



Rationelle Stromanwendung in milchverarbeitenden Betrieben¹

U. Leis, T. Münzer, E. Tönsing²

0 Zusammenfassung

Die Energieanwendungstechnik in milchverarbeitenden Betrieben ist geprägt durch den Einsatz von Brennstoffen zur Bereitstellung von Prozesswärme für thermische Verfahren. Trotz des energietechnischen Schwerpunktes bei der Wärmeanwendung bestehen in Molkereien Potentiale zur rationelleren Anwendung elektrischer Energie.

Elektrische Energie findet in allen Produktionsbereichen zur **Kälteerzeugung** und für Antriebe (**Pumpen, Druckluftkompressoren**) sowie als Hilfsenergie für die Mess/Steuer/Regel-Technik und Automatisierung Anwendung. Die Kälteanwendung in Produktionsprozessen und für die Raumklimatisierung bildet einen Verbrauchsschwerpunkt für elektrische Energie zusammen mit den Antrieben für die Homogenisiermaschinen und Separatoren.

Effektive Möglichkeit, die Stromkosten zu reduzieren, ist die Anpassung des Strombezugsvertrages an die Gegebenheiten. So amortisieren sich Investitionen in eine Blindstromkompensation häufig schon innerhalb eines Jahres.

Ohne größere Investitionskosten lassen sich Stromeinsparungen um mehr als 50 % erreichen, wenn unter Berücksichtigung der Produkthanforderungen **von Vollhomogenisierung auf Teilhomogenisierung** umgestellt wird.

Die Strukturen von Wärme- und Strombedarf bei milchverarbeitenden Betrieben eignen sich für die Anwendung der **Kraft-Wärme-Kopplung**, mit der sich meist Kostenreduzierungen sowie Primärenergie-Einsparungen erzielen lassen. Typische Kapitalrückflusszeiten bei KWK-Anlagen liegen bei etwa 6 Jahren, doch muss bei einem Vergleich der Amortisationszeiten berücksichtigt werden, dass Energieerzeugungsanlagen und Energiewandler eine höhere Nutzungsdauer als Produktionsanlagen aufweisen.

¹ Die Erstellung dieses Fachartikels wurde vom Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg im Rahmen der Initiative "Energie effizient nutzen Schwerpunkt Strom" finanziell gefördert.

² U. Leis, T. Münzer: MKL Ingenieurgesellschaft, München
E. Tönsing: Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe

1 Stromverbrauch in der milchverarbeitenden Industrie

Milchverarbeitende Betriebe können zwei unterschiedlichen Gruppen zugeordnet werden: Molkereien, welche die gesamte Palette der Milchprodukte bzw. einen Großteil davon erzeugen (Mischbetrieb) und Betriebe, die wenige Spezialprodukte herstellen, wie Käsereien und Trockenwerke zur Milchpulverherstellung (Monobetrieb). Die durchschnittliche Betriebsgröße liegt in Baden-Württemberg bei 100 Mitarbeitern. Ca. 25 % des Endenergieeinsatzes für Molkereien und Käsereien in Baden-Württemberg entfallen auf elektrische Energie. Die verbleibenden 75 % verteilen sich zu gleichen Teilen auf die Brennstoffe Öl und Gas. Ca. 1/3 der elektrischen Energie wird zur Kälteerzeugung eingesetzt; die nächstgrößere Verbrauchergruppe bilden die Separatoren und Homogenisiermaschinen.

Der Gesamtenergieverbrauch eines milchverarbeitenden Betriebes erreicht in den Sommermonaten seinen Maximalwert. Gründe hierfür sind das erhöhte Milchangebot und die höheren Außentemperaturen im Sommer, die einen höheren Kältebedarf für die Milchkühlung verursachen.

Für den gesamten Energieverbrauch der milchverarbeitenden Industrie in Deutschland ergibt sich bei der Auswertung von statistischen Daten der folgende Trend: Der spezifische Stromverbrauch steigt leicht an, während der spezifische Verbrauch an Brennstoffen fallend ist. Zurückzuführen ist diese Entwicklung einerseits auf die zunehmende Mechanisierung und Automatisierung im Produktions- und Abfüllbereich, andererseits wirkt sich der zunehmend rationellere Wärmeeinsatz in energieoptimierten Produktionsanlagen aus. Der seit Mitte der 70er Jahre nur wenig veränderte spezifische Einsatz elektrischer Energie deutet auf eine abgeschlossene Entwicklung hin. In Zukunft ist daher nur mit einer leichten Zunahme des spezifischen Bedarfes durch weitere Automatisierung der Anlagen zu rechnen.

In Tabelle 1 ist der spezifische Stromverbrauch bei der Herstellung verschiedener Milchzeugnisse aufgeführt.

Tabelle 1: Spezifischer Stromverbrauch bei der Herstellung verschiedener Milchzeugnisse

Stromverbrauch inkl. Vertrieb und Verwaltung je 1000 kg Rohstoffeinsatz:	
Edamer Käse (40 % F.i.Tr)	23,6 kWh
Magermilchpulver	30,2 kWh
Trinkmilch	35,3 kWh
H-Milch	48,4 kWh
Butter	54,4 kWh
Fruchtjoghurt	56,8 kWh

Quelle: Jobsky, 1987

2 Potentiale der Stromkosteneinsparung

In den meisten Betrieben liegt der Schwerpunkt in der Wärmeanwendung, deshalb wird der rationellen Stromanwendung vielfach zu wenig Beachtung geschenkt. Die Verbrauchsschwerpunkte für elektrische Energie sind abhängig von der Produktionsstruktur des Betriebes, sie sind weniger deutlich ausgebildet als bei den thermischen Prozessen in einer Molkerei. Die universell einsetzbare elektrische Energie findet Anwendung in allen Produktionsbereichen einer Molkerei.

Die Möglichkeiten der rationellen Stromanwendung sind in Betrieben der Milchverarbeitenden Industrie zumeist nur durch eine betriebspezifische Ist-Zustands-Analyse zu identifizieren.

Allgemeine Einsparpotentiale liegen in der regelmäßigen Kontrolle, Wartung und Instandhaltung der elektrischen Betriebsmittel. Die Einrichtung von Messstellen ermöglicht eine objektive Kontrolle der Energieverbräuche und schafft die Basis für eine Zuordnung der Verbrauchsdaten zu den einzelnen Produktionsbereichen. Darauf aufbauend kann die Überwachung der Spitzenlast und im nächsten Schritt die Einrichtung eines Energiemanagements erfolgen. Ein Energieanalysator ermöglicht die mobile Durchführung von Stichproben und regelmäßigen Kontrollen von elektrischen Anlagen und Verbrauchern.

Fallbeispiel: Strombezugsverträge als Kosteneinsparungspotential [Wörsdörfer 1995]

Einsparmöglichkeiten bei Strom können durch die Wahl der günstigsten Vertragsform und Preisregelung inkl. eventueller Rabatte erreicht werden. Wichtige Details sind die Niedertarif-Zeit, Niedertarif-Preis, Wochenendschaltung, Blindstromberechnung, Spitzenzeiten und Saisonregelungen.

In einer Molkerei fielen zusätzliche Stromkosten von 6.000,- DM/a infolge fehlender Blindstromkompensation an (bezogene Blindarbeit 300.000 kVarh/a, Blindarbeitspreis 3 Pf/kVarh, Leistungsfaktor $\cos \Phi = 0,555$). Eine Blindstromkompensation amortisierte sich bei Investitionskosten von 6.500,- DM in etwas mehr als einem Jahr.

Kälteanlagen – Prozesskühlung

Eiswasseranlagen bieten über ihre Speicherfähigkeit die Möglichkeit zur Senkung der HT-Spitzen durch deren Betrieb in der NT-Zeit. Damit verbunden ist eine Kosteneinsparung beim Bezug elektrischer Energie, der im Tagesverlauf gezielt zu bestimmten Zeiten erfolgen oder ausgeschlossen werden kann. Zu prüfen ist allerdings, ob einzelne Verbraucher wirklich mit Eiswasser gekühlt werden müssen oder ob Kühlwasser genügt. Bei vielen Abkühlungsvorgängen wird bereits bei einer Produkttemperatur von 30 bis 40 °C auf Eiswasser umgeschaltet, so dass durch veränderte Steuerung der Umschalttemperatur Energieeinsparung erzielbar ist.

Kostensenkende und energiesparende Maßnahmen bei Eiswasseranlagen sind:

- Vergrößerung der Kondensatorflächen
- Anpassung der Solezirkulationsmenge an den tatsächlichen Verbrauch
- Anpassung des Soleförderdruckes an die Verbrauchsstellen.

Weitere Einsparungen an elektrischer Energie bei der Eiswassererzeugung können durch den Einsatz eines Eiswasservorkühlers bzw. den Einsatz eines Prozesskühlers (Eiswasservorkühler mit eigener Kälteerzeugungsanlage) erfolgen. Die Vorteile einer **Eiswasservorkühlung** liegen in einer besseren Leistungsziffer durch eine höhere Verdampfungstemperatur. Weiterhin kann die Verfügbarkeit der Speicherkapazität zeitlich gesteuert werden. Der eigentliche Eisspeicher kann damit ein geringeres Volumen aufweisen, was mit einem geringeren Platzbedarf und niedrigerem elektrischen Energiebedarf sowie einer geringeren Kältemittelfüllmenge einhergeht.

Die Vorteile eines **Prozesskühlers** sind in einer Verbesserung der Leistungsziffer, in einer guten Anpassungsfähigkeit an den tatsächlichen Eiswasserbedarf (Teillastverhalten) und in einer Kapazitätserweiterung ohne Eingriff in die vorhandene Kälteerzeugungsanlage zu sehen. Darüber hinaus weist der drehzahlgeregelte Schraubenverdichter in stehender Bauweise einen niedrigen spezifischen Platzbedarf sowie einen geringen Blindleistungsbedarf aufgrund des frequenzgeregelten Antriebs auf.

Homogenisiermaschinen

Mit der Teilhomogenisierung lassen sich ca. 60% der bei Vollhomogenisierung eingesetzten elektrischen Energie einsparen. Der durch Milchstromteilhomogenisierung erzielte Homogenisierungseffekt entspricht voll den Produkthanforderungen, so dass sich ohne größere Investitionskosten Stromeinsparungen erreichen lassen.

Leitungsisolierung

Produktleitungen in Molkereien sind erfahrungsgemäß selten isoliert, da nicht ummantelte Rohrleitungen besser zu reinigen sind. Durch Verwendung problemlos zu reinigender Isolierungen unter Berücksichtigung der Verschmutzungsanfälligkeit bei der Leitungsführung können jedoch Wärmeverluste vermieden werden ohne dass bei der Hygiene Abstriche gemacht werden müssen.

Stromeinsparung durch Wärmerückgewinnung

In Molkereien gibt es verschiedene Aggregate, die bisher mit einem Kühlkreislauf versehen sind und die sich zur Wärmerückgewinnung eignen: Kompressoren, bei denen das verdichtete Medium – Luft bei den Druckluftherzeugern bzw. NH_3 bei den Kältemaschinen – gekühlt werden. Wenn die Wärme des Kühlkreislaufes über einen Kühlturm abgegeben wird, reduziert die Nutzung der Abwärme auch den Stromverbrauch, da dann die Benutzungsstunden der Umwälzpumpe zum Kühlturm und des Ventilator reduziert werden.

Fallbeispiel: Nutzung der Abwärmepotentiale

In einer großen Molkerei sorgte ein Kühlkreislauf mit Kühlturm für die Kühlung der Kälte- und Druckluftkompressoren und für die Vor- und Zwischenkühlung in der Produktion. Das Kühlwasser wurde den Abnehmern mit etwa 20 bis 25⁰C zugeführt und um 5 bis 10 K aufgewärmt.

Ziel einer Optimierung des Wärmerückgewinnsystems war die Erhöhung der Austrittstemperatur aus den zu kühlenden Aggregaten, ohne die Funktion der Aggregate einzuschränken. So wurde die Abwärme für die Produktion, Warmwassererzeugung oder Heizzwecke nutzbar und musste nicht über die Kühltürme an die Umgebung abgegeben werden.

Unter dem Strich konnten jährlich 11.000 MWh Wärme und 185 MWh Strom (für Umwälzpumpe und Ventilator) eingespart werden, d. h. jährlich verringerte Energiekosten um ca. 400.000 DM/a. Es konnte bei einer Investitionssumme von ca. 1 Mio. DM eine Kapitalrückflusszeit von weniger als drei Jahren erreicht werden.

Trocknungsanlagen

Zur Trocknung eingedampfter Milch kommen zwei Techniken zur Anwendung – die Walzen- und die Sprühtrocknung. Die Trocknung mit Walzen (120 – 165 °C) benötigt nur etwa die Hälfte der Energie pro kg verdampften Wassers verglichen mit der Trocknung im Sprühturm (165 – 205 °C). Die Pulverqualität bei der Sprühtrocknung ist hinsichtlich der Körnigkeit und des Geschmacks besser und gleichmäßiger. Bei Trocknungsanlagen existiert ein erhebliches Potential zur Abwärmenutzung.

Folgende Maßnahmen für eine Abwärmenutzung an einem Sprühturm sind möglich:

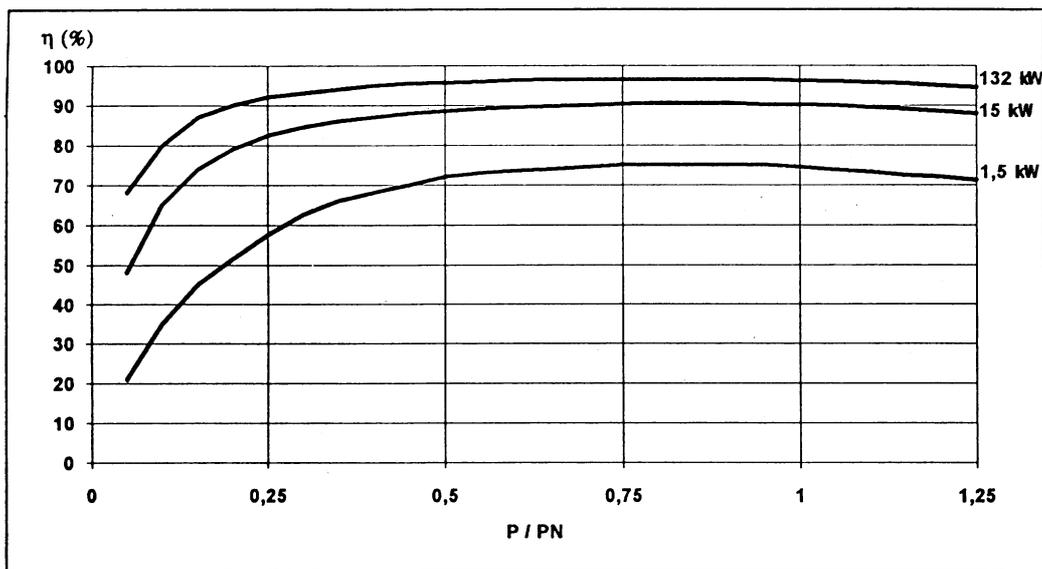
- Luft-Luft-Wärmetauscher: Erhitzung der Eintrittsluft mit der Abluft über einen Wärmetauscher
- Nutzung der Abluft als Verbrennungsluft für den Dampfkessel
- Milchkonzentratwäscher: Ein Teilstrom der Milch wird vor dem Verdampfer einem Abluftwäscher zugeführt. Hier wird die Milch in der Abluft aus dem Sprühturm versprüht. Ein Teil des Wassers verdunstet und wird mit der Abluft abgeführt. Die Temperatur des Teilstromes erhöht sich durch Wärmeaustausch mit der heißen Abluft. Ca. 80 % des Milchpulvers in der Abluft werden in der versprühten Milch gelöst. Auf diese Weise können ca. 7 % Energie im Eindampfer eingespart werden.

Antriebe

Insbesondere im unteren Leistungsbereich von 1 bis 15 kW ist bei elektrischen Antrieben häufig eine Überdimensionierung der Antriebe anzutreffen (Landwehr, 1996). Eine Anpas-

sung an den tatsächlichen Bedarf erhöht den Wirkungsgrad und den Leistungsfaktor und senkt somit den Strombedarf. In Abbildung 1 sind in Abhängigkeit von der relativen Belastung die Wirkungsgrade von vierpoligen Normmotoren mit den Bemessungsleistungen 1,5 kW, 15 kW und 132 kW gezeigt. Im Bereich halber und voller Last ist der Wirkungsgrad nahezu unverändert. Der Austausch eines nur teilweise ausgenutzten Motors rechnet sich damit ab einer Belastung unter ca. 50 %.

Abbildung 1: Wirkungsgrad vierpoliger Normmotoren in Abhängigkeit von relativen Belastung



Quelle: Greiner, 1994

Fallbeispiel: Kühlwasserpumpe

In einer großen Molkerei werden die installierten Druckluftkompressoren durch zwei Kühlwasserpumpen mit je 22 kW_{el} versorgt. Die Kompressoren waren nur zu etwa 60 – 70 % in Betrieb, trotzdem waren die Pumpen ständig in Betrieb. Eine Umrüstung der Kühlwasserumwälzpumpen (Drehzahlregelung und automatische Absperrung) hätte sich in 8 Jahren amortisiert.

Drehzahlveränderbare Antriebe bieten sich in Molkereien für den Antrieb von Milch- und Rahmpumpen sowie bei der Milchtrocknung am Sprühturm für den Antrieb der Prallscheibe und der Förderpumpen an. Anwendungsbedingt können damit erhebliche Mengen an elektrischer Energie eingespart werden.

Druckluft

Nur ca. 5 % der zur Druckluftherzeugung eingesetzten Energie sind in der Druckluft gespeichert, der Rest fällt in Form von nutzbarer Abwärme an (Kreisel, 1996). Die Überwachung des Druckluftleitungsnetzes auf Undichtigkeiten und deren Beseitigung sowie die bedarfsgerechte Auslegung (Druckniveau) und Betrieb der Druckluftanlage reduzieren den Stromverbrauch für die Bereitstellung von Druckluft.

Beleuchtung

Die Beleuchtung der Produktionsräume beansprucht nur wenige Prozent des gesamten Stromverbrauchs. Durch eine tageslichtabhängige sowie bedarfsgerechte zeitliche Steuerung der Beleuchtungseinrichtungen kann der Stromverbrauch gesenkt werden (Tönsing, 1996).

Kraft-Wärme-Kopplung

Die Kraft-Wärme-Kopplung ist die klassische Maßnahme zur Verringerung des Primärenergieeinsatzes für die Erzeugung mechanischer und thermischer Energie. Für die Kraft-Wärme-Kopplung kommen Dampfkraftanlagen der verschiedensten Ausführungen und Verbrennungskraftmaschinen (Otto-, Dieselmotoren sowie Gasturbinen) in Frage. Welcher Anlagentyp unter den Bedingungen des jeweiligen Betriebes der wirtschaftlichste ist, hängt von einer Reihe von Parametern ab, z.B.

- Investitionskosten
- Betriebskosten
- Brennstoffkosten
- Benutzungsdauer
- gefordertes Temperaturniveau
- Verhältnis zwischen Strom- und Wärmebedarf

Zwei Hauptbereiche bieten sich für den Einsatz einer KWK in einer Molkerei an – die Dampferzeugung und die Trockenluftherhitzung. Im allgemeinen ist der elektrische Leistungsbedarf in milchverarbeitenden Betrieben wesentlich größer als die Eigenstromerzeugung, so dass eine Stromrücklieferung nicht erfolgt.

Bereich Dampferzeugung:

Dampf wird im Bereich der Produktion auf verschiedenen Druckstufen benötigt. Die Dampfversorgung erfolgt überwiegend zentral mit einheitlichem Druck für die gesamte Molkerei. Der Dampfbedarf weist folgende Merkmale auf:

- Spitzen zu Beginn und am Ende des Produktionszyklus aufgrund von Sterilisation und Reinigung
- moderat schwankender Bedarf während der Produktionszeiten
- geringer Bedarf außerhalb der Produktionszeiten (Wochenenden).

Anlagen mit geeigneter Charakteristik für eine Kraft-Wärme-Kopplung erreichen bis zu 8.000 Vollaststunden pro Jahr. Im Wirtschaftlichkeitsvergleich weist in vielen Fällen die KWK-Variante Gasturbine und Abhitzeessel attraktive Amortisationszeiten (bis zu 6 Jahre) auf.

Bereich Trocknungsanlage:

Aufgrund der hohen geforderten Trockenlufttemperaturen (230 °C) scheidet Niederdruckdampf aus einer Entnahme- oder Gegendruckturbine als Heizmedium für die Trockenluft aus. Die Brennkammer oder das Dampfheizregister zur Trockenlufterwärmung kann durch eine Gasturbine ersetzt werden, deren Abgase über einen Wärmetauscher die Trockenluft erwärmen. Zur Erzielung eines möglichst flexiblen Betriebs sollte die Anlage mit einem Bypass-Schornstein, einem Flächenbrenner und einem Frischlüfter ausgerüstet werden. Wirtschaftlichkeitsvergleiche zeigen für diese Anlagenvariante Amortisationszeiten auf, die im Bereich der KWK-Variante mit Gasturbine für die betriebliche Dampfversorgung liegen (ca. 6 Jahre).

Die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung mit Absorptionskältemaschinen kommt für Molkereibetriebe nur bedingt in Frage. Zur Bereitstellung von Eiswasser würde das Arbeitsstoffpaar $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ benötigt. Absorptionsanlagen mit diesem Stoffpaar werden nicht standardisiert angeboten; sie weisen lange Lieferzeiten und hohe Investitionskosten auf. Es ergeben sich daher zumeist keine akzeptablen Amortisationszeiten.

Eine Alternative zum elektrischen Antrieb der Kälteverdichter bei Kompressionskälteanlagen besteht im Antrieb des Kälteverdichters mit einem Verbrennungsmotor, eventuell im Rahmen einer Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlage. Die Motorabwärme kann hierbei in das betriebliche Wärmenetz eingespeist werden.

3 Beratung und Fördermöglichkeiten

Die Arbeitsüberlastung technischer Betriebsabteilungen kann sinnvoll durch den Einsatz externer Dienstleister kompensiert werden. Somit können mit externem Know-how wichtige Projekte z.B. im Energiebereich ohne die Gefahr der "Betriebsblindheit" aufgegriffen und realisiert werden.

An wen soll man sich aber wenden, wenn eine externe, herstellerneutrale Beratung als sinnvoll erscheint? Einige wesentliche Beratungsvermittlungsinstitutionen sind in der Tabelle 1 genannt; und dazu noch ein Hinweis, dass guter Rat nur halb so teuer als gedacht sein kann:

- **Energieeinsparberatungen** werden auch mit öffentlichen Geldern gefördert: Der Zuschuss beträgt 40 % der Beratungskosten; höchstens jedoch 3200,- DM je Beratung und maximal 6400,- DM pro Antragsteller innerhalb eines Zeitraums von fünf Jahren. Die Beratung muss dazu bis zum 31.12.2000 begonnen werden. Rechtlich selbständige Unternehmen aus den Bereichen der gewerblichen Wirtschaft (Umsatzgrenze 30 Mio. DM) und der wirtschaftsnahen Freien Berufe (Umsatzgrenze 2 Mio. DM)

können förderungsfähige Beratungen nur von selbständigen Beratern oder Beratungsunternehmen durchführen lassen, die die für den Beratungsauftrag erforderlichen Fähigkeiten besitzen. Näheres erfährt der Leser bei den in der Tabelle genannten Institutionen oder über das Bundesamt für Wirtschaft (BAW; <http://www.bawi.de>), Eschborn. Auf der Internetseite des BAW findet sich auch die detaillierte Förderrichtlinie des Programms (<http://www.bawi.de/downloads/beratri.pdf>).

Tabelle 1: Energieberatungs- und -vermittlungsinstitutionen in Baden-Württemberg (Auswahl; Stand Oktober 1999)

Beratungsstelle	Ansprechpartner	
	Name	Telefon
Landesgewerbeamt Baden-Württemberg Informationszentrum Energie Willi-Bleicher-Str. 19 70174 Stuttgart	Herr Bouse	0711/123-2522 (Fax -2649)
Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg Griesbachstr. 10 76185 Karlsruhe	Herr Bunk	0721/98471-13 (Fax -20)
Landesinnungsverband der elektrotechnischen Handwerke Baden-Württemberg Voltastr. 12 70376 Stuttgart	Herr Mayerl	0711/95590666 (Fax 551875)
VEA – Bundesverband der Energie-Abnehmer e. V. Geschäftsstelle Wiesbaden Kreuzberger Ring 21 65205 Wiesbaden	Herr Wörsdörfer	0611/9748-428 (Fax -100)
Großabnehmerverband Energie Baden-Württemberg Breitlingstr. 35 70184 Stuttgart	Herr Rudolf	0711/23725-20 (Fax -99)
RKW Baden-Württemberg, Rationalisierungs- Kuratorium der Deutschen Wirtschaft e. V. Königstr. 49 70173 Stuttgart	Herr Kowollik	0711/22998-33 (Fax -10)
Ingenieurkammer Baden-Württemberg Energie- und Umweltberatung Zellerstr. 26 70180 Stuttgart	Herr Pfaus	0711/64971-21 (Fax -55)
Örtliche Energieversorgungsunternehmen		
Industrie- und Handelskammern, örtliche Handwerkskammern		

Für einen finanziellen Anreiz zur Sanierung von Anlagen kommt das **ERP-Energiesparprogramm** in Frage:

- Antragsberechtigt sind Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft mit einem Jahresumsatz bis zu 1 Mrd. DM. Das Vorhaben muss geeignet sein, die Wettbewerbs- und Leistungsfähigkeit des Unternehmens zu steigern. Anträge, die vor Beginn des Vorhabens eingereicht werden müssen, sind auf einem Formblatt über die Hausbank an die Deutsche Ausgleichsbank zu richten. Die Förderung besteht aus einem zinsgünstigen Darlehen (ein jeweils am Markt angepasster Zinssatz von z. B. 5,25 % p.a., Auszahlung: 100 %, Laufzeit: 15 Jahre mit 2 tilgungsfreien Anlaufjahren (Stand. 20.9.1999); aktuelle Konditionen über den Faxabruf der DtA unter 0228/831-3300 oder die WEB-Seite der DtA <http://www.DtA.de>). Die maximale Förderung beträgt 0,5 Mio. EURO pro Vorhaben.

4 Literatur

- VDI Berichte 675, VDI-GET: Rationelle Energietechnik in der Lebensmittelindustrie, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1988
- Spreer, E.: Technologie der Milchverarbeitung. VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1988
- Arnold, B.: Energieeinsparungen in Molkereien, Seminar Milchwirtschaftlicher Verein Baden-Württemberg e.V. in: Milchwirtschaft 16/95
- Greiner, H.: Energiesparende Elektromotoren, in: Elektro-Automation Nr. 12, 1994
- FfE, MKL: Wärmenutzungskonzept für einen bestehenden milchverarbeitenden Betrieb, Teilbericht 4. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, FfE München, MKL Ingenieurgesellschaft, München, 1993
- FfE, ISI, IKE: Möglichkeiten zur Umstrukturierung der Energieversorgung in Baden-Württemberg unter besonderer Berücksichtigung der Stromversorgung, Materialband III. Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München; ISI, Karlsruhe; IKE, Stuttgart, 1987
- Jobsky, Th.: Der industrielle Stromverbrauch im Jahr 2000, KFA Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologie Entwicklung, 1987
- Ersing, M.: Wärmenutzungskonzept für ein sächsisches Milchwerk, in: Energieanwendung + Energietechnik, Heft 10, Oktober 1992
- Flaschar, W. et al.: Untersuchung zur Optimierung der Energiebedarfdeckung in Molkereien, Lehrstuhl und Laboratorium für Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik, TU München, 1975
- Kreisel, K.; Jochem, E.: Druckluft rationell erzeugen und nutzen. Fachartikel im Rahmen der Initiative "Energie effizient nutzen – Schwerpunkt Strom", Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 1996.
- Landwehr, M.: Stromsparen bei elektrischen Antrieben. Fachartikel im Rahmen der Initiative "Energie effizient nutzen – Schwerpunkt Strom", Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 1996.
- Reitler, W.: Konduktive Erwärmung von Nahrungsmitteln, Dissertation, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik, TU München, 1990
- Rudolph, M.; Rosenbauer, G.; Traub F.: Betriebserfahrungen mit einer Versuchsanlage zur induktiven Erwärmung fließfähiger Nahrungsmittel. Vortrag im Rahmen des energiewirtschaftlichen Seminars des Lehrstuhls für Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik der TU München, 26.6.1995
- Tönsing, E.: Stromsparende Beleuchtungssysteme – mehr Licht für weniger Kosten. Fachartikel im Rahmen der Initiative "Energie effizient nutzen – Schwerpunkt Strom", Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 1996.
- Wörsdörfer: Strom- und Gasbezugsverträge als Kosteneinsparungspotential. In: Energieeinsparungen in Molkereibetrieben. Deutsche Milchwirtschaft (1995) 15, S. 787