Klima schützen – Kosten senken

Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe

KUMAS Kompetenzzentrum Umwelt

IHK Bayerischer Industrie- und Handelskammertag BIHK

EnergieRegion Nürnberg e.V.

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz

Augsburg, 2004 – ISBN 3-936385-52-1
1. Auflage 1– 40.000 (Aktualisierte Internetfassung Dez. 2005)

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160, 86179 Augsburg
Tel.: (08 21) 90 71 - 0
Fax: (08 21) 90 71 - 55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: http://www.bayern.de/lfu

Projektgruppe/ Bearbeitung/ Redaktion: Dipl.-Phys. Dr. Gerold Hensler, LfU
Dipl.-Ing. Dr. Josef Hochhuber, LfU
Dipl.-Ing. Bettina Schöpe, LfU
Dr. rer. nat. Norbert Ammann, IHK für München und Oberbayern
Dipl.-Ing. Horst Ramming, IHK für Oberfranken/Bayreuth
Dr.-Ing. Robert Schmidt, IHK Nürnberg für Mittelfranken / Energieregion Nürnberg e.V.
Dipl.-Ing. Egon Beckord, KUMAS

Layout: Typework Layoutsatz & Grafik GmbH, Augsburg
Druck: Pröll Druck u. Verlag GmbH & Co KG, Augsburg
Titelbild: Schweißer über Kopf arbeitend mit Schutzmaske
Zitiervorschlag: Bayer. Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): „Klima schützen – Kosten senken: Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe“, 1. Auflage, Augsburg, 2004

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) gehört zum Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV)

© Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg 01/2004

Gedruckt auf Recyclingpapier

Inhalt

Einführung 4
Bestandsaufnahme im Betrieb 6
Maschinen / Anlagen / Antriebe 8
Druckluftnutzung 10
Lüftung / Klimatisierung / Kühlung 12
Raumheizung / Prozesswärme / Warmwasser 14
Trocknungstechnik 17
Energiebereitstellung und Kraft-Wärme-Kopplung 18
Beleuchtung 20
Logistik 22
Energiemanagement 23
Wirtschaftlichkeit / Methoden der Investitionsrechnung 24
Energie-Contracting 25
Beratung und Förderung 26
Anhang 28
Literaturverzeichnis 30

Einführung

… eine Frage: Möchten Sie Ihre Energiekosten senken? Diese Frage klingt überflüssig – wer wollte das nicht! Doch die Erfahrungen des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz (siehe Kasten „Leitfäden zu effizienter Energienutzung“) und anderer Institutionen zeigen, dass Energieeinspar- und damit Kostensenkungspotenziale regelmäßig ungenutzt sind. Dies reicht vom Maschinenbaubetrieb, der im Jahr 50.000 € durch Beseitigung seiner Druckluftleckagen einspart, über den Kunststoffbetrieb, der die bisherige gleichzeitige Heizung und Kühlung in einer Halle vermeidet bis zum Lackierbetrieb, der durch günstigere Luftführung zwei Drittel der bisherigen Luftabsaugung einspart.

Viele Maßnahmen, mit denen die Potenziale sichtbar gemacht oder sogar schon umgesetzt werden können, setzen keine oder kaum Investitionen voraus und sind mit geringem Aufwand verbunden (z.B. Ermittlung und Beseitigung von Druckluftleckagen).

Für folgende Branchen und Anlagen hat das LfU bisher Leitfäden zu effizienter Energienutzung veröffentlicht:

- Glasindustrie (1997)
- Porzellanindustrie (1997)
- Hintermauerziegelindustrie (1998)
- Dachziegelindustrie (1998)
- Großbäckereien (2000)
- Molkereien (2000)
- Textilveredelungsindustrie (2000)
- Fleischverarbeitende Industrie (2001)
- Maschinenbauindustrie (2002)
- Kunststoff-verarbeitende Industrie (2002)
- Raumlufttechnische Anlagen (2002)
- Galvanikindustrie (2003)
- Papierindustrie (2003)

Bezugsmöglichkeiten im Literaturverzeichnis

Der vorliegende Leitfaden ist weder ein Roman, den man von vorne bis hinten liest, noch ein Lexikon, in dem man Informationen zu allen Fragen findet. Er soll vielmehr die typischerweise in Gewerbe und Industrie bedeutenden Energiebereiche darstellen und konkrete Energiesparhinweise geben, die sich bereits in anderen Betrieben bewährt haben. Über die hier genannten Ansatzpunkte hinaus kann es im einzelnen Betrieb eine Reihe weiterer Energiesparmöglichkeiten geben, die bei der Beschäftigung mit der Materie deutlich werden.

Energieverschwendung: Kann man Energie verbrauchen?

Physikalisch betrachtet geht das natürlich nicht. Energie wird nicht erzeugt oder verbraucht, sie wird nicht mehr oder weniger, sie wird nur umgewandelt. In der Praxis gibt es jedoch Energieformen, die sehr gut und für viele verschiedene Zwecke nutzbar sind, wie z. B. elektrischer Strom oder Prozessdampf auf hohem Temperatur- und Druckniveau, und solche, die weniger gut nutzbar sind, z. B. Wärme auf geringem Temperaturniveau. Mit der klassischen „Energieerzeugung“ ist daher meist die Umwandlung von z. B. chemisch gebundener Energie aus Kohle oder Öl in Strom gemeint. „Energieverbrauch“ ist dementsprechend die Nutzung von hochwertiger Energie unter Umwandlung z. B. in Abwärme. Wenn von einer hochwertigen Energieform mehr als wirklich nötig eingesetzt wird, verschwindet der Rest (Überschuss) zwar nicht, aber er wird in eine geringerwertige Energieform umgewandelt und damit entwertet. In diesem Sinne verstehen wir unter „Energieverschwendung“ die unnötige Entwertung von hochwertigen Energieformen.

Energiesparen: Klimaschutz ist Eigennutz!

Ein geringerer Energieverbrauch bedeutet in der Regel auch geringere Kosten, insofern nützt Energiesparen natürlich dem Energiesparer. Mit dem Energieverbrauch ist aber fast immer auch die Freisetzung von Kohlendioxid (CO_2) verbunden, da die wichtigsten Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas) zum großen Teil aus Kohlenstoff bestehen, der mit dem Luftsauerstoff reagiert. CO_2 wiederum ist das wichtigste anthropogene (durch den Menschen verursachte) Treibhausgas. Treibhausgase sorgen in der Erdatmosphäre dafür, dass die eingestrahlte Sonnenenergie verzögert zurückgestrahlt wird und die globale Durchschnittstemperatur langsam steigt.
Seit Beginn der Industrialisierung ist der CO_2-Gehalt in der Atmosphäre um über 30 % gestiegen, die Hälfte davon allein seit 1970. Besonders in den letzten drei Jahrzehnten beobachtet man auch eine deutliche Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur. Ein Zusammenhang zwischen dem Anstieg des CO_2-Gehaltes und dem beobachteten bzw. erwarteten Klimawandel mit häufiger auftretenden extremen Wetterereignissen wie Stürmen, Dürren und Starkniederschlägen mit Überschwemmungen gilt als sicher. Für den Schutz des Klimas ist es also dringend notwendig, die Menge an CO_2-Emissionen deutlich zu verringern. Internationale Vereinbarungen wie das Kyoto-Protokoll und Klimaschutzprogramme von Bund und Ländern versuchen hier ein Umsteuern zu erreichen. Das wichtigste Instrument zum Klimaschutz ist die effiziente Energieverwendung. Klimaschutz ist deshalb auch Eigennutz!

CO_2-Emissionshandel und Emissionsmonitoring

Am 01.01.2005 wird nach einer EU-Richtlinie der EU-weite Handel mit CO_2-Emissionszertifikaten beginnen. Diese Richtlinie wird durch das sog. Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG) in deutsches Recht umgesetzt. Zur Teilnahme an diesem Emissionshandel werden Betriebe der Branchen Energieumwandlung und -umformung, Eisenmetallerzeugung und -verarbeitung, Mineralverarbeitende Industrie und Papier-/Zellstoffindustrie verpflichtet sein. Das genaue Verfahren, nach dem die Emissionsberechtigungen (=Zertifikate) an die betroffenen Betriebe verteilt werden, wird bis Ende März 2004 im Nationalen Allokationsplan festgelegt. Doch schon vorher steht fest, dass Betriebe, die ihren Energieverbrauch und damit ihren CO_2-Ausstoß reduzieren können oder schon optimiert haben, Vorteile gegenüber solchen Betrieben haben werden, die mehr Energie verbrauchen. Für betroffene Betriebe wurde in Augsburg bei der Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft die Beratungsstelle für Emissionsrechtehandel BayCO_2 (www.bayco2.de) eingerichtet. Weitere Informationen erhalten Sie unter www.bmu.de/emissionshandel.

Ihren CO_2-Ausstoß können betroffene Betriebe bereits heute mit Hilfe eines CO_2-Monitoringprogramms ermitteln, das die Bayerische Staatsregierung und die vbw im Rahmen des Klimadialogs Bayern herausgegeben haben. Weitere Informationen finden Sie unter www.erm-li.de/monitoring. Die CD mit dem Computerprogramm und den zugehörigen Leitfaden können Sie kostenlos bestellen unter pressestelle@stmugv.bayern.de. Informationen über den Klimadialog Bayern finden Sie unter www.klima.bayern.de oder bei Ihrer IHK.

Bestandsaufnahme im Betrieb

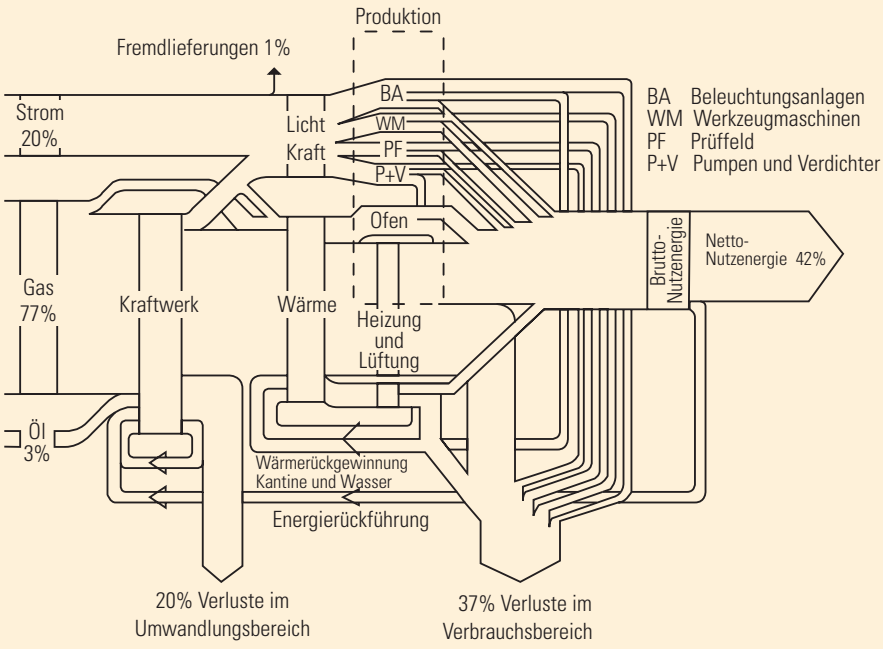
Nur wer seinen Betrieb kennt, kann auch Energie sparen. Erst wenn man die relevanten Energieverbraucher identifiziert hat, kann man sich auf die Bereiche konzentrieren, die eine hohe Energieeinsparung bringen oder unter Kostengesichtspunkten besonders interessant sind.

Istanalyse im Betrieb und Erstellung eines Energiekonzeptes

Bei gewachsenen Unternehmen fanden Erweiterungen oder Ersatzinvestitionen in der Vergangenheit oft in der Weise statt, dass z. B. Versorgungsleitungen einfach verlängert wurden. Durch ein Gesamtkonzept und eine Abstimmung der einzelnen Komponenten aufeinander könnte in diesen Fällen die Energieeffizienz eines Betriebes erheblich gesteigert werden.
Gerade bei Betriebserweiterungen oder erheblichen Investitionen sollten auch Neuentwicklungen der Maschinen-, Anlagen- und Energietechnik berücksichtigt werden. Anhand von Energiedaten lassen sich die Energieflüsse im Betrieb darstellen. Die Kenntnis der Energieverbräuche einzelner Abteilungen, Prozesse und Anlagen erlaubt dem Betrieb eine bessere Prozessüberwachung und Kostenkalkulation.

Datenbeschaffung im Betrieb

Im einfachsten Fall ergibt die Auswertung von Lieferscheinen und Rechnungen bereits einen Überblick über die Höhe und den zeitlichen Verlauf des Gesamtenergiebedarfs im Betrieb. Die genaue Ermittlung des zeitlichen Verlaufs und die Zuordnung des Energiebedarfs zu einzelnen Verbrauchern erfolgen durch Stromzähler, Wasserzähler, Wärmezähler, Gaszähler sowie durch Protokolle von Kaminkehrern und Prüfberichte von Messfirmen. Sind keine Zähler vorhanden, so kann der Energiebedarf einzelner Anlagen auch über Nennleistung, Durchschnittsleistung und Laufzeiten (Betriebsstundenzähler) abgeschätzt werden. Der Einbau von Unterzählern für Strom, Gas, Wärme und Wasser ist oft auch Voraussetzung für eine verursachungsgerechte Kostenzuweisung in der Produktion.



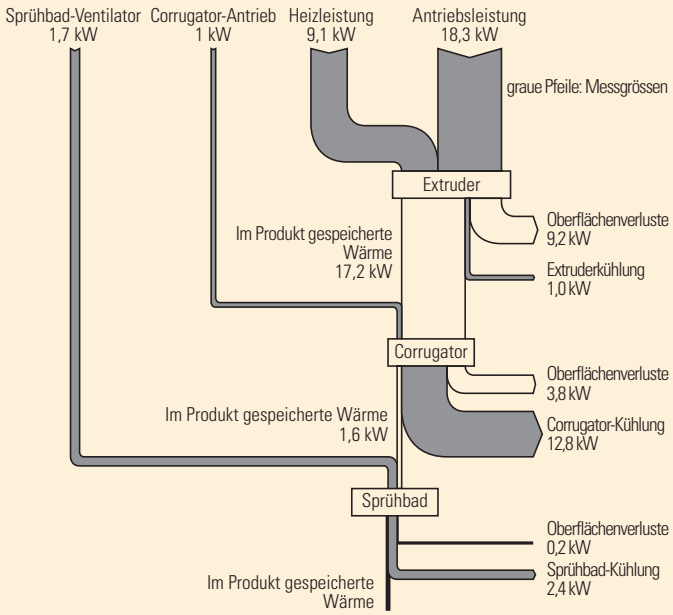
Grafiken:
Analyse und Darstellung der Energieversorgungs- und Energieverbrauchsstruktur eines ganzen Betriebes (links) und eines einzelnen Prozesses (rechts)

Energiekennzahlen

Kennzahlen kennt man aus vielen Bereichen der Wirtschaft. Beim sogenannten Benchmarking ermittelt man Zahlenwerte für Prozesse, Produkte oder Dienstleistungen und vergleicht diese mit denen des Wettbewerbsbesten oder zumindest mit dem Branchendurchschnitt. Energiekennzahlen sind Ausdruck für die Energieeffizienz, d. h. für den Energiebedarf je Bezugsgröße. Die Bezugsgröße kann z. B. durch Stückzahlen eines Produktes, eine bestimmte Dienstleistung, eine Menge verarbeiteten Materials oder den mit der Leistung erzielten Umsatz definiert sein. Typische Energiekennzahlen sind z. B. „Energiebedarf pro Liter H-Milch“ oder „Energiebedarf pro Tonne Rohaluminium“.

Energiekennzahlen sind ein Hilfsmittel

- zum Vergleich des eigenen Unternehmens oder Produktionsverfahrens mit anderen Unternehmen der Branche (Voraussetzung: Vergleichbarkeit des Produktes)
- zur Eigenkontrolle des Unternehmens bei Vergleich der Zahlen über einen bestimmten Zeitraum hinweg
- zum Planen, Steuern und Kontrollieren



Vergleich von Energiekennzahlen

Im Internet werden heute Programme angeboten, mit deren Hilfe ein Betrieb basierend auf branchenüblichen Energiekennwerten seinen Energieverbrauch beurteilen lassen kann. Eine Musterdiagnose ist z. B. unter www.meisterlich-energiesparen.de zum Preis von derzeit 105,– € erhältlich. Das Programm enthält Kennzahlen für ca. 40 Branchen. Die Musterdiagnose ist u. a. für Mitgliedsunternehmen des VDMA oder des VDA kostenlos.

Maschinen/Anlagen/Antriebe

Mehr als 2/3 des Stromverbrauches in der Industrie entfallen auf Elektromotoren, davon mehr als die Hälfte auf Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren. Sowohl bei der Neuanschaffung als auch beim Betrieb von elektrischen Antrieben gibt es Energiesparpotenziale ohne Leistungseinbußen.

PRAXISBEISPIEL

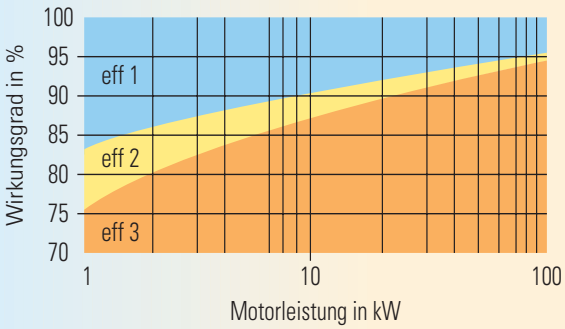
Neuentwicklung einer besonders energieeffizienten Umwälzpumpe für Heizungsanlagen

Herkömmliche Pumpen in Heizungsanlagen setzen nur etwa 10 bis 15 % der elektrischen Energie in Pumpleistung um. Seit kurzem gibt es von der Fa. Grundfos GmbH optimierte Umwälzpumpen, die mit einer um ca. 70 % geringeren Leistungsaufnahme die gleiche hydraulische Förderleistung erbringen. Möglich wurde dies durch sehr energieeffiziente Elektromotoren mit Permanentmagnet-Technologie und die dafür angepasste Weiterentwicklung der Pumpe und ihrer Steuerung. Die verbesserte Regelung der Pumpen für eine effektivere Anpassung an die Erfordernisse des jeweiligen Einsatzbereiches ermöglicht zusätzliche Energieeinsparung. Inzwischen stehen optimierte Umwälzpumpen für unterschiedliche Leistungsbereiche und Einsatzgebiete zur Verfügung. Nähere Informationen erhalten Sie unter:
www.wupperinst.org/FaktorVier/praxisbeispiele/umwaelzpumpe.html

Besonders effiziente Umwälzpumpe Grundfos Magna
Bild: Grundfos GmbH

Tipps

- Verwenden Sie möglichst Anlagen nach dem Stand der Technik. Viele Maschinen und Anlagen wurden in den letzten Jahren hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit und Energieeffizienz enorm weiterentwickelt. Gerade bei langen Betriebszeiten kann sich die Anschaffung einer Neuanlage mit verringerten Betriebskosten sehr schnell lohnen.



- Bei einem Standardmotor mit einer jährlichen Nutzungsdauer von 3.000 h entfallen weniger als 3% der Lebenszykluskosten auf die Anschaffung, über 95% aber auf den Energieverbrauch. Achten Sie insbesondere beim Neukauf von Maschinen und Anlagen auf die Verwendung von hocheffizienten Elektromotoren mit Energieeffizienzklasse eff1 (ggf. beim Anlagenhersteller nachfragen). Die möglichen Mehrkosten amortisieren sich je nach Laufzeiten nach wenigen Jahren.

- Bei wechselnder Last besteht ein hohes Energiesparpotenzial durch Verwendung von regelbaren (z. B. drehzahlgeregelten) elektrischen Antrieben.

- Achten Sie darauf, dass gering belastete Drehstrommotoren von „Dreieck-" auf „Sternschaltung" umgeschaltet werden, wenn die Auslastung des Motors häufig geringer als 1/3 der Nennlast ist.

- Maßnahmen zur Blindleistungskompensation sollten heute in jedem Betrieb allein schon aus Kostengründen selbstverständlich sein.

Auf den Typenschildern der Motoren sind folgende gesetzlich geschützte Logos vorhanden, die die Energieeffizienzklasse beschreiben

EFF 1 EFF 2 EFF 3

EFF 2

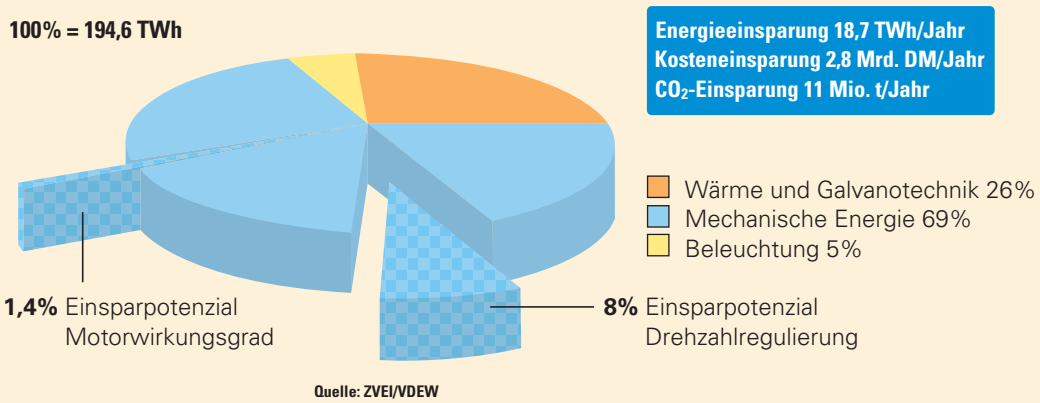
EFF 3

Energiesparmotoren drehen sich für Ihren Gewinn!
Bild: Siemens

Empfehlungen für regelbare elektrische Antriebe:

Antriebe bis 50 KW	• Gleichstromantriebe mit netzgeführtem Stromrichter • Drehstromantriebe mit Asynchronmotor und Pulsumrichter
Antriebe mit 50 – 1.000 KW	• Gleichstromantriebe mit netzgeführtem Stromrichter • Drehstromantriebe mit Asynchronmotor und Pulsumrichter • Drehstromantriebe mit Stromzwischenkreisumrichter
Antriebe über 1.000 KW (Hochleistungsantriebe)	*Ausführung genau passend für jeweilige Anwendung:* • Gleichstromantriebe • Drehstromantriebe mit Käfigläufer-Asynchronmotor • Drehstromantriebe mit Synchronmotor

Stromverbrauch und Einsparpotenziale in der deutschen Industrie 1997



Quelle: ZVEI/VDEW

Nach Berechnungen des ZVEI/VDEW liegt das Einsparpotenzial für elektrische Energie in der Industrie allein durch Drehzahlregulierung und Verwendung energieeffizienter Motoren bei fast 10%.

➥ Für Transformatoren und Gleichrichter gelten folgende Empfehlungen:
- Wählen Sie Anlagen mit den geringsten Leerlaufverlusten aus.
- Informieren Sie sich beim Betrieb von Gleichrichtern über die Möglichkeiten einer auf Ihren Betrieb zugeschnittenen Nachrüstung der Anlagen (z.B. Austausch von Selenplatten durch Siliziumdioden). Dies kann den Wirkungsgrad um 10–20% steigern.
- Stellen Sie die Anlagen in der Nähe der elektrischen Großverbraucher auf.
- Nutzen Sie die Abwärme für Heizzwecke, d. h. zur Erwärmung der Frischluft im Betrieb oder zur Brauchwassererwärmung.

➥ Schalten Sie nach Möglichkeit in Arbeitspausen besonders die energieintensiven Geräte und Anlagen ab.

➥ Verwenden Sie Zeitschaltuhren für regelmäßig wiederkehrende Abläufe oder Arbeitspausen.

➥ Betreiben Sie Hilfsmaschinen (z. B. Gebläse) nur, solange die Hauptmaschine arbeitet.

Weitere Informationen erhalten Sie beim Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., Fachverband Automation unter: www.zvei.org/antriebe

Druckluftnutzung

Bild: Kaeser

Druckluft ist ein Energieträger, der aufgrund seiner positiven Eigenschaften (sauber, leicht zu handhaben, flexibel einsetzbar, praktisch ungefährlich) in fast jedem Produktionsbetrieb eingesetzt wird und meist eine große Bedeutung für den Produktionsprozess hat. Etwa 7 % des industriellen Strombedarfs in Deutschland werden für die Bereitstellung von Druckluft aufgewandt. Eine im Jahr 2001 erschienene, im Auftrag der EU-Kommission durchgeführte Studie beziffert das Gesamtpotenzial der technisch und wirtschaftlich umsetzbaren Maßnahmen zur Energieeinsparung auf über 30 %. Betriebe mit einem Energiesparpotenzial von 50 % im Bereich der Druckluftnutzung sind keine Seltenheit.

Tipps für organisatorische Maßnahmen:

- Führen Sie regelmäßige Wartung der Anlagen durch. Wechseln Sie regelmäßig die Filter und achten Sie auf Leckagen im Leitungsnetz.
- Wählen Sie einen geeigneten Aufstellungsort für die Druckluftanlagen. Er sollte die Ansaugung ausreichender Mengen trockener, kalter (Nordseite), sauberer Luft gewährleisten und die Möglichkeit der Abwärmenutzung zur Lufterwärmung oder Warmwasserbereitung bieten.
- Halten Sie den Netzdruck möglichst gering. Benötigen einzelne Verbraucher ein höheres Druckniveau, kann ein eigenes Netz oder eine dezentrale Druckerhöhung sinnvoll sein.
- Verwenden Sie Druckluft nur für die fertigungstechnisch notwendigen Zwecke und nicht für Trocknung, Reinigung usw. Auch Schalter und Ventile lassen sich i. d. R. elektrisch effizienter bewegen als pneumatisch.
- Schaffen Sie eine eigene Kostenstelle für die Drucklufterzeugung zur Verbesserung der Datenlage und zur Erhöhung des Bewusstseins für den Kostenfaktor „Druckluft“.
- Kontrollieren Sie die Anlagen und Leitungen regelmäßig auf Leckagen. Sie können diese z.B. mit Ultraschallgeräten oder Sprays orten.

Tipps für technische Maßnahmen:

- Setzen Sie technisch optimierte Kompressoren nach dem Stand der Technik ein (z. B. Verwendung von Hocheffizienzmotoren und drehzahlvariablen Antrieben). Viele veraltete Kompressoren verursachen hohe Betriebskosten und gefährden die Versorgungssicherheit.
- Optimieren Sie die Auslegung der Druckluftstation: Der Einsatz mehrerer Kompressoren mit unterschiedlichen Leistungen und übergeordneter intelligenter Steuerung ermöglicht eine bessere Auslastung des einzelnen Kompressors.
- Achten Sie bei der Gestaltung des Leitungsnetzes zur Vermeidung von Druckverlusten auf Rohre mit ausreichendem Querschnitt, geringer Innenrauigkeit sowie weiten Bögen und Hosenstücken statt Knie- und T-Stücken.
- Bauen Sie besonders in der Nähe von Anlagen mit starken Verbrauchsschwankungen ausreichend große Druckluftspeicher ein.
- Verfahren Sie bei der Druckluftaufbereitung (Trocknung, Entölung) nach dem Prinzip „Soviel wie nötig – so wenig wie möglich“.
- Nutzen Sie die Kompressorenabwärme für Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung, am einfachsten, indem Sie die Kühlluft der Kompressoren in der Heizperiode als Frischluft für den Betrieb verwenden.

Kosten für Undichtigkeiten im Druckluftnetz:

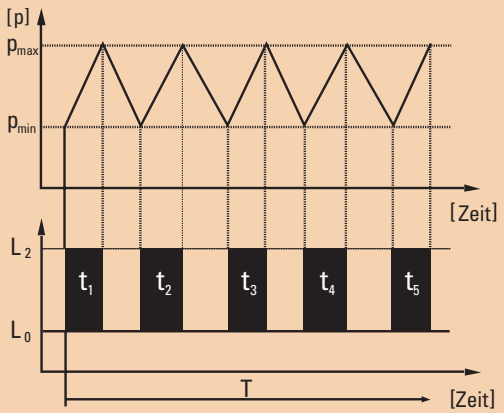
Lochdurchmesser tatsächliche Größe	mm	Luftverlust l/s bei 6 bar	Energieverlust pro Jahr bei 8.760 Std./a und 0,09 €/kWh KWh	€/kWh €
•	1	1,24	2.891	260,17
●	3	11,14	26.017	2.341,55
●	5	30,95	72.270	6.504,30
●	10	123,80	289.080	26.017,20

BayLfU 2004

Leckagebestimmung bei Druckluftanlagen

Für die Ermittlung von Druckluftleckagen stehen zahlreiche professionelle Dienstleister zur Verfügung. Eine erste Grobabschätzung der Leckageverluste können Sie i. d. R. aber auch einfach selbst durchführen. Sie erfolgt durch Einschaltdauermessung mit einem ausgewählten Kompressor des betroffenen Netzes. Diese Methode ist nur bei Kompressoren mit Aussetz- und Leerlaufbetrieb anwendbar. Die Bestimmung erfolgt zu einer betriebsfreien Zeit (z. B. am Wochenende), in der die Verbraucher zwar ausgeschaltet, jedoch unter Druck sind. Durch die Leckagen im System wird Druckluft verbraucht und der Netzdruck sinkt. Der Testkompressor muss die Leckageverluste immer wieder ersetzen.

Über eine bestimmte Messzeit t_M hinweg (z.B. eine Stunde – die Messzeit sollte aber mindestens fünf Schaltzyklen umfassen) werden die Einzellaufzeiten des Kompressors (t_1, t_2, …) gemessen und addiert. Über die Nennleistung des Kompressors wird damit die für Leckagen aufgewendete Energiemenge in dieser Stunde ermittelt. Über die jährlichen Betriebsstunden des Druckluftsystems kann auf den Energieverbrauch pro Jahr für Leckagen hochgerechnet werden. Dieser wird ins Verhältnis gesetzt zum gesamten gemessenen Stromverbrauch für die Druckluftkompressoren. Der Betrieb kann aus diesem Anteil der Leckageverluste am Energiebedarf der Drucklufterzeugung die Dringlichkeit von Sanierungsmaßnahmen ermitteln.



Beispiel:
Messzeit t_M = 60 min = 1 h
Gesamtlaufzeit des Testkompressors $t = t_1 + t_2 + \ldots$ = 20 min = 0,33 h
Nennleistung des Testkompressors: P_N = 180 kW
Jahresbetriebszeit des Druckluftnetzes: t_B = 5.000 h
Jährlicher Stromverbrauch aller Druckluftkompressoren des Netzes: W=1.000.000 kWh

$$\text{Leckagerate} = \frac{t * t_B * P_N}{t_M * W} = \frac{0{,}33\ \text{h} * 5.000\ \text{h} * 180\ \text{kW}}{1\ \text{h} * 1.000.000\ \text{kWh}} = 0{,}3 = 30\%$$

Erfahrungsgemäß liegen die Leckageverluste in zahlreichen Betrieben bei 30–50 %. In der Regel amortisiert sich daher der Aufwand zur Beseitigung von Leckagen innerhalb weniger Monate. Druckluftverluste sind in herkömmlichen Druckluftsystemen jedoch unvermeidlich. Die Maßnahmen zur Beseitigung der letzten kleinen Leckagen können irgendwann teurer sein als die erreichbaren Einsparungen.

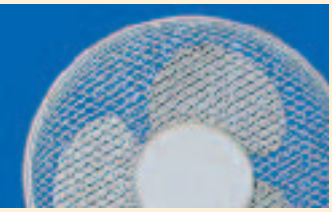
Leckageraten, die aus wirtschaftlichen Gründen toleriert werden sollten, sind:

Max. 5 % bei kleinen Netzen
Max. 7 % bei mittleren Netzen
Max. 10 % bei größeren Netzen
Max. 13–15 % bei sehr großen Netzen (z. B. Stahlwerke, Werften)

[Quelle: Druckluft-Kompendium, Ulrich Bierbaum, Verlag Marie Leidorf GmbH, 2. Aufl. 1999]

Weitere Hinweise zum Thema „Rationelle Druckluftnutzung" gibt es in zahlreichen Veröffentlichungen und auf den Internetseiten der vom LfU unterstützten Kampagne „Druckluft effizient" unter: www.druckluft-effizient.de

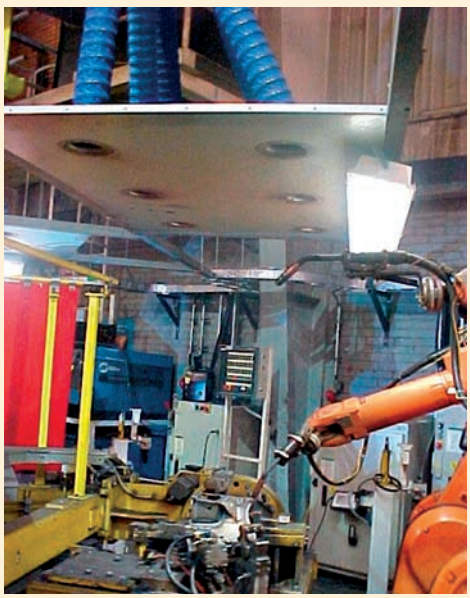
Wir unterstützen
Druckluft
effizient



Lüftung/Klimatisierung/Kühlung

Überall dort, wo die freie Lüftung (durch geöffnete Fenster o. ä.) nicht ausreicht, kommen Lüftungs- und Klimatisierungsanlagen zum Einsatz. Dies ist bei der überwiegenden Anzahl der Produktionsgebäude, aber auch in vielen Bürogebäuden der Fall. Neben der reinen Zuführung von Luft können auch die Luftbehandlungsfunktionen Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten gewünscht oder erforderlich sein. Anlagen, die mindestens zwei der genannten Luftbehandlungsfunktionen ausführen, werden als raumlufttechnische (RLT-) Anlagen bezeichnet. In Deutschland werden etwa 14 % des industriellen Stromverbrauchs für den Betrieb von Pumpen und Ventilatoren (letztere stellen das Herzstück jeder RLT-Anlage dar) aufgewandt. Gleichzeitig wird allein das Energieeinsparpotenzial des Systems „Ventilator" in der Industrie nach einer Studie des Fraunhofer Institutes für Systemtechnik und Innovationsforschung auf über 20 % beziffert.

Düsenplatte zur Absaugung an Schmelztiegeln. Düsenplatten bündeln bei der Absaugung im Vergleich zu herkömmlichen Absaugstutzen oder Absaughauben den Schadstoffstrom. Bei gleicher Schadstofferfassung sind daher viel geringere Luftabsaugmengen erforderlich. Auch durch (Teil)-Einhausung von Anlagen lassen sich in vielen Fällen die Absaugmengen stark reduzieren.
Bild: ThyssenKrupp HiServ GmbH



Absaugung bei Schweißrobotern in der Automobilindustrie
Bild: Herding GmbH Filtertechnik

Tipps:

- Setzen Sie RLT-Anlagen bedarfsorientiert (zeitlich, örtlich) und gezielt durch Steuerungs- und Regelungstechnik ein. Orientieren Sie die Dimensionierung am häufigsten Betriebszustand.
- Engen Sie das Anforderungsprofil nicht zu sehr ein. Lassen Sie möglichst große Toleranzen bzgl. der Sollwerte zu. Setzen Sie die Luftwechselrate nicht höher und das Kühltemperaturniveau nicht niedriger an als notwendig. Überprüfen Sie regelmäßig kritisch die Vorgaben.
- Warten Sie die Anlagen regelmäßig und achten Sie dabei besonders auf ausreichenden Filterwechsel.
- Achten Sie beim Einbau von Lüftungskanälen auf möglichst geringe Strömungswiderstände: Dimensionieren Sie Leitungsquerschnitte ausreichend und verwenden Sie z. B. Bögen statt Winkel. Verwenden Sie möglichst glatte Rohre statt Spiral- oder Wellrohrschläuchen.
- Achten Sie auf gute Wärmedämmung von Kanalsystemen und Leitungen für Heiz- und Kühlmedien.
- Setzen Sie v. a. bei Neuinvestitionen technisch optimierte Komponenten wie Hocheffizienzmotoren, drehzahlgeregelte Motoren, Pumpen und Ventilatoren nach dem Stand der Technik ein.
- Bevorzugen Sie bei Kupplungssystemen Direktantrieb vor Flachriemen vor Keilriemen.
- Verwenden Sie bei Lüftungssystemen Umluft, sofern die Luftqualität dies zulässt, bzw. beheizen Sie über die Luftführung Betriebsteile mit Luft aus Hallen mit Wärmeüberschuss.
- Setzen Sie nach Möglichkeit Kälte- und Wärmerückgewinnungsanlagen ein.
- Saugen Sie Schadstoffe bzw. Schadgase gezielt und effizient direkt am Entstehungsort ab. Das kann die zur Sicherstellung des Arbeitsschutzes notwendigen Luftabsaugmengen auf einen Bruchteil reduzieren.

Zur Prozesskühlung bietet sich die Nutzung von kaltem Grundwasser an, sofern die zuständige Wasserbehörde es zulässt und die Wasserqualität geeignet ist. Sie ist in der Regel die energiesparendste Variante und stellt das ganze Jahr über ein Kühltemperaturniveau von ca. 8 – 10 °C zur Verfügung. Bis zu einer Kühltemperatur von ca. 14 °C kommt als zweitbeste Variante die Kühlung mit Kühltürmen in Betracht.
Ist der Einsatz von Kältemaschinen notwendig, sollten Möglichkeiten der Abwärmenutzung geprüft werden.

Absorptions- und Adsorptionskälteanlagen

Wenn zu Zeiten von Kühlbedarf gleichzeitig erhebliche Abwärmemengen von mindestens 75 °C zur Verfügung stehen, kann die Nutzung von Adsorptions- und Absorptionskälteanlagen sinnvoll sein. Der Wärmeüberschuss kann im Sommer z. B. aus Produktionsprozessen, von einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage oder von einer Solarthermieanlage stammen (siehe auch Kapitel zu Kraft-Wärme-Kopplung). Im Dienstgebäude des LfU in Augsburg produziert eine Adsorptionskälteanlage aus dem Warmwasser der Solaranlagen Kaltwasser für den Laborbetrieb. Bei Adsorptionskälteanlagen liegen die Betriebskosten bis zu 70 % unter denen der herkömmlichen Kälteerzeugung.

PRAXISBEISPIEL

Grundwasserkühlung

Am Forschungs- und Innovationszentrum (FIZ) der BMW-Group in München wird Grundwasser aus den Sammel- und Verteilstollen der Münchener U-Bahn zu Kühlzwecken genutzt. Das 10 – 12 °C kalte Wasser wird über eine 4,6 km lange Leitung zum FIZ geleitet und mit 17 °C wieder rückgespeist. Bei dem vom Bundesumweltministerium geförderten Projekt werden jährlich 44 Mio kWh Kälte bei 5 MW Kälteleistung bereitgestellt. Dies entspricht im Vergleich zur Kühlung mit herkömmlichen Kompressionskältemaschinen einer Stromeinsparung von 7 Mio kWh.

Empfehlung: Grundwasserkühlung vor Kühltürmen vor Kältemaschinen

Teilabdeckung eines Prozessbades mit Luftabsaugung in der Galvanikindustrie. Durch die Teilabdeckung oder Einhausung eines Prozessbades kann die für den Arbeitsschutz erforderliche Menge abgesaugter Luft um mehr als die Hälfte verringert werden. Dies führt nicht nur zu geringerem Stromverbrauch der Ventilatoren, sondern wegen der reduzierten Zuluftmengen auch zu geringerem Heizwärmebedarf im Winter.
Bild: Thoma Metallveredelung GmbH

Kühlung und Klimatisierung von Büro- und Verwaltungsgebäuden

Aktive Kühlung und Klimatisierung von Büroräumen sind im Allgemeinen in unseren Breiten nicht notwendig, wenn Folgendes beachtet wird:

- Die Außenwände von Gebäuden sind möglichst gut zu dämmen. Vollwärmeschutz sollte heute eigentlich selbstverständlich sein.
- Meiden Sie die verbreitete, aber meist falsch verstandene vollflächige Fassadenverglasung. Sie führt fast immer zu hohen Wärmeverlusten im Winter und Überhitzung im Sommer. Auch Doppelfassaden aus Glas sind problematisch.
- Eine Massivbauweise des Gebäudes puffert im Sommer überschüssige Wärme ab. Bei Leichtbauweise eines Gebäudes kann Wärme nachts durch „Luftspülung" abgeführt werden.
- Die inneren Wärmelasten sind zu minimieren. Verwenden Sie z. B. Flachbildschirme statt Monitore oder nutzen Sie umgelenktes Tageslicht statt elektrischer Beleuchtung. Eine Übersicht energiesparender Bürogeräte finden Sie unter: www.energiesparende-geraete.de
- Geeigneter Sonnenschutz mit Streulichtdurchgang verringert den Wärmeeintrag.
- Fenster sind bei Hitze im Sommer geschlossen zu halten.
- Eine Wärmerückgewinnungsanlage kann durch seine Wärmetauscher auch die Frischluft im Sommer abkühlen. Auch die Ansaugung der Luft über Erdkanäle verringert den Wärmeeintrag.

Weitere Informationen zum Thema Stromeinsparung in Bürogebäuden liefert die LfU-Broschüre ***„Bürogebäude – viel sparen mit weniger Strom".***

Raumheizung/Prozesswärme/Warmwasser

Der größte Teil des betrieblichen Energieverbrauchs entfällt auf die Bereitstellung von Wärme, und zwar nicht nur für Produktionsprozesse, sondern zum großen Teil auch zur Gebäudebeheizung. Wegen der z. T. erheblichen Abwärmeströme in der Produktion und des oft gemeinsamen Wärmenetzes werden Raumwärme und Prozesswärme in diesem Leitfaden zusammen betrachtet.

Tipps:

- Gute Wärmedämmung von Betriebsgebäuden, Leitungen und Ventilen spart nicht nur Energie, sondern verbessert auch den Komfort durch Vermeidung unnötiger Wärmelasten v. a. im Sommer.

Vorbildliche Wärmedämmung an Leitungen und Armaturen des Warmwassernetzes
Bild: Thorey Textilveredelung GmbH

- Achten Sie auf die richtige Dimensionierung und Auslegung von Heizkesseln. Da Heizungsanlagen im Teillastbetrieb unwirtschaftlich sind, sollten sie nicht überdimensioniert sein. Moderne Brennwertkessel erreichen den höchsten Wirkungsgrad allerdings bereits unterhalb der Volllast. Mögliche Betriebserweiterungen sind bei der Planung zu berücksichtigen.

- Sorgen Sie nach Möglichkeit für eine Vorwärmung der Verbrennungsluft, z. B. durch Nutzung warmer Abluft aus dem Betrieb oder durch Ansaugen der Luft aus dem Kesselhaus.

- Benutzen Sie – falls möglich – Heißwasser statt Dampf als Wärmeträger. Der Einsatz von Dampf als Wärmetransportmedium ist mit hohen Umwandlungsverlusten verbunden und auch bei Temperaturen über 100 °C vielfach nicht nötig. Auch mit Heißwasserheizungen können unter Druck Temperaturen bis über 120 °C erreicht werden.

- Überprüfen Sie die geforderten Prozesstemperaturen kritisch und koppeln Sie ggf. einzelne Prozesswärme-Verbraucher mit hohem Temperatur- oder Dampfdruckniveau vom allgemeinen Wärmenetz ab.
  Bei einzelnen Prozessen mit besonders hohen erforderlichen Temperaturen kann eine Einzelbeheizung sinnvoll sein.

- Besonders bei Neuanschaffungen sollte auf gute Wärmedämmung wärmeführender Anlagen und Deckelung warmer Prozessbäder (Abkühlung durch Verdampfung) geachtet werden.

- Schließen Sie offene Fenster, soweit sie nicht für Lüftungszwecke erforderlich sind, und bringen Sie an Halleneinfahrten automatische Schnellverschlusstore an.

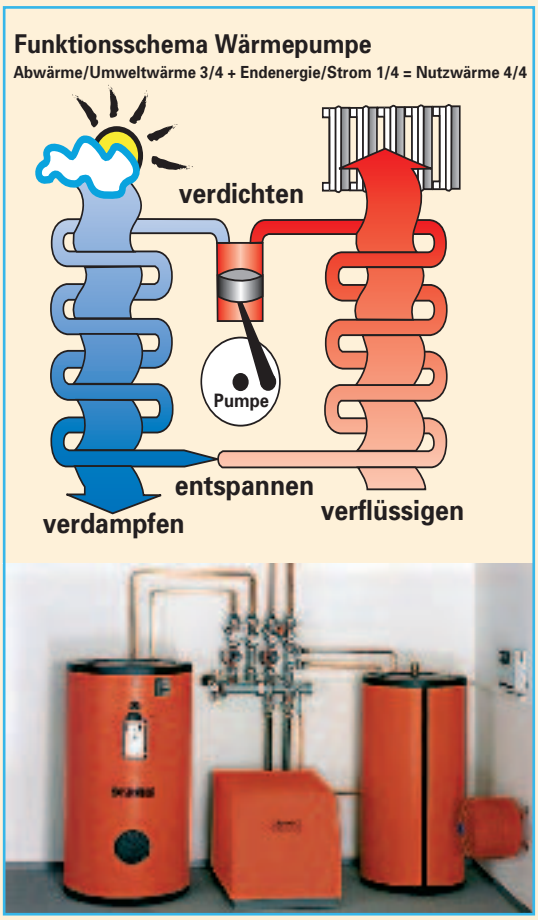
- Vermeiden Sie besonders in Bürogebäuden während der Heizperiode das Dauerlüften mit gekippten Fenstern. Es führt zu hohen Wärmeverlusten und wegen des geringen Wassergehaltes der kalten Außenluft zu einer starken Austrocknung der Raumluft. Beim sogenannten Stoßlüften von 3–5 Minuten mit weit geöffneten und möglichst gegenüberliegenden Fenstern kann die Luft ohne große Wärmeverluste ausgetauscht werden.

Wärmedämmung – Kann man ein Gebäude zu Tode dämmen?

Auch heute noch halten sich hartnäckig Vorurteile, nach denen Mauerwerk erstickt, das mit Vollwärmeschutz gedämmt ist und dass die Herstellung von Hartschaum oder Mineralwolle mit unverhältnismäßig hohem Energieaufwand verbunden ist. Richtig ist, dass gute Dämmung die Wände optimal schützt und ein behagliches Innenklima ohne Schimmelprobleme bewirkt. Der Energieaufwand für die Herstellung von Dämmmaterialien wird durch die Dämmwirkung bereits in 1–2 Jahren wieder eingespart. Unter rein ökologischen Aspekten wäre nach einer aktuellen Studie die optimale Dämmstärke sogar 50–100 cm.

PRAXISBEISPIEL

Bei der Papierfabrik Gebr. Lang GmbH in Ettringen ergab sich durch die geschickte Nutzung von Abwärmeströmen in der Produktion eine jährliche Energieeinsparung von über 75 Mio kWh Wärme. Die wirtschaftlichen Amortisationszeiten lagen dabei in einer Größenordnung von einem Jahr.



Funktionsprinzip und Installationsbeispiel einer Wärmepumpe
Grafik/Bild: CD-ROM „Energiewelten", Dimplex Thermotechnik GmbH

- Schließen Sie nach Möglichkeit Niedertemperatur-Wärmeverbraucher (z. B. Duschen) an den Rücklauf des Wärmeverteilungssystems an.
- Nutzen Sie die Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung aus Abgasströmen zur Luftvorwärmung für andere Prozesse. Achten Sie bei der Installation von Wärmetauschern auf die für die jeweilige Luftqualität notwendige Korrosionsbeständigkeit.
- Nutzen Sie warme Überschussluft in anderen Betriebsgebäuden. Warme saubere Luft kann in bestimmten Fällen aus Betriebsteilen mit Wärmeüberschuss in nahe gelegene Gebäude mit Heizbedarf geleitet werden und dort abgesaugte Abluft ersetzen. Ein integriertes Betriebs-Energiekonzept ist zur Identifikation derartiger Potenziale hilfreich.
- Nutzen Sie die Abwärme von Kompressoren, Transformatoren und Gleichrichtern für Gebäudeheizung und Warmwasser.

Luft/Luft-Wärmetauscher zur Vorwärmung der Frischluft mit Wärme aus der Abluft *Bild: Thorey Textilveredelung GmbH*

- Bei dezentralem Warmwasserbedarf kann der Betrieb von Warmwasserboilern vor Ort sinnvoll sein.
- Vermeiden Sie eine Überheizung von Gebäuden, wie sie gelegentlich z. B. bei Verwendung von nicht regelbaren Heizkörpern auftritt. Eine Verringerung der Durchschnittstemperatur um 1 °C bedeutet eine Heizkostenersparnis von 6 %. Auch eine Nacht- und Wochenendabsenkung der Raumtemperaturen reduziert den Heizwärmebedarf.

Weitere Informationen zu energiesparendem Bauen finden Sie z. B. unter:
www.impulsprogramm.de
www.bine.info

Betriebsgebäude der Fa. SurTech in Zwingenberg Das im Jahr 2002 fertiggetellte Gebäude ist die bundesweit erste Fabrik nach Passivhauskonzept. Dank guter Wärmedämmung liegt der Heizwärmebedarf 90% unter dem vergleichbarer Gebäude. Eine besondere Herausforderung war das Lüftungskonzept, das die in der chemischen Industrie erforderlichen Luftwechselraten gewährleisten muss. *Bilder: Zimmer*

Trocknungstechnik

Trocknungsprozesse sind in Industrie und Gewerbe weit verbreitet und v.a. dann besonders energieaufwändig, wenn Wasser oder Lösungsmittel verdampft werden müssen. Dies wird durch folgende Energiedaten für Wasser deutlich:

Erwärmung und Verdampfung von 1 Eimer (10 l) Wasser:

Energie zum Erwärmen von 10 kg Wasser von 0 °C auf 100 °C:	1,2 kWh
Energie zum Verdampfen von 10 kg Wasser bei 100 °C:	6,3 kWh

Tipps:

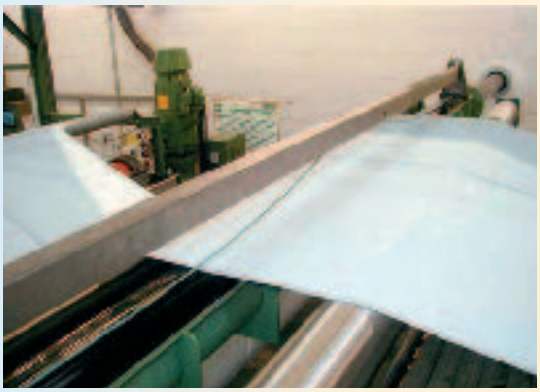
- Betreiben Sie mechanische statt thermischer Flüssigkeitsabtrennung. Mechanische Trocknungsverfahren (Zentrifugen, Abquetschbalken, Vakuumabsaugung, Kammerfilterpressen u. ä.) sollten soweit wie möglich der Verdampfung von Flüssigkeit vorgezogen bzw. vorgeschaltet werden. Hierzu gehört auch, dass bei der Konstruktion von Teilen darauf geachtet wird, dass an den Werkstücken keine Vertiefungen oder Taschen entstehen, in denen Spülwässer stehen bleiben und aufwändig entfernt werden müssen.

- Optimieren Sie Trocknungstemperatur und -feuchtigkeit. Häufig werden thermische Trocknungsanlagen mit einem unnötigen Überschuss an Trocknungsluftmenge betrieben. Eine möglichst genaue Anpassung an die prozessspezifischen Erfordernisse kann oft erhebliche Mengen Energie einsparen. Moderne Trocknungsanlagen verfügen über die Möglichkeit, die Trocknungsluft feuchtigkeitsgeregelt (Feuchtefühler im Abgas) zu dosieren.

- Sorgen Sie für Wärmedämmung und Kapselung der Trocknungsaggregate. Diese sollten wegen ihrer hohen Betriebstemperaturen durch Wärmedämmung und durch Deckel/Schleusen vor Wärmeverlusten geschützt werden. Dies schafft auch ein angenehmeres Raumklima für die Beschäftigten.

- Prüfen Sie, ob bei Neuanschaffung direktbeheizte Trocknungsanlagen eingesetzt werden können. Bei der indirekten Beheizung der Anlagen mit Strom, Heißdampf oder Warmwasser treten erhebliche Umwandlungs- und Verteilungsverluste auf. In direktbeheizten Trocknungsaggregaten wird das heiße Abgas eines Gasbrenners praktisch verlustfrei laufend in die Umluft der Trockenkammer zugeführt und ein beladener Teilstrom ausgeschleust.

- Prüfen Sie Verfahrensalternativen der Trocknung (Vakuumverdampfung, Druckverdampfung, usw.). In den letzten Jahren wurden neue Verfahren entwickelt, bei denen insbesondere durch Druckveränderung (Vakuum, Überdruck) der Trocknungsprozess beeinflusst und an die speziellen Bedingungen angepasst werden kann. Bei richtigem Einsatz können hier Energieverbrauch und Trocknungszeit positiv beeinflusst werden.



Vakuumsaugbalken zur Vortrocknung von Stoffbahnen in der Textilindustrie
Bild: Envirotex GmbH

- Prüfen Sie Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung. Mit Wärmetauschern in der Trocknungsabluft lässt sich oft ein Teil der Trocknungswärme zurückgewinnen. Interessant ist ggf. auch die Rückgewinnung der latenten Wärme. Zu achten ist dabei aber auf die Eignung und Korrosionsbeständigkeit der Wärmetauscher.

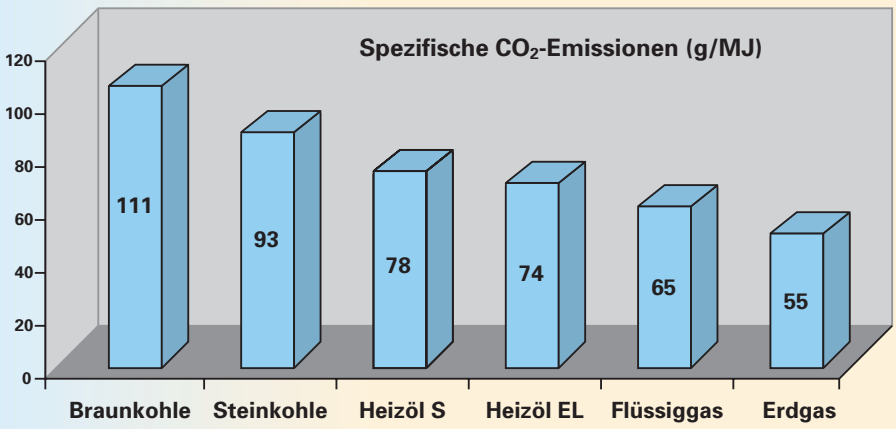
Im Anhang des Leitfadens ist ein Mollier-Diagramm (hx-Diagramm) für feuchte Luft enthalten, mit Hilfe dessen viele Fragen zu Luftfeuchtigkeit, Trocknungstechnik und Energieaufwand geklärt werden können.

Energiebereitstellung
und Kraft-Wärme-Kopplung

Die Bereitstellung von Energie, insbesondere die Auswahl des Energieträgers, hat erheblichen Einfluss auf die CO_2-Emissionen des Betriebes. Neben den direkten Kosten des jeweiligen Energieverbrauchs kann dies auch im Hinblick auf den künftigen CO_2-Emissionshandel von wirtschaftlicher Bedeutung für den Betrieb sein.

Tipps:

- Wenn Sie Ihre Energieträger frei auswählen können, entscheiden Sie sich für solche mit geringen CO_2-Emissionen. Erdgas als Brennstoff verursacht unter den fossilen Energieträgern die geringsten CO_2-Emissionen und ist durch seinen zumindest für die Industrie günstigen Preis attraktiv. Hinzu kommt der geringe Aufwand für die Abgasreinigung und der besonders effiziente Einsatz in Brennwertkesseln. Elektrischer Strom sollte wegen der hohen Umwandlungsverluste ausgehend vom Primärenergieträger nur im Ausnahmefall für Heizzwecke eingesetzt werden.



Grafik:
Vergleich CO_2-Emissionen verschiedener Energieträger
Quelle: UBA

- Setzen Sie nach Möglichkeit v. a. zur Wärmebereitstellung erneuerbare Energieträger ein. In vielen Betrieben fallen z. B. bei der Produktion große Mengen Holzabfälle an, die bei der Wärmeerzeugung gleichzeitig entsorgt werden können. Auch die solare Warmwasserbereitung bietet in bestimmten Fällen nutzbare Potenziale.

- Setzen Sie für Heizzwecke Nah- und Fernwärme ein, v.a. dann, wenn ein entsprechendes Versorgungsnetz in der Nähe bereits vorhanden ist. Durch Fremdbezug von Raum- oder Prozesswärme lassen sich Abwärmepotenziale von Stromerzeugern nutzen. Oft trägt auch die Kooperation mit Nachbarbetrieben dazu bei, Abwärme auszutauschen und weniger Reserveleistung vorhalten zu müssen.

- Abwärme auf zu niedrigem Temperaturniveau kann durch eine Wärmepumpe energieeffezient auf das erforderliche Temperaturniveau gebracht werden.

- Setzen Sie in Ihrem Betrieb Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ein, wenn dies unter den Rahmenbedingungen Ihres Betriebes sinnvoll ist. Berücksichtigen Sie dabei auch Aspekte wie den möglichen Einsatz der KWK-Anlage als Notstromaggregat.

- Besonders bei Neubauten lässt sich die Hallenheizung oft durch Solar-Luft-Kollektoren unterstützen.

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

• Prinzipien und Vorteile

Kraft-Wärme-Kopplung ist die Erzeugung von Strom bei gleichzeitiger Nutzung der dabei entstehenden Wärme. Bei der üblichen Stromerzeugung in Kraftwerken mit Nutzungsgraden von etwa 35–45% wird die Wärme meist ungenutzt an die Umwelt abgegeben. Bei Anlagen mit KWK hingegen kann der Energiegehalt des Brennstoffes zu mehr als 90% genutzt werden. Im Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe (IMA) wird bereits 1997 die KWK als wichtigste Einzelmaßnahme zur Einsparung von Primärenergie und damit CO_2-Reduktion eingestuft.

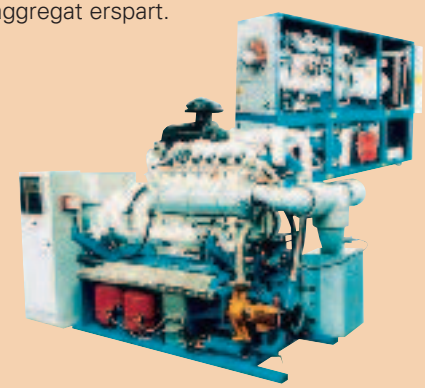
• Ausführungen von KWK-Anlagen

– Feuerungsanlagen mit Dampfturbinen
– Blockheizkraftwerke (BHKW) mit Gas- oder Dieselmotoren
– Gasturbinen, ggf. als GuD-Kraftwerke (Gas- und Dampf-Kraftwerke)
– Brennstoffzellen

• Voraussetzungen für die Wirtschaftlichkeit von Kraft-Wärme-Kopplung

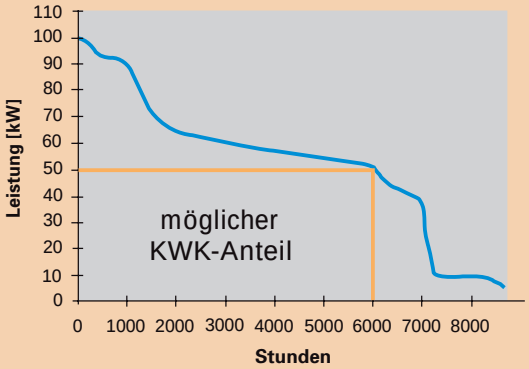
– Möglichst gleichmäßiger Wärmebedarf und möglichst gleichzeitiger Wärme- und Strombedarf
– Günstiger Brennstoffpreis im Verhältnis zum Strompreis
– Hohe jährliche Laufzeiten (möglichst über 5.000 – 6.000 h)

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist eine KWK-Anlage besonders dann interessant, wenn sie in einem Betrieb die Funktion der Notstromversorgung übernehmen kann und damit die Investition in ein eigenes Notstromaggregat erspart.



Beim Kompakt-BHKW (Modul) bilden der Antriebsmotor, der Generator und die Wärmeübertrager eine Einheit.

Aufschluss über die Energiebezugscharakteristik und damit die sinnvolle Auslegung der Anlage geben sog. Jahresdauerlinien für Strom und Wärme, die sich aus den nach Größe geordneten Stundenmitteln des Leistungsbedarfs ergeben. KWK-Anlagen werden in der Regel wärmegeführt betrieben. In dem auf dem Bild dargestellten Beispiel würde sich aus der Jahresdauerlinie für Wärme und der Anforderung einer Betriebszeit von 6.000 Jahresstunden eine KWK-Anlage mit 50 KW Wärmeleistung ergeben. Bei den eher seltenen stromgeführten Anlagen wird die Jahresdauerlinie des Strombedarfs zugrunde gelegt.



Grafik:
Beispiel für Jahresdauerlinie (blau) des Wärmebedarfs und möglichen KWK-Anteil

• Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK)

Sofern ein Bedarf an Raum- oder Prozesskälte besteht, kann die Effektivität einer KWK-Anlage dadurch gesteigert werden, dass die mittels KWK erzeugte Wärme auch zum Betrieb von Ab- oder Adsorptionskälteanlagen verwendet wird. Insbesondere in den Sommermonaten, in denen weniger Wärme, aber vermehrt Kälte benötigt wird, kann die KWKK zur Vergleichmäßigung des Wärmebedarfs beitragen.

Weitere Informationen insbesondere auch zur aktuellen Gesetzeslage und zu möglichen Förderungen erhalten Sie z.B. beim Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK) unter: www.bkwk.de
oder
www.bhkw-info.de
www.bhkw-infozentrum.de

Beleuchtung

Gutes Licht im Betrieb erhöht sowohl das Wohlbefinden als auch die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter. Dabei müssen gute Beleuchtung und Energieeinsparung keine Gegensätze darstellen.

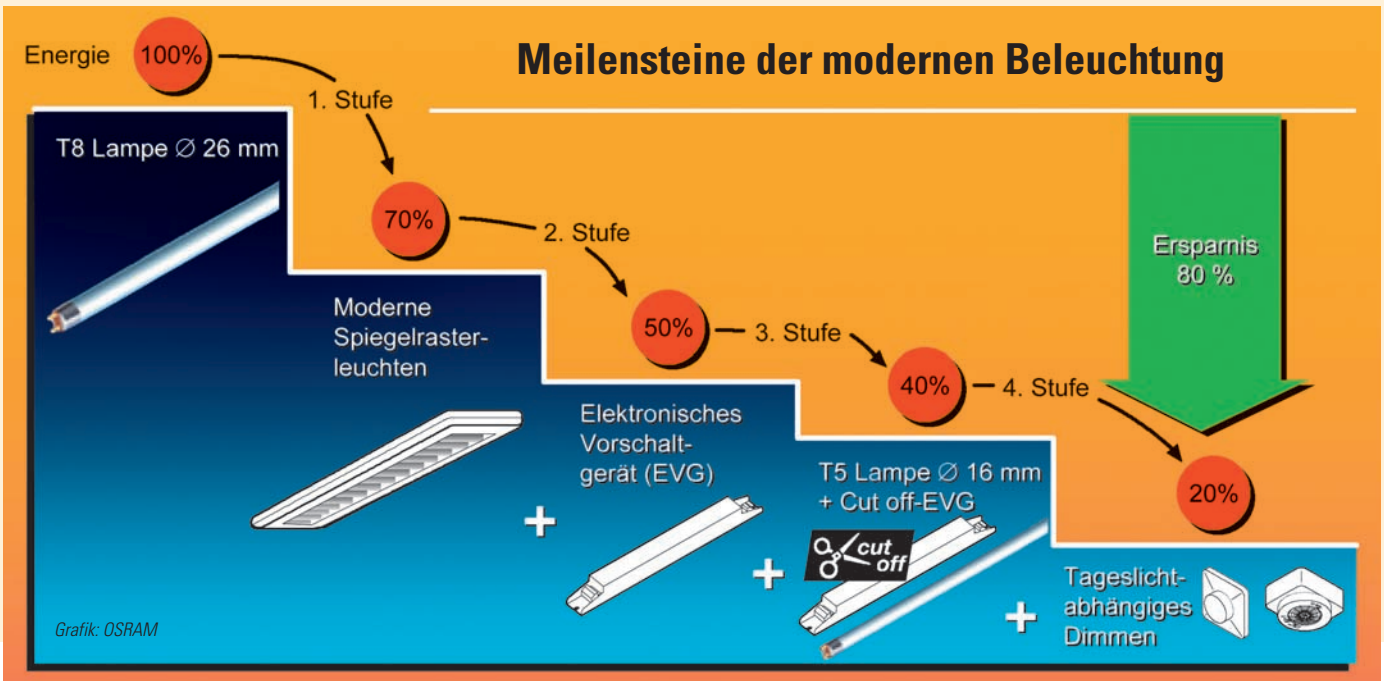
Mit modernen Spiegelrasterleuchten lassen sich in vielen Fällen zwei Leuchtstofflampen durch eine ersetzen.
Bild: Osram

In der Beleuchtungstechnik unterscheidet man folgende Einheiten und Begriffe:

Watt [W]	Elektrische Leistung P des Leuchtmittels (Lampe)
Lumen [lm]	Lichtstrom F, gesamte von der Lichtquelle abgegebene sichtbare Lichtleistung
Lumen/Watt	Lichtausbeute, Maß für Energieeffizienz von Beleuchtungssystemen
Candela [cd]	Lichtstärke I, Maß für die Intensität des Lichts in einer bestimmten Richtung
Lux [lx]	Beleuchtungsstärke E, Lichtstrom, der auf einer bestimmten Fläche auftrifft (1lx=1lm/m^2)

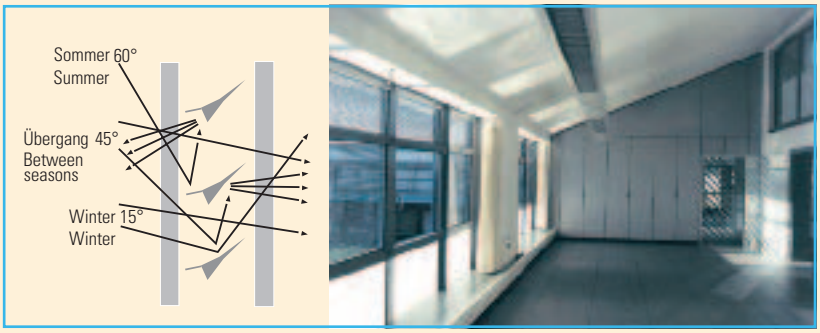
Tipps:

- Nutzen Sie so weit wie möglich natürliches Tageslicht. Direktes Tageslicht wird von den meisten Menschen als am angenehmsten empfunden und ist obendrein kostenlos. Bei großen Fensterflächen ist jedoch zusätzlicher Schutz (z.B. Außenjalousien, 3-Scheiben-Verglasungen) erforderlich, damit es im Sommer nicht zu Überhitzung und im Winter zu großer Abkühlung kommt. In den vergangenen Jahren wurde auch eine Reihe innovativer Systeme der Lichtlenktechnik entwickelt, mit denen es möglich ist, direkte Sonnenstrahlung abzuschirmen und Tageslicht tief ins Innere von Gebäuden zu lenken.
- Sorgen Sie für ausreichende, aber nicht überdimensionierte Beleuchtungsstärken. Sinnvoll ist die bereichsabhängige Anpassung der Beleuchtungsstärken nach DIN 5035.
- Beschränken Sie die Beleuchtung auf arbeitsrelevante Zeiten und Betriebsteile. Mit dem An- und Abschalten der Beleuchtung in größeren Betriebshallen können betriebliche Mitarbeiter beauftragt werden. Bewährt haben sich auch technische Systeme wie Dämmerungsschalter, Bewegungsschalter und Zeitschalter.



- Verwenden Sie Lampen und Leuchten mit hohem energetischem Wirkungsgrad (Leuchtstofflampen, elektronische Vorschaltgeräte, Leuchten mit Reflektoren). Die Verwendung von Leuchtstofflampen ist in Industrie und Gewerbe heute Standard. Allerdings werden noch viele Beleuchtungsanlagen mit konventionellen statt elektronischen Vorschaltgeräten und veralteten Leuchtensystemen betrieben. Dies bedeutet höheren Stromverbrauch bei niedrigerer Lebensdauer. Allein durch Verwendung von Reflektoren über den Lampen lässt sich bei gleicher Beleuchtungsleistung die erforderliche Zahl von Lampen um 30% verringern. Die gerade in Büroräumen immer mehr verbreiteten Halogenlampen brauchen fast so viel Strom wie Glühlampen und sollten unter energetischen Gesichtspunkten – von wenigen sinnvollen Ausnahmen abgesehen – möglichst vermieden werden.

- Achten Sie auf die richtige Anordnung der Leuchtmittel. Die Effizienz der Beleuchtung kann maximiert werden, wenn die Lampen so angeordnet werden, dass sie die betreffenden Bereiche zielgerichtet und optimal ausleuchten.



In die Scheiben integriertes Lichtlenksystem zur blendungsfreien Beleuchtung auch tiefer Räume mit Tageslicht. Das Licht wird außerhalb der Sommermonate über die schräge Decke in den Raum gelenkt. *Grafik/Bild: Okalux GmbH*

- Achten Sie bereits bei der Lichtplanung darauf, bestimmte Lampengruppen zu eigenen Stromkreisen zusammenzufassen. Je nach Tageslicht können dann z.B. Leuchtbänder in Fensternähe separat abgeschaltet werden.

- Sorgen Sie für eine regelmäßige Reinigung der Lampengehäuse und der Reflektoren. Insbesondere in Produktionsbetrieben mit hoher Schmutzbelastung der Luft kann die Lichtausbeute der Beleuchtungsanlage nach 3000 Betriebsstunden bis zu 20% abnehmen.

Leuchtdioden (LED)

Leuchtdioden in der Raumbeleuchtung. *Bild: OSRAM*

Die Zukunft der Beleuchtungstechnik gehört zweifellos den Leuchtdioden. Sie funktionieren nach dem umgekehrten Prinzip der Photovoltaik und wandeln Strom direkt in Licht um. Die Hauptvorteile sind neben dem niedrigen Energieverbrauch die praktisch unbegrenzt lange Haltbarkeit von weit über 100.000 Stunden, die Robustheit und geringe Wärmeabgabe. Die Farbe des Lichts hängt vom verwendeten Material ab. Seit der Entwicklung von weißen LED in den 90er Jahren zeichnen sich fast unbegrenzte Einsatzmöglichkeiten ab. Neben den bisherigen Anwendungen als Anzeigen in elektronischen Geräten finden LED heute Verwendung als Signalleuchten im Fahrzeugbau, in Taschenlampen, Ampelanlagen und zunehmend auch bei der Allgemeinbeleuchtung. LED werden aufgrund ihrer zahlreichen Vorteile immer mehr zur Konkurrenz für herkömmliche Glühlampen. In Zukunft werden LED in vielen Bereichen auch den Energiesparlampen überlegen sein.
LED haben zwar noch einen geringeren Lichtstrom und damit eine geringere Energieausbeute als Leuchtstofflampen, übertreffen diese aber wegen ihres gerichteten Lichts bei der Lichtstärke in eine bestimmte Richtung. Sie sind daher beim Ausleuchten einzelner Bereiche oder Objekte oft die energiesparendere Variante.

Logistik

Der Bereich Logistik wird hinsichtlich seiner Energiesparpotenziale häufig unterschätzt, teils weil er durch seine Komplexität oft nicht leicht zu fassen ist, teils weil die Ansatzpunkte auch abseits der eigentlichen Produktion und damit in anderen Organisationsbereichen liegen. Regelmäßig zeigt sich aber, dass Betriebe, die sich mit dem Thema auseinandersetzen, beachtliche Erfolge hinsichtlich Energie- und Kostenersparnis erzielen.

Tipps:

- Achten Sie auf eine optimierte Gestaltung von Arbeitsabläufen. Es ist eine alte Weisheit, dass Produktionsprozesse grundsätzlich umso effizienter ablaufen, je enger man die Teilprozesse zeitlich und räumlich miteinander verbindet. Hinsichtlich des Energiebedarfs ist dies besonders relevant, wenn zwischen den Prozessschritten unnötig Abkühlung, Trocknung oder Transporte stattfinden. In vielen gewachsenen Betrieben mit knappen Platzverhältnissen lässt sich dies oft nicht vermeiden. Umso wichtiger ist es hier aber, z. B. bei Umbauarbeiten alle Möglichkeiten auszuschöpfen und besonders bei Neuerrichtungen auf optimierte Prozesskopplung zu setzen.

- Gestalten Sie Ihre Produktion so, dass innerbetriebliche Transportwege minimiert werden. Nutzen Sie für die innerbetriebliche Kommunikation elektronische Medien (E-Mail, Intranet).

- Minimieren Sie die Zahl von Dienstreisen, nutzen Sie die Möglichkeiten von Videokonferenzen und benutzen Sie bei Dienstreisen nach Möglichkeit öffentliche Verkehrsmittel.

PRAXISBEISPIEL

Eines der bekanntesten Beispiele intelligenter Prozesskoppelung ist die Entwicklung der Papiermaschine PM 3 im Werk Augsburg der UPM-Kymmene Papier GmbH & Co. KG (früher Haindl Papier GmbH & Co. KG), die für den deutschen Zukunftspreis 2000 nominiert war. Die PM 3 integriert die zentralen Prozessschritte Papierherstellung, Streichen und Kalandrieren erstmals in einer einzigen zusammenhängenden Produktionsanlage. Dies steigert den Gesamtwirkungsgrad des Herstellungsprozesses sowohl unter ökonomischen als auch ökologischen Gesichtspunkten, da beispielsweise diverse Auf- und Abrollvorgänge entfallen, die zu entsprechenden Material- und Energieverlusten führen.

- Unterstützen Sie die Abhaltung von Fahrertraining und Spritsparkursen besonders bei den Beschäftigten, die regelmäßig mit Dienstfahrzeugen unterwegs sind.

Fuhrparkmanagement

Fast jeder Betrieb verfügt über eine mehr oder weniger große Flotte von Betriebsfahrzeugen. Das bei großen Unternehmen und Logistikfirmen bereits selbstverständliche Fuhrparkmanagement lohnt sich häufig auch bei kleinen Unternehmen. Im Hinblick auf Energieeinsparung beinhaltet Fuhrparkmanagement z. B. die Aspekte Anschaffung verbrauchsarmer Fahrzeuge, Wartung der Fahrzeuge (Reifendruck) oder Koordination der Fahrzeugnutzung. Das Einsparpotenzial liegt bei ca. 20 % der Energiekosten. Ein Fuhrparkmanagement wird auch von zahlreichen externen Dienstleistungsunternehmen angeboten.

Mobilitätsmanagement

Gerade für große Unternehmen hat sich auch die Organisation der Anfahrt seiner Mitarbeiter bewährt. Hauptmotivation ist dabei für die Betriebe die Einsparung von Parkraum und wie z. B. bei der BASF in Ludwigshafen auch die Verringerung des Verkehrs und der Unfallzahlen im Umfeld der Betriebsstätten. Mögliche Maßnahmen sind die Abstimmung der Arbeitszeiten auf Fahrpläne öffentlicher Verkehrsmittel oder die Einrichtung von Zubringerbussen zu Sammelstellen. Weitergehende Informationen erhalten Sie unter: www.epomm.org.

Energiemanagement

Inhalte und Grundprinzipien

Im Gegensatz zu vielen anderen Managementsystemen, die durch Gesetze oder Normen definiert sind, gibt es keine Vorgaben für Energiemanagementsysteme. Im Allgemeinen versteht man unter Energiemanagement die systematische Vorgehensweise hin zum effizienten Einsatz von Energie. Sie beinhaltet sowohl technische als auch organisatorische Maßnahmen. Ziel ist die Minimierung des Energieverbrauchs bzw. der Energiekosten.

Schulung der Mitarbeiter im Bereich verhaltensabhängiger Energieeinsparung

Ein Teil der Energiesparmöglichkeiten kann ohne jegliche Investitionen allein durch das Verhalten von betrieblichen Mitarbeitern und Entscheidungsträgern ausgeschöpft werden (z. B. Abschalten von Maschinen in Betriebspausen). Viele Betriebe haben mit der Einrichtung von „Energieteams" gute Erfahrungen gemacht. Es handelt sich hier um Arbeitsgruppen aus Mitarbeitern der verschiedensten Abteilungen. Dadurch wird es möglich, Energiefragestellungen und Aktionen betriebsweit zu koordinieren.

Innerbetriebliches Vorschlagswesen

Wenn Vorschläge zur Energieeinsparung z. B. im Rahmen des innerbetrieblichen Vorschlagswesens ausdrückliche Anerkennung finden, entwickeln die Mitarbeiter oft ein hohes Maß an Bewusstsein für Energieeffizienz und Energieeinsparung.

Integration des Energiemanagements in ein Umweltmanagementsystem

Ein Energiemanagement kann Teil eines Umweltmanagementsystems sein. In beiden Fällen sind die Energieströme zu erfassen, zu dokumentieren und weitere Schritte zu veranlassen. Energieziele können ein bestehendes Umweltmanagement ohne großen Zusatzaufwand erweitern. Umgekehrt kann ein Energiemanagement einen Teil der Basisdaten für ein Umweltmanagementsystem z.B. nach ISO 14.000 ff bzw. EMAS liefern. Nähere Informationen zum Umweltmanagement nach EMAS liefert der STMLU-IHK-Leitfaden „EMAS – Das neue EG-Öko-Audit in der Praxis".

Lastmanagement

Lastmanagement lässt sich vor allem beim Strombezug praktizieren. Lastmanagement bedeutet die teilweise Verschiebung des Energiebezugs von Spitzenlastzeiten zu Niedriglastzeiten. Dadurch lassen sich teure Lastspitzen für den Betrieb vermindern. Wirkungsvoll sind automatische Lastmanagement- bzw. Lastabwurfsysteme, die zu Spitzenlastzeiten weniger betriebsrelevante Energieverbraucher (z. B. Belüftungsanlagen, Klimaanlagen) zeitweise vom Netz nehmen.

Fortbildungsmöglichkeit zum Energiemanager

Die Industrie- und Handelskammern bieten für Fach- und Führungskräfte, die als Energieverantwortliche im Unternehmen fungieren, sowie für Energiedienstleister Möglichkeiten zur Weiterqualifizierung als Energiemanager an. Durch den Lehrgang mit Abschlussprüfung kann man das IHK-Zertifikat: „EnergieManager – Fachkraft für effiziente Energietechnik und betriebliches Energiemanagement" erwerben. Nähere Informationen erhalten Sie bei Ihrer örtlichen IHK oder unter www.energiemanager.ihk.de. Die zugehörigen „IHK-Checklisten für kosteneffizienten und rationellen Umgang mit Energie in Industrie und Gewerbe" können per E-Mail angefordert werden unter iu@nuernberg.ihk.de.

Der Umweltpakt Bayern

Die bayerische Staatsregierung und die bayerische Wirtschaft haben am 23. 10. 2000 den Umweltpakt Bayern unterzeichnet. Er soll die Grundlagen für ein nachhaltiges Wirtschaften im 21. Jahrhundert schaffen. Staat und Wirtschaft haben sich darin zu einer Reihe freiwilliger Maßnahmen zur Stärkung des Umweltschutzes in Betrieben verpflichtet. Die Maßnahmen zielen darauf ab, durch Umweltschutz auch wirtschaftliche Vorteile für die teilnehmenden Betriebe zu erschließen. Daneben gibt es Erleichterungen bei Berichts- und Dokumentationspflichten in der Anlagenüberwachung und bei Genehmigungsverfahren. Grundlage ist die Einführung von Umweltmanagement im Betrieb. Neben dem Umweltmanagement nach der EMAS-Verordnung haben sich eine Reihe weiterer Managementsysteme für die Umwelt entwickelt. Die Normenreihe der ISO 14.001 ff, das OKOPROFIT oder der Qualitätsverbund umweltbewusster Handwerksbetriebe (QUH) sind eng mit EMAS verknüpft und dienen oft als Einstiegssystem mit dem Ziel der Hinführung zu EMAS. Mitte 2003 umfasst der Umweltpakt Bayern etwa 3.400 Teilnehmer. Nähere Informationen finden Sie unter: www.umweltpakt.bayern.de

Wirtschaftlichkeit
Methoden der Investitionsrechnung

Die Umsetzung von Energiesparpotenzialen kann im günstigsten Fall durch einfache, praktisch kostenfreie organisatorische Maßnahmen erfolgen. Häufig sind jedoch erhebliche Investitionen dazu notwendig. Um die Wirtschaftlichkeit einer solchen Investition im Vorhinein abschätzen zu können, bedient man sich der Investitionsrechnung. Allgemein anerkannte Kalkulationsverfahren für Heizung, Klima etc. findet man z. B. in der VDI-Richtlinie 2067.

Methoden der Investitionsrechnung

Bei der Investitionsrechnung für Energiesparmaßnahmen werden i.d.R. die durch die Investition vermiedenen Kosten ins Verhältnis zu den Investitionskosten gesetzt. Daraus ergeben sich Kennzahlen, mit deren Hilfe sich die Wirtschaftlichkeit einer Investition beurteilen lässt. Generell werden statische und dynamische Verfahren unterschieden.

Statische Verfahren
sind meist mit geringerem Aufwand verbunden, da sie von gleichmäßigen Rückflüssen (hier: Verringerung von Energiekosten) ausgehen und nur eine Periode betrachten. Zu den statischen Methoden der Investitionsrechnung zählen z. B. die Kosten- und die Gewinnvergleichsrechnung. Das am häufigsten angewandte statische Berechnungsverfahren zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einer Energiesparinvestition ist die Amortisationsrechnung. Dabei wird die Investitionssumme ins Verhältnis gesetzt zu den jährlichen Einsparungen; es ergibt sich die Amortisationszeit in Jahren.

Dynamische Berechnungsverfahren
sind aufwändiger und verlangen die Kenntnis (oder eine belastbare Abschätzung) von Kosten und Einsparungen über die gesamte Nutzungsdauer. Zeitliche Unterschiede beim Anfall der Kosten und/oder Einsparungen werden berücksichtigt. Für Investitionsvorhaben mit langer Nutzungsdauer liefern die dynamischen Verfahren wesentlich aussagekräftigere Ergebnisse.

Man unterscheidet bei dynamischen Investitionsrechenarten:
- Kapitalwertmethode
- Interne Zinsfuß-Methode
- Annuitätenmethode.

Vielfach scheitern Investitionsvorhaben an den vom Management geforderten kurzen Amortisationszeiten. Dies mag bei kurzlebigen Vorhaben berechtigt sein. Bei Investitionen mit langer und von der Art der Produktion unabhängiger Nutzungsdauer (z. B. Wärmedämmung) bringt sich das Unternehmen dadurch möglicherweise um ein erhebliches Einsparpotenzial. In die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit sollte daher in jedem Fall die Nutzungsdauer der Investition einfließen. Aus der nachfolgenden Tabelle wird deutlich, welche rentablen Investitionsmöglichkeiten (grün) ausgeschlossen werden, wenn eine bestimmte Amortisationsdauer (hier 4 Jahre) als alleiniges Kriterium für die Wirtschaftlichkeit herangezogen wird. Als rentabel wurde in diesem Beispiel eine interne Verzinsung des Kapitals ab 9% angesehen.

Amortisationszeit und Wirtschaftlichkeit

Entgegen einer verbreiteten Meinung ist die Amortisationszeit kein Maß für die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme, sondern für das damit verbundene Risiko. Sie gibt nur an, wann das eingesetzte Kapital wieder zurückgeflossen ist, nicht aber welchen Nutzen es bringt, da die Nutzungsdauer nicht berücksichtigt wird.

pay-back vs. interne Verzinsung
Tabelle: Radgen, Fraunhofer ISI

geforderte Amortisationszeiten	Interne Verzinsung in % pro Jahr[1)]							
	Anlagennutzungsdauer (Jahre)							
Jahre	3	4	5	6	7	8	12	15
2	24%	35%	41%	45%	47%	49%	49,5%	50%
3	0%	13%	20%	25%	27%	31%	32%	33%
4	unrentabel	0%	8%	13%	17%	22%	23%	24%
5			0%	6%	10%	16%	17%	18,5%
6				0%	4%	10,5%	12,5%	14,5%
8						4,5%	7%	9%

[1)] unterstellt wird eine kontinuierliche Energieeinsparung über die gesamte Anlagennutzungsdauer

abgeschnittene rentable Investitionsmöglichkeiten

Energieeinspar-Contracting

Energie-Contracting oder präziser Energieeinspar-Contracting ist eine vertragliche Vereinbarung zur Vorfinanzierung von Energiesparmaßnahmen. Sie wird zwischen einem Energienutzer, z.B. einem Industriebetrieb oder Immobilieneigner, und einem externen Energiedienstleister geschlossen. Das von Energie-Contracting umfasste Aufgabenspektrum umfasst die Planung und Errichtung von Energieerzeugungs- und -verteilungsanlagen, von Systemen der Mess- und Regeltechnik, Finanzierung und Betrieb der Anlagen sowie Lieferung und Abrechnung der fertigen Endprodukte (Wärme, Kälte, Strom, Druckluft).

Der Energiedienstleister tätigt die Investitionen in die Energieversorgung bzw. Energieeffizienz und legt die Abschreibungen auf den Preis für die Energielieferungen um.
Nach Ablauf des Vertrages kommen die durch die Investition erzielten Einsparungen ganz dem Energienutzer zugute.

Vorteile für den Energienutzer sind die Ersparnis der Vorfinanzierung von teils erheblichen Investitionen, die eingebrachte Kompetenz zur effizienten Energienutzung und die Entlastung von Aufgaben, die nicht unbedingt zur Kernkompetenz des Nutzers gehören. Energie-Contracting ist besonders dann angebracht, wenn dem Energienutzer das Know-how und die Finanzmittel für lohnende Investitionen fehlen.

Im Rahmen des Umweltpaktes Bayern werden auch die Möglichkeiten der Förderung von Contracting-Maßnahmen untersucht. Ein seit 2003 laufendes bayernweites Pilotprojekt unter Leitung der IHK München und Oberbayern soll Erkenntnisse darüber bringen,

- ob durch Energieeinspar-Contracting die Bereitschaft zu Energiesparmaßnahmen erhöht wird,
- ob durch verstärkte Information die Nachfrage nach Contracting gesteigert werden kann und
- ob ein staatliches Förderprogramm zur Anbahnung von Energieeinspar-Contracting hilfreich und erforderlich ist.

Die Ergebnisse des Projektes sollen im Herbst 2004 vorliegen. Vertiefende Informationen zum Projekt sind im Internet unter: www.ffe.de/contracting/ zu finden.

Beispiele für Contracting-Maßnahmen in Unternehmen:

- Einbau und Betrieb einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage
- Umrüstung der Wärme- oder Kälteversorgung
- Ersatz der veralteten Druckluftversorgung

Weiterführende Informationen erhalten Sie beim Bundesverband Privatwirtschaftlicher Energie-Contracting-Unternehmen e.V. unter: www.pecu.de

Beratung und Förderung

Informationen zu den Themenbereichen Energieeffizienz, Energieberatung und Förderung von Energiesparmaßnahmen bieten zahlreiche Organisationen an. Die folgende Aufstellung soll Ihnen ohne Anspruch auf Vollständigkeit einen Überblick vermitteln über die für den jeweiligen Bereich besonders empfehlenswerten Anlaufstellen und ihre Internetseiten.

- Wuppertal Institut für Umwelt, Klima, Energie GmbH
  www.wupperinst.org
  www.oekoeffizienz.de
- BINE-Informationsdienst
  www.bine.info
- Gemeinschaft Energielabel Deutschland
  www.energielabel.de

Energie- und Umweltreferenten der bayerischen Industrie- und Handelskammern

IHK	Name	Telefon	Fax	E-Mail
IHK Aschaffenburg	Hermann Haas	06021 / 880-132	06021 / 880-22132	haas@aschaffenburg.ihk.de
IHK für Schwaben	Monika Kees	0821 / 3162-265	0821 / 3162-342	monika.kees@schwaben.ihk.de
	Alexander Gundling	0821 / 3162-205	0821 / 3162-342	alexander.gundling@schwaben.ihk.de
IHK für Oberfranken Bayreuth	Horst Ramming	0921 / 886-112	0921 / 83506	ramming@bayreuth.ihk.de
IHK zu Coburg	Susanne Wolfrum-Horn	09561 /7426-11	09561 / 7426-15	wolfrumhorn@coburg.ihk.de
IHK für München und Oberbayern	Dr. Norbert Ammann	089 / 5116-392	089 / 5116-8392	ammann@muenchen.ihk.de
	Anita Schütz	089 / 5116-409	089 / 5116-8409	schuetz@muenchen.ihk.de
IHK Nürnberg für Mittelfranken	Dr.-Ing. Robert Schmidt	0911 / 1335-299	0911 / 1335-122	iu@nuernberg.ihk.de
	Dr. Ronald Künneth	0911 / 1335-297	0911 / 1335-122	kuenneth@nuernberg.ihk.de
IHK für Niederbayern in Passau	Erich Doblinger	0851 / 507-234	0851 / 507-280	doblinger@passau.ihk.de
IHK Regensburg	Werner Beck	0941 / 5694-230	0941 / 5694-279	beck@regensburg.ihk.de
IHK Würzburg-Schweinfurt	Johannes Scheuring	09721 / 7848-11	09721 / 7848-50	scheuring@wuerzburg.ihk.de

Aktuelle Informationsmöglichkeiten zu Energieeffizienz und Energieeinsparung

- Umweltfirmen-Informationssystem der Deutschen Industrie- und Handelskammern inkl. Energietechnik-Hersteller und -Berater
  www.umfis.de
- Deutsche Industrie- und Handelskammern -Fortbildung zum Energiemanager
  www.energiemanager.ihk.de
  www.ihk-umkis.de
- Umweltbundesamt und Landesumweltämter
  www.umweltbundesamt.de
- Infozentrum Umwelt Wirtschaft
  www.izu.bayern.de
- EnergieRegion Nürnberg e.V.
  www.energieregion.de
- Deutsche Energie-Agentur
  www.dena.de, www.thema-energie.de
- Energieagentur Nordrhein-Westfalen
  www.ea-nrw.de
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt
  www.dbu.de
- Transferstelle Bingen (zahlreiche Praxisbeispiele)
  www.energie-industrie.de
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie
  www.stmwivt.de

Energieberatungsstellen

- private Beratungsfirmen/Consultants
  www.umfis.de
- örtliche Industrie- und Handelskammern, Handwerkskammern www.ihk.de, www.handwerk.de und www.zdh.de
- Energieagenturen, z.B. Energieagentur Mittelfranken, Energieagentur Oberfranken
  www.eamfr.de,
  www.energieagentur-oberfranken.de
- Selbsthilfeorganisationen der Unternehmer wie „B.A.U.M. e.V." oder „future e.V." zu umweltorientierter Unternehmensführung
  www.baumev.de, www.future-ev.de
- Industrieverbände und Fachverbände
- kommunale Referenten, Umweltingenieure
- Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft über seine Landesgruppen
  www.rkw.de
- Hochschulen und Forschungsinstitute
- Bayerisches Energie-Forum
  www.bayerisches-energie-forum.de
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), u.a. Zulassungsstelle für Energieberater und Gutachter für öffentliche Förderprogramme
  www.bafa.de

Förderung von Energiesparmaßnahmen

Geförderte Maßnahmen

Energieeinsparung lohnt sich im Idealfall allein durch die erzielbaren Einsparungen. Da der Klimaschutz ein gemeinschaftliches Interesse ist, werden besonders effektive Maßnahmen mit öffentlichen Mitteln gefördert. Bei riskanten oder langfristigen Investitionen gewähren öffentliche Einrichtungen Förderung dann, wenn damit erhebliche Verbesserungen für die Umweltsituation verbunden sind oder wenn es sich um Pilotvorhaben handelt.

Fördernde Stellen und Förderprogramme

Für Energiesparinvestitionen gibt es auf der Ebene der EU, des Bundes und der Bundesländer eine Vielzahl von Förderprogrammen. Viele Energieversorger gewähren ebenfalls Zuschüsse oder Preisnachlässe für besonders effiziente Anlagen, z.B. für Wärmepumpen. Da dieser Bereich ständigen Änderungen unterworfen ist, sollen an dieser Stelle nur beispielhaft für bayerische Betriebe vier Fördermöglichkeiten genannt werden. Über die unten aufgeführten Stellen bzw. deren Internet-Seiten lässt sich ein Überblick über die aktuellen Förderprogramme für die gewerbliche Wirtschaft gewinnen.

Förderprogramme für bayerische Betriebe (Beispiele):

Bayerisches Umwelttechnologie-Förderprogramm

Anwendungsfall:	Pilotanwendungen z.B. auf dem Gebiet Luftreinhaltung (bzw. zur Energieeinsparung)
Antragsberechtigt:	Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft
Art der Förderung:	Zuschuss oder zinsverbilligtes Darlehen

Zusatzprogramm der LfA - Umweltschutz

Anwendungsfall:	Umweltschutzinvestitionen bei Neuerrichtung, Erweiterung und Verlagerung von Betrieben oder Betriebsteilen
Antragsberechtigt:	Kleine und mittlere gewerbliche Unternehmen
Art der Förderung:	Zinsverbilligtes Darlehen bis zu 50%

Bayerisches Programm Rationellere Energiegewinnung und –verwendung des StMWIVT

Anwendungsfall:	Vorhaben zur Entwicklung und Umsetzung innovativer Energietechnologien; Untersuchungen über den Energieverbrauch und Möglichkeiten der Verminderung
Antragsberechtigt:	Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft, Angehörige der freien Berufe
Art der Förderung:	Zuschuss bis 30%, in Ausnahmefällen bis 50%

Bayerisches Umweltberatungs- und Auditprogramm (www.lga.de/deutsch/ib/bubap.htm)

Anwendungsfall:	Umweltcheck durch externen Umweltberater mit Bestandsaufnahme, Verbesserungsvorschlägen und Kostenschätzungen
Antragsberechtigt:	Kleine und mittlere Unternehmen mit Standort in Bayern bis 15,3 Mio € Jahresumsatz und nicht mehr als 150 Beschäftigten
Art der Förderung:	Zuschuss bis max 60% des Beraterhonorars, höchstens 1.013 €

Informationen zu aktuellen Förderprogrammen:

- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV) – www.umweltpakt.bayern.de (Förderfibel)
- LfA Förderbank Bayern: www.lfa.de/foerderprogramm/Darlehen/umwelt.htm
- Bayerisches Energie-Forum: www.bayerisches-energie-forum.de
- KfW Kreditanstalt für Wiederaufbau: www.kfw.de
- Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) – Förderdatenbank www.bmwi.de
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): www.bafa.de

Anhang

Energiedaten

Energiegehalt und Dichte von fossilen Energieträgern (Werte für Bayern)

Energieträger	Dichte [kg/l, kg/m³ bei Erdgas]	Heizwert [MJ/kg]	Heizwert [MJ/l, MJ/m³ bei Erdgas]
Braunkohle	–	8,6	–
Steinkohle	–	29,4	–
Heizöl EL	0,845	42,7	36,1
Heizöl S	0,950	40,8	38,8
Flüssiggas	0,510 (Propan) – 0,580 (Butan)	46,7 (Propan) – 45,3 (Butan)	23,8 – 26,3
Erdgas	0,780	46,5	36,3
Benzin	0,745	43,5	32,4
Diesel	0,830	42,9	35,6
Kerosin	0,800	43,0	34,4

CO_2-Emissionsfaktoren von fossilen Energieträgern (Werte für Deutschland)

Energieträger	g CO_2 pro MJ	kg CO_2 pro kg	kg CO_2 pro l (m³ bei Erdgas)
Braunkohle	111	0,95	
Steinkohle	93	2,76	
Heizöl EL	74	3,16	2,62
Heizöl S	78	3,17	3,12
Flüssiggas	65	2,94 – 3,04	1,53 – 1,74
Erdgas	55	2,75	2,15
Benzin	72	3,13	2,33
Diesel	74	3,18	2,64
Kerosin	74	3,22	2,58

Aufgrund der regional unterschiedlichen Zusammensetzung stellen die aufgeführten Emissionsfaktoren der Naturprodukte Erdgas und Kohle lediglich Anhaltswerte dar. Die im Einzelfall genauen Werte können ggf. nach den Vorgaben des Treibhausgas-Emissionshandelsgesetzes ermittelt werden.

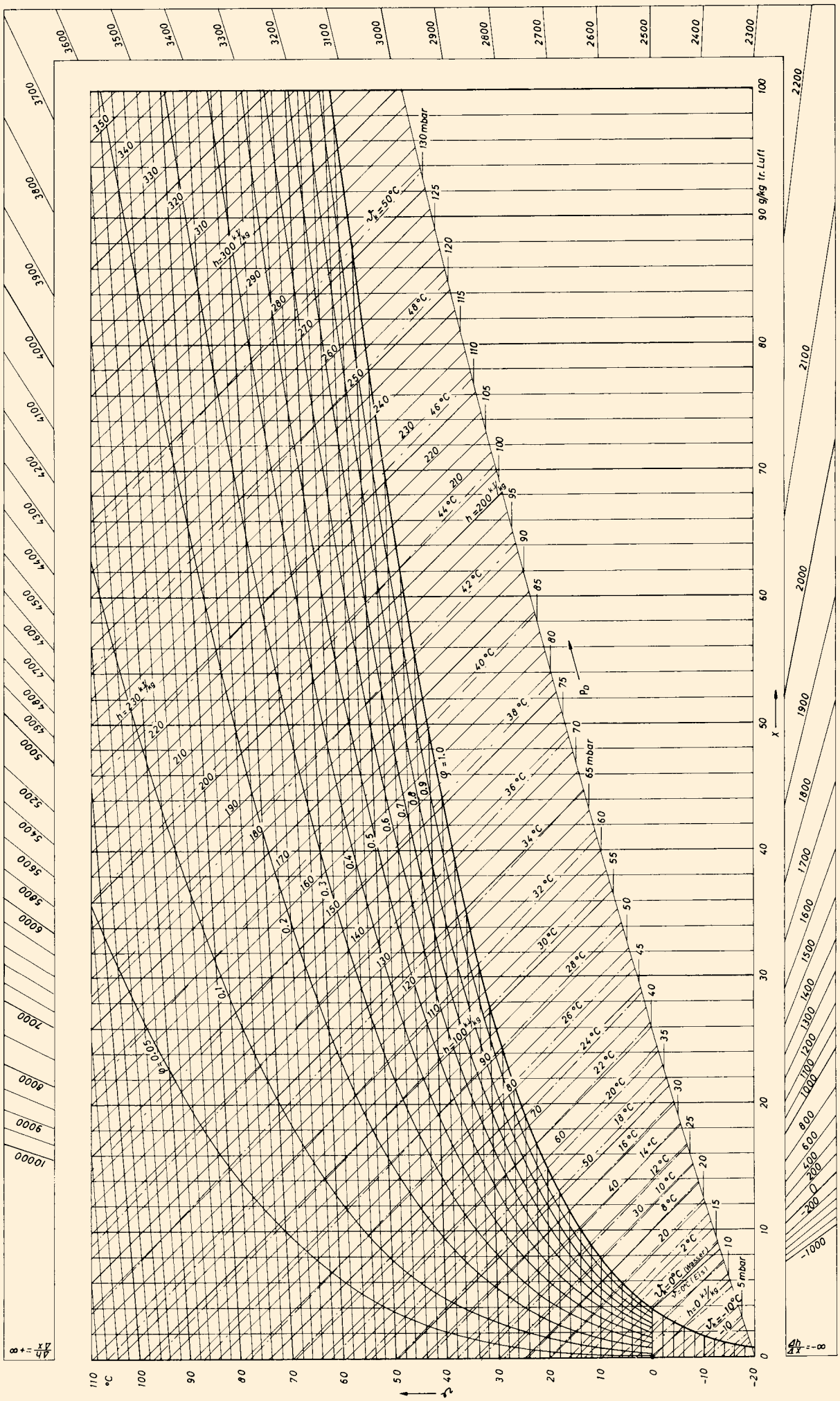
Umrechnung Watt/Joule
3,6 MJ = 1 kWh
1 MJ = 0,278 kWh

Abkürzungen:

k (Kilo-)	10^3
M (Mega-)	10^6
G (Giga-)	10^9
T (Tera-)	10^{12}
P (Peta-)	10^{15}

Grafik rechts: Mollier-Diagramm (h-x-Diagramm) für feuchte Luft bei einem Druck von 1.000 hPa Das Diagramm zeigt u.a. den Zusammenhang zwischen der Lufttemperatur und dem absoluten wie auch relativen Feuchtegehalt von Luft. Die gekrümmten Kurven stehen für den jeweiligen Wert der relativen Luftfeuchtigkeit, die etwa diagonalen Kurven sind Linien gleichen Energiegehaltes. Das Diagramm ist ein wichtiges Hilfsmittel bei Energiefragen z.B. der Lüftungs- und Trocknungstechnik

h-x-Diagramm für feuchte Luft bei Temperaturen
von – 20 bis 100 °C und P = 1 bar



Literaturverzeichnis

Dehli, Martin: „Energieeinsparung in Industrie und Gewerbe“, Renningen-Malmsheim, expert-Verlag 1998

ZVEI, Fachverband Automation: Elektrische Antriebe; Energiesparmotoren: „Kosteneinsparung statt Regulierung“, 2. geänderte Neuauflage, Frankfurt am Main 2001

ZVEI, Fachverband Elektrische Antriebe: „Energiesparen mit elektrischen Antrieben“, 2. geänderte Neuauflage, Frankfurt am Main, 1999

VIK Verband der industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.: „Praxisleitfaden zur Förderung der rationellen Energieverwendung in der Industrie“, Verlag Energieberatung GmbH, Essen 1998

Energieagentur Nordrhein-Westfalen: Energieleitfäden und Veröffentlichungen (z. B. „Energiepfade durch den Betrieb“) www.energieagentur-nrw.de

BJU-Umweltschutz-Berater: Handbuch für wirtschaftliches Umweltmanagement im Unternehmen. Loseblattsammlung Deutscher Wirtschaftsdienst, Köln 1998

UBA-Forschungsbericht „Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs branchenübergreifender Techniken in den Bereichen Industrie und Kleinverbrauch“, Berlin 2004

Energieleitfäden des LfU
www.bayern.de/lfu/luft/energieeffizienz

Bestelladresse für kostenpflichtige Veröffentlichungen des LfU:
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
86177 Augsburg
Telefon: (08 21) 90 71-52 53 (Frau Kluge)
Fax: (08 21) 90 71-50 09
E-Mail: gudrun.kluge@lfu.bayern.de

Bayerisches Landesamt
für Umweltschutz
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
86179 Augsburg
Telefon 0821/9071-0
Telefax 0821/9071-5556
E-Mail poststelle@lfu.bayern.de
Internet www.bayern.de/lfu

UMWELTPAKT BAYERN

ISBN 3-936385-52-1