



Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe



IHK Industrie- und Handelskammern
in Bayern



**BAYERISCHER
HANDWERKSTAG**

Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V.

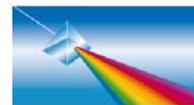
vbw

**Klima schützen –
Kosten senken**

Umwelt**Basis**



Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe



K U M A S
Kompetenzentrum Umwelt

Impressum

Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: (08 21) 90 71-0
Fax: (08 21) 90 71-55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung/Text/Konzept:

LfU, Referat 22, Dr. Gerold Hensler, Dr. Josef Hochhuber, Vera Linckh
LfU, Referat 12

Bildnachweis:

Wolfgang Buttner, Landsberg (S. 30 u), ccvision.de (S. 27), Peter von Bischoffshausen, Energy Consulting Allgäu (S. 8, 10, 14, 15, 16, 19, 22, 24, 25 l+r, 26 r, 28 u, 33 o), Bilderbox – Fotolia.com (Titelbild), AKhodi – Fotolia.com (S. 12 o), Marlee – Fotolia.com (S. 12 m), 12foto.de – Fotolia.com (S. 38), Andrzej Puchta – Fotolia.com (S. 35 l), Sven Hoppe – Fotolia.com (S. 35 r), DeadWave – Fotolia.com (S. 34 o), richard villalon – Fotolia.com (S. 20), Maurizio Targhetta – Fotolia.com (S. 36), c-chef-marc – Fotolia.com (S.23), Kessler + Luch Entwicklungs- und Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG (S. 21), LfU (S. 17 o+u, 18, 26 l, 30 o, 31 o+m), MEV-Verlag Copyright STOCK4B-RF (S. 34 m), MTS Germany GmbH (S. 23 u), Rippert Anlagentechnik GmbH & Co. KG (S. 32 r), Thoma Metallveredelung GmbH (S. 33 m), Thorey Gera Textilveredelung GmbH (S. 28 o), Venjakob Maschinenbau GmbH & Co. KG (S. 32 l)

Druck:

Pauli Offsetdruck e. K., Am Saaleschloßchen 6, 95145 Oberkotzau
Gedruckt auf Papier aus 100% Altpapier.

Stand:

November 2009

2. überarbeitete Auflage:

25.000 Stück

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und

Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Wollen Sie mehr über die Arbeit der Bayerischen Staatsregierung wissen?
BAYERN DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Telefon 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren. Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	6
Einführung	7
Der Weg zur Energieeffizienz	8
Wirtschaftlichkeit	12
Maschinen/Anlagen/Antriebe	14
Druckluft	18
Lüftung/Klima/Kälte	20
Trocknungstechnik	23
Raumheizung/Prozesswärme/Warmwasser	24
Energiebereitstellung	27
Beleuchtung	30
Oberflächenbehandlung	32
Logistik	34
Informations- und Kommunikationstechnik	35
Energiemanagement	36
Beratung und Förderung	38
Anhang	40



Dr. Markus Söder MdL
Staatsminister für
Umwelt und Gesundheit



Melanie Huml MdL
Staatssekretärin im
Staatsministerium für
Umwelt und Gesundheit

Vorwort

Der Schutz des Erdklimas ist eine der größten Herausforderungen für die Menschheit im 21. Jahrhundert. Nach Erkenntnissen des Weltklimarates (IPCC) lassen sich nur durch rasches und ambitioniertes Handeln die Folgen des Klimawandels auf ein erträgliches Maß begrenzen. In seinem jüngsten Sachstandsbericht spricht der IPCC von dem Erfordernis, bis 2050 die CO₂-Emissionen in den Industriestaaten um 85 Prozent zu senken. Dies bedeutet eine Abkehr vom bisherigen Umgang mit Energieressourcen. Um die Chancen künftiger Generationen zu bewahren, ist eine nachhaltige Klimaschutzpolitik notwendig. Ihre Aufgabe ist es, einerseits die Treibhausgasemissionen konsequent zu vermindern und andererseits den unvermeidbaren Folgen der Klimaveränderung wirksam zu begegnen. Eine wachsende Belastung stellen auch die steigenden Energiepreise sowohl für Bürger als auch Betriebe und die öffentliche Hand dar.

Die Bayerische Staatsregierung hat das Bayerische Klimaschutzprogramm aus dem Jahr 2000 (novelliert im Jahr 2003) im Jahr 2007 zu einem „Klimaprogramm Bayern 2020“ fortgeschrieben.

Dr. Markus Söder MdL
Staatsminister für
Umwelt und Gesundheit

Ein umfangreiches Maßnahmenpaket macht deutlich, dass Klimaschutz eine Querschnittsaufgabe für die gesamte Gesellschaft ist und in besonderem Maße vernetztes Handeln verlangt. Wirtschaft, Staat und Kommunen sind ebenso gefordert wie jeder einzelne Bürger. Besonders wichtig sind breit angelegte Information und Kommunikation, die Bewusstsein für das Thema Klimaschutz schaffen, Handlungsmöglichkeiten aufzeigen und alle gesellschaftlichen Gruppen einbeziehen.

Eine erfolgreiche Klima- und Energiepolitik muss dort ansetzen, wo die großen Einsparpotenziale liegen und die Potenziale besonders wirtschaftlich und nachhaltig erschlossen werden können. Diese Anforderung trifft auf die Sektoren Industrie und Gewerbe in besonderem Maße zu. Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) führt seit vielen Jahren im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit Projekte durch, die die Möglichkeiten sparsamer und effizienter Energienutzung vor allem im Gewerbebereich aufzeigen. Der vorliegende Leitfaden in der zweiten Auflage fasst die wichtigsten und wirtschaftlich attraktivsten Einsparpotenziale zusammen.

Melanie Huml MdL
Staatssekretärin im Staatsministerium für
Umwelt und Gesundheit

Einführung

... eine Frage vorweg: Möchten Sie Ihre Energiekosten senken? Die Antwort liegt so sehr auf der Hand, dass sie fast überflüssig wird – denn wer will das nicht. Doch leider zeigen unsere Erfahrungen immer wieder, dass in Betrieben unnötig viel Energie verbraucht wird. Und das kostet: Da ist zum Beispiel der Kunststoffbetrieb, der seine Halle gleichzeitig heizt und kühlt. Viel Geld kann auch der Maschinenbaubetrieb allein durch die Abdichtung seines Druckluftsystems einsparen: immerhin 50.000 Euro im Jahr. Ein letztes, ebenso prägnantes Beispiel: Ein Lackierbetrieb, der seine Luftabsaugung durch günstigere Luftführung um zwei Drittel reduzieren kann.

Für all diese Beispiele gilt: Die Steigerung der Energieeffizienz ist meist der kostengünstigste und umweltverträglichste Weg, die Emissionen von Treibhausgasen zu verringern. Aus Sicht des Bayerischen Landesamtes für Umwelt spielen Industrie und Gewerbe hier eine zentrale Rolle, denn sie verbrauchen zum Beispiel mehr als zwei Drittel des Stroms in Deutschland.

Was der Leitfaden nicht ist: ein Roman oder ein Lexikon. Denn Sie müssen ihn weder von vorne bis hinten lesen, noch werden Sie vollständige und erschöpfende Informationen zu allen Fragen finden. Vielmehr liegt der Fokus auf typischen und wichtigen Energiebereichen. Bewährte Tipps helfen,

vor Ort konkret Energie zu sparen. Darüber hinaus wird es in Ihrem Betrieb auch weitere Einsparmöglichkeiten geben. Allein geändertes Verhalten kann schon einen erheblichen Beitrag leisten, zum Beispiel durch Abschalten von Anlagen in Betriebspausen.

Was der Leitfaden will: Ihren Blick aufs Ganze richten, zum Beispiel durch die systematische Herangehensweise an ein Energiemanagement. Denn die Betrachtung des Gesamtsystems enthüllt oft Einsparpotenziale, die bei der Optimierung der Einzelkomponenten allein nicht deutlich werden. Anregung zum Weiterdenken gibt auch die Überlegung, die Wirtschaftlichkeit einer Investition nicht allein an der Amortisationszeit zu bemessen, sondern auch die Nutzungsdauer zu berücksichtigen. Eine Vielzahl von Hinweisen zu Beratung, Förderung und weiterführender Literatur runden die Broschüre ab.



Prof. Dr.-Ing. Albert Göttle

Präsident des
Bayerischen Landesamtes für Umwelt



*Prof. Dr.-Ing.
Albert Göttle
Präsident des
Bayerischen Landesamtes
für Umwelt*



Energieeffizienz ist ein wichtiger Baustein für den Unternehmenserfolg.

Energie lässt sich im Betrieb oft produktiver nutzen.

Bevor man regenerative Energien einsetzt, sollte die Energieeffizienz verbessert werden.

Der Weg zur Energieeffizienz

Unnötig hohe Energiekosten schmälern unmittelbar den Unternehmensgewinn. Die Kenntnis über eine unwirtschaftliche Energienutzung kann allerdings lange verborgen bleiben. Gewachsene Strukturen der Energieversorgung hinken häufig den sich schnell ändernden Produktionsprozessen hinterher. Damit sind sie nicht für die tatsächliche Nutzung optimiert. Die Energieeffizienz leidet besonders darunter. Erst wenn die relevanten Energieverbraucher identifiziert sind, kann man sich auf die Bereiche konzentrieren, die eine hohe Energieeinsparung bringen.

Erstellung eines Energiekonzepts

Wie können Unternehmen die vorhandenen Einsparpotenziale erkennen und ausschöpfen?

Dies gelingt mithilfe eines Energiekonzeptes. Die Basis für ein Energiekonzept ist die Energieanalyse mit Bestandsaufnahme der Energieverbräuche und Ermittlung von Einsparpotenzialen. In einem Energiekonzept werden die Energieeffizienz bewertet und Verbesserungsmöglichkeiten einschließlich ihrer Wirtschaftlichkeit dargestellt.

Besonders für kleine und mittlere Unternehmen kann es sinnvoll sein, neutrale und kompetente Energieberater hinzuzuziehen.

Die energetische Optimierung eines Betriebes sollte dort beginnen, wo der Energiebedarf besteht. Häufig lassen sich dadurch Investitionen in die Erweiterung der Versorgungseinrichtungen vermeiden oder aufschieben. Nach der Optimierung des Energiebedarfs kann dann eine angepasste effiziente Versorgungsstruktur für den Betrieb entwickelt werden.

Für eine energetische Optimierung sollte nach folgender Reihenfolge vorgegangen werden:

1. Vermeiden von unnötigem Energieverbrauch

Unnötiger Verbrauch bewirkt weder eine zusätzliche Produktion oder Dienstleistung noch eine Komfortsteigerung.

- z. B. Verminderung unnötigen Leerlaufs von Maschinen
- z. B. Vermeiden unnötiger Aufheiz- und Abkühlphasen
- z. B. Überprüfung der Prozessparameter und Sicherheitsreserven

2. Senken des spezifischen Energieverbrauchs

Der spezifische Energiebedarf lässt sich durch technische Maßnahmen reduzieren.

- z. B. Trocknen mit mechanischer anstelle von thermischer Energie

3. Verbesserung der Wirkungs- und Nutzungsgrade

Der Nutzungsgrad liegt unter normalen Bedingungen oft deutlich unter dem Nennwirkungsgrad der Anlagen. Gründe dafür sind eine geringe Anlagenauslastung und ein mangelhafter Wartungszustand.

Wichtig sind:

- hohe Auslastung der Produktionsanlagen
- gute Regeleinrichtungen
- Senkung der Verteilungsverluste
- sorgfältige Instandhaltung
- Prüfung von Kraft-Wärme-Kopplung (ein gleichzeitiger Bedarf von Wärme und Strom im Verhältnis 2:1 ist Voraussetzung)
- Einsatz optimal geeigneter Energieträger

Bei einer Neuplanung:

- richtige Dimensionierung
- passende Konstruktion

4. Wärmerückgewinnung

- Nutzung im selben Prozess
- Nutzung innerhalb des Betriebes
- Abgabe an Dritte
- Aufwertung von Abwärme mit niedrigen Temperaturen mittels Wärmepumpe

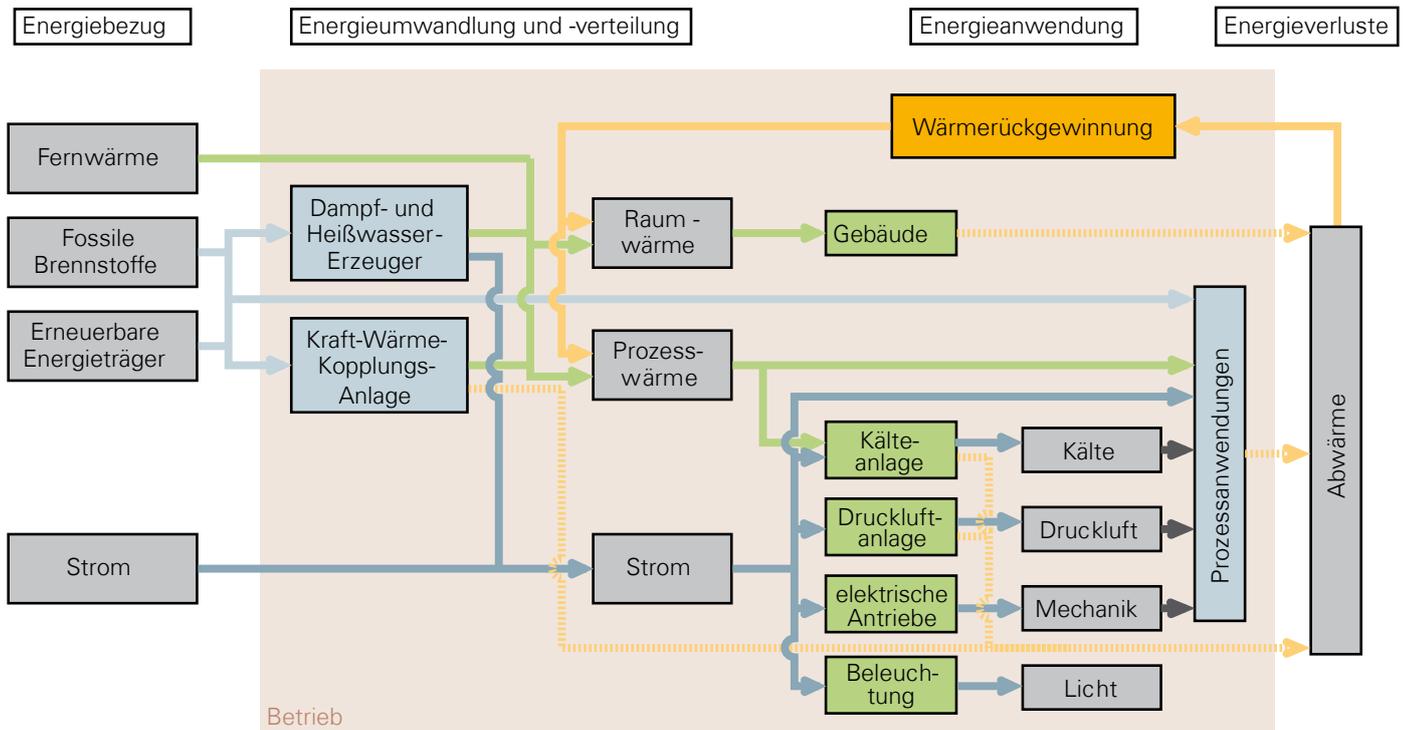
5. Nutzung regenerativer Energiequellen

Bestandsaufnahme im Betrieb

Voraussetzung für ein Energiekonzept ist eine Ist-Analyse. Wo und wie viel Energie wird verbraucht? Wie wird die Energie bereitgestellt? Die Kenntnis der Energieverbräuche einzelner Abteilungen, Prozesse und Anlagen erlaubt dem Betrieb eine

bessere Prozessüberwachung und Kostenkalkulation.

Der Weg der Energie durch einen Betrieb lässt sich in vier Teilabschnitte gliedern: Energiebezug, Energieumwandlung und -verteilung, Energieanwendung und Energieverluste.



Beschaffung der Energiedaten

Die Auswertung von Lieferscheinen und Rechnungen verschafft einen Überblick über die Höhe und den zeitlichen Verlauf des Gesamtenergiebedarfs im Betrieb.

Zähler ermöglichen eine genaue Ermittlung des zeitlichen Verlaufs und die Zuordnung des Energiebedarfs zu einzelnen Verbrauchern: Stromzähler, Wasserzähler, Wärmezähler, Gaszähler sowie Protokolle von Kaminkehrern und Prüfberichte von Messfirmen.

Der Einbau von Unterzählern für Strom, Gas, Wärme und Wasser ist oft auch Voraussetzung für eine verursachungsgerechte Kostenzuweisung in der Produktion.

Sind keine Zähler vorhanden, so kann der Energiebedarf einzelner Anlagen über Nennleistung, Durchschnittsleistung und Laufzeiten (Betriebsstundenzähler) abgeschätzt werden.

Energiemonitoring

Ein Monitoring, insbesondere von energie-relevanten Prozessen und Maschinen, ermöglicht eine detaillierte, zeitlich aufgelöste Datenerfassung. Es ist dabei darauf zu achten, dass notwendige Daten gezielt erfasst und in Bezug zur Produktionsleistung gebracht werden.

Aufbereitung der Daten

Es empfiehlt sich, die Ergebnisse grafisch aufzubereiten, um die einzelnen Energieströme vergleichen zu können.

Energieströme in einem Betrieb

Können Sie Ihre Energiekosten den einzelnen Bereichen genau zuordnen?

Kennzahlen ermöglichen den Vergleich von Energieverbräuchen.

Energiekennzahlen

Um Energieverbrauchsdaten vergleichen zu können, sind Kennzahlen ein geeignetes Mittel:

- zur Eigenkontrolle des Unternehmens bei Vergleich der Zahlen über einen bestimmten Zeitraum hinweg
- zum Planen, Steuern und Kontrollieren
- zum Vergleich des eigenen Unternehmens

oder Produktionsverfahrens mit anderen Unternehmen der Branche (Voraussetzung: Vergleichbarkeit des Produktes)

Typische Kennzahlen sind z. B. spezifischer Energiebedarf pro Produkt (kWh/Stück, kWh/kg), pro Fläche (kWh/m²), pro Mitarbeiter (kWh/MA) oder Energiekostenanteil am Umsatz bzw. an den Herstellkosten.



i Tipps für die Planung energieeffizienter Anlagen

Transparenz: Schlüssel Sie die Energiekosten auf und ordnen Sie sie den jeweiligen Kostenstellen zu.

Anpassung der Versorgungsanlagen: Nutzen Sie Produktionsveränderungen zur Optimierung der Versorgungsanlagen.

Energieversorgung: Berücksichtigen Sie bei der Planung von Produktionsabläufen die dazugehörige Energieversorgung.

Wartungsverträge: Mangelnde Wartung kann zu überhöhtem Energieverbrauch führen. Überprüfen Sie vorhandene Wartungsverträge, schließen Sie fehlende ab und lösen Sie unnötige auf.

Energielieferverträge: Gleichen Sie Energielieferverträge an den aktuellen Bedarf an.



Energieverschwendung: Kann man Energie verbrauchen?

Energieumwandlung: Physikalisch betrachtet wird Energie nicht verbraucht, sondern von einer Form in eine andere umgewandelt. In der Praxis gibt es Energieformen, die sehr gut und für viele verschiedene Zwecke nutzbar sind (z. B. elektrischer Strom oder Prozessdampf auf hohem Temperatur- und Druckniveau) und solche, die weniger gut nutzbar sind (z. B. Wärme auf geringem Temperaturniveau).

Energieerzeugung: Die Umwandlung von z. B. chemisch in Kohle oder Öl gebundener Energie in Strom oder Wärme.

Energieverbrauch: Die Nutzung von hochwertiger Energie unter Umwandlung z. B. in Abwärme.

Energieverschwendung: Der unnötige Energieverbrauch oder die unnötige Entwertung hochwertiger Energie (durch Umwandlung). Wird von einer hochwertigen Energieform mehr als nötig eingesetzt, verschwindet die überschüssige Energie zwar nicht, sie wird aber in eine geringerwertige Energieform umgewandelt und damit entwertet.



Tipps für die Planung energieeffizienter Anlagen

Langfristig denken: Beziehen Sie in die Kostenkalkulation nicht nur die Anschaffungskosten, sondern auch die Betriebskosten mit ein.

Gesamtenergiekonzept: Vor anstehenden Investitionen in Versorgungsanlagen sollte ein Gesamtenergiekonzept erstellt werden.

Koordinierte Planung: Beziehen Sie neben Fachplanern rechtzeitig betriebseigene Fachleute und Energieberater mit ein.

Projektierung: Die Anlagenkomponenten sollten aufeinander abgestimmt sein – nur ein gut geplantes Gesamtsystem ist wirklich energieeffizient.

Abwärme als Energiequelle nutzen: Abwärme (z. B. von Druckluftkompressor oder Kälteanlage) kann genutzt werden und sollte bei der Berechnung des Prozess- und Raumwärmebedarfs berücksichtigt werden.

Einfluss von Anlagen auf Energieversorgung berücksichtigen: Bei Automatisierung steigt häufig der Energiebedarf. Ist andererseits eine Anlage energetisch optimiert, braucht sie oft weniger Energie als ursprünglich veranschlagt. Somit kann man unter Umständen eine Erweiterungsinvestition in die Energieversorgungsanlage vermeiden.

Ausschreibung: Lassen Sie sich in den Angeboten den Energieverbrauch einer Anlage angeben.

Lastenheft: Geben Sie im Lastenheft energieeffiziente Bauteile vor.

Datenerfassung und -aufzeichnung: Messeinrichtungen für den anlagenspezifischen Verbrauch von Energie und anderen Medien (z. B. Wasser, Abwasser) sind notwendig für ein Energiecontrolling bzw. -management.

Viele Energiesparmaßnahmen sind wirtschaftlich, wenn sie mit ohnehin ausstehenden Vorhaben kombiniert werden.

Weitere Informationen:

„Energieanalyse in kleinen und mittleren Unternehmen“ Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 2005:

www.wm.baden-wuerttemberg.de: (Suchbegriff: Energieanalyse)

Energieeffizienz-Check:

www.eebetriebe.klimaaktiv.at: Unser Angebot > Informationen zu Energieeffizienz



Eingesparte Energiekosten sind Gewinn!

Berücksichtigen Sie die Lebenszykluskosten einer Investition.

Wirtschaftlichkeit

Manchmal lassen sich schon durch einfache und praktisch kostenfreie organisatorische Maßnahmen (z. B. Abschalten von Beleuchtung oder Lüftungsanlage über eine Zeitschaltuhr) Energieeinsparungen erreichen. Häufig sind jedoch erhebliche Investitionen dazu notwendig – Investitionen, die sich in der Regel lohnen!

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung müssen die anfallenden fixen und variablen Kosten sowie die zu erwartenden Energie- und Kosteneinsparungen bestimmt werden.

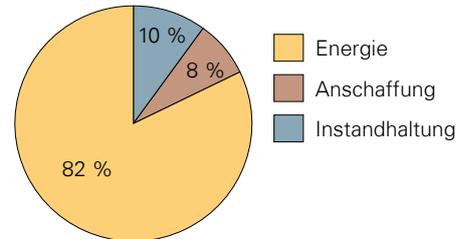
Es wird zwischen statischen und dynamischen Verfahren unterschieden. Statische Verfahren zeichnen sich durch hohe Transparenz und leichte Nachvollziehbarkeit aus. Die dynamischen Verfahren sind insbesondere bei längeren Betrachtungszeiträumen genauer. Sie sind allerdings mit einem höheren Aufwand verbunden.

Zusätzlich zur wirtschaftlichen Bewertung sollten auch andere Kriterien Berücksichtigung finden, die für Unternehmen allerdings häufig unterschiedliche Priorität besitzen. Beispiele solcher Kriterien sind Versorgungssicherheit, Emissionsbilanz, zu erwartende neue Vorschriften, Förderprogramme, regionale oder branchenspezifische Entwicklungen sowie das Image des Unternehmens.

Lebenszykluskosten

Oft wird vernachlässigt, dass die Anschaffungskosten für eine Anlage über die gesamte Nutzungszeit oft nur einen Bruchteil der Gesamtkosten ausmachen. Bei einem Elektromotor können 95 Prozent der Kosten auf den Energieverbrauch fallen. Daher sollten bei der Planung einer Anlage nicht ausschließlich die Anschaffungskosten im Vordergrund stehen: Es müssen die verschiedenen Kosten einer Anlage über die gesamte Lebensdauer (Lebenszyklus) betrachtet werden.

Lebenszykluskosten Pumpensysteme



Gesamtkosten für ein beispielhaftes Pumpensystem (Investitions- und Betriebskosten)



Amortisation und Rentabilität

Es gibt mehrere Möglichkeiten, eine Investition zu beurteilen. In der Praxis wird oft die Amortisationszeit als Kriterium verwendet. Die Amortisationszeit gibt jedoch nur an, wann das eingesetzte Kapital wieder zurückgeflossen ist, trifft aber keine Aussage zur Rentabilität. Vielfach scheitern Investitionsvorhaben an den geforderten kurzen Amortisationszeiten. Bei Investitionen im Energiebereich, die sich durch eine lange Nutzungsdauer auszeichnen, lässt ein Unternehmen dadurch möglicherweise erhebliche Einsparpotenziale ungenutzt.

Um dies zu verhindern, sollte besser die Rentabilität betrachtet werden. Ein geeignetes Rentabilitätsmaß ist die Kapitalrendite (interne Verzinsung).

Die nachfolgende Tabelle zeigt, welche rentablen Investitionsmöglichkeiten ausgeschlossen werden, wenn eine bestimmte Amortisationsdauer (hier 3 Jahre) als alleiniges Kriterium für die Wirtschaftlichkeit herangezogen wird. Als rentabel wurde in diesem Beispiel eine interne Verzinsung von mindestens 10 Prozent angesehen.

Vielfach scheitern Investitionsvorhaben an kurzen geforderten Amortisationszeiten.

Die wirtschaftlichen Potenziale für Energieeffizienz sind nach wie vor sehr groß.

Investitionen in Energieeffizienz, Nutzungsdauer der Anlage: 15 Jahre

Geforderte Amortisationszeit/ Geldrückfluss	Interne Verzinsung/ Rendite des investierten Kapitals	Bemerkung
2 Jahre	50 %	Bei Amortisationszeiten bis zu drei Jahren und einer Nutzungsdauer von 15 Jahren haben Energieeffizienzmaßnahmen sehr hohe Kapitalrenditen.
3 Jahre	33 %	
4 Jahre	24 %	
5 Jahre	18 %	Auch bei doppelt so langen Amortisationszeiten weisen solche Investitionen eine gute Rentabilität auf.
6 Jahre	15 %	
7 Jahre	12 %	Investitionen mit einer internen Verzinsung unter 10 Prozent werden von Unternehmen als nicht rentabel angesehen.
8 Jahre	9 %	



Aufteilung des Stromverbrauchs für elektrische Antriebssysteme

Effiziente Motoren haben einen neuen Namen: IE2, IE3

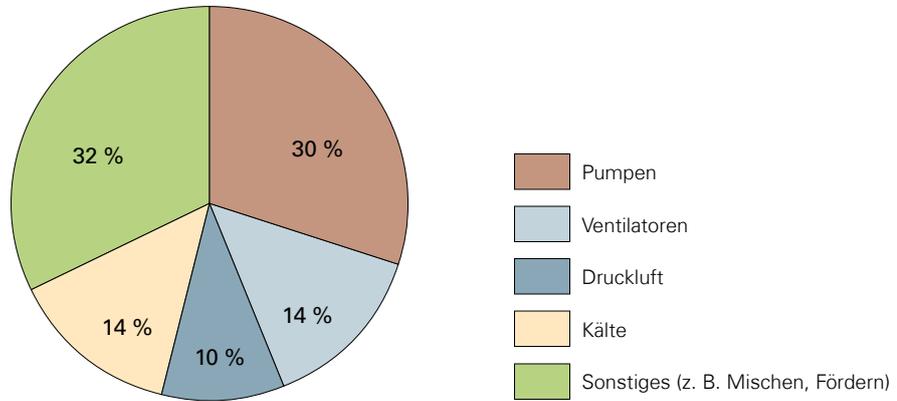
Besonders bei kleinen Motoren gibt es große Unterschiede im Wirkungsgrad.

Hocheffiziente Motoren lohnen sich schon ab einer Laufzeit von 2.000–3.000 Stunden pro Jahr.

Maschinen/Anlagen/Antriebe

Etwa 70 Prozent des Stromverbrauchs in der Industrie entfallen auf Elektromotoren. Mehr als die Hälfte davon wird für den

Antrieb von Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren benötigt.



Energieeffizienzklassen von Motoren

Die Motoren werden in drei Klassen unterteilt:

IE1 bedeutet Standardwirkungsgrad (bisher EFF2)

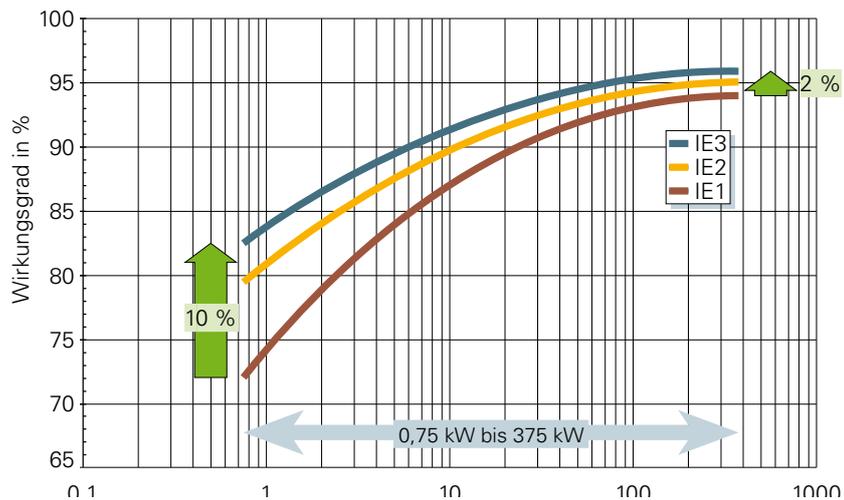
IE2 Hocheffizienzmotor (bisher EFF1)

IE3 Premium-Effizienz-Motor

Mit dem Wirkungsgrad wird die Effizienz von Elektromotoren bei der Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie beschrieben.

Besonders bei kleinen Motoren sind die Unterschiede zwischen Standard- und Hocheffizienzmotor groß.

Energieeffizienzklassen



Berücksichtigt man, dass die Stromkosten in der Regel über 90 Prozent der gesamten Lebenszykluskosten eines Motors ausmachen, amortisieren sich die Investi-

tionskosten in einen Hocheffizienzmotor typischerweise in ein bis drei Jahren, je nach Motorlaufzeit.

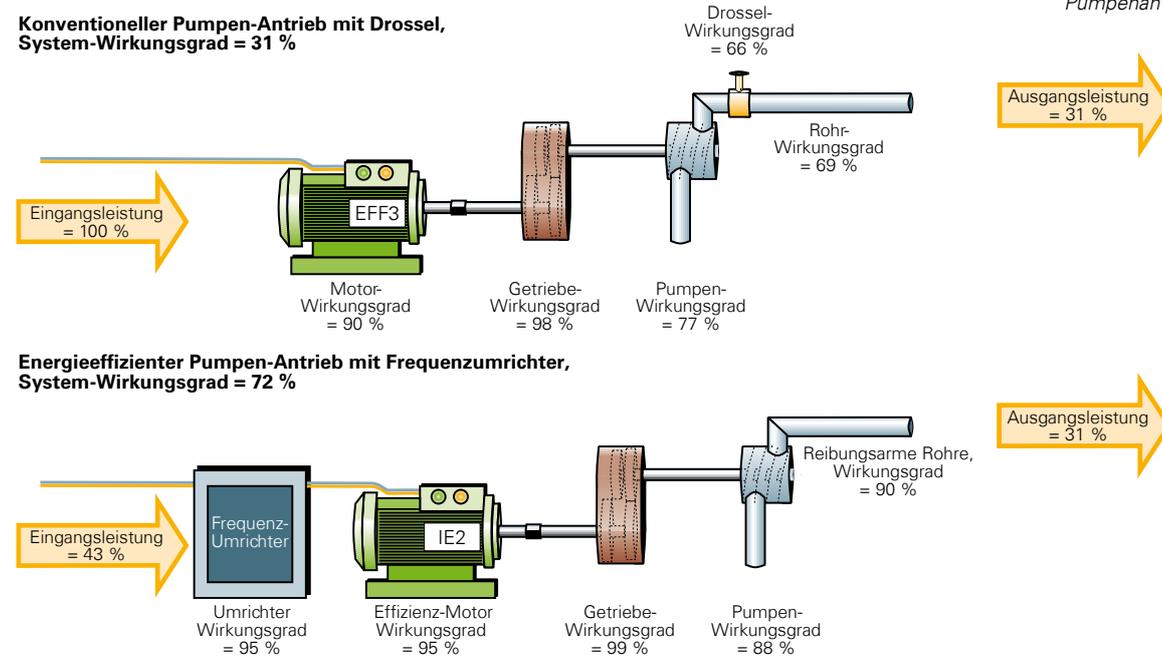
Elektrischer Antrieb im Gesamtsystem

Über die Effizienz einer Antriebseinheit entscheidet nicht nur der Motor allein. Auch bei Getrieben gibt es große Unterschiede im Wirkungsgrad. Für wechselnde Lasten empfiehlt sich in der Regel ein Frequenzumrichter, der die Leistung dem jeweiligen Bedarf anpasst.

Im folgenden Bild werden ein elektrischer Antrieb (in diesem Fall ein Pumpensystem) in konventioneller Ausführung und ein optimierter Antrieb miteinander verglichen. Eine Optimierung des Gesamtsystems (Motor, Leistungsregelung, Kraftübertragung) einschließlich Prozessoptimierung spart bis zu 60 Prozent Energie.

Die größten Einsparungen werden erzielt, wenn ein System im Ganzen optimiert wird.

Konventioneller und energieeffizienter Pumpenantrieb im Vergleich



Einen Überblick über Einsparpotenziale in elektrischen Antriebssystemen gibt folgende Tabelle:

Überblick über Maßnahmen und Einsparpotenziale

Maßnahme	Wirtschaftliches Einsparpotenzial
Verbesserung des Antriebs	
Einsatz hocheffizienter Motoren	3 %
Einsatz drehzahlvariabler Antriebe	11 %
Systemverbesserungen	
bei Druckluftsystemen	33 %
bei Pumpensystemen	30 %
bei Kältesystemen	18 %
bei raumluftechnischen Anlagen und Ventilatoren	25 %
Motorensysteme gesamt	25–30 %



Frequenzumrichter regeln die Leistungsaufnahme.

Ein optimiertes Gesamtsystem bedeutet: keine Überdimensionierung, effiziente Antriebe, Abstimmung der Komponenten.

i Tipps für die Optimierung

Anlagen nach dem Stand der Technik:

Viele Maschinen und Antriebe 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.

Lebenszykluskosten: Bei einem Standardmotor mit einer jährlichen Nutzungsdauer von 3.000 Stunden entfallen weniger als 3 Prozent der Lebenszykluskosten auf die Anschaffung, über 95 Prozent auf den Energieverbrauch.

Motoren mit Effizienzklasse IE2 oder IE3:

Achten Sie insbesondere beim Neukauf von Maschinen und Anlagen auf die Verwendung von hocheffizienten Elektromotoren mit Energieeffizienzklasse IE2 oder IE3 (beim Anlagenhersteller nachfragen). Die möglichen Mehrkosten amortisieren sich je nach Laufzeiten nach wenigen Jahren.

Drehzahlgeregelte Antriebe: Bei wechselnder Last besteht ein hohes Energie-sparpotenzial durch die Verwendung von regelbaren (z. B. drehzahlgeregelten) elektrischen Antrieben.

Drehstrommotoren: 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.

Blindleistungskompensation: Blindstrom belastet das Stromversorgungsnetz. Die Blindleistungskompensation reduziert den unerwünschten Blindstrom, trägt zur Senkung der Übertragungsverluste in allen elektrischen Energieversorgungsnetzen bei und spart unmittelbar Kosten.

Reduktion der Maschinenlaufzeiten:

Schalten Sie nach Möglichkeit in Arbeitspausen besonders die energieintensiven Geräte und Anlagen ab. Für regelmäßig wiederkehrende Abläufe oder Arbeitspausen empfehlen sich Zeitschaltuhren. Betreiben Sie Hilfsmaschinen (z. B. Gebläse) nur, solange die Hauptmaschine arbeitet.



Elektrische Antriebe

i Tipps für Transformatoren und Gleichrichter

Leerlaufverluste: Wählen Sie Anlagen mit den geringsten Leerlaufverlusten aus.

Nachrüstung von Gleichrichtern: Ein Austausch von Selenplatten durch Siliziumdio-

den kann den Wirkungsgrad um 10–20 Prozent steigern.

Nutzung der Gleichrichterabwärme für Heizzwecke, das heißt zur Erwärmung der Frischluft im Betrieb oder zur Brauchwassererwärmung.

Weitere Informationen:

Effizienz im Antrieb: www.topmotors.ch

Motor Challenge Programm: www.motor-challenge.de: Technischer Leitfaden

Pumpen

Der Gesamtwirkungsgrad eines Pumpensystems ist entscheidend für den Energieverbrauch (siehe Grafik S. 15). Ein Pumpensystem besteht in der Regel aus Behältern, wie Tanks oder Becken, Rohrleitungen, Armaturen, Messgeräten, Einbauten wie

Wärmetauschern oder Filtern, sowie der Pumpe mit ihrem Antrieb. Für Pumpen gilt, ähnlich wie für Antriebssysteme, dass durch eine sorgfältige Auslegung des Pumpensystems, richtige Dimensionierung sowie durch eine passende Regelung viel Energie im Betrieb eingespart werden kann.

Tipps und Hinweise

Gesamtsystem: Die Optimierung der Pumpen sollte immer eine Betrachtung des Gesamtsystems inklusive Leitungen und Verbraucher beinhalten.

Laufzeiten: Lassen Sie Pumpen nur so lange laufen, wie es nötig ist.

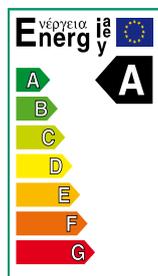
Überdimensionierte Pumpen arbeiten nicht im optimalen Betriebspunkt und verbrauchen daher mehr Energie als notwendig.

Drehzahlregelung oder Parallelschaltung: Für veränderliche Förderleistungen

bieten sich Drehzahlregelung oder Parallelschaltung von mehreren Pumpen an. Eine Drosselregelung ist nicht effizient.

Rohrleitungssystem: Um den Druckverlust gering zu halten, müssen Rohre ausreichend dimensioniert und reibungsarm sein und sie dürfen nur wenige Engstellen enthalten.

Wartung und Instandhaltung sind wichtig: Aufgrund von fehlender Wartung können Pumpen im Laufe ihres Lebens bis zu 20 Prozent ihres Wirkungsgrades einbüßen.



Auch Heizungsumwälzpumpen werden in Energieeffizienzklassen eingeteilt. Hierbei stellt die Klasse A den höchsten Wirkungsgrad dar.



Weitere Informationen:

Initiative EnergieEffizienz der Dena: www.industrie-energieeffizienz.de: Technologien
Motor Challenge Programm: www.motor-challenge.de: Module



Hocheffiziente Kühlwasserpumpe

Drei Viertel der Pumpensysteme sind überdimensioniert.

Hocheffiziente geregelte Heizungsumwälzpumpe (25–450 W)



Druckluft ist eine teure Energie!

Schematischer Aufbau einer Druckluftanlage

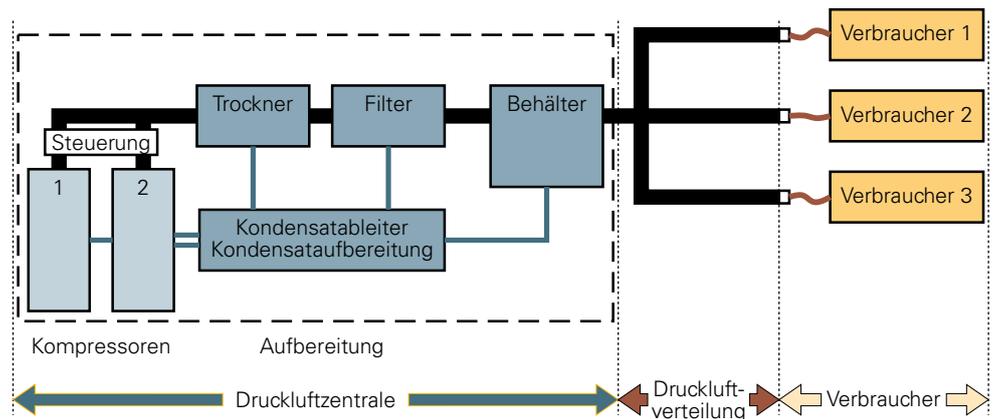
Druckluft

In Industrie- und Gewerbebetrieben liegt der Energiebedarf für Druckluft bei durchschnittlich 10 Prozent des Strombedarfs, aber auch 30 Prozent sind im Einzelfall möglich. Druckluft bietet zahlreiche Vorteile: sie ist sauber, leicht zu handhaben, flexibel einsetzbar, praktisch ungefährlich. Die Druckluftherzeugung ist allerdings sehr energie- und kostenintensiv.

Die Anschaffungskosten sind gering im Vergleich zu den laufenden Betriebskosten (Strom).

Ein Druckluft-System besteht im Wesentlichen aus drei Bereichen:

- Erzeugung und Aufbereitung
- Verteilung (Netz)
- Anwendung und Verbraucher



Jede Optimierung beginnt bei den Verbrauchern: Man verbessert Schritt für Schritt

das gesamte System, um als letztes die Kompressoren zu optimieren.

Gibt es Alternativen zu Druckluft?

Unsichtbare Verluste: Oft gehen 50 Prozent der Druckluft auf dem Weg zum Werkzeug verloren.

i Tipps für organisatorische Maßnahmen

Alternativen für Druckluft: Verwenden Sie Druckluft nur für die fertigungstechnisch notwendigen Zwecke und nicht für Trocknung, Reinigung usw. Zudem lassen sich viele Anwendungen (z. B. auch Schalter und Ventile) elektrisch effizienter bewegen als pneumatisch.

Wartung und Instandhaltung: Wechseln Sie regelmäßig die Filter und prüfen Sie das Leistungsnetz auf Leckagen.

Druckniveau: Halten Sie den Netzdruck möglichst niedrig. Benötigen einzelne Ver-

braucher ein höheres Druckniveau, kann ein eigenes Netz oder eine dezentrale Druck-erhöhung sinnvoll sein.

Kostenfaktor „Druckluft“: Wie hoch sind die Energiekosten für Druckluft? Zur Messung des Druckluftverbrauchs sind Betriebsstunden- und Stromzähler notwendig. Eine eigene Kostenstelle für Druckluft ist zu empfehlen.

Leckageverluste in Druckluftnetzen liegen durchschnittlich bei 30 Prozent. Leckagen können mit Ultraschall oder Schaumspühräten geortet werden.

Kosten für Undichtigkeiten im Druckluftnetz

Lochgröße	Energieverlust	Zusatzkosten
 1 mm	3.800 kWh	380 €/Jahr
 3 mm	35.000 kWh	3.500 €/Jahr
 5 mm	96.000 kWh	9.600 €/Jahr
 10 mm	380.000 kWh	38.000 €/Jahr

Basis: 8.000 h/a, 7 bar und 0,10 Euro/kWh



Druckluftkompressoren

Tipps für technische Maßnahmen

Kompressoren nach dem Stand der Technik:

Setzen Sie technisch optimierte Kompressoren mit Hocheffizienzmotoren und drehzahlvariablen Antrieben ein. Viele veraltete Kompressoren verursachen hohe Betriebskosten und gefährden die Versorgungssicherheit.

Auslastung der Kompressoren: Optimieren Sie die Auslegung der Druckluftstation: Der Einsatz mehrerer Kompressoren mit unterschiedlichen Leistungen und übergeordneter intelligenter Steuerung ermöglicht eine bessere Auslastung des einzelnen Kompressors.

Geeigneter Aufstellungsort: Er sollte die Ansaugung ausreichender Mengen trockener, kalter (Nordseite), sauberer Luft gewährleisten und die Möglichkeit der Abwärmenutzung zur Lufterwärmung oder Warmwasserbereitung bieten.

Leitungsnetz: Achten Sie bei der Verlegung des Leitungsnetzes zur Vermeidung

unnötiger Druckverluste auf Rohre mit ausreichendem Querschnitt, geringer Innenrauhigkeit sowie weiten Bögen und Hosentücken statt Knie- und T-Stücken. Eine sorgfältige Rohrnetzberechnung ist sinnvoll.

Druckluftspeicher: Anlagen mit starken Verbrauchsschwankungen benötigen ausreichend große Druckluftspeicher.

Druckluftaufbereitung: Verfahren Sie bei Trocknung und Entölung nach dem Prinzip „So viel wie nötig – so wenig wie möglich“.

Abwärmenutzung: Nutzen Sie Kompressorenabwärme für Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung, am einfachsten, indem Sie die Kühlluft der Kompressoren in der Heizperiode als Frischluft für den Betrieb verwenden.

Zonierung: Nicht benötigte Verbraucher können durch Magnetventile vom Druckluftnetz getrennt werden.

Verlustarme Kupplungen, Armaturen und Schläuche: Ersetzen Sie altes Anschlussmaterial.

Das wirtschaftliche Einsparpotenzial liegt bei circa 30 Prozent.

Weitere Informationen:

Bayerisches Landesamt für Umwelt:

www.lfu.bayern.de: Luft > Fachinformationen > Druckluftcheck

Dena: www.industrie-energieeffizienz.de: Technologien > Druckluft

Effiziente Druckluft: www.druckluft.ch/index.php

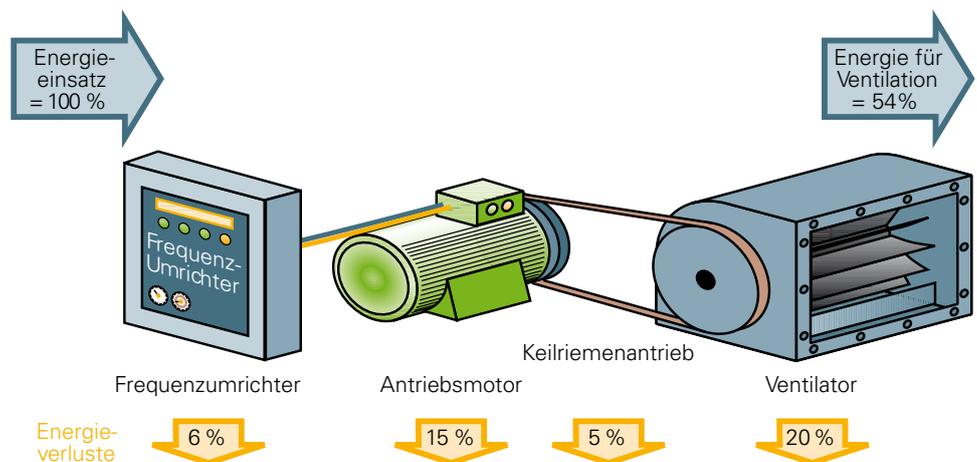


Lüftung/Klima/Kälte

Lüftungs- und Klimaanlage gewährleisten eine definierte Luftqualität. Es werden Schadstoffe abgeführt, Frischluft kontrolliert zugeführt und die Raumtemperatur reguliert. Neben der reinen Zuführung von Luft ist oft auch ein Erwärmen, Kühlen, Be- und Entfeuchten der Luft erforderlich. Mithilfe von Lüftungsanlagen lässt sich auch Wärme aus der Raumluft zurückgewinnen. Anlagen, die mindestens zwei Funktionen ausführen, werden als raumluftechnische (RLT) Anlagen bezeichnet.

Raumluftechnische Anlagen sind Großverbraucher: Lange Benutzungszeiten und leistungsstarke Komponenten führen zu einem hohen Gesamtenergieverbrauch. In Deutschland werden etwa 15 Prozent des industriellen Stromverbrauchs für den Betrieb von Ventilatoren (dem Herzstück einer RLT-Anlage) aufgewandt. Gleichzeitig wird das Energieeinsparpotenzial eines Ventilatorsystems in der Industrie auf über 20 Prozent beziffert.

Energieverluste in einem Ventilatorsystem



Lüftungsanlagen verbrauchen viel Energie, weil sie in der Regel lange Laufzeiten und hohe Leistungen haben.

i Tipps für den optimalen Betrieb von Anlagen

Bedarfsgerechte Steuerung und Regelung (z. B. drehzahlgeregelte Ventilatoren): Die Anlagen sollten nur dann laufen, wenn tatsächlich ein Bedarf besteht, und sie sollten in dieser Zeit nur mit der wirklich notwendigen Leistung betrieben werden – die Maximalleistung wird oft nur kurz benötigt. Einzelne Bereiche mit unterschiedlicher Nutzung sollten getrennt voneinander regelbar sein.

Effizienter Betrieb: Zuluft- und Abluftklappen sollten außerhalb der Betriebszeiten geschlossen sein.

Anforderungsprofil für das Raumklima:

Lassen Sie möglichst große Toleranzen der Sollwerte (z. B. Temperatur, Luftfeuchte) zu. Hinterfragen Sie die veranschlagten Luftleistungen und den Aufbereitungsgrad der Luft. Übertriebene Sicherheitszuschläge und Komfort-Standards verursachen erhebliche Kosten.

Instandhaltung: Warten Sie die Anlagen regelmäßig, am besten zustandsorientiert (Filterwechsel, Riemenprüfung, Reinigung von Wärmetauscher und Verdampfer).



Tipps für die Anlagenplanung Ventilatorsystem

Effiziente Komponenten des Ventilatorsystems: Setzen Sie vor allem bei Neuinvestitionen technisch optimierte, drehzahl-geregelte Komponenten ein.

Es gibt zwei Typen von Energieeffizienz-klassen: Spezifische Ventilatorleistung (SFP) ist eine Kennzahl zur Beurteilung der Gesamteffizienz der kompletten RLT-Anlage (Ventilator, Antrieb, Aggregate, Kanäle). Eine weitere Klassifizierung ordnet aus-schließlich das RLT-Gerät in Effizienzklassen ein: A+, A oder B.

Kupplungssysteme: Bevorzugen Sie Di-
rektantrieb vor Flachriemen und Keilriemen.

Luftvolumen: Planen Sie einen hohen Umluftanteil ein, sofern die Luftqualität es zulässt.

Kanalnetz: Verwenden Sie Lüftungskanäle mit möglichst geringen Strömungswiderständen (ausreichende Leitungsquerschnitte, glatte Rohre, Bögen mit Leitschaufeln anstelle von Winkeln). Dies gilt auch für Filter, Schalldämpfer, Regeleinrichtungen und Wärmetauscher. Gleichzeitig ist auch die Dichtheitsklasse von Bedeutung, um Leckgeräten gering zu halten.

Eine gezielte Absaugung von Schadstoffen am Entstehungsort reduziert die zur Sicherstellung des Arbeitsschutzes notwendigen Luftmengen auf einen Bruchteil.

Wärmerückgewinnung: Auch in bestehenden Anlagen kann sich der nachträgliche Einbau einer Wärmerückgewinnung lohnen.



Kühlung und Klimatisierung von Bürogebäuden

Eine energieintensive Kühlung und Klimatisierung von Bürogebäuden kann vermieden werden, wenn unter anderem folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Eine großflächige Fassadenverglasung führt fast immer zu Überhitzung im Sommer und zu hohen Wärmeverlusten im Winter.
- Die inneren Wärmelasten sind zu minimieren, indem energiesparende Bürogeräte und eine effiziente Beleuchtung verwendet werden.
- Ein geeigneter Sonnenschutz mit Streulichtdurchgang verringert den Wärmeeintrag.
- Warme Außenluft kann durch Wärmetauscher einer Wärmerückgewinnungsanlage oder durch Ansaugung über Erdkanäle im Sommer abgekühlt werden.



In den letzten Jahren ist der Einsatz von Klimaanlage stark gestiegen – dies führt zu einem deutlichen Anstieg der Energiekosten.

Optimieren Sie immer Ihr ganzes System.

Düsenplatten (hier an einem Schmelztiegel) bündeln den Schadstoffstrom im Vergleich zu herkömmlichen Absaughauben oder Absaugstutzen. Bei gleicher Schadstofffassung sind daher deutlich geringere Luftabsaugmengen erforderlich.



Kälteverbundanlage: Eine Kälteverbundanlage ermöglicht Teillastbetrieb und eine Nutzung der Abwärme.

Künstliche Kälte ist teuer und sollte nur dort eingesetzt werden, wo sie auch wirklich benötigt wird.

Die größten Einspareffekte lassen sich durch ein gut geplantes System mit drehzahlregulierten Verdichtern erzielen.

Kältetechnik

Kältetechnik wird in verschiedenen Bereichen eingesetzt. Neben der Raumklimatisierung dient sie z. B. zur Kühlung von Lebensmitteln und EDV-Anlagen. Auch für industrielle Produktionsprozesse spielt sie eine wichtige Rolle. Hauptsächlich wird Kälte mit Kompressions- und Absorptionskälteanlagen erzeugt. Absorptionskälteanlagen nutzen Wärme anstelle von Strom für die Kälteerzeugung.

Praxisbeispiel: Fa. OSRAM hat 2009 im Werk Augsburg ihre dezentrale Kälteversorgung mit Kältemaschinen auf eine zentrale Kälteversorgung mit Grundwasser und Absorptionskälteanlage, die im Sommer die Abwärme des Glaswerks nutzt, umgestellt.

Welches Kühlsystem für welchen Einsatzbereich?

Eine Energie sparende Möglichkeit zur Prozesskühlung ist die Nutzung von Grundwasser. Es kühlt bis zu einem Temperaturniveau von rund 8–10 °C. Bis zu einer Minimaltemperatur von 14 °C kommen als zweitbeste Lösung auch Kühltürme in Frage. Eine freie Kühlung mit Außenluft bietet sich für Dauer verbraucher (EDV, Prozesskühlung) an, sobald die Außenluft kälter als das Kühlmedium ist.

Investitionsmehrkosten: 960.000 €

Jährliche Einsparung: 360.000 €
(2,2 Mio kWh Strom,
40.000 m³ Trinkwasser)

Amortisationszeit: 3 Jahre

Kapitalrendite (interne Verzinsung): 38 %



Tipps und Hinweise

Systemoptimierung: Die maximale Energieeffizienz wird erreicht durch das passende Anlagenkonzept (z. B. zentrale anstelle einer dezentralen Kälteerzeugung) und eine optimale Dimensionierung, insbesondere des Teillastbetriebes.

Verringerung des Kühlbedarfs: Minimieren Sie unnötige innere und äußere Wärmelasten. Hinterfragen Sie die eingestellten Temperaturen und Kühlzeiten.

Sorptionskälteanlage: Existiert in der Nähe eine (Ab-) Wärmequelle mit mindestens 80 °C, dann sollte eine Absorptionskälteanlage

(gegebenenfalls auch eine Adsorptionskälteanlage) in Erwägung gezogen werden.

Kältemaschine: Wenn auf Kompressionskältemaschinen nicht verzichtet werden kann, sollte deren Abwärme genutzt werden.

Regelmäßige Wartung der Anlage und konsequente Reinigung der Verflüssiger erhalten die Effizienz der Kälteanlage.

Wärmedämmung: Achten Sie auf eine ausreichende Wärmedämmung der Kälte führenden Anlagenteile und Rohrleitungen.

Kältespeicher: In bestimmten Fällen kann ein Kältespeicher sinnvoll sein, um eine effiziente Kälteerzeugung zu unterstützen.

Weitere Informationen:

Leitfäden des LfU „Effiziente Energienutzung in Bürogebäuden“ und „Rationelle Energienutzung beim Einsatz raumluftechnischer Anlagen“ www.bestellen.bayern.de, Suchbegriff „Bürogebäude“ bzw. „Raumluftechnische Anlagen“

Initiative EnergieEffizienz der Dena: www.industrie-energieeffizienz.de: Technologien Motor Challenge Programm: www.motor-challenge.de: Module

Stadt Wien (2008) – Energieeffizienz bei Lüftungsanlagen: www.sep.wien.at: Technologieleitfäden und Broschüren > Energieeffizienz bei Lüftungsanlagen

Trocknungstechnik

Trocknungsprozesse sind in Industrie und Gewerbe weit verbreitet. Neben der Papierherstellung sind sie auch bei der Holzverarbeitung, der Textilverarbeitung, in der Lebensmittelherstellung und bei der Lackierung von Bedeutung. Die Trocknung ist dann besonders aufwendig, wenn Wasser oder Lösungsmittel verdampft werden müssen. Dies wird durch Energiedaten für Wasser deutlich: Der Energieverbrauch beim Verdampfen ist etwa 100-mal höher als bei mechanischen Abtrennungsvorfahren.

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

Schmelzen von Eis	1,2 kWh
Erwärmen von 0 °C auf 100 °C	1,2 kWh
Verdampfen bei 100 °C	6,3 kWh



Das Verdampfen von Wasser oder Lösungsmitteln benötigt viel Energie.

Eine mechanische Vorentwässerung reduziert den Energiebedarf für die Trocknung enorm.

i Tipps und Hinweise

Mechanische Flüssigkeitsabtrennung:

Betreiben Sie mechanische statt thermischer Flüssigkeitsabtrennung. Mechanische Trocknungsvorfahren (Zentrifugen, Abquetschbalken, Vakuumabsaugung, Kammerfilterpressen) sollten soweit wie möglich der Verdampfung vorgeschaltet werden.

Temperatur und Feuchtigkeit: Halten Sie die Trocknungsluftmenge so gering wie möglich, vermeiden Sie Übertrocknung.

Prozesssteuerung: Eine möglichst genaue Anpassung an die prozessspezifischen

Erfordernisse kann oft sehr viel Energie einsparen (z. B. feuchtigkeitsgeregelte Abluftsteuerung).

Dämmung: Sorgen Sie für Wärmedämmung und Kapselung der Trocknungsaggregate.

Direktbeheizung: Prüfen Sie bei einer Neuananschaffung, ob direkt beheizte Trockner eingesetzt werden können.

Alternativen: Prüfen Sie alternative Trocknungsvorfahren (Strahlungstrocknung, Vakuumverdampfung usw.).

Wärmerückgewinnung: Mit Wärmetauschern in der Trocknungsluft lässt sich ein Teil der Trocknungswärme zurückgewinnen.



Vakuumsaugbalken zur Vortrocknung von Stoffbahnen in der Textilindustrie

Im Anhang des Leitfadens ist ein Mollier-Diagramm (h-x-Diagramm), mithilfe dessen viele Fragen zu Luftfeuchtigkeit, Trocknungstechnik und Energieaufwand geklärt werden können.



Strahlungsverluste an alten Kesseln können bis zu 10 Prozent betragen.

Kennen Sie die Kosten für Ihre Wärmeerzeugung? Vielleicht fällt Abwärme an, die sich an anderer Stelle nutzen lässt.

Raumheizung/ Prozesswärme/Warmwasser

Der größte Teil des betrieblichen Energieverbrauchs entfällt auf die Wärmebereitstellung. Jeder Betrieb benötigt Wärme für die Raumheizung im Winter. Auch für viele Produktionsprozesse muss Wärme auf ganz unterschiedlichem Temperaturniveau bereitgestellt werden.

Strahlungsheizungen zur Hallenbeheizung

Große Hallen mit oftmals schlechter Wärmedämmung sind schwierig zu beheizen.

Heizsysteme mit Luftherzern führen oft zu Zugluft und verbrauchen viel Energie, da die erwärmte Luft an die Hallendecke steigt. Ist es zudem betriebsbedingt notwendig die Hallentore häufig zu öffnen, entstehen im Winter hohe Wärmeverluste. Strahlungsheizungen (Gas-Infrarotstrahler oder Warmwasser-Deckenstrahler) benötigen zur Beheizung für gleiches Wohlbefinden eine geringere Raumlufttemperatur und damit weniger Energie. Zusätzlich entsteht keine Zugluft.

i Tipps für die Wärmeerzeugung

Heizkessel: Achten Sie auf die richtige Auslegung von Heizkesseln, sie sollten nicht überdimensioniert sein. Wenn eine mögliche Betriebserweiterung berücksichtigt werden soll, ist oft ein Brennwertkessel eine gute Lösung, da er seinen höchsten Wirkungsgrad schon deutlich unterhalb der Volllast erreicht.

Taktbetrieb vermeiden: Modulierende (regelbare) Brenner ermöglichen einen Teillastbetrieb. Auch eine Kesselfolgeschaltung mehrerer Kessel vermeidet einen Taktbetrieb von Heiz- und Dampfkesseln.

Vorwärmung der Verbrennungsluft: 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.

Heißwasser statt Dampf: Benutzen Sie – falls möglich – Heißwasser anstelle von Dampf als Wärmeträger. Die Dampferzeugung ist mit hohen Umwandlungsverlusten verbunden. Auch mit Heißwasserheizungen können unter Druck Temperaturen bis über 120 °C erreicht werden.

Niedertemperatur-Wärmeverbraucher, z. B. Duschen können die noch vorhandene Wärme im Rücklauf eines Wärmeverteilsystems nutzen.

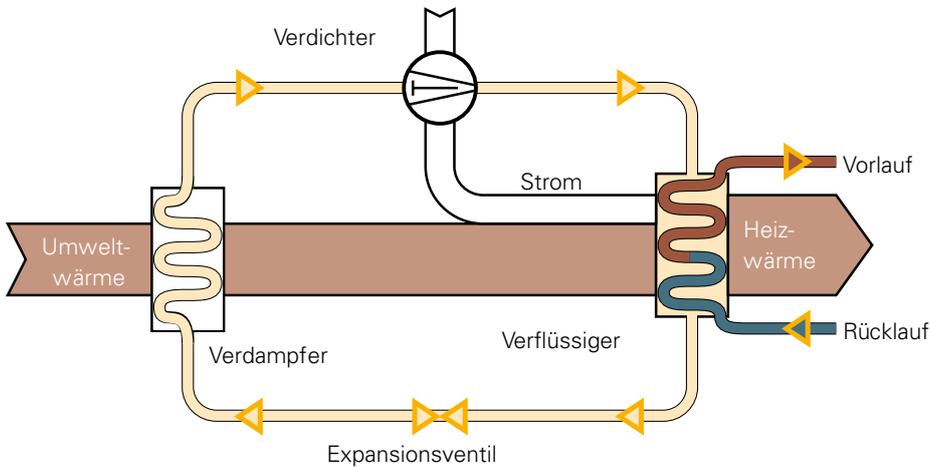
Dezentraler Warmwasserbedarf: Hier kann der Betrieb von Warmwasserboilern vor Ort sinnvoll sein.



Wärmepumpe

Eine Wärmepumpe bringt Wärmeströme (aus Boden, Wasser

oder Luft) mit relativ niedriger Temperatur auf eine höhere Temperatur. Dadurch lässt sich Umweltwärme zur Beheizung nutzen.

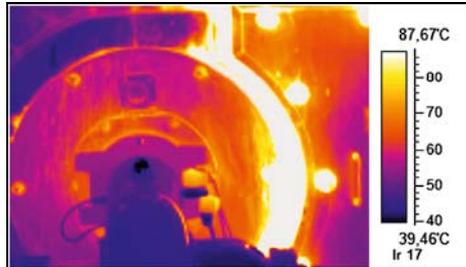


Funktions-Prinzip einer Wärmepumpe

Dampferzeugung

Für Prozesse über 120 °C (z. B. Sterilisieren oder Dämpfen) muss Wärme als Dampf zugeführt werden. Der Wirkungsgrad eines Dampferzeugers kann durch Luft- oder

Speiswasservorwärmung mithilfe eines Luftvorwärmers bzw. eines Economizers erhöht werden. Dem Abgas wird Wärme entzogen und über Wärmetauscher auf die Verbrennungsluft bzw. das Speiswasser übertragen.



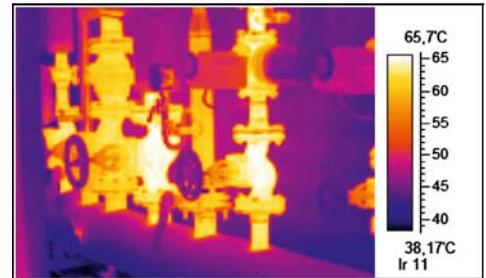
Hohe Wärmeverluste an einem alten Dampfkessel durch fehlende Dämmung. Die Oberflächentemperatur eines Dampfkessels sollte nicht mehr als 15 Grad über Raumtemperatur liegen.

Optimal gedämmte Heizungsrohre vermeiden Energieverluste bei der Wärmeverteilung.

Wärmeverteilung in einem alten Kesselhaus: Ungedämmte Leitungen und Armaturen führen zu hohen Energieverlusten.

Je besser die Wärmedämmung eines Gebäudes ist und je besser die innerbetriebliche Abwärme genutzt wird, desto geringer ist der Energiebedarf für die Raumheizung.

Wärmeverteilung



Tipps für die Wärmeverteilung und Wärmenutzung

Wärmedämmung: Eine gute Wärmedämmung von Betriebsgebäuden, Leitungen und Armaturen spart nicht nur Energie, sondern verbessert auch den Komfort durch Vermeidung von Wärmelasten im Sommer.

Prozesstemperaturen: Überprüfen Sie die geforderten Prozesstemperaturen kritisch. Benötigen nur einzelne Prozesse ein beson-

ders hohes Temperatur- oder Dampfdruckniveau, kann eine Abkoppelung vom allgemeinen Wärmenetz sinnvoll sein.

Hocheffiziente Heizungsumwälzpumpen:

Tauschen Sie unregelmäßige Umwälzpumpen gegen geregelte hocheffiziente Pumpen.

Die Abdeckung von Prozessbädern reduziert den Wärmebedarf.



Tipps für das richtige Heizen

Raumtemperatur: Vermeiden Sie eine Überheizung von Gebäuden, wie sie gelegentlich nicht regelbare Heizkörper verursachen. Eine Verringerung der Durchschnittstemperatur um 1 °C bedeutet eine Heizkostensparnis von sechs Prozent.

Eine Nacht- und Wochenendaussenkung der Raumtemperatur bringt Einsparungen bis zu 15 Prozent.

Hallentore: Automatische Schnellverschlussstore reduzieren die Wärmeverluste erheblich.

Stoßlüftung: Vermeiden Sie besonders in Bürogebäuden während der Heizperiode das Dauerlüften mit gekippten Fenstern. Es führt zu hohen Wärmeverlusten. Durch Stoßlüften von 3–5 Minuten mit weit geöffneten und möglichst gegenüber liegenden Fenstern kann die Luft ohne große Wärmeverluste ausgetauscht werden.

Weitere Informationen:

Infoblatt Heizung: www.iwo-austria.org: Suchwort „Infoblatt Heizung“ > Infomaterial > Infoblätter Heizung

Beheizung von Hallen und hohen Räumen: www.ea-nrw.de: Unternehmen > Portal Energieeffizienz von Unternehmen > Suchwort Hallenheizsysteme

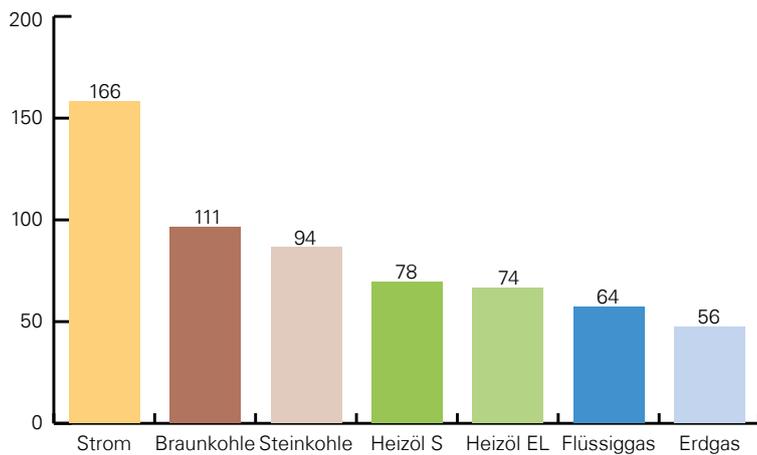
Energiebereitstellung

Energieträger

Die Auswahl des Energieträgers hat einen erheblichen Einfluss auf die Energiekosten und auf die CO₂-Emissionen eines Betriebes.

Jeder Verbrennungsprozess setzt Kohlendioxid frei. Insbesondere bei Strom, der im Vergleich zu anderen Energieträgern teuer ist, sind die CO₂-Emissionen sehr hoch, wenn er in fossilen Verbrennungskraftwerken erzeugt wird.

Spezifische CO₂-Emissionen verschiedener Energieträger (g/MJ)



Vergleich der CO₂-Emissionen verschiedener Energieträger



Tipps und Hinweise

Erdgas: Erdgas als Brennstoff verursacht unter den fossilen Energieträgern die geringsten CO₂-Emissionen.

Es lässt sich zudem besonders effizient in Brennwertkesseln einsetzen. Hinzu kommt der geringe Aufwand für die Abgasreinigung.

Elektrischer Strom sollte nur im Ausnahmefall für Prozesswärme, nicht aber für die Raumheizung eingesetzt werden. Neben den hohen CO₂-Emissionen ist Strom auch vergleichsweise teuer.

Erneuerbare Energien: Prüfen Sie, ob sich erneuerbare Energieträger zur Wärmebereitstellung einsetzen lassen. In bestimmten Fällen kann z. B. Warmwasser solar erwärmt werden.

Fernwärme: Ein entsprechendes Versorgungsnetz in der Nähe vorausgesetzt, empfiehlt sich die Nutzung von Fernwärme für Heizzwecke.

Wärmepumpe: Die Temperatur von Abwärme kann durch eine Wärmepumpe energieeffizient auf eine höhere Temperatur gebracht werden.

Elektrische Energie ist teuer und mit hohen CO₂-Emissionen verbunden. Für die Wärmeerzeugung sollte sie daher möglichst nicht eingesetzt werden.



Luft/Luft-Wärmetauscher zur Vorwärmung der Frischluft mit Wärme aus der Abluft

Es gilt immer: Abwärme vermeiden ist besser als jede Abwärmenutzung.

Nutzbare Abwärmemengen werden durch eine Energieanalyse ermittelt.

Abwärmenutzung

Einsatzbereiche

Abwärme entsteht in fast allen gewerblichen und betrieblichen Bereichen. Sie lässt sich hauptsächlich für die Raumheizung und zur Warmwasserbereitung nutzen, aber auch zur Vorwärmung von Prozesswasser, Verbrennungsluft und Trocknungsluft.

Typische Temperaturbereiche von Abwärme

Abluft aus der Raumluft	16–26 °C
Abluft aus Kühlprozessen	20–60 °C
Abwasser aus Kühl- und Prozessanlagen	20–60 °C
Abgase aus Verbrennungs- und Verfahrensprozessen	160–450 °C

Wichtiger Bestandteil: der Wärmetauscher

Durch Wärmetauscher kann Abwärme direkt oder indirekt (über ein Zwischenmedium) auf einen anderen Prozess übertragen werden, solange die Temperatur der (Ab-)Wärmequelle über der Verbraucher-temperatur liegt.

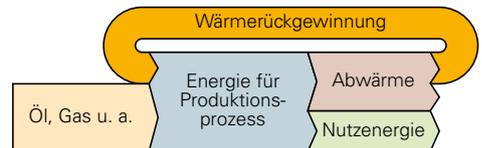
Tipps und Hinweise

Hohe Temperaturdifferenz: Je größer die Differenz zwischen Abwärmtemperatur und benötigter Temperatur ist, desto lohnender ist eine Wärmerückgewinnung.

Das Verhältnis von Energieangebot zu Energiebedarf sollte mengenmäßig möglichst gut übereinstimmen.

Wann lohnt sich eine Wärmerückgewinnung?

Damit eine Nutzung sich lohnt, muss die Wärme ohne großen Aufwand gesammelt und transportiert werden können. Eine Wärmerückgewinnung bringt einerseits erhebliche Energieeinsparungen, verursacht jedoch andererseits Investitionskosten und einen gewissen Betriebsmehraufwand. Durch eine Analyse der Energieflüsse werden die nutzbaren Abwärmemengen ermittelt. Für eine Beurteilung sind allerdings gute Prozesskenntnisse erforderlich, so dass ein Energieberater hinzugezogen werden sollte.



Durch Wärmerückgewinnung verringert sich der Energieeinsatz bei gleicher Nutzenergie.



Plattenwärmetauscher

Weitere Informationen:
EnergieAgentur.NRW: www.ea-nrw.de (Suchbegriff: Wärmerückgewinnung)

Kraft-Wärme-Kopplung

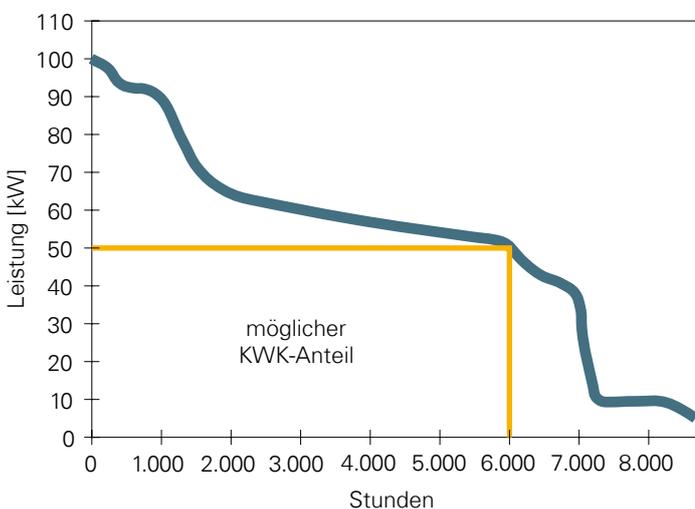
Kraft-Wärme-Kopplung ist die Erzeugung von Strom bei gleichzeitiger Nutzung der dabei entstehenden Wärme. Dadurch kann der Energiegehalt des Brennstoffes zu 90 Prozent genutzt werden. In Betrieben, in denen gleichzeitig und ganzjährig Strom und Wärme auf einem Temperaturniveau bis 90 °C benötigt werden, kann sich der Einsatz von Blockheizkraftwerken (BHKW) lohnen. Die Abwärme wird als Prozesswärme, zur Raumheizung oder zur Wassererwärmung genutzt.

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen werden in der Regel wärmegeführt betrieben und zur Deckung der Grundlast eingesetzt.

Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb sind:

- gleichzeitiger und ganzjähriger Strom- und Wärmebedarf
- hohe jährliche Laufzeiten (mindestens 5.000 Stunden)

Für die Auslegung einer KWK-Anlage muss eine sogenannte Jahresdauerlinie erstellt werden. Mithilfe der Jahresdauerlinie wird der stündliche Wärmebedarf eines Betriebes in Abhängigkeit von der jährlich benötigten Nutzungszeit dieser Leistung dargestellt.



KWK-Anlagen werden zur Deckung der Grundlast eingesetzt.

Wärme und Strom sollten im Verhältnis 2:1 benötigt werden.

Beispiel für Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs und den möglichen KWK-Anteil: Aus der Jahresdauerlinie ergibt sich, dass eine KWK-Anlage mit 50 kW Wärmeleistung 6.000 Stunden im Jahr betrieben werden kann.

Tipps und Hinweise

Notstromversorgung: Prüfen Sie, ob Sie eine KWK-Anlage gleichzeitig als Notstromaggregat einsetzen können.

Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK): Unter Umständen kann die Laufzeit einer

KWKK-Anlage verlängert werden, indem eine Absorptionskälteanlage zur Raumkühlung eingesetzt wird. Insbesondere in den Sommermonaten, in denen weniger Wärme, aber vermehrt Kälte benötigt wird, kann die KWKK zur Vergleichmäßigung des Wärmebedarfs beitragen.

Ob eine KWK-Anlage wirtschaftlich ist, muss im Einzelfall entschieden werden.

Weitere Informationen:

Broschüre des Bundesumweltministeriums: Energie dreifach nutzen – Leitfaden für Mini-KWK: www.bmu.de

Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK): www.bkww.de



Beleuchtung mit Leuchtstoffröhren: Dank der technischen Fortentwicklung sind 80 Prozent Ersparnis möglich.

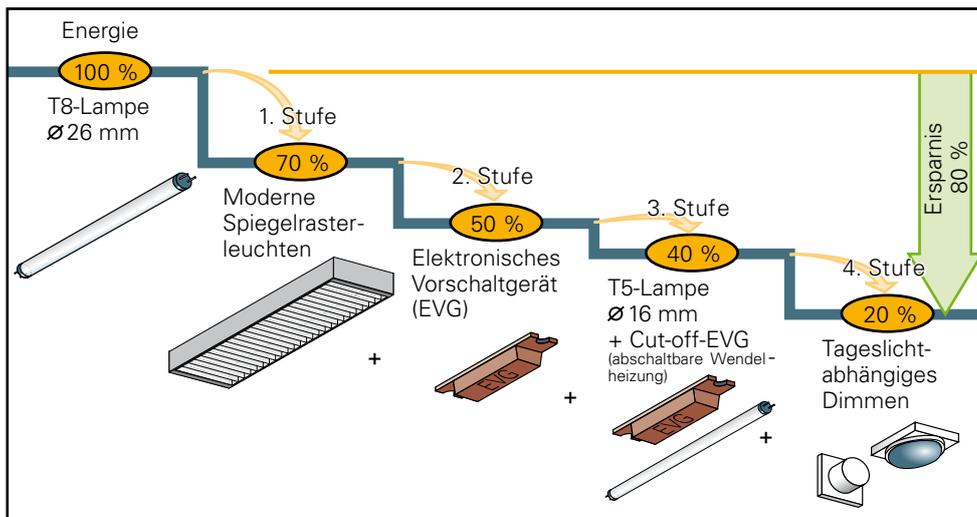
Lampen müssen jetzt energieeffizienter werden: Seit 2009 werden nicht effiziente Lampen und Vorschaltgeräte stufenweise vom Markt genommen.

Beleuchtung

Gutes Licht im Betrieb erhöht die Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden der Mitarbeiter. Eine moderne und gut geplante Beleuchtung verbraucht wesentlich weniger Energie als herkömmliche Systeme. Gleichzeitig sind Wärmeabstrahlung und die Wärmelasten eines Raumes geringer – ein Vorteil im Sommer, weil es in Räumen kühl bleibt.

Wichtig für eine effiziente Beleuchtung sind Lampen mit hoher Lichtausbeute und elektronischem Vorschaltgerät (EVG) sowie Leuchten mit hohem Wirkungsgrad und einer sinnvollen Lichtlenkung.

Der nutzbare Lichtstrom der Beleuchtung hängt vom Verlust des Vorschaltgerätes, von der Lichtausbeute der Lampe und von der Gestaltung der Leuchte ab.



Praxisbeispiel: Ersatz von Quecksilberdampflampen (HQL-Lampen) Umrüstung einer Halle von HQL-Lampen auf besonders energieeffiziente Metallhalogendampflampen der neuesten Bauart (HQL)
 Vorteile: höhere Lichtausbeute (120 lm/W) bei deutlich besserer Farbwiedergabe als HQL.

Halle mit 6.000 m²
 Kosten: 26.000 €
 Einsparung: 10.500 € pro Jahr
 Amortisation: 2,5 Jahre
 Kapitalrendite (innere Verzinsung): 39 %

In der Beleuchtungstechnik verwendete Begriffe und Einheiten:

Lampe: Leuchtmittel, welches das Licht freisetzt, z. B. Leuchtstoffröhre, Leuchtdiode

Leuchte: anschlussfertiges Gerät zur Aufnahme von Lampen

Watt [W]: elektrische Leistung

Lumen [lm]: Lichtstrom, gesamte von der Lichtquelle abgegebene sichtbare Lichtstrahlung

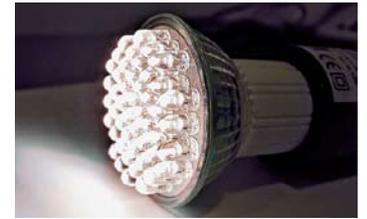
Lumen/Watt: Lichtausbeute, Lichtstrom pro Watt

Lux [lx]: Beleuchtungsstärke pro Fläche (1 lx = 1 lm/m²)



LED (Leuchtdioden)

LED sind Leuchtmittel auf Basis von Halbleiterdioden und erzeugen gerichtetes Licht. Sie sind im Gegensatz zu Kompaktleuchtstofflampen nicht schaltempfindlich und zudem kälteunempfindlich. Derzeit sind LED mit hoher Leuchtdichte meist noch teurer als herkömmliche Leuchtmittel. In einigen Nischenanwendungen – wie etwa im Tiefkühlbereich oder in der Fassadenbeleuchtung von Gebäuden – sind sie dennoch bereits heute wirtschaftlich.



Die Begriffe „Lampe“ und „Leuchte“ werden in der Beleuchtungstechnik anders verwendet als im allgemeinen Sprachgebrauch.



Tipps und Hinweise

Natürliches Tageslicht: Nutzen Sie so weit wie möglich natürliches Tageslicht (ausreichenden Blendschutz für Bildschirmarbeitsplätze beachten). Bei großen Fensterflächen ist jedoch zusätzlicher Schutz (Verschattung) gegen Überhitzung notwendig.

Beleuchtungsstärke: Sorgen Sie für eine ausreichende, aber nicht überdimensionierte Beleuchtungsstärke.

Regelmäßige Reinigung: Sorgen Sie für eine regelmäßige Reinigung der Leuchten und der Reflektoren. Durch eine hohe Staubbelastung der Luft nimmt die

Lichtausbeute schon innerhalb eines Jahres stark ab.

Richtige Anordnung der Leuchten: Eine optimale Arbeitsplatzbeleuchtung kann man durch eine individuelle Ausleuchtung des Arbeitsplatzes bei gleichzeitig verringerter Allgemeinbeleuchtung erreichen. Energieeinsparungen bis zu 35 Prozent sind möglich (auf flexible Fixierung in Industriehallen achten).

Tageslichtgeregelter Steuerung: Mithilfe von Lichtsensoren lässt sich die Beleuchtungsstärke an das Tageslicht anpassen.

Nicht genutzte Räume: Vermeiden Sie über eine Anwesenheits- oder Zeitsteuerung, dass in leeren Räumen unnötig Licht brennt.



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

Das teuerste Licht ist das, welches in nicht genutzten Räumen leuchtet.

Weitere Informationen: www.licht.de



In manuellen Lackieranlagen ist die Spritzkabine der größte Energieverbraucher.

Durch Wärmerückgewinnung aus der Kabinenabluft lässt sich viel Energie einsparen.

Oberflächenbehandlung

Lackierung

Lackierprozesse sind meist sehr energieaufwendig. So entfallen z. B. vom gesamten Energiebedarf für die Herstellung eines PKW etwa 20 Prozent allein auf die Lackierung. Energie wird in Lackieranlagen vor allem für die Vorbehandlung (Beheizung der Prozessbäder), in der Spritzkabine (Erwärmung der Frischluft) und für die Trocknung bzw. das Aushärten von Werkstücken benötigt.



Planung und Betrieb von Lackieranlagen:

- Bereits bei der Anlagenplanung sollte auf Energieeffizienz geachtet werden.
- Je höher die Anlagenauslastung, desto geringer ist der spezifische Energieverbrauch.
- Die jeweiligen Aggregate (Pumpen, Ventilatoren) einer Anlage bzw. Anlagenteile sollten bei Nichtbedarf (z. B. bei

Produktionsstörungen, Rüstzeiten, Pausen) automatisch abgeschaltet werden.

Abluftreinigung

Bei Verwendung lösemittelhaltiger Lacke ist eine Behandlung der Abluft notwendig. Besonders die thermische Nachverbrennung benötigt viel Energie. Es ist sinnvoll, das heiße Reingas für andere Lackierschritte zu nutzen (Wärmekaskade).

Tipps und Hinweise

Vorbehandlung: Mit einer Abwärmenutzung aus anderen Fertigungsbereichen kann im Idealfall auf eine zusätzliche Beheizung der Badbehälter verzichtet werden.

Lackierkabine: Durch einen Wärmetauscher lassen sich aus der Kabinenabluft 50 bis 75 Prozent der Wärme zur Vorwärmung der Zuluft zurückgewinnen. In Automatik-Spritzkabinen lassen sich durch Umluftbe-

trieb sogar bis zu 90 Prozent der Wärmeenergie sparen.

Trocknung: Energiesparende Konstruktionen für Materialdurchlässe sind A-Schleusen oder Umluftschleusen bzw. Schiebetore bei Taktbetrieb.

Wärmekaskade: Prüfen Sie, ob sich die Wärme aus der thermischen Nachverbrennung für die Trocknerbeheizung, die Zuluft-Vorwärmung der Spritzkabine und die Warmwasserbeheizung verwenden lässt.

Weitere Informationen:

LfU-Leitfaden „Energie sparen bei der Lackierung“:

www.lfu.bayern.de: Luft > Fachinformationen > Energieeffizienz > CO₂-Minderung und Energieeffizienz > Lackierbetriebe

Galvanik

Galvanische Metallabscheidungsverfahren sind aufgrund wichtiger Prozessparameter wie Prozessspannung, Gleichstrommenge und Prozess Temperatur sehr energieintensiv. So benötigt ein typischer Galvanik-Betrieb rund 60 Prozent seines gesamten Energiebedarfs allein für die Beheizung der Metallbäder und für die Erzeugung von Gleichstrom durch Gleichrichter.

Zur Einhaltung der Luftgrenzwerte muss die mit Schadstoffen belastete Luft über Abluftanlagen abtransportiert werden. Hierdurch wird den Produktionsräumen Wärme entzogen. Die Nachheizung der Produktionsräume verbraucht ebenfalls viel Energie.

Durch eine Abdeckung der galvanischen Bäder werden der Wärmebedarf für die Badbeheizung und gleichzeitig die benötigte Abluftmenge deutlich reduziert.



i Tipps und Hinweise

Optimierung der Gleichrichteranlagen:

Eine Umrüstung von Selenplatten auf Silizium-Dioden bringt Einsparungen von 10–20 Prozent.

Gleichrichterabwärme: Nutzen Sie die Gleichrichterabwärme für Raumwärme durch gezielte Kühlluft-Führung oder durch Wärmetauscher.

Prozessbadbeheizung: Prüfen Sie, ob sich Niedertemperaturabwärme aus

anderen Fertigungsbereichen nutzen lässt.

Abdeckung von Prozessbädern: Reduzieren Sie den Energieverbrauch für die Beheizung der galvanischen Bäder. Eine (Teil-) Abdeckung am Gestellträger ist besonders geeignet, wenn nur während der Behandlung Schadstoffe freigesetzt werden.

Luftabsaugung direkt oberhalb der Badoberfläche: Durch eine optimierte Absaugung in Verbindung mit einer Badabdeckung wird die notwendige Abluftmenge deutlich reduziert.

Weitere Informationen:

LfU-Leitfaden „Effiziente Energienutzung in der Galvanikindustrie“:

www.lfu.bayern.de: Luft > Fachinformationen > Energieeffizienz > CO₂-Minderung und Energieeffizienz > Galvanik



Um bis zu 50 Prozent lässt sich die abzusaugende Luftmenge durch eine (Teil-) Abdeckung der Prozessbäder verringern.

Die Beheizung der Metallbäder und die Erzeugung von Gleichstrom sind besonders energieintensiv.



Richtiges Fuhrparkmanagement kann bis zu 20 Prozent Energie einsparen.

Durch geschickte Planung der Produktionsprozesse lässt sich der Transportaufwand deutlich reduzieren.

Die Energiekosten im Bereich Logistik werden häufig unterschätzt.

Logistik

Unter Logistik versteht man die integrierte Planung, Organisation, Steuerung, Abwicklung und Kontrolle des gesamten Material- und Warenflusses. Beginnend beim Lieferanten reicht sie über die eigene betriebliche Wertschöpfungskette bis zur

Auslieferung der Produkte beim Kunden. Durch gezielte Gestaltung der Arbeitsabläufe und ein durchdachtes Fuhrpark- und Mobilitätsmanagement können auch in kleineren Unternehmen merkliche Energie- und Kosteneinsparungen erzielt werden.

Fuhrparkmanagement

Fast jeder Betrieb verfügt über eine mehr oder weniger große Flotte von Betriebsfahrzeugen. Ein Fuhrparkmanagement lohnt sich häufig auch für kleine Unternehmen. Das Flottenmanagement umfasst das Planen, Steuern und Kontrollieren von Fahrzeugflotten. Dabei werden die Touren der Fahrzeuge festgelegt und aufeinander abgestimmt. Wesentliche Bestandteile sind

die Anschaffung verbrauchsarmer Fahrzeuge, eine regelmäßige Wartung der Fahrzeuge (z. B. Reifendruck) sowie ein Fahrtraining für Mitarbeiter (Spritsparkurse). Das Einsparpotenzial liegt bei circa 20 Prozent der Energiekosten. Ein Fuhrparkmanagement wird auch von externen Dienstleistern angeboten.



Praxisbeispiel: Prozesskopplung
Die Papiermaschine PM 3 im Werk Augsburg der UPM-Kymmene Papier GmbH & Co. KG integriert die Prozessschritte Papierherstellung, Streichen und Kalandrieren in einer einzigen zusammenhängen-

den Produktionsanlage. Dies steigert den Gesamtwirkungsgrad des Herstellungsprozesses, da beispielsweise diverse Auf- und Abrollvorgänge entfallen, die mit entsprechenden Material- und Energieverlusten verbunden sind.



Tipps und Hinweise

Arbeitsabläufe optimieren: Achten Sie auf effiziente Gestaltung der Arbeitsabläufe. Zum Beispiel der Transport zwischen Prozessschritten erhöht den Energieverbrauch. Bei Um- oder Neubaumaßnahmen sollte der Prozessablauf optimiert werden.

Transport: Minimieren Sie innerbetriebliche Transportwege. Nutzen Sie für die inner-

betriebliche Kommunikation elektronische Medien (E-Mail, Intranet).

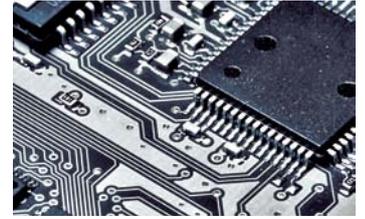
Dienstreisen reduzieren: Nutzen Sie die Möglichkeiten von Telefon- und Videokonferenzen und benutzen Sie bei Dienstreisen nach Möglichkeit öffentliche Verkehrsmittel.

Anfahrt: Ermöglichen Sie Ihren Mitarbeitern die Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln, z. B. durch Abstimmung der Arbeitszeiten mit den Fahrplänen.

Informations- und Kommunikationstechnik



Information und Kommunikation sind die Bereiche mit dem stärksten Wachstum des Energiebedarfs. Weltweit verursachen sie jährlich 600 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen. Das entspricht ungefähr den Emissionen des Flugverkehrs. Nur etwa die Hälfte des Stromverbrauchs entfällt auf die eigentlichen Geräte. Die andere Hälfte ist für die begleitende Infrastruktur, z. B. die Kühlung von Serverräumen, erforderlich.



i Tipps für Rechenzentren

Virtualisierung: In den virtuellen Maschinen lassen sich voneinander unabhängige Softwarekonfigurationen einrichten, die sich eine physikalische Hardware teilen. Dadurch kann die Auslastung von oft nur 10–30 Prozent deutlich erhöht werden.

Anordnung von Serverschränken: Achten Sie bei der Anordnung von Serverschränken darauf, dass die warme Abluft nicht direkt neben dem Kaltluftzustrom abgesaugt wird.

Einhausung von Servern: Durch einfache und preisgünstige Einhausung von Servern werden die Serverrückseiten, an denen warme Luft abgegeben wird, von der Umgebung abgeschirmt. Dann kann auch Luft mit höheren Temperaturen zum Kühlen verwendet werden.

Wasserbasierte Kühlung: Wegen der besseren Kühleigenschaften sollten Sie bei größeren Rechenzentren eine wasserbasierte Kühlung prüfen. Gegebenenfalls kann dafür auch Grundwasser genutzt werden.

Doppelter Stromverbrauch: Zu jeder Kilowattstunde Strom, die IT-Geräte verbrauchen, muss eine weitere Kilowattstunde für die Infrastruktur gerechnet werden.

i Tipps für PC und Bürogeräte

IT-Hardware: Achten Sie bei der Beschaffung von IT-Hardware und anderen Bürogeräten auf die Energieeffizienz. Gegenüber einem PC-Arbeitsplatz aus dem Jahr 2003 sind Energieeinsparungen von 75 Prozent möglich (z. B. Energy Star-Label).

Energieoptionen: Optimieren Sie die Einstellung der Energieoptionen („power management“) in der Systemsteuerung. Dies kann Einsparungen von 15–30 Prozent bringen.

Netzwerkdrucker: Überprüfen Sie, ob an jedem Arbeitsplatz ein Einzelplatzdrucker

notwendig ist oder ob Sie stattdessen einen Netzwerkdrucker einsetzen können.

Betriebszeiten: Schalten Sie in Arbeitspausen und außerhalb der Betriebszeiten den PC und andere Bürogeräte aus oder zumindest auf Energiesparmodus. Eine schaltbare Steckerleiste hilft Stand-by-Verluste zu vermeiden. Auch bei kurzen Pausen kann der Monitor ohne Zeitverlust ausgeschaltet werden.

Thin Clients: Ersetzen Sie in größeren Betrieben herkömmliche PC durch „Thin Clients“, das sind abgespeckte Rechner, die im Wesentlichen zur Ein- und Ausgabe von Daten dienen.

Thin Clients benötigen nur ein Drittel der Leistung eines herkömmlichen PC.

Weitere Informationen:

Infozentrum UmweltWirtschaft des LfU: www.izu.bayern.de: Energie/Klima > Fachwissen > Green IT



Energiemanagement, Arbeitsschritte

Energiemanagement muss von der Unternehmensleitung getragen werden.

Energiemanagement beinhaltet kontinuierliche technische Verbesserungen und regelmäßige Mitarbeiterschulungen: So senken Sie Ihren Energieverbrauch dauerhaft.

Energiemanagement

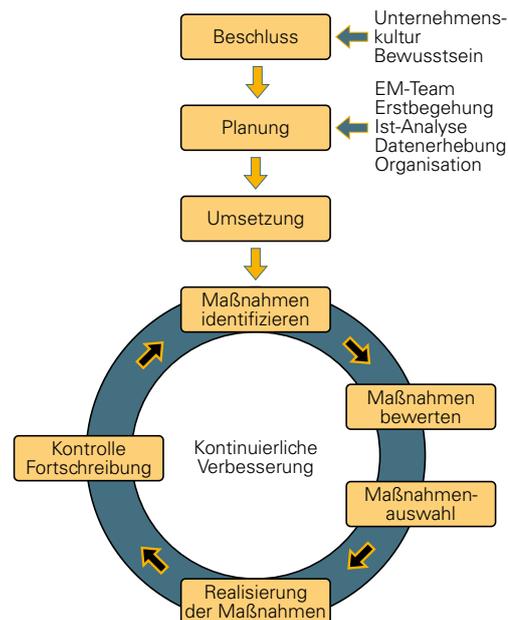
Bisher wurden Energieeinsparmöglichkeiten einzelner Bereiche vorgestellt. Ein übergreifendes Management optimiert den Energieeinsatz im Betrieb.

– vom Energieeinkauf bis zum Energieverbrauch – systematisch zu optimieren. Ein Bestandteil ist das Energiecontrolling: Mit Hilfe von Messdaten, Kennzahlen und Energiebuchhaltung werden Energieverbrauch und Energiekosten laufend überprüft.

Inhalte und Grundprinzip

Energiemanagement ist ein Instrument, um den Energieeinsatz in einem Unternehmen

Nach folgendem Schema läuft das Energiemanagement (EM) in einem Betrieb ab:



Mit einem Energiemanagement-System

- wissen Sie, wie viel Energie in Ihrem Unternehmen in den verschiedenen Bereichen (Abteilungen, Produktionsprozesse etc.) verbraucht wird.
- erkennen Sie sofort, wenn sich der Energieverbrauch in einem Bereich merkbar verändert, und können darauf reagieren.
- verfügen Sie über eine systematische und strukturierte Dokumentation Ihres Energiesystems.

Schulung der Mitarbeiter

Ein Teil der Energiesparmöglichkeiten kann ohne jegliche Investitionen allein durch das Verhalten der Mitarbeiter ausgeschöpft werden (z. B. Abschalten von Maschinen in Betriebspausen). Hilfreich ist die Einführung eines Projekt-Teams, das Erfahrungen aus allen Unternehmensbereichen sammelt.



Tipps und Hinweise

Innerbetriebliches Vorschlagswesen:

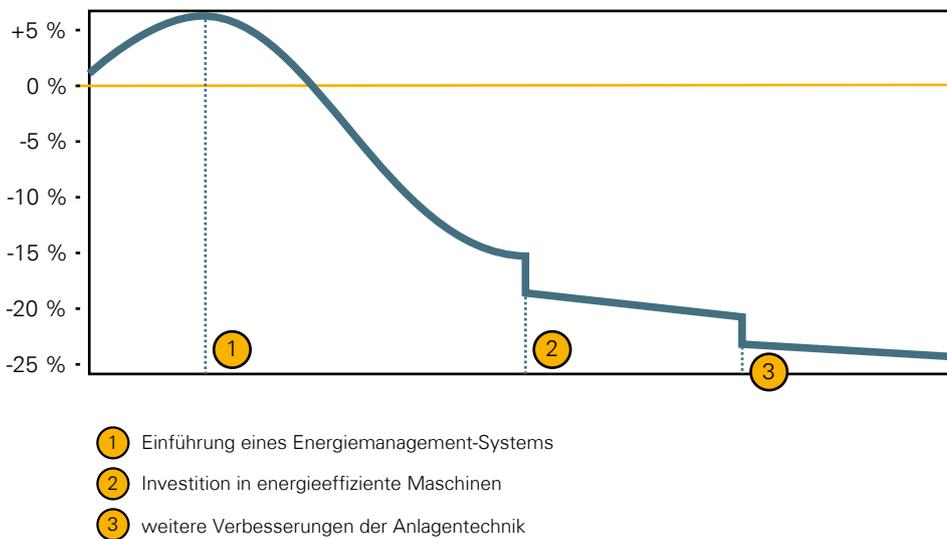
Wenn Vorschläge ausdrücklich Anerkennung finden, entwickeln die Mitarbeiter durchaus ein Bewusstsein für Energieeinsparungen.

Externe Unterstützung: Die Einbindung eines externen Beraters ist für die Einführung eines Energiemanagements sinnvoll.

Zielfestlegung: Formulieren Sie konkrete und erreichbare Ziele, die an das Unternehmen angepasst sind.

Kontinuierliche technische Verbesserungen und regelmäßige Mitarbeiterschulungen

führen zu einer dauerhaften Senkung des Energieverbrauchs.



Zeitlicher Verlauf des Energieverbrauchs bei Durchführung eines kontinuierlichen Energiemanagements.



Energie-Einsparcontracting

Das Energie-Einsparcontracting ist eine vertragliche Vereinbarung zur Finanzierung von Energiesparmaßnahmen. Der Contracting-Kunde muss nicht die Investitionskosten für die neue Anlage

aufbringen. Grundlage für die Finanzierung der Maßnahmen und Investitionen des externen Dienstleisters sind die eingesparten Energiekosten: diese zahlt der Energienutzer an die Contracting-Gesellschaft. Nach Vertragsende profitiert der Kunde allein von der Kostenreduktion.

Beispiele für Maßnahmen, die über Contracting finanziert werden können:

Einbau KWK-Anlage

Umrüstung der Kälteversorgung

Ersatz der veralteten Druckluftanlage

Beleuchtungsumstellung

Weitere Informationen:

Leitfaden für Energiesparen in Betrieben durch Contracting der Wirtschaftskammer Österreich: www.wko.at

Contracting: Energieeffizienztechnologien ermöglichen, Leitfaden der EnergieAgentur.NRW: www.ea-nrw.de

Integration des Energiemanagements in ein Umweltmanagementsystem

Das Energiemanagement kann Teil eines Umweltmanagementsystems sein. In beiden Fällen sind die Energieströme zu erfassen, zu dokumentieren und weitere Schritte zu veran-

lassen. Energieziele können ein bestehendes Umweltmanagement ohne großen Zusatzaufwand erweitern. Umgekehrt kann ein Energiemanagement einen Teil der Basisdaten für ein Umweltmanagementsystem z. B. nach ISO 14.001 ff bzw. EMAS liefern.



Fortbildung zum Energiemanager

Die Industrie- und Handelskammern bieten für Energieverantwortliche von Unternehmen sowie für Energiedienstleister eine

Weiterbildung an.

Durch den Lehrgang mit Abschlussprüfung kann man das IHK-Zertifikat: „EnergieManager – Fachkraft für effiziente Energietechnik und betriebliches Energiemanagement“ erwerben. Nähere Informationen bei der örtlichen IHK oder unter www.energiemanager.ihk.de.

Weitere Informationen:

Deutsche Energie-Agentur: Handbuch für betriebliches Energiemanagement Implementierung von Energiemanagement: www.energymanagement.at
DIN EN 16001: Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung



Beratung und Förderung

Aktuelle Informationen zu Energieeffizienz

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) unterstützt Unternehmen beim betrieblichen Umweltschutz mit seinem Infozentrum UmweltWirtschaft (IZU). Dort finden Sie Informationen zu aktuellen Umweltthemen, Umweltrecht und umweltbezogenen Förderprogrammen sowie Erfolgsbeispiele aus Unternehmen: www.izu.bayern.de

Die Broschüren des LfU zu effizienter Energienutzung für verschiedene Branchen und Querschnittsbereiche können von der Internet-Seite heruntergeladen werden: www.lfu.bayern.de: Luft > Fachinformationen > Energieeffizienz

- Bayerisches Energie-Forum: www.bayerisches-energie-forum.de
- BINE-Informationsdienst: www.bine.info

Energieberatung

- Energieagenturen: z. B. Energieagentur Mittelfranken, Energieagentur Oberfranken, Energie- und Umweltzentrum Allgäu (eza): www.eamfr.de, www.energie-agentur-oberfranken.de, www.eza.eu
- Industrie- und Fachverbände
- Hochschulen und Forschungsinstitute
- kommunale Referenten

Informationen zu aktuellen Förderprogrammen bieten:

- Förderfibel Umweltschutz des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU): www.izu.bayern.de: Förderfibel Umweltschutz
- Förderkompass für Unternehmen der Energieagentur Oberfranken: www.energieagentur-oberfranken.de
- LfA Förderbank Bayern: www.lfa.de/website/de/foerderangebote/umweltschutz/
- Kreditanstalt für Wiederaufbau: www.kfw.de
- Förderdatenbank Energie- & Umweltzentrum Allgäu: www.eza.eu/förderdatenbank

- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: www.stmwivt.de
- Bremer Energiekonsens: www.energiekonsens.de
- Deutsche Energie-Agentur: www.dena.de mit Projektseiten: www.industrie-energieeffizienz.de, www.service-energieeffizienz.de, www.zukunft-haus.info
- EnergieAgentur Nordrhein-Westfalen: www.ea-nrw.de
- Energie Schweiz – Bundesamt für Energie (BFE): www.bfe.admin.ch
- Klima:aktiv – Energieeffiziente Betriebe: www.eebetriebe.klimaaktiv.at
- Transferstelle Bingen (Praxisbeispiele): www.energie-industrie.de
- Umweltbundesamt: www.umweltbundesamt.de
- Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft www.vbw-bayern.de

- KfW-Mittelstandsbank – Berater-Börse: www.beraterboerse.kfw.de
- Liste der Aussteller von Energieausweisen für Nichtwohngebäude: www.zukunft-haus.info: Unternehmen & Öffentliche Hand
- Liste von Energieberatern: Bayerisches Energie-Forum: www.bayerisches-energie-forum.de

Förderprogramme für bayerische Betriebe (Beispiele):

- Ökokredit und Universalkredit/Bayerisches Umweltkreditprogramm (UKP) der LfA Förderbank Bayern (LfA) Anwendung: Umweltschutzinvestitionen u. a. auf den Gebieten Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energien: www.lfa.de
- Energieeffizienzberatung (Sonderfonds Energieeffizienz in KMU) der KfW Anwendung: Beratungen zur Energieeffizienz (Initial- und Detailberatungen): www.kfw.de
- ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramm der KfW Anwendung: Neuinvestitionsmaßnahmen zur Energieeinsparung: www.kfw.de

Energie- und Umweltreferenten der bayerischen Industrie- und Handelskammern

IHK	Referent	Telefon/E-Mail
IHK Aschaffenburg	Michael Dierkes	(06021)880-132 dierkes@aschaffenburg.ihk.de
IHK Schwaben	Monika Kees	(0821)3162-265 monika.kees@schwaben.ihk.de
IHK für Oberfranken Bayreuth	Frank Lechner	(0921)886-112 lechner@bayreuth.ihk.de
IHK zu Coburg	Rico Seyd	(09561)7426-46 seyd@coburg.ihk.de
IHK für München und Oberbayern	Dr. Norbert Ammann	(089)5116-392 ammann@muenchen.ihk.de
	Ulrike Pflugfelder	(089)5116-392 pflugfelder@muenchen.ihk.de
IHK Nürnberg für Mittelfranken	Dr. Robert Schmidt	(0911)1335-770 iu@nuernberg.ihk.de
	Dr. Ronald Künneth	(0911)1335-297 kuenneth@nuernberg.ihk.de
IHK für Niederbayern in Passau	Erich Doblinger	(0851)507-234 doblinger@passau.ihk.de
IHK Regensburg	Werner Beck	(0941)5694-230 beck@regensburg.ihk.de
IHK Würzburg-Schweinfurt	Johannes Scheuring	(09721)7848-11 scheuring@wuerzburg.ihk.de

Umweltberater der bayerischen Handwerkskammern

HWK	Referent	Telefon/E-Mail
HWK für Mittelfranken	Wilhelm Scheuerlein	(0911)5309-290 wilhelm_scheuerlein@hwk-mittelfranken.de
	Andrea Dembowski	(0911)5309-308 andrea_dembowski@hwk-mittelfranken.de
HWK für München und Oberbayern	Günter Puzik	(089)5119-259 guenter.puzik@hwk-muenchen.de
	Markus Stahl	(089)5119-237 markus.stahl@hwk-muenchen.de
HWK für Niederbayern und Oberpfalz	Gerhard Brunner	(09431)885-304 gerhard.brunner@hwkno.de
HWK für Oberfranken	Wolfgang Lautner	(0921)910-332 wolfgang.lautner@verw.hwk-oberfranken.de
HWK für Schwaben	Alban Faußner	(0821)3259-1570 afaussner@hwk-schwaben.de
HWK für Unterfranken	Frank Schneider	(0931)30908-1168 f.schneider@hwk-ufr.de

Anhang

Energiedaten

Energiegehalt und Dichte fossiler Energieträger

Energieträger	Dichte (kg/l)	Heizwert (MJ/kg)	Heizwert (MJ/l)
Braunkohle	–	21,7	–
Steinkohle	–	28,2	–
Heizöl EL	0,845	42,6	36,0
Heizöl S	0,950	39,5	37,5
Flüssiggas	0,510 (Propan) 0,580 (Butan)	46,7 (Propan) 45,3 (Butan)	23,8–26,3
Erdgas H/L	0,70 (H)/0,84 (L) kg/m ³	51,4 (H)/39,3 (L)	36,0 (H)/33,0 (L) MJ/m ³
Benzin	0,745	43,5	32,4
Diesel	0,830	42,9	35,6
Kerosin	0,800	43,0	34,4

CO₂-Emissionsfaktoren von fossilen Energieträgern

Energieträger	g CO ₂ /MJ	kg CO ₂ /kg	kg CO ₂ /l
Braunkohle	111	2,41	–
Steinkohle	94	2,65	–
Heizöl EL	74	3,15	2,67
Heizöl S	78	3,08	2,93
Flüssiggas	64	2,90 (But.)/2,99 (Prop.)	1,52–1,68
Erdgas H/L	56	2,88 (H)/2,20 (L)	2,01/1,85 kg/m ³
Benzin	72	3,13	2,33
Diesel	74	3,17	2,63
Kerosin	74	3,18	2,55

Aufgrund der regional unterschiedlichen Zusammensetzung stellen die aufgeführten Emissionsfaktoren der Naturprodukte Erdgas und Kohle lediglich Anhaltswerte dar. Die im Einzelfall genauen Werte können nach den Vorgaben des Treibhausgas-Emissionshandlungsgesetzes ermittelt werden (www.dehst.de, Suchwort Emissionsfaktoren).

Weitere Informationen zu CO₂-Emissionsfaktoren, insbesondere auch zu indirekten Emissionen und CO₂-Äquivalenten sowie ein Excel-Programm zur Berechnung der betrieblichen CO₂-Emissionen bietet das

Infozentrum UmweltWirtschaft am LfU auf seiner Internet-Seite an: www.izu.bayern.de: Energie/Klima > Fachwissen > Ermittlung der CO₂-Emissionen

Umrechnung Watt/Joule

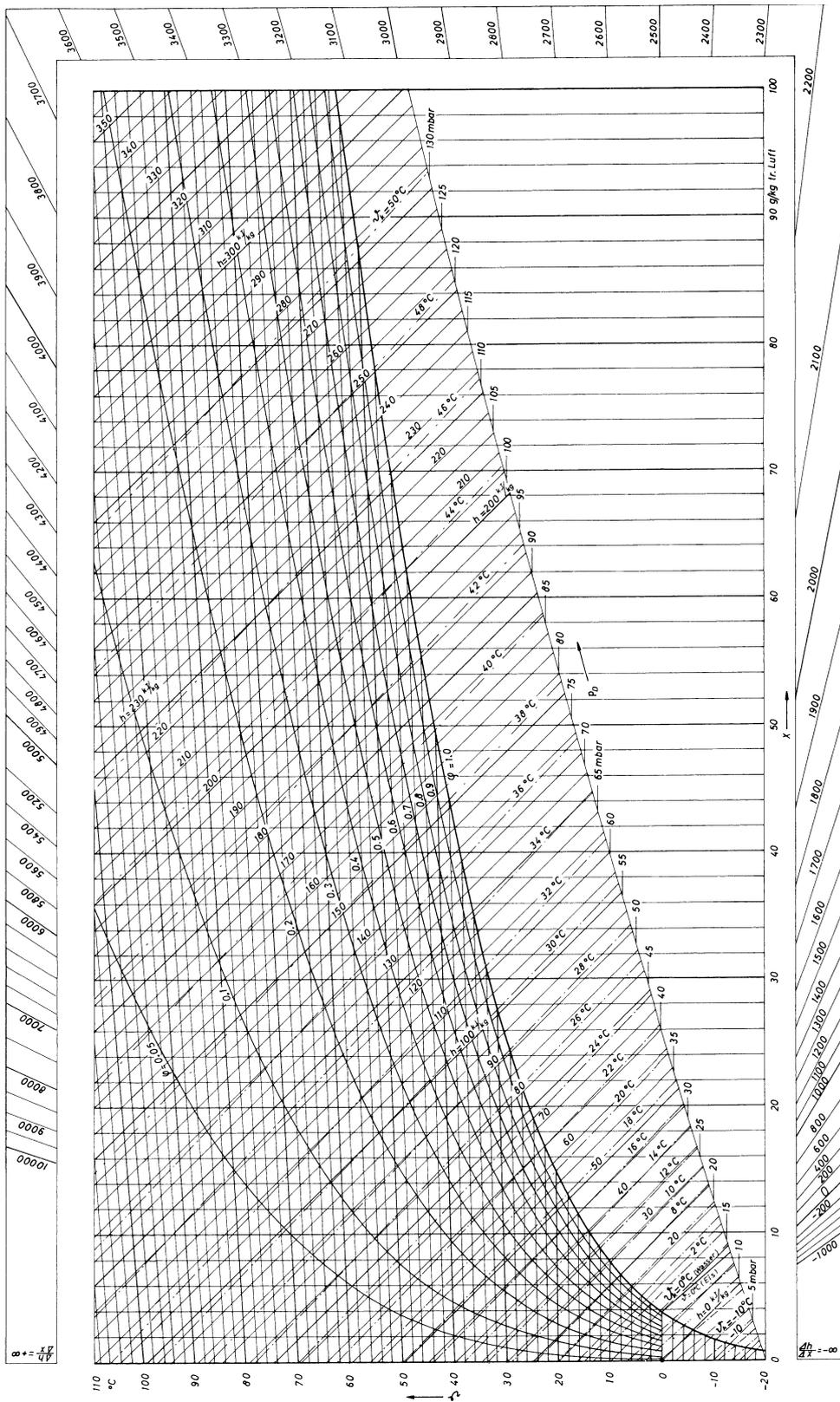
3,6 MJ = 1 kWh
1 MJ = 0,278 kWh

Abkürzungen:

k (Kilo-) 103
M (Mega-) 106
G (Giga-) 109
T (Tera-) 1012
P (Peta-) 1015

Die angegebenen Werte gelten für Deutschland, Quellen sind das Umweltbundesamt, die Deutsche Emissionshandelsstelle sowie der Emissionsbericht Bayern.

Mollier-Diagramm



Mollier-Diagramm (h - x -Diagramm) für feuchte Luft bei einem Druck von 1.000 hPa. Es ist ein wichtiges Hilfsmittel bei Energiefragen z. B. der Lüftungs- und Trocknungstechnik. 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.

Quelle: Krischer O. & Kast W. (1992): Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Springer-Verlag, 3. Auflage

Weiterführende Literatur

Dehli, Martin:

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

EnergieAgentur Nordrhein-Westfalen:

Energieleitfäden und Veröffentlichungen (z. B. „Energiepfade durch den Betrieb“)
www.ea-nrw.de

UBA-Forschungsbericht:

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

Merkblatt BVT (Beste Verfügbare Techniken):

[energy efficiency](http://energyefficiency.sevilla2008.eu)
Sevilla 2008 (derzeit nur englisch)
www.bvt.umweltbundesamt.de

Energieleitfäden des LfU:

www.lfu-bayern.de: Luft > Fachinformation > Energieeffizienz > CO₂-Minderung und Energieeffizienz

