverbrauch tritt von 13 bis 14 Uhr mit ca. 800 kWh auf. Der Verlauf des Stromverbrauchs am Wochenende ist von 6 bis 20 Uhr konstant, die durchschnittlichen Verbrauchswerte liegen bei ca. 480 kWh und damit deutlich unter dem Verbrauch an Werktagen. Samstags erfolgt die Milchannahme bis ca. 18 Uhr. Die Grundlast an Strom ist am Wochenende und insbesondere in den Nachtstunden, gemessen am Tagesdurchschnitt, als hoch anzusehen. Verbraucher sind neben der Kälte- und Druckluftversorgung die Rührwerken und Pumpen sowie witterungsbedingt auch die Elektroheizung der Container.

Aus der von der Andechser Molkerei Scheitz GmbH bezogenen Jahresenergiemenge Gas und Strom wurden die Anteile der verwendeten Energieträger ermittelt. Erdgas ist zu 65,5% am Endenergieverbrauch beteiligt, Strom hat einen Anteil von 34,5%.

Der Energieeinsatz führt zu CO₂-Emissionen von insgesamt 2.580 Tonnen für das Jahr 1999, wenn die für den Freistaat Bayern geltenden Werte von 167 g CO₂ pro erzeugter kWh und für Erdgas von 200 g CO₂/kWh zugrundegelegt werden. Bezogen auf den Bundesdeutschen Strommix von 648 g CO₂ pro erzeugter kWh ergeben sich weitaus höhere CO₂-Emissionen von insgesamt ca. 4.860 Tonnen für das Jahr 1999.

Meßprogramm

Ziel der Messungen, die im Februar 2000 durchgeführt wurden, war die Analyse des Wärme- und Stromverbrauchs des Betriebs und die Ermittlung des spezifischen Energiebedarfs für die wichtigsten Produktgruppen (Milch, fermentierte Frischprodukte, Weichkäse, Schnittkäse).

Als problematisch stellte sich die Aufteilung des Wärmeverbrauchs auf die einzelnen Fertigungsschritte dar, da die Versorgung über ein zentrales Dampfnetz erfolgt. Um eine Analyse des Energieverbrauchs auf ein Produkt zu ermöglichen, mußten die Produktionsprozesse im Meßzeitraum entzerrt werden. Da sich der Produktionszyklus wiederholt,

wurden die Messungen kontinuierlich nacheinander aufgenommen. Die versorgungstechnischen Einrichtungen wurden hinsichtlich Verbrauch und angegebener Wirkungsgrade überprüft.

Die Ergebnisse der Messungen lassen sich, bezogen auf die Versorgungstechnik und die Produktionstechnik, wie folgt zusammenfassen.

- Versorgungstechnische Einrichtungen:
 - Der bestimmte Wirkungsgrad des Kessels liegt nahe dem theoretischen Wirkungsgrad.
 - Die elektrische Leistungsaufnahme großer elektrischer Verbraucher entspricht den angegebenen Nennleistungen. Der Anteil der Kältekompressoren am Elektroenergieverbrauch des Molkereibetriebes beträgt mehr als ein Drittel.
 - Bei der Drucklufterzeugung bzw. beim Druckluftnetz wurden hohe Stillstandsverluste festgestellt.
- Produktionstechnik:
 - Die an den Wärmetauschern im Maschinenraum angegebenen Wirkungsgrade konnten meßtechnisch bestätigt werden.
 - Die Abfüll-, Verpackungs- und Reinigungsanlagen haben einen relativ hohen Energiebedarf. Der Stromverbrauch bei der Abfüllung hängt vom verwendeten Gebinde (Eimer, Glas, Tüte, Becher) ab. Bei der Milchtüten-Packmaschine, der Glas- und der Eimerwaschmaschine treten Abwärmeströme auf, die sich energetisch nutzen lassen.
 - Die Glasbecher für die Joghurtbefüllung und die dazugehörigen Deckel werden nach der Reinigung einer Sterilisation mit Dampf unterzogen. Auch bei diesem Produktionsschritt besteht ein Potential zur Abwärmenutzung.

Potentiale und Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur rationellen Energieverwendung

Die Bestandsaufnahme hat gezeigt, daß die Anlagen zur Energieversorgung und zur Produktion in der Andechser Molkerei Scheitz GmbH dem Stand der Technik entsprechen. Dennoch wurden eine Reihe von Einzelmaßnahmen zur Optimierung des Energieverbrauchs und zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes identifiziert.

- **Bauliche Maßnahmen**

Neben den vorgesehenen baulichen Maßnahmen zum Umbau der Milchlieferung und zur Errichtung eines Verwaltungsgebäudes wurden energetisch relevante bauliche Maßnahmen am Kühllager und den Eiswasserspeichern identifiziert. Um das Einsparpotential abschätzen und gezielte Sanierungsmaßnahmen festlegen zu können, sind jedoch weitere Untersuchungen des wärmeschutztechnischen Zustands der Gebäudehülle bzw. der Speicherdämmung notwendig.

- **Optimierungsmaßnahmen in der Versorgungstechnik**

Einsatz eines Economisers

Durch den Einsatz eines Economisers bei der Dampferzeugung kann ein Teil der Energie der Abgase zurückgewonnen und zur Speisewasservorwärmung genutzt werden. Mit der Abkühlung der Abgase von 220°C auf 130°C im Economiser wird eine thermische Leistung von 86,9 kW zurückgewonnen. Damit ist eine Erhöhung der Temperatur des gesamten zugeführten Speisewassers um 42 K möglich.

Druckluftversorgung

Mit einer verbesserten Wartung des Druckluftnetzes sowie dem Einbau selbsttätig schließender Absperrarmaturen, die bei Stillstand einer Anlage diese vollständig vom Druckluftnetz trennen, sollte eine Reduzierung der Leckverluste auf ca. 8 % erzielt werden. Dadurch wird die erforderliche Verdichterarbeit um ca. 62.400 kWh/a verringert.

Durch eine Druckspreizung im Netz läßt sich das obere Druckniveau in den Behältern um 1 bar auf 8 bar absenken und somit etwa 8 % der Verdichterarbeit einsparen.

Die beim Betrieb der Kompressoren anfallende Abwärme aus Kompressoröl und Kuhl-luft wird derzeit an die Umgebung abgegeben. Durch Einsatz einer Wärmerückgewinnungsanlage, z. B. mit einem kaskadenförmig verschalteten Wärmeüberträgersystem kann die Abwärme auf ein Temperaturniveau von 60 bis °C gebracht und somit für Heizzwecke nutzbar gemacht werden. Bei einer elektrischen Antriebsleistung von 75 kW sind somit ca. 279 MWh/a an Wärmeenergie rückgewinnbar. Für den vorgesehenen Neubau eines Bürogebäudes und die Umstellung auf eine Warmwasserheizung kann der Wärmebedarf vollständig mit der rückgewonnenen Abwärme der Kompressoren gedeckt werden. Zur Angleichung der zeitlichen Verläufe von Wärmeangebot und -bedarf ist ggfs. ein Pufferspeicher vorzusehen.

Kälteanlagen

Mit einer Optimierung der Kälteanlagen hinsichtlich Zustand und Wartung der Kondensatoren lassen sich rund 3 % der Verdichterarbeit, ca. 55.400 kWh/a, einsparen.

Mit einer Erhöhung der Verdampfertemperatur um 2 K kann eine Einsparung von 8 % der elektrischen Verdichterarbeit erzielt werden, dies bedeutet für die vorhandenen Anlagen eine Einsparung von 147.800 kWh/a.

Medienleitungen

Bei einer großen Anzahl von Rohren zur Verteilung von Medien mit hoher (Dampf, Warmwasser) bzw. niedriger (Eiswasser) Temperatur war keine Wärmedämmung vorhanden, so dass Verluste durch Wärmeabgabe bzw. -aufnahme auftraten. Aufgrund der Ergebnisse dieser Betriebsanalyse und der durchgeführten Messungen wurden mittlerweile längere Rohrleitungsstrecken im Betrieb wärmeisoliert.

- **Optimierungsmöglichkeiten in der Produktionstechnik**

Eimerwaschmaschine

Die Erwärmung des der Eimerwaschmaschine zur Spülung zugeführten Frischwassers erfolgt bisher mittels direkt in das Wasserbad eingeleiteten Dampf. Für die Erwärmung des Wasserbades kann der Abdampfstrom der Deckelsterilisation verwendet werden. Die in einem Wärmeüberträger nutzbare Leistung kann die gesamte in der Eimerwaschmaschine erforderliche Wärmemenge abdecken. Es ergibt sich ein Energieeinsparpotential von etwa 6,5 MWh/a.

Glaswaschmaschine

Durch den Einsatz eines Rekuperators, in dem die Wärme der Spritzlauge auf die letzte Vorweichzone vor dem Hauptlaugenbad übertragen wird, lassen sich ca. 20 % der Wärmeenergie einsparen. Für die in der Andechser Molkerei Scheitz GmbH betriebenen Maschine sind das ca. 89 MWh/a.

Wird neben der vorhandenen Wärmedämmung des Laugenbades eine Volldämmung der Maschine vorgenommen, lassen sich ca. 15 % der benötigten Heizenergie einsparen. Für die vorhandene Maschine sind das ca. 67,0 MWh/a.

Durch regelmäßige Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen läßt sich die Frischwassereinspritzung entsprechend des vorhandenen Flaschendurchsatzes optimieren. Bei einer Reduzierung der Frischwassereinspritzung um 0,5 m³/h werden 76,5 MWh/a an Heizwärme eingespart.

CIP-Anlage

Die Reinigungslauge für die zentrale CIP-Anlage wird in drei Stapelbehältern mit je ca. 2,5 m³ Inhalt bei einer Temperatur von 85 °C vorgehalten. Die Dämmung der drei Behälter mit einer 30 mm dicken Polyurethan-Hartschaumschicht erbringt eine Einsparung von 32,4 MWh/a an Wärmeenergie. Die Wärmeabgabe in die Produktionsstätte kann damit um ca. 80 % reduziert werden.

- **Organisatorische Maßnahmen**

Einführung eines Energiemanagements

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

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

Strom-Lastmanagements.

Neben der verstärkten Nutzung von Niedertarifzeiten (NT) bietet der Abbau von Spitzenlasten das wesentlichste Einsparpotential beim Elektroenergiebezug. Ziel sollte sein, mit Hilfe eines rechnergesteuerten Lastabwurfsystems die maximale Bezugsleistung um 110 kW zu reduzieren.

Produktionsplanung

Die Möglichkeiten zur Optimierung der Energiemengen und -Kosten, u. a. durch eine entsprechende Produktionsplanung, sollten analysiert werden. Wenn es gelingt, Produktionsprozesse mit relativ hohem elektrischen Leistungsbedarf außerhalb der Spitzenlastzeiten zu verlegen, ohne neue Bedarfspitzen zu erzeugen, kann der Leistungspreis für den Elektroenergiebezug deutlich reduziert werden. In der Andechser Molkerei Scheitz GmbH ist der Zeitraum nach 19.00 Uhr bis 8.00 Uhr des darauffolgenden Tages für die Aufnahme verlagelter Produktionsprozesse geeignet.

Optimierung des Wartungs- und Instandsetzungskonzepts

Die Ergebnisse der Betriebsanalyse zeigen, daß das Wartungs- und Instandsetzungskonzept der Andechser Molkerei Scheitz GmbH aus energetischer Sicht optimiert werden kann. Dies betrifft die regelmäßige Inspektion sowie zustandsabhängige Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten am Druckluftsystem, an der Kälteanlage und an der Glaswaschmaschine.

Technische, wirtschaftliche und ökologische Bewertung der Energieeinsparmaßnahmen

Als Fazit der technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Bewertung von energetischen Verbesserungsmaßnahmen ergeben sich für eine Realisierung folgende Prioritäten:

- Optimierung des Wartungs- und Instandsetzungskonzepts der Druckluft- und der Kälteanlagen
- Einsatz eines Economizers zur Speisewasservorwärmung
- Isolierung von Medienleitungen
- Einsatz eines externen Wärmerekuperators Glaswaschmaschine
- Einführung eines Lastabwurfsystems

Die Wärmerückgewinnung aus der Druckluftherzeugung sollte im Zusammenhang mit dem geplanten Neubau eines Verwaltungsgebäudes erfolgen.

Der Einsatz eines Blockheizkraftwerks sollte bei der mittelfristig vorgesehenen Errichtung einer Energiezentrale berücksichtigt werden.

Es bieten sich ferner folgende Tätigkeiten an:

- Einführung eines Energiemanagementsystems
- Untersuchung des Kühltowers auf eventuell vorhandene wärmetechnische Schwachstellen.

8 *Abkürzungs- und Literaturverzeichnis, Begriffe*

Abkürzungen

BHKW	Blockheizkraftwerk
BML	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
BVE	Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie e.V.
CIP	Cleaning in place. CIP ist ein Prozeß, bei dem die Reinigungs- und Desinfektionslösungen im Kreislauf zirkulieren
CO ₂	Kohlendioxid
Nm ³ /d	Normkubikmeter/Tag
StBA	Statistisches Bundesamt
ZMP	Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH

Begriffe

Baktofugieren	besondere Form des Separierens, wobei spezifische Formen von Mikroorganismen aus der Milch entfernt und abgetötet werden
Elopak	Milchtüten-Packmaschine
Eiswasser	gekühltes Süßwasser mit Temperaturen ± 0 bis $+0,5^{\circ}\text{C}$
Entrahmen	Entrahmen (Separieren, Zentrifugieren) ist das mechanische Trennen der Milch in Rahm und entrahmte Milch durch Zentrifugalkräfte
Kaltwasser	Gemeindewasser, Temperatur 6 bis 10°C
Milchbearbeitung	Aufbereitung der Rohmilch einschließlich der Wärmebehandlung
Milchverarbeitung	Qualitätsgerechtes Herstellen und Verpacken von Milchprodukten und/oder Erzeugnissen aus bearbeiteter Milch
Pasteurisieren	Thermisches Abtöten von Mikroorganismen bei Temperaturen $<100^{\circ}\text{C}$
Warmwasser	Temperatur $> 30^{\circ}\text{C}$

Literatur

- [L 1] Energiebericht Bayern 1998/99
Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, München
- [L 2] Milch & Markt Informationsbüro, Bonn
www.milch-markt.de
- [L 3] Optimising Refrigeration in the Brewery, Alan Couch, March Consulting Group
Proceedings 1. Brewnet Forum, 22. Bis 24.09.97, Freising Weihenstephan
- [L 4] Technologie der Milchverarbeitung, Edgar Speer,
Hrsg.: Behr's Verlag Hamburg, 1997, ISBN 86022-223-3 HC
- [L 5] Handbuch der Milch- und Molkereitechnik, Prof. Martin Hermann et. al.,
Hrsg. Alfa Laval Food Engineering AB, Lund (S), 1992, ISBN 3-7862-0071-8
- [L 6] Review of Energy Efficient Technologies in the Refrigeration Systems of the
Agrofood Industry. THERMIE Programme Action No. I 185, 1995
- [L 7] Hackensellner, Th.; Penschke, A.: Energietechnische Untersuchungen an einer
Flaschenreinigungsmaschine. Der Weihenstephaner, Nr.2, 1997, S.109-112
- [L 8] n.n: Einsatz von Energie-Rückgewinnungssystemen bei der Flaschenreinigung.
Brauwelt, Nr.41, 1997, S.1892-1893
- [L 9] n.n: Handbuch für die Reinigung von Mehrweg-Glasflaschen.
Hrsg.: VLB - Verlag, Berlin, 1997:
- [L 10] Molitor, B.: Nutzen der Wärmedämmung bei Flaschenreinigungsmaschinen, in:
Brauindustrie Nr.7, 1992
- [L 11] Statistisches Bundesamt, Daten 1998
- [L 12] Energiekonzept für Branchen der Ernährungsindustrie- Auswertung einer
bundesweiten Unternehmensbefragung, Dr. Jörg Meyer, EUTech GbR, Aachen
www.bve-online.de
- [L 13] ETSU: The application of computers to energy management in industry.
Thermie programme action N° I101. European Commission DG Energy