

Lehr-, Lern- und Sensibilisierungs-Materialien

EMSenQua: Unternehmens- und mitarbeiterorientiertes Energiemanagement: Sensibilisierung und Qualifizierung für ganzheitliches Energiemanagement in KMU

Projekttitel:	Unternehmens- und mitarbeiterorientiertes Energiemanagement: Sensibilisierung und Qualifizierung für ganzheitliches Energiemanagement in KMU
Projektkürzel	EMSenQua
Aktenzeichen:	AZ 35 308/01
Projektzeitraum:	01.07.2020 bis 30.09.2022 (24 +3 Monate)
Bewilligungsempfänger:	Reutlinger Energiezentrum für Dezentrale Energiesysteme & Energieeffizienz (REZ), Hochschule Reutlingen
VerfasserInnen:	Werner König/Sabine Löbbe/Ekrem Köse
Ort	Reutlingen
Datum:	30.12.2022

Projektpartner

Kooperationspartner Wissenschaft:



Kooperationspartner Unternehmen:



Kooperationspartner Zivilgesellschaft:



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

Das Projekt wurde mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.

EMSenQua: Lehr-, Lern- und Sensibilisierungs-Materialien

Dem folgenden Anhang können die entwickelten Lehr-, Lern- und Sensibilisierungs-Materialien entnommen werden. Die Materialien sind entsprechend der vier im Projekt festgelegten Energiemanagement-Bausteine strukturiert und beinhalten unterschiedliche Schwerpunkte (vgl. Abb.1). Die Materialien umfassen je Schwerpunkt Informationsblätter zum Selbststudium und Checklisten zur praktischen Anwendung im Betrieb.

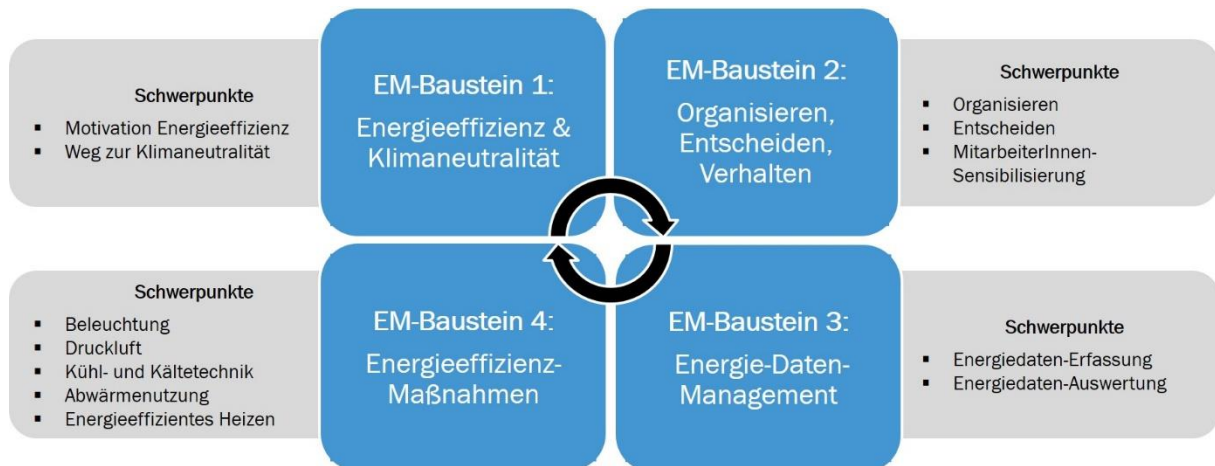


Abbildung 1: Konzept von Energiemanagement für KMU – Bausteine und Schwerpunkte

Inhalt

EM-Baustein 1: Energieeffizienz & Klimaneutralität	2
EM-Baustein 2: Organisieren, Entscheiden, Verhalten	39
EM-Baustein 3: Energie-Daten-Management	70
EM-Baustein 4: Energieeffizienz-Maßnahmen (Querschnitt-Technologien)	99

EM-Baustein 1: Energieeffizienz & Klimaneutralität

Schwerpunkt 1: Motivation Energieeffizienz

Schwerpunkt 2: Weg zur Klimaneutralität

Informationen zu

Baustein 1:
Energieeffizienz &
Klimaneutralität

Schwerpunkt:
Motivation Energieeffizienz
(Maßnahmen & Nutzen)

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Einleitung

Effizienz beschreibt das Verhältnis zwischen eingesetzten Mitteln und erreichtem Erfolg und gibt damit Auskunft über die Wirtschaftlichkeit einer Handlung. So trocken sich die Definition von Effizienz liest, so natürlich wird sie in Unternehmen tagtäglich gelebt. Dass mit einem scharfen Werkzeug eine Arbeit rascher und präziser vollbracht wird gegenüber einem stumpfen, ist in jedem Unternehmen klar. Diese Erkenntnis ist aber weit weniger banal, als es auf den ersten Blick erscheint.

Energie wird in Unternehmen in gleicher Weise verwendet wie jede Art von Werkzeugen. Energie ist ein Mittel, um ein bestimmtes Produkt oder eine bestimmte Dienstleistung vollbringen zu können. Eine möglichst hohe Energieeffizienz sollte demnach für jedes Unternehmen immer einen hohen Stellenwert besitzen. Trotzdem bestehen in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) große ungenutzte Potentiale zur Steigerung von Energieeffizienz. Laut einer Umfrage unter europäischen KMU werden in rund zwei Drittel der Betriebe selbst einfache Maßnahmen zur Energieeinsparung nicht umgesetzt [1]. Anders ausgedrückt verwenden viele KMU immer noch stumpfe Werkzeuge.

Aufgrund steigender Energiepreise erlangt das Thema Energieeffizienz zunehmende Aufmerksamkeit in Unternehmen. Insbesondere in energieintensiven Branchen stellt sich die Steigerung der Energieeffizienz als überlebenswichtig dar. Auch Unternehmen mit wenig Energiebedarf sehen sich vor die Aufgabe gestellt, möglichst sparsam mit Energie umzugehen. Jedes Unternehmen kann seine Wirtschaftlichkeit mit Energieeffizienz-Maßnahmen erhöhen und sollte dies auch tun.

Neben der Wirtschaftlichkeit, die gewiss den bedeutendsten Antrieb darstellt, gibt es eine Reihe weiterer Aspekte von Energieeffizienz-Maßnahmen, aus denen Unternehmen großen Nutzen ziehen können. Zusätzlichen Nutzen in die Überlegungen über Möglichkeiten und Maßnahmen einzubeziehen, verschafft eine langfristige Perspektive, die über kurzfristige Wirtschaftlichkeitssorgen hinausgehen.

Wer an Energieeffizienz-Maßnahmen denkt, denkt in der Regel an Investitionen technischer Natur. Zweifellos können mit moderner energieeffizienter Technologie enorme Einsparungen erzielt werden. Zweifelsfrei ist aber auch, dass es daneben eine Reihe weiterer Möglichkeiten gibt, um die Energieeffizienz im Betrieb zu erhöhen. Diese Maßnahmen müssen nicht notwendigerweise finanziellen Einsatz erfordern, verhelfen Ihnen aber vor allem in der Kombination, Ihre Einsparmöglichkeiten auszureizen.

Im Folgenden werden zunächst die unterschiedlichen Möglichkeiten, die Energieeffizienz im Unternehmen zu erhöhen, aufgezeigt. Damit ist das Ziel verbunden, Sie zur Nutzung aller Möglichkeiten anzuregen und über Ihr eigenes Unternehmen nachzudenken.

Im Anschluss daran wird auf den Nutzen von Energieeffizienz-Maßnahmen aufgezeigt. Dabei wird deutlich gemacht, dass Energieeffizienz auch jenseits der Wirtschaftlichkeit eine Reihe von Vorteilen bringt, die weniger offensichtlich sind. Vielleicht sind es aber gerade diese Vorteile, die ein KMU zur Planung und Umsetzung von Maßnahmen bewegen.

Abschließend werden jene Fördermöglichkeiten für Energieeffizienz-Maßnahmen aufgelistet, die auf Bundesebene für KMU zur Verfügung stehen.

1 Welche Arten von Energieeffizienz-Maßnahmen gibt es?

Wie oben eingeleitet gibt es eine Reihe von unterschiedlichen Maßnahmen, die ein Unternehmen anwenden kann, um Energie einzusparen und die Energieeffizienz im Betrieb zu verbessern [2,3]. Nicht alle Maßnahmen verhelfen Ihnen unmittelbar zum Erfolg, verhelfen Ihnen aber langfristig zu mehr Erfolg. Im Folgenden werden sechs verschiedene Typen an Maßnahmen vorgestellt.

1. Technisch-investive Maßnahmen:

Die Investition und Umsetzung energieeffizienter Technologie hat in vielen Unternehmen die große Bedeutung, um den Energiebedarf erheblich zu reduzieren. Grundsätzlich existiert ein breiter Markt an verfügbaren Technologien. Abhängig von der jeweiligen Situation im Unternehmen, können unterschiedliche Technologien infrage kommen.

Jedenfalls in den Blick zu nehmen sind die sogenannten Querschnitt-Technologien. Damit ist jene technische Ausrüstung gemeint, die allgemein in den meisten Unternehmen mehr oder weniger intensiv zur Anwendung kommt. Dazu gehören etwa die Beleuchtung, Druckluftanlagen, Lüftungstechnik, elektromechanische Motoren und Klima- und Kältetechnik. Daneben ist auch die Heizungstechnik zu nennen, die jedes Unternehmen betrifft. Diese Bereiche lassen sich durch den Einsatz moderner Technik in den meisten Fällen deutlich energiesparender gestalten. Welche Einsparungen sie damit konkret erzielen können, hängt natürlich vom Einzelfall ab. In jedem Fall ist es ratsam, diese Bereiche im Betrieb genauer unter die Lupe zu nehmen.

Spezifischer wird es bei der sogenannten Prozess-Technologie. Damit sind jene technischen Anlagen gemeint, die ein Unternehmen zur Produktion seiner Waren benötigt (z.B. eine Zerspanungsanlage im Maschinenbau-Unternehmen, ein Mahlwerk in einem Mineralstoffwerk oder ein Backofen im Bäckerei-Betrieb). Prozess-Technologie ist zumeist branchenspezifisch. Hierbei sind Unternehmen häufig vom Anbietermarkt und von dessen Innovationen abhängig. Anders ausgedrückt: Was es (noch) nicht gibt, kann nicht eingesetzt werden. Kosten und

Aufwand bestehende Prozess-Technologie zu ersetzen, sind in der Regel deutlich höher als bei Querschnitt-Technologie.

Technische Maßnahmen stellen unweigerlich die Fragen nach der Wirtschaftlichkeit und der Finanzierung.

Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit kann pauschal nicht beantwortet werden. Jedes Unternehmen setzt unterschiedliche Maßstäbe an. Jedenfalls ist es ratsam, eine langfristige Perspektive einzunehmen. Neu beschaffte technische Ausrüstung sollte sowohl langfristig im Einsatz sein, als auch langfristig Energie sparen. Eine kurzfristige Wirtschaftlichkeitsbetrachtung vereitelt womöglich langfristige Einsparungen.

Insgesamt ist es ratsam, eine möglichst ganzheitliche Betrachtung des Unternehmens bei den Überlegungen über technische Investitionen und Maßnahmen vorzunehmen. Beispielsweise schaffen Maßnahmen der Abwärmenutzung eine geänderte Ausgangsbasis, die bestehende Heizungstechnik effizienter zu gestalten. Darüber hinaus ist es empfehlenswert, sich über den zusätzlichen Nutzen Gedanken zu machen. Womöglich kann mithilfe der neuen Technik der Wartungsaufwand verringert, die Ausfallsicherheit gesteigert, die Qualität verbessert, der Komfort erhöht oder die Mitarbeiterzufriedenheit vergrößert werden. All das in die Entscheidung miteinzubeziehen, empfiehlt sich jedenfalls.

Die Finanzierung von technischen Maßnahmen ist natürlich vom Kapitalzugang des jeweiligen Unternehmens abhängig. Um gerade KMU die Investitionen zu erleichtern, wurde vonseiten des Bundes eine Fülle von Förder-Möglichkeiten geschaffen. Zum einen existieren Förderungen in Form von Zuschüssen für verschiedene Formen an Querschnitt-Technologien. Zum anderen gibt es auch Förderzuschüsse für Investitionen in energie- und ressourcenschonende Prozess-Technologie. Über die KfW-Förderbank besteht außerdem die Möglichkeit zinsgünstige Kredite oder Zuschüsse zu beantragen.

Eine vielen KMU unbekannte Möglichkeit der Umsetzung von technischen Energieeffizienz-Maßnahmen stellt das sogenannte „Contracting“ (oder „Energie-Contracting“) dar. Beim Contracting erbringt ein externer Energiedienstleister („Contractor“) ein Maßnahmenpaket (z.B. Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung) und gibt Garantien für die Kosten und Ergebnisse. Der Contractor übernimmt damit technische und wirtschaftliche Risiken über die gesamte Vertragslaufzeit. Der Vorteil des Contracting liegt im spezialisierten Fachwissen zum Bau und Betrieb von Energieanlagen des Contractors und im geringeren Kapitaleinsatz und das Investitionsrisiko des Auftraggebers. In Deutschland hat sich in den vergangenen Jahren ein breites Feld an Contracting-Angeboten entwickelt, das es wert ist in die Entscheidung über Maßnahmen einzubeziehen.

2. Technisch-organisatorische Maßnahmen:

Technisch-organisatorische Maßnahmen betreffen grundsätzlich ebenfalls den Einsatz von Technologie, allerdings mit zwei ergänzenden Zielen.

Erstens besteht in vielen Unternehmen die Möglichkeit, bestehende technische Ausrüstung effizienter zu nutzen. Eine überlegte und an den Bedarf angepasste Steuerung der Druckluft, der Belüftung, der Kühlung oder der Heizung kann bereits zu deutlichen Einsparungen führen, ohne hohe Kosten zu verursachen. Computer- und softwareunterstützte Steuerungen können dabei helfen, einzelne Anwendungen zu vernetzen und im Zusammenspiel zu optimieren.

Zweitens betreffen technisch-organisatorische Maßnahmen die Möglichkeiten zur Energiedatenerfassung. Hierbei handelt es sich um Maßnahmen, die nicht direkt zu Energieeinsparungen führen. Häufig scheuen Unternehmen deswegen davor zurück, solche Maßnahmen aufzugreifen. Der Einbau von Wärmemengen-, Kältemengen-, Gasmengen-, Wassermengen-, Strommengen- oder Betriebsstundenzählern ist jedoch von nicht zu unterschätzendem Nutzen, wenn ein Unternehmen einen Überblick über seine Energieströme und größten Energiefresser erlangen möchte. In Deutschland hat sich ein breiter Anbietermarkt an Energiedatenerfassungs-Technologie entwickelt, der es Unternehmen erlaubt sämtliche Daten zu erheben und zugleich zu überwachen. Solche elaborierten Systeme sind gewiss nicht für jedes Unternehmen notwendig oder zielführend. Sich punktuell über eine sinnvolle Energiedaten-Erfassung und den Einbau von Messtechnik Gedanken zu machen, ist aber jedem Unternehmen zu empfehlen.

3. Informationsbezogene Maßnahmen:

Informationsbezogene Maßnahmen stellen keine direkten Einsparmaßnahmen dar. Vielmehr sollen damit erstens, Informationen über die energetische Situation im Betrieb erlangt und erarbeitet werden. Zweitens sind damit Maßnahmen gemeint, um Informationen über mögliche technische Lösungen und deren Finanzierung zu erlangen.

Die oben angeführte Technologie zur Energiedatenerfassung macht natürlich nur dann wirklich Sinn, wenn aus der reinen technischen Erfassung von Energiedaten auch weitere Handlungen gesetzt werden. Daten müssen aufbereitet und ausgewertet werden. Dabei ist beispielsweise zu fragen: Was sind die größten Energiefresser, an welchen Stellen wird Energie unnötig verschwendet, wo fallen wann hohe Lastspitzen an? Die Beantwortungen dieser Fragen, liefern jene Informationen, mit der im Unternehmen gezielt und schlaue Maßnahmen geplant und umgesetzt werden können. Es wird außerdem die Grundlage geschaffen, die Wirtschaftlichkeit von Investitionen einzuschätzen und umgesetzte Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit hin zu überprüfen.

Gerade bei energieeffizienten Technologien sind sämtliche Möglichkeiten oder neuesten Entwicklungen nicht ohne weiteres bekannt. Dass moderne LED-Technologie deutlich energiesparsamer als der langjährige Altbestand ist, mag in den meisten Unternehmen bekannt sein. Welcher Kompressor-Art bei der Druckluftherzeugung bei einem bestimmten Anwendungsprofil effizienter arbeitet, ist wahrscheinlich deutlich weniger bekannt. Noch deutlich schwieriger verhält es sich bei komplexen und vernetzten Bereichen wie etwa der Abwärmenutzung, Heizungstechnik und Klima- oder Kälteanwendungen. Komplizierter wird es erst recht bei Prozess-Technologie.

Ähnlich verhält es sich mit Fördermöglichkeiten zur Finanzierung von Energieeffizienz-Investitionen. Zwar existiert eine Fülle von Möglichkeiten – von geförderten Darlehen bis zu Zuschüssen – für eine Vielzahl unterschiedlicher Technologien und Dienstleistungen (z.B. Energieberatung), aber diese sind den KMU häufig unbekannt.

Realistischerweise kann von KMU nicht erwartet werden, über alle technischen oder finanziellen Möglichkeiten Bescheid zu wissen. KMU sind in der Regel hinreichend genug mit ihren alltäglichen Kernaufgaben beschäftigt. Nichtsdestotrotz: Sich zumindest punktuell zu informieren und aktiv nach Informationen zu suchen, muss dennoch unbedingt empfohlen werden.

Eine Möglichkeit sich professionell zu informieren, stellt die Energieberatung dar. Das Angebot an professioneller Energieberatung in Deutschland wächst zunehmend. Zudem besteht gerade für KMU die Möglichkeit, sich Beratungsleistungen in hohem Umfang fördern zu lassen.

4. Verhaltensbezogene Maßnahmen:

Das alltägliche Verhalten im Betrieb zu verändern, kann ganz ohne Investitionskosten eine wirksame Maßnahme sein, um Energieeinsparungen zu erzielen. Das kann sich sowohl auf jegliche Formen manueller Tätigkeiten beziehen (z.B. der Umgang mit Druckluft oder elektrischen Werkzeugen) oder wie technische Einrichtungen eingestellt werden (z.B. Thermostateinstellung bei der Heizung). Da es sich beim alltäglichen Verhalten im Unternehmen in der Regel um Gewohnheiten und Routinen handelt, sind Veränderungen nicht notwendigerweise einfach von heute auf morgen zu erzielen. Wie in einem Unternehmen Verhaltensänderungen erreicht werden, dafür gibt es ebenfalls keine eindeutige und richtige Antwort. Je nach Situation kann die unmittelbare Ansprache im Betriebsalltag bereits Wirkung erzielen. In anderen Fällen eignen sich informelle Regeln in Arbeitsgruppen vielleicht besser. Eventuell ist das Vorgeben formaler Regeln in bestimmten Fällen dagegen die geeignetere Lösung.

Eines jedoch lässt sich für jeden denkbaren Fall annehmen: Ein einmaliger Appell an die Beschäftigten im Betrieb Energie zu sparen, reicht nicht aus. Im Gegenteil sollte das Thema Eingang in den Betriebsalltag finden. Energiesparen als Aufgabe mithin auf viele Schultern zu verteilen, ist auch das Ziel organisationaler Maßnahmen.

5. Organisationale Maßnahmen:

In vielen KMU ist es Gewohnheit, dass sich ausschließlich die EigentümerInnen oder die oberste Leitung mit Energiethemen auseinandersetzt. Das stellt nicht nur eine einseitige Belastung der Betroffenen dar, sondern verhindert auch, dass Einsparpotentiale nicht erkannt werden. Kein Mensch kann jedoch alles im Detail überblicken und jeder Mensch hat blinde Flecken.

Wer die oben genannten Maßnahmen überblickt, wird bereits feststellen, dass jeweils unterschiedliche Kompetenzen gefordert sind. Jemand, der versiert ist bei betriebswirtschaftlichen Themen (z.B. der Finanzierung von Investitionen), hat womöglich weniger Kenntnis von der passenden Technologie. Jemand, der Energiedaten besonders gut lesen und bewerten kann, hat aber vielleicht nicht die sozialen Kompetenzen, um MitarbeiterInnen zu energiesparendem Verhalten anzuregen.

Da das Thema Energieeffizienz viele unterschiedliche Kompetenzen (und Talente) erfordert, macht es in jedem Fall Sinn, die Angelegenheiten als Team in Angriff zu nehmen. Es ist dabei völlig unerheblich, ob ganz formal ein Energie-Team gebildet wird, das regelmäßig zusammentritt, oder sich eine lose Gruppe informell zusammenfindet, die sich im Anlassfall austauscht. Die Hauptsache ist, dass Energiesparen keine Einzelaufgabe im Unternehmen darstellt.

Praktisch gehört zu diesem Prinzip auch, dass im Unternehmen Einsparziele festgelegt werden und davon abgeleitet Maßnahmen geplant und umgesetzt werden. Praktisch macht es ebenfalls Sinn, Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten zu klären. Nur wenn klar gemacht wird, wo und wie Energie gespart wird und welcher Beitrag von den Einzelnen geleistet wird, wird Energieeffizienz zum natürlichen Betriebsalltag.

6. Kompetenzbezogene Maßnahmen:

Energieeffizienz ist ein komplexes Thema. Das erkennt man bereits daran, dass sich Energieberatungsunternehmen häufig aus ExpertInnen mit unterschiedlichen Kompetenzen zusammensetzen. Dementsprechend kann ein Unternehmen mittels externer Beratung auf deren Expertise zugreifen.

Dennoch ist es ratsam, sich im Unternehmen eigene Kompetenzen aufzubauen. Niemand weiß besser Bescheid über ein Unternehmen, als seine MitarbeiterInnen. Je mehr sie über Ihre eigene Situation und die Möglichkeiten zur Verbesserung der Energieeffizienz Bescheid wissen, desto zielgenauer können Sie in Technologie investieren, Maßnahmen planen, externe Dienstleistung beauftragen und Maßnahmen umsetzen.

Die Teilnahme an Workshops oder Schulungen ist eine Möglichkeit, Kompetenzen aufzubauen. Auch der Austausch mit ExpertInnen oder intern mit KollegInnen kann bereits zu einem Kompetenzgewinn führen. In der Praxis ist auch das Selbststudium von großer Bedeutung – MitarbeiterInnen arbeiten sich in eine bestimmte Materie ein und werden im Unternehmen selbst zu ExpertInnen. In jedem Fall ist es ratsam, Kompetenzen zum Thema Energieeffizienz zu fördern.

Eine weitere, wenngleich organisationale, Möglichkeit besteht darin, gezielt Personal mit entsprechenden Kompetenzen auf dem Arbeitsmarkt zu suchen.

2 Welche Energieeffizienz-Maßnahmen sind am wichtigsten?

Auf diese Frage lässt sich keine eindeutige Antwort geben. Jedes Unternehmen ist einzigartig. Für einen größeren energieintensiven Produktionsbetrieb haben Investitionen in Technologie das größte Potential für Einsparungen, während es in einer kleinen Manufaktur vor allem auf das Verhalten der MitarbeiterInnen ankommt. Eines aber lässt sich jedem Unternehmen empfehlen: Nutzen Sie die ganze Bandbreite an Möglichkeiten aus, um den größten Erfolg zu erzielen.

Die unterschiedlichen Maßnahmen-Arten lassen sich wie Zahnräder betrachten, deren Bewegungen zu mehr Energieeffizienz und Energieeinsparungen führen. Welche Übersetzung Sie jeweils wählen, entscheiden Sie entsprechend der Situation im Unternehmen. Möglichst alle Zahnräder anzutreiben, schafft am meisten Bewegung.

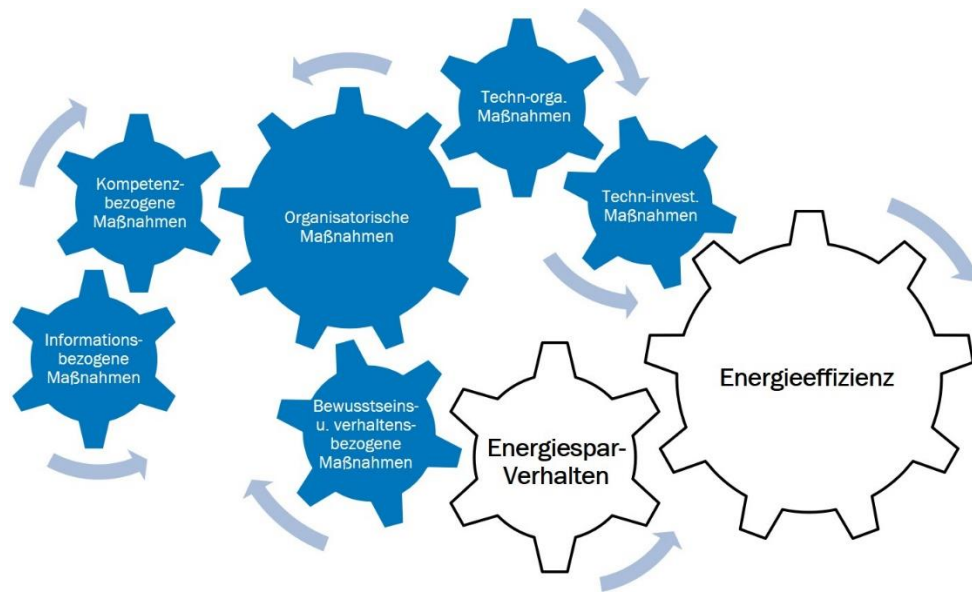


Abbildung 1: Zusammenspiel unterschiedlicher Energieeffizienz-Maßnahmen [2,3]

3 Welchen Nutzen haben Energieeffizienz-Maßnahmen?

Wirtschaftlichkeit hat allgemein für jedes Unternehmen die höchste Bedeutung. Die Energiekosten zu reduzieren, stellt deshalb die wichtigste Motivation dar, um Energieeffizienz-Maßnahmen zu planen und durchzuführen. Energieeffizienz-Maßnahmen können aber noch weiteren Nutzen liefern, der vielleicht weniger offensichtlich ist und deshalb nicht berücksichtigt wird [4,5]. Insbesondere Entscheidungen über Investitionen werden dann womöglich nicht getroffen oder auf die lange Bank geschoben – zum Nachteil des Unternehmens, da die Vorteile unbekannt sind.

Notwendigkeit für Klimaneutralität

Deutschlands Weg zur Klimaneutralität ist im Klimaschutzgesetz vorgezeichnet. Das festgelegte Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 betrifft jedes einzelne Unternehmen. Klimaneutralität bedeutet jedoch nicht alleine eine gesetzliche Verpflichtung. Es bedeutet auch eine zunehmende gesellschaftliche Erwartung an Unternehmen. Das lokale Umfeld, MitarbeiterInnen, KundInnen, Investoren und weitere Anspruchsgruppen hegen ein zunehmendes Interesse an einem nachhaltigen und ökologischen Wirtschaften von Unternehmen.

Die Herstellung von Klimaneutralität funktioniert über drei Wege. Ersten durch das Reduzieren des Energieverbrauchs, zweitens durch den Wechsel (die „Substitution“) der Energieträger (erneuerbare Energie anstatt fossiler Energie) und drittens durch die finanzielle Investition in Kompensationsprojekte. Die Steigerung der Energieeffizienz muss deshalb oberste Priorität

für Unternehmen haben – Eingesparte Energie muss weder aufwändig substituiert noch kostenintensiv kompensiert werden. Kurzum: Der Weg hin zur Klimaneutralität wird umso einfacher, je energieeffizienter das Unternehmen wirtschaftet.

Außenwirkung und Imageverbesserung

Tue Gutes und rede darüber. So lautet ein bekannter Spruch aus dem Marketing, den gerade KMU häufig nicht berücksichtigen. Gerade in Zeiten in denen Gesellschaft und KundInnen zunehmend Wert auf Ökologie legen, sollten die Anstrengungen um Energie einzusparen und damit die Umwelt zu entlasten durchaus nach außen getragen werden. Auch auf dem Arbeitsmarkt ist ein ökologisches Wirtschaften immer mehr gefragt – Gerade in Zeiten des Fachkräftemangels und den Schwierigkeiten Personal für sich zu rekrutieren, kann ein Unternehmen mit Fokus auf Energieeffizienz attraktiver wirken.

Steigerung des Komforts und des Betriebsklimas

Komfortgewinne stellen einen geradezu klassischen Zusatznutzen von Energieeffizienz-Maßnahmen dar. Gerade im Bereich der thermischen Sanierung lassen sich neben der Steigerung der Energieeffizienz häufig auch Verbesserungen des Raumklimas erzielen. Mittels der Wärmedämmung von Gebäuden oder dem Einsatz neuer energiesparender Fenster kann das Raumklima erheblich verbessert werden. Maßnahmen bei der Klimatechnik können umgekehrt gerade in den immer heißer werdenden Sommern einen ähnlichen Effekt erwirken.

Auch die Luftqualität kann im Zuge der Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen bei der Lüftungs- oder Drucklufttechnik verbessert werden. Wird hingegen die Beleuchtungs-Technik in den Blick genommen, kann auch dort durch eine erhöhte Ausleuchtung ein Komfortgewinn für das Personal hergestellt werden.

Gemein ist allen Maßnahmen, die eine Komfortsteigerung bewirken, dass damit auch das Betriebsklima verbessert werden kann. Das Personal wird es jedenfalls schätzen, wenn es beispielsweise in der Produktionshalle im Winter weniger kalt zieht, wenn die Luft nicht mehr muffig riecht oder wenn die Werkstücke bei besserem Licht kontrolliert werden können.

Steigerung von Produktivität und Qualität

Wie oben angeführt sind vor allem Produktionsunternehmen auf spezifische Prozess-Technologie angewiesen. Neue, effizientere Maschinen und Anlagen versprechen häufig nicht alleine einen geringeren Energiebedarf, sondern erlauben den Unternehmen auch eine höhere

Präzision bei der Herstellung. Dadurch können sich beispielsweise der Rohstoffaufwand, der Ausschuss oder der Kontrollaufwand verringern und kann zugleich die Produktivität erhöht werden. Gerade bei der Investition in die zumeist kostenintensive Prozess-Technologie, empfiehlt sich das Betrachten allen möglichen Nutzens.

Reduzierung von Wartung und Instandhaltung

Durch die Beschaffung neuer und energieeffizienter Technologie kann der Aufwand für Wartung und Instandhaltung deutlich reduziert werden. In gleicher Weise können Maschinen und Anlagen, die energieeffizienter eingesetzt werden – damit weniger benutzt werden müssen – den Wartungsaufwand verringern.

Ausfallsicherheit und Risikominimierung

Der Ausfall von wichtigen technischen Anwendungen kann ein Unternehmen vor unerwartete Probleme stellen. Manche Energieeffizienz-Maßnahmen können in bestimmten Fällen solch ein Risiko minimieren. Wird beispielsweise im Rahmen der Optimierung des Druckluftsystems ein überdimensionierter Druckluftkompressor gegen zwei kleiner dimensionierte ausgetauscht, ergeben sich zwei Vorteile. Zum einen kann Energie eingespart werden, wenn im Regelbetrieb nur ein Kompressor die Druckluft-Erzeugung übernimmt, während der zweite nur bei hohem Druckluftbedarf zugeschaltet wird. Zum anderen kann im Falle eines Ausfalls (oder auch der Wartung) einfach auf den anderen Kompressor gewechselt werden, ohne die Produktion zu beeinträchtigen.

Der Betrieb eines Blockheizkraftwerks (BHKW) kann ebenfalls zur Risikominimierung im Betrieb führen. BHKW werden in der Regel mit fossilen oder erneuerbaren Energieformen betrieben und erzeugen gleichzeitig elektrische und thermische (Wärme) Energie. Im Falle eines Stromausfalls ist das Unternehmen unabhängig vom externen Energieversorger und das BHKW erzeugt weiterhin Strom für den Betrieb.

Steigerung der Transparenz der Betriebsabläufe

Energie ist in Unternehmen ganz gleich zu betrachten wie jede andere eingesetzte Ressource. Während über den Einsatz von Werkstoffen, Lagermitteln, Werkzeugen oder auch dem Personal oft genau Buch geführt wird, beschränkt sich die Kenntnis über Energie häufig alleine auf die Energie-Rechnungen. Wo genau wieviel Energie verbraucht wird und warum an welchen Stellen zu viel Energie verschwendet wird, entzieht sich oftmals der Kenntnis.

Energie-Daten zu erfassen und auszuwerten, verschafft nicht nur die Möglichkeit, Einspar-Potentiale zu erkennen, sondern auch einen vollständigeren Blick auf die Unternehmensabläufe zu erlangen. Ein so erweiterter Blick kann neue Möglichkeiten der Verbesserung eröffnen und helfen, bisherige Abläufe infrage zu stellen.

Steigerung der Zukunftsfähigkeit

KMU sind mit überwältigender Mehrheit Familienunternehmen. KMU in Deutschland zeichnet vor allem ihre Beständigkeit aus – Viele Unternehmen bestehen bereits in mehreren Generationen. Das Unternehmen zukunftsicher an die nächste Generation zu übergeben, hat in Familienunternehmen eine hohe Bedeutung.

Das Unternehmen energieeffizient zu gestalten, ist ein guter Weg, um die Zukunftssicherheit zu gewähren. Einige der Gründe wurden oben bereits genannt. Wer die Herausforderung Klimaneutralität vollends der Folgegeneration überlässt, riskiert auch das langfristige Überleben des Unternehmens.

Im Hinblick auf Klimaschutz bedeutet die Steigerung der Energieeffizienz Modernität. Eine Modernität, die in vielen Branchen, am Absatz- oder Arbeitskräftemarkt zunehmend erwartet wird. Verkürzt ausgedrückt: Ein gewisser Standard an Energieeffizienz wird zukünftig als selbstverständlich angesehen werden.

Die Erfassung und Auswertung von Energiedaten erhöht die Betriebskenntnis und kann auch einen Einstieg in das Thema Digitalisierung bedeuten – Ein Thema das für viele Unternehmen in Zukunft immer wichtiger werden wird.

4 Welche Fördermöglichkeiten für Energieeffizienz-Maßnahmen gibt es?

Vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit und dem ökologischen Nutzen von Energieeffizienz-Maßnahmen existieren in Deutschland eine Reihe von Möglichkeiten der Förderung zur Umsetzung in Unternehmen.

Die Förderung von Energieeffizienz-Maßnahmen auf Bundesebene wird hauptsächlich über zwei Förderprogramme abgedeckt, namentlich das Programm „Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft“ und das Programm „Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“. Die konkreten Förderungen werden vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) organisiert und abgewickelt. Dabei handelt es sich in der Regel um Zuschüsse für ein breites Spektrum an Maßnahmen. Die jeweiligen Förderbereiche innerhalb dieser Programme werden im in den

folgenden Abschnitten aufgelistet. Die Auflistung wird durch weitere Fördermöglichkeiten ergänzt.

Neben den Investitionszuschüssen im Rahmen der Förderprogramme gibt es seitens der KfW Förderbank eine Reihe von Möglichkeiten zinsgünstiger Darlehen und Tilgungszuschüsse. Diese sind in der Regel alternativ zu den Investitionszuschüssen zu betrachten und können nicht gleichzeitig in Anspruch genommen werden.

In jedem Fall ist es ratsam, bei der Beantragung (von Zuschüssen oder Darlehen) die Unterstützung eines Energieberatungsunternehmens in Anspruch zu nehmen.

4.1 Fördermöglichkeiten im Programm „Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft“

Das Programm „Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft“ adressiert in fünf Modulen verschiedene Fördergegenstände, die Im Folgenden vorgestellt werden.

Modul 1: Querschnittstechnologien

Über das „Modul 1: Querschnittstechnologien“ werden investive Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz durch den Einsatz von hocheffizienten und am Markt verfügbaren Technologien gefördert. Förderfähig sind Investitionen zum Ersatz oder zur Neuanschaffung von hocheffizienten Anlagen bzw. Aggregaten für die industrielle und gewerbliche Anwendung. Zuschuss.

Förderfähige Technologien sind:

- Elektrische Motoren und Antriebe
- Pumpen für die industrielle und gewerbliche Anwendung
- Ventilatoren
- Druckluftanlagen sowie deren übergeordnete Steuerung
- Anlagen zur Abwärmenutzung beziehungsweise Wärmerückgewinnung aus Abwässern
- Thermische Isolierung/Dämmung von industriellen Anlagen oder Anlagenteilen
- Frequenzumrichter

Link zum Förderprogram:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul1_Querschnittstechnologien/modul1_querschnittstechnologien_node.html

Modul 2: Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien

Im Rahmen dieses Moduls werden der Ersatz oder die Neuanschaffung von Anlagen zur Bereitstellung von Wärme aus Solarkollektoranlagen, Wärmepumpen oder Biomasse-Anlagen gefördert, deren Wärme zu über 50 Prozent für Prozesse, d. h. zur Herstellung, Weiterverarbeitung oder Veredelung von Produkten oder zur Erbringung von Dienstleistungen verwendet wird.

Gefördert wird die Bereitstellung von Prozesswärme aus:

- Solarkollektoranlagen
- Biomasse-Anlagen auf Basis nach-wachsender Rohstoffe, pflanzlichen Abfällen oder Klär-schlamm
- Wärmepumpen, sofern sie erneuerbare Wärmequellen nutzen.
- Hocheffiziente KWK-Anlagen basierend auf den oben genannten Technologien unter Verzicht auf Förderung nach EEG und KWKG
- Förderfähig als Nebenkosten sind auch die Kosten für die zur Ertragsüberwachung und Fehlererkennung installierten Mess- und Datenerfassungs-einrichtungen.

Link zum Förderprogramm:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul2_Prozesswaerme/modul2_prozesswaerme_node.html

Modul 3: MSR, Sensorik und Energiemanagement-Software

Über das „Modul 3: MSR, Sensorik und Energiemanagement-Software“ werden u.a. Softwarelösungen zur Unterstützung eines Energiemanagementsystems oder Umweltmanagementsystems (Energiemanagement-Software), Sensoren sowie Analog-Digital-Wandlern zur Erfassung von Energieströmen und Steuer- und Regelungstechnik zur Beeinflussung von Systemen und Prozessen zur Steigerung der Energieeffizienz gefördert.

Gefördert werden der Kauf und die Installation von:

- Systemen zum Monitoring und der effizienten Regelung von Energie- und Materialströmen zur Einbindung in ein Energie- oder Umwelt-management-system
- Energiemanagementsoftware inklusive Schulungskosten.

Link zum Förderprogramm:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul3_Energiemanagementsysteme/modul3_energiemanagementsysteme_node.html

Modul 4: Energie- und ressourcenbezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen

Gefördert werden investive Maßnahmen zur energetischen und ressourcenorientierten Optimierung von industriellen und gewerblichen Anlagen und Prozessen, die zur Erhöhung der Energie- oder Ressourceneffizienz beziehungsweise zur Senkung und Vermeidung des fossilen Energieverbrauchs oder CO₂-intensiver Ressourcen in Unternehmen beitragen. Die Förderung ist technologieoffen.

Gefordert werden beispielsweise Maßnahmen wie:

- Prozess- und Verfahrensumstellungen, die zu Energie- und Ressourceneinsparungen führen, insbesondere energie- und ressourcen-effiziente Technologien sowie energie- und ressourcen-orientierte Optimierungen von Produktionsprozessen
- Maßnahmen zur Abwärmenutzung
- Maßnahmen zur Steigerung der Energie- und/oder Ressourceneffizienz von Anlagen zur Wärmeversorgung, Kühlung und Belüftung, wenn diese eindeutig und überwiegend direkt für Produktionsprozesse eingesetzt werden
- Maßnahmen zur energie- und/oder ressourcen-effizienten Bereitstellung von Prozesswärme oder -kälte
- Maßnahmen zur Vermeidung von Energie- und/oder Ressourcenverlusten im Produktionsprozess

Link zum Förderprogramm:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul4_Energiebezogene_Optimierung/modul4_energiebezogene_optimierung_node.html

Modul 5: Transformationskonzepte

Ziel der Förderung von Transformationskonzepten ist es, Unternehmen bei der Planung und Umsetzung der eigenen Transformation hin zur Treibhausgasneutralität zu unterstützen. Dazu wird die Erstellung eines Transformationskonzeptes gefördert.

Link zum Förderprogramm:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul5_Transformationskonzepte/modul5_transformationskonzepte_node.html

4.2 Fördermöglichkeiten im Programm „Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“

Das Programm „Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“ adressiert in drei Modulen verschiedene Fördergegenstände, die Im Folgenden vorgestellt werden.

Modul 1: Energieaudit DIN EN 16247

Im Rahmen dieses Moduls werden Energieaudits gefördert, die den wesentlichen Anforderungen an ein Energieaudit im Sinne von § 8a des Gesetzes über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G) und insbesondere den Anforderungen der DIN EN 16247 entsprechen. Gefördert werden die Energieberatung und Durchführung eines Energieaudits.

Link zum Förderprogramm:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Nichtwohngebaeude_Anlagen_Systeme/Modul1_Energieaudit/modul1_energieaudit_node.html

Modul 2: Energieberatung DIN V 18599

Gefördert werden Energieberatungen für Nichtwohngebäude im Bestand und im Neubau, die es ermöglichen, Energieeffizienz und erneuerbare Energien in den Planungs- und Entscheidungsprozess einzubeziehen und damit die Effizienzpotentiale zum individuell günstigsten Zeitpunkt auszuschöpfen.

Link zum Förderprogramm:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Nichtwohngebaeude_Anlagen_Systeme/Modul2_Energieberatung/modul2_energieberatung_node.html

Modul 3: Contracting-Orientierungsberatung

Eine in diesem Modul geförderte Contracting-Orientierungsberatung zielt auf ein Contracting-Modell mit vertraglicher Einspargarantie.

Link zum Förderprogramm:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Nichtwohngebaeude_Anlagen_Systeme/Modul3_Contracting_Orientierungsberatung/modul3_contracting_orientierungsberatung_node.html

4.3 Weitere Fördermöglichkeiten

Förderung energieeffizienter Kälte- und Klimaanlage

Mit dem Förderprogramm für Kälte- und Klimaanlage wird der Einsatz von Klimaschutz-Technologien in gewerblichen Anwendungen gefördert.

Link zum Förderprogramm:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Klima_Kaeltetechnik/klima_kaeltetechnik_node.html

4.4 Investitionsförderungen der KfW Förderbank

Die KfW Förderbank eine Reihe von Möglichkeiten zinsgünstiger Darlehen und Tilgungszuschüsse.

Link zum Förderprogramm:

[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Foerderprodukte-\(S3\).html](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Foerderprodukte-(S3).html)

Quellen

- [1] Cagno, E.; Trianni, A.; Worrell, E.; Miggiano, F., 2014: Barriers and drivers for energy efficiency: Different perspectives from an exploratory study in the Netherlands. In: Energy Procedia, Vol. 61, 1256-1260.
- [2] König, W.; Löbbe, S.; Büttner, S.; Schneider, C. Establishing Energy Efficiency—Drivers for Energy Efficiency in German Manufacturing Small- and Medium-Sized Enterprises. Energies 2020, 13, 5144. doi: 10.3390/en13195144, <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/19/5144/pdf>
- [3] Löbbe, S.; König, W.; Büttner, S.M.; Schneider, C.; 2019: Entscheidung für Energieeffizienz: Auswirkungen von Kultur, Verhalten und Technikdiffusion in produzierenden KMU in Baden-Württemberg. Hochschule Reutlingen. <https://doi.org/10.34645/opus-2093>.
- [4] Killip, G.; Fawcett, T.; Coremans, C.; Crijns-Graus, W.; Krishan, S.; Voswinkel, F., 2019: Multiple benefits of energy efficiency at the firm level: a literature review. 2019 Eceee Summer Study Proceedings, 03. - 08. June 2019. 181-190. ISBN 978-91-983878-4-1.
- [5] Nehler, T.; Rasmussen, J., 2018: How do firms consider non-energy benefits? Empirical findings on energy-efficiency investments in Swedish industry, Journal of Cleaner Production, Volume 113, 472-482, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.070>.

Informationen zu

Baustein 1:
Energieeffizienz &
Klimaneutralität

Schwerpunkt:
Klimaneutralität

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Einleitung

Der Klimawandel verändert die Welt, in der wir leben und zugleich das Umfeld in dem Unternehmen handeln. Mit dem Übereinkommen von Paris hat sich 2015 die internationale Staatengemeinschaft verpflichtet, die durch den Menschen verursachte globale Erwärmung auf möglichst weit unter 2°C zu begrenzen. Das Ziel des internationalen Klimaschutzabkommens ist eine klimaneutrale Wirtschaft bis zum Jahr 2050. Deutschlands Weg zur Klimaneutralität ist im Klimaschutzgesetz vorgezeichnet. Das deutsche Klimaschutzgesetz in der am 31. August 2021 in Kraft getretenen Fassung schreibt vor, dass Deutschland bis zum Jahr 2045 Klimaneutralität erreichen muss [1].

Bis 2030 soll in Deutschland um 65% weniger CO₂ ausgestoßen werden, bis 2040 um 88% weniger CO₂ und im Jahr 2045 soll vollständige Klimaneutralität hergestellt werden. Das bedeutet nicht weniger, als dass bis 2045 alle BürgerInnen, alle Kommunen und vor allem auch alle Unternehmen noch vor Mitte des Jahrhunderts klimaneutral handeln müssen.

Vielen Betrieben ist noch nicht bewusst, was Klimaneutralität für sie bedeutet. In jedem Fall bedeutet Klimaneutralität eine langfristige Veränderung, wie der Betrieb, wie Tätigkeiten, wie die Produktion oder die Dienstleistung organisiert werden. Sich möglichst früh mit dem Thema auseinanderzusetzen und den Betrieb in Richtung Klimaneutralität einzustellen, ist gerade für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) besonders wichtig – die Wettbewerbsfähigkeit, Produktivität und Zukunftssicherung der Unternehmen steht langfristig auf dem Spiel.

Die folgenden Ausführungen sollen KMU eine Orientierung auf dem Weg zum klimaneutralen Unternehmen bieten. Warum Klimaneutralität für Ihr Unternehmen wichtig ist, was Klimaneutralität eigentlich bedeutet und welche Schritte dafür notwendig sind, wird im Folgenden beantwortet. Dass Energiesparen und die Steigerung der Energieeffizienz die wichtigsten Maßnahmen für die Klimaneutralität von KMU sind, wird gleich zu Beginn vorausgeschickt.

1 Warum Klimaneutralität?

Der durch den Menschen verursachte Klimawandel betrifft die gesamte Welt. Extreme Wetterbedingungen wie schwere Regenfälle, Überschwemmungen, Erdbeben, Hitzewellen und Dürren treten immer häufiger auf, auch in Deutschland. Steigende Meeresspiegel, versauernde Ozeane und geringere Artenvielfalt sind weitere globale Folgen, die sich rasch verändernden klimatischen Bedingungen.

Die Klimaneutralität bis Mitte des 21. Jahrhunderts ist notwendig, um die globale Erwärmung auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen – ein Schwellenwert, der vom Weltklimarat als sicher

eingestuft wird. Dieses Ziel ist auch im Übereinkommen von Paris festgelegt, das von 195 Ländern, einschließlich von Deutschland, unterzeichnet wurde.

Es ist allgemein bekannt, dass nicht alle BürgerInnen in Deutschland an den menschengemachten Klimawandel glauben. Aus der Sicht eines Unternehmens ist dieser Umstand als nichtig zu betrachten. **Deutschlands Weg zur Klimaneutralität ist im Klimaschutzgesetz vorgezeichnet. Unternehmen in Deutschland müssen klimaneutral werden.** Das Wollen oder Nicht-Wollen steht nicht zur Diskussion.

Klimaneutralität bedeutet jedoch nicht alleine eine gesetzliche Verpflichtung. Klimaneutralität bedeutet auch eine zunehmende gesellschaftliche Erwartung an Unternehmen. Diese gesellschaftliche Erwartung zeigt sich zum einen am öffentlichen Diskurs. Die Zunahme von Extremwetterereignisse führt den Menschen die Folgen des Klimawandels unmittelbar vor Augen. Die Klimakrise und die Notwendigkeit der Herstellung von Klimaneutralität sind mittlerweile gewohnter Gegenstand der medialen Berichterstattung. Demonstrationen von ökologischen Bewegungen und Klimaklagen gegen Unternehmen zeitigen die drastischen Mittel des öffentlichen Diskurses. Die Menschen reden über den Klimawandel.

Zum anderen unterliegen Unternehmen den direkten Erwartungen ihrer Kunden, die ein zunehmendes Interesse daran hegen, dass die bezogenen Produkte und Dienstleistungen nachhaltig hergestellt werden. Industrielle KMU sind häufig Zulieferbetriebe von größeren Unternehmen, die ihrerseits Klimaneutralität anstreben. Als Bestandteil einer Lieferkette sehen sich KMU deshalb zunehmend gezwungen, ihren Betrieb ebenfalls klimaneutral zu organisieren. Von Großunternehmen geht ein zunehmender Anpassungsdruck auf KMU aus – sowohl direkt auf ihre Lieferanten als auch innerhalb der Branchen und des gesamten Wirtschaftsgefüges.

Das Ziel Klimaneutralität mag aus der Entfernung weit in der Zukunft liegen, doch wie jedes Unternehmen genau weiß, geschieht kaum etwas so einfach von heute auf morgen. Da Klimaneutralität nur schrittweise zu erreichen ist, erleichtert ein früher Beginn alle Anstrengungen. Nur wenn große Ziele in kleinere bewältigbare Tätigkeiten gepackt werden, ist ein Erfolg möglich.

Mit dem Blick auf ganz Deutschland gibt die folgende Abbildung einen Einblick auf die notwendigen Treibhausgas-Reduktionsziele in den kommenden Jahren. Bis 2030, also in nur wenigen Jahren, sollen bereits um 65% weniger Treibhausgase in den Bereichen Energieversorgung, Verkehr, Industrie, Gebäude und Landwirtschaft ausgestoßen werden. Dabei ist anzumerken, dass dieses Szenario von dem Ziel 2050 ausgeht und mit dem Klimaschutzgesetz von 2021 mit dem Ziel 2045 noch einmal verschärft wurde.

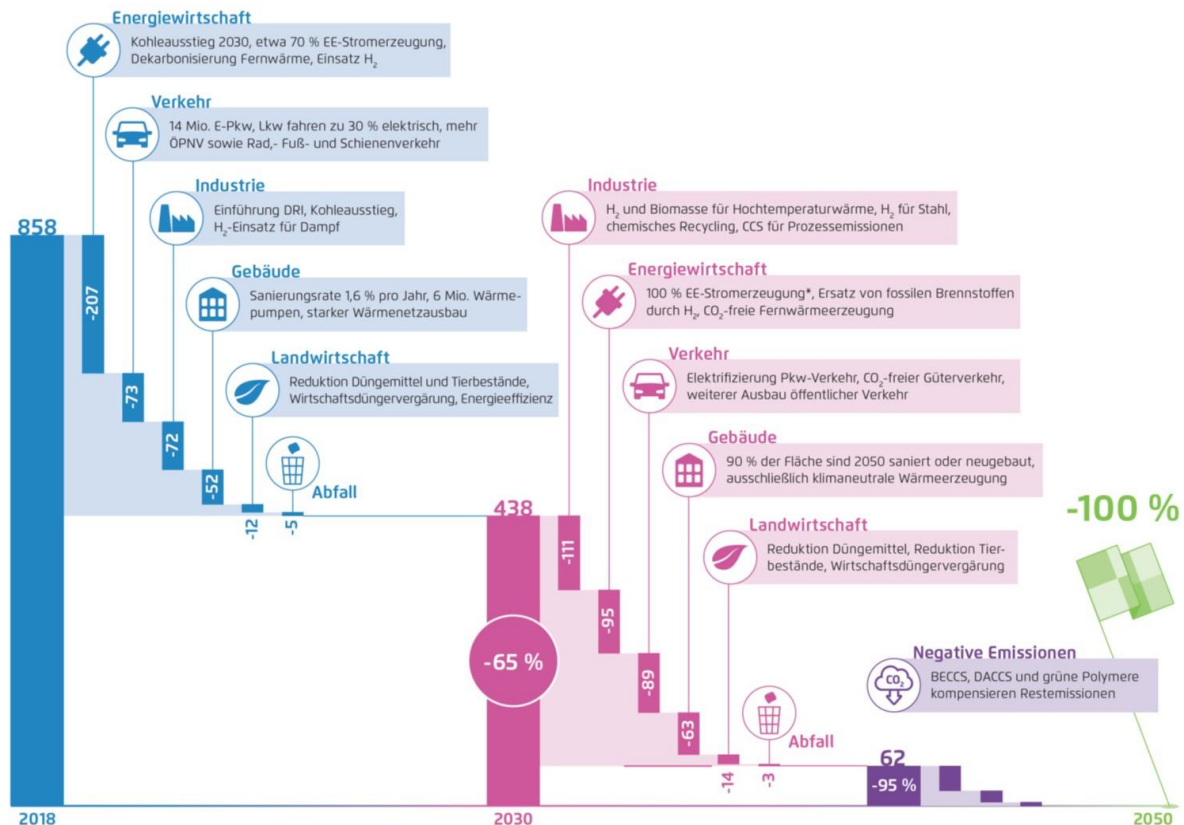


Abbildung 1: Maßnahmen im Szenario Deutschland Klimaneutral 2050 [2]

2 Was heißt Klimaneutralität?

Klimaneutralität, CO₂-Neutralität, Dekarbonisierung, Umwelt-Neutralität – Eine Reihe unterschiedlicher Begriffe zeitigen sich in der öffentlichen Debatte. Insbesondere Klimaneutralität ist ein schillernder Begriff im politischen, wirtschaftlichen und öffentlichen Diskurs. Für Unternehmen ist ein Verständnis wichtig, was Klimaneutralität heißt. Dieses erste Verständnis ist unumgänglich, um eine Vorstellung zu bekommen, welche Tätigkeiten und Prozesse verändert werden müssen.

Vereinfacht gesagt bedeutet der Begriff klimaneutral, dass durch die Herstellung von Produkten oder die Dienstleistungen die Menge an klimaschädlichen Gasen in der Atmosphäre nicht erhöht wird. Unternehmen verursachen (heute) zwangsläufig die Emission von Treibhausgasen als Nebenprodukt ihres Handelns. Die Verbrennung fossiler Energieträger (Gas oder Öl) beim Heizen, die Verwendung von Kraftfahrzeugen (betrieben mit Diesel oder Benzin), der Einsatz von Kältemitteln zur Kühlung und Klimatisierung (FCKW oder FKW), die Verarbeitung klimaschädlicher Gase zur Produktion chemischer Produkte und nicht zuletzt elektrische Anwendungen (erzeugt mittels Kohle oder Gas) lösen eine hohe Umweltbelastung durch Treibhausgase aus.

Bevor die wesentlichen Prinzipien von Klimaneutralität konkret eingegangen wird, soll der Begriff Klimaneutralität im Unterschied zu den Begriffen CO₂-Neutralität und Umwelt-Neutralität genauer abgegrenzt werden (vgl. Abb. 2).

CO₂-Neutralität

CO₂-Neutralität wird häufig synonym mit Klimaneutralität verwendet. Dies ist allerdings nicht ganz korrekt. CO₂-Neutralität bezieht sich nur auf alle Kohlenstoffdioxid-Emissionen, die durch die Verbrennung fossiler Energieträger anfallen. Das Ziel ist demnach die sogenannte Dekarbonisierung. Das bedeutet die vollständige Reduktion aller Kohlenstoffdioxid-Emissionen, die durch die Verbrennung fossiler Energieträger anfällt.

Klimaneutralität

Klimaneutralität geht über Kohlenstoffdioxid-Emissionen hinaus und bezieht zusätzlich alle weiteren klimaschädlichen Treibhausgase (z.B. Methan, Lachgas, FCKW, FKW, Schwefelhexafluorid, usw.) mit ein. Diese Gase fallen zwar in weit geringerem Umfang als Kohlenstoffdioxid (CO₂) an, haben aber eine deutlich schädigendere Wirkung auf das Klima und dürfen deshalb nicht vernachlässigt werden.

Umwelt-Neutralität

Der Begriff von Umwelt-Neutralität ist bisher weniger allgemein bekannt und zieht neben dem Aspekt Klimaschutz den Aspekt Gesundheit ausdrücklich mit ein. Neben allen Treibhausgasen werden auch andere gesundheitsschädliche Gase und Teilchen (z.B. Stickoxide, Feinstaub) betrachtet und deren Reduktion gefordert. Im Hinblick auf die hohe Schadstoffbelastung im Verkehrsbereich und damit zusammenhängender Fahrverbote wird dieser Ansatz unmittelbar verständlich.

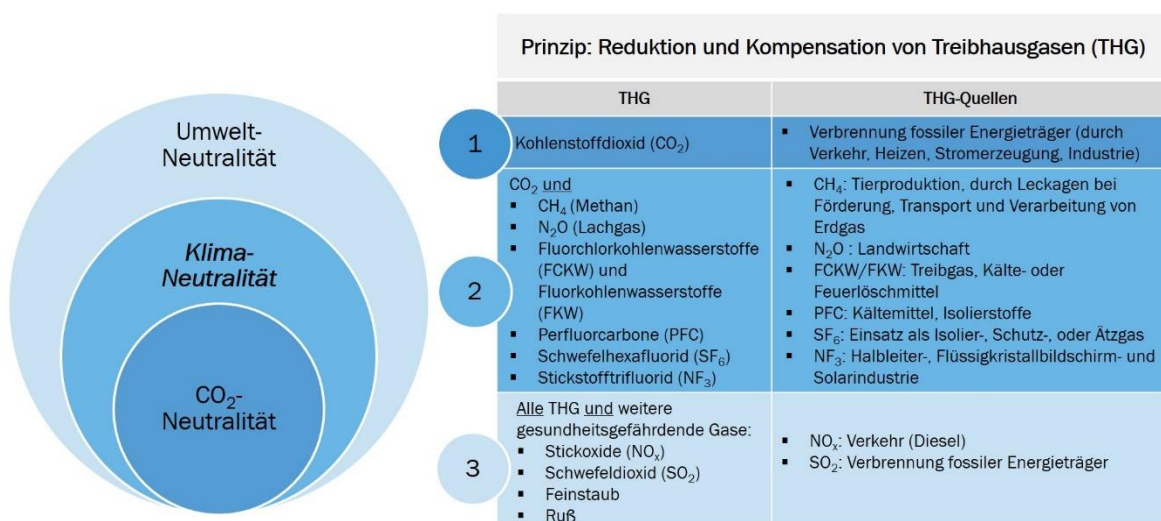


Abbildung 2: Unterscheidung CO₂-Neutralität – Klimaneutralität – Umweltneutralität [4]

3 Die Grundidee von Klimaneutralität

Klimaneutralität stellt darauf ab, die Emission von allen Treibhausgasen zu reduzieren und zu kompensieren. Aus Klimaschutzperspektive sollten Treibhausgase (THG), wo immer möglich, bereits im Ansatz vermieden oder reduziert werden. Allerdings ist dies nicht in allen Fällen realisierbar oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich. Unternehmensprozesse oder Produkte können leider nicht immer emissionsfrei durchgeführt oder produziert und genutzt werden.

Um dieser Schwierigkeit entgegen zu treten, gibt es die Möglichkeit, unvermeidbare Emissionen von Treibhausgasen an einem Ort durch zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen an einem anderen Ort zu neutralisieren. Diese Vorgehensweise wird als Kompensation bezeichnet und liegt der Grundidee der sogenannten „Klimabalance“ zu Grunde. Treibhausgase haben eine globale Schädigungswirkung – für den Klimaschutz ist es daher im Prinzip irrelevant, wo Emissionen entstehen oder vermieden werden.

4 Die 3 Prinzipien von Klimaneutralität

Um Klimaneutralität im Unternehmen herzustellen, ist es zweckdienlich, sich an den drei Prinzipien **Reduzieren – Substituieren – Kompensieren** zu orientieren.

1. Reduzieren:

- Reduzieren des Energiebedarfs durch Energiesuffizienz reduziert THG-Emissionen
- Reduzieren des Energiebedarfs durch die Steigerung der Energieeffizienz reduziert THG-Emissionen

2. Substituieren:

- Selbsterzeugung von erneuerbaren Energien reduziert THG-Emissionen (z.B. PV-Anlage)
- Wechsel der Energiequelle reduziert THG-Emissionen (z.B. Ökostrom vs. Erdgas)

3. Kompensieren:

- = Zahlungen zur Finanzierung von Treibhausgas mindernden Investitionen als Ausgleich
- Zu bestimmende Emissionsmengen werden mittels Investitionen in Klimaschutzprojekte ausgeglichen (= Emissionsminderungsgutschriften – „Zertifikate“)

Abbildung 3: Die 3 Prinzipien von Klimaneutralität

Prinzip 1: Reduzieren

Das Reduzieren des Energieverbrauchs spart langfristig Geld für das Unternehmen. Jede Möglichkeit, Energie einzusparen sollte genutzt werden. Um Energie einzusparen stehen zwei Wege zur Verfügung.

Der erste Weg dazu ist die sogenannte Energiesuffizienz. Damit ist zum einen die Vermeidung von Energieanwendung gemeint, beispielsweise für Arbeitswege auf das Kfz zu verzichten und stattdessen zu Fuß gehen. Bestimmte Tätigkeiten manuell durchzuführen anstatt maschinell, vermeidet ebenso Energieaufwand bzw. Treibhausgase. Zum anderen wird damit die Reduktion von Energienutzung gemeint, beispielsweise durch die Minderung der Raumwärme (= weniger heizen).

Kennzeichnend für Energiesuffizienz-Maßnahmen sind jedenfalls der Fokus auf ein bestimmtes individuelles Verhalten und damit womöglich einhergehende Beschränkungen (z.B.: Komfort). Bisherige Routinen und Tätigkeiten sachlich und offen infrage zu stellen, ohne damit die MitarbeiterInnen abzuschrecken oder Konflikte zu beschwören, sind in diesem Zusammenhang die Herausforderungen.

Jedenfalls ist es ratsam, sich im Betrieb die folgenden beiden **Leitfragen** zu stellen:

- *Welche Energieanwendungen können im Betrieb vermieden werden, um eine Tätigkeit hinreichend durchzuführen?*
- *In welchen Bereichen können im Betrieb Energieanwendungen reduziert werden und wieviel Verzicht ist zumutbar?*

Der zweite Weg betrifft die Steigerung der Energieeffizienz. Hier geht es darum, den Energieaufwand zu optimieren und dabei ein gleichbleibendes Ergebnis (Produkt oder Dienstleistung) zu erzielen. Dazu steht allgemein eine hohe Bandbreite an Maßnahmen zur Auswahl, die ein Unternehmen durchführen kann. Die Umstellung der Beleuchtung in den Betriebsgebäuden auf energieeffiziente LED ist eine der bekannteren Maßnahmen. In manchen Handwerks-Unternehmen kann damit bereits viel erreicht werden, aber auch in Industrieunternehmen müssen Hallen oft rund um die Uhr ausgeleuchtet werden. Viele Unternehmen sind im Alltag auf Druckluft angewiesen. Auch hier lassen sich bei der Druckluftherzeugung (energieeffiziente Kompressoren), der Druckluftaufbereitung (regelmäßiger Austausch der Filter) oder der Druckluftleitungen (Kontrolle und Eliminierung von Leckagen) auf unterschiedliche Weise Einsparungen erzielen. Im Gebäudebereich lassen sich durch eine hinreichende Dämmung, dichte und wärmeisolierende Fenster hohe Wärmeverluste vermeiden und dadurch Einsparungen der Heizenergie erreichen. Die für den Einsatz passende und möglichst energiesparende Heiztechnologie und die Optimierung der Heizungssteuerung können ebenfalls große Einsparungen erzielen, ohne dass damit Komfort verloren geht.

Auch hier ist es ratsam, sich im Betrieb an zwei **Leitfragen** zu orientieren:

- *Bei welchen Tätigkeiten und Prozessen wird im Betrieb unnötig viel Energie verbraucht?*

- *Wie lassen sich im Betrieb bestimmte Tätigkeiten und Prozesse so organisieren, dass mit möglichst wenig Energieeinsatz ein optimales Ergebnis erzielt wird?*

Prinzip 2: Substituieren

Jedes Unternehmen benötigt Energie zur Herstellung seiner Produkte oder Dienstleistungen. Die Verwendung fossiler Energieträger ist nach wie vor die verbreitetste Form, sollte aber zur Erreichung von Klimaneutralität so gut als möglich vermieden werden.

Substituieren bedeutet das Wechseln des Energieträgers, um die Treibhausgas-Bilanz des Unternehmens zu verbessern. Die beste Lösung hierfür liegt in der Eigenerzeugung elektrischer Energie mittels Photovoltaik oder auch Windkraft. Potentiale zur Stromeigenerzeugung sollten von Unternehmen maximal genutzt werden.

In Deutschland steht ein stetig wachsender Markt an Beratung, Technologie und Dienstleistung zur Verfügung, um in die Erzeugung erneuerbarer Energien einzusteigen oder diese auszubauen. Die Unabhängigkeit von steigenden Energiepreisen oder auch die Ausfallsicherheit von Maschinen und Anlagen stellen einen bedeutenden Zusatznutzen für das Unternehmen bereit.

Eine weitere Möglichkeit zur Substitution besteht im Umstieg auf emissionsarme Energieträger bei der Beschaffung. Der Einkauf von Ökostrom (statt herkömmlichem Strom-Mix) oder der Wechsel auf Biogas oder Biomasse (Holz, Pellets, Hackschnitzel) helfen mit, die Treibhausgasbilanz des Unternehmens deutlich zu verbessern.

Prinzip 3: Kompensieren

Die Klimakompensation soll jene Treibhausgas-Emissionen ausgleichen, die sich weder hinreichend reduzieren noch substituieren lassen. Diese unvermeidbaren Emissionen können durch die Investition in Klimaschutzprojekte von Unternehmen kompensiert werden. Ein Unternehmen investiert in diesem Fall in Zertifikate, die einem Gegenwert an THG-Emissionen entsprechen (in der Regel entspricht ein Zertifikat der Menge von einer Tonne CO₂).

Weltweit hat sich ein großer Markt an Klimaschutzprojekten und Klimakompensations-Zertifikaten entwickelt. Unternehmen investieren in Zertifikate bzw. Klimaschutzprojekte über Händler, sogenannte Kompensationsdienstleister. Unabhängig von der Kompensationsmenge können Unternehmen darüber entscheiden, welche Klimaschutzprojekte aus ihrer Sicht besonders sinnvoll und investitionswert sind. Unternehmen können sich bei der Kompensation zum Beispiel fragen, an welchen Orten Sie in Klimaschutzprojekte investieren wollen. Dabei muss nicht notwendigerweise in Klimaschutzprojekte in einem anderen Teil der Welt investiert werden. Auch regionale Zertifikate und Klimaschutzprojekte sind am Markt verfügbar.

Für Kompensationsprojekte haben sich allgemein eine Reihe von Standards etabliert, die den Nutzen und Qualität der Projekte gewährleisten. Sie sorgen dafür, dass die Projekte tatsächlich klimaschützend wirken und eine Zertifizierung erhalten, an der sich investierende Unternehmen orientieren können. Zu nennen wären hier beispielsweise der Verified Carbon Standard (VCS), Plan Vivo, Climate Community & Bio-Diversity Standard (CCBS), Social Carbon oder der vielleicht bekannteste Zertifizierungsstandard Gold Standard.

So sinnvoll Klimaschutzkompensation zweifellos auch ist, sind zwei Aspekte aus Unternehmenssicht unbedingt zu berücksichtigen. Zum einen bedeutet Kompensation in jedem Fall laufende Kosten. Dagegen bieten Investitionen zur Steigerung in Energieeffizienz die Möglichkeit zur Kostenverringerung und sind in jedem Fall zu bevorzugen. Zumal jede eingesparte Emission insgesamt besser für die Umwelt ist. Zum anderen ist damit zu rechnen, dass durch die zunehmende Nachfrage nach Kompensationszertifikaten deren Kostenerhöhung verursacht wird. Unternehmen sind deshalb am besten beraten, alle Möglichkeiten des Reduzierens und Substituierens auszuschöpfen.

Wichtig: Das Kompensieren sollte erst am Ende in den Blick genommen werden und die wichtigste Leitregel darstellen. Reduzieren und Substituieren sollten jedenfalls die höchste Priorität für Unternehmen haben. Dies bereits aus Eigennutz und betriebswirtschaftlicher Betrachtung.

5 Die Bilanzierung der Treibhausgas-Emissionen im Unternehmen

Eine Bilanzierung der Treibhausgas-Emissionen eines Unternehmens sind notwendig, um einen Ein- und Überblick über die tatsächlichen Umweltbelastungen zu bekommen. Damit können die größten „Emissions-Brocken“ identifiziert werden, Einsparziele in Angriff genommen werden und zuletzt auch darüber entschieden werden, welche Mengen mittels Zertifikate kompensiert werden.

Vielleicht sind Sie und Ihr Unternehmen noch nicht bereit, an eine konkrete Bilanzierung zu denken, oder in Angriff zu nehmen. Ohnehin ist dafür eine externe Unterstützung notwendig. Dennoch macht es Sinn, sich mit der Bilanzierung von Treibhausgasen auseinander zu setzen. Ein wenig Grundwissen ist für jedes Unternehmen hilfreich, um darüber nachzudenken, auf welche Bereiche man achten sollte und welche Chancen der Einsparungen bereitstehen.

Grundsätzlich gib es unterschiedliche Möglichkeiten die Treibhausgas-Emissionen eines Unternehmens zu bilanzieren. Im deutschen Raum werden vor allem die Norm DIN ISO 14064-1 und der Corporate Standard des für die Bilanzierung der Emissionen eines Unternehmens genutzt. Das GHG-Protocol ist gewiss der bekannteste Standard und wird daher im Folgenden näher erläutert.

6 Der CO₂-Fußabdruck eines Unternehmens: Die Bilanzierung nach dem GHG-Protocol

Das Greenhouse Gas Protocols (GHG Protocol) betrachtet den CO₂-Fußabdruck eines Unternehmens als das wichtigste Maß zur Bilanzierung von Klimaneutralität, weil CO₂ den Löwenanteil aller Emissionen ausmachen. Gemäß dem GHG-Protocol wird der CO₂-Fußabdruck („Carbon Footprint“) eines Unternehmens jährlich berechnet und beinhaltet alle indirekten und direkten Treibhausgas-Emissionen eines Unternehmens.

Das GHG-Protocol unterteilt die Emissionen eines Unternehmens in 3 Bereiche, die sogenannten Scopes (vgl. Abb. 4 und 5). Diese Scopes sollen bei der Bilanzierung erfasst werden und in der Folge klimaneutral gestellt werden.

Scope 1 betrifft die direkten Emissionen eines Unternehmens (z.B. das CO₂, das von der Fahrzeugflotte eines Unternehmens ausgestoßen wird, oder das am Schornstein in die Luft geblasen wird).

Scope 2 betrifft die indirekten Emissionen, die durch den Bezug von Strom, Wärme, Kühlung oder Dampf anfallen (z.B. die Stromversorgung des Firmengebäudes, die bereits bei ihrer Erzeugung Emissionen verursacht).

Scope 3 betrifft schließlich indirekte Emissionen, die nicht im direkten Einflussbereich des Unternehmens stehen, wie z.B. beschaffte Güter, Produktionsmittel und Dienstleistungen, das Pendeln der Mitarbeiter*Innen zur Arbeitsstätte, Dienstreisen die Abfallentsorgung oder die Nutzung hergestellter Produkte.

Abbildung 4: Die 3 Bereiche („Scopes“) des Greenhouse Gas Protocols (GHG Protocol) [4]

Gemäß des GHG-Protocols sind Scope 1 und Scope 2 unbedingt und obligatorisch zu erfassen. Die Emissionen von Scope 3 sind hingegen optional miteinzubeziehen. Langfristig müssen sich Unternehmen dennoch mit Scope 3 auseinandersetzen.

Es kann zumal für viele KMU wahrscheinlich sein, dass gerade in diesem Bereich die meisten Treibhausgase anfallen. Beispielsweise können in einem Unternehmen, in dem Produkte oder Dienstleistungen hauptsächlich händisch erbracht werden, die Emissionen von bezogener Energie deutlich weniger sein, als jene, die aufgrund der Anfahrt der MitarbeiterInnen anfallen.

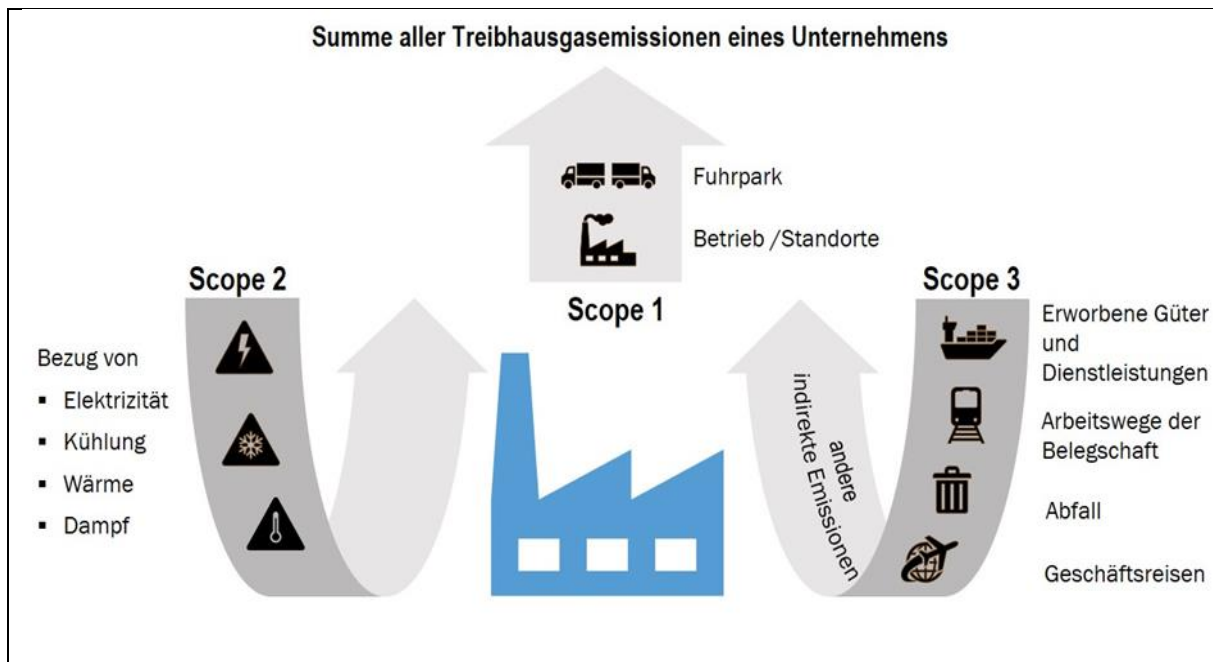


Abbildung 5: Die 3 Bereiche („Scopes“) des Greenhouse Gas Protocols (GHG Protocol) [4]

Auf das Unternehmen mit der Brille des Scopes des GHG-Protocols zu blicken ist aus mehreren Gründen nützlich:

- Ein Unternehmen kann sich konkrete (Zwischen-)Ziele gemäß den Scopes setzen und für sich eine Strategie in Richtung vollständiger Klimaneutralität entwickeln. So kann sich ein Unternehmen zunächst auf Scope 2 konzentrieren, um danach Scope 1 in Angriff zu nehmen.
- Die Betrachtung entlang der Scopes gibt einen Überblick wie umfänglich ein Unternehmen im Hinblick auf eine vollständige Klimaneutralität betrachtet werden muss.
- Anhand Scope 3 wird deutlich, wie abhängig die Treibhausgas-Bilanz von den Lieferketten eines Unternehmens ist. Veränderungen der Beschaffungsprozesse für Produktions- oder Dienstleistungsmittel werden damit wahrscheinlich erforderlich.
- Ebenfalls deutlich anhand Scope 3 wird die Verzahnung von Unternehmen innerhalb des Wirtschaftsgefüges. Jedes Industrieunternehmen oder jeder Handwerk- und Gewerbebetrieb ist im weitesten Sinne Teil einer Lieferkette – sei es als Lieferant eines anderen Unternehmens oder Endkunden. Kurzum: Ein Entziehen aus diesem Gesamtgefüge ist gar nicht möglich.

7 Die Erhebung der Emissionsmengen des Unternehmens

Bevor im Unternehmen die Emissionsmengen erhoben werden, muss gerade zu Beginn geklärt werden, was konkret erhoben werden soll. Im Fachjargon wird über die sogenannten Systemgrenzen der Erhebung und Bilanzierung gesprochen. Das bedeutet, dass festgelegt

werden muss, welche Daten für welche Bereiche erfasst werden. Die oben angeführten Scopes geben dafür eine gute Orientierung. Wenn ein Unternehmen über mehrere Standorte verfügt, kann auch festgelegt werden, zunächst nur einen Betrieb ins Auge zu fassen.

Ist nun geklärt welche Bereiche erfasst werden sollen, geht es an die tatsächliche Erfassung. Die Erfassung ist je nach Scope unterschiedlich aufwändig. Beispielsweise lassen sich die Emissionsmengen für den bezogenen Strom relativ einfach ermitteln – Die Stromrechnung liefert bereits eine hinreichende Datengrundlage. Schwieriger sieht dagegen zum Beispiel bei der Abfallentsorgung oder dem Pendeln der MitarbeiterInnen aus.

Grundsätzlich werden zuerst sogenannte Aktivitäten von Emissionsquellen erfasst. Beispielhaft fragen Sie bei der Erfassung danach:

- *Wie viel Strom (welchen Ursprungs der Erzeugung) wurden im Jahr verbraucht?*
- *Wie viele Tonnen Restmüll wurden im Jahr entsorgt?*
- *Wie viele Kilometer fallen im Jahr von den MitarbeiterInnen beim Pendeln an?*

Diese Aktivitätsdaten werden dann mittels Emissionsfaktoren in Treibhausgas-Emissionsmengen umgewandelt. Die Emissionsfaktoren werden wissenschaftlich anerkannten Datenbanken entnommen [5-7].

Beispiel:

Sie wollen jene Emissionen ermitteln, die durch das tägliche Pendeln an die Arbeitsstätte von 10 MitarbeiterInnen jährlich anfallen.

Der Emissionsfaktor für die Eisenbahn (Nahverkehr) beträgt 85g CO₂/Pkm (Personen-Kilometer)

Im Jahr werden von den MitarbeiterInnen insgesamt rund 40000km gefahren.

Daraus ergibt sich die Berechnung: 40000Pkm x 85g/PKM = 3,4 T CO₂ Emissionen

Auch andere Treibhaus-Gase können übrigens mittels Emissionsfaktoren in CO₂-Mengen (sogenannte CO₂-Äquivalente) umgewandelt werden. Aus der Summe aller erfassten Aktivitäten ergibt sich nach der Umwandlung schließlich die CO₂-Bilanz eines Unternehmens.

Die Genauigkeit der Bilanz ist natürlich abhängig von der Datenqualität der erfassten Aktivitäten. Zugleich ist klar, dass für manche Aktivitäten Schätzungen notwendig sein werden, denn nicht alles kann in der Praxis wünschenswert penibel erfasst werden.

Praxistipp

Das Institut für Industrial Ecology (INEC) der Hochschule Pforzheim hat in Kooperation mit dem Thinktank für industrielle Ressourcenstrategien in Karlsruhe ein Tool konzipiert, mit dem die treibhausgas-Emissionen von Unternehmen einfach ermittelt werden können. Der sogenannte "scope3analyzer" ist ein öffentliches und kostenfreies Werkzeug, das branchenübergreifend eingesetzt werden kann und Unternehmen so die Möglichkeit gibt, erste Erfahrungen der Treibhausgas-Bilanzierung zu sammeln.

Link zum Emissionsrechner: <https://scope3analyzer.pulse.cloud>

8 Fördermöglichkeiten für KMU zur Bilanzierung des CO₂-Fußabdrucks

Die Erfassung und Bilanzierung der Treibhausgase ist ein kompliziertes Unterfangen für jedes Unternehmen. Für KMU trifft das gewiss noch mehr zu. Der Aufwand ist groß und KMU sind dafür auf professionelle Unterstützung angewiesen.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) hat eine Fördermöglichkeit geschaffen, die eine Bezuschussung für die Treibhausgas-Bilanzierung von Unternehmen vorsieht. Die konkrete Förderung wird vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) organisiert und abgewickelt.

Über das „Modul 5: Transformationskonzepte“ werden die Kosten für die Erstellung und Zertifizierung einer CO₂-Bilanz, Beratungskosten und die Kosten für erforderliche Messungen, Datenerhebungen und Datenbeschaffungen finanziell gefördert.

Link zu Modul 5:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul5_Transformationskonzepte/modul5_transformationskonzepte_node.html

9 Vorgangsweise in Richtung Klimaneutralität

Der Weg zur Klimaneutralität ist für jedes Unternehmen unterschiedlich aufwändig. Jedenfalls ist der Weg für jedes Unternehmen langwährend und zyklisch. Das bedeutet, dass sich ein Unternehmen erste Ziele setzt, Maßnahmen umsetzt und sich daraufhin weitere Ziele setzt. Gerade für KMU erscheint es unmöglich im ersten Anlauf vollständige Klimaneutralität zu erreichen. Zwar kann mittels Kompensationsinvestitionen eine hinreichende Bilanz erreicht werden, betriebswirtschaftlich ist das für kluge Unternehmen aber keine gewinnbringende Vorgangsweise. Unabhängig von der jeweiligen Ausgangslage eines Unternehmens empfiehlt sich eine Vorgangsweise in 4 sich wiederholenden Schritten (vgl. Abb. 6).

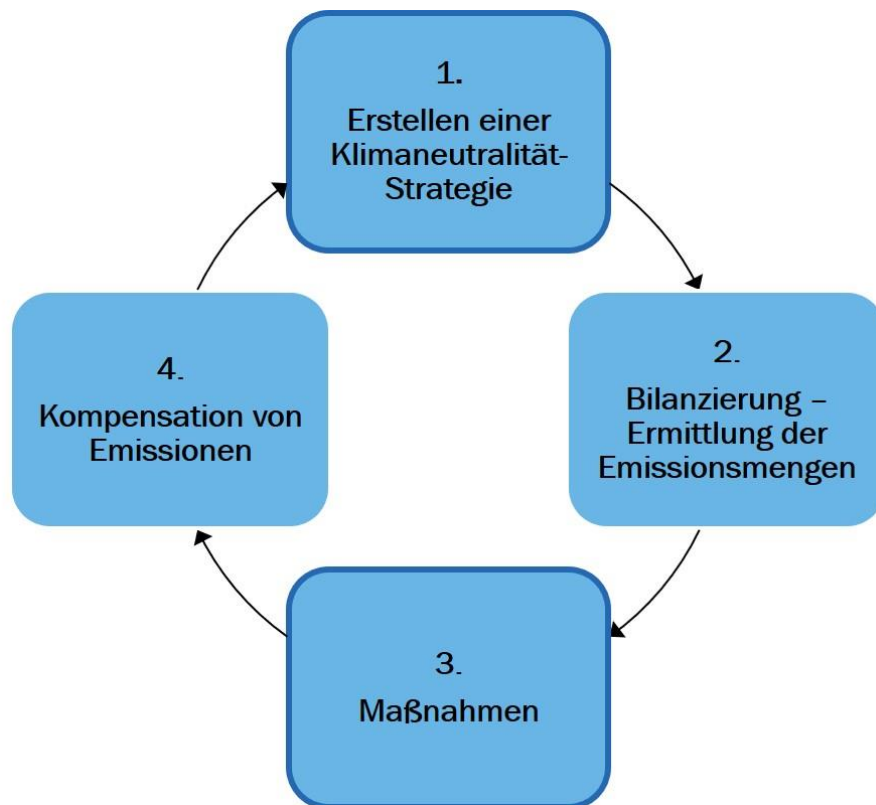


Abbildung 6: Vorgangsweise in Richtung Klimaneutralität – Die wichtigsten Schritte

Schritt 1: Erstellen einer Klimaneutralitäts-Strategie

Ein Unternehmen muss für sich überlegen und festlegen, welche Bereiche, Produkte, Dienstleistungen und Prozesse klimaneutral gestellt werden sollen. Eine Orientierung an den „Scopes“ (siehe oben) ist dafür besonders empfehlenswert. Erst wenn die Bereiche festgelegt sind, kann sich das Unternehmen konkrete Ziele setzen und eine Strategie ableiten, die auch die Kosten von Maßnahmen beinhaltet. Wichtig ist außerdem, dass die Ziele und Strategie des Unternehmens an alle Mitarbeiter*Innen vermittelt wird – So kann ein Verständnis für notwendige Maßnahmen und Veränderungen im Betrieb hergestellt werden.

Leitfragen:

- Welche Bereiche sind besonders energieintensiv bzw. treibhausgasintensiv?
- Was lässt sich vom Unternehmen einfach beeinflussen und was schwer?
- Welche Ziele sind machbar und realistisch und mit welchen Kosten und Aufwänden ist zu rechnen?

Schritt 2. Bilanzierung – Ermittlung der Emissionsmengen

Idealerweise markiert die Bilanzierung der Emissionsmengen den Startpunkt auf dem Weg zur Klimaneutralität. Da KMU dafür jedoch jedenfalls professionelle Unterstützung benötigen und

das Thema Klimaneutralität dann wahrscheinlich aufgeschoben wird, steht dieser Schritt bewusst an zweiter Stelle. Die Bilanzierung der Emissionsmengen muss nicht notwendigerweise im ersten Durchlauf geschehen. Wichtig ist aber zu jedem Zeitpunkt, dass sich Unternehmen eine robuste Datenbasis schaffen, um ihren Treibhausgas-Ausstoß überblicken zu können.

Die Festlegung der sogenannten Systemgrenzen (Bereiche, Prozesse, „Scopes“) bildet den Startpunkt der Bilanzierung. Innerhalb dieser Systemgrenzen müssen alle Emissionsquellen (=Aktivitäten) erfasst werden und mittels Emissionsfaktoren berechnet werden.

Leitfragen:

- *Welche Treibhausgase (CO₂ und weitere) fallen bei welchen Aktivitäten im Unternehmen an?*
- *Wie lassen sich diese Aktivitäten praktisch erfassen?*
- *Wie soll die Treibhausgas-Bilanzierung im Unternehmen organisiert werden und welche externe Unterstützung kann in Anspruch genommen werden?*

Schritt 3: Maßnahmen

Das Umsetzen von Maßnahmen ist der wichtigste Schritt auf dem Weg zur Klimaneutralität überhaupt. Zu den Maßnahmen gehört erstens Steigerung der Energieeffizienz durch unterschiedlichste Mittel – von Arbeitsregeln bis zum Einbau energieeffizienter Technologie im Betrieb. Zweitens gehören dazu alle Möglichkeiten der sogenannten Energiesuffizienz – damit sind alle Möglichkeiten gemeint, auf Energieeinsatz zu verzichten oder auf ein verträgliches Maß zu reduzieren. Drittens gehören dazu alle Möglichkeiten, fossile Brennstoffe (Erdgas, Öl) durch alternative Energieträger oder – im besten Fall – durch die Eigenerzeugung erneuerbarer Energien zu ersetzen.

Leitfragen:

- *In welchen Bereichen können im Betrieb Energieanwendungen reduziert werden und wieviel Verzicht ist zumutbar?*
- *Wie lassen sich im Betrieb bestimmte Tätigkeiten und Prozesse so organisieren, dass mit möglichst wenig Energieeinsatz ein optimales Ergebnis erzielt wird?*
- *Welche Möglichkeiten zur Erzeugung erneuerbarer Energien lassen sich im Unternehmen umsetzen?*
- *Welche fossilen Energieträger lassen sich durch weniger klimaschädliche ersetzen?*

Schritt 4: Kompensation von Emissionen

Die Kompensation macht nur dann wirklich Sinn, nachdem ein Unternehmen eine vollständige Bilanzierung der Emissionsmengen vorgenommen hat. Erst dann kann sich ein Unternehmen entsprechende Kompensationsziele setzen und in Kompensationsprojekte investieren.

Leitfragen:

- *Welche Emissionen lassen sich nicht durch andere Maßnahmen vermeiden und müssen kompensiert werden?*
- *In welche Investitionsprojekte soll investiert werden und welchen Qualitätskriterien sollen diese entsprechen?*

Quellen

[1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Klimaschutzplan 2050. <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050/> (Zugriff: 03.03.2021).

[2] Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut, 2020: Klimaneutrales Deutschland. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2020/2020_10_KNDE/A-EW_195_KNDE_WEB.pdf (Zugriff am 25.04.2022).

[3] First Climate Germany, Handbuch für Klimaneutralität, 2008: <https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-25433.pdf>

[4] Buettner, S.M., 2022: Roadmap to Neutrality — What Foundational Questions Need Answering to Determine One's Ideal Decarbonisation Strategy. *Energies* 2022, 15, 3126. <https://doi.org/10.3390/en15093126>.

[5] First Climate: Handbuch für Klimaneutralität: <https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-25433.pdf>

[6] Umweltbundesamt: CO₂-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/co2-emissionsfaktoren_fur_fossile_brennstoffe_korrektur.pdf

[7] Umweltbundesamt: Emissionsdaten Verkehr. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#hbefa>

Checkliste

Baustein 1:
Energieeffizienz &
Klimaneutralität

Schwerpunkt:
Klimaneutralität

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Checkliste: Klimaneutralität

Maßnahme	Durchgeführt?	Anmerkungen
1. Erstellen einer Klimaneutralitäts-Strategie		
Festlegung der Ziele Es wurde festgelegt, welche Bereiche (Prozesse, Standorte, „Scopes“) das Unternehmen klimaneutral stellen will.	☐	
Erstellung der Strategie Maßnahmen zur Erreichung der Ziele wurden geplant und die Kosten und Aufwände berücksichtigt.	☐	
Kommunikation der Ziele und Strategie Die Klimaneutralitäts-Strategie wurde einschließlich der geplanten Ziele und Maßnahmen an alle Mitarbeiter*Innen kommuniziert.	☐	
2. Bilanzierung – Ermittlung der Emissionsmengen		
Festlegung der Systemgrenzen Es wurde festgelegt, welche Bereiche (Prozesse, Standorte, „Scopes“, Aktivitäten) klimaneutral gestellt werden sollen.	☐	
Datenerfassung Die Emissionsquellen der jeweiligen Bereiche wurden erfasst.	☐	
Externe Unterstützung und Förderung Die Möglichkeiten externer Unterstützung und Förderung zur Emissionsbilanzierung wurden geprüft.	☐	
3. Maßnahmen		
Steigerung der Energieeffizienz Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in den festgelegten Bereichen wurden überprüft, geplant und umgesetzt.	☐	

Energiesuffizienz (Vermeiden & Verzicht) Es wurde geprüft, in welchen Bereichen im Betrieb Energieanwendungen reduziert werden können.	☐	
Maßnahmen zur Energievermeidung (z.B. Mitarbeitersensibilisierung, Arbeitsregeln oder -anweisungen) wurden umgesetzt.	☐	
Substitution fossiler Energieträger Alle Möglichkeiten zur Erzeugung erneuerbarer Energien im Unternehmen wurden geprüft und umgesetzt.	☐	
Es würde geprüft, welche fossilen Energieträger sich durch weniger klimaschädliche ersetzen lassen – Anlagen wurden entsprechend umgerüstet oder die Beschaffung angepasst.	☐	
4. Kompensation von Emissionen		
Prüfung der Kompensationsnotwendigkeit Es wurde geprüft, welche Emissionen sich nicht mit den Möglichkeiten der Reduktion (Energieeinsparung) oder Substitution (Wechsel der Energieträger) vermeiden lassen.	☐	
Festlegung der Kompensationsmenge Anhand der Emissionsbilanz und der Prüfung der Notwendigkeit wurden die Kompensationsmenge festgelegt.	☐	
Entscheidung über Kompensationsprojekt Es wurde festgelegt, in welches Kompensationsprojekt in welcher Qualität (Zertifikatstandard) investiert werden soll und die Investition entsprechend umgesetzt.	☐	
Investition in Kompensationsprojekte Die Investition in die festgelegten Kompensationsprojekte wurde umgesetzt.	☐	

EM-Baustein 2: Organisieren, Entscheiden, Verhalten

Schwerpunkt 1: Organisieren

Schwerpunkt 2: Entscheiden

Schwerpunkt 3: Mitarbeiter-Sensibilisierung

Informationen zu

Baustein 2:
Organisieren,
Entscheiden,
Verhalten

Schwerpunkt:
Organisieren

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Einleitung

Ein Unternehmen energieeffizient zu gestalten, bedeutet in der Regel einen dauerhaften Veränderungsprozess in Gang zu setzen. Erste Maßnahmen werden geplant und umgesetzt. Auf die ersten Maßnahmen folgen weitere und die Energieeffizienz verbessert sich Schritt für Schritt. Das erfordert nicht nur einen langen Atem voraus, sondern auch sich im Unternehmen entsprechend zu organisieren.

In vielen kleinen und mittleren Unternehmen wird dieses Thema leider vernachlässigt oder geringgeschätzt. Es herrscht in KMU mitunter die Haltung vor, organisatorische Maßnahmen wären wichtiger für große Unternehmen. Der Nutzen von organisatorischen Maßnahmen wird häufig nicht erkannt, denn die Steigerung der Energieeffizienz sei ohnehin alleine Aufgabe der EigentümerInnen oder Unternehmensführung.

Gerade deshalb sollte die Unternehmensführung von KMU der Organisation von Energieeffizienz im Betrieb erhöhte Aufmerksamkeit widmen. Aufmerksamkeit ist zugleich das Stichwort – Im täglichen Unternehmensalltag ist die Aufmerksamkeit begrenzt und es gibt viele andere Dinge neben Energie, um die es sich zu kümmern gilt. Es macht demnach Sinn die Aufmerksamkeit für Energieeffizienz im Unternehmen zu verteilen, getreu dem Motto: Vier Augen sehen mehr als zwei. Energieeffizienz-Maßnahmen erfordern eine hohe Bandbreite an Kompetenzen und auch Talenten. Maßnahmen von der Mitarbeitersensibilisierung bis zu technischen Investitionen, deren Planung und Umsetzungen können und sollten nicht an eine einzelne Person im Unternehmen gebunden sein.

Die folgenden Ausführungen sollen zum Ersten einen Überblick bieten, warum es Sinn macht, das Unternehmen in Richtung Energieeffizienz zu organisieren. Zweitens soll eine Orientierung geboten werden, welche Schritte dafür unbedingt notwendig sind.

1 Warum muss man Energieeffizienz organisieren?

Wie einleitend dargestellt, werden organisatorische Maßnahmen für Energieeffizienz in KMU häufig vernachlässigt. Dabei zeigen sich solche Maßnahmen besonders hilfreich, um die komplexen Herausforderungen zur Steigerung von Energieeffizienz durch die Verteilung von Verantwortung und Aufmerksamkeit im Unternehmenskontext zu handhaben. Warum Energieeffizienz im Unternehmen organisiert werden sollte, lässt sich anhand von drei Prinzipien begründen.

1. Energieeffizienz als Führungsaufgabe

Die Steigerung von Energieeffizienz stellt eine anspruchsvolle Führungsaufgabe im Unternehmen dar. Zum Verständnis reicht bereits ein kurzer Blick auf die Praxis: Einsparungsmöglichkeiten werden identifiziert, mögliche Maßnahmen werden abgeklärt, über Investitionen wird entschieden, Maßnahmen werden geplant und umgesetzt, Personal wird im Unternehmen abgestellt und einbezogen, externe Unterstützung (Handwerk, Dienstleistung oder Beratung) wird beauftragt, die Maßnahmen werden nach der Umsetzung auf ihre Wirksamkeit geprüft.

Anhand des groben Beispiels, das sich noch detaillierter fortsetzen ließe, lassen sich zwei Lehren ableiten. Erstens erfordert die erfolgreiche Steigerung von Energieeffizienz das Interesse und die Verpflichtung der Unternehmensleitung. Das beinhaltet auch die Notwendigkeit, konkrete Ziele festzulegen und eine Strategie zur Umsetzung zu entwickeln. Zweitens kann ein Erfolg nur dann gelingen, wenn Energieeffizienz nicht alleine als Aufgabe der Unternehmensführung, sondern als Teamaufgabe organisiert wird.

2. Einbeziehen der MitarbeiterInnen und Bilden eines Energie-Teams

Die Steigerung von Energieeffizienz sollte eine Teamaufgabe sein. In vielen KMU beschäftigen sich häufig nach wie vor alleine die EigentümerInnen oder die Geschäftsleitung mit dem Thema. Das kann nicht nur zu einer Überlastung führen, sondern auch Energiespar-Erfolge verhindern.

Energieeffizienz-Maßnahmen erfordern zudem eine hohe Bandbreite an Kompetenzen und Talenten innerhalb der Belegschaft. Maßnahmen können reichen von der Mitarbeitersensibilisierung bis zu technischen Investitionen. Sämtliche Planungen und Umsetzungen können und sollten daher nicht an eine einzelne Person im Unternehmen gebunden sein.

Aus einem zweiten Grund ist es sinnvoll, MitarbeiterInnen einzubeziehen. Aufmerksamkeit ist allgemein ein rares Gut. Je mehr Aufmerksamkeit das Thema Energiesparen im Unternehmen bekommt, desto eher können auch Energieeffizienz-Potentiale erkannt und Maßnahmen in Angriff genommen werden.

Auch mit Blick auf die Unternehmenskultur ist es zweckmäßig, die Belegschaft einzubeziehen. Wenn Energieeffizienz zum selbstverständlichen Alltag im Unternehmen werden soll, muss das Thema auch Teil der Verantwortung der MitarbeiterInnen werden – Im Sinne einer „Energiespar-Kultur“ im Unternehmen.

Es macht für jedes KMU Sinn, die MitarbeiterInnen einzubeziehen. Dies auch, wenn es sich um ein Kleinstunternehmen handelt – Bereits zwei Personen können ein leistungsstarkes Team bilden.

In der Praxis ist es empfehlenswert, Schlüsselpersonen im Unternehmen zu benennen, die sich dem Thema Energieeffizienz im Unternehmensalltag widmen. Im besten Fall sind diese Personen mit konkreten Aufgaben und Befugnissen betraut. Diese können von der Mitarbeiter-Sensibilisierung, der Energiedaten-Analyse bis zum Umsetzen von technischen Maßnahmen reichen.

Grundsätzlich ist es ratsam, ein Team für Energieeffizienz zu bilden. Dabei ist es unerheblich wie formal und wie regelmäßig dieses Team zusammentritt. Ungleich wichtiger ist hingegen, dass das „Energieeffizienz-Team“ tatsächlich gelebt wird. Anders ausgedrückt: Das größte Team auf dem Papier bringt nichts, wenn nicht auch tatsächliche Handlungen daraus erfolgen.

Der Teamgedanke kann auch jenseits des Betriebs ausgedehnt werden, denn eines ist wohl für jedes KMU gewiss: Ohne der Unterstützung von außen (Servicedienstleistung, Beratung, Handwerk) sind die meisten Energieeffizienz-Maßnahmen nicht umsetzbar. Es macht Sinn, die externe Unterstützung als Erweiterung oder Teil des Energie-Teams zu betrachten.

3. Einbeziehen externer Unterstützung

Die Energieeffizienz-Potentiale im Unternehmen auszuschöpfen und Maßnahmen umzusetzen, ist ein komplexes Unterfangen für Unternehmen. Es ist ein Unterfangen, dass gerade für KMU kaum ohne Unterstützung von außen zu bewältigen ist. Insbesondere bei der Planung und Umsetzung von komplexen technischen Maßnahmen sind qualifizierte Partner (Dienstleistung und Handwerk) vonnöten. Dieses Abhängigkeitsverhältnis kann sich jedoch problematisch erweisen, wenn der hinzugezogene Partner keine hinreichenden Kompetenzen oder Erfahrungen hat.

An einem Beispiel verdeutlicht: Wenn ein Unternehmen einen neuen Druckluft-Kompressor beschaffen und installieren möchte, sollte der Umsetzungsberater idealerweise die Energieeffizienz des Unternehmens berücksichtigen. Das bedeutet, das Unternehmen über die energetischen Vor- und Nachteile dieses oder jenen Kompressor-Typs für die konkrete Anwendung aufklären. Im besten Fall betrachtet der Umsetzungspartner das Gesamtsystem Druckluft im gemeinsamen Planungs- und Umsetzungsprozess. Kurzum: Ein kompetenter und geschulter Partner verhilft zu mehr Energieeffizienz, ein weniger kompetenter Partner hält sie zurück.

Ein empfehlenswertes Mittel kompetenter Unterstützung ist die Inanspruchnahme von Energieberatung. In Deutschland existiert ein wachsendes Angebot an professioneller

Energieberatung. Ein Angebot das auf eine steigende Nachfrage seitens KMU trifft. Professionelle Beratung kann ungemein hilfreich sein – angefangen beim Identifizieren von Energieeffizienz-Potentialen über die Unterstützung bei der Energiedaten-Erfassung und -Auswertung bis zur Planung und Auswahl der geeigneten Maßnahmen.

2 Die wichtigsten Schritte zur Organisation von Energieeffizienz im Unternehmen

Beim Organisieren von Energieeffizienz im Unternehmen ist es ratsam, sich nach den folgenden drei Leitpunkten zu richten.

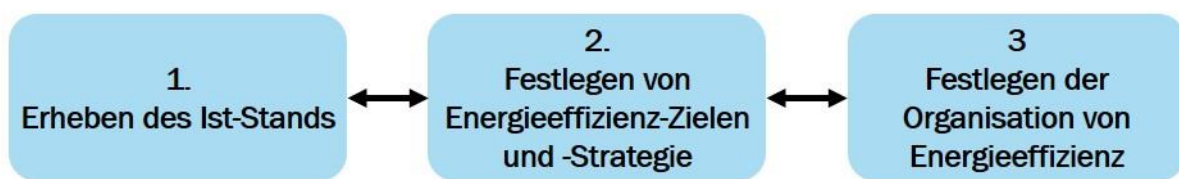


Abbildung 1: Schritte zur Organisation von Energieeffizienz im Unternehmen

1. Erheben des Ist-Stands

Das Umsetzen von Energieeffizienz-Maßnahmen und das Erzielen von Einsparungserfolgen ist das oberste Ziel aller Anstrengungen im Betrieb. Erste Voraussetzung dafür ist zunächst das Erheben des Ist-Stands im Unternehmen. Vereinfacht gesagt müssen als Erstes die Fragen geklärt werden: Wie sieht es genau aus im Unternehmen und was ist möglich?

Es kann erst ein realistischer und sinnvoller Plan für Einsparungen entwickelt werden, wenn der Energiebedarf im Betrieb einigermaßen bekannt ist, wenn die Energieströme einigermaßen transparent gemacht wurden und wenn deutlich geworden ist, wo Energie unnötig verschwendet wird und wo Einsparungen möglich und notwendig sind. Idealerweise erfolgt im Unternehmen eine entsprechende Energiedaten-Erfassung und -auswertung.

Wenn in der Vergangenheit bereits einzelne Maßnahmen durchgeführt wurden, beinhaltet das Erheben des Ist-Stands auch die Prüfung der Wirksamkeit – Welche Maßnahmen waren erfolgreich und welche weniger?

Leitfragen:

- *Inwiefern ist der tatsächliche Energiebedarf im Unternehmen bekannt?*
- *Inwiefern ist bekannt, in welchen Bereichen unnötig Energie verschwendet wird?*
- *Wo kann oder sollte Energie eingespart werden?*
- *Welche bisherigen Maßnahmen waren erfolgreich und welche weniger?*

2. Festlegen von Energieeffizienz-Zielen und der Energieeffizienz-Strategie

Große Aufgaben können nur in vielen kleinen Schritten bewältigt werden. Das gilt im Besonderen für Energieeffizienz im Unternehmen. Das pauschale Ziel „Energiesparen“ gibt noch keine Orientierung welche Maßnahmen, wie wann und wo eine Umsetzung stattfinden soll.

Das Festlegen von Energieeffizienz-Zielen ist der erste Schritt zur Umsetzung von Maßnahmen. Dabei gilt: Je umfangreicher der Überblick über den Energiebedarf und die Energieströme im Unternehmen ist, desto einfacher lassen sich auch Ziele festlegen.

Beim Festlegen der Ziele sollten auch der zusätzliche Nutzen von Energieeffizienz-Maßnahmen und zusätzliche Unternehmensziele berücksichtigt werden. Hat sich ein Unternehmen beispielsweise das Erreichen von Klimaneutralität zum Ziel gesetzt, werden womöglich auch die Energieeffizienz-Ziele ehrgeiziger formuliert. In einem anderen Fall sind vielleicht das Raumklima und die Mitarbeiterzufriedenheit ein akutes Problem, das beispielsweise mit einer Maßnahme zur thermischen Sanierung gelöst werden kann. Das Unternehmen kann sich dies als Energieeffizienz-Ziel festlegen und entsprechend vorrangig behandeln.

Mit dem Festlegen von Zielen geht dementsprechend die Entwicklung einer Energieeffizienz-Strategie einher. Es liegt in der Natur der Sache, dass Energieeffizienz-Maßnahmen unterschiedliche Zeitspannen zur Umsetzung erfordern. Während die Beschaffung und Installation energieeffizienter Beleuchtung eher wenig Zeit und Aufwand erfordert, sind Umstellungen bei der Prozess-Technologie (z.B. eine Zerspanungsanlage im Maschinenbau-Unternehmen, ein Mahlwerk in einem Mineralstoffwerk oder ein Backofen im Bäckerei-Betrieb) ein deutlich länger währendes Unterfangen. Es muss daher überlegt und festgelegt werden, welche Maßnahmen zu welchen Zeitpunkten geplant und umgesetzt werden.

Leitfragen:

- *Welche Unternehmensziele stehen mit Energieeffizienz in Verbindung?*
- *In welchen Bereichen sollen konkrete Energieeinsparungen erzielt werden?*
- *Welcher zusätzlicher Nutzen soll mit den Maßnahmen erreicht werden?*
- *Welche Energieeffizienz-Strategie lässt sich sinnvoll und realistisch für das Unternehmen formulieren und kommunizieren?*
- *Welche Maßnahmen sollen wann geplant und umgesetzt werden?*
- *Welche Maßnahmen sollen vorrangig behandelt werden?*

3. Festlegen der Organisation von Energieeffizienz

Energieeffizienz als Teamaufgabe zu betrachten, um die Energiespar-Potentiale größtmöglich ausschöpfen zu können. Im Unternehmen müssen die Energieeinspar-Potentiale erkannt, taugliche Maßnahmen gefunden, geplant und umgesetzt werden. Im Falle technischer Investitionen muss über die Wirtschaftlichkeit befunden und entschieden werden. Womöglich kann für die betreffende Maßnahme ein Förderangebot genutzt werden. Angesichts dieses kleinen Ausschnitts notwendiger Aufgaben ist klar, dass eine einzelne Person nicht nur rasch überfordert ist, sondern auch jene Chancen ungenutzt bleiben, die sich aus der Einbeziehung zusätzlicher praktischer oder professioneller Expertise ergeben.

Leitfragen:

- *Aus welchem Personenkreis innerhalb des Unternehmens soll sich das Energieteam im Unternehmen zusammensetzen und welche Kompetenzen sind unbedingt erforderlich?*
- *Zu welchen Anlässen und in welcher Regelmäßigkeit soll sich das Energieteam zusammenfinden?*
- *Wer soll/muss in die Planung und Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen eingebunden werden?*
- *Inwiefern soll/muss externe Unterstützung (z.B. Energieberatung) in Anspruch genommen werden?*

Quellen

[1] Löbbe, S.; König, W.; Büttner, S.M.; Schneider, C.; 2019: Entscheidung für Energieeffizienz: Auswirkungen von Kultur, Verhalten und Technikdiffusion in produzierenden KMU in Baden-Württemberg. Hochschule Reutlingen. <https://doi.org/10.34645/opus-2093>.

Checkliste

Baustein 2:
Organisieren,
Entscheiden,
Verhalten

Schwerpunkt:
Organisieren

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Checkliste: Organisieren

Maßnahme	Durchgeführt?	Anmerkungen
1. Erheben des Ist-Stands		
Identifikation Energiebedarf Es wurde ermittelt, inwiefern ist der tatsächliche Energiebedarf im Unternehmen bekannt ist.	☐	
Identifikation Energieverschwendung Es ist bekannt, in welchen Bereichen im Unternehmen unnötig Energie verschwendet wird.	☐	
Möglichkeiten Energieeinsparungen Es wurde ermittelt, wo im Unternehmen Energie eingespart kann oder soll.	☐	
Wirksamkeit von Maßnahmen Es ist bekannt, welche bisherigen Energieeffizienz-Maßnahmen erfolgreich oder weniger erfolgreich waren.	☐	
2. Festlegen von Energieeffizienz-Zielen und der Energieeffizienz-Strategie		
Betrachtung Unternehmensziele Es wurde ermittelt, welche Unternehmensziele mit Energieeffizienz in Verbindung stehen.	☐	
Festlegung Energieeinsparungen Es wurde festgelegt, in welchen Bereichen konkrete Energieeinsparungen erzielt werden sollen.	☐	
Betrachtung zusätzlicher Nutzen Es wurde festgelegt, welcher zusätzlicher Nutzen mit den Maßnahmen erreicht werden soll.	☐	

Formulierung Energieeffizienz-Strategie Es wurde eine für das Unternehmen sinnvolle und realistische Energieeffizienz-Strategie für das Unternehmen formuliert.	☐	
Kommunikation Energieeffizienz-Ziele und -Strategie Die Energieeffizienz-Ziele und -Strategie des Unternehmens wurden im Unternehmen an alle MitarbeiterInnen kommuniziert.	☐	
Maßnahmen-Planung Es wurde festgelegt, welche konkreten Maßnahmen zu welchen Zeitpunkten geplant und umgesetzt werden sollen.	☐	
3. Festlegen der Organisation von Energieeffizienz		
Anforderungen Energieteam Es wurde festgelegt, aus welchem Personenkreis innerhalb des Unternehmens sich das Energieteam im Unternehmen zusammensetzen soll und welche Kompetenzen unbedingt erforderlich sind.	☐	
Bildung Energieteam Das Energieteam wurde gebildet und die Anlässe und Regelmäßigkeit der Zusammenkünfte festgelegt.	☐	
Organisation Maßnahmenplanung und -umsetzung Es wurde festgelegt, wer in die Planung und Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen eingebunden werden muss.	☐	
Prüfung Einbezug externer Unterstützung Es wurde festgelegt, inwiefern externe Unterstützung (z.B. Energieberatung, Servicedienstleistung) in Anspruch genommen werden soll.	☐	

Informationen zu

Baustein 2:
Organisieren,
Entscheiden,
Verhalten

Schwerpunkt:
Entscheiden

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Einleitung

Die Steigerung von Energieeffizienz erfordert in vielen Fällen die finanzielle Investition in technische Ausrüstung. Entscheidungen müssen in Unternehmen getroffen werden und es wird abgewogen, ob und in welchem Ausmaß investiert wird. Maßnahmen zur Energieeffizienzmaßnahmen sollen sich wirtschaftlich lohnen – Aus der Sicht von Unternehmen ist diese Aussage nicht nur typisch, sondern auch hochgradig verständlich.

Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen unterscheiden sich grundsätzlich nicht von anderen Investitionen. Der Einsatz energieeffizienter Technologie bedeutet häufig einen höheren Kapitaleinsatz als für Standardtechnologie. Geringere Energiekosten sollen diesen Mehraufwand innerhalb eines angemessenen Nutzungszeitraums auffangen. Unternehmen wägen dementsprechend ab, ob sich eine Investition in eine Maßnahme zur Steigerung der Energieeffizienz lohnt oder nicht.

Ob eine Maßnahme zu Gunsten oder gegen eine Investition in Energieeffizienz ausfällt, hängt nun von genau diesen Abwägungen ab. Wirtschaftlichkeit muss dabei nicht das alleinige Beurteilungsmaß sein. Energieeffizienz-Maßnahmen können eine Reihe von weiteren Vorteilen bieten, die über die reine Wirtschaftlichkeit hinausgehen. Dieser zusätzliche Nutzen wird jedoch häufig bei den Entscheidungen nicht mitberücksichtigt – Sinnvolle und nutzenbringende Maßnahmen werden dann nicht umgesetzt oder auf die lange Bank geschoben.

Auch wenn sich die Beurteilung hauptsächlich auf die Wirtschaftlichkeit bezieht, sind Fehlentscheidungen möglich. Abhängig von der jeweiligen Bewertungsmethode lohnen sich Maßnahmen mehr oder weniger. Nicht jede Bewertungsmethode von Investitionen eignet sich für die Beurteilung von Energieeffizienzmaßnahmen. Die Wahl einer unpassenden Bewertungsmethode kann daher eine wirtschaftlich sinnvolle Investition verhindern und langfristige Einsparungen verwehren.

Die folgenden Informationen sollen KMU eine Orientierung bieten, worauf bei der Entscheidung über Energieeffizienz—Maßnahmen zu achten ist und welche Überlegungen in die Entscheidungen einfließen sollten. Darüber hinaus wird geklärt, worauf bei der Bewertung von Energieeffizienz-Investitionen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit geachtet werden sollte.

1 Wie wird in der Praxis entschieden?

Ob eine Maßnahme sinnvoll und wirtschaftlich ist, hängt nicht notwendigerweise von der Maßnahme selbst ab, sondern wie darüber entschieden wird. In Unternehmen muss regelmäßig entschieden werden, ganz gleich ob über die Einstellung neuer MitarbeiterInnen oder technische Investitionen. Unternehmen, ihre MitarbeiterInnen und Führungskräfte

entwickeln – unbeabsichtigt oder beabsichtigt – Entscheidungsrouتين. Entscheidungsrouتين bieten die häufig unbewusste Richtschnur, wie entsprechende Situationen gehandhabt werden und wie entschieden werden soll.

In jedem einzelnen Unternehmen lassen sich deshalb ganz eigene Entscheidungsrouتين beobachten. Wenn es um Entscheidungen für oder gegen die Investition in Energieeffizienz-Maßnahmen in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) geht, lassen sich zwei unterschiedliche Ansätze festhalten.

Entscheidung nach Zahlen, Daten und Wirtschaftlichkeitsmaßen:

Dass sich Maßnahmen und Investitionen lohnen müssen, ist eine Binsenweisheit in jedem Unternehmen. Im Falle von Energieeffizienz bedeutet das, dass Maßnahmen Nutzen bringen müssen. Kosteneinsparungen haben dabei oberste Priorität.

So banal das klingen mag, so undeutlicher stellt sich die Sache häufig im Unternehmensalltag dar. Ob eine Maßnahme (wirtschaftlichen) Nutzen bringt, setzt eine hinreichende Datenlage voraus – Noch mehr, wenn die Frage lautet: Wie viel genau bringt eine Maßnahme bzw. Investition? Wer es also genau wissen möchte, ist auf eine robuste Energiedaten-Erfassung und -Auswertung angewiesen. Kurzum: Die Wirtschaftlichkeits-Bewertung ist voraussetzungsvoll und datenabhängig.

Unternehmen lassen sich des Weiteren nach ihren Entscheidungsrouتين bei der Wahl der Bewertungsmethoden der Wirtschaftlichkeit unterscheiden. Je nachdem welche Methode verwendet wird, kann eine Entscheidung für oder gegen eine Maßnahme bzw. Investition getroffen werden. Bewertet ein Unternehmen beispielsweise über die Amortisationszeit, lohnt sich eine Maßnahme womöglich nicht, während eine Berechnung des Internen Zinssatzes eine hohe Rentabilität in Aussicht stellt.

Gewiss sind Zahlen, Daten und Fakten über den Energiebedarf und Kenntnisse über die Energieeffizienz-Potentiale im Unternehmen Trumpf. Allerdings sind nicht alle KMU in so einer komfortablen Situation. Im Gegenteil müssen viele Unternehmen in der Praxis von einem undeutlicherem Überblick über die eigene Energie-Situation ausgehen.

Entscheidung nach dem Bauchgefühl:

Viele Entscheidungen über Energieeffizienz-Maßnahmen in KMU fallen als Bauchentscheidung. Das mag Empfehlungen von Experten über professionelle Bewertungsmaßstäbe widersprechen, bildet aber den betrieblichen Alltag in vielen KMU ab.

Bauchentscheidungen werden nicht aus dem Nichts getroffen, auch sie basieren auf Überlegungen und Abwägungen. Auch sie sind voraussetzungsfull. Der Glaube und das Vertrauen, dass eine Maßnahme nützlich ist, bildet einen wesentlichen Kompass für Entscheidungen. Bauchentscheidungen bedeuten auch nicht, dass nicht auf Zahlen geachtet wird – Die Zahlen sind nur weniger genau, wenn kein hinreichendes Energiedaten-Management stattfindet.

Ein starres Festhalten an Zahlen und Wirtschaftlichkeitsmaßen kann sich unter Umständen als Nachteil gegenüber Bauchentscheidungen erweisen. Gerade weil diese weniger starr sind und unter größerer Unsicherheit getroffen werden, werden womöglich mehr Aspekte in die Entscheidung einbezogen – Zum Beispiel der zusätzliche Nutzen von Maßnahmen und Investitionen.

2 Welche Überlegungen sollten in die Entscheidung einfließen?

Jede Entscheidung über eine investive Energieeffizienz-Maßnahme ist abhängig von der individuellen Situation eines Unternehmens, angefangen vom Kapitalzugang bis zu den technischen Möglichkeiten. Dennoch ist es ratsam, sich über einige Gesichtspunkte Gedanken zu machen und in die eigenen Entscheidungsrouinen im Unternehmen dahingehend zu prüfen.

Langfristigkeit von Investitionen und Maßnahmen

Für Unternehmen existiert ein breites Spektrum an technischen und technologischen Möglichkeiten, um die Energieeffizienz zu verbessern. Angefangen bei den sogenannten Querschnitt-Technologien (Beleuchtung, Druckluftanlagen, Lüftungstechnik, elektromechanische Motoren und Klima- und Kältetechnik) über bauliche Maßnahmen oder Heizungstechnik bis hin zu branchenspezifischen Prozess-Technologien. Gerade bei Investitionen in kostenintensive Prozess-Technologie (z.B. eine Zerspanungsanlage im Maschinenbau-Unternehmen, ein Mahlwerk in einem Mineralstoffwerk oder ein Backofen im Bäckerei-Betrieb) kann in der Regel von einer Einsatz- und Lebensdauer von 15 Jahren und länger ausgegangen werden. Auch ein neues Rolltor, ein neuer energieeffizienter Druckluft-Kompressor oder eine Klimaanlage werden in der Praxis eine Nutzungs- und Lebensdauer von 10 Jahren oder länger haben.

Die Anforderung einer Amortisationszeit von 2 oder 3 Jahren kann gerade für langfristige Investitionen viel zu kurz greifen, und langfristige Einsparungen verwehren. Es empfiehlt sich daher allgemein eine langfristige Betrachtung für die Investitionsentscheidungen in Energieeffizienz.

Zusätzlicher Nutzen von Maßnahmen

Wirtschaftlichkeit hat allgemein für jedes Unternehmen die höchste Bedeutung. Die Energiekosten zu reduzieren, stellt deshalb die wichtigste Motivation dar, um Energieeffizienz-Maßnahmen zu planen und durchzuführen. Energieeffizienz-Maßnahmen können aber noch weiteren Nutzen liefern, der häufig weniger offensichtlich ist und deshalb nicht berücksichtigt wird. Insbesondere Entscheidungen über Investitionen werden dann womöglich nicht getroffen oder auf die lange Bank geschoben – zum Nachteil des Unternehmens, da die Vorteile unbekannt sind.

Beispiele dafür sind:

- *Steigerung des Komforts und des Betriebsklimas*
- *Reduzierung von Wartung und Instandhaltung*
- *Ausfallsicherheit und Risikominimierung*
- *Steigerung der Transparenz der Betriebsabläufe*
- *Steigerung der Zukunftsfähigkeit*

Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekt – Klimaneutralität

Deutschlands Weg zur Klimaneutralität ist im Klimaschutzgesetz vorgezeichnet. Das festgelegte Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 betrifft jedes einzelne Unternehmen. Das Reduzieren des Energiebedarfs durch Energieeffizienz-Maßnahmen entlastet die Umwelt und spart Treibhausgas-Emissionen ein. Eingesparte Energie muss weder aufwändig substituiert noch kostenintensiv kompensiert werden. Es ist daher ratsam diesen doppelten Nutzen in die Entscheidungsabwägung miteinzubeziehen. Die Abwägung, ob sich eine Investition lohnt wird bei Einbezug des Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekts von der wirtschaftlichen Sicht auf eine emissionsorientierte Perspektive erweitert.

Optimale oder pragmatische Lösung für mehr Energieeffizienz?

Viele Unternehmen stehen mitunter vor dem Dilemma, zwar investieren zu wollen, aber noch nicht die optimale Lösung für sich gefunden zu haben. Einsparungen scheitern dann trotz bester Absichten an (zu) hohen Ansprüchen. Anstatt in die nächstbeste Maßnahme zu investieren, wird eher abgewartet und Entscheidungen schlussendlich in die ungewisse Zukunft vertagt. Dass damit auch Energieeinsparungen vertagt werden, ist der Nachteil eines solchen Vorgehens.

Selbstverständlich kann so ein Vorgehen auch der klügere Weg sein, falls bestimmte Innovationen einen verhältnismäßig größeren und langfristigen Effekt erzielen können. Dennoch ist es empfehlenswert, die eigenen Entscheidungsrouinen im Unternehmen

dahingehend zu hinterfragen. Zugespitzt ausgedrückt: Wenn Entscheidungen stetig aufgeschoben werden, weil die optimale Lösung noch nicht gefunden wurde, ist die Zeit reif für pragmatische Lösungen.

Berücksichtigen von Fördermöglichkeiten für Energieeffizienz-Maßnahmen

Vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit und dem ökologischen Nutzen von Energieeffizienz-Maßnahmen existieren in Deutschland eine Reihe von Möglichkeiten der Förderung zur Umsetzung in Unternehmen.

Die Förderung von Energieeffizienz-Maßnahmen auf Bundesebene wird hauptsächlich über zwei Förderprogramme abgedeckt, namentlich das Programm „Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft“ und das Programm „Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“. Die konkreten Förderungen werden vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) organisiert und abgewickelt. Dabei handelt es sich in der Regel um Zuschüsse für ein breites Spektrum an Maßnahmen.

Neben den Investitionszuschüssen im Rahmen der Förderprogramme gibt es seitens der KfW Förderbank eine Reihe von Möglichkeiten zinsgünstiger Darlehen und Tilgungszuschüsse. Diese sind in der Regel alternativ zu den Investitionszuschüssen zu betrachten und können nicht gleichzeitig in Anspruch genommen werden.

Über 60% der KMU in der Industrie haben noch nie Fördermittel in Anspruch genommen und planen dies auch nicht [1]. Angesichts des breiten Förderangebots ist es für KMU jedenfalls ratsam, die Fördermöglichkeiten bei der Bewertung und Entscheidung für Maßnahmen zu berücksichtigen.

Berücksichtigen von Möglichkeiten des Contracting

Eine vielen KMU unbekannte Möglichkeit der Umsetzung von technischen Energieeffizienz-Maßnahmen stellt das sogenannte „Contracting“ (oder „Energie-Contracting“) dar. Beim Contracting erbringt ein externer Energiedienstleister („Contractor“) ein Maßnahmenpaket (z.B. Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung) und gibt Garantien für die Kosten und Ergebnisse. Der Contractor übernimmt damit technische und wirtschaftliche Risiken über die gesamte Vertragslaufzeit. Der Vorteil des Contracting liegt im spezialisierten Fachwissen zum Bau und Betrieb von Energieanlagen des Contractors und im geringeren Kapitaleinsatz und das Investitionsrisiko des Auftraggebers. In Deutschland hat sich in den vergangenen Jahren ein breites Feld an Contracting-Angeboten entwickelt, das es wert ist in die Entscheidung über Maßnahmen einzubeziehen.

Wahl der Bewertungsmethode der Wirtschaftlichkeit

Wie oben bereits angesprochen, orientieren sich Unternehmen und ihre Führungskräfte an Zahlen und Wirtschaftlichkeitsmaßen bei Investitionsentscheidungen. Welche Bewertungsmethode verwendet wird, hat eine große Auswirkung auf die Entscheidung. Abhängig von der jeweiligen Bewertungsmethode lohnen sich Maßnahmen mehr oder weniger. Die Festlegung auf eine bestimmte Bewertungsmethode hat daher auch unmittelbare Folgen auf die Energieeinsparungen im Betrieb.

Es ist daher ratsam, sich im Unternehmen genau zu überlegen, welche Bewertungsmethode man für Energieeffizienz-Investitionen heranzieht.

3 Welche professionellen Bewertungsmethoden der Wirtschaftlichkeit gibt es?

Wirtschaftlichkeitsbewertungen sind die klassischen Aufgaben des Controllings in Unternehmen. Prinzipiell stehen Unternehmen verschiedene Berechnungsverfahren zur Bewertung der wirtschaftlichen Sinnhaftigkeit einer Investition zur Verfügung. Diese Berechnungsverfahren lassen sich üblicherweise in statische und dynamische Methoden unterteilen [2,3].

Statische Bewertungsmethoden	Dynamische Bewertungsmethoden
▪ Statische Amortisationszeit ▪ Kostenvergleich ▪ Gewinnvergleich ▪ Rentabilität ▪ Lebenszykluskosten ▪ CO2-Vermeidungskosten	▪ Interne Verzinsung ▪ Kapitalwert ▪ Annuität ▪ Dynamische Amortisationszeit ▪ Barwert-Methode ▪ Strom-/Wärmegestehungskosten

Abbildung 1: Statische und dynamische Methoden der Wirtschaftlichkeitsberechnung [3]

Zwei der wichtigsten Bewertungsmethoden werden im Folgenden erläutert und im Anschluss daran anhand ihrer Vor- und Nachteile verglichen.

Bewertung nach Amortisationszeit

Die Amortisationszeit-Methode gilt als die gebräuchlichste Routine von Unternehmen, Energieeffizienz-Maßnahmen zu bewerten. Laut Umfragen und Experten verwenden rund

60% bis 80% der Unternehmen in Deutschland die Amortisationszeit als Wirtschaftlichkeitsmaß [4, 5].

Die Bewertung einer Investition nach der Amortisationszeit stellt eine Risikoabwägung dar. Mit anderen Worten ausgedrückt: Wie schnell ist das direkt ausgegebene Geld wieder drin?“ Streng genommen stellt eine Bewertung nach der Amortisationszeit kein Maß der Wirtschaftlichkeit dar, sondern ein Maß der Risikomessung.

Die Amortisationszeit entspricht der Rückflussdauer einer Investition, das bedeutet die Dauer, in dem sich die Anschaffungskosten aus den jährlichen Gewinnen der Investition rückfinanzieren.

Grundsätzlich ist zwischen einer statischen und dynamischen Amortisationszeit-Berechnung zu unterscheiden. Im Falle einer statischen Berechnung werden jährlich gleichbleibende Gewinne angenommen. Bei der dynamischen Berechnung werden die jährlichen Rückflüsse unterschiedlich betrachtet, beispielsweise weil die Nutzungsdauer der Investition jährlich zunehmen wird und damit auch die Einsparungen bzw. Gewinne.

Die Berechnung der Amortisationszeit gelingt einfach. Am Beispiel der statischen Amortisationszeit ergibt sich die Amortisationszeit aus der Berechnung:

$$\text{Amortisationszeit} = \frac{\text{Investitionskosten}}{\text{jährliche Einsparung}}$$

Mit der Berechnung der Amortisationszeit geht auch deren Forderung einher – Unternehmen setzen sich Grenzen, bis wann sich die Energieeffizienz-Investition amortisieren soll. Üblich sind in der Regel 2 bis 5 Jahre. Viele industrielle Unternehmen oder Großunternehmen fordern Amortisationszeiten von weniger als 3 Jahren [4,5].

Bewertung nach interner Verzinsung

Anders als bei der Amortisationszeit stellt eine Bewertung nach der internen Verzinsung einer Investition keine Risikobewertung dar, sondern eine tatsächliche Bewertung der Wirtschaftlichkeit [5].

Mit der Methode der internen Verzinsung (oder auch „interner Zinsfuß“ genannt) lässt sich die mittlere, jährliche Rendite einer Investition berechnen, bei der unregelmäßige Erträge anfallen. Es handelt sich daher um eine dynamische Methode der Wirtschaftlichkeits-Bewertung. Während sich bei der Amortisationszeit-Bewertung die Frage stellt: Wie schnell ist das direkt ausgegebene Geld wieder drin? zielt die Bewertung nach der Internen Verzinsung auf die Frage: Wieviel bringt die Investition über die Zeit?

Im Mittelpunkt der Bewertung nach der internen Verzinsung steht die Ermittlung der Höhe der erwirtschafteten Verzinsung aus dem eingesetzten Kapital. Das entscheidende Maß bei der Ermittlung ist der interne Zinssatz, den die Investition tatsächlich erwirtschaftet. Der interne Zinsfuß einer Investition entspricht der Rendite einer Investition – Je höher dieser ausfällt, desto wirtschaftlicher ist die Investition.

Die Berechnung der Internen Verzinsung ist deutlich aufwändiger als jene der Amortisationszeit. Es ist dafür jedenfalls ein Tabellenkalkulationsprogramm notwendig. Auf eine Darstellung der jeweiligen Berechnungsschritte wird an dieser Stelle verzichtet. Einschlägige Controlling-Kenntnisse sind dafür notwendig. Die Landesgesellschaft für Energie und Klimaschutz NRW stellt kostenlos einen Wirtschaftlichkeitsrechner für Energieeffizienzmaßnahmen bereit, der die Berechnung der internen Verzinsung ermöglicht.

Link zum Wirtschaftlichkeitsrechner Energieeffizienzmaßnahmen:

<https://www.energy4climate.nrw/service/tool-uebersicht>

Vergleich Amortisationszeit und interne Verzinsung

Um die Auswirkungen der beiden unterschiedlichen Bewertungsarten darzustellen, haben Jochem und Bradke exemplarisch die durchschnittliche Amortisationszeit und die interne Verzinsung für Einsparmaßnahmen gegenübergestellt. Als rentabel wird dabei eine interne Verzinsung ab 9% angenommen [6,7].

Geforderte Amortisationszeit in Jahren	Interne Verzinsung in % pro Jahr ¹⁾							
	Nutzungsdauer in Jahren							
	3	4	5	6	7	10	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

Abbildung 2: Gegenüberstellung Amortisationszeit und interne Verzinsung [6]

Wie in der Abbildung ersichtlich, fallen einige wirtschaftlich sinnvolle Investitionen durch das Raster. Bei einer geforderten Amortisationszeit von maximal drei Jahren würden Investitionen mit einer internen Verzinsung von bis zu 24% ausgeschlossen werden. Die Tabelle zeigt auch, dass Investitionen mit einer Amortisationszeit von fünf Jahren bei einer Nutzungsdauer von 15 Jahren eine interne Verzinsung über 18% erreichen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine Orientierung an der Amortisationszeit jene Investitionen bevorzugt, die eine möglichst niedrige Investitionssumme haben. Energieeffiziente Technologie, die zwar langfristig mehr Kosten einspart, ist zumeist in der Anschaffung teurer als Standardtechnologie. Bei Verwendung der Amortisationszeit als Maßstab ist diese Investition jedoch die vermeintlich attraktivere.

Dagegen orientiert sich die Methode der internen Verzinsung auf die geringsten Kosten über die gesamte Nutzungszeit der Investition. Im direkten Vergleich offenbart sich die entgangene Einsparung bzw. der Gewinn, je länger die Nutzungsdauer der Investition bzw. Maßnahme ist.

4 Negativbeispiel einer Entscheidungsroute

Oftmals bietet ein Negativbeispiel den größten Erkenntnisgewinn. Aus diesem Grund fasst die folgende Abbildung einige der oben beschriebenen Überlegungen zusammen. Das Beispiel soll zeigen wie – trotz guter Absichten zur Steigerung der Energieeffizienz und der Annahme, dass mit der Investition langfristig deutlich Energie gespart werden kann– eine Entscheidung für eine Maßnahme nicht zustande kommt.

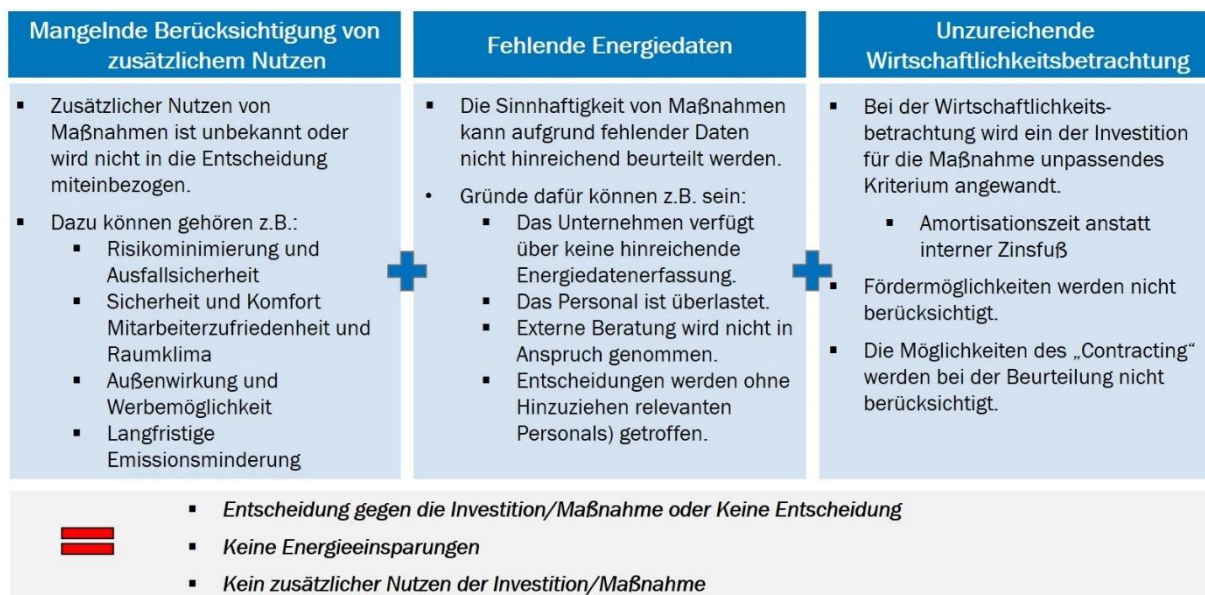


Abbildung 3: Negativbeispiel einer Entscheidungsroute

Quellen

[1] Löbbe, S.; König, W.; Büttner, S.M.; Schneider, C.; 2019: Entscheidung für Energieeffizienz: Auswirkungen von Kultur, Verhalten und Technikdiffusion in produzierenden KMU in Baden-Württemberg. Hochschule Reutlingen. <https://doi.org/10.34645/opus-2093>.

- [2] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) 2019: Leitfaden Wirtschaftlichkeit. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/2272_Leitfaden_Wirtschaftlichkeit_BAU.pdf (abgerufen am 23.03.2022).
- [3] Bränzel, J., 2015: Wirtschaftlichkeitsberechnungen. In: Bränzel, J., Engelmann, D., Geilhausen, M., Schulze, O., 2015: Praxisbuch für Fachkräfte, Berater und Manager, Springer Vieweg: Wiesbaden, 303-339. https://doi.org/10.1007/978-3-658-02834-3_5.
- [4] Wang, D.; Sauer, A., 2016: Zentrale Szenarien und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. In: Sauer, A.; Bauernhansel, T., 2016: Energieeffizienz in Deutschland- Eine Metastudie. 2. Aktualisierte Auflage. Springer Vieweg Berlin, Heidelberg.
- [5] Pehnt, M.; Arens, M.; Duscha, M., 2011: Energieeffizienz – Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative. Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg: ifeu (Hg.). Heidelberg, Karlsruhe, Berlin, Osnabrück, Freiburg, 2011. https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/NKI_Zusammenfassung_Endbericht-NKI-V37.pdf (abgerufen am 23.03.2022).
- [6] Jochem, E.; Bradke, H., 1996: Rationelle Energieanwendung in der deutschen Industrie: Erreichtes, bestehende Hemmnisse und Perspektiven. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Jahrgang 46, Nr. 8, 478–482.
- [7] Hochhuber, J.; Schöpe, B.; Ammann, N., 2004: Klima schützen – Kosten senken. Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hg.). Augsburg, 2004. https://www.energieverbraucher.de/files_db/dl_mg_1097257883.pdf (abgerufen am 23.03.2022).

Informationen zu

Baustein 2:
Organisieren,
Entscheiden,
Verhalten

Schwerpunkt:
Mitarbeiter-Sensibilisierung

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Einleitung

Um ihren Energiebedarf zu reduzieren, wird vielen Unternehmen häufig empfohlen, einen genauen Blick auf die eingesetzte Technik zu werfen. Das alltägliche Handeln von Entscheidungsträgern und MitarbeiterInnen wird dagegen weniger problematisiert. Dabei zeigt sich gerade in der Praxis, welchen hohen Stellenwert das tägliche Verhalten für Energieeinsparungen hat. So zeigte sich in einer Umfrage unter produzierenden KMU, dass rund zwei Drittel der befragten KMU die Bedeutung von energiesparendem Verhalten der MitarbeiterInnen im Arbeitsalltag wichtig einschätzt. Nur rund 13% der befragten KMU schätzten die Bedeutung des Mitarbeiterverhaltens als eher oder ganz unwichtig ein [1].

Warum Unternehmen dennoch zuvorderst auf technische Maßnahmen setzen lässt sich auf zwei Ursachen zurückführen. Zum einen versprechen technische Maßnahmen häufig eine kalkulierbare Energieeinsparung. Es wird eine Entscheidung im Unternehmen getroffen, die technische Ausrüstung wird beschafft und in Gebrauch genommen. Zum anderen bergen Maßnahmen zur Änderung des Verhaltens der MitarbeiterInnen Konflikt- und Frustrationspotentiale. Ein Verhalten zu ändern, verläuft seltener einfach von A nach B. Im Gegenteil sind Verhaltensänderungen eine beachtliche Leistung.

Die folgenden Informationen richten sich an Personen im Unternehmen, die sowohl die Sensibilisierung von MitarbeiterInnen in Angriff nehmen möchten als auch Personen, die das Ziel der Sensibilisierung für Energieeinsparungen sind. Verhaltensänderungen sind jedenfalls als Teamleistung zu begreifen. Eine Orientierung hierfür zu bieten, ist das Ziel der folgenden Informationen.

1 Warum sind Verhaltensänderungen so schwierig?

Wer schon einmal eine Person zu energiesparendem Verhalten ermutigen versucht hat, weiß vermutlich, dass sich Verhaltensänderungen häufig nicht sofort oder auf Dauer einstellen. Das kann im privaten oder familiären Umfeld genauso beobachtet werden wie im Unternehmensalltag. Bei jenen, die auf ein energiesparendes Verhalten hinwirken stellt sich nicht selten Frust und Ärger bis hin zu Aggression ein, wenn gut gemeinte Appelle keine Wirkung erzielen. Sensibilisierungsversuche werden deshalb mitunter als „Sisyphos-Arbeit“ wahrgenommen – Man versucht es immer wieder, aber ein Erfolg stellt sich nicht ein.

Psychologische, soziologische und kulturelle Faktoren werden in Studien häufig als besonders wirkmächtig im Verhindern von energiebewusstem Verhalten beschrieben [2]. Mit diesen Faktoren sind typische Erscheinungen im menschlichen Verhalten gemeint, die im Alltag häufig anzutreffen sind. Es ist durchaus hilfreich, sich damit auseinanderzusetzen, bevor man

sich der Aufgabe der Mitarbeiter-Sensibilisierung stellt. Nachfolgend einige typische Erscheinungen, die Ihnen vielleicht im Alltag schon begegnet sind.

Freiheit-, Autonomie-, und Komfortbedürfnisse:

Menschen wollen gerne selbst über ihr Umfeld entscheiden. Ein geradezu klassischer Fall betrifft die Raumwärme. Diese kann grundsätzlich ein Zankapfel im Betrieb sein – Die Heizung ist zu kalt oder zu warm eingestellt, die Klimatisierung ist zu intensiv oder zu schwach. Die Freiheit darüber zumindest mitbestimmen zu können, hat häufig einen hohen Stellenwert für die MitarbeiterInnen. Dazu kommt, dass Wohlbefinden und Komfort subjektive Bedürfnisse und Leibwahrnehmungen sind. Anders gesagt: Wer schwitzt oder friert, möchte wahrscheinlich noch eher autonom entscheiden.

Im Betriebsalltag kann es viele weitere Anlässe geben, die dem Autonomiebedürfnis der MitarbeiterInnen widersprechen. Beispielsweise beim alltäglichen Umgang mit Druckluft, die Verwendung von Transport- oder Förderfahrzeugen oder die allgemeine Bedienung von Maschinen und Anlagen. Bestehende Arbeitsregeln werden mitunter zu Gunsten der eigenen Freiheit missachtet. Es ist dabei wichtig zu beachten, dass es sich nicht notwendigerweise um mangelndes Pflichtbewusstsein oder gar Feindseligkeit handelt, sondern um natürliche menschliche Reaktionen.

Angewohnheiten:

Gewohnte Routinen vollziehen sich im Alltag automatisch und sind daher schwer zu ändern. In Kombination mit dem oben genannten Autonomiebedürfnis ergibt sich zudem häufig eine verhärtete Haltung gegenüber einem Änderungswunsch von außen.

Vergleich und sozialer Rang im Unternehmen:

Menschen in Unternehmen vergleichen sich miteinander. Werden MitarbeiterInnen zum Energiesparen angehalten, folgen daran häufig reflexartige Überlegungen wie etwa: Warum werde nur ich/unsere Arbeitsgruppe/unsere Abteilung angesprochen? Was ist mit den anderen? Gedanken wie diese führen rasch zu einer ablehnenden Haltung.

Gleichermaßen fließen häufig die Wahrnehmungen zur Rangfolge im Unternehmen in die Überlegungen mit ein – Wir hier unten in der Werkstatt sollen sparen, aber die Führungskräfte trifft es nicht. So kann sich eine ablehnende Haltung typischerweise äußern.

Es muss daher klar sein, dass sich Anforderungen an das individuelle energiesparende Verhalten alleine auf einzelne Personengruppen beschränken sollte. Ebenso zu bedenken ist

die Vorbildfunktion der Führungskräfte im Unternehmen – Gehen sie nicht mit gutem Beispiel voran, kann auch von den Mitarbeitenden nicht Besseres verlangt werden.

Kränkung:

Der schiere Hinweis, dass das ein Verhalten korrekturbedürftig ist, führt reflexartig häufig zu einer abwehrenden Reaktion. Hand aufs Herz – Sehr wahrscheinlich kann sich jeder an ein ähnliches eigenes Reagieren in ähnlicher Situation erinnern. Es handelt sich deshalb um eine in der Praxis vielleicht problematische, jedoch normale menschliche Reaktion. Es ist deshalb empfehlenswert, sich den möglichen Reaktionen bewusst zu sein und sich zugleich in die Situation der angesprochenen Person hineinzusetzen.

Unsichtbarkeit von Energie im Alltag:

Neben diesen Erscheinungen tritt noch ein weiterer Aspekt hinzu, der Verhaltensänderungen zur Energieeinsparung erschwert. Energie ist aus der Sicht der Mitarbeiter*Innen im Alltag praktisch unsichtbar. Energie ist kein klassisches Produktions- oder Dienstleistungsmittel. Energie wird verwendet, um etwas zu betreiben – von der Heizung bis zur Bohrmaschine. In der Regel wird der Energiebedarf im Unternehmen nur wenigen Personen vor Augen geführt. Zumeist wird Energie nur der Unternehmensführung sichtbar anhand der Energiekosten. Die Energiebedarfe im Unternehmen zu erfassen und auch den Mitarbeiter*innen zu kommunizieren ist deshalb eine notwendige Aufgabe zur Sensibilisierung.

2 Typische Strategien zur Förderung von energiesparendem Verhalten

Um energiesparendes Verhalten im Unternehmen zu fördern, stehen vier typische Strategien (Abb.: 1) zur Verfügung: Sensibilisierung, Motivation, Verhaltensmaßgaben und Automatisierung. Diese lassen sich nach dem jeweiligen Mitteln und Zielen unterscheiden. In der Praxis wird zumeist nicht nur eine Strategie angewandt, sondern Kombinationen.

Grundsätzlich kann keine Strategie als die beste oder wirkungsvollste genannt werden. Unternehmen und Mitarbeiter*Innen sind unterschiedlich und spezifisch. Wer auch immer im Unternehmen das Thema in die Hand nimmt, muss sich sowohl der Situation und Neigungen der Mitarbeiter*Innen bewusst sein als auch den eigenen Vorlieben.

Es nutzt wenig, wenn eine Person mit der Mitarbeitersensibilisierung betraut wird, die im Betrieb nur wenig Glaubwürdigkeit besitzt oder über nur wenig soziale Kompetenzen verfügt. Auf der anderen Seite ist es ebenfalls nicht zielführend, MitarbeiterInnen zu mehr

Eigeninteresse motivieren zu wollen, wenn diese dagegen mit vorgegebenen Arbeitsregeln viel besser zurechtkommen. Welche Strategie zum Erfolg führt ist jedenfalls abhängig von den jeweiligen Fähigkeiten und dem Willen sowohl der Führungskräfte als auch der MitarbeiterInnen.

Führungsstrategien	Mittel	Ziel & Logik	
Sensibilisierung	Information, Schulungen	Bewusstseinsbildung und Aufmerksamkeitslenkung	 „weich“ „hart“
Motivation	Strukturelle Anreize, +/- Sanktionen, Rollen und Verantwortungen	Förderung von Eigeninteresse	
Verhaltensmaßgaben	Regeln: Formal und informell, unverbindlich bis rigoros, vage bis explizit	Änderung Verhaltensorientierung Herstellung von Konformität, Stabilisierung	
Automatisierung	Technische Einrichtungen und Steuerungen	Vermeidung, Verschwendungsrisiko Mensch	

Abbildung 1: Typische Strategien zur Förderung von energiesparendem Verhalten [1]

In der Praxis ist es empfehlenswert, sich nicht auf eine Strategie zu konzentrieren. Sehr wahrscheinlich ist dagegen eine Kombination deutlich wirksamer. Dennoch werden im Folgenden die einzelnen typischen Strategien eingeschlossen ihrer Vor- und Nachteile beschrieben.

Sensibilisierung

Auch wenn es keine eindeutig wirksame Strategie zur Förderung von energiesparendem Verhalten im Betrieb gibt, sollte dennoch auf die Sensibilisierung der MitarbeiterInnen nicht verzichtet werden.

Wesentlich ist zunächst die Kommunikation, warum Energiesparen für das Unternehmen wichtig ist. Dieses Vorgehen dient hierbei zwei Zwecken. Zum einen können damit alle Formen weiterer Maßnahmen erklärt werden und somit ein sinnvoller Rahmen hergestellt werden. Zum anderen kann damit auch der Beitrag zum Unternehmenserfolg der einzelnen Unternehmensmitglieder deutlich gemacht werden.

Wie oben erwähnt ist Energie im Betriebsalltag unsichtbar. Zur Sensibilisierung der Mitarbeiter sollte deshalb unbedingt kommuniziert werden, wie hoch der Energiebedarf ist. Zahlen, Daten und Fakten über die Energieverbräuche machen Eindruck. Je besser die Datenlage im

Unternehmen ist, desto eher können Sie auch argumentieren, welche Einsparpotentiale es gibt, und welchen Beitrag der Einzelne dafür leisten kann.

Am wichtigsten ist jedenfalls die Regelmäßigkeit, in der auf die MitarbeiterInnen zugegangen wird. Ein Appell zum Jahresabschluss an die ganze Belegschaft mag praktisch erscheinen, wird aber sehr wahrscheinlich keine große Wirkung zeigen. Im Gegenteil findet eine erfolgreiche Sensibilisierung eher im Kleinen statt. Wohlwollende Aufforderungen im täglichen Betriebsalltag im Dialog mit den MitarbeiterInnen zeigen sich deutlich effektiver als einmalige Mahnungen. Ebenso ist es bedeutsam, Verhaltensänderungen positiv zu verstärken – Ein aufrichtiges Lob im Betriebsalltag leistet die notwendige Anerkennung.

Der Vorteil der Sensibilisierung liegt im Eingewöhnen einer nachhaltigen Energiesparkultur im Unternehmen. Energiesparen wird auf lange Sicht zur Routine werden. Allerdings ist dafür ein langer Atem notwendig. Damit ist zugleich einer der Nachteile ausgesprochen, denn die Sensibilisierung der MitarbeiterInnen kostet Zeit und erfordert einen entsprechenden Personalaufwand.

Motivation

Führungskräfte in Unternehmen versuchen oft, das Eigeninteresse der MitarbeiterInnen für Energieeinsparungen zu aktivieren. Dahinter steht die Idee, dass Verantwortung breiter verteilt wird und so letztlich mehr vorangeht. In der Praxis werden häufig zwei unterschiedliche Wege verfolgt.

Vor allem größere KMU bilden in ihrem Betrieb ein sogenanntes Energieteam, das sich zumeist aus Personen unterschiedlicher Abteilungen im Unternehmen zusammensetzt. Betriebe, welche die Energiemanagementnorm ISO 50001 bei sich eingeführt haben, sind sogar verpflichtet, ein Energieteam zu bilden. Davon unabhängig macht es auch für andere Unternehmen Sinn einen Personenkreis zu bilden, der sich um Energiesparmaßnahmen im Betrieb kümmert. Dabei ist es unerheblich, ob Sie diesen Kreis ganz formal oder eher informell bilden. Ebenso zweitrangig ist es, ob der Personenkreis nun Energieteam, Energieverantwortliche oder Energiezirkel genannt wird.

Viel wichtiger ist, dass sich dieses Energieteam regelmäßig trifft, um Energiesparmaßnahmen gemeinsam zu besprechen, zu planen und umzusetzen. Das schönste Team nutzt wenig, wenn es nicht tatsächlich auch gelebt wird. Aufgaben im Team können die Verantwortlichkeit für bestimmte Bereiche betreffen, der Austausch mit externen Partnern (Energieberatung, Handwerk oder Dienstleistung), die Wirtschaftlichkeitsprüfung und Finanzierung von Maßnahmen, die Energiedatenerfassung und allgemein das Verfolgen von Maßnahmen. An den unterschiedlichen Aufgaben wird bereits deutlich, dass es vorteilhaft ist Personen mit

unterschiedlichen Kompetenzen in das Energieteam zu holen. Ein solches Vorgehen beugt auch dem Risiko vor, das eine einzelne Person (Führungskraft oder einzelne/r Energiebeauftragte/r) überlastet wird und so Einsparpotentiale unangetastet bleiben.

Ein weiterer Weg zur Motivation kann in der Vorgabe von Einsparzielen liegen, die in bestimmten Bereichen oder von bestimmten Bereichsverantwortlichen erreicht werden sollen. Mit einem solchen Vorgehen kann zum einen Verbindlichkeit hergestellt werden und zum anderen Verantwortung auf jene übertragen werden, die ihre Arbeitsabläufe am besten kennen.

Der Vorteil der Strategie liegt in der langfristigen Entlastung der Unternehmensführung. Nachteile können sich dann ergeben, wenn den betrauten Personen nicht ausreichend zeitliche Ressourcen und Befugnisse übertragen werden oder wenn Energieteam-Sitzungen zu folgenlosen Ritualen verkommen, ohne dass Maßnahmen geplant oder umgesetzt werden.

Verhaltensmaßgaben

Eine rigorose Strategie zur Erwirkung von energiesparendem Verhalten, stellt das Vorgeben von Verhaltensmaßgaben dar. So ein Vorgehen muss nicht notwendigerweise einen autoritären Führungsstil im Unternehmen widerspiegeln. Verhaltensmaßgaben können zum einen im Dialog mit dem Personal formuliert werden. So kann auch gewährleistet werden, dass die Maßgaben brauchbar, nachvollziehbar und akzeptierbar sind. Zum anderen bieten festgelegte Regeln eine klare Orientierung im Betriebsalltag – Eine Orientierung, welche die MitarbeiterInnen gegenüber anderen Lösungen bevorzugen. Verhaltensmaßgaben können formal formuliert werden, beispielsweise in Form einer Arbeitsanweisung. Nicht weniger wirksam können auch informelle Regeln sein, die alleine mündlich kommuniziert werden.

Der wesentlichen Vorteile von Verhaltensmaßgaben bestehen in ihrer grundsätzlichen Klarheit und dem vergleichsweise geringen Aufwand. Schwierigkeiten können sich dagegen bei der Durchsetzung von Regeln ergeben. Bei Abweichungen stellt sich die Frage nach möglichen Konsequenzen. Zugleich besteht auch das Risiko von zu vielen Regeln. Gerade dann, wenn sämtliche Arbeitsabläufe bereits „verregelt“ sind, werden Verhaltensmaßgaben zum Energiesparen womöglich als weitere Bürde oder vergleichsweise nichtig betrachtet.

Automatisierung

Die Automatisierung von Prozessen im Unternehmen stellt streng genommen keine Strategie zur Förderung energiesparenden Verhaltens dar. Im Gegenteil handelt es sich eigentlich um eine Ausweichstrategie – Das vermeintlich unzuverlässige Verhalten wird durch eine automatische Steuerung ersetzt. Die automatisierte Beleuchtung oder die programmierte

Heizungs- und Klimatisierungssteuerung sind typische Beispiele dafür. Gerade wegen den oben beschriebenen psychologischen, soziologischen und kulturellen Faktoren erfreut sich die Automatisierung großer Beliebtheit in Unternehmen. Mitunter stellt sich die Automatisierung auch als die beste Strategie heraus, wenn Anderes bisher versagt hat.

Die MitarbeiterInnen werden mittels Automatisierung von ihrer Verantwortung entbunden. Darin liegt jedoch auch ein Nachteil der Strategie. Ein Bewusstsein für (andere) Energieeinsparungen stellt sich wahrscheinlich ebenso wenig ein wie ein mögliches Eigeninteresse. Die Vorteile liegen hingegen auf der Entlastung des Personals im Alltag und der Verlässlichkeit und Planbarkeit mittels Technik. Nachteile liegen hingegen am notwendigen Investitionsaufwand, und der Tatsache, dass sich in der Praxis nicht alles automatisieren lässt.

3 Allgemeine Regeln zur Förderung von energiesparendem Verhalten im Unternehmen

Zusammenfassend lassen sich die obigen Ausführungen als zehn einfache Regeln formulieren, die jedem Unternehmen als Richtschnur zur Förderung von energiesparendem Verhalten im Unternehmen dienen können.

- 1. Für eine nachvollziehbare Rahmung sorgen – Gesamtstrategie vermitteln, Warum ist Energiesparen für das Unternehmen wichtig?*
- 2. Klärung, welche Strategie am sinn- und wirkungsvollsten ist – Sensibilisierung, Verhaltensregeln, Motivation oder Automatisierung?*
- 3. Reflexion: Warum sollen MitarbeiterInnen sensibilisiert werden – Mangel an Akzeptanz, Wissen, Verhaltensänderung oder Aktivierung?*
- 4. Aufmerksamkeit verteilen und Schlüsselpersonen einbinden.*
- 5. Haltung vermitteln: Energiesparen ist nicht weniger wichtig als alle Handwerksregeln oder der Qualitätsanspruch an die Produkte und Dienstleistungen.*
- 6. Themen konkret benennen – keine allgemeinen Appelle („Bitte Energie sparen!“)*
- 7. Jeweiligen Beitrag der MitarbeiterInnen zur Energieeinsparung deutlich machen.*
- 8. Auf Dauer gesehen wesentlich: Stetige Kommunikation im Alltag und Vorbildwirkung der Führungs- und Schlüsselpersonen.*
- 9. Geduld und Nachdruck aufbringen – Langer Atem häufig erforderlich.*
- 10. Erfolge vermitteln und Anerkennung geben – für positive Verstärkung sorgen.*

Quellen

- [1] Löbbe, S.; König, W.; Büttner, S.M.; Schneider, C.; 2019: Entscheidung für Energieeffizienz: Auswirkungen von Kultur, Verhalten und Technikdiffusion in produzierenden KMU in Baden-Württemberg. Hochschule Reutlingen. <https://doi.org/10.34645/opus-2093>.
- [2] Sovacool, B.K., 2009: The cultural barriers to renewable energy and energy efficiency in the United States. Technology in Society, Vol. 31, 365-373.

EM-Baustein 3: Energie-Daten-Management

Schwerpunkt 1: Energiedaten-Erfassung

Schwerpunkt 2: Energiedaten-Auswertung

Informationen zu

Baustein 3:
Energie-Daten-
Management

Schwerpunkt:
Energie-Datenerfassung

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Einleitung

Mit Energie-Daten-Management bezeichnet man die Erfassung und Auswertung von Energieströmen in einem Unternehmen. Diese Erklärung erscheint schlicht, der Begriff Energie-Daten-Management kann aber in der ersten Annäherung durchaus einschüchternd wirken, gerade aus der Perspektive kleinerer Unternehmen – Es klingt nach teurer Messtechnik, nach komplexer Software, nach Personalaufwand und Beratungsbedarf – Kurzum nach Kosten und Aufwendungen, die für das eigene Unternehmen nur wenig Sinn zu machen scheinen.

So verständlich diese Bedenken sind, so wichtig ist es dennoch für jedes KMU sich mit den Zielen von Energie-Daten-Management auseinanderzusetzen. Dessen Ziele sind ganz einfach: Sich ein möglichst deutliches Bild über den Energiebedarf im Unternehmen zu machen, zu erkennen, wo unnötig viel Energie vergeudet wird, um zielgenau dagegen antreten zu können.

Es geht also um die Informationsgewinnung, um daran folgend Maßnahmen planen zu können, die eine möglichst große Wirkung (Energie- und Kosteneinsparung) erzielen. Als positiven Nebeneffekt schafft Energie-Daten-Management außerdem ein umfassenderes Bild über den Betrieb als Ganzes.

Der Einsatz von Technologie ist eine große Hilfe, um zu den notwendigen Informationen zu gelangen. Es gibt in Deutschland einen wachsenden Markt an Technologie (von Messtechnik bis Erfassungs- und Auswertungssoftware) sowie an Beratungs- und Dienstleistungen. Inwiefern ein Technologie-Einsatz notwendig ist, und welcher Umfang nützlich ist, hängt dabei von der Situation des Unternehmens und dessen Ansprüchen ab. Für eine kleine Manufaktur im Maschinenbau macht es vielleicht wenig Sinn, in ein software-unterstütztes Energie-Daten-Management-System zu investieren, für ein energieintensives Mineralstoff-Werk auf lange Sicht hingegen deutlich mehr.

Entscheidender als jeder Technologie-Einsatz sind beim Energie-Daten-Management ohnehin die Überlegungen und Entscheidungen, die im Unternehmen getroffen werden. Es muss im Betrieb konkret überlegt und entschieden werden: Welche Energie-Daten sollen wie erfasst werden und wie werden diese Daten ausgewertet und aufbereitet?

Zum Heranführen an das Thema Energie-Daten-Management werden im Folgenden dessen wichtigsten Prinzipien erläutert. Praktisch betrachtet bildet die Energie-Datenerfassung die erste Aufgabe, der sich Unternehmen stellen müssen. Die Beschreibung der wichtigsten Schritte bei der Energie-Datenerfassung soll KMU eine Orientierung bieten, Energie-Daten-Management bei sich im Betrieb in Angriff zu nehmen.

1 Was heißt Energie-Daten-Management?

Im Prinzip sollte Energie in Unternehmen ganz gleich zu betrachten sein, wie jedes andere eingesetzte Mittel. Während aber über den Einsatz von Werkstoffen, Lagermitteln, Werkzeugen oder auch dem Personal oft genau Buch geführt wird, beschränkt sich die Kenntnis über Energie häufig alleine auf die Energie-Rechnungen. Ein Grund dafür liegt vermutlich darin, dass Energie im Alltag häufig unsichtbar ist – Im Falle von Erdgas oder Strom fließt es unsichtbar durch die Leitungen. Die Energieströme im Betrieb sichtbarer zu machen, lässt sich als das Ziel von Energie-Daten-Management beschreiben [2-6]. Mittels dieser Informationsgewinnung, können in der Folge weitere Maßnahmen gesetzt werden, um Energie einzusparen und die Energieeffizienz im Unternehmen treffsicher zu verbessern.

Praktisch gedacht, soll Energie-Daten-Management Antworten liefern auf Fragen wie etwa:

- *Welche Energieformen kommen im Betrieb zur Anwendung?*
- *Wie sieht der tatsächliche gesamte Energieverbrauch aus?*
- *Wann und warum wird im Unternehmen besonders viel Energie benötigt?*
- *Was sind die Verursacher von Lastspitzen beim Strombedarf?*
- *Welche versteckten Standby-Verbraucher benötigen unnötig Energie?*
- *Welche Grundlastverbraucher sind unnötig?*
- *Welche Energieeffizienz-Maßnahmen machen am meisten Sinn und sollten vorrangig umgesetzt werden?*
- *Welche umgesetzten Maßnahmen waren erfolgreich und welche weniger?*

Energie-Daten-Management in Unternehmen beschreibt den Umgang mit Energie-Daten setzt sich aus drei Aufgaben zusammen (Abb. 1).

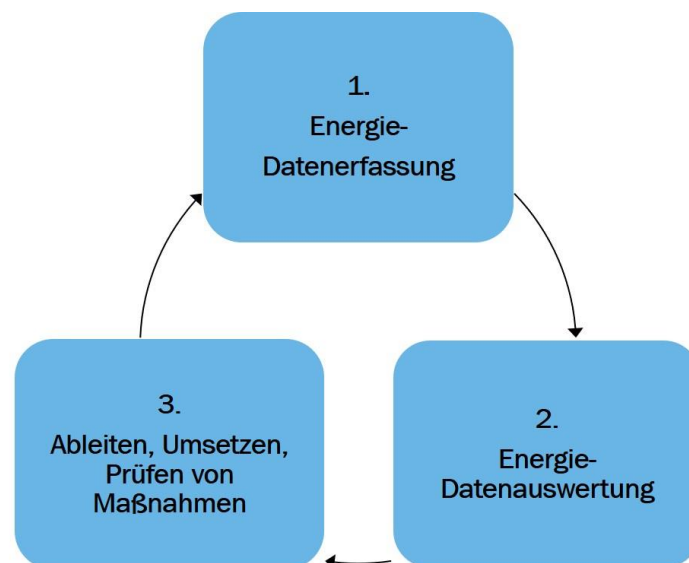


Abbildung 1: Die Aufgaben beim Energie-Daten-Management

1. Energie-Datenerfassung

Die systematische Erfassung der Energieverbräuche markiert den Startpunkt des Energie-Daten-Managements im Unternehmen. Es beinhaltet zunächst die Erfassung aller Energieformen im Betrieb (Strom, Heiz- und Treibstoffe und andere Energieformen). In der Folge muss geklärt werden, was wann und wie gemessen wird (im Sinne eines Erfassungsplans), ehe die eigentliche Erfassung durchgeführt wird.

2. Energie-Datenauswertung

Die Energie-Datenauswertung liefert die entscheidenden Aussagen zum tatsächlichen Energieverbrauch im Unternehmen. Die erfassten Daten müssen so ausgewertet und aufbereitet werden, dass sich daraus Erkenntnisse ableiten lassen, um Einsparmaßnahmen planen, umsetzen und bewerten zu können. Das sogenannte Energie-Monitoring ist ein wesentlicher Bestandteil der Auswertung. Das Energie-Monitoring beschreibt die regelmäßige und kontinuierliche Auswertung und Überwachung von Energieverbräuchen – Sie stellt die Energie-Datenauswertung auf Dauer. Ein Mittel, das Energie-Monitoring zu systematisch zu vereinfachen, stellen Energieeffizienz-Kennzahlen dar. Sie sind jedoch nicht für jedes KMU eine Notwendigkeit.

3. Ableiten, Umsetzen, Prüfen von Maßnahmen

Maßnahmen abzuleiten, umzusetzen und zu prüfen gehört strenggenommen und lehrbuchgemäß nicht zum Energie-Daten-Management. Aus der Sicht eines Unternehmens sollten diese Aufgaben aber stets mitgedacht werden, denn ohne sie bleiben alle Anstrengungen akademisch – Wenn keine Einspar-Maßnahmen erfolgen, ist jeder Aufwand vergeudet.

Energie-Daten-Management ist als ein andauernder Prozess zu betrachten. Erkenntnisse oder Schwierigkeiten bei der Datenauswertung werden wahrscheinlich Anpassungen bei der Datenerfassung erfordern. Schritt für Schritt wird das Energie-Daten-Management im Unternehmen besser werden und ein immer klareres Bild über den Energieeinsatz entstehen.

2 Was ist nötig zur Energie-Datenerfassung?

Die Energie-Datenerfassung beschreibt die Ermittlung der Energieströme im Unternehmen, um ein Verständnis über den Energieverbrauch und mögliche Energieverschwendung zu erlangen zu können.

Die Energie-Datenerfassung beinhaltet die folgenden Aufgaben:

- Erfassen aller eingesetzten Energieformen (Strom, Heiz- und Treibstoffe und andere Energieformen)
- Festlegen der Ziele zur Energie-Daten-Erfassung – Erfassungsplan
- Festlegen der Mittel zur Erfassung
- Durchführen der Datenerfassung

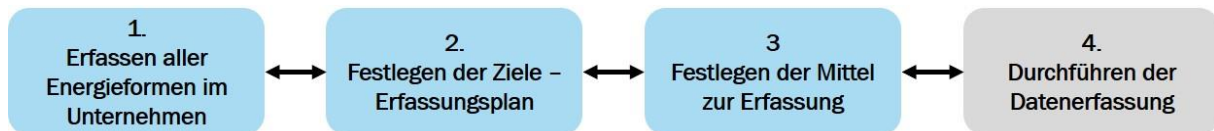


Abbildung 1: Die Aufgaben bei der Energie-Datenerfassung

3 Die wichtigsten Schritte bei der Energie-Datenerfassung

Es ist ratsam bei der Energie-Datenerfassung methodisch in vier Schritten vorzugehen. Sich zuerst einen groben Überblick über den Energieeinsatz zu verschaffen und die eigentliche Erfassung vorzubereiten, ist unbedingt notwendig, um den erforderlichen Personal- oder Investitionseinsatz einschätzen zu können.

1. Erfassen aller Energieformen im Unternehmen

Wer sich im Unternehmen der Energie-Daten-Erfassung annähert, denkt zunächst vermutlich an alle Energieformen, die von extern bezogen werden und über die Rechnung vorliegen. Dazu gehören klassischerweise elektrische Energie (Strom), fossile Energieträger (Heizöl, Erd- oder Flüssiggas, Diesel, Benzin), oder Biomasse (Pellets, Hackschnitzel). Leicht zu vergessen sind jedoch jene Energieformen, die im Unternehmen produziert werden oder durch Umwandlung unbeabsichtigt anfallen.

Zu Ersterem gehört zunächst eigenerzeugter Strom, beispielsweise durch eine Photovoltaik-Anlage oder ein Blockheizkraftwerk (BHKW). Ebenfalls dazu gehört die Druckluft. Druckluft wird durch die Umwandlung elektrischer Energie erzeugt und ist eine wertvolle Energieform, die leider häufig zu wenig beachtet wird. Dampf und Kälte (Kühlung) stellen weitere Energieformen dar, die in manchen Betrieben produziert und genutzt werden.

Zu Zweitem gehört die Abwärme von Maschinen und Anlagen, die durch deren Einsatz anfällt. Diese Energieform fällt unbeabsichtigt an und verpufft häufig ungenutzt im Unternehmen. Noch schlimmer ist es dann, wenn mittels Kühlung dagegen gearbeitet wird – Das bedeutet dann die doppelte Verschwendung von zwei Energieformen. Dabei gibt es viele Anwendungsmöglichkeiten, die Abwärme im Unternehmen sinnvoll zu nutzen und damit

Energie und Kosten zu sparen. Es ist daher empfehlenswert, sich zuallererst ein möglichst umfassendes Bild über alle im Betrieb vorkommenden Energieformen zu machen.

Leitfragen:

- Welche unterschiedlichen Energieformen werden im gesamten Betrieb verwendet?
- Fällt im Betrieb Abwärme an, die womöglich genutzt werden kann?
- Für welche Energieformen liegen bereits Daten vor und für welche nicht?

2. Festlegen der Ziele zur Energie-Datenerfassung – Erfassungsplan

Sind alle eingesetzten und anfallenden Energieformen im Unternehmen geklärt, muss sich das Unternehmen die Frage stellen: Was soll erfasst werden und in welchen zeitlichen Abschnitten?

Ideal wäre natürlich, alles genau zu erfassen. Dies wäre allerdings utopisch und nicht notwendigerweise den Aufwand wert. Besser ist es, überlegt vorzugehen und sich zunächst auf die „größten Brocken“ zu konzentrieren. Dabei hilft die Orientierung am sogenannten Pareto-Prinzip – Das bedeutet, dass in der Regel 20 % der Energieverbraucher 80 % des Energieverbrauchs ausmachen.

Eine große Hilfe bei der Planung kann auch das sogenannte Energieportfolio geben (Abb. 2). Maschinen und Anlagen werden damit nach ihrer Anschlussleistung und Laufzeit im täglichen Betrieb eingeteilt. So ergibt sich eine einfache Übersicht, für welche unbedingt Daten erfasst werden sollten und wie umfassend.



Abbildung 2: Das Energieportfolio [7] als Orientierung für die Planung der Energie-Datenerfassung

So wird rasch deutlich, dass eine Anlage mit hoher Anschlussleistung und hoher täglicher Laufzeit mehr Aufmerksamkeit verlangt als eine kaum benutzte mit geringer Anschlussleistung. Wie detailliert und wie regelmäßig Daten erfasst werden, hat unmittelbare Folgen auf die Wahl der Mittel zur Erfassung und dem dazu nötigen Investitionsaufwand. Das Energieportfolio [7] erlaubt dafür eine übersichtliche Abschätzung.

Eine weitere Orientierung bieten die Energie- oder Einsparziele, die im Unternehmen gesetzt wurden. Anders ausgedrückt kann sich die Erfassung auf jene Bereiche konzentrieren, die verbessert werden sollen. Die Energie-Datenerfassung fokussiert dann womöglich auf den Energiebedarf für eine Produktionshalle, ein Bürogebäude, ein Stockwerk, einen bestimmten Produktionsprozess, den Verkaufsraum oder das Lager.

Falls im Unternehmen aufgrund von Maschinen und Anlagen oder wärmeintensiver Herstellungsprozesse Abwärme anfällt, lohnt es sich, dies bei der Erfassung grundsätzlich zu berücksichtigen.

Leitfragen:

- *Welche Energiedaten sollen erfasst werden?*
- *Welche Anlagen/Maschinen/Prozesse sollen dabei priorisiert werden?*
- *Wie genau sollen diese Daten erfasst werden und in welchen zeitlichen Abständen?*

3. Festlegen der Mittel zur Erfassung

Energie-Daten lassen sich nach ihrer Genauigkeit und Qualität unterscheiden. Daher ist es notwendig, sich Gedanken über die möglichen Mittel der Energie-Daten-Erfassung zu machen.

Zur Erfassung der Energiedaten gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Die Festlegung, wie im Unternehmen die Energie-Daten erfasst werden, ist aus zwei Gründen wichtig.

Erstens werden damit der Aufwand und die notwendigen Planungs- und Investitionskosten (Messtechnik) bestimmt. Zweitens werden damit die Genauigkeit und Qualität der Daten festgesetzt.

Leitfragen:

- *Welche Qualität der Energiedaten ist bei den jeweiligen Erfassungen erforderlich?*
- *Welche Mittel zu Datenerfassung sollen jeweils zur Anwendung kommen?*
- *In welchen Bereichen muss spezielle Messtechnik eingesetzt werden?*

Im Folgenden werden die wichtigsten Mittel zur Energie-Daten-Erfassung vorgestellt.

Erfassung mittels Verbrauchsdaten:

Die einfachste Art der Energie-Daten-Erfassung kann mit den tatsächlichen Verbrauchsdaten vorgenommen werden – Vereinfacht gesagt über die Rechnungen, die vom jeweiligen Energieversorgungsunternehmen gestellt werden.

Für energieintensive Unternehmen ist es sinnvoll, beim Energieversorger eine sogenannte „Lastgang-Erfassung“ anzufordern. Unter einem Lastgang versteht man die abgenommene Leistung einer Verbrauchsstelle über einen bestimmten zeitlichen Verlauf – für Strom alle 15 Minuten und für Erdgas alle 60 Minuten. Der Lastgang ermöglicht damit ein genaueres Bild über den Energiebedarf im betrieblichen Alltag, denn Grundlast und Spitzenlast können so erkannt werden. Die Spitzenlast (d.h. die maximal abgenommene Leistung in bestimmten zeitlichen Abschnitten) kann in der Folge gezielt mit Maßnahmen reduziert werden. Mit einem klugen Lastmanagement lassen sich die Energiekosten verringern, denn je niedriger die Spitzenlast und je ausgeglichener die Netznutzung eines Unternehmens ist, desto geringer entfallen auch die Netzentgelte. Voraussetzung für die Erfassung ist jedenfalls der Einbau eines lastgangfähigen Zählers.

Erfassung mittels Ist-Daten:

Der Nachteil der Erfassung mittels Verbrauchsdaten liegt in der niedrigen Aktualität, denn sie beziehen sich auf die Vergangenheit. Werden Daten hingegen im Ist-Betrieb mittels Messzählern erfasst, können jederzeit gezielte Einsparmaßnahmen vorgenommen werden. Außerdem können damit auch jene Energieformen erfasst werden, die nicht von einem externen Stromversorger bezogen werden, beispielsweise der Druckluftverbrauch im Betrieb.

Messgeräte existieren für alle möglichen Energieströme: Elektrische Leistung (Strom, Spannung), Erdgas, Wärme bzw. Kälteleistung, Wasser oder Druckluft. Je nach Anwendungsfall im Betrieb gibt es viele Möglichkeiten der Ist-Daten-Erfassung. Als Mittel stehen zum Beispiel zur Verfügung: Wärme-, Kälte oder Druckluftmengenähler, Strom – oder Gaszähler. Grundsätzlich kann bei der Messtechnik zwischen stationären oder mobilen Messgeräten (z.B. Wärmebildkamera, Multimeter, Durchflussmessgerät) unterschieden werden. Mobilen Geräten sind in der Regel bei Präzision und Anwendungsmöglichkeiten Grenzen gesetzt.

Es ist an dieser Stelle unmöglich, auf alle technischen Möglichkeiten der Messtechnik und Sensorik einzugehen. Hier muss auf den allgemeinen Anbieter – und Dienstleistungsmarkt verwiesen werden. Eines lässt sich jedoch jedenfalls festhalten: Für jedes Unternehmen und jeden Anwendungsfall lässt sich auch eine vernünftige Messtechnik finden.

Der Einsatz von Messtechnik zu Ist-Datenerfassung ist mit Aufwand und Kosten verbunden und schreckt womöglich manches KMU ab. Zu bedenken ist jedoch: Je genauer die Energiedaten erfasst werden, desto einfacher lassen sich Einsparpotentiale finden. Umgekehrt bedeutet es aber auch: Die Investition in Messtechnik rechnet sich nur, wenn danach auch Einsparmaßnahmen getroffen werden. Sollen Energie-Daten regelmäßig erfasst und überwacht werden (= Energie-Monitoring) ist eine Ist-Daten-Erfassung das Mittel der Wahl.

Erfassung mittels Plandaten:

Ist eine Erfassung mittels eigener Zähler zu aufwändig, kann auch auf die Geräte- und Anlagendaten zugegriffen werden. Auf elektrischen Geräten und Anlagen ist in der Regel die Wattzahl (elektrische Leistung) auf dem Typenschild angegeben oder in den Herstellerangaben gekennzeichnet. Liegen keine Watt-Angaben vor, kann man die elektrische Leistung der Verbraucher aus den Angaben der elektrischen Spannung in Volt (V) und der Stromaufnahme in Ampere (A) berechnen. Anhand der Erfassung der elektrischen Leistung und der Einsatzzeit der Geräte und Anlagen lässt sich schließlich die elektrische Arbeit in Kilowattstunden (kWh) berechnen.

Vorteil dieser Methode ist der geringe Kostenaufwand zu Erfassung. Nachteil ist die geringere Genauigkeit, denn Leerlaufverluste, Wirkungsgrad oder Auslastungsdefizite sind nicht bekannt. Dazu kommen bei hohem Anlagen- und Maschinenaufkommen ein hoher Erhebungs- und Berechnungsaufwand.

Erfassung mittels Simulationsdaten:

Eine besonders moderne Form der Energie-Daten-Erfassung kann durch computergestützte Simulationen durchgeführt werden. Hierbei werden tatsächliche Herstellungsprozesse digital simuliert und so der Energieverbrauch berechnet. Der Vorteil einer solchen Simulation liegt darin, mittels eines „digitalen Zwillings“ einer Anlage die Auswirkungen von Maßnahmen (Anlageneinstellungen, Produktionsänderungen) auf den Energieverbrauch zu messen. Simulationen können vor allem für Produktionsunternehmen mit energie- und kostenintensiver Prozess-Technologie besonders nützlich sein.

Erfassung mittels theoretischer Energie-Daten:

Theoretische Daten stellen ebenfalls eine Möglichkeit dar, Energie-Daten zu erfassen. Streng genommen handelt es sich dabei weniger um eine Erfassung, sondern einer schätzenden Annäherung. Unter theoretischen Energie-Daten werden Durchschnittswerte für bestimmte

technische Prozesse verstanden. Dazu gehören beispielsweise der Energiebedarf für bestimmte Zerspanungsprozesse im Maschinenbau oder der Energiebedarf zur Schmelze bestimmter Metalle in der Stahlverarbeitung.

Zusammenfassend bildet die folgende Abbildung eine Übersicht der oben beschriebenen Erfassungsmittel gereiht nach ihrer Datenqualität. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass eine möglichst hohe Qualität der Daten bei der Erfassung das langfristige Ziel im Unternehmen sein sollte. Nichtsdestotrotz ist bei der Planung das Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen zu berücksichtigen.

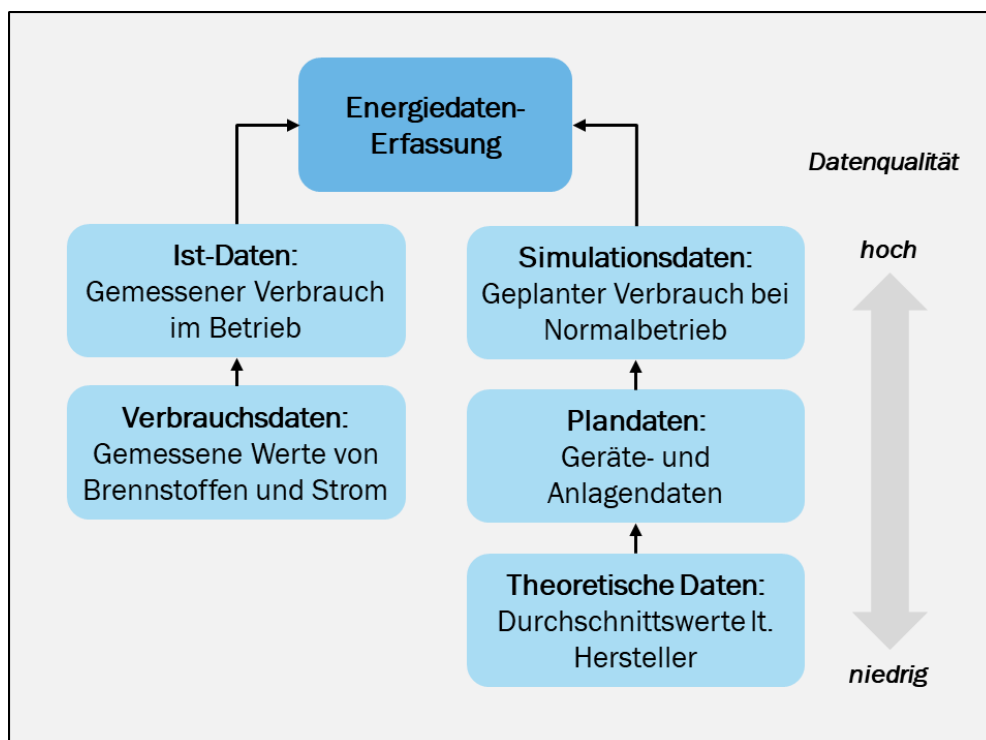


Abbildung 3: Mittel zur Energie-Datenerfassung und ihre Datenqualität [2,3]

4. Durchführen der Datenerfassung

Wurde die Datenerfassung entsprechend den oben ausgeführten Schritten geplant, erfolgt die eigentliche Erfassung. Organisatorisch ist dabei zu beachten, wer im Unternehmen damit betraut wird. Gerade bei der erstmaligen Erfassung mittels Plandaten ist mit einigem Aufwand zu rechnen.

Leitfrage:

- Wer ist im Unternehmen für die Energie-Datenerfassung verantwortlich?

Quellen

- [1] Engelmann, D., 2015: Energiedatenmanagement. In: Bränzel, J., Engelmann, D., Geilhausen, M., Schulze, O., 2015: Praxisbuch für Fachkräfte, Berater und Manager, Springer Vieweg: Wiesbaden, 303-339. https://doi.org/10.1007/978-3-658-02834-3_5.
- [2] Posch, W., 2011: Ganzheitliches Energiemanagement für Industriebetriebe, Gabler Verlag /Springer Fachmedien: Wiesbaden.
- [3] Hrustic A, Sommarin P, Thollander P, Sönderström M (2011) A simplified energy management system towards increased energy efficiency in SMEs. In: Moshfegh B (Ed.) World Renewable Energy Congress — Sweden, May; 2011, Linköping; Sweden, Linköping Electronic Conference Proceedings. Linköping University Electronic Press, Linköpings Universitet
- [4] Meyer J-A (2014) Energie- und Umweltmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen. In: Meyer J-A (Hrsg.) Jahrbuch der KMU-Forschung und –Praxis 2014, Euler Verlag, Lauterbach, 3-12
- [5] Kulterer, K., 2019: Integration von Produktions- und Energiedaten, Möglichkeiten zur Optimierung des Energieverbrauchs durch Nutzung von Produktions- und Energiedaten. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus & klimaktiv.
- [6] Rigoll F. (2017): Nutzerorientiertes Energiedatenmanagement. <http://dx.doi.org/10.5445/KSP/1000069291>.
- [7] Thiede, S., Posselt, G., Herrmann, C., 2020: SME appropriate concept for continuously improving the energy and resource efficiency in manufacturing companies. CIRP journal of manufacturing science and technology, 2013, Vol.6 (3), 204-21. DOI: 10.1016/j.cirpj.2013.02.006.

Checkliste

Baustein 3:
Energie-Daten-
Management

Schwerpunkt:
Energie-Datenerfassung

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Checkliste: Energie-Datenerfassung

Maßnahme	Durchgeführt?	Anmerkungen
1. Erfassen aller Energieformen im Unternehmen		
Erfassen der Energieformen Es wurde erfasst, welche unterschiedlichen Energieformen werden im gesamten Betrieb verwendet werden.	☐	
Prüfung Abwärme Es wurde geprüft, ob im Unternehmen an Maschinen an Anlagen Abwärme anfällt.	☐	
Prüfung Datensituation Es wurde geprüft, für welche Energieformen bereits Daten vorliegen und für welche nicht.	☐	
2. Festlegen der Ziele zur Energie-Datenerfassung – Erfassungsplan		
Festlegung Energiedaten Es wurde festgelegt, welche Energiedaten erfasst werden sollen.	☐	
Festlegung Priorisierung Es wurde festgelegt, welche Anlagen/Maschinen/Prozesse dabei vorrangig erfasst werden müssen.	☐	
Festlegung Genauigkeit und Regelmäßigkeit Es wurde festgelegt, wie genau die Energiedaten erfasst werden sollen und in welchen zeitlichen Abständen.	☐	

3. Festlegen der Mittel zur Erfassung		
Prüfung notwendige Datenqualität Es wurde geprüft, welche Qualität der Energiedaten bei den jeweiligen Erfassungen erforderlich ist.	☐	
Auswahl der Mittel zur Erfassung Es wurde festgelegt, welche Mittel zu Datenerfassung sollen jeweils zur Anwendung kommen.	☐	
Prüfung Einsatz Messtechnik Es wurde geprüft, in welchen Bereichen spezielle Messtechnik eingesetzt werden muss.	☐	
4. Durchführen der Datenerfassung		
Organisation Erfassung Es wurde festgelegt, wer im Unternehmen für die Energie-Datenerfassung verantwortlich ist.	☐	

Informationen zu

Baustein 3:
Energie-Daten-
Management

Schwerpunkt:
Energie-Datenauswertung

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Einleitung

Energie-Daten-Management dient der Informationsgewinnung über den Energieströme im Unternehmen. Nur wenn ausreichend Transparenz herrscht über den Einsatz von Energie, dem Energiebedarf und den Energieverbräuchen unterschiedlicher eingesetzter Energieformen, lassen sich Maßnahmen treffsicher planen und umsetzen.

Wiederholend soll noch einmal auf die drei wesentlichen Aufgaben beim Energie-Daten-Management hingewiesen werden: Erstens die Energie-Datenerfassung, zweitens die Energie-Datenauswertung und drittens die Planung, Umsetzung und Prüfung von Maßnahmen. Die Funktionsweise der Energie-Daten-Erfassung und deren und wichtigsten Schritte zur Umsetzung können in den namentlichen Informationsblättern nachgelesen werden.

Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich nun auf die Energie-Datenauswertung. ExpertInnen für Energie-Daten-Management mögen einwenden, dass Erfassung und Auswertung nicht voneinander zu trennen sind. In der Tat werden Sie in der Praxis feststellen, dass das richtig ist. Wahrscheinlich haben Sie bereits bei der Lektüre der Informationen zur Energie-Datenerfassung daran gedacht. Beispielsweise bei der Festlegung der Mittel zur Auswertung. Hier ist klar: Je genauer die Energie-Daten erfasst werden, desto mehr Möglichkeiten der Auswertung stehen zur Verfügung. Ähnlich geht auch das Festlegen der Ziele zur Energie-Datenerfassung (Erfassungsplan) Hand in Hand mit der Auswertung. Vereinfacht gesagt: Je regelmäßiger erfasst wird, desto regelmäßiger kann auch ausgewertet werden.

Trotzdem macht es Sinn, Energie-Datenerfassung und -Datenauswertung für den Lernzweck zu trennen. Zum einen ist das Thema Energie-Daten-Management komplex, insbesondere für Einsteiger. Zum anderen gibt es bei der Auswertung Spezialthemen, die gewiss nicht für jedes KMU unmittelbar von Bedeutung sind. Dazu gehören das sogenannte Energie-Monitoring und Energieeffizienz-Kennzahlen. Für Unternehmen, die eine Umsetzung eines Energie-Management-Systems in Erwägung ziehen, sind diese Themen jedenfalls von Wichtigkeit.

Die Beschreibung der wichtigsten Schritte bei der Energie-Datenauswertung soll KMU eine Orientierung bieten, Energie-Daten-Management im eigenen Betrieb in Angriff zu nehmen. Im Anschluss daran findet sich ein Überblick über die Themen Energie-Monitoring und Energieeffizienz-Kennzahlen. Dieser richtet sich eher an Fortgeschrittene, aber auch an Interessierte, die ein umfassendes Energie-Daten-Management anstreben.

1 Was ist nötig zur Energie-Datenauswertung?

Die Auswertung der Energie-Daten markiert den Schritt vom reinen Zahlenmaterial hin zu einfach verständlichen Ergebnissen [1,2]. Die Energie-Datenauswertung liefert die entscheidenden Aussagen zum tatsächlichen Energieverbrauch im Unternehmen. Die erfassten Daten müssen so ausgewertet und aufbereitet werden, dass sich daraus Erkenntnisse ableiten lassen, um Einsparmaßnahmen planen, umsetzen und bewerten zu können.

Der Vergleich macht Sie sicher. So lautet ein bekannter Werbespruch und er gilt im Besonderen für die Energie-Datenauswertung. Das Durchführen von Vergleichen stellt ein Grundprinzip der Energie-Datenauswertung dar. Die grafische Visualisierung ist ein weiteres wichtiges Prinzip der Auswertung.

Die Energie-Datenauswertung beinhaltet die folgenden Aufgaben:

- *Festlegen der Vergleichsbezüge*
- *Festlegen der Auswertungsabstände*
- *Festlegen der Auswertungsmittel*
- *Festlegen der Art der Darstellungen – Visualisierung*
- *Durchführen der Datenauswertung*
- *Ableiten, Umsetzen und Prüfen von Maßnahmen*

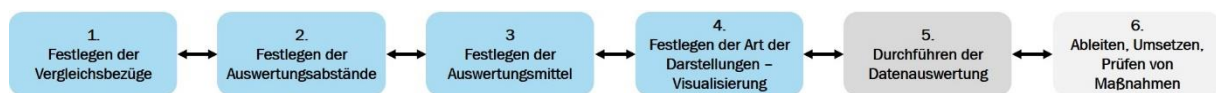


Abbildung 1: Die Aufgaben bei der Energie-Datenauswertung

Energie-Daten-Management ist als ein andauernder Prozess zu betrachten. Erkenntnisse oder Schwierigkeiten bei der Datenauswertung werden wahrscheinlich Anpassungen bei der Datenerfassung erfordern. Schritt für Schritt wird Ihr Energie-Daten-Management besser werden und ein immer klareres Bild über den Energieeinsatz im Betrieb entstehen.

Lehrbuchgemäß sind die Themen Energie-Monitoring und Energieeffizienz-Kennzahlen Bestandteil der Energie-Datenauswertung. Beide Themen werden im vorliegenden Dokument separat behandelt und optional betrachtet. Zum einen, weil nicht alle KMU insbesondere an der Berechnung von Kennzahlen interessiert sind. Zum anderen, um die Energie-Datenerfassung gerade für Einsteiger nicht unnötig zu verkomplizieren.

2 Die wichtigsten Schritte bei der Energie-Datenauswertung

Wie bei der Erfassung ist es auch bei der Energie-Datenauswertung empfehlenswert, in mehreren Schritten vorzugehen. Das ist zum einen sachlich ratsam, um zu nützlichen Auswertungen und Informationen zu gelangen. Zum anderen hilft es bereits im Vorfeld, den Personal- und Investitionseinsatz einschätzen zu können.

1. Festlegen der Vergleichsbezüge

Systematische Vergleiche sind das das Um und Auf bei der Energie-Datenauswertung. Welche Vergleiche nützlich und sinnvoll sind, hängt von der konkreten Situation im Unternehmen ab. Typische Auswertungen beziehen sich beispielsweise auf den Vergleich von: Jahreszeiten, Arbeitszeiten (unterschiedliche Arbeitsschichten, Tag/Nacht), unterschiedliche Gebäude/Hallen/Büros/Werkstätten, verschiedene Lasten (elektrische Grundlast/Spitzenlast).

Leitragen:

- *Welche Vergleiche erlauben nützliche Rückschlüsse auf den Energieverbrauch und mögliche Energieverschwendung?*
- *Welche Vergleichsbezüge sollen bei der Auswertung berücksichtigt werden?*

2. Festlegen der Auswertungsabstände

Wurde über die Vergleichsbezüge entschieden, ist zu klären wie häufig die Daten ausgewertet werden. Es ist zu entscheiden, ob bloß Momentaufnahmen vorgenommen, oder ob regelmäßige Auswertungen durchgeführt werden sollen. Die Möglichkeiten natürlich von den Mitteln der Datenerfassung abhängig – Werden Ist-Daten erhoben, sind auch kleinste Zeitabstände möglich. Typischerweise werden Jahre, Monate oder Arbeitswochen als Intervalle der Auswertung verwendet. Wird ein stetiges Energie-Monitoring angestrebt, müssen die Auswertungsabstände hinreichend kurz sein – Jahresabstände reichen dazu keinesfalls aus.

Leitfragen:

- *Wie regelmäßig soll die Datenauswertung grundsätzlich vorgenommen werden?*
- *Wie häufig und in welchen Abständen sollen die jeweiligen Energie-Daten ausgewertet werden.*

3. Festlegen der Auswertungsmittel

Die Auswertung von Energie-Daten erfolgt im Zeitalter der EDV computerunterstützt. Wie bereits in der Einleitung zum Energie-Daten-Management erwähnt, existiert eine Fülle an

spezialisierten Softwarelösungen am Markt. Viele dieser Programme sind hilfreich, leistungsstark und optionenreich, aber gewiss keine Notwendigkeit für viele KMU. Insbesondere Unternehmen, die zunächst nur die ersten Schritte bei der Erfassung und Auswertung machen, fühlen sich erschlagen von den Möglichkeiten und Optionen solcher Software – und auch von deren Investitionskosten.

Statt einer speziellen Software kann natürlich auch ein gängiges Tabellenkalkulationsprogramm verwendet werden, wie es in den allermeisten KMU Standard ist. Für die Mehrheit aller KMU wird ein Programm wie etwa Microsoft® Excel völlig ausreichen, um die notwendigen Auswertungen durchführen zu können. Zudem lassen sich damit ohne viel Aufwand einfache Visualisierungen (z.B. Kreisdiagramme, Säulen- oder Balkendiagramme) anfertigen.

Für KMU, die ein umfassendes Energie-Monitoring ins Auge fassen, eine erschöpfende Datenerfassung vornehmen wollen und sich für Energieeffizienz-Kennzahlen konkret interessieren, ist eine spezielle Energie-Daten-Management-Software hingegen sehr wohl empfehlenswert.

Leitfragen:

- *Welche Auswertungsmittel sollen angewendet werden?*
- *Ist eine spezielle Software zur Datenauswertung notwendig oder reicht ein gängiges Tabellenkalkulationsprogramm aus?*

4. Festlegen der Art der Darstellungen – Visualisierung

Bilder sagen mehr als lange Zahlenreihen. Die Visualisierung der Energie-Daten mittels Grafiken ist daher ein wichtiges Mittel, um Schlüsse daraus ziehen zu können. Aus zwei weiteren Gründen ist Visualisierung der Energie-Daten ratsam. Erstens können die Ergebnisse so im Team einfacher interpretiert, bewertet und über Maßnahmen diskutiert werden. Zweitens lassen sich die bildhaft aufbereiteten Daten zur Mitarbeiter-Sensibilisierung nutzen, um ein besseres Bewusstsein für den Umgang mit Energie im Unternehmen zu schaffen.

Leitfrage:

- *Welche Art der Darstellungen ist nützlich, um die Energie-Daten verständlich bewerten und im Unternehmen kommunizieren zu können?*

Zur Visualisierung von Energie-Daten gibt es eine Fülle von Möglichkeiten. Nachfolgend werden exemplarisch einfache Auswertungsgrafiken präsentiert, wie sie auch in der Praxis typisch in Unternehmen vorkommen. Alle Visualisierungen wurden mit einem gängigen Tabellenkalkulationsprogramm ausgearbeitet.

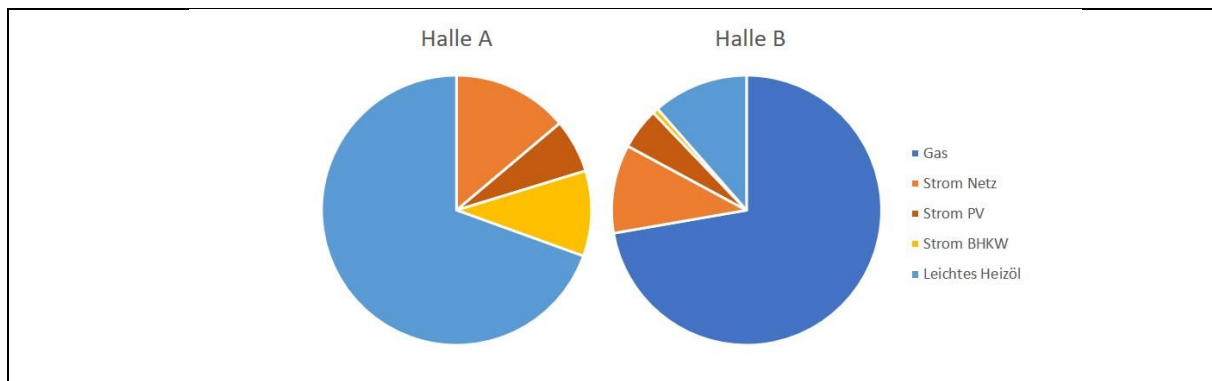


Abbildung 2: Vergleich der eingesetzten Energie von zwei Produktionshallen (Kreisdiagramm)

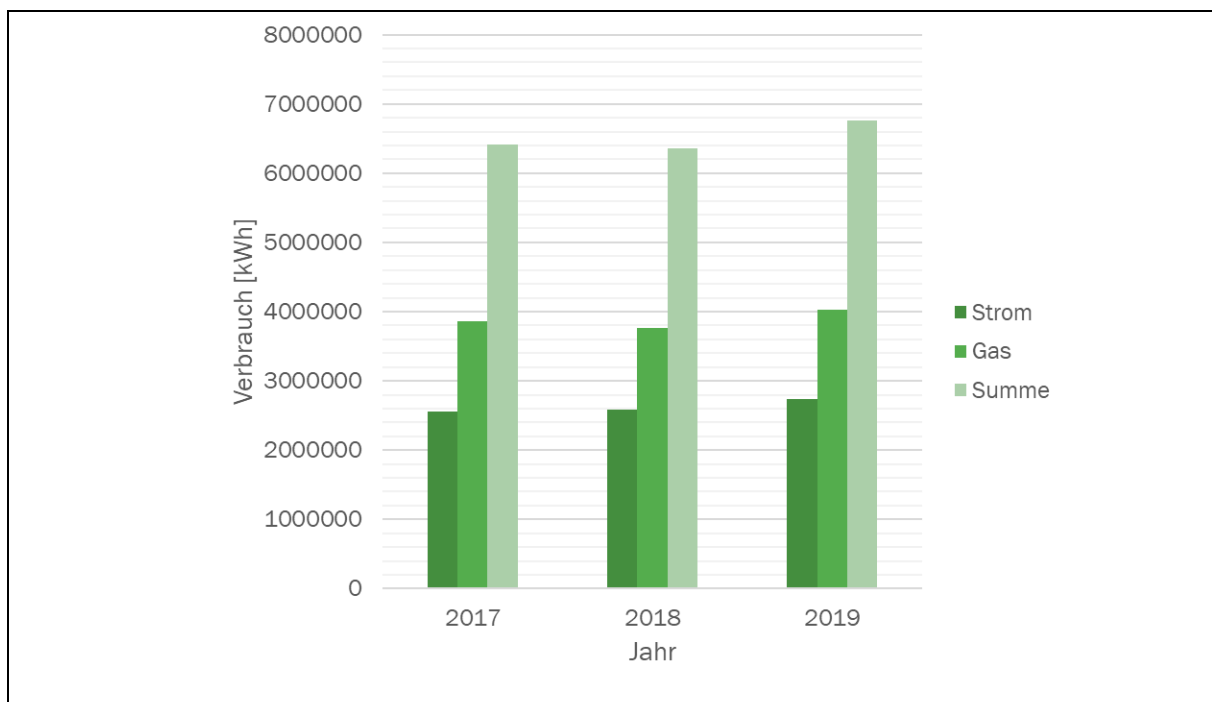


Abbildung 3: Jahresvergleich von eingesetztem Strom und Erdgas im Betrieb (Säulendiagramm)

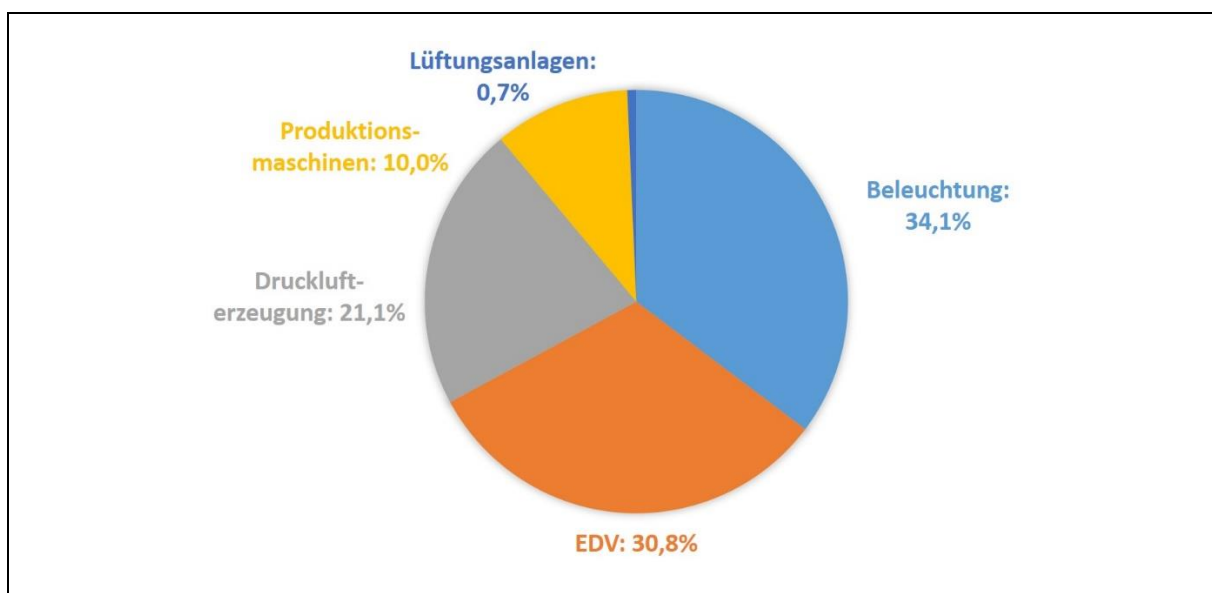


Abbildung 4: Monatsvergleich unterschiedlicher Stromanwendungen (Kreisdiagramm)

5. Durchführen der Datenauswertung

Wurde die Datenauswertung entsprechend den Überlegungen der oben genannten Punkte geplant, erfolgt die tatsächliche Auswertung und Interpretation der Daten. Organisatorisch ist dabei zu beachten, wer im Unternehmen daran beteiligt ist. Es ist ratsam, die Interpretation der Daten im Team vorzunehmen, denn es geht darum die Daten so gut als möglich zu „lesen“. Das bedeutet, man sucht nach „Mustern“, warum die Daten so sind, wie sie sind. Welche Auffälligkeiten und Zusammenhänge lassen sich in den Daten erkennen, ist die Grundfrage der Datenauswertung. Konkreter lässt sich beispielsweise fragen: Wann lassen sich besondere Lastspitzen erkennen und warum? Warum wird am dienstfreien Wochenende auffällig viel Strom verbraucht? Warum ist der Heizungsbedarf (Gasverbrauch) in Halle A deutlich höher als in Halle B?

Leitfragen:

- *Wer ist im Unternehmen für die Energie-Datenauswertung verantwortlich?*
- *Wer wird in die Interpretation der ausgewerteten Energie-Daten eingebunden?*
- *Welche Großverbraucher („Energiefresser“) lassen sich erkennen?*
- *Wann lassen sich besondere Lastspitzen erkennen und warum?*
- *Welche versteckten Standby-Verbraucher lassen sich erkennen?*

6. Ableiten, Umsetzen und Prüfen von Maßnahmen

Maßnahmen abzuleiten und umzusetzen gehört strenggenommen und lehrbuchgemäß nicht zum Energie-Daten-Management. Aus der Sicht eines Unternehmens sollten diese Aufgaben aber immer mitgedacht werden, denn ohne sie bleiben alle Anstrengungen akademisch – Das beste Energie-Daten bringen nichts, wenn daraus keine Einspar-Maßnahmen erfolgen. Auch hier ist ein Vorgehen als Team unbedingt empfehlenswert. Eine externe Unterstützung zum Beispiel mittels Energieberatung kann ebenfalls ratsam sein.

Ein wesentlicher Nutzen von Energie-Daten-Management besteht in der Prüfung von Maßnahmen, genauer gesagt in der Messbarkeit des Nutzens. In der Praxis herrscht häufig Unklarheit, wie viel eine Einspar-Maßnahme tatsächlich gebracht hat. Anhand von ausgewerteten Energie-Daten lässt sich mit größerer Sicherheit beurteilen, wie erfolgreich man war und so auch für die Zukunft daraus lernen.

Leitfragen:

- *Wer wird mit der Ableitung, Planung und Umsetzung von Maßnahmen betraut?*
- *Welche Maßnahmen lassen sich anhand der ausgewerteten Energie-Daten ableiten, um den Energiebedarf zu verringern?*

- *Welche durchgeführten Maßnahmen waren erfolgreich und welche weniger – Welche Ursachen sind dafür verantwortlich?*

3 Was heißt Energie-Monitoring?

Die sogenannte Energiedaten-Monitoring bedeutet die systematische und stetige Überwachung von Energieströmen bzw. Energieverbräuchen. Sie stellt die Energiedaten-Auswertung auf Dauer und stellt eine technische und organisatorische Maßnahme dar. Der Schlüssel zum Energie-Monitoring ist die Regelmäßigkeit – Eine jährliche Momentaufnahme ist jedenfalls nicht ausreichend. Vor diesem Hintergrund setzt Energie-Monitoring eine entsprechende Daten-Erfassung voraus. Die Verwendung von Verbrauchsdaten und Ist-Daten ist dazu eine wesentliche Voraussetzung.

Energie-Monitoring beinhaltet die folgenden Aufgaben:

- *Stetige und regelmäßige Überwachung der Messdaten*
- *Kontrolle der Messdaten – Warnungen bei Abweichungen, Diagnose von unnötigem Energiebedarf und Verschwendung*

Hierdurch können Energieziele überprüft und umgesetzte Maßnahmen auf Erfolg oder Nichterfolg bewertet werden. Ein Mittel, das Energie-Monitoring systematisch zu vereinfachen, stellen Energieeffizienz-Kennzahlen dar. Sie sind jedoch nicht für jedes KMU eine Notwendigkeit. Diese können den Alltag durchaus erleichtern, sind aber gewiss nicht für jedes KMU von entscheidender Bedeutung. Für Unternehmen, die sich mit dem Thema Energieeffizienz-Kennzahlen vertraut machen wollen, wird im Folgenden erläutert, welche Funktion Kennzahlen haben können und welche Möglichkeiten zu deren Berechnung es gibt.

4 Was sind Energieeffizienz-Kennzahlen?

Wer sich mit dem Thema Energie-Monitoring tiefergehend auseinandersetzt, ein standardisiertes Energiemanagement-System im Unternehmen umsetzen möchte, oder sich für Energie-Monitoring-Software interessiert, wird sehr rasch mit dem Begriff Energieleistungskennzahlen konfrontiert. Im täglichen Sprachgebrauch wird häufig nur von Energiekennzahlen oder Energieeffizienz-Kennzahlen gesprochen.

Energieeffizienz-Kennzahlen sind berechnete Verhältnisse zwischen eingesetzter Energie und eines damit erarbeiteten Ergebnisses (z.B. Produkt oder Dienstleistung). Sie sollen regelmäßig berechnet werden und damit einen Aufschluss über die Energieeffizienz-Leistung eines Unternehmens geben.

Am Beispiel einer Bäckerei veranschaulicht kann eine Energieeffizienz-Kennzahl zum Beispiel die eingesetzte Energie ins Verhältnis zu den produzierten Brötchen setzen (z.B. kWh je produzierte kg Brötchen). Im Falle einer Gießerei könnte eine Kennzahl die eingesetzte Energie im Verhältnis zum geschmolzenen Metall darstellen. Ein größeres Maschinenbau-Unternehmen wiederum könnte den Energieeinsatz pro Produktionshalle als Kennzahl für sich festlegen.

An den Beispielen wird erkennbar, dass es eine ganze Reihe unterschiedlicher Energieeffizienz-Kennzahlen geben kann. Wichtig ist, dass sich die Kennzahlen nach den Unternehmenszielen richten sollen. Ein Unternehmen sollte sich daher überlegen, welche Bezugsgröße am meisten Sinn macht, was am wichtigsten zu überwachen ist und wo es sich verbessern möchte.

Zur Orientierung werden im Folgenden die wesentlichen unterschiedlichen Arten von Energieeffizienz-Kennzahlen erläutert [1,3]. Wie in der Abbildung ersichtlich lassen sich die unterschiedlichen Kennzahlen-Arten nach ihrer Aussagekraft hin reihen.

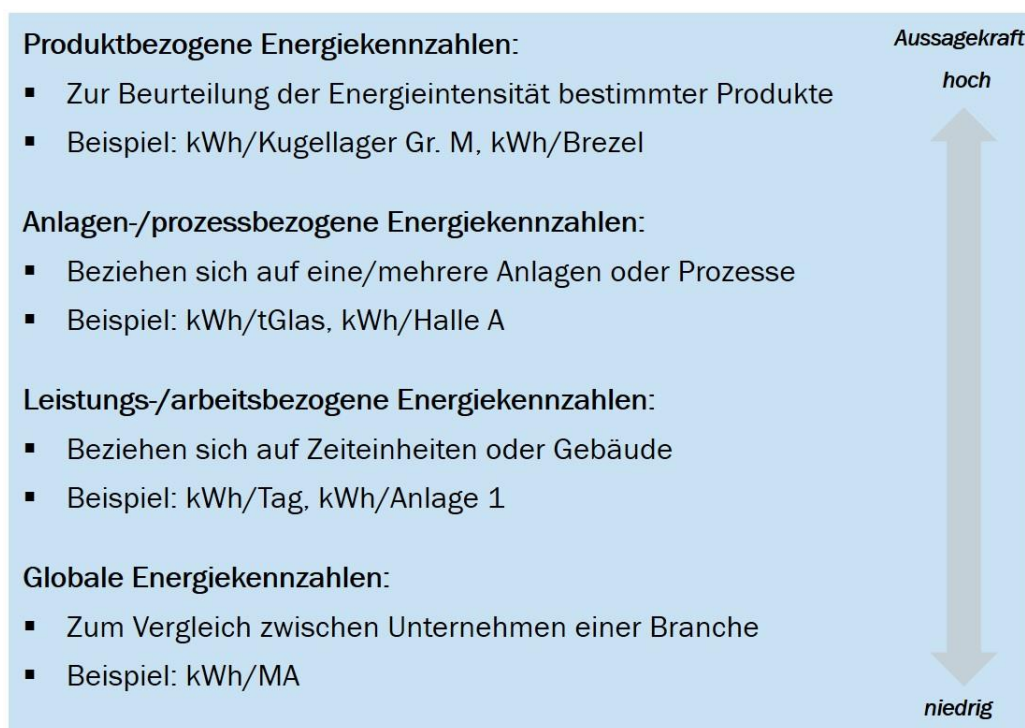


Abbildung 5: Arten von Energiekennzahlen gereiht nach ihrer Aussagekraft [2,3]

Produktbezogene Energiekennzahlen:

Sie werden in der Praxis häufig zur Beurteilung der Energieintensität bestimmter Produkte verwendet. Beispiele: kWh/Kugellager Gr. M, kWh/Brezel.

Anlagen- und prozessbezogene Energiekennzahlen:

Anlagen- oder prozessbezogene Energiekennzahlen werden häufig in Produktionsunternehmen verwendet und beziehen sich auf bestimmte Anlagen oder Herstellungsprozesse. Beispiele: kWh/tGlas, m³ Gas/Schmelzgut, kWh/Anlage 1.

Leistungs- und arbeitsbezogene Energiekennzahlen:

Sie beziehen sich auf bestimmte Zeiteinheiten oder Gebäude. Beispiele: kWh/Tag, kWh/Halle A.

Globale Energiekennzahlen:

Globale Energiekennzahlen werden häufig zum Vergleich zwischen Unternehmen in einer Branche herangezogen, oder von Unternehmen mit mehreren Standorten. Beispiel: kWh/MitarbeiterInnen.

5 Fördermöglichkeiten

Vor dem Hintergrund des Bedarfs von Mess- Steuerungs- und Regelungstechnik (MSR) und Software im Zusammenhang mit Energie-(Daten-)Management in Unternehmen, hat das Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) ein Investitionsförderung-Programm aufgesetzt. Die konkrete Förderung wird vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) organisiert und abgewickelt.

Fördermöglichkeit

Über das „Modul 3: MSR, Sensorik und Energiemanagement-Software“ werden u.a. Softwarelösungen zur Unterstützung eines Energiemanagementsystems oder Umweltmanagementsystems (Energiemanagement-Software), Sensoren sowie Analog-Digital-Wandlern zur Erfassung von Energieströmen und Steuer- und Regelungstechnik zur Beeinflussung von Systemen und Prozessen zur Steigerung der Energieeffizienz gefördert.

Link zum Modul 3

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul3_Energiemanagementsysteme/modul3_energiemanagementsysteme_node.html

Zur Liste förderfähiger Energiemanagement-Software:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul3_Energiemanagementsysteme/ems_liste_foerderfaehige_software.html

Quellen

- [1] Engelmann, D., 2015: Energiedatenmanagement. In: Bränzel, J., Engelmann, D., Geilhausen, M., Schulze, O., 2015: Praxisbuch für Fachkräfte, Berater und Manager, Springer Vieweg: Wiesbaden, 303-339. https://doi.org/10.1007/978-3-658-02834-3_5.
- [2] Thiede, S., Posselt, G., Herrmann, C., 2020: SME appropriate concept for continuously improving the energy and resource efficiency in manufacturing companies. CIRP journal of manufacturing science and technology, 2013, Vol.6 (3), 204-21. DOI: 10.1016/j.cirpj.2013.02.006.
- [3] ENIT Systems, <https://www.enit-systems.com/blog/die-top-7-energiekennzahlen-im-energiemanagement/>

Checkliste

Baustein 3:
Energie-Daten-
Management

Schwerpunkt:
Energie-Datenauswertung

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Checkliste: Energie-Datenauswertung

Maßnahme	Durchgeführt?	Anmerkungen
1. Festlegen der Vergleichsbezüge		
Prüfung der Vergleiche Es wurde geprüft, welche Vergleiche nützliche Rückschlüsse auf den Energieverbrauch und mögliche Energieverschwendung ermöglichen.	☐	
Festlegung der Vergleichsbezüge Es wurde festgelegt, welche Vergleichsbezüge bei der Auswertung berücksichtigt werden sollen (z.B.: Jahreszeiten, Arbeitszeiten, Gebäude/Hallen/Büros/Werkstätten).	☐	
2. Festlegen der Auswertungsabstände		
Festlegung der Regelmäßigkeit Es wurde festgelegt, wie regelmäßig die Datenauswertung grundsätzlich vorgenommen werden soll.	☐	
Festlegung der Auswertungsabstände Es wurde festgelegt, wie häufig und in welchen Abständen die jeweiligen Energie-Daten ausgewertet werden.	☐	
3. Festlegen der Auswertungsmittel		
Prüfung spezieller Software Es wurde geprüft, ob eine spezielle Software zur Datenauswertung notwendig ist.	☐	
Festlegen der Auswertungsmittel Es wurde festgelegt, welche Auswertungsmittel angewendet werden.	☐	
4. Festlegen der Art der Darstellungen – Visualisierung		
Prüfung Nützlichkeit Es wurde geprüft, welche Art der Darstellungen nützlich ist, um die Energie-Daten verständlich bewerten und im Unternehmen kommunizieren zu können.	☐	

Festlegung der Darstellungen Es wurde festgelegt, welche Darstellungsformen bei den Auswertungen verwendet werden.	☐	
5. Durchführen der Datenauswertung		
Organisation Auswertung Es wurde festgelegt, wer im Unternehmen für die Energie-Datenauswertung verantwortlich ist.	☐	
Organisation Auswertung Es wurde festgelegt, wer im Unternehmen in die Bewertung und Interpretation der ausgewerteten Energie-Daten eingebunden ist.	☐	
Auswertung Energiefresser Es wurde ausgewertet, welche Großverbraucher („Energiefresser“) sich im Betrieb erkennen lassen.	☐	
Prüfung Lastspitzen Es wurde überprüft, wann sich lassen besondere Lastspitzen erkennen lassen und warum.	☐	
Prüfung Standby-Verbraucher Es wurde geprüft, welche versteckten Standby-Verbraucher lassen sich erkennen lassen.	☐	
6. Ableiten, Umsetzen und Prüfen von Maßnahmen		
Organisation Maßnahmen Es wurde festgelegt, wer im Unternehmen mit der Ableitung, Planung und Umsetzung von Maßnahmen betraut wird.	☐	
Prüfung zukünftiger Maßnahmen Es wurde geprüft, welche Maßnahmen sich anhand der ausgewerteten Energie-Daten ableiten lassen, um den Energiebedarf zu verringern.	☐	
Prüfung vergangener Maßnahmen Es wurde geprüft, welche durchgeführten Maßnahmen erfolgreich/weniger erfolgreich waren und welche Ursachen dafür verantwortlich sind.	☐	

EM-Baustein 4: Energieeffizienz-Maßnahmen (Querschnitt-Technologien)

Schwerpunkt 1: Beleuchtung

Schwerpunkt 2: Druckluft

Schwerpunkt 3: Kühl- und Kältetechnik

Schwerpunkt 4: Energieeffizientes Heizen

Schwerpunkt 5: Abwärmenutzung

Informationen zu

Baustein 4:
Energieeffizienz-
Maßnahmen

Schwerpunkt:
Beleuchtung

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Einleitung

Jedes Unternehmen ist auf künstliches Licht angewiesen. Werkstätten, Lagerhallen, Büroräume, Verkaufsräume, Produktionsanlagen müssen ausgeleuchtet werden, um den Menschen ein sicheres, angenehmes und effektives Arbeiten zu ermöglichen. Rund 15% des gesamten Strombedarfs in Deutschland entfallen auf die künstliche Innen- und Außenbeleuchtung [1-3]. In Gewerbebetrieben kann der Strombedarf für Beleuchtung sogar 30 bis 40% des gesamten Energiebedarfs betragen [1].

Dennoch werden die Möglichkeiten, durch energieeffiziente Beleuchtung Energie und bares Geld zu sparen, in Unternehmen häufig unterschätzt. Gerade in Zeiten immer weiter steigender Energiepreise kommt der energieeffizienten Beleuchtung in KMU immer stärkere Bedeutung zu. Die folgenden Informationen sollen KMU eine Orientierung bieten, die Beleuchtung im Unternehmen energieeffizienter zu gestalten.

1 Einsparpotentiale Beleuchtung

Schätzungen gehen davon aus, dass in Handwerk-, Gewerbe- und Industrieunternehmen bis zu 70% des Energiekostenanteils für Beleuchtung verhindert werden könnte, wenn Energieeffizienz-Maßnahmen umgesetzt werden [4,5]. Allerdings sind die Einsparpotentiale den Unternehmen und ihren Entscheidungsträgern häufig nicht bewusst. Insbesondere in kleinen Unternehmen und Kleinstunternehmen sind den Verantwortlichen die Energiesparpotentiale häufig nicht bekannt (vgl. Abbildung 2).

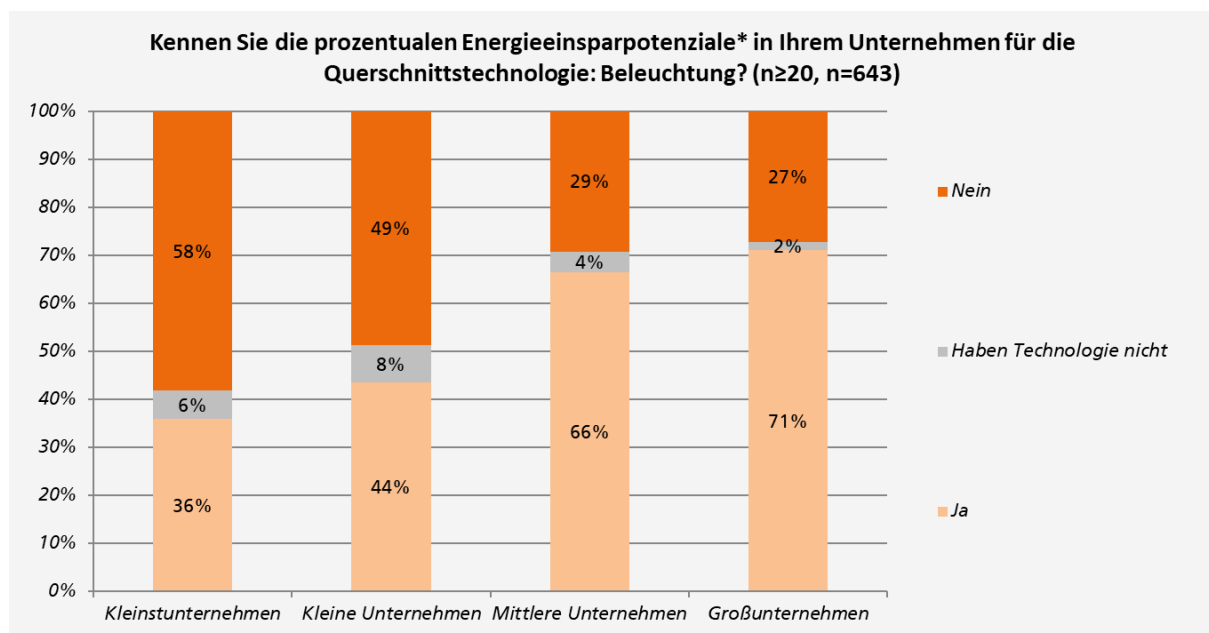


Abbildung 1: Einschätzung der Einsparpotentiale bei der Beleuchtung von Unternehmen [1]

2 Zusätzlicher Nutzen von Maßnahmen bei der energieeffizienten Beleuchtung

Eines muss allen Möglichkeiten der Energieeinsparungen bei der Beleuchtung vorausgeschickt werden – Sparmaßnahmen dürfen nicht zulasten der Lichtqualität gehen. Arbeitsplätze müssen mit einer angemessenen künstlichen Beleuchtung ausgestattet sein. Je nach den auszuführenden Tätigkeiten und Sehaufgaben bestehen normative Mindestanforderungen an die Ausgestaltung der Beleuchtung [7]. Energieeinsparungen dürfen nicht zu Lasten der notwendigen Lichtqualität gehen.

Neben der Einsparung von Stromkosten können Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz bei der Beleuchtung noch weiteren Nutzen bieten [3,5]:

- Geringerer Wartungsaufwand: Werden Leuchten mit höherer Lebensdauer (LED) eingesetzt, verringert sich der Aufwand zum Wechsel der Leuchtmittel deutlich.
- Verbesserte Lichtqualität: Mit energieeffizienten Leuchten kann die Beleuchtungsstärke erhöht werden und zugleich deutlich weniger Energiebedarf umgesetzt werden.
- Erhöhte Mitarbeiterzufriedenheit: Eine verbesserte Lichtqualität kann dazu beitragen sowohl die Arbeitsqualität als auch die Mitarbeiterzufriedenheit zu erhöhen. Licht hat zudem nicht alleine visuelle, sondern auch emotionale und biologische Wirkungen auf die Menschen. Eine vermehrte Ausnutzung des (kostenlosen) Tageslichts kann zum Wohlbefinden der MitarbeiterInnen beitragen.
- Verbesserung der Emissionsbilanz – Insbesondere, wenn ein Unternehmen Klimaneutralität anstrebt, wirken sich Energieeffizienzmaßnahmen langfristig und positiv auf die Treibhausgasbilanz aus.

3 Worauf muss bei der Beleuchtungstechnologie geachtet werden?

Wer sich im Unternehmen der Aufgabe widmet, die Beleuchtung energieeffizienter zu gestalten, wird sich zwangsweise mit einer Reihe technischer Begriffe auseinandersetzen müssen. Die Wichtigsten werden im Folgenden kurz erläutert [1,2].

- **Leuchte:** Sie ist die Halterung der Lampe und dient der Lichtlenkung und Abschirmung. Umgangssprachlich wird sie als Lampe bezeichnet.
- **Lampe:** Sie ist das eigentliche Leuchtmittel (z.B. Glühbirne, Halogenlampe, LED). Ihre Leistungsaufnahme wird in Watt (W) angegeben.
- **Beleuchtungsstärke:** Mit ihr wird angegeben, wie viel Licht auf eine bestimmte Fläche fällt und wird in der Maßeinheit Lux (lx) gemessen.
- **Lichtstrom:** Er gibt an, wie viel Licht eine Lichtquelle nach allen Richtungen abgibt und wird in Lumen (lm) angegeben.

- **Lichtausbeute:** Sie stellt dar, wie effizient eine Lampe arbeitet und wird in Lumen pro Watt (lm/W) ausgewiesen. Je höher der Wert ist, desto effizienter ist die Lampe.
- **Lichtfarbe/Farbtemperatur:** Verschiedene Lichtquellen weist eine jeweils unterschiedliche Eigenfarbe auf, die man als Lichtfarbe oder Farbtemperatur und in Kelvin (K) gemessen wird (warmweiß: weniger als 3.300K, universalweiß: 3.300 - 5.300K, tageslichtweiß/kaltweiß: mehr als 5.300 K)
- **Lebensdauer:** Sie gibt an, wie lange die Lampe im Durchschnitt hält.

Die Lichterzeugung hat sich in den vergangenen Jahren durch Fortschritte in der Lichttechnik stark gewandelt und so große Energiesparpotentiale für Unternehmen freigelegt. Der Wandel lässt sich am Herstellungsverbot von klassischen Glühlampen einfach veranschaulichen. Es sind vor allem die Leuchtdioden-Lampen (LED), welche den klassischen Halogenglühlampen und Leuchtstofflampen zunehmend den Rang ablaufen. Dies geschieht aus gutem Grund, gelten doch die LED als energieeffizienter und umweltverträglicher. Nachfolgend werden die in Unternehmen am häufigsten verwendeten Lampenarten anhand ihrer Funktionsweise, ihrer Vor- und Nachteile und Energieeffizienz (vgl. Abb. 2) kurz beschrieben.

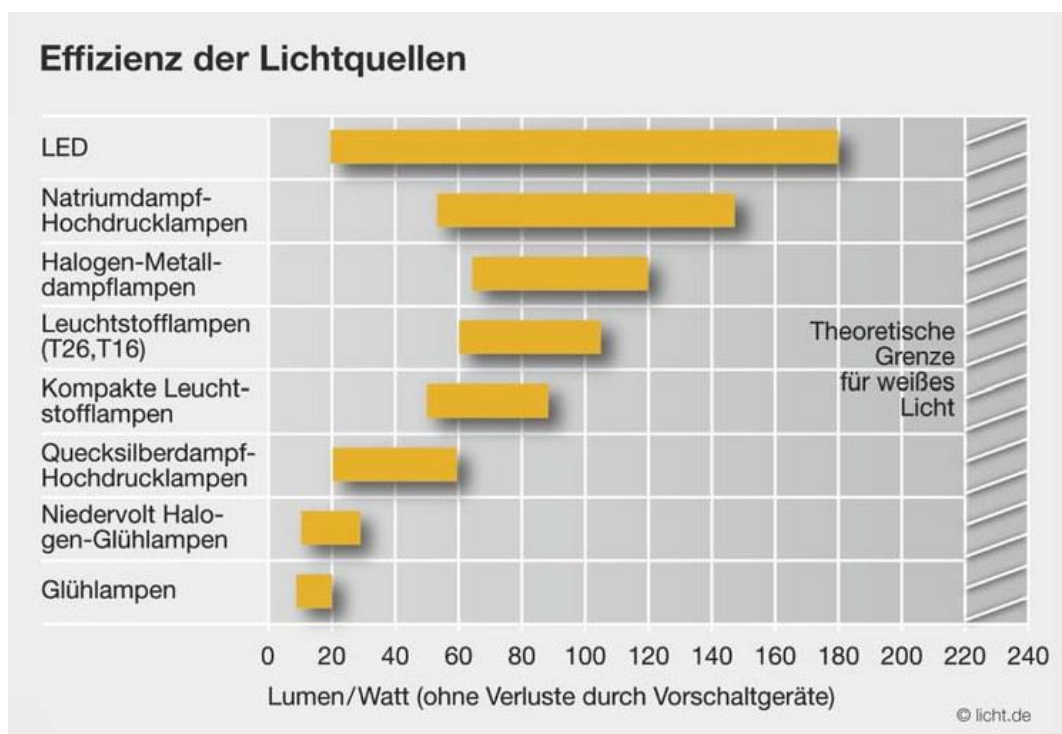


Abbildung 2: Energieeffizienz unterschiedlicher Leuchtentypen [8,2]

Eine Orientierung über die Energieeffizienz einer Leuchte geben die sogenannten Energielabel auf deren Verpackung und Produktbeschreibung. Energielabel für Elektrogeräte gelten europaweit verpflichtend. Mit 2021 trat eine Novellierung der entsprechenden EU-Richtlinie in Kraft, die auch eine strengere Bewertung von Leuchten mit sich zog. Die vormals

gängigen Klassen A+, A++ und A+++ gibt es mit dem neuen Label nicht mehr, sondern nur noch die Klassen A bis G. Die Klasse A bleibt aber vorerst leer, um in Zukunft noch energieeffizientere Geräte mit neuen Technologien zu kennzeichnen. Die Klassen B und C stehen vorerst für die effizientesten Leuchten.

Glüh- und Halogenlampen

Glüh- und Halogenlampen erzeugen Licht über das Erhitzen eines Wolframwendeldrahts in einem, mit Gas befüllten, Glaskolben. Als sogenannte Temperaturstrahler geht ein erheblicher Teil der eingesetzten Energie als Wärme verloren. Konventionelle Glühlampen sind durch das Herstellungsverbot (vgl. oben) kaum mehr im Einsatz, Halogenlampen hingegen häufig.

Halogenlampen besitzen eine höhere Effizienz als herkömmliche Glühlampen, der durch die Beimischung von Halogengas im Glaskolben bewirkt wird. In Unternehmen werden sie häufig für die Beleuchtung von Büros oder Schaufenstern verwendet, aber auch als Deckenstrahler in größeren Innenräumen. Als Nachteil ihrer Funktionsweise der Halogenlampe ergeben sich die Wärmeentwicklung, eine geringe Lebensdauer und ein hoher Stromverbrauch gegenüber Gasentladungslampen oder Leuchtdioden (LED).

Gasentladungslampen/Leuchtstofflampen

Leuchtstofflampen gehören (wie die klassische Energiesparlampe im privaten Haushalt) zur Gattung der Gasentladungslampen. Dazu gehören beispielsweise auch die Natriumdampflampen, die im Außenbereich von Gebäuden oder zur Straßenbeleuchtung häufig Anwendung finden. Leuchtstofflampen werden in Unternehmen häufig eingesetzt, zur Beleuchtung von Werkstätten, Produktions- und Lagerhallen oder auch Büros.

Leuchtstofflampen bzw. Gasentladungslampen erzeugen Licht, indem es innerhalb einer Glasröhre bei Anlegen einer bestimmten Mindestspannung zu einer Gasentladung mit Aussendung von Licht kommt. Leuchtstofflampen benötigen deshalb einen sogenannten Starter (Zündgerät) und ein Vorschaltgerät, um den Stromfluss in der Lampe zu begrenzen, der nach der Zündung des Gases eintritt.

Der Vorteil von Leuchtstofflampen liegt in ihrer langen Lebensdauer und hohen Effizienz gegenüber Halogenlampen. Ihre Nachteile liegen in der Empfindlichkeit gegen häufiges und schnelles Ein- und Ausschalten und der Umweltschädlichkeit (giftiges Gas), auf die bei der Entsorgung geachtet werden muss.

Leuchtdioden (LED)

Die LED (lichtemittierende Diode) ist ein elektronisches Halbleiterbauelement, das Licht abgibt, wenn es von Strom durchflossen wird. Der große Vorteil der LED im Vergleich mit einer herkömmlichen Halogenlampe liegt im deutlich niedrigeren Stromverbrauch und einer deutlich höheren Lebensdauer. Die im Vergleich höheren Anschaffungskosten werden dadurch in einem relativ kurzen Zeitraum aufgehoben – Bis zu 80% des Stromverbrauchs für Beleuchtung lassen sich bei einer konsequenten Umstellung auf energieeffiziente LED-Leuchten einsparen. Diese verbrauchen 90% weniger Strom als herkömmliche Glühlampen und 70 Prozent weniger als Halogenlampe [10]. Die sehr niedrige Temperaturentwicklung ist ein weiteres Kennzeichen der LED. LED-Lampen sind in den verschiedensten Bautypen am Markt verfügbar. Gebräuchlich sind auch Komplettsysteme als LED-Leuchten. LED-Lampen können auch in bestehende Leuchten eingebaut werden, als sogenanntes Retrofit der Beleuchtung.

4 Die wichtigsten Schritte zur Steigerung der Energieeffizienz bei der Beleuchtung

Für die energieeffiziente Optimierung der Beleuchtung gibt es eine Reihe von möglichen Maßnahmen. Wie in Abbildung 3 ersichtlich, lassen sich 4 Bereiche unterscheiden. Wichtig ist vor allem, zunächst bei der praktischen Anwendung zu starten und dann Schritt für Schritt das gesamte System zu verbessern.

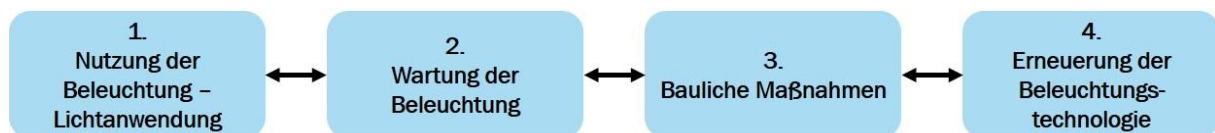


Abbildung 3: Mögliche Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz bei der Beleuchtung im Betrieb

1. Nutzung der Beleuchtung – Lichtenwendung

Unabhängig von der eingesetzten Beleuchtungstechnologie sollte in Unternehmen die Nutzung der Beleuchtung reduziert werden. Dass dabei Energieeinsparungen nicht zu Lasten der notwendigen Lichtqualität an den Arbeitsbereichen gehen sollen, darauf sei an dieser Stelle noch einmal hingewiesen.

- Die Arbeitsbereiche nach ihrer notwendigen Lichtqualität zu prüfen und gegebenenfalls die Beleuchtungsstärke zu reduzieren und an den Bedarf anzupassen, sollte jedenfalls unternommen werden.

- Die künstliche Beleuchtung sollte bei verfügbarem Tageslicht auf den Lichtbedarf abgestimmt werden. Das Dimmen der Beleuchtung kann entsprechend Energie sparen helfen.
- Licht sollte abgeschaltet werden, wenn es nicht benötigt wird. Das gilt vor allem in jenen Arbeitsbereichen, die nicht ständig genutzt werden, wie etwa Lager und Sanitärräume, Verkehrswege oder andere bestimmte Arbeitsplätze. Der Einsatz von Bewegungsmeldern in solchen wenig frequentierten Räumen kann hier ebenso nützlich sein wie ein manuelles Abschalten. In Pausenzeiten und an arbeitsfreien Wochenenden sollte die Beleuchtung drastisch reduziert oder ganz ausgeschaltet werden. Schaltuhren oder eine digitale Regelungstechnik für die Beleuchtung können dabei hilfreich sein.

2. Wartung der Beleuchtung

Als Folge von Verschmutzung oder Alterung von Lampen, Leuchten und Raum sinkt die Beleuchtungsstärke allmählich. Daher sollten:

- Leuchten daher geprüft und bei Bedarf entsprechend gegen neue ausgetauscht werden,
- Leuchten und Lampen bzw. Reflektoren regelmäßig gereinigt werden.

3. Bauliche Maßnahmen

Bauliche Maßnahmen werden bei der Konzentration auf die Beleuchtungstechnologie rasch geringgeschätzt, können aber einen entscheidenden Beitrag zur Energieeinsparung leisten. Die folgenden Punkte sollten im Unternehmen beachtet werden.

- Werden Betriebsgebäude saniert oder neugebaut sollten Möglichkeiten der Tageslichtnutzung berücksichtigt werden. Tageslicht steht kostenlos zur Verfügung und verbessert auch das Wohlbefinden der MitarbeiterInnen. Eine entsprechende Ausrichtung der Fensterflächen oder die Verwendung von Oberlichtern können ebenso wirksame Maßnahmen sein wie die Anbringung von Lichtschwertern an der Außenfassade. Lichtschwerter sind eine mögliche Art der Lenkung des Tageslichts in die Innenräume [9]. Lichtlenkende Jalousien sind ein ähnliches Mittel um Innenräume mit mehr Tageslicht zu versorgen.
- Eine helle Umgebung reflektiert mehr Licht und lässt Räume heller erscheinen. Saubere weiße Wände und helle Böden verbessern die Lichtausbeute in Innenräumen und können so eine erhebliche Reduktion des Energieeinsatzes erlauben.
- Die Anordnung und Ausrichtung der Lampen und Leuchten sollte in den Arbeitsbereichen im Unternehmen geprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Werden in Unternehmen bestimmte Arbeitsbereiche umgestellt, wird mitunter die Beleuchtung ganz vergessen.

Anstatt einen Arbeitsplatz optimal auszuleuchten, richtet sich das Licht auf ein Regal oder anderes Objekt und kostbare Energie wird unnötig verschwendet.

- In größeren Werkstätten, Büroräumen oder Lagerhallen ist es empfehlenswert, die Beleuchtung in bestimmte Zonen einzuteilen. So können nur die notwendigen Bereiche beleuchtet und Verschwendung vermieden werden.

4. Erneuerung der Beleuchtungstechnologie

Unabhängig von der konkreten Situation im Unternehmen können eine Reihe von Empfehlungen zur Erneuerung der Beleuchtungstechnologie gegeben werden:

- Allgemein sollten dimmbare Leuchten beschafft werden, die eine Anpassung an den Lichtbedarf bei Tageslicht zulassen.
- Bei der Verwendung von Leuchtstofflampen sollten konventionelle Vorschaltgeräte durch elektronische Vorschaltgeräte ersetzt werden – Leuchtstofflampen halten länger, die Ausfallrate wird geringer und ein Dimmen wird damit ermöglicht.
- Generell sollte ein Leuchtentausch geprüft werden und ein Wechsel zu moderner LED-Lichttechnik vorgenommen werden – Ein Umrüsten auf energieeffiziente LED verspricht in den meisten Fällen das größte Einsparpotential.

5 Fördermöglichkeiten für KMU

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude fördert den Einbau von Anlagentechnik in Bestandsgebäuden zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes. Der Einbau energieeffizienter Beleuchtungssysteme wird mit 15 % der förderfähigen Ausgaben unterstützt. Die Förderung bezieht sich allerdings nur auf die Innenbeleuchtung und ausschließlich auf einen kompletten Leuchtentausch (keine Einzelkomponenten von Leuchten). Innerhalb des Förderprogramms wird außerdem der Einbau von Steuer- und Regelungstechnik gefördert, die Unternehmen für ein entsprechendes digitales Lichtmanagement nutzen können.

Link zum Fördermodul:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Nichtwohngebaeude/Anlagentechnik/anlagentechnik_node.html

Förderung von Energieberatung

Eine professionelle Energieberatung kann allgemein eine große Hilfe für KMU darstellen, insbesondere für Betriebe, deren Beleuchtung einen hohen Anteil ihres Energiebedarfs

ausmacht. Das BAFA unterstützt mittels der „Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“ Beratungsleistungen für Unternehmen. Im Rahmen des Moduls Energieberatung DIN V 18599 werden bis zu 80 % des förderfähigen Beratungshonorars, maximal jedoch 8.000 € bezuschusst.

Link zur Förderung von Energieberatung:

[https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Nichtwohngebaeude Anlagen Systeme/Modul2 Energieberatung/modul2_energieberatung_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Nichtwohngebaeude_Anlagen_Systeme/Modul2_Energieberatung/modul2_energieberatung_node.html)

Quellen

- [1] Hesselbach, J. (2012). Energie- und klimaeffiziente Produktion: Grundlagen, Leitlinien und Praxisbeispiele. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9956-9>
- [2] Dehli, M. (2020). Energieeffizienz in Industrie, Dienstleistung und Gewerbe: Energietechnische Optimierungskonzepte für Unternehmen. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23204-7>
- [3] <https://www.licht.de/de/lichtthemen/licht-und-umwelt/energieeffizienz> (Zugriff: 21.07.2022)
- [4] <https://www.energieeffizienz-im-betrieb.net/energiesparen-unternehmen/beleuchtung-gewerbe-industrie.html> (Zugriff: 21.07.2022)
- [5] Deutsche Energie-Agentur (dena), 2015: Energieeffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen. Energiekosten senken. Wettbewerbsvorteile sichern. [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/1419 Broschuere Energieeffizienz-in-KMU 2015.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/1419_Broschuere_Energieeffizienz-in-KMU_2015.pdf) (Zugriff: 21.07.2022)
- [6] EEP Institut für Energieeffizienz in der Produktion, 2021: Energieeffizienz-Index Sommer 2021, <https://www.eep.uni-stuttgart.de/eei/aktuelle-erhebung/>
- [7] DIN EN 12464-1:2021: Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen. <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-12464-1/334047306>
- [8] [https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen Downloads/1603 lw01 Kuenstliches-Licht_web.pdf](https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/1603_lw01_Kuenstliches-Licht_web.pdf) (Zugriff: 21.07.2022)
- [9] <https://www.baunetzwissen.de/glossar//lichtschwerter-48363> (Zugriff: 21.07.2022)
- [10] <https://www.oeko.de/forschung-beratung/themen/konsum-und-unternehmen/energieeffiziente-beleuchtung-led-lampen-sparsam-und-flexibel> (Zugriff: 21.07.2022)

Checkliste

Baustein 4:
Energieeffizienz-
Maßnahmen

Schwerpunkt:
Beleuchtung

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Checkliste: Beleuchtung

Maßnahme	Durchgeführt?	Anmerkungen
1. Nutzung der Beleuchtung – Lichtenwendung		
Prüfung und Anpassung Lichtqualität Die Arbeitsbereiche wurden nach ihrer notwendigen Lichtqualität geprüft und gegebenenfalls die Beleuchtungsstärke reduziert und an den Bedarf angepasst.	☐	
Dimmen bei Tageslicht Die künstliche Beleuchtung wird bei ausreichendem Tageslicht durch Dimmen der Leuchten reduziert.	☐	
Abschaltung bei Abwesenheit In Pausenzeiten und an arbeitsfreien Wochenenden wird die Beleuchtung drastisch reduziert oder ganz ausgeschaltet – Manuell, mittels Schaltuhren oder digitaler Regelungstechnik.	☐	
Abschaltung bei geringer Frequenz In jenen Arbeitsbereichen, die nicht ständig genutzt werden, wird das Licht manuell oder mittels Bewegungsmeldern abgeschaltet.	☐	
2. Wartung der Beleuchtung		
Alterung und Funktion Die Leuchten werden regelmäßig nach Funktion und Alterung geprüft und bei Bedarf entsprechend gegen neue ausgetauscht.	☐	
Verschmutzung Die Leuchten und Lampen bzw. Reflektoren werden regelmäßig gereinigt.	☐	
3. Bauliche Maßnahmen		
Tageslichtnutzung Möglichkeiten der Tageslichtnutzung wurden geprüft und werden berücksichtigt.	☐	

Helle Umgebung Es wird im Betrieb auf saubere weiße Wände und helle Böden zur Verbesserung der Lichtausbeute geachtet.	☐	
Anordnung und Ausrichtung der Lampen und Leuchten Die optimale Anordnung und Ausrichtung der Lampen und Leuchten in den Arbeitsbereichen wurde geprüft und angepasst.	☐	
Einteilung Beleuchtungszone In größeren Werkstätten, Büroräumen oder Lagerhallen wurde die Beleuchtung in Licht-Zonen eingeteilt, damit nur die notwendigen Bereiche beleuchtet.	☐	
4. Erneuerung der Beleuchtungstechnologie		
Dimmbare Leuchten Bei der Beschaffung wird auf dimmbare Leuchten geachtet, die eine Anpassung an den Lichtbedarf bei Tageslicht zulassen.	☐	
Leuchtstofflampen – Vorschaltgeräte Bei der Verwendung von Leuchtstofflampen wurden konventionelle Vorschaltgeräte durch elektronische Vorschaltgeräte ersetzt.	☐	
Umstellung auf LED Ein Wechsel zu moderner LED-Lichttechnik wurde geprüft und vorgenommen.	☐	

Checkliste

Baustein 4:
Energieeffizienz-
Maßnahmen

Schwerpunkt:
Druckluft

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Einleitung

Die Verwendung von Druckluft ist in Handwerk, Gewerbe und Industrie nicht wegzudenken. Druckluftbetriebene Handwerkzeuge, Blaspistolen, Druckluftzylinder zur Steuerung von Maschinen- und Stellelementen, Lackier- und Sandstrahlanlage sind nur einige Beispiele des breiten Anwendungsfeldes von Druckluft.

Druckluft ist zugleich eine der teuersten Energieformen überhaupt. Der Großteil der Kosten eines Druckluftsystems ergeben sich durch den alltäglichen Einsatz im Betrieb. Was viele nicht berücksichtigen: Kaum eine Querschnittstechnologie lässt sich so einfach optimieren, schon kleine Maßnahmen können bereits viel bewirken.

1 Einsparpotentiale Druckluft

Angesichts der vielen und einfachen Optimierungsmöglichkeiten gehen ExpertInnen von beachtlichen Einsparpotentialen bei der Druckluftanwendung aus. Unternehmen in Deutschland könnten demnach 30% bis 50% Einsparungen erzielen [1,2].

Allerdings sind die Einsparpotentiale den Unternehmen und ihren Entscheidungsträgern häufig nicht bewusst. Insbesondere in kleinen Unternehmen sind den Verantwortlichen die Energiesparpotentiale nicht ausreichend bekannt (vgl. Abbildung 1).

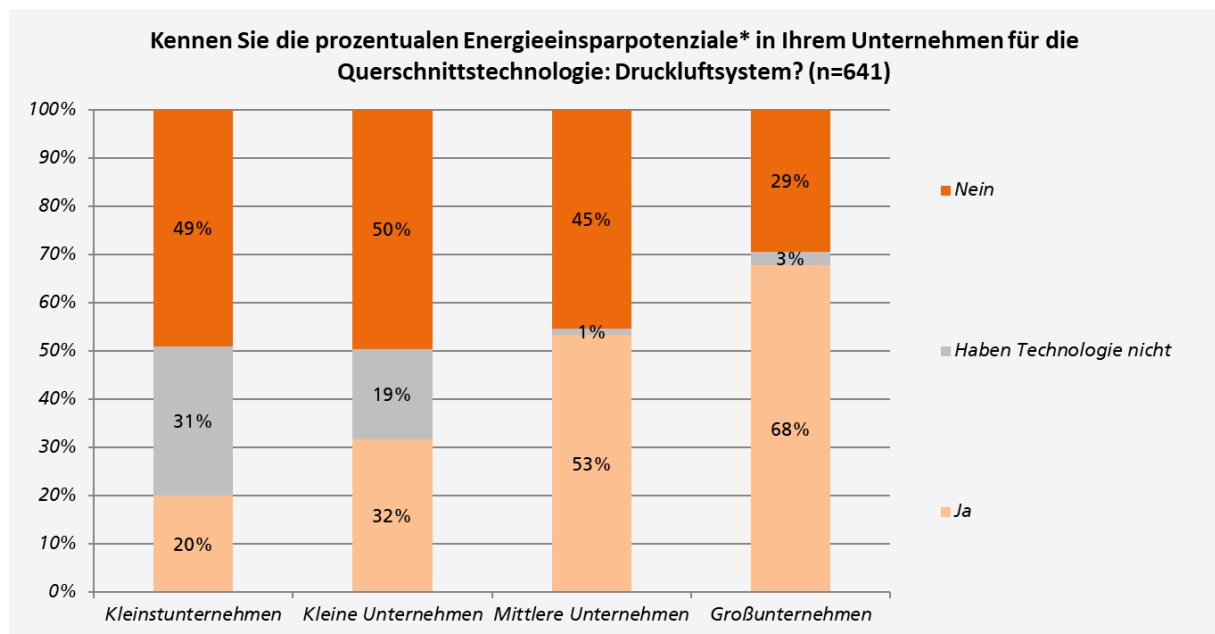


Abbildung 2: Einschätzung der Einsparpotentiale der Druckluft von Unternehmen [3]

Energie- und Kosteneinsparungen können in verschiedenen Bereichen erzielt werden. Unabhängig von der konkreten Ausgangssituation im Betrieb können zur Orientierung die folgenden Einsparpotentiale angeführt werden.

- Kompressor-Wärmerückgewinnung: 20 - 50%
- Druckluftverbraucher und -anwendung: 20 - 40%
- Kompressor-Steuerung: 20 - 30%
- Beseitigung von Druckluft-Leckagen: 20 - 30%
- Optimierung des Druckluftnetzdrucks: 15%
- Optimierung der Druckluftaufbereitung: 2 - 3%
- Wartung und Instandhaltung: 2-5%

An einem Praxisbeispiel soll die Wirtschaftlichkeit von verschiedenen Maßnahmen illustriert werden. Es handelt sich dabei um ein Industrieunternehmen, das in 2 Schichten produziert und zur Druckluftherzeugung einen Kompressor mit 55 kW Antriebsleistung verwendet. Das Druckluftsystem ist mit rund 80% ausgelastet und Leckagen verursachen rund 20% Verlust. Innerhalb des Druckluftverteilnetzes geht rund 1 bar verloren. Im Hinblick auf die Verbraucher könnte der Betriebsdruck um 2 bar gesenkt werden. Die Energiekosten pro Jahr belaufen sich auf rund 50.000 EUR.

- Durch die Reduzierung der Leckage um 10% ergeben sich bei einem finanziellen Aufwand von rund 2.300 EUR (inkl. Ortung, Beseitigung durch Dienstleister und Rep.-Komp.) eine Einsparung pro Jahr von rund 5.000 EUR.
- Durch die Reduzierung Druckabfalls um 0,5 bar ergeben sich bei einem finanziellen Aufwand von rund 5.000 EUR (Rohrleitung, zusätzliche Kugelhähne etc.) eine Einsparung pro Jahr von rund 1.500 EUR.
- Durch die Integration einer Kompressor-Wärmerückgewinnung und der Wärmeeinspeisung in das Heizungssystem ergeben sich bei einem finanziellen Aufwand von rund 2.700 EUR (Nachrüstung des vorhandenen Kompressors) eine jährliche Einsparung von rund 11.100 EUR.
- Durch die Betriebsdruckabsenkung um 1 bar, die ohne finanziellen Aufwand durchgeführt werden kann, ergibt sich eine jährliche Einsparung von rund 3.000 EUR.
- Durch die Anlagenoptimierung: ergeben sich bei einem finanziellen Aufwand von rund 13.000 EUR (neuer Kompressor etc.) eine jährliche Einsparung von rund 3.500 EUR.

Werden alle Maßnahmen durchgeführt, sich folgendes Ergebnis:

Investitionen:	23.000,- €
Jährliche Einsparung:	24.100,- €
Amortisationsdauer:	< 1,0 Jahre (ohne Förderung)

Insgesamt ergibt sich durch alle Maßnahmen eine Einsparung von rund 24.000 EUR. Dabei entfallen rund 13.000 EUR Einsparungen auf die Druckluftkosten und rund 11.000 EUR Einsparungen auf die Heizkosten.

2 Zusätzlicher Nutzen von Maßnahmen

Neben der Einsparung von Kosten können mit Energieeffizienzmaßnahmen noch weitere Vorteile einhergehen, die für das Unternehmen von Wert sein können. Im Hinblick auf die Druckluftanwendung kann sich in unterschiedlichen Bereichen ein zusätzlicher Nutzen ergeben.

- Reduzierung der Lärmbelastung – Die Lärmbelastung kann durch die Eliminierung von Leckagen und der Minimierung des Kompressoreinsatzes verringert werden. Damit verbunden ist zugleich die Erhöhung der Arbeitssicherheit.
- Minimierung von Verschleiß und Störanfälligkeit – Die Druckluftqualität kann durch eine optimierte Druckluftaufbereitung verbessert werden und so der Verschleiß und die Störanfälligkeit der Geräte und Anlagen verringert werden.
- Produktivitätssteigerung – Die Produktivität kann durch geringeren Verschleiß und verbesserte Präzision der Druckluftanwendungen erhöht werden.
- Verbesserung der Emissionsbilanz – Insbesondere, wenn ein Unternehmen Klimaneutralität anstrebt, wirken sich Energieeffizienzmaßnahmen langfristig und positiv auf die Treibhausgasbilanz aus.

3 Einspar-Möglichkeiten- Maßnahmen zur Steigerung der Druckluft-Energieeffizienz

Für die energieeffiziente Optimierung der Druckluftversorgung gibt es eine Reihe von möglichen Maßnahmen. Wie in Abbildung 2 ersichtlich, lassen sich 6 Bereiche unterscheiden. Wichtig ist vor allem, zunächst bei der praktischen Anwendung zu starten und dann Schritt für Schritt das gesamte System zu verbessern. Häufig konzentrieren sich bei Verbesserungsmaßnahmen nur auf die Kompressoren, diese sollten aber eher erst am Ende in den Blick genommen werden.



Abbildung 3: Maßnahmenbereiche zur Steigerung der Druckluft-Energieeffizienz

1. Energieeinsparung bei der Druckluftanwendung

Die individuelle Druckluftanwendung bestimmt den Druckluftbedarf und das Druckniveau. Die Auslegung des Druckluftleitungssystems und die Dimensionierung des Kompressors zur Druckluftherzeugung muss sich an der Druckluftanwendung orientieren. Es ist daher wichtig, zuerst die Druckluftanwendung zu optimieren, bevor die Optimierung der Druckluftherzeugung in Angriff genommen wird. Beispielsweise kann ein neuer Kompressor womöglich kleiner dimensioniert sein, weil sich aufgrund von Einsparmaßnahmen bei der Druckluftanwendung ein geringerer Druckluftbedarf ergibt. Die Energieeffizienz kann so noch erheblicher gesteigert werden.

Beim Einsatz von Blaspistolen sollte ein geringerer Druck verwendet werden. Der Einsatz des vollen Leitungsdrucks ist keinesfalls notwendig und in vielen Fällen sogar gefährlich. Um eine Reinigung von Werkstücken durchzuführen, reichen bereits 4 bar aus. Aus dem Betrieb mit einem hohen Druck resultiert ein deutlich höherer Energiebedarf als notwendig benötigt. Zudem entstehen sehr hohe Lärmemissionen. Eine Blaspistole sollte außerdem niemals zum Reinigen von Kleidungsstücken oder des Bodens verwendet werden.

Beim Einsatz pneumatischer Zylinder sollte ebenfalls auf den ausreichenden Druckluftbedarf geachtet werden. Je nachdem mit welchem Hub ein Zylinder arbeitet und Kraft aufbringt sollte der Gegenhub mit einer Druckreduzierung realisiert werden – wenn der Hub keine Kraft aufbringen muss, reichen bereits 3 bar um die Ein- bzw. Ausfahrbewegung zu realisieren.

Bei der Druckluftanwendung können mit wenig Aufwand eine ganze Reihe von Maßnahmen zu deutlichen Einsparungen führen. Diese Maßnahmen konzentrieren sich auf das Verhalten im Betrieb, den Einsatz pneumatisch betriebener Werkzeuge und Maschinen sowie deren Beschaffung.

- Druckluft sollte nicht für Reinigungszwecke durch Abblasen verwendet werden, da so der Schmutz nicht entfernt, sondern nur verteilt wird. Die Verwendung eines Handbesens ist dagegen wirtschaftlicher und schonender.
- Vor dem Kauf der Druckluftwerkzeuge sollte auf entsprechende Herstellerangaben bezüglich Druckluftverbrauch und Betriebsdruck geachtet werden.
- Bei der Anschaffung von Druckluft betriebenen Maschinen und Werkzeugen soll auf ein möglichst niedriges erforderliches Druckniveau geachtet werden.
- Die Druckluftkompressoren und Trockner sollten abgeschaltet werden, wenn kein Anwendungsbedarf besteht. Beispielsweise sollte der Kompressor nur dann laufen, wenn tatsächlich lackiert wird.

2. Energieeinsparung durch Druckluftalternativen

Die Nutzung von Druckluft ist in vielen Fällen praktisch und unumgänglich. Ein wesentlicher Nachteil der Druckluft liegt allerdings in den hohen Erzeugungskosten – 1 kWh Druckluftenergie kostet in der Erzeugung rund 10-mal so viel wie 1 kWh Strom und ein großer Teil geht durch Wärme verloren. Es kann sich daher lohnen, Anwendungen zu hinterfragen und nach Alternativen zu prüfen.

- Pneumatische Zylinder können durch elektrisch betriebene Aktuatoren ersetzt werden. Wenn die ganze Druckluftanlage nur wegen einem oder wenigen Druckluftzylindern rund um die Uhr läuft (Beispiel: per Druckluft betriebene Klappe bei einer Lüftungsanlage), dann lohnt sich der Ersatz mit einem elektrisch betriebenen Aktuator.
- Für druckluftbetriebene Handwerkzeuge wie Schleif- und Bohrmaschinen können elektrische Handgeräte eine effizientere Alternative darstellen.
- Druckluft sollte nicht zur Kühlung (z.B. von Produktionsanlagen) eingesetzt werden. Druckluft ist hierfür viel zu wertvoll und es sollte nach anderen Möglichkeiten der Temperaturreduktion gesucht werden.

3. Energieeinsparung bei der Druckluftverteilung

Allein bei der Druckluftverteilung kann bereits eine große Menge an erzeugter Druckluftenergie verloren gehen. Leckagen im Druckluftsystem sind hierbei ein besonders typischer Fall an Kosten- und Energieverschwendung, der in der Praxis häufig nicht beachtet wird. Druckluftleckagen können dazu führen, dass einerseits Kompressoren auf Anschlag laufen und die zur Verfügung stehende Luftmenge im Betrieb knapp ist.

Grundsätzlich bestehen die große Einsparpotentiale im Bereich der Leckagenbehebung. Leckagen werden nicht nur häufig unterschätzt, sondern bleiben auch häufig unbemerkt – im betrieblichen Alltag übertönen Maschinen das leise Zischeln des Luftaustritts. Zudem können kleinste Leckagen auch mit bestem Gehör kaum wahrgenommen werden. Durch Anwendung von Ultraschall-Leckagesuchgeräten können Undichtheiten auch bei lauten Umgebungsgeräuschen aufgespürt werden.

Die Auslegung und der Zustand des Druckluft-Leitungssystems ist ebenso entscheidend für die Effizienz der gesamten Druckluftanwendung. Druckabfälle und mangelnder Fließdruck kann durch unnötige Leitungsengstellen verursacht werden. Auf das Druckluftverteilungen ist insgesamt ein großes Augenmerk ist zu legen. Die Verteilungen bringen die Druckluft in die Nähe der Verbraucher. Hierbei wird zwischen einer Stichleitung und einer Ringleitung unterschieden.

Stichleitungen zweigen von der Hauptleitung (oder größeren Verteilerleitungen) ab und enden am Verbraucher. Stichleitungen haben den Nachteil, dass sie hohe Druckverluste verursachen.

Eine Ringleitung bildet einen geschlossenen Verteilungsring. Bei der Druckluftversorgung durch einen Verteilungsring muss die Druckluft einen kürzeren Weg zurücklegen als bei Stichleitungen. Das bedingt einen geringeren Druckabfall.

Grundsätzlich sollten Verbraucher an Festleitungen anstatt an Schlauchleitungen angeschlossen werden. Durch die Verwirbelungen im Schlauch kommt es zu einer verminderten Effizienz. Zudem sind Schlauchleitungen anfälliger für Leckagen und sollten für stationäre Anwendungen (z.B. pneumatisch betriebene Anlagen) nicht verwendet werden.

Zusammenfassend lassen sich für die Druckluftverteilung die folgenden Einsparmaßnahmen festhalten.

- Regelmäßige Leckagesuche und Beseitigung durchführen (z.B. Rundgänge während ruhigen oder produktionsfreien Zeiten).
- Druck- und Leckageverluste bei Anschlüssen (Kupplungen und Schläuchen) vermeiden.
- Regelmäßiges Überprüfen und Austauschen von Dichtungen oder Schlauchklemmen durchführen.
- Nach Möglichkeit Quetschverbindungen anstatt Schlauchklemmen verwenden.
- Möglichst große Dimensionierung der Anschlussleitung wählen.
- Schnelkupplungen und Kugelhähne mit vollem Durchgang wählen.
- Absperrvorrichtungen an den einzelnen Anwendungen anbringen.
- Überflüssigen Zapfstellen demontieren.
- Nach Möglichkeit eine Ringleitung anstatt einer Stichleitung zur Verteilung der Druckluft ausführen.
- Nach Möglichkeit Festleitungen anstatt Schlauchleitungen verwenden.

4. Energieeinsparung bei der Druckluftaufarbeitung

Druckluft speist sich aus der Umgebungsluft, die Verunreinigungen wie ÖL, Feuchtigkeit, Rost, Schweißzunder, Staub oder andere Partikel enthalten kann. Druckluft muss daher aufbereitet werden. Die Qualität der erzeugten Druckluft ist in doppelter Weise bedeutsam. Zum einen erfordern bestimmte Anwendungen spezifische Anforderungen an die Druckluftqualität. Beispielsweise sind Verunreinigungen der Druckluftanwendung für pharmazeutische oder lebensmittelverarbeitende Unternehmen besonders kritisch. Zum anderen hat die Druckluftqualität direkte Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit pneumatischer Anwendungen. Maschinen und Anlagen können ausfallen und es können zusätzliche Betriebskosten entstehen. Eine gewisse Druckluftaufbereitung ist in jedem Fall unerlässlich, allerdings sollte

jedoch nur so weit aufbereitet werden, wie es für die Anwendung nötig ist. Unverhältnismäßig hohe Anstrengungen erfordern unnötig Kosten in der Anschaffung, Wartung und Energie.

Die Aufbereitung der Druckluft geschieht in der Praxis durch:

- Filter
- Flüssigkeitsabscheider durch Kondensat-Abscheider
- Drucklufttrockner

Die folgenden Einsparmaßnahmen können auf diese Prozesse der Aufbereitung angewendet werden.

- Passende Filter entsprechend der Anforderungen an die Druckluftqualität einsetzen
- Filter regelmäßige reinigen oder auswechseln
- Energieeffiziente niveauregulierte Kondensat-Abscheider verwenden
- Auf eine optimale Platzierung der Trockner achten
- Wird keine Druckluft benötigt, sollten die Kompressoren und Trockner unbedingt ausgeschaltet werden (Wochenende, Nacht, Feiertage).

5. Energieeinsparung bei der Drucklufterzeugung

Druckluft wird mit Kompressoren erzeugt. Kompressoren verdichten die Luft und werden hauptsächlich elektrisch angetrieben. Für die Verdichtung von Druckluft kommen unterschiedliche Kompressor-Typen zur Anwendung. In Industrie- und Handwerksunternehmen kommen in der Regel Kolben-, Schrauben- oder Turbokompressoren zur Anwendung.

Der Kolbenkompressor gehört zu den einfachsten Kompressor-Arten. Kolbenkompressoren werden häufig für hohe Druckbereiche bei geringer Fördermenge verwendet. Mit seiner einfachen Bauweise kommt der Kolbenkompressor fast überall zum Einsatz –, auf der Baustelle, in der Werkstatt oder im Labor. Der Kolbenkompressor eignet sich vor allem bei eher kurzzeitigen Druckluftanwendungen.

Schraubenkompressoren eignen sich vor allem dann, wenn Maschinen und Anlagen kontinuierlich mit Druckluft versorgt werden müssen. Schraubenkompressoren werden in der Regel für eine große Fördermenge bei eher niedrigem Ausgangsdruck angewendet. Schraubenkompressoren werden allgemein als Kompromisslösung verwendet.

Dagegen werden Turbokompressoren für sehr hohe Fördermenge bei eher niedrigen Druckbereichen verwendet. Sie lassen sich jedoch nur sehr eingeschränkt und nur mit relativ großen Wirkungsgradverlusten regeln (Ansaugdrosselregelung) und werden daher nur in Ausnahmefällen eingesetzt.

Allgemein kommt es beim Kompressor nicht darauf an, dass dieser möglichst groß ist, sondern darauf, dass eine möglichst gute Anpassung an den Leistungsbedarf und Einsatzzweck stattfindet. Neben den Kompressoren an sich hat auch deren Steuerung einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. Insbesondere wenn in einem Betrieb mehrere Kompressoren für die Druckluftversorgung zuständig sind und der Druckluftbedarf stark schwankt, kann eine entsprechende Kompressorsteuerung zur Effizienzsteigerung beitragen.

- Wird keine Druckluft benötigt, sollten die Kompressoren und Trockner unbedingt ausgeschaltet werden (Wochenende, Nacht, Feiertage).
- Die Verwendung eines an den erforderlichen Ausgangsdruck und Fördermenge angepassten Kompressor-Typs ist bereits entscheidend für die Wirtschaftlichkeit. Daneben ist auch die Dimensionierung des Kompressors entscheidend. Ein zu üppig dimensionierter Kompressor kann unnötigen Energie- und Kostenaufwand verursachen.
- Bei der Neuanschaffung eines Kompressors sollte eine ausführliche Bedarfsermittlung durchgeführt werden, um zum einen den passenden Kompressor auswählen zu können und zum anderen um Überdimensionierung zu vermeiden.
- Bei hohem Bedarf an Druckluft können anstatt eines einzelnen Kompressors mehrere in Reihe geschaltete Kompressoren Sinn machen. Beispielsweise kann eine bestimmte Grundlast mit einem Kompressor bereitgestellt werden, während zur Abdeckung der Spitzenlast ein weiterer Kompressor zugeschaltet werden. Neben dem effizienteren Betrieb kann eine solche Lösung auch das Störungsrisiko reduzieren und der Betrieb auch bei Ausfall eines Kompressors aufrechterhalten werden.
- Insbesondere beim Einsatz mehrerer Kompressoren sollte mithilfe einer Kompressorsteuerung das Druckband optimiert werden.
- Die Kompressoren sollten regelmäßig gewartet werden.
- Bei der räumlichen Installation des Kompressors sollte auf eine ausreichende Zuluft geachtet werden – ein zu kleiner Kompressorraum kann den Wirkungsgrad negativ beeinflussen.

6. Energieeinsparung durch Abwärmenutzung

Bei der Verdichtung im Kompressor entsteht eine große Menge an Wärme – Rund 85–90 % der eingesetzten elektrischen Energie wird in Wärme umgesetzt. Die Gesamtenergiekosten können deutlich gesenkt werden, wenn die im Kompressor anfallende Abwärme weiterverwendet wird.

- Allgemein sollte versucht werden, im Betrieb Anwendungen zu finden, die ganzjährig den Großteil der zur Verfügung stehenden Abwärme nutzen können.
- Die einfachste Methode der Wärmenutzung besteht darin, die entstehende warme Abluft im Winter durch Einblasen in die Betriebstätte bzw. zur Raumheizung zu benutzen.

- Wirtschaftlicher kann die Abwärme für die Heizungswassererwärmung, Brauchwassererwärmung, oder Prozesswärme genutzt werden
- Die Nutzung der Kompressor-Abwärme kann bei Bedarf auch zur Gebäudeklimatisierung oder Prozesskühlung verwendet werden – Eine Adsorptionskälteanlage wandelt die Abwärme des Kompressors in Kälte um.
- Bei der Beschaffung eines neuen Kompressors sollten die Möglichkeiten der Abwärmenutzung mitberücksichtigt werden.

4 Fördermöglichkeiten

Vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit und dem ökologischen Nutzen von Energieeffizienz-Maßnahmen existieren in Deutschland eine Reihe von Möglichkeiten der Förderung zur Umsetzung in Unternehmen. Unternehmen, die in effiziente Druckluft investieren möchten, können sich fördern lassen.

Das Programm „Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft“ ist das zentrale Förderprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) zur Steigerung der Energie- sowie Ressourceneffizienz in Unternehmen. Die konkreten Förderungen werden vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) organisiert und abgewickelt. Dabei adressieren fünf Module verschiedene Fördergegenstände. Im Folgenden werden die für die effiziente Druckluftversorgung relevanten Module vorgestellt.

Fördermöglichkeit 1

Über das „Modul 1: Querschnittstechnologien“ werden investive Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz durch den Einsatz von hocheffizienten und am Markt verfügbaren Technologien (z. B. energieeffiziente Schraubenkompressoren, Steuerung, Wärmerückgewinnung) gefördert. Das Netto-Investitionsvolumen für Einzelmaßnahmen, einschließlich Nebenkosten, muss dabei mindestens 2.000 € betragen. Die maximale Förderung beträgt 200.000 € bei einer Förderquote von bis zu 40 % der förderfähigen Investitionskosten.

Link zum Modul 1:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul1_Querschnittstechnologien/modul1_querschnittstechnologien_node.html

Fördermöglichkeit 2

Das „Modul 4: Energie- und ressourcenbezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen“ bezuschusst Maßnahmen zur energetischen und ressourcenorientierten Optimierung von industriellen und gewerblichen Anlagen und Prozessen, die zur Erhöhung der Energie- oder Ressourceneffizienz bzw. zur Senkung und Vermeidung des fossilen Energieverbrauchs oder CO₂-intensiver Ressourcen in Unternehmen beitragen mit bis zu 50 % der förderfähigen Investitionskosten. Die maximale Förderung ist auf einen Betrag von 500 € (900 € für kleine und mittlere Unternehmen) pro jährlich eingesparte Tonne CO₂ begrenzt.

Link zum Modul: 4

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul4_Energiebezogene_Optimierung/modul4_energiebezogene_optimierung_node.html

Fördermöglichkeit 3

Im Rahmen der Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft fördert die KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) Investitionen, die das Ziel der Energieeinsparung in Unternehmen verfolgen. Förderkrediten und Tilgungszuschüssen von bis zu 40 % der förderfähigen Kosten können von Unternehmen über die KfW beantragt werden.

Links zum Förderangebote der KfW:

<https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/EE-Produktion-292/>

Quellen

[1] Radgen, P., 2002: Umsetzung von Energieeinsparpotentialen bei der Druckluftanwendung durch die Kampagne „Druckluft effizient“. In: VDI-Gesellschaft (Hrsg.): Druckluft: Erzeugung, Aufbereitung, Verteilung, Anwendung und Planung. VDI-Verlag: Düsseldorf.

[2] Hesselbach, J., 2012: Energie- und klimaeffiziente Produktion: Grundlagen, Leitlinien und Praxisbeispiele. Vieweg+Teubner Verlag/Springer Fachmedien: Wiesbaden.

[3] EEP Institut für Energieeffizienz in der Produktion, 2021: Energieeffizienz-Index Sommer 2021, <https://www.eep.uni-stuttgart.de/eei/aktuelle-erhebung/>

Checkliste

Baustein 4:
Energieeffizienz-
Maßnahmen

Schwerpunkt:
Druckluft

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Checkliste: Maßnahmen für die energieeffiziente Druckluftverwendung im Betrieb

Maßnahme	Durchgeführt?	Anmerkungen
1. Druckluftanwendung		
Ausführliche Bedarfsermittlung Der Druckluftbedarf ist hinreichend bekannt.	☐	
Abschaltung der Druckluftanlage Die Druckluftanlage wird zu betriebsfreien Zeiten (z.B. Wochenende, Nacht) abgeschaltet.	☐	
Prüfung unnötiger Anwendungen Druckluft wird nicht für Reinigungszwecke („Abblasen“) oder zur Kühlung verwendet.	☐	
Prüfung Einstellungen Die Anwendung wird mit dem minimal notwendigen Druck und Durchfluss betrieben.	☐	
Prüfung Anwendungen Bei der Druckluft-Anwendung werden die für den Anwendungszweck optimalen Komponenten (z.B. passende Drucklufterdosen) verwendet.	☐	
2. Druckluftalternativen		
Prüfung druckloser Alternativen Druckluftanwendungen wurden nach effizienteren drucklosen Alternativen (z.B. elektrische Zylinder) hin überprüft.	☐	
3. Druckluftverteilung		
Aufspüren von Leckagen Druckluftleitungen und -schläuche sowie sämtliche Druckluftverbraucher wurden auf Leckagen überprüft.	☐	
Druckniveau optimieren Der Betriebsdruck wird auf hinreichend minimalem Druck gehalten.	☐	
Armaturen prüfen Veraltete, beschädigte Ventile und Kupplungen wurden durch moderne ersetzt.	☐	

Prüfung von Druckluftleitungen & -querschnitten ▪ Druckluftleitungen, -schläuche und -querschnitte wurden auf die notwendigen Maße hin überprüft. ▪ Zu lange Leitungen wurden gekürzt, Querschnittverengungen wurden beseitigt. ▪ Ungenutzte Leitungen oder kaum benutzte Leitungsbereiche werden durch Absperrventile abgekoppelt.	☐	
4. Druckluftaufbereitung		
Trockner-Wartung Der Trockner wird regelmäßig gewartet und auf Verunreinigungen überprüft.	☐	
Filter-Qualität Die Anforderung an die Qualität der einzusetzenden Druckluft im Betrieb ist bekannt und die Filterung der Druckluft ist entsprechend angepasst.	☐	
Austausch Filter Die Filter werden regelmäßig oder bei Bedarf (Druckluftverlust) ausgetauscht.	☐	
5. Druckluftherzeugung		
Kompressor-Anwendung Es werden die für die Art der Anwendung optimalen, Kompressoren verwendet.	☐	
Kompressor-Wartung Die Druckluftkompressoren werden regelmäßig gewartet.	☐	
Druckluftspeicher Der Druckluftspeicher ist für den Bedarf ausreichend und wird regelmäßig gewartet.	☐	

Optimierung Kompressor-Steuerung Die Steuerung der Kompressoren wurde entsprechend des Bedarfs und Verbrauchsprofils angepasst.	☐	
6. Abwärmenutzung		
Prüfung möglicher Abwärmenutzung Die Nutzung der Kompressor-Abwärme wurde überprüft oder die Anlage verfügt bereits über ein entsprechendes System.	☐	

Informationen zu

Baustein 4:
Energieeffizienz-
Maßnahmen

Schwerpunkt:
Kühl- und Kältetechnik

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Einleitung

Zahlreiche Unternehmen des produzierenden Gewerbes oder Handwerks nutzen die Kühl- und Kältetechnik für die unterschiedlichsten Anwendungen. Beispielhaft ist hier die Kühlung von Räumen in der Lebensmittelgewerbe, der Pharmaindustrie oder die Wärmeabfuhr in kunststoff- und metallverarbeitenden Unternehmen nennen. In jedem Fall erfordert die Bereitstellung von Kälte einen hohen Energieaufwand und zugleich hohe Kosten.

Aus physikalisch-thermodynamischer Sicht ist Kälte keine wirkliche Energieform. Der Begriff beschreibt vielmehr einen Zustand fehlender Energie in Form von Wärme. Um diesen Ungleichgewichtszustand zu erzeugen, muss Wärmeenergie unter Zufuhr höherwertiger Energie abgeführt werden. Dieses Prinzip ist für jede Form an Kälte- und Klimatechnologie gleich.

Der Kompressionskältdampfprozess hat die bei weitem größte Bedeutung in der Kälte- und Klimatechnik. Hier wird die Wärme unter Zufuhr mechanischer Arbeit abgeführt. Bei Sorptionskältemaschinen wiederum erfolgt die Wärmeabfuhr beispielsweise über einen thermischen Verdichter. Abbildung 1 zeigt eine Einordnung verschiedener Technologien der Kälteerzeugung.

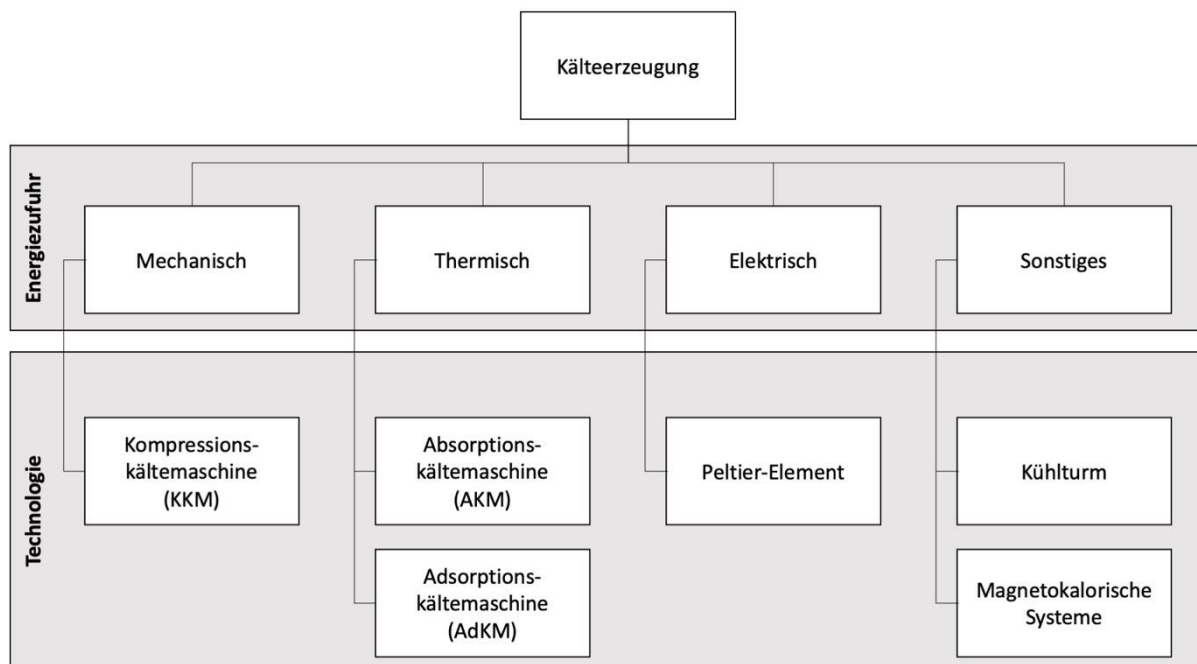


Abbildung 1: Einordnung Technologien der Kälteerzeugung [1,2]

Die Güte eines Kälteprozesses wird nicht mithilfe von Wirkungsgraden angegeben. Vielmehr wird ausgewiesen, wie viel hochwertige Arbeit erforderlich ist, um eine bestimmte Menge geringerwertiger Wärme abzuführen. Als Bewertungskenngröße dient die Leistungszahl ϵ_{KM} bzw. die Energy Efficiency Ratio EER einer Kältemaschine. Grundsätzlich gilt: Je größer die

zu überwindende Temperaturdifferenz ist, desto geringer wird die Leistungszahl einer Kältemaschine bzw. einer Wärmepumpe. Deshalb ist es entscheidend, beim Einsatz einer Kältemaschine oder Wärmepumpe von vornherein darauf zu achten, dass die zu überwindende Temperaturdifferenz durch entsprechende Maßnahmen klein gehalten werden kann.

1 Einsparpotentiale Kühl- und Kältetechnik

Wie in vielen anderen Technikbereichen eröffnen sich auch im Bereich der Kältetechnik bedeutende Potenziale zur Erhöhung der Energieeffizienz: Schätzungen gehen davon aus, dass der Stromverbrauch für kältetechnische Anlagen im Mittel um 5–30 % reduziert werden kann [3]. Bei der Umsetzung solcher Effizienzmaßnahmen kann in vielen Fällen mit Amortisationszeiten von weniger als drei Jahren gerechnet werden.

Allerdings sind die Einsparpotentiale den Unternehmen und ihren Entscheidungsträgern häufig nicht bewusst. Insbesondere in kleinen Unternehmen sind den Verantwortlichen die Energiesparpotentiale nicht bekannt (vgl. Abbildung 2).

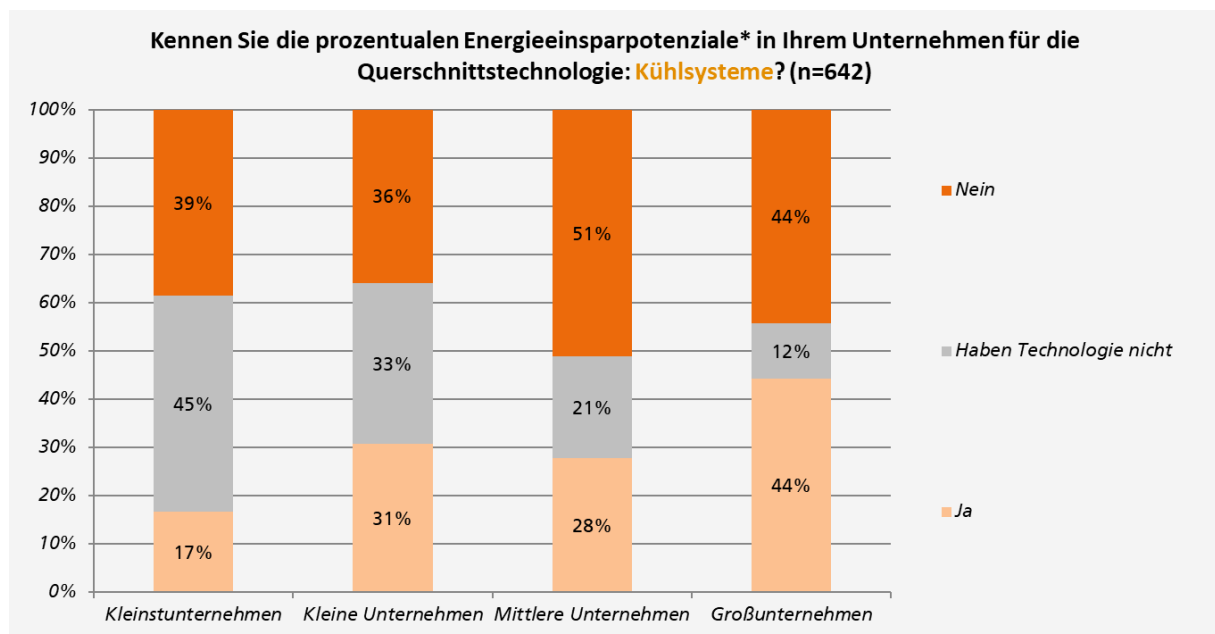


Abbildung 4: Einschätzung der Einsparpotentiale der Kälteanwendung von Unternehmen [4]

Die folgende Tabelle zeigt beispielhaft die möglichen Einsparpotenziale unterschiedlicher Effizienzmaßnahmen bei der Kälteversorgung.

Maßnahme	Einsparpotenzial
Verminderung des Kältebedarfs	
Systemoptimierung	8–10 %
Betriebs- und Wartungsmaßnahmen	4–8 %
Bessere Wärmedämmung	5–10 %
Wärmerückgewinnung	80 % (der Wärme)
Effizientere Geräte (z. B. Beleuchtung) in Kühlräumen	2 %
Benutzung effizienterer Geräte und Anlagen	
Antriebe mit Drehzahlregelung für Verdichter, Ventilatoren und Pumpen	4–6 %
Hocheffizienzmotoren für Ventilatoren an Verdampfern	2–5 %
Hocheffiziente Kältemittelverdichter	2–5 %
Hocheffizienzmotoren für Ventilatoren an Kondensatoren	2–5 %
Richtige Bedienung und Vermeidung unnötiger Temperaturen	
Reinigung der Wärmeübertragerflächen	3 %
Steuerung des Verdichtungsendrucks am Kältemittelverdichter	10–15 %
Abtasteuerung	5 %

Tabelle 1: Einsparpotentiale Unterschiedlicher Effizienzmaßnahmen bei der Kälteversorgung [5]

2 Zusätzlicher Nutzen von Maßnahmen in der Kühl- und Kältetechnik

Neben der Einsparung von Kosten können mit Energieeffizienzmaßnahmen noch weitere Vorteile einhergehen, die für das Unternehmen von Wert sein können. Im Hinblick auf die Kühl- und Klimatechnik kann sich in unterschiedlichen Bereichen ein zusätzlicher Nutzen ergeben.

- Reduzierung der Lärmbelastung – Die Lärmbelastung kann durch Vermeidung von Überdimensionierung oder durch den Umstieg auf sorptionsbasierte Kälteanwendungen verringert werden.
- Erhöhung der Ausfallsicherheit – Die Ausfallsicherheit kann durch Kaskadenbetrieb oder den redundanten Betrieb einer Absorptionskältemaschine und Kompressionskältemaschine erhöht werden.
- Verbesserung der Emissionsbilanz – Insbesondere, wenn ein Unternehmen Klimaneutralität anstrebt, wirken sich Energieeffizienzmaßnahmen langfristig und positiv auf die Treibhausgasbilanz aus.

3 Einspar-Möglichkeiten – Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz in der Kühl- und Kältetechnik

Bei der Kühl- und Kältetechnik gibt es eine Reihe von Ansatzpunkten zur Steigerung der Energieeffizienz [vgl. 6,7], die im Folgenden erläutert werden.

1. Energieeffizienzkriterien Kälteanwendung

Die individuelle Kälteanwendung bestimmt den Kältebedarf und das Temperaturniveau. Die Auslegung des Kältenetzes und die Dimensionierung der Anlagen zur Kälteerzeugung muss sich an der Kälteanwendung orientieren. Es ist daher wichtig, zuerst die Kälteanwendung zu optimieren, bevor die Optimierung der Kälteerzeugung in Angriff genommen wird.

Die folgenden Punkte bzw. Maßnahmen sind in diesem Zusammenhang zu beachten:

- Eine Möglichkeit zur Reduzierung des Kältebedarfs ist die Verbesserung der Wärmedämmung. Optimierungsmöglichkeiten bestehen beim verwendeten Dämmmaterial, der Wandstärke und der Qualität der Ausführung.
- Wichtig ist zudem eine Minimierung innerer Wärmequellen. Maßnahmen können beispielsweise die Anpassung der Belegungs- und Betriebszeiten oder der Einsatz effizienter Beleuchtung und Fördertechnik sein. Selbstverständlich sollte der interne Wärmeeintrag durch Prozesse, Maschinen oder Pumpen und Antriebe geringgehalten werden.
- Vergleichbar wichtig ist auch eine Minimierung der Wärmeeinstrahlung und Konvektion. Optionen hierfür sind eine Gestaltung des Eingangsbereichs, Schleusen an den Türen, Verkürzung der Tür-Öffnungsdauer und bei klimatisierten Gebäuden ein Sonnenschutz an den Fenstern sowie eine Optimierung der Raumluftechnik.
- In Kühlzellen sollte die Lagerung von Produkten einen ungehinderten Wärmeaustausch zulassen. Zudem sollte eine übermäßige Kühlung von Produkten durch eine regelmäßige Kontrolle der Kühlraumtemperatur vermieden werden. In diesem Zusammenhang sind außerdem getrennte Lagerräume oder unterschiedliche Temperaturzonen zu empfehlen.
- Die betrieblichen Anforderungen an das zu erbringende Temperaturniveau sind sorgfältig zu untersuchen. Gegebenenfalls kann die Temperatur, bei der zu kühlen bzw. die Kälte bereitzustellen ist, erhöht werden. Häufig wird für die Auslegung und den Betrieb von Kälteanlagen der Prozess mit der niedrigsten notwendigen Temperatur zu Grunde gelegt. Dieser bestimmt – unabhängig von der Kälteleistung – die Kühlvorlauftemperatur, alle anderen Temperaturniveaus werden durch Mischen erzeugt. Dieser Ansatz ist energetisch gesehen höchst ineffizient. Maßgeblich für die Wahl der notwendigen Kühltemperatur sollten die Hauptverbraucher sein. Tiefere Temperaturniveaus können

dann durch zusätzliche Kühleinrichtungen (z. B. im Kaskadenbetrieb) bereitgestellt werden.

Faustregel: Ein Kühlraum sollte einen ausgehenden Wärmestrom (Wärmeverlust) von max. 10 W/m² aufweisen.

2. Energieeffizienzkriterien alternative Kältesysteme & Wärmerückgewinnung

Die Kältetechnik ermöglicht es, sehr unterschiedliche Anlagenkonfigurationen zu verwirklichen. Bei der Planung einer Kälteanlage ist deshalb die jeweilige anwendungsspezifische Einzelsituation zu beachten. In diesem Zusammenhang sollte immer auch der Einsatz alternativer Kältesysteme sowie die Nutzung von Abwärme geprüft werden:

- In einem ersten Schritt sollte geprüft werden, ob die Kälte aus natürlichen Quellen entnommen werden kann. Freiluftkühler sind aufgrund ihres Energiebedarfs und der geringen Investitionskosten bevorzugt einzusetzen. Freiluftkühler eignen sich insbesondere, um den elektrischen Energiebedarf von Kompressionskältemaschinen durch eine so genannte Winterentlastung zu vermindern. Eine weitere Möglichkeit zur Nutzung der Umwelt für Kühlzwecke ist die oberflächennahe Geothermie oder die Kühlung durch Fluss- bzw. Brunnenwasser.
- Sorptionskältemaschinen können insbesondere dann energiesparend betrieben werden, wenn die für die Verdichtung erforderliche Wärme nicht durch eine Verbrennung von wertvollem Erdgas oder Heizöl bereitgestellt wird, sondern dem Prozess über exergieärmere industrielle Abwärme, Nahwärme, Fernwärme oder Prozessdampf aus einem Prozess der Kraft-Wärme-Kopplung („Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung“) zur Verfügung gestellt wird. Zudem können Absorptionskältemaschinen im Kombinationsbetrieb mit Kompressionskältemaschinen eingesetzt werden, um Spitzenlasten abzudecken oder Flexibilität bereitzustellen. Gleichzeitig bietet der kombinierte Betrieb eine Redundanz für Störfälle.
- Die Wärmerückgewinnung aus Kältesystemen ist vor allem dann interessant, wenn Wärme- und Kältebedarf gleichzeitig auftreten. Beispielhaft kann hier die Brauchwassererwärmung aufgeführt werden. Außerdem kann Abwärme aus Kälteanlagen über Wärmepumpen auf ein höheres Temperaturniveau gehoben werden. Hierbei kann es theoretisch sinnvoll sein, eine höhere Kondensationstemperatur in Kauf zu nehmen und damit die Effizienz des Kältesystems zu verschlechtern, um eine größere Menge Abwärme nutzbar zu machen.
- Eine weitere Option sind Anlagen zur kombinierten Wärmeversorgung und Kühlung. Hier wird der strombetriebene Verdichterantrieb durch einen gasmotorischen ersetzt und der

überwiegende Teil der Abgaswärme sowie der Kühlwasserwärme des Gasmotors im Wärmepumpenbetrieb zur Wärmeversorgung verwendet.

3. Energieeffizienzkriterien Kältetransport

Wurde ein herkömmlicher Kompressionskälteprozess zur Kälteerzeugung gewählt, muss entschieden werden, wie die Kälte zum Verbraucher transportiert wird. Im Fall der direkten Kühlung transportieren Kältemittelnetze das Kältemittel von der Kältemaschine zur Kühlstelle und zurück. Bei indirekter Kühlung wird der Einsatz von Kältemitteln auf die zentrale Anlage beschränkt. Die Kälteverteilung erfolgt mit Hilfe preiswerter und ungefährlicher Kälteträger wie Wasser oder Solen. Allerdings müssen hier zwei Wärmeübertragungsvorgänge (im Verdampfer des Kältekreislaufs und im Wärmeübertrager an der jeweiligen Kühlstelle) realisiert werden. Verdampfungstemperatur und -druck müssten deshalb niedriger liegen, was zusätzliche Verdichtungsarbeit erfordert. Einen Energiekostenvorteil können indirekte Systeme jedoch erzielen, wenn sie mit Kältespeichern verbunden werden.

- Unabhängig von der Art der Kühlung sollten kurze Transportwege angestrebt werden. Auch die Druckverluste in den Rohrleitungen sind eine Ursache von Energieverlusten. Hier geht es um die Wahl des optimalen Leitungsdurchmessers und eine verlustarme Leitungsführung.
- Zudem müssen Leitungen, Anschlüsse und sämtliche Komponenten auf Leckagen hin untersucht werden.
- Für einen effizienten Betrieb sollte bei der direkten Kühlung auf eine Wärmedämmung der Rohrleitungen verzichtet werden. Evtl. ist eine Parallelführung von Kaltgas- und Flüssigkeitsleitungen in Berührung sinnvoll, um das heiße komprimierte Kältemittel zu unterkühlen und das unter geringem Druck stehende Kaltgas nach dem Verdampfer etwas zu überhitzen.
- Kälteträgerleitungen müssen anders als Kältemittelleitungen direkter Systeme sorgfältig wärmegeklämt werden, um den Energieeintrag peripherer Systemkomponenten (z. B. Pumpen) sowie den Wärmeübergang aus der Umgebung zu minimieren.

4. Energieeffizienzkriterien Kältemittel

Der Einsatz des richtigen Kältemittels hat Einfluss auf die Gesamteffizienz des Kältesystems.

- Auswahl eines geeigneten Kältemittels unter Berücksichtigung der Betriebsbedingungen und eingesetzten Komponenten.
- Einstellung der richtigen Menge. Sowohl zu viel als auch zu wenig Kältemittel wirken sich ungünstig auf die Effizienz des Kältesystems aus.

- Leckagen und der Verlust von Kältemittel können zu einer Überhitzung im Verdampfer führen. Hierdurch wird der Saugdruck verringert und die notwendige Druckerhöhung gesteigert. Aus diesem Grund sollten in regelmäßigen Abständen Dichtheitsprüfungen durchgeführt werden.
- Durch das Entfernen von Lufteinschlüssen und Inertgasen aus dem Kältemittelkreis kann die Verflüssigungstemperatur gesenkt und damit die Energieeffizienz gesteigert werden.

5. Energieeffizienzkriterien nach Bauteil/Komponente

Anlagen zur aktiven Kälteerzeugung sind in der Regel aufgebaut aus:

- einer Komponente, in der die abzuführende Wärme aufgenommen wird,
- einem Bauteil, durch das die Temperatur der aufgenommenen Wärme und der Druck des Kältemittels erhöht und durch den der Kältekreislauf angetrieben wird,
- einer Komponente für die abzugebende Wärme und
- einer Komponente, in der die Temperatur des Kältemittels gesenkt wird.

Abbildung 3 zeigt den Kältekreislauf einer herkömmlichen Kompressionskältemaschine mit einem Verdichter zur Temperatur- und Druckerhöhung, einen Verflüssiger (Kondensator, ggf. mit Kältemittelsammler) zur Wärmeabgabe, ein Expansionsventil zur Temperatur- und Druckverringering und einen oder mehrere Verdampfer zur Wärmeaufnahme.

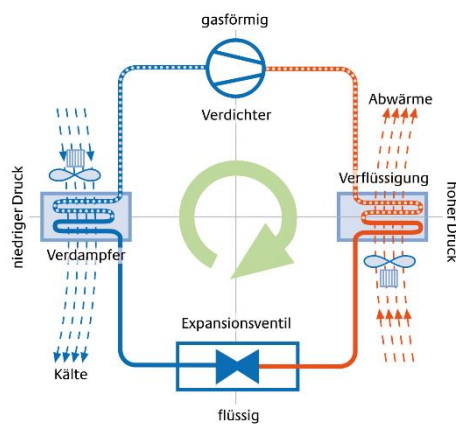


Abbildung 3: Kältekreislauf der Kompressionskältemaschine [5,6]

Für ein besseres Verständnis werden nachfolgend die wesentlichen Bauteile näher erläutert.

A Verdichter und Antriebe

Der Verdichter hat die Aufgabe, den überhitzten Kältemitteldampf auf einen höheren Druck und damit auf eine höhere Temperatur zu bringen. Die häufigsten Verdichter in Kälteanlagen sind Hubkolbenverdichter. Weniger verbreitet sind Drehkolbenverdichter. Wachsende

Bedeutung haben Scroll-Verdichter und bei mittelgroßen bis großen Kälteanlagen auch Schraubenverdichter. In Bezug auf die Effizienz sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Als Antrieb sollten Elektromotoren mit einem hohen Anlaufdrehmoment zum Einsatz kommen, um den Verdichter bei Bedarf gegen die Maximallast anfahren zu können. Da der Verdichter im regulären Betrieb eine viel geringere Leistung braucht als beim Anlauf, würde die Verwendung eines Motors mit niedrigem Anlaufmoment zu einer Überdimensionierung des Motors führen. Ein überdimensionierter Motor arbeitet im Teillastbetrieb ineffizient und verursacht damit hohe Energiekosten. Geregelter Synchronantriebe weisen hier deutliche Vorteile gegenüber ungeregelten bzw. geregelten Asynchronmotoren auf.
- Neben dem Anlaufverhalten des Antriebsmotors sind die jeweiligen Wirkungsgrade bei den häufigsten Lastzuständen von besonderer Bedeutung. Das technische Optimum sollte dann am besten nicht bei Volllast, sondern beim häufigsten Teillastbetriebszustand liegen.
- Die Arbeit des Motors kann entweder direkt oder mit einer Drehzahlübersetzung auf die Verdichterwelle übertragen werden. Oft kommen Keilriemenantriebe zum Einsatz. Hier ist die Riemenspannung regelmäßig wiederkehrend zu überprüfen.
- Mit Hilfe der Verdichterleistungsregelung kann die Stabilität des Gesamtsystems gewährleistet und die jeweils geforderte Verdampfungstemperatur sichergestellt werden. Durch das Anpassen der Antriebsleistung kann gleichzeitig der Energieverbrauch vermindert werden. Gebräuchliche Möglichkeiten sind hierbei die Zylinderabschaltung bei Kolbenverdichtern über integrierte Magnetventile, die Abschaltung einzelner Verdichter im Verbundbetrieb, die Leistungsregelung über Schieber bei Schraubenverdichtern, die Drehzahlregelung und die Heißgas-Bypassregelung. Die Heißgas-Bypassregelung ist aus energetischer Sicht jedoch als ungünstig anzusehen.
- Bei großen Kühllasten sollten mehrere Verdichter im Verbundbetrieb eingesetzt werden. Hier ist die Abschaltung einzelner Verdichter vorteilhaft. Besonders, wenn die einzelnen Verdichter eine unterschiedliche Leistung aufweisen. Dann können die Verdichter mittels Druckbandregelung so angesteuert werden, dass sie Betriebspunkt mit der höchstmöglichen Energieeffizienz arbeiten.

B Verflüssiger (Kondensator)

Die Aufgabe des Verflüssigers ist es, die im Verdampfer aufgenommene Energie und die durch die Verdichtung zugeführte Energie wieder an die Umgebung abzugeben. Dies geschieht durch einen Wärmeübergang vom heißen Kältemittel an ein Kühlmedium, meistens Wasser oder Luft. Als Verflüssiger werden verschiedene Bauarten von Wärmeaustauschern eingesetzt. Beispiele sind luftgekühlte Verflüssiger, wassergekühlte Verflüssiger und

Verdunstungskühler. Die richtige Ausführung, Dimensionierung und Aufstellung des Verflüssigers hat einen entscheidenden Einfluss auf die Energieeffizienz und Leistungsfähigkeit der Kälteanlage.

Für die Energieeffizienz sind folgende Punkte entscheidend:

- Die Verflüssiger-Oberfläche sollte ausreichend groß dimensioniert sein, um die treibende Temperaturdifferenz für den Wärmedurchgang gering zu halten.
- Die Verflüssiger-Temperatur sollte durch Regelmechanismen, wie elektronische Expansionsventile an Umgebungstemperatur angepasst werden.
- Der Verflüssiger sollte frei von Schmutz, Korrosion und Ablagerungen sein, um einen ungehinderten Wärmeaustausch zu ermöglichen.
- Die Leistung luftgekühlter Verflüssiger mit natürlicher Luftanströmung (freier Konvektion) kann durch eine Zwangsanströmung mittels Luftgebläse deutlich erhöht werden. Bei einem wassergekühlten Verflüssiger hat die Absenkung der Kühlwassertemperatur eine entsprechende Wirkung.
- Für die Wärmeabfuhr luftgekühlter Verflüssiger sollten möglichst drehzahlgeregelte Ventilatoren zum Einsatz kommen. Für den Kälte- bzw. Wärmetransport sind effiziente, drehzahlgeregelte Pumpen sinnvoll.

Faustregel: Die Temperaturdifferenz zwischen dem Kühlmittel und der Luft durch den Kondensator sollte nicht mehr als 15 K betragen. Eine Absenkung der Verflüssigungstemperatur um 1°C ist mit einer Verminderung des Energiebedarfs um etwa 3% bzw. mit einer Erhöhung der Kälteleistung um etwa 1% verbunden.

Ferner können Kälteanlagen um einen Kältemittelsammler ergänzt werden, um die Stabilität des Prozesses zu verbessern und Instandhaltungsarbeiten zu erleichtern.

C Expansionsventil (Drosselorgan)

Hauptaufgabe des Drosselorgans ist es, den Druck des Kältemittels vom Verflüssigungsdruck auf den Verdampfungsdruck zu reduzieren. Außerdem werden an dieser Stelle der Massenstrom des Kältemittels und damit die Verdampferleistung geregelt. Es gibt verschiedene Bauarten. Die wichtigsten verwendeten Drosselorgane sind:

- Handexpansionsventil
- Niederdruck-Schwimmerventil
- Hochdruck-Schwimmerventil
- Konstantdruck-Schwimmerventil
- Thermostatisches Expansionsventil

- Elektronisches Expansionsventil
- Kapillardrosselrohr

Für das Expansionsventil sind folgende Energieeffizienzkriterien zu beachten:

- Bei thermostatischen Expansionsventilen hat die Regelung der Überhitzungstemperatur einen bedeutenden Effekt auf die Effizienz und Zuverlässigkeit: bei zu geringer Überhitzung kann flüssiges Kältemittel in den Verdichter gelangen und Ausfälle verursachen; bei zu hoher Überhitzung sinkt die Effizienz in Folge einer schlechten Ausnutzung der Kühlerfläche und damit einer niedrigen Verdampfungstemperatur.
- Bei variierenden Druckdifferenzen, z.B. auch in Folge der Angleichung an niedrigere Umgebungstemperaturen, sind Schwimmentile, thermostatische Expansionsventile mit äußerem Druckausgleich oder elektronische Expansionsventile zu verwenden. Letztere sind jedoch mit höheren Investitionskosten verbunden.
- Hochdruck-Schwimmentile haben den Vorteil, dass es bei Anlagenstopp zu einem Druckausgleich über das Entlüftungsrohr kommt und daher der Kompressor beim Start weniger Energie aufnimmt.

D Verdampfer

Im Verdampfer wird bei niederem Druck und niedriger Temperatur des Kältemittels die Wärme aufgenommen, die bei einer Kälteanlage dem zu kühlenden Bereich entzogen wird. Der Verdampfer ist wie der Verflüssiger ein Wärmeübertrager und kann in unterschiedlichen Bauformen ausgeführt sein. Zum Kühlen von Luft eignen sich Lamellenverdampfer. Zum Kühlen von Flüssigkeiten werden u.a. Glattrohrverdampfer eingesetzt. Für einen energieeffizienten Betrieb sollten die folgenden Maßnahmen berücksichtigt werden.

- Die Oberfläche sollte des eingesetzten Wärmeübertragers großflächig dimensioniert werden, um die treibende Temperaturdifferenz für den Wärmedurchgang gering zu halten und die Leistung zu steigern.
- Verdampfer- und Verdichterleistung müssen aufeinander abgestimmt sein. Wird die Verdampferfläche größer gewählt, benötigt man eine geringere Temperaturdifferenz und somit kann die Verdampfungstemperatur entsprechend höher gewählt werden. Weil dadurch auch der Verdampfungsdruck höher liegt, muss der Verdichter bei gleichem Nutzen weniger Arbeit leisten (→ Verdampferfüllungsregelung).
- Für einen ungehinderten Wärmeaustausch müssen Luftkühler von Schmutz befreit und regelmäßig abgetaut werden. Während des Abtauens sollte der Verdampfer verschließen, um einen Abtauwärmeeintrag in den Kühlraum zu vermeiden. Optimal erfolgt dies mit sog.

Abtauklappen auf der Ansaugseite des Verdampfers. Außerdem gilt es die Rohre des Verdampfers wiederkehrend zu säubern, um Korrosion zu vermeiden.

- Ölrückstände müssen aus Verdampfer müssen entfernen werden, um einen Druckabfall und somit einen schlechteren Wärmeübergang im Verdampfer zu vermeiden.

Faustregel: Die Temperaturdifferenz zwischen dem Kältemittel und dem zu kühlenden Medium sollte zwischen 3 K und 7 K betragen (1 K geringere Temperaturdifferenz bringt ca. 3% Energieeinsparung).

6. Energieeffizienzkriterien Regelung

Moderne Kältemaschinen sind hoch komplexe Anlagen mit einer Reihe ineinander verzahnter Regelsysteme. Regelungen erkennen Abweichungen zwischen dem vorgegebenen Soll-Wert und dem tatsächlichen Ist-Wert. Die Grundaufgabe der Kälteanlagen-Regelung ist es, äußere und innere Einflüsse („Störgrößen“) auszugleichen, um Kältebedarf und Erzeugung im Gleichgewicht zu halten. Abgebildet wird dieses Gleichgewicht durch Messgrößen wie die Temperatur an der Kühlstelle, aber ebenso durch Drücke oder Kältemittelfüllstände. Drei wichtige übergeordnete Regelungen in Kälteanlagen sind folgende:

- Kühlstellentemperaturregelung
- Verdampferfüllungsregelung
- Verdichterleistungsregelung

Die Optimierungsmöglichkeiten mit Hilfe der Regel- und Steuerungstechnik sind vielfältig. Dabei gilt: Je intelligenter die Steuerung, desto höher sind in der Regel die möglichen Effizienzsteigerungen. Allerdings ist zu beachten, dass die technischen Einzelkomponenten sinnvoll in übergeordnete Systeme integriert werden. Neben den bereits aufgeführten regeltechnischen Maßnahmen einzelner Komponenten sind folgende Punkte relevant:

- Bleibende Regelabweichungen klein halten.
- Kühlbedarf auf das notwendige Maß beschränken: Zulässige Toleranzen ausnutzen.
- Lastmanagement vornehmen, um Stromleistungskosten gering zu halten.
- Leistung an momentane Kühllasten anpassen.
- Bei Klimaanlage gleitende Vorlauftemperaturen einstellen.
- Antriebsdrehzahl regeln.

7. Energieeffizienzkriterien Kältespeicher

Kältespeicher haben die Aufgabe, die Kälteerzeugung zeitlich vom Kälteverbrauch zu entkoppeln. Dadurch können beispielsweise Lastspitzen abgefedert und somit die elektrischen

Anschlusskosten gesenkt werden. Kälte kann entweder in Form sensibler Wärme (Temperaturdifferenz), latenter Wärme (Phasenübergangsenthalpie) oder chemisch als Reaktionsenthalpie gespeichert werden. Die größte Bedeutung hat die latente Wärmespeicherung, insbesondere in Form von Eis mittels Eisspeicher. In Bezug auf die Effizienz werden folgende Maßnahmen aufgeführt:

- Der Betrieb bei Nacht hat den Vorteil, dass die Außentemperaturen geringer sind. Dies führt zu einer niedrigeren Kondensationstemperatur im Verflüssiger und erhöht damit die Energieeffizienz
- Kälteanlagen sind oft überdimensioniert, um Spitzenlasten zu decken. Durch die Installation und die Bewirtschaftung eines Kältespeichers lässt sich die Kälteanlage auf eine kleinere Leistung auslegen und bei optimalem Wirkungsgrad betreiben.

Grundsätzlich liegt der Vorteil eines Kältespeichers eher bei der Einsparung der Betriebskosten als des Energieverbrauchs, da Umwandlungs- und Speicherverluste berücksichtigt werden müssen.

8. Energieeffizienzkriterien Wartung & Instandhaltung

Eine gute Wartung erhält die Effizienz der Kälteanlage. Hinweise zur effizienzorientierten Instandhaltung sind den vorherigen Maßnahmenpaketen zu entnehmen.

4 Fördermöglichkeiten Kühl- und Kältetechnik

Unternehmen, die in effiziente Kältetechnik investieren möchten, können sich fördern lassen. Mit dem Förderprogramm „Kälte- und Klimaanlage“ wird der Einsatz von Klimaschutz-Technologien in gewerblichen Anwendungen gefördert. Die geförderten Maßnahmen führen zu einer Steigerung der Energieeffizienz, einer Minderung des Kältebedarfs sowie einer Reduktion der Treibhausgas-Emissionen und tragen daher zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung bei. Die Förderhöhe ist dabei im Einzelfall zu prüfen.

Link zum Fördermodul:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Klima_Kaeltetechnik/klima_kaeltetechnik_node.html

Über das Programm „Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft“ (Modul 4: Energie- und ressourcenbezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen) fördert das BAFA außerdem Maßnahmen zur energetischen und ressourcenorientierten Optimierung von industriellen und gewerblichen Anlagen und Prozessen, die zur Erhöhung der Energie- oder

Ressourceneffizienz beziehungsweise zur Senkung und Vermeidung des fossilen Energieverbrauchs oder CO₂-intensiver Ressourcen in Unternehmen beitragen mit bis zu 50 % der förderfähigen Investitionskosten.

Link zum Modul 4:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul4_Energiebezogene_Optimierung/modul4_energiebezogene_optimierung_node.html

Förderung von Energieberatung

Allgemein kann eine professionelle Energieberatung eine große Hilfe für KMU darstellen. Das gilt im Besonderen für komplexere Maßnahmen, wie die Kühl- und Kältetechnik. Das BAFA unterstützt mittels der „Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“ Beratungsleistungen für Unternehmen. Im Rahmen des Moduls Energieberatung DIN V 18599 werden bis zu 80 % des förderfähigen Beratungshonorars, maximal jedoch 8.000 € bezuschusst.

Link zur Förderung von Energieberatung:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Nichtwohngebaeude_Anlagen_Systeme/Modul2_Energieberatung/modul2_energieberatung_node.html

Quellen

- [1] Ratgeber Kältetechnik für Industrie und Gewerbe. Initiative Energieeffizienz. Industrie & Gewerbe. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) Energiesysteme und Energiedienstleistungen, Berlin 2010.
http://www.dampfkesselservice.ch/files/Ratgeber_Kaeltetechnik_Industrie_und_Gewerbe.pdf
- [2] Hesselbach, J. (2012). Energie- und klimateffiziente Produktion: Grundlagen, Leitlinien und Praxisbeispiele. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9956-9>
- [3] Deutsche Energie-Agentur (dena), 2015: Energieeffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen. Energiekosten senken. Wettbewerbsvorteile sichern.
https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/1419_Broschuere_Energieeffizienz-in-KMU_2015.pdf (Zugriff: 21.07.2022)
- [4] EEP Institut für Energieeffizienz in der Produktion, 2021: Energieeffizienz-Index Sommer 2021, <https://www.eep.uni-stuttgart.de/eei/aktuelle-erhebung/>

- [5] Kulterer, K. (2007). Energieeffizienz in Kältesystemen; Beraterinformationen klima: aktiv Programm energieeffiziente Betriebe. Österreichische Energieagentur, Wien.
https://www.ztk.at/dl/Energieeffizienz_Kaeltesysteme_klima_aktiv.pdf
- [6] Kulterer, K. (2017). Leitfaden für Energieaudits in Kältesystemen. Österreichische Energieagentur, Wien. <https://docplayer.org/14250199-Leitfaden-fuer-energieaudits-in-kaeltesystemen.html>
- [7] Dehli, M. (2020). Energieeffizienz in Industrie, Dienstleistung und Gewerbe: Energietechnische Optimierungskonzepte für Unternehmen. Springer-Verlag.
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-23204-7>

Checkliste

Baustein 4:
Energieeffizienz-
Maßnahmen

Schwerpunkt:
Kühl- und Kältetechnik

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Checkliste: Kühl- und Kältetechnik

Maßnahme	Durchgeführt?	Anmerkungen
1. Kälteanwendung		
Bedarfsermittlung Der Kältebedarf und das erforderliche Temperaturniveau wurden hinreichend erhoben oder sind bekannt.	☐	
Prüfung einer Verminderung des Kältebedarfs Es wurde geprüft, inwiefern sich der Kältebedarf durch Verbesserung der Wärmedämmung, Vermeidung innerer Wärmequellen (z. B. effiziente Beleuchtung) und Verringerung der Wärmeeinstrahlung und Konvektion auf ein Minimum reduzieren lässt.	☐	
Verminderung des Kältebedarfs Maßnahmen zur Verringerung des Kältebedarfs wurden umgesetzt.	☐	
2. Alternative Kältesysteme & Wärmerückgewinnung		
Prüfung alternativer Kältesysteme Die Kälteanwendungen wurden nach effizienteren Lösungen (z. B. Freiluftkühler) hin überprüft.	☐	
Prüfung möglicher Abwärmenutzung Die Nutzung der Verdichter- und Kondensator-Abwärme wurde hinreichend überprüft oder optimiert.	☐	
3. Kältetransport		
Prüfung von Druckverlusten Die Rohrleitungen wurden auf die notwendigen Maße hin geprüft und die Leitungsführung optimiert.	☐	
Optimierung Wärmedämmung Die Wärmedämmung der Rohrleitungen wurde in Abhängigkeit des Transportsystems optimiert.	☐	

Aufspüren und Beseitigung von Leckagen Rohrleitungen, Schläuche sowie sämtliche Verbraucher und Anschlüsse wurden auf Leckagen überprüft. Vorgefundene Leckagen wurden beseitigt.	☐	
4. Kältemittel		
Auswahl Kältemittel Die Auswahl des Kältemittels mit Volumen wurde unter Berücksichtigung der Betriebsbedingungen und der eingesetzten Komponenten getroffen.	☐	
Entfernen von Verunreinigungen Der Kältemittelkreis wurde hinreichend auf Verunreinigungen (Lufteinschlüssen & Inertgase) geprüft.	☐	
5. Bauteil/Komponente		
Energieeffiziente Verdichter und Antriebe Effiziente drehzahlgeregelte Elektromotoren mit hohem Anlaufdrehmoment werden verwendet.	☐	
Anlagensteuerung Die Steuerung wurde entsprechend des Bedarfs und des Verbrauchsprofils angepasst.	☐	
Verflüssiger (Kondensator) Die richtige Ausführung, Dimensionierung und Aufstellung des Verflüssigers mit Pumpen und Ventilatoren wurde geprüft.	☐	
Expansionsventil (Drosselorgan) Eine optimale Einstellung des Kältemittelmassenstroms und der Regelung von Verdampfungsdruck sowie Temperatur durch Auswahl geeigneter Ventile wurde vorgenommen.	☐	
Verdampfer Die richtige Ausführung, Dimensionierung und Aufstellung des Verdampfers wurden geprüft. Eine Abstimmung der Verdampfer- und Verdichterleistung durch Regel- und Steuerungstechnik wurde vorgenommen.	☐	

Wartung der Bauteile Eine regelmäßige Befreiung der Bauteile von Schmutz, Korrosion und Ablagerungen wird vorgenommen.	☐	
6. Regelung		
Optimierung Steuer- und Regelungstechnik Die Anlagenkonfiguration und Betriebsbedingungen wurden optimal aufeinander abgestimmt und Einzelkomponenten sinnvoll in übergeordnete Systeme integriert.	☐	

Informationen zu

Baustein 4:
Energieeffizienz-
Maßnahmen

Schwerpunkt:
Energieeffizientes Heizen

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Einleitung

Die Wärmeerzeugung verursacht über 50% des Endenergieverbrauchs in deutschen Unternehmen [1]. Im Handwerk und produzierenden Gewerbe müssen Büroräume, Werkstätten, Lagerräume, Produktionshallen oder Verkaufsräume mit Wärme versorgt werden. Dabei muss nicht alleine das Wohlergehen der in den Unternehmen arbeitenden Menschen berücksichtigt werden, sondern auch deren Arbeitssicherheit gewährleistet werden, die Qualität der hergestellten Waren und Dienstleistungen gesichert und das Wohlbefinden der KundInnen sichergestellt werden. Gerade in Zeiten immer weiter steigender Energiepreise kommt dem energieeffizienten Heizen in KMU immer stärkere Bedeutung zu.

Um die Wärmeversorgung in Unternehmen möglichst energieeffizient zu gestalten, stehen eine Reihe von Möglichkeiten zur Verfügung. Angefangen bei der Dämmung der Gebäudehülle, der Isolierung der Wärmeleitungen, der Optimierung der Heizungssteuerung bis Wechsel der gesamten Heiztechnologie und dem Umstieg auf erneuerbare Energieformen zur Wärmeerzeugung gibt es eine Vielzahl möglicher technischer Maßnahmen. Einsparungen beim Heizen müssen aber nicht notwendigerweise umfangreiche Investitionen erfordern. Das individuelle Heizverhalten im Unternehmen zu optimieren, kann bereits einen großen Beitrag leisten, die Energieeffizienz der Heizung zu verbessern.

Jedes Unternehmen hat einen spezifischen Wärmebedarf und unterschiedliche Ausgangspositionen. Dementsprechend sind auch die Wege zu einem möglichst energiesparenden Heizen vom jeweiligen Einzelfall abhängig. Insbesondere bei der Sanierung oder beim Wechsel der Heizungstechnologie muss in jedem Fall externe Unterstützung (Energie- oder Fachberatung) hinzugezogen werden.

Die folgenden Seiten sollen KMU eine Orientierung bieten, worauf es beim energieeffizienten Heizen in Gewerbe- und Industriegebäuden zu achten gilt. Die Informationen beinhalten einen Überblick über die gängigen und modernen energieeffizienten Heiztechnologien, und den Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz beim Heizen.

1 Einsparpotentiale bei der Wärmeversorgung im Unternehmen

Bei der Wärmeversorgung im Unternehmen handelt sich um ein Gesamtsystem aus der Gebäudehülle, der Technologie zur Wärmeerzeugung, der Wärmeverteilung und schließlich der Wärmenutzung im Betrieb. Dementsprechend ergibt sich eine breite Palette an Ansatzpunkten, den Energieverbrauch zu senken. Bei einer umfassenden Herangehensweise sind bis zu 60% an Energieeinsparung in KMU möglich [2]. Häufig sind die Einsparpotentiale den Unternehmen und ihren Entscheidungsträgern nicht bewusst. Insbesondere in kleinen

Unternehmen sind den Verantwortlichen die Energiesparpotentiale nicht ausreichend bekannt (vgl. Abbildung 1).

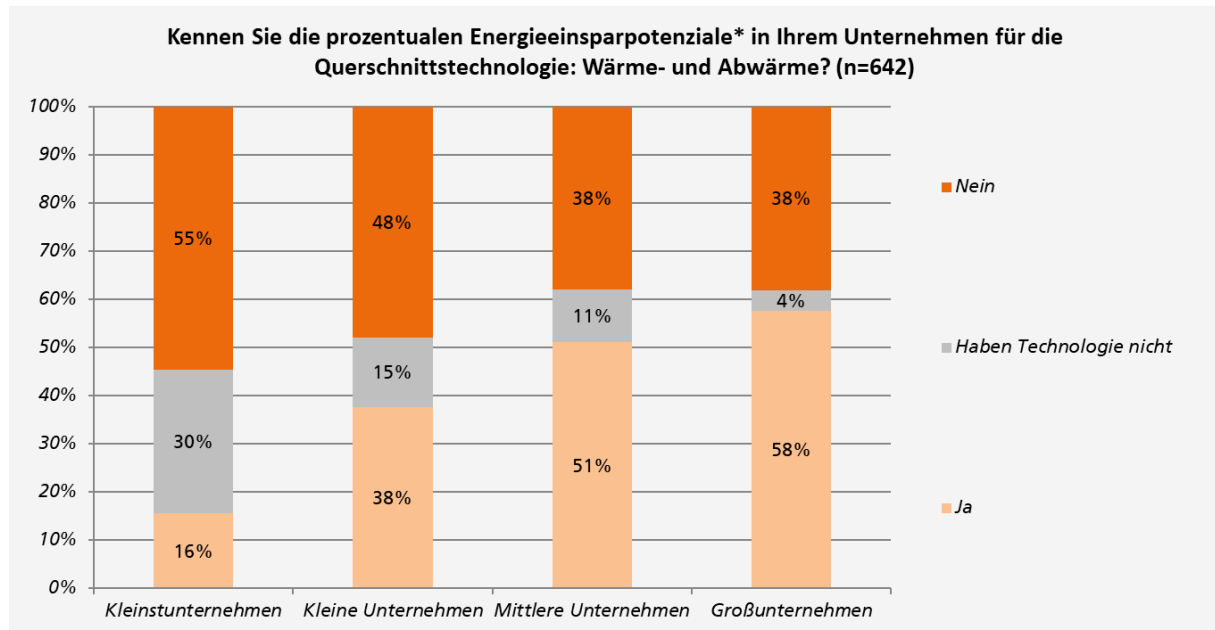


Abbildung 5: Einschätzung der Einsparpotentiale bei der Wärmenutzung von Unternehmen [3]

2 Zusätzlicher Nutzen von Maßnahmen bei der energieeffizienten Wärmeversorgung

Neben dem Senken der Heizkosten können Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz bei der Wärmeversorgung eine Reihe von weiteren Vorteilen mit sich bringen.

- Verbesserung der Emissionsbilanz – Insbesondere, wenn ein Unternehmen Klimaneutralität anstrebt, wirken sich Energieeffizienzmaßnahmen langfristig und positiv auf die Treibhausgasbilanz aus.
- Verbesserung der Mitarbeiterzufriedenheit – Eine konstante und zuverlässige Wärme in den Betriebsräumen verbessert das Wohlbefinden der MitarbeiterInnen und KundInnen.
- Viele moderne Heiztechnologien (Wärmepumpe, Solarthermie) lassen sich im Sommer auch zum Kühlen der Betriebsräume einsetzen.
- Verringerung der Störanfälligkeit – Eine Sanierung oder Modernisierung des Heizungssystems kann das Risiko von Ausfällen verringern.

3 Worauf muss bei der Heiz- und Wärmeversorgungstechnologie geachtet werden?

Wer sich im Unternehmen der Aufgabe widmet, die Wärmeversorgung energieeffizienter zu gestalten, muss sich zwangsweise mit der im Betrieb verwendeten Heiztechnologie und ihrer Wirkungsweise auseinandersetzen. Fortschritte in der Wärmeversorgungstechnologie in den vergangenen Jahren haben große Energiesparpotentiale freigelegt, die Unternehmen bei der Sanierung oder beim Austausch nutzen können. Es aber daher notwendig sich neben der verwendeten konventionellen Heiztechnologie auch mit neueren effizienteren Formen der Wärmeversorgungstechnologie zu beschäftigen.

Klassische Heizungsanlagen

Zu den klassischen Wärmeerzeugern von Heizungsanlagen zählen die Heizkessel, die die Brennstoffe verbrennen. Dazu gehören alle fossilen Brennstoffe (Heizöl, Gas, Kohle) und Brennstoffe aus Biomasse (Altholz, Holzhackschnitzeln Holzpellets, Biogas, Biodiesel), die in gasförmiger, flüssiger oder fester Form eingesetzt werden. Jede Heizungsanlage setzt sich aus den folgenden 3 Elementen zusammen:

1. Wärmeerzeuger
2. Wärmeverteiler
3. Wärmeverbraucher

1. Wärmeerzeuger in Heizungsanlagen

Wärme wird durch die Verbrennung der unterschiedlichen Energieformen erzeugt. Die Wärme wird auf ein Medium (zumeist Wasser, seltener: Luft) übertragen und über ein Wärmeverteilungsnetz (Rohrleitungen) an die Wärmeverbraucher (Heizkörper, Heizplatten) gebracht. Im Kontrast verbrennen moderne Formen der Wärmeerzeugung keine Brennstoffe. Solarthermie-Anlagen, Wärmepumpen oder Anlagen zur Nutzung von Abluftwärme nutzen dagegen vorhandene Wärmequellen aus.

2. Wärmeverteilung in Heizungsanlagen

Unabhängig von der Wärmeerzeugung muss die Wärme an die jeweiligen Verbraucher im Unternehmen verteilt werden. In Rohrleitungen, die in der Regel aus Stahl, Kupfer oder Kunststoff bestehen wird die Wärme mittels Wasser oder Luft über Umwälzpumpen verteilt. Wärmeverluste auf diesem Wege sollten mit einer entsprechenden Isolierung möglichst geringgehalten werden

3. Wärmeverbraucher in Heizungsanlagen

Als Wärmeverbraucher innerhalb einer Heizungsanlage sind klassischerweise die Heizkörper oder die Fußbodenheizung im privaten Bereich bekannt. Im gewerblichen Bereich gibt es eine ganze Reihe möglicher Wärmeverbraucher mit unterschiedlichen Funktionsweisen.

Wärmeverbraucher übertragen Wärme auf einen Raum auf ein weiteres Medium. Die Übertragung findet dabei auf zwei Wegen statt – Konvektion und Strahlung:

- *Konvektionsheizung:* Bei einer sogenannten Konvektion (Wärmemitführung) wird die Wärme an die Raumluft übertragen. Kurz gesagt versteht man darunter die direkte Aufwärmung der Luft. Die Übertragung erfolgt durch Konvektoren (z.B. Heizkörper Heizlüfter).
- *Strahlungsheizung:* Bei der Strahlungsheizung erfolgt die Wärmeabgabe durch Infrarotstrahler in Form von Wärmestrahlung erfolgt. Kurz gesagt versteht man darunter die Aufwärmung von Körper zu Körper wie bei der Sonnenstrahlung. Die Übertragung erfolgt durch Strahlkörper (z.B. Deckenstrahlplatten, Fußboden- oder Wandheizungen).

Die Prinzipien der Konvektionswärme und Strahlungswärme können am Beispiel des klassischen Heizkörpers veranschaulicht werden, der streng genommen eine Mischform aus beiden darstellt. Der größere Teil der Wärmeleistung (rund 60-80 %) eines Heizkörpers wird über Konvektion an die Luft abgegeben [4]. Der Rest erfolgt über die Strahlung des erwärmten Bauteils. Ein im Betrieb verdeckter Heizkörper verhindert in diesem Sinne die Wärmeübertragung gleich doppelt.

Die Auswahl der Wärmeverbraucher sollte jedenfalls an den Bedarf und die Situation im Unternehmen angepasst werden. Beispielsweise kann im Falle von größeren Werkstätten oder Produktionshallen die Verwendung von Deckenstrahlplatten ist eine sehr energieeffiziente Methode sein. Nicht die viele Luft der Halle muss dann erhitzt werden, sondern der Boden, Anlagen, Geräte und Personen nehmen die Wärme auf [5].

Blockheizkraftwerk (BHKW)

Blockheizkraftwerke (BHKW) ermöglichen die energiesparende gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme, der sogenannten Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Ein Blockheizkraftwerk (oder kurz BHKW) ist üblicherweise kompakt in einem etwa kühlschrankgroßen Gehäuse („Block“) untergebracht. BHKW sind moderne Heizsysteme, die nicht nur Wärme für Heizung und Warmwasser, sondern auch Strom zur Deckung des eigenen Bedarfs bereitstellen. Sie nutzen die eingesetzten Energieträger damit gleich doppelt aus und erreichen so eine hohe Effizienz. Dabei können unterschiedliche Brennstoffe zum Einsatz kommen: Erd- oder Biogas,

Flüssiggas, Heizöl oder Bio-Heizöl, Holz, Holzpellets oder Hackschnitzel. Aus ökologischer und langfristiger Sicht sind jedenfalls ökologische Brennstoffe wie etwa Biogas oder Hackschnitzel als Brennstoff zu bevorzugen. Neuere Entwicklungen bei der BHKW-Technologie berücksichtigen daher immer häufiger auch Wasserstoff als Brennstoff.

Wie energieeffizient ein BHKW betrieben werden kann hängt von vielen Bedingungen (konkreter Wärmebedarf und Strombedarf, geplanter Betrieb, eingesetzter Brennstoff usw.) im Einzelfall ab. Bei der Planung sollte daher in jedem Fall externe Unterstützung (Energieberatung) in Anspruch genommen werden.

Ein wesentlicher Nachteil von BHKW sind die hohen Investitionskosten. Im geeigneten Bedarfsfall kann sich allerdings ein hohes langfristiges Einsparpotential (Kosten und CO₂-Ausstoß) ergeben, insbesondere dann, wenn ein umweltschonender Brennstoff eingesetzt wird [6].

Vorteilhaft sind die relative Unabhängigkeit vom Stromversorgern und die Störungssicherheit, die sich durch die Stromeigenerzeugung ergeben. BHKW können auch zur Kälteerzeugung genutzt werden. In Verbindung von Blockheizkraftwerk und Adsorptionskältemaschine kann so die Funktion der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) genutzt werden.

Wärmepumpe

Die Wärmepumpe gilt als äußerst umweltfreundliche Lösung, die Energie aus der Luft, dem Wasser oder dem Erdreich zum Heizen nutzbar macht. Unter Aufwendung technischer Arbeit nimmt eine Wärmepumpe thermische Energie aus einer Quelle mit niedrigerer Temperatur (z.B. Umgebungsluft, Erdreich) auf und überträgt diese zusammen mit der Antriebsenergie auf ein zu beheizendes System mit höherer Temperatur.

Wärmepumpen werden für Heizzwecke als Wärmepumpenheizung zur Erwärmung von Gebäuden eingesetzt. Wärmepumpen können nach unterschiedlichen Wärmequellen unterschieden werden. Zur Auswahl steht dabei die Nutzung der thermischen Energie aus: Außenluft, Abluft, Erdwärme, Grundwasser oder der Abwärme von industriellen Anlagen [6]. Welche Wärmequellen sich zur Nutzung am besten eignen, ist abhängig von der jeweiligen Situation und Umgebung, in der sich das Unternehmen befindet.

Die Vorteile der Wärmepumpe liegen in den geringen Heizkosten, der Schonung fossiler Energieformen. Zugleich lassen sich Wärmepumpe in vielen Fällen auch zum Kühlen einsetzen. Nachteilig sind hingegen der erhöhte Strombedarf und die hohen Anschaffungskosten, die von der hohen Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe jedoch rasch aufgewogen werden.

Solarthermie

Unter Solarthermie versteht man die Umwandlung der Sonnenenergie in nutzbare thermische Energie. Sie zählt zu den erneuerbaren Energien. Die Wärmegewinnung erfolgt über Solarthermie Kollektoren, die in unterschiedlichen Formen verfügbar sind und üblicherweise an den Gebäudedächern angebracht werden. Je nach Kollektor-Typ kommen unterschiedliche Wärmeträgermedien zur Anwendung.

Solarthermie kann als eigenständige und vollwertige Heizung oder zur Unterstützung einer bereits vorhandenen anderweitigen Heizung verwendet werden. Wieviel an Sonnenenergie genutzt werden kann ist abhängig von der Sonnenlage des Betriebsgeländes und allgemein der baulichen Möglichkeiten (z.B. Größe und Statik).

Ein Vorteil der solarthermischen Anlagen liegt in ihrer Wartungsarmut und Langlebigkeit. Analog zur Erzeugung von Heizwärme können solarthermischen Anlagen (mit Hilfe einer Absorptionskälteanlage) auch zur Kühlung eingesetzt werden und so von doppeltem Nutzen sein. Einen Nachteil der Solarthermie stellen die hohen Investitionskosten dar. Der wesentliche Nachteil der Solarthermie ist jedoch die Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung. Gerade im Winter, wenn die Wärme am nötigsten gebraucht wird, liefert sie am wenigsten Wärme [7].

Hybridheizungen

Als Hybridheizungen werden Heizungen bezeichnet, die verschiedene Energieformen wie Gas, Heizöl, Holz oder erneuerbare Energien in einem Heizsystem kombinieren. Eine Möglichkeit besteht dabei durch die Kombination zweier fossiler Energieträger, beispielsweise Heizöl und Erdgas. Vor dem Hintergrund hoher Energiepreise und der Verpflichtung zu Klimaneutralität ist eine solche Lösung allerdings nicht zukunftsträchtig.

Empfehlenswerter sind dagegen Kombinationen aus fossilen und erneuerbaren Energieträgern, beispielsweise die Kombination einer bestehenden Gasheizung mit einer Solarthermieanlage, Wärmepumpe oder Biomasseanlage. Ideal ist schließlich die Kopplung ausschließlich erneuerbarer Energien-Anlagen. Bei solchen Kombinationen spricht man von sogenannten EE-Hybridheizungen.

4 Einspar-Möglichkeiten – Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz bei der Wärmeversorgung

Für die energieeffiziente Optimierung der Wärmeversorgung gibt es eine Reihe von möglichen Maßnahmen [8,9]. Wie in Abbildung 2 ersichtlich, lassen sich 6 Bereiche unterscheiden. Wichtig ist vor allem, zunächst bei der praktischen Anwendung zu starten und dann Schritt für Schritt das gesamte System zu verbessern.

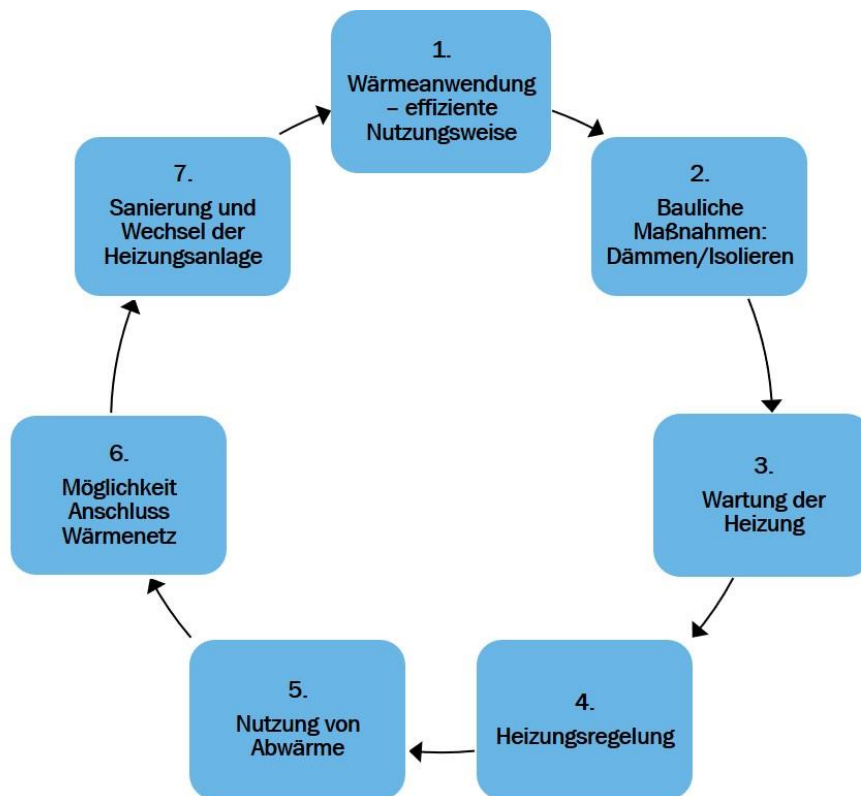


Abbildung 2: Mögliche Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz beim Heizen im Unternehmen

1. Wärmeanwendung – effiziente Nutzungsweise

Das individuelle Heizverhalten kann einen großen Beitrag leisten, die Energieeffizienz der Heizung zu verbessern. Bei jedem Versuch, die Wärmeversorgung im Unternehmen zu optimieren, sollte zuerst auf eine effiziente Nutzungsweise geachtet werden:

- Wärmeverbraucher (z.B. Heizkörper) sollen nicht verdeckt werden.
- Betriebsräume, in denen sich Personen nicht ständig aufhalten oder die selten frequentiert werden, sollten auf einer konstanten niedrigeren Temperatur (ca. 16 Grad) gehalten werden.
- An den arbeitsfreien Zeiten sollte eine Temperaturabsenkung vorgenommen werden.
- Betriebsräume sollten nicht vollständig auskühlen. Es kostet mehr Energie, Räume komplett aufzuheizen als diese auf niedriger Temperatur zu halten.

- Wärmeverluste durch Dauerlüftung oder offene Türen vermeiden. Im Winter bzw. während der Heizperiode sollten die Fenster nicht gekippt werden, stattdessen: Stoßlüften.

2. Bauliche Maßnahmen: Dämmung und Isolierung

Die Gebäudehülle ist als Bestandteil des Heizsystems im Unternehmen zu betrachten und spielt eine entscheidende Rolle bei energieeffizienter Wärmeversorgung. Der Wärmedämmung der Betriebsgebäude muss deshalb besonderes Augenmerk und Vorrang vor der Sanierung oder dem Wechsel der Heiztechnologie gegeben werden, denn je weniger Wärme ein Gebäude über seine Hülle verliert, umso weniger Heizleistung muss erbracht werden.

Bei der Wärmedämmung geht es darum, die Wärmeverluste eines Gebäudes zu verringern, die sich vor allem über das Dach, die Fassade, die Fenster und Türen vollziehen.

Tore spielen eine kritische Rolle insbesondere dann, wenn diese in den täglichen Arbeitsabläufen häufig geöffnet werden müssen (z.B. in Werkstätten, Produktionshallen oder Kühl- und Lagerhallen). Mit der Installation moderner Rolll Tore mit guten thermischen Eigenschaften und hoher Luftdichtheit können Wärmeverluste (und Kälteverluste) verhindert werden [2].

Daneben sollte auf eine optimale Isolierung der Wärmeleitungen geachtet werden, um Wärmeverluste auf dem Weg zwischen Wärmeerzeuger und -verbraucher möglichst zu vermeiden.

Zusammenfassend sollten die folgenden Hinweise berücksichtigt werden:

- Auf dichte und energieeffiziente Fenster sollte geachtet werden – Fenster mit guten thermischen Eigenschaften und geringen Wärmeverlusten sollten eingesetzt werden.
- Tore mit guten thermischen Eigenschaften und Luftdichtheitswerten sollten eingesetzt werden.
- Rollläden als Wärme-Dämmung verwenden. Vorhandene Rollläden sollten während der Heizperiode als zusätzliche Fensterdämmung genutzt werden.
- Auf eine gute Isolierung der Wärmeverteilungsleitungen sollte geachtet werden, damit die Wärme verlustfrei dort hingeleitet wird, wo sie benötigt wird.

3. Wartung der Heizung

Die Regelmäßige Wartung der Heizkörper kann mit nur geringem Aufwand einen Beitrag zur Energieeinsparung leisten:

- Heizkörper sollten regelmäßig entlüftet werden. Luftbläschen im Heizkörper führen zu unangenehmen Geräuschen und zu einem Wärmeverlust. Sie steigern damit den Energiebedarf. Daher sollen regelmäßig die Heizkörperventile mit dem Entlüftungsschlüssel geöffnet werden, sodass die gesamte Luft aus dem Heizkörper entweichen kann.
- Die Heizkörper sollten regelmäßig von Staub befreit werden: Bei Heizkörpern können ihre Wärmeleistung durch eine Staubschicht an den Lamellen und Stegen schnell verlieren.

4. Heizungsregelung

Ein wichtiger Faktor ist, die Heizleistung auf den Heizbedarf anzupassen und die Heizanlage entsprechend einzustellen. Dazu stehen die folgenden Möglichkeiten zur Verfügung:

- Heizungsregler und Thermostatventile: Eine konstante Raumtemperatur hilft beim Sparen. Heizungsregler und moderne Thermostatventile schalten sich aus, sobald die eingestellte Raumtemperatur erreicht ist. Sie reagieren selbst auf Fremdwärmeeinflüsse wie Sonneneinstrahlung oder andere Formen der Abwärme.
- Eine automatische Nachtabsenkung mindert zusätzlich überflüssigen Heizbedarf und sollte verwendet werden.
- Die Installation von Raumtemperaturfühlern sollte vorgenommen werden, um eine Anpassung an die jeweiligen Gegebenheiten zu ermöglichen.
- Auf eine optimale Einstellung der Vorlauftemperaturen sollte geachtet werden.

5. Nutzung von Abwärme

Besonders in Unternehmen fallen große Mengen an Abwärme an. Diese Wärme kann aufgefangen und zur Beheizung von Räumlichkeiten, beispielsweise des Bürotraktes, genutzt werden. Bis zu 60 Prozent der Energiekosten für die Wärmeherzeugung lassen sich durch die Nutzung prozessbedingter Abwärme einsparen [1,10].

Technische Geräte und Anlagen können nicht betrieben werden, ohne dass Wärme erzeugt wird. Das bedeutet, dass eingesetzte Energie nicht vollständig in Nutzenergie überführt wird. Es treten Wärmeverluste auf, die als Abwärme bezeichnet werden. In Unternehmen finden sich in der Regel eine Reihe von Abwärmequellen – Produktionsanlagen, Verdichter, Pumpen, Verbrennungsmotoren, Elektromotoren oder Anlagen zur Nutzung von Prozesswärme gehören ebenso dazu wie Kühlwasser zur Wärmeabfuhr bei Druckluft-, Kälte-, Kühl- und Klimaanlage. Häufig entweicht die Abwärme ungenutzt in die Umwelt und bedeutet für Unternehmen unnötige Energiekosten. Die Abwärmenutzung stellt daher eine wert- und sinnvolle Energieeffizienz-Maßnahme dar, die eingesetzte Energie zurückzugewinnen. Eine

Prüfung der Möglichkeiten zur Abwärmenutzung sollte daher unbedingt vorgenommen werden.

6. Möglichkeit des Anschlusses an ein Wärmenetz

Wärmenetze erfahren in Deutschland immer weitere Verbreitung, sowohl als Fernwärme- als auch als Nahwärmenetze. Der Anschluss an ein Wärmenetz kann für KMU aus Handwerk oder produzierendem Gewerbe eine sinnvolle Alternative oder Ergänzung zur eigenen Heizungsanlage im Unternehmen darstellen. Es ist daher ratsam für Unternehmen, die Möglichkeiten entsprechend zu prüfen, bevor in eine neue Heizungsanlage investiert wird.

7. Sanierung und Wechsel der Heizungsanlage

Beim Wechsel oder der Sanierung der Heizungsanlage kann der Energieverbrauch deutlich gesenkt werden – zum Beispiel mit einem energieeffizienteren Heizkessel oder dem Umstieg auf eine Heizung, die erneuerbare Energien nutzt. Auf die folgenden Punkte sollte dabei geachtet werden.

Beim Wechsel der Heizungsanlage:

- Bevor in neue Heizungstechnologie investiert wird, sollte zuerst der notwendige Wärmebedarf der Räume bzw. Gebäude ermittelt werden. So kann eine Über- oder Unterdimensionierung des Heizungssystems vermieden werden. Zu berücksichtigen sind dabei die Größe der Räume, der Stand der Wärmedämmung (Isolationswert) und die gewünschte Raumtemperatur. Die vorkommenden Umgebungstemperaturen am Gebäude sind ebenfalls miteinzubeziehen. Bei der Berechnung kann externe Unterstützung (Heizung-Fachbetrieb, Energieberatung) in Anspruch genommen werden. Ein einfaches Online-Tool zur Berechnung Ihres Wärmebedarfs kann unter dem folgenden Link kostenlos abgerufen werden:

<https://at.trotec.com/produkte-services/services/kapazitaetsberechnung/kapazitaetsberechnung-beheizung/>

- Die Kombinationsmöglichkeiten von nachhaltigen Heiztechnologien (zum Beispiel Wärmepumpe, Solarthermie) sollten jedenfalls geprüft und bei der Entscheidung berücksichtigt werden.

Bei der Sanierung der Heizungsanlage:

- Eine Modernisierung der Kesselanlage mit einem energieeffizienten Heizbrenner kann einen deutlichen Energieeffizienzgewinn erwirken.
- Der Einsatz effizienter Umwälzpumpen sollte geprüft und berücksichtigt werden.

- Eine Prüfung und Sanierung der Wärmeverteilnetzes sollte vorgenommen werden.

5 Fördermöglichkeiten

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) unterstützt Unternehmen beim Umstieg auf eine energieeffiziente Wärmeversorgung mit der Bundesförderung für effiziente Gebäude. Innerhalb dieses Förderprogramms gibt es mehrere Unterprogramme, für KMU nützlich sein können.

Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle

In diesem Programm werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden gefördert, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen.

Konkret gefördert werden:

- Dämmung der Gebäudehülle (von Außenwänden, Dachflächen, Geschossdecken und Bodenflächen), sowie Erneuerung/Aufbereitung von Vorhangfassaden;
- Erneuerung, Ersatz oder erstmaliger Einbau von Fenstern, Außentüren und -toren;
- Sommerlicher Wärmeschutz durch Ersatz oder erstmaligen Einbau von außenliegenden Sonnenschutzeinrichtungen mit optimierter Tageslichtversorgung

Link zum Förderprogramm:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Nichtwohngebaeude/Gebaeudehuelle/gebaeudehuelle_node.html

Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)

Gefördert werden in diesem Programm der Einbau von effizienten Wärmeerzeugern, Anlagen zur Heizungsunterstützung sowie die Errichtung, der Umbau, die Erweiterung eines Gebäudenetzes oder der Anschluss an ein Gebäude- oder an ein Wärmenetz.

Konkret gefördert werden:

- Solarkollektoranlagen
- Biomasseheizungen (nur in Kombination mit Solarthermie oder Wärmepumpe zur Warmwasserbereitung und/oder Raumheizungsunterstützung)
- Wärmepumpen
- Stationäre Brennstoffzellenheizungen (Betrieb nur mit grünem Wasserstoff oder Biomethan)
- Innovative Heiztechnik auf Basis erneuerbaren Energien

- Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes
- Anschluss an ein Gebäudenetz oder Wärmenetz

Link zum Förderprogramm:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Nichtwohngebaeude/Anlagen_zur_Waermeerzeugung/anlagen_zur_waermeerzeugung_node.html

Heizungsoptimierung

In diesem Programm werden sämtliche Maßnahmen zur Optimierung von Heizungsanlagen in Bestandsgebäuden, die älter als zwei Jahre und bei einer Wärmeerzeugung mit fossilen Brennstoffen nicht älter als zwanzig Jahre sind, mit denen die Energieeffizienz des Systems erhöht wird, gefördert.

Konkret gefördert werden:

- der hydraulische Abgleich der Heizungsanlage inklusive der Einstellung der Heizkurve
- der Austausch von Heizungspumpen sowie der Anpassung der Vorlauftemperatur und der Pumpenleistung
- Maßnahmen zur Absenkung der Rücklauftemperatur bei Gebäudenetzen im Sinne der Richtlinien
- im Falle einer Wärmepumpe auch die Optimierung der Wärmepumpe
- die Dämmung von Rohrleitungen
- der Einbau von Flächenheizungen, von Niedertemperaturheizkörpern und von Wärmespeichern im Gebäude oder gebäudenah (auf dem Gebäudegrundstück)
- die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
- der Einbau von Systemen auf Basis temperaturbasierter Verfahren des hydraulischen Abgleichs

Link zum Förderprogramm:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Nichtwohngebaeude/Heizungsoptimierung/heizungsoptimierung_node.html

Fachplanung und Baubegleitung

Gefördert werden energetische Fachplanungs- und Baubegleitungsleistungen im Zusammenhang mit der Umsetzung von geförderten Maßnahmen im Sinne des Förderprogramms. Das bedeutet, die Förderung einer energetischen Fachplanung und Baubegleitung kann nur im Zusammenhang mit einer Förderung von Einzelmaßnahmen im Rahmen der oben angeführten Programme beantragt werden.

Link zum Förderprogramm:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Nichtwohngebaeude/Fachplanung_Baubegleitung/fachplanung_baubegleitung_node.html

Förderung von Energieberatung

Allgemein kann eine professionelle Energieberatung eine große Hilfe für KMU darstellen. Das gilt im Besonderen für komplexere Maßnahmen, wie die optimale Wärmeversorgung im Betrieb. Das BAFA unterstützt mittels der „Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“ Beratungsleistungen für Unternehmen. Im Rahmen des Moduls Energieberatung DIN V 18599 werden bis zu 80 % des förderfähigen Beratungshonorars, maximal jedoch 8.000 € bezuschusst.

Link zur Förderung von Energieberatung:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Nichtwohngebaeude_Anlagen_Systeme/Modul2_Energieberatung/modul2_energieberatung_node.html

Quellen

- [1] <https://energiewende.baden-wuerttemberg.de/mitmachen/beratung-information/mehr-als-heisse-luft-wie-unternehmen-mit-effizienter-waerme-und-kaeltetechnik-sparen> (Zugriff 26.06.2022)
- [2] Deutsche Energie-Agentur (dena), 2015: Energieeffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen. Energiekosten senken. Wettbewerbsvorteile sichern. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/1419_Broschuere_Energieeffizienz-in-KMU_2015.pdf (Zugriff: 21.07.2022)
- [3] EEP Institut für Energieeffizienz in der Produktion, 2021: Energieeffizienz-Index Sommer 2021, <https://www.eep.uni-stuttgart.de/eei/aktuelle-erhebung/>
- [4] http://energieberatung.ibs-hlk.de/grundl_wasys_hk&konv.htm (Zugriff 26.06.2022)
- [5] Bernd Glück: Strahlungsheizung – Theorie und Praxis. Verlag für Bauwesen, Berlin / C. F. Müller-Verlag, Karlsruhe 1982, ISBN 3-7880-7157-5.

- [6] Dehli, M. (2020). Energieeffizienz in Industrie, Dienstleistung und Gewerbe: Energietechnische Optimierungskonzepte für Unternehmen. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23204-7>
- [7] <https://www.solaranlage-ratgeber.de/solarthermie/solarthermie-planung/solarthermie-vorteile-und-nachteile> (Zugriff 10.08.2022)
- [8] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/energiesparende-gebaeude#gebaude-wichtig-fur-den-klimaschutz> (Zugriff 26.06.2022)
- [9] <https://www.energieeffizienz-im-betrieb.net/energiesparen-unternehmen/heizung-energiekosten-senken.html> (Zugriff 26.06.2022)
- [10] Hesselbach, J. (2012). Energie- und klimaeffiziente Produktion: Grundlagen, Leitlinien und Praxisbeispiele. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9956-9>

Checkliste

Baustein 4:
Energieeffizienz-
Maßnahmen

Schwerpunkt:
Energieeffizientes Heizen

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Checkliste: Energieeffizientes Heizen

Maßnahme	Durchgeführt?	Anmerkungen
1. Wärmeanwendung – effiziente Nutzungsweise		
Verdeckung Wärmeverbraucher Die eingesetzten Wärmeverbraucher (z.B. Heizkörper) sind nicht verdeckt.	☐	
Temperaturabsenkung Alltag Betriebsräume, in denen sich Personen nicht ständig aufhalten oder die selten frequentiert werden, werden auf einer konstanten niedrigeren Temperatur (ca. 16 Grad) gehalten.	☐	
Temperaturabsenkung arbeitsfrei An den arbeitsfreien Zeiten wird eine Temperaturabsenkung vorgenommen.	☐	
Verhinderung von Auskühlen Es wurde geprüft, dass Betriebsräume kühlen nicht vollständig aus.	☐	
Verhinderung Wärmeverluste Es wurde geprüft, dass Wärmeverluste durch Dauerlüftung oder offene Türen vermieden werden.	☐	
2. Bauliche Maßnahmen: Dämmung und Isolierung		
Fenster Es wurde geprüft, ob dichte und energieeffiziente Fenster im Betrieb eingesetzt werden.	☐	
Tore Tore mit guten thermischen Eigenschaften und Luftdichtheitswerten sollten eingesetzt werden.	☐	
Rollläden Es wurde geprüft, ob vorhandene Rollläden während der Heizperiode als zusätzliche Fensterdämmung genutzt werden.	☐	

Isolierung Wärmeverteilungsleitungen Es wurde geprüft, ob die Wärmeverteilungsleitungen hinreichend gut isoliert sind.	☐	
3. Wartung der Heizung		
Entlüftung Heizkörper Die Heizkörper werden regelmäßig entlüftet.	☐	
Energiesuffizienz (Vermeiden & Verzicht) Die Heizkörper werden regelmäßig von Staub befreit.	☐	
4. Heizungsregelung		
Verwendung Heizungsregler und Thermostatventile, Raumtemperaturfühlern Moderne Heizungsregler und Thermostatventile werden verwendet, um eine Anpassung an die jeweiligen Gegebenheiten zu ermöglichen.	☐	
Vorlauftemperatur Die optimale Einstellung der Vorlauftemperaturen wurde überprüft und vorgenommen.	☐	
5. Nutzung von Abwärme		
Prüfung Abwärmenutzung Es wurde geprüft, inwiefern anfallende Abwärme im Unternehmen zur Wärmeversorgung genutzt werden kann.	☐	
6. Möglichkeit des Anschlusses an ein Wärmenetz		
Prüfung Anschluss Wärmenetz Es wurde geprüft, inwiefern Möglichkeiten zum Anschluss an ein Wärmenetz genutzt werden können.	☐	
7. Sanierung und Wechsel der Heizungsanlage		
Prüfung Wärme- und Heizbedarf Der notwendige Wärmebedarf der Räume bzw. Gebäude wurde ermittelt	☐	

Sanierung Kesselanlage Die Modernisierung der bestehenden Kesselanlage mit einem energieeffizienten Heizbrenner wurde geprüft.	☐	
Modernisierung Umwälzpumpe Der Einsatz einer neuen effizienten Umwälzpumpe wurde geprüft und berücksichtigt.	☐	
Sanierung Wärmeverteilnetz Eine Prüfung und Sanierung des Wärmeverteilnetze wurde vorgenommen.	☐	
Wechsel Heiztechnologie Die Kombinationsmöglichkeiten von nachhaltigen Heiztechnologien (z.B. Wärmepumpe, Solarthermie) wurden geprüft und werden bei der Entscheidung berücksichtigt.	☐	

Informationen zu

Baustein 4:
Energieeffizienz-
Maßnahmen

Schwerpunkt:
Abwärmenutzung

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Einleitung

Technische Geräte und Anlagen können nicht betrieben werden, ohne dass Wärme erzeugt wird. Das bedeutet, dass eingesetzte Energie nicht vollständig in Nutzenergie überführt wird. Es treten Wärmeverluste auf, die als Abwärme bezeichnet werden. In Unternehmen finden sich in der Regel eine Reihe von Abwärmequellen – Produktionsanlagen, Verdichter, Pumpen, Verbrennungsmotoren, Elektromotoren oder Anlagen zur Nutzung von Prozesswärme gehören ebenso dazu wie Kühlwasser zur Wärmeabfuhr bei Druckluft-, Kälte-, Kühl- und Klimaanlageanlagen. Häufig entweicht die Abwärme ungenutzt in die Umwelt und bedeutet für Unternehmen unnötige Energiekosten. Die Abwärmenutzung stellt daher eine wert- und sinnvolle Energieeffizienzmaßnahme dar, die eingesetzte Energie zurückzugewinnen. Aus diesem Grund wird Abwärmenutzung auch gleichbedeutend mit dem Begriff der Wärmerückgewinnung benannt.

Meist ist Abwärme an bestimmte Trägermedien gebunden oder wird diffus durch Wärmestrahlung sowie Konvektion an die Umgebung abgegeben. Der an bestimmte Trägermedien wie Abgase oder Kühlwasser gebundene Großteil der Abwärme lässt sich im Allgemeinen vielfältig nutzen. Dabei kann Abwärme direkt als Nutzwärme Anwendung finden oder in andere Nutzenergieformen wie Kälte oder Strom umgewandelt werden. Die Umwandlung von Abwärme in andere Nutzenergieformen oder die Bereitstellung auf einem höheren Temperaturniveau wird als indirekte Abwärmenutzung bezeichnet.

Grundsätzlich gilt: Je höher die Abwärme-Temperatur, desto mehr Nutzungsmöglichkeiten kommen infrage und desto wirtschaftlicher lässt sich die Abwärme nutzen. Wichtig für eine technisch-wirtschaftliche Nutzung von Abwärme sind außerdem Faktoren wie die zeitliche Verfügbarkeit, die Energiemenge und Energieleistung sowie der Grad der Verschmutzung des Abwärmemediums. Treten Wärmebereitstellung und Verbrauch zeitlich versetzt, oder an verschiedenen Orten auf, so bietet sich der Einsatz von Wärmespeichern an. Diese ermöglichen außerdem die Zusammenführung von Abwärme aus verschiedenen Quellen unterschiedlicher Temperatur sowie eine Kombination direkter und indirekter Nutzung.

1 Einsparpotentiale Abwärmenutzung

Abwärmenutzung bringt herausragende Einsparpotenziale mit sich. In einer Studie wurde ein technisch-wirtschaftliches Energieeinsparpotenzial in Höhe von 450 PJ bzw. 125 TWh im Prozesstemperaturbereich ab 60°C ausgewiesen. Bis zu 60 Prozent der Energiekosten für die Wärmeerzeugung lassen sich durch die Nutzung prozessbedingter Abwärme einsparen. Dies entspricht einem Energiekosteneinsparpotenzial von ca. 5 Milliarden Euro [1]. In Zeiten steigenden Umweltbewusstseins sowie vermehrter Diskussion um Nachhaltigkeit und der

damit verbundenen Schonung fossiler Brennstoffe bietet die Nutzung von Abwärme außerdem großes Potenzial zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen.

Allerdings sind die Einsparpotentiale den Unternehmen und ihren Entscheidungsträgern häufig nicht bewusst. Insbesondere in kleinen Unternehmen sind den Verantwortlichen die Energiesparpotentiale nicht ausreichend bekannt (vgl. Abbildung 1).

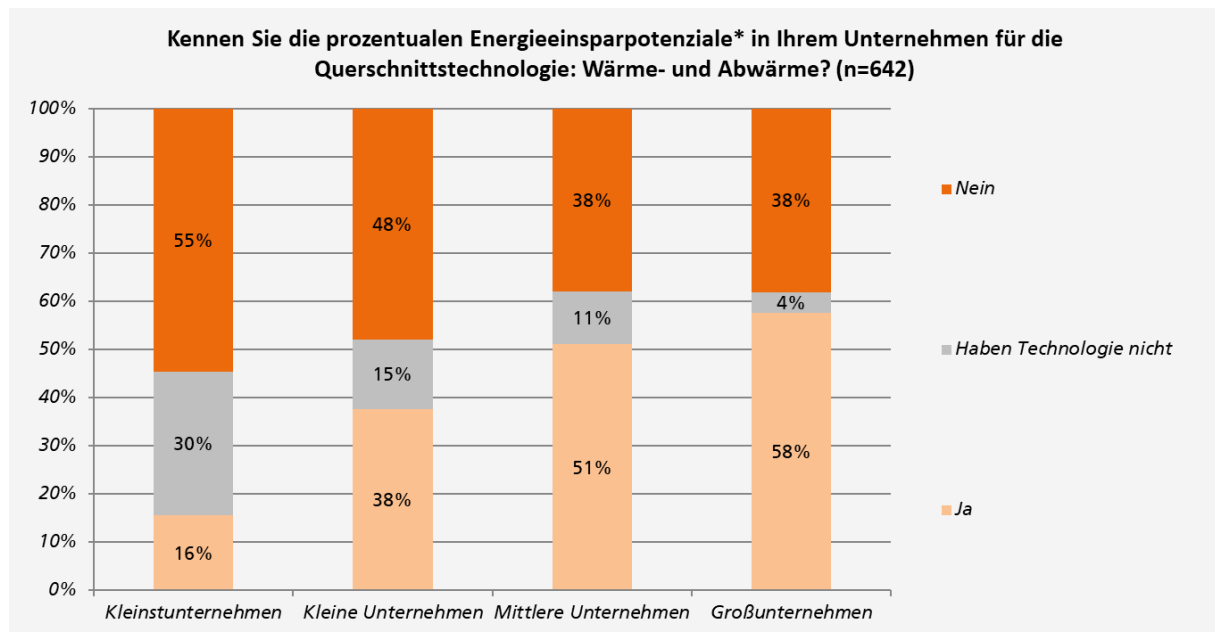


Abbildung 6: Einschätzung der Einsparpotentiale bei der Abwärmenutzung von Unternehmen [2]

2 Wirtschaftlichkeit

Die Nutzung von Abwärme kann erhebliche Einsparungen bewirken, in deren Folge die Aufwendungen für Energieträger und die Betriebskosten sinken. Ist die interne Nutzung der Abwärme nicht oder nur begrenzt möglich, kann eine Veräußerung der Abwärme an benachbarte Fabriken, Nah- und Fernwärmenetze oder öffentliche Gebäude erfolgen. In jedem Fall sind jedoch Transportverluste und zusätzliche Kosten für die Infrastruktur (z. B. Nah- bzw. Fernwärmeleitungen) zu berücksichtigen. Zusätzlich können aus Abwärme erzeugte Strommengen vergütet ins öffentliche Netz eingespeist werden.

Insgesamt hat die Erschließung des Einsparpotenzials enorme ökonomische und ökologische Effekte zur Folge. Praxiserfahrungen zeigen, dass ein Großteil der Energieeffizienzmaßnahmen Renditen im zweistelligen Prozentbereich aufweist. Maßnahmen zur Abwärmenutzung mit standardisierten Technologien, wie beispielsweise Abgaswärmeübertrager oder Economiser, die keine hohen Investitionen erfordern, können Renditen von 50% und mehr aufweisen.

Beispiele Einsparung:

In der Praxis können Effizienzmaßnahmen häufig auf weitere Unternehmen innerhalb der Branche übertragen werden. Im Rahmen des Projekts "Leuchttürme energieeffiziente Abwärmenutzung" wurden zehn deutsche Unternehmen bei der Erschließung von Energieeffizienzpotenzialen durch Abwärmenutzung begleitet. Die Ergebnisse der einzelnen Teilprojekte können unter folgendem Link eingesehen werden: <https://www.co2-leuchttuerme-industrie.de/massnahmen-zur-dekarbonisierung/abwaerme/>

3 Zusätzlicher Nutzen von Maßnahmen

Neben der Einsparung von Kosten können mit Energieeffizienzmaßnahmen noch weitere Vorteile einhergehen, die für das Unternehmen von Wert sein können. Im Hinblick auf die Abwärmenutzung kann sich in unterschiedlichen Bereichen ein zusätzlicher Nutzen ergeben.

- Verbesserung der Emissionsbilanz – Insbesondere, wenn ein Unternehmen Klimaneutralität anstrebt, wirken sich Energieeffizienzmaßnahmen langfristig und positiv auf die Treibhausgasbilanz aus.
- Preisgarantie – Im Gegensatz zum Energiebezug aus öffentlichen Quellen bleiben die Kosten für die Umwandlung von Abwärme in Nutzenergie langfristig kalkulierbar. Dies verringert die Abhängigkeit vom Energiemarkt und das Risiko unkalkulierbarer Preisanstiege.
- Imageverbesserung – Die effiziente Nutzung von Abwärme kann die Wahrnehmung und damit die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen in Zeiten eines wachsenden Umweltbewusstseins und positiv beeinflussen.

4 Die wesentlichen Schritte zur Nutzung von Abwärme im Betrieb

Für die energieeffiziente Optimierung der industriellen Abwärmenutzung gibt es eine Reihe von möglichen Maßnahmen [3-8]. Um Einsparpotenziale zu identifizieren und die bestmögliche Nutzung der Abwärme zu garantieren, werden die Maßnahmen in eine nach der Methode Abwärmekaskade integriert. Abbildung 2 zeigt den Ablauf der Abwärmekaskade in sechs Schritten.



Abbildung 7: Die wesentlichen Schritte zur Nutzung von Abwärme im Betrieb

1. Bestandsaufnahme im Betrieb

Die grundlegende Voraussetzung für eine Nutzung von Abwärme ist eine erste Analyse der Prozesse und deren Energiebedarfswerte. Im Rahmen der Bestandsaufnahme werden die wichtigsten Energieverbräuche erfasst und energieverbrauchsrelevante Prozesse bewertet. Für die Untersuchung und Bewertung energierelevanter Prozesse sind insbesondere folgende Kriterien zu beachten:

- Temperaturniveau
- Leistung
- Medium der Abwärme (z. B. Abluft, Abgas, Kühlwasser, Abwasser) und Medium der benötigten Wärme (z. B. Dampf, Heißwasser)
- Zeitliche Verfügbarkeiten und Bedarfe (gleichbleibend oder täglich, wöchentlich, monatlich bzw. saisonal schwankend, Anzahl der Voll-Laststunden pro Jahr)
- Verfügbare und benötigte Energiemengen
- Lage

2. Vermeidung von Abwärme

Vor Überlegungen zur Nutzung von Abwärme sollten immer erst Anstrengungen zur Vermeidung unternommen werden. Auf diese Weise lassen sich erste Einsparungen zu geringen Kosten erzielen. Im Rahmen der Vermeidung von Abwärme sollte auf die folgenden Punkte fokussiert werden:

1. Die Optimierung von Prozessen und Verfahren steht an erster Stelle. Durch den Einsatz effizienter Technologien in Verbindung mit einer bedarfsgerechten Betriebsweise kann die Entstehung von Wärmeverlusten verringert oder ganz vermieden werden. Für eine wirksame Optimierung sind die folgenden Ansatzpunkte zu beachten:

- Prüfung von Anlagen und Prozessen auf energetisch vorteilhafte Alternativen
- Verteilnetz: Umstellung von Dampf auf eine Versorgung mit Warmwasser (De-Steaming)
- Richtige Dimensionierung von Anlagen und Prozessen (Vermeiden von Sicherheitszuschlägen, etc.)
- Senkung Temperaturniveau (ohne Auswirkungen auf Fertigungsprozess und Qualität!)
- Verbesserung konstruktiver Eigenschaften von Anlagen (z. B. Beschickung von Öfen)
- Optimierte Steuerung und Regelung von Anlagen und Prozessen (Vermeiden ineffizienter Betriebspunkte oder Leerläufe, etc.)
- Anpassung von Arbeitsschritten (Vermeiden unnötiger Aufheiz- oder Abkühlphasen, etc.)
- Betrieb effizienter Elektromotoren und Pumpen

2. In einem zweiten Schritt sollte die Dämmung von Anlagen, Rohren und Einbauteilen (z. B. Flansche, Armaturen und Ventile) geprüft und optimiert werden. Dies ist insbesondere bei hohen Temperaturen von Bedeutung. So verursacht eine nicht gedämmte Sattdampfleitung (12 bar, DN25) im Vergleich zu einer gedämmten Leitung (50 mm Dicke) pro Meter etwa 40 € Mehrkosten.
3. Für einen effizienten Betrieb ist außerdem eine regelmäßige Wartung sowie eine Prüfung von Anlagen, Rohren und Einbauteilen (z. B. Flansche, Armaturen und Ventile) auf Leckagen von Bedeutung. So verursacht ein Loch von 3 mm Durchmesser in einem Dampfnetz (12 bar, DN25) einen Verlust von 45 kg/h. Das entspricht Kosten von ca. 12.000 € im Jahr.

3. Prozessinterne Nutzung

Nach der erfolgreichen Minimierung der Abwärmemenge sollte eine Reintegration der Abwärme in denselben Prozess bzw. dieselbe Anlage angestrebt werden. Diese Art der Wärmerückgewinnung stellt oft die konstruktiv einfachste und kostengünstigste Variante dar. Für den Wärmeübertrag werden in der Regel Wärmetauscher eingesetzt. Beispiele für die unmittelbare Nutzung sind die Verbrennungsluftvorwärmung, die Vorwärmung und Trocknung von Stoffen bzw. die Vorwärmung von Wasser. Außerdem ist die Wärmerückgewinnung in Lüftungs- und climatechnischen Anlagen zu nennen. Bezüglich der Effizienz sind folgende Punkte zu beachten:

- Auswahl geeigneter Wärmeübertrager-Technologie und großzügige Dimensionierung der Wärmeübertragerflächen. Bei Luftvorwärmungen in dezentralen Lüftungsanlagen oder Heizsystemen kommen zum Beispiel Plattenwärmetauscher oder Rotationswärmetauscher mit Rückwärmehzahlen (Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung) von bis zu 80 % zum Einsatz.
- Regelmäßige Wartung und Reinigung der Wärmeübertragerflächen
- Flüssige Trägermedien aufgrund des besseren Wärmeübergangs sind zu bevorzugen

4. Abwärmenutzung im Betrieb

Ist eine prozessinterne Abwärmenutzung nicht möglich, gilt es als Nächstes, Verbraucher innerhalb der Produktion zu identifizieren. Dabei sind die im Rahmen der prozessinternen Abwärmenutzung definierten Effizienzkriterien für die Wärmeauskopplung weiterhin relevant.

- In einem ersten Schritt sollte die direkte Nutzung von Abwärme auf einem möglichst hohen Temperaturniveau geprüft werden. In Abhängigkeit der Temperatur kann die Wärme in anderen Prozessen sowie zur Raumheizung und Trinkwassererwärmung genutzt werden.

Wichtig ist die Übereinstimmung von Abwärmeverfügbarkeit und Wärmebedarf. Für den effizienten Wärmetransport ergeben sich zusätzliche Aspekte:

- Betrieb effizienter Hilfsaggregate (z.B. Pumpen, Ventilatoren, etc.)
- Dämmung von Wärmeleitungen
- Vermischung von heißen mit kalten Strömen vermeiden (→ Schichtenspeicher)
- Gegebenenfalls ist der Einsatz eines Speichers sinnvoll. Wärmespeicher dienen der zeitlichen Entkopplung von Angebot und Bedarf und ermöglichen die Zusammenführung von Abwärme aus verschiedenen Quellen mit unterschiedlichen Temperaturniveaus. Außerdem ist eine Kombination direkter und indirekter Abwärmenutzung denkbar. Für den effizienten Betrieb ist zudem von Bedeutung:
 - Auswahl geeigneter Speichertechnologie, z.B.:
 - Sensible Wärmespeicher
 - Latentwärmespeicher
 - Thermochemische Speicher
 - Vermeidung von Wärmeverlusten durch ausreichende Dämmung und kleines Verhältnis von äußerer Oberfläche zu Volumen (Faustregel: Die Wärmedämmung sollte umso aufwendiger sein, je höher die Speichertemperatur, je größer das Verhältnis von Speicheroberfläche zu Speichervolumen und je länger die Speicherdauer)
 - Wird Wärme auf einem höheren Temperaturniveau benötigt, kann die Abwärme mit Hilfe einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau (ca. 100 bis 110°C) angehoben werden. In Bezug auf die Effizienz einer Wärmepumpe ist die Temperaturdifferenz (Temperaturhub) zwischen Wärmequelle und Senke entscheidend. Dabei gilt: Je geringer die Differenz, desto effizienter der Betrieb. Außerdem sind nachfolgende Punkte zu beachten:
 - Richtige Dimensionierung von Wärmepumpe mit Anlagenkomponenten (Verdichter, Verflüssiger, Expansionsventil, Verdampfer) und Hilfsaggregaten
 - Richtige Auswahl der Kältemittel
 - Eine weitere Option ist die Kältebereitstellung mit Hilfe von Sorptionskältemaschinen. Für Klimakälteanwendungen sollte das Temperaturniveau der Abwärmequelle zwischen 75°C und 130°C liegen. Für die Effizienz sind neben den bereits aufgeführten Kriterien folgende Punkte relevant:
 - Richtige Dimensionierung der Kälteanlage mit Komponenten und Hilfsaggregaten
 - Evtl. mehrstufiger Absorptionskälteprozess
 - Auswahl geeigneter Stoffpaare (Kältemittel & Lösungsmittel)

5. Verstromung

Industrielle Hochtemperatur-Abwärme kann über die prozessinterne und innerbetriebliche Verwendung hinaus zur Verstromung genutzt werden. In Abhängigkeit des Temperaturniveaus stehen verschiedene Technologien zur Verfügung. Häufig finden Dampfkraftprozesse sowie der Organic Rankine Cycle (ORC-Prozess) Anwendung. Ferner erfolgt die Stromerzeugung mit Hilfe von Stirling-Motoren oder dem sogenannten Kalina-Prozess. Grundsätzlich steigt die Effizienz bzw. der Wirkungsgrad der Anlagen mit zunehmender Temperatur. Bei Abwärmemperaturen oberhalb von etwa 350°C gelten Dampfkraftprozesse als effizienteste Lösung. ORC-Anlagen nutzen organische Flüssigkeiten als Arbeitsmittel und können deshalb bereits im Niedertemperaturbereich ab 90°C effizient betrieben werden. Die Wärmeübertragung wird hier i.d.R. durch einen Thermoölkreislauf mit oder ohne Zwischenspeicher realisiert. Für die Verstromung von Abwärme können folgende Effizienz-Maßnahmen festgehalten werden:

- Prüfung zusätzliche Wärmenutzung mithilfe der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Speisewasservorwärmung, Zwischenüberhitzung, etc.
- Richtige Dimensionierung der Anlagen mit Hilfsaggregaten

Wirtschaftlich ist die Verstromung besonders für den Eigenverbrauch, wobei möglichst hohe jährliche Volllastbenutzungsstunden angestrebt werden sollten.

6. Außerbetriebliche Nutzung

Sofern die betriebsinterne Nutzung der Abwärme nicht möglich ist, kann Abwärme (ab ca. 90°C) an Dritte, zum Beispiel an benachbarte Unternehmen oder auch an das Nah- bzw. Fernwärmenetz zur kommunalen Wärmeversorgung veräußert werden. Die externe Nutzung ist jedoch mit zusätzlichen Wärmeverlusten und Kosten für die Infrastruktur verbunden. Bezüglich der Effizienz sind die für die Wärmeauskopplung sowie den Wärmetransport aufgeführten Maßnahmen zu beachten.

5 Fördermöglichkeiten

Vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit und dem ökologischen Nutzen von Energieeffizienzmaßnahmen existieren in Deutschland eine Reihe von Möglichkeiten der Förderung zur Umsetzung in Unternehmen. Unternehmen, die in Abwärmenutzung investieren möchten, können sich fördern lassen.

Das zum 1. November 2021 grundlegend novellierte Programm „Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft“ ist das zentrale Förderprogramm des Bundesministeriums

für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) zur Steigerung der Energie- sowie Ressourceneffizienz in Unternehmen. Die konkreten Förderungen werden vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) organisiert und abgewickelt. Dabei adressieren fünf Module verschiedene Fördergegenstände. Im Folgenden werden die für die Abwärmenutzung relevanten Module vorgestellt.

Modul 1: Querschnittstechnologien

Über das „Modul 1: Querschnittstechnologien“ werden investive Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz durch den Einsatz von hocheffizienten und am Markt verfügbaren Technologien gefördert. Das Netto-Investitionsvolumen für Einzelmaßnahmen, einschließlich Nebenkosten, muss dabei mindestens 2.000 € betragen. Die maximale Förderung beträgt 200.000 € bei einer Förderquote von bis zu 40 % der förderfähigen Investitionskosten.

Link zum Modul 1:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul1_Querschnittstechnologien/modul1_querschnittstechnologien_node.html

Modul 4: Energie- und ressourcenbezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen

Das „Modul 4: Energie- und ressourcenbezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen“ bezuschusst Maßnahmen zur energetischen und ressourcenorientierten Optimierung von industriellen und gewerblichen Anlagen und Prozessen, die zur Erhöhung der Energie- oder Ressourceneffizienz bzw. zur Senkung und Vermeidung des fossilen Energieverbrauchs oder CO₂-intensiver Ressourcen in Unternehmen beitragen mit bis zu 50 % der förderfähigen Investitionskosten. Die maximale Förderung ist auf einen Betrag von 500 € (900 € für kleine und mittlere Unternehmen) pro jährlich eingesparte Tonne CO₂ begrenzt.

Link zum Modul 4:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul4_Energiebezogene_Optimierung/modul4_energiebezogene_optimierung_node.html

Förderung energieeffizienter Kälte- und Klimaanlage

Mit dem Förderprogramm für Kälte- und Klimaanlage wird außerdem der Einsatz von Klimaschutz-Technologien in gewerblichen Anwendungen gefördert. Fördergegenstand sind

stationäre Kälte- und Klimaanlage sowie Wärmepumpen, die mit nicht-halogenierten Kältemitteln betrieben werden. Hierzu zählen unter anderem auch Ab- und Adsorptionsanlagen. Die Förderhöhe muss im Einzelfall geprüft werden und ist auf 150.000 € pro Maßnahme sowie auf maximal 50 % der förderfähigen Ausgaben begrenzt.

Link zur Förderung energieeffizienter Kälte- und Klimaanlage:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Klima_Kaeltetechnik/klima_kaeltetechnik_node.html

KfW-Energieeffizienzprogramm – Abwärme

Die KfW fördert Investitionen, die das Ziel der Energieeinsparung in Unternehmen verfolgen. Im Rahmen des Energieeffizienzprogramms – Maßnahmen zur Abwärmenutzung fördert die KfW Unternehmen mit Förderkrediten und Tilgungszuschüssen von bis zu 40 % der förderfähigen Kosten.

Links zu den Förderangeboten der KfW:

<https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Tilgungszuschuss-Abwärme>

<https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Förderprodukte/EE-Produktion-292/>

Förderung von Energieberatung

Allgemein kann eine professionelle Energieberatung eine große Hilfe für KMU darstellen. Das gilt im Besonderen für komplexere Maßnahmen, wie die optimale Nutzung von Abwärme. Das BAFA unterstützt mittels der „Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“ Beratungsleistungen für Unternehmen. Im Rahmen des Moduls Energieberatung DIN V 18599 werden bis zu 80 % des förderfähigen Beratungshonorars, maximal jedoch 8.000 € bezuschusst.

Link zur Förderung von Energieberatung:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Nichtwohngebaeude_Anlagen_Systeme/Modul2_Energieberatung/modul2_energieberatung_node.html;jsessionid=3E829AC43C8F176B7E6A55B6241657E1.2_cid378

Quellen

- [1] <https://energiewende.baden-wuerttemberg.de/mitmachen/beratung-information/mehr-als-heisse-luft-wie-unternehmen-mit-effizienter-waerme-und-kaeltetechnik-sparen>
- [2] EEP Institut für Energieeffizienz in der Produktion, 2021: Energieeffizienz-Index Sommer 2021, <https://www.eep.uni-stuttgart.de/eei/aktuelle-erhebung/>
- [3] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2012): Abwärmenutzung im Betrieb: Klima schützen – Kosten senken. Augsburg. <https://www.energieeffizienz-handwerk.de/files/625/633582.pdf>
- [4] Dehli, M. (2020). Energieeffizienz in Industrie, Dienstleistung und Gewerbe: Energietechnische Optimierungskonzepte für Unternehmen. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23204-7>
- [5] Deutsche Energie-Agentur (dena) (2015). Erfolgreiche Abwärmenutzung im Unternehmen. Berlin. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/1445_Broschuere_Abwaerme_nutzung.pdf
- [6] Deutsche Energie-Agentur (dena) (2021). Abwärme. <https://www.co2-leuchttuerme-industrie.de/massnahmen-zur-dekarbonisierung/abwaerme/> (Stand: 16.12.21)
- [7] Hesselbach, J. (2012). Energie-und klimaeffiziente Produktion: Grundlagen, Leitlinien und Praxisbeispiele. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9956-9>
- [8] Sächsische Energie-Agentur (saena) (2014). Technologien der Abwärmenutzung. Dresden. <https://www.energieeffizienz-handwerk.de/files/620/399845.pdf>

Checkliste

Baustein 4:
Energieeffizienz-
Maßnahmen

Schwerpunkt:
Abwärmenutzung

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Checkliste: Maßnahmen für die energieeffiziente Abwärmenutzung

Maßnahme	Durchgeführt?	Anmerkungen
1. Bestandsaufnahme		
Ausführliche Bedarfs- und Verbrauchsermittlung Analyse und Bewertung thermischer sowie mechanischer Prozesse hinsichtlich relevanter Kriterien (z. B. Temperaturniveau, Leistung, etc.).	☐	
2. Vermeidung von Abwärme		
Optimierung von Prozessen und Verfahren Anlagen, Prozesse und Infrastruktur wurden auf energetisch vorteilhafte Alternativen geprüft und hinreichend optimiert. Die Steuerung der Anlagen und Prozesse wurde entsprechend des Bedarfs- und Verbrauchsprofils angepasst.	☐	
Einsatz effizienter Wärmedämmung Anlagen, Rohre und Einbauteile wurden ausreichend gedämmt.	☐	
Wartung und Aufspüren von Leckagen Anlagen, Rohre und Einbauteile werden regelmäßig gewartet und auf Leckagen geprüft.	☐	
3. Prozessinterne Nutzung		
Wärmerückgewinnung Die Reintegration der Abwärme im selben Prozess bzw. derselben Anlage wurde geprüft.	☐	
4. Betriebsinterne Nutzung		
Direkte Nutzung Die Nutzung von Abwärme in anderen Prozessen sowie zur Raumheizung und Warmwasserbereitstellung auf möglichst hohem Temperaturniveau wurde geprüft.	☐	

Erhöhung Temperaturniveau Wird Wärme auf einem höheren Temperaturniveau benötigt, kann der Betrieb einer Wärmepumpe in Betracht gezogen werden.	☐	
Kältebereitstellung Bei einem hohen Kältebedarf kann Abwärme mittels Sorptionskältemaschinen zu Kühlzwecken eingesetzt werden.	☐	
Einsatz von Speichertechnologie Speicher ermöglichen die zeitliche Entkopplung von Angebot und Bedarf sowie die Zusammenführung von Abwärme aus verschiedenen Quellen mit unterschiedlichen Temperaturniveaus. Evtl. ist eine Kombination direkter und indirekter Verfahren sinnvoll.	☐	
5. Kompensation von Emissionen		
Erzeugung elektrischer Energie Verstromung industrieller (Hochtemperatur-) Abwärme wurde geprüft.	☐	
6. Kompensation von Emissionen		
Veräußerung an Dritte Ist eine betriebsinterne Nutzung der Abwärme nicht möglich, wurde geprüft, inwiefern Abwärme an Dritte veräußert werden kann.	☐	