Energie, Klima, Umwelt I Klima

Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe - Fokus: Mittelstand

vbw

Leitfaden
Stand: September 2026

Die bayerische Wirtschaft

Hinweis

Dieses Werk darf nur von den Mitgliedern der vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. zum internen Gebrauch sowie zur Unterstützung der jeweiligen Verbandsmitglieder im entsprechend geschlossenen Kreis unter Angabe der Quelle vervielfältigt, verbreitet und zugänglich gemacht werden. Eine darüber hinausgehende Nutzung – insbesondere die Weitergabe an Nichtmitglieder oder das Einstellen im öffentlichen Bereich der Homepage – stellt einen Verstoß gegen urheberrechtliche Vorschriften dar.

Vorwort

Weiterhin erhebliche Einsparpotenziale vorhanden

Energieeffizienz ist ein zentraler Baustein für die Zukunftsfähigkeit von Industrie und Gewerbe. Angesichts hoher Energiepreise und einer wachsenden Bedeutung ressourcenschonender Produktion ist die Wirtschaft schon lange bemüht, Energie sparsam, intelligent und wirtschaftlich einzusetzen. Effiziente Prozesse tragen dazu bei, Betriebskosten zu senken, Emissionen zu reduzieren und die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu stärken.

Konkret haben viele Unternehmen in den vergangenen Jahren bereits erhebliche Anstrengungen unternommen, um Energieverbräuche zu senken, Produktionsabläufe zu optimieren und erneuerbare Energien stärker zu nutzen. Dennoch bestehen in Industrie und Gewerbe weiterhin noch ungehobene Potenziale, etwa durch moderne Technologien, die Digitalisierung von Prozessen, eine bessere Nutzung von Abwärme sowie ein systematisches Energiemanagement.

Energieeffizienz ist dabei weit mehr als eine technische Aufgabe. Sie erfordert eine ganzheitliche Betrachtung betrieblicher Abläufe und das Zusammenspiel von Investitionen, Innovationen und organisatorischen Maßnahmen. Gleichzeitig gilt es abzuschätzen, welche positiven Effekte damit verbunden sind und wo sich Maßnahmen besonders rechnen. Mit unserem Leitfaden wollen wir den Unternehmen dabei eine praxisgerechte Hilfestellung bieten.

Bertram Brossardt
29. September 2026

Inhalt

1 Einleitung 1

2 Relevanz und Chancen von Energieeffizienz 3

2.1 Warum Effizienz wichtig bleibt 3

2.2 Typische Einsparpotenziale in der Industrie 6

3 Energieeffizienzmaßnahmen – von der Theorie in die Praxis 9

3.1 Hemmnisse und Lösungsansätze 9
3.1.1 Ökonomische Hemmnisse und Lösungsansätze 10
3.1.2 Technische Hemmnisse und Lösungsansätze 12
3.1.3 Organisatorische Hemmnisse und Lösungsansätze 13
3.1.4 Externe Hemmnisse und Lösungsansätze 16

3.2 Fördermöglichkeiten 18
3.2.1 Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW) 18
3.2.2 Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG) 19
3.2.3 Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme 22
3.2.4 Bundesförderung Industrie und Klimaschutz (BIK) 24
3.2.5 Energieeffizienz in Unternehmen 24

4 Maßnahmensteckbriefe – erster Schritt zur Umsetzung 25

4.1 Energieeffizienzmaßnahmen – Status Quo 25

4.2 Maßnahmenidentifikation 26

4.3 Wichtige Energieeffizienzmaßnahmen im Überblick 29
4.3.1 Beleuchtung 30
4.3.2 Druckluft 33
4.3.3 Wärme 43
4.3.4 Kälte 51
4.3.5 Raumlufttechnische Anlagen 57
4.3.6 Elektrische Antriebe 62
4.3.7 Transport 71
4.3.8 Produktion 75
4.3.9 Organisation 76

4.4 Best-Practice Beispiele 77

5 Selbstcheck Energieeffizienz 80

5.1 Vorgehensweise für Energieeffizienz und Energieeinsparung 80

5.2 Checkliste zum Selbstcheck 82

Abkürzungsverzeichnis 88
Literaturverzeichnis 91
Linkverzeichnis 95
Abbildungsverzeichnis 97
Tabellenverzeichnis 98
Anhang 99
Ansprechpartner/Impressum 106

1 Einleitung

Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz in vielen Unternehmen noch nicht komplett ausgenutzt

Die Steigerung der Energieeffizienz in Betrieben stellt eine zentrale Voraussetzung für das Erreichen der klima- und energiepolitischen Ziele dar. Auf europäischer Ebene ist vorgesehen, den Endenergieverbrauch bis 2030 um mindestens 11,7 Prozent gegenüber den zugrunde liegenden Projektionen zu senken [1]. Deutschland hat diese Vorgaben im Energieeffizienzgesetz (EnEfG) konkretisiert und strebt eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um 26,5 Prozent bis 2030 gegenüber dem Referenzjahr 2008 an [2]. Trotz kontinuierlicher Effizienzfortschritte in den vergangenen Jahren lag dieser 2024 bei 2.249 TWh und damit nur 11 Prozent unterhalb des Niveaus von 2008 [3], bei einer gleichmäßigen Reduktion hätten bereits 19 Prozent eingespart werden müssen. Die Zielsetzungen lassen sich somit nur erreichen, wenn zusätzliche Effizienz- und Energieeinsparpotenziale konsequent erschlossen werden.

Insbesondere in der Industrie sowie im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, die gemeinsam mehr als 40 Prozent des Endenergieverbrauchs in Deutschland ausmachen [4], besteht weiterhin ein erheblicher Handlungsbedarf. Einer Studie zur volkswirtschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Bewertung der Energieeffizienz in der Industrie der Hochschule Niederrhein zufolge lassen sich in der Industrie etwa 40 Prozent des Endenergieverbrauchs durch die Umsetzung von Maßnahmen einsparen, die bereits heute wirtschaftlich sind [5]. Knapp 28 Prozent des Endenergiebedarfs können sogar durch Maßnahmen reduziert werden, die eine Amortisationszeit von weniger als drei Jahren haben [5].

Für den Freistaat Bayern kommt dieser Herausforderung eine besondere Bedeutung zu. Als einer der größten Industriestandorte Europas ist Bayern durch eine vielfältige Wirtschaftsstruktur geprägt: von großen energieintensiven Unternehmen bis hin zu zahlreichen kleinen und mittleren Unternehmen. Gleichzeitig sind viele Unternehmen mit steigenden Energiepreisen, regulatorischen Anforderungen und zunehmendem Transformationsdruck konfrontiert und stehen häufig vor strukturellen und finanziellen Herausforderungen. Vor diesem Hintergrund bleibt Energieeffizienz ein zentraler Wettbewerbsfaktor. Trotz bereits erzielter Fortschritte ist sie keine einmalige Aufgabe, sondern ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess. Technologische Innovationen, veränderte Rahmenbedingungen und neue betriebliche Anforderungen schaffen fortlaufend neue Potenziale. Eine systematische und regelmäßige Überprüfung der Energieeffizienz ist daher erforderlich, um die eigene Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und gleichzeitig einen wichtigen Beitrag zur industriellen Transformation und Energiewende zu leisten.

Vor diesem Hintergrund verfolgt der vorliegende Leitfaden das Ziel, Unternehmen in Bayern bei der systematischen Identifikation, Bewertung und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen zu unterstützen. Im Fokus stehen praxisnahe Ansätze, die unter realen

betrieblichen Rahmenbedingungen umsetzbar sind und sowohl technische als auch organisatorische und betriebliche Potenziale berücksichtigen.

Der Leitfaden erläutert die Bedeutung von Energieeffizienz für Wettbewerbsfähigkeit, Resilienz und Transformation, zeigt mit Beispielen aus Unternehmen typische Hemmnisse und Lösungsansätze auf und stellt ausgewählte Effizienzmaßnahmen anhand praxisnaher Steckbriefe vor. Ergänzend werden Möglichkeiten zur wirtschaftlichen Bewertung von Maßnahmen sowie relevante Förderangebote dargestellt.

2 Relevanz und Chancen von Energieeffizienz

Energieeffizienzmaßnahmen bieten verschiedene Chancen – neben ökonomischen und ökologischen beispielsweise auch im Bereich Resilienz

2.1 Warum Effizienz wichtig bleibt

Energieeffizienzmaßnahmen bieten Unternehmen ein breites Spektrum an ökonomischen, ökologischen und strategischen Vorteilen und gehen weit über die reine Senkung des Energieverbrauchs hinaus (Abbildung 1). Effizienzsteigerungen senken Kosten, reduzieren Risiken, unterstützen regulatorische Anforderungen und leisten gleichzeitig einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung und Zukunftsfähigkeit industrieller Standorte [6].

Abbildung 1
Relevanz und Chancen durch Energieeffizienzmaßnahmen

Quelle: Eigene Darstellung FfE

Ökonomische Chancen

Der unmittelbarste Effekt von Effizienzsteigerungen ist die Reduktion der Energiekosten. Wenn für beispielsweise Wärme, Kälte oder Druckluft weniger Energie je Produktionseinheit benötigt wird, sinken die laufenden Produktionskosten. Insbesondere in energieintensiven Prozessen kann dies einen signifikanten Einfluss haben. Eine Umfrage der International Energy Agency IEA mit 1.000 Industrieunternehmen weltweit zeigt, dass 70 Prozent der Befragten durch umgesetzte Effizienzmaßnahmen eine Kapitalrendite von mehr als

10 Prozent erzielen. Gleichzeitig geben fast 80 Prozent an, dass Energieeffizienz ihrem Unternehmen in den kommenden fünf Jahren einen Wettbewerbsvorteil verschaffen kann [7]. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass Energieeffizienz als strategischer Faktor wahrgenommen wird: Unternehmen, die ihre energiebezogenen Kosten senken, können ihre Margen verbessern und schaffen Vorteile gegenüber weniger effizienten Wettbewerbern.

Der wirtschaftliche Nutzen beschränkt sich jedoch nicht nur auf geringere Energiekosten. Energieeffizienzmaßnahmen können die Optimierung bestehender Systeme, die Anpassung von Produktionsprozessen oder die Integration neuer Anlagen umfassen. Solche Maßnahmen haben das Potenzial, Anlagen stabiler, materialschonender und zuverlässiger zu betreiben und dadurch Wartungs- und Instandhaltungskosten zu reduzieren [7] [8] [9]. Eine Verbesserung der Betriebs- und Prozesszuverlässigkeit wirkt sich unmittelbar auf die operative Leistungsfähigkeit aus. Durch optimierte Regelung, Wartung und Modernisierung von Produktionsanlagen steigt deren Verfügbarkeit, während Störungen und ungeplante Stillstände reduziert werden können. Die empirischen Befunde der IEA zeigen, dass 40 Prozent der Unternehmen über eine Verringerung der Ausfallzeit berichten, während ungeplante Stillstandszeiten um 13 Prozent reduziert werden können [7].

Resilienz

Geopolitische Spannungen und volatile Energiemärkte haben verdeutlicht, dass eine hohe Abhängigkeit von fossilen Energieträgern einen zentralen wirtschaftlichen Risikofaktor für industrielle Standorte in Deutschland darstellt. Strom- und Erdgaspreise reagieren sensibel auf geopolitische Entwicklungen und regulatorische Eingriffe. Durch die Senkung des Energiebedarfs mittels Effizienzmaßnahmen reduzieren Unternehmen ihre Abhängigkeit von externen Energiebezügen und ihre Anfälligkeit gegenüber Energiepreissteigerungen. Gleichzeitig können sie ihre Exposition gegenüber energie- und emissionsbezogenen Kostenrisiken verringern [10] [11] [12].

Ökologische Chancen

Energieeffizienz ist ein zentraler Bestandteil einer Klimastrategie, weil die Bereitstellung und Nutzung von Energie in vielen Unternehmen eine wesentliche Emissionsquelle in der Treibhausgasbilanz darstellen. Effizienzmaßnahmen bieten die Chance, durch die Reduktion des Energieverbrauchs häufig unmittelbar Treibhausgasemissionen einzusparen [11]. Damit haben sie eine tragende Rolle bei der Ausgestaltung von Dekarbonisierungsstrategien von Unternehmen sowie bei der Erreichung von Klimazielen. Außerdem erleichtern Energieeffizienzmaßnahmen den Transformationsprozess, indem sie den Investitionsbedarf in Elektrifizierung und Dekarbonisierungsmaßnahmen reduzieren. Wer seinen Energiebedarf zuerst minimiert, benötigt später kleinere Wärmepumpen, Speicher, PV-Anlagen oder andere Energieinfrastruktur. Das trägt ebenfalls zu einem geringeren Ressourcenverbrauch bei.

Aus der gewissenhaften Umsetzung von Effizienzmaßnahmen ergeben sich somit konkrete ökologische und zugleich unternehmerische Chancen, z. B. indem Klima- und Nachhaltigkeitsanforderungen von Stakeholdern erfüllt werden. So kann beispielsweise das Unternehmensimage durch nachweisbare Umwelt- und Effizienzmaßnahmen gegenüber Kund*innen gestärkt werden [8]. Auch beim Zugang zu finanziellen Mitteln oder bei der

Positionierung für Ausschreibungen nehmen Nachhaltigkeitskriterien eine zunehmend bedeutende Rolle ein.

Freisetzung knapper Netzanschlusskapazitäten

Für viele Unternehmen wird die verfügbare Netzanschlusskapazität zunehmend zu einem kritischen Engpass [13]. Energieeffizienzmaßnahmen wirken als unmittelbarer Hebel. Sie senken den Strom- und Leistungsbedarf bestehender Prozesse und können dadurch Spielräume für neue elektrische Verbraucher schaffen oder die Kosten für Netzanschluss, Trafokapazität und Versorgungstechnik reduzieren. Energieeffizienz ist damit nicht nur ein Instrument zur Senkung von Energieverbrauch und Emissionen, sondern auch zur Entlastung knapper Netzanschlusskapazitäten. Die IEA betont, dass Energieeffizienz als schnellere und kostengünstige Alternative zum Netzausbau dabei hilft, die Lücke zwischen Angebot und Nachfrage zu schließen. Im Durchschnitt kostet Energieeffizienz pro Energieeinheit weniger als die Hälfte dessen, was der Bau neuer Erzeugungskapazitäten und Netzinfrastruktur kosten würde. Gleichzeitig lassen sich Effizienzmaßnahmen häufig innerhalb eines Jahres umsetzen, während der Netzausbau je nach Technologie zwischen ein und sieben Jahren benötigt [10]. Damit wirken Energieeffizienzmaßnahmen indirekt auch dämpfend auf die Strompreise.

Regulatorische Aspekte

Energieeffizienzmaßnahmen tragen dazu bei, regulatorische Anforderungen besser erfüllen zu können. Das EnEfG verpflichtet Unternehmen mit einem durchschnittlichen jährlichen Gesamtenergieverbrauch von mehr als 7,5 GWh (Stand Juli 2026; perspektivisch nach Novellierung des EnEfG 23,6 GWh) innerhalb der letzten drei Kalenderjahre dazu, ein zertifiziertes Energiemanagementsystem nach DIN EN ISO 50001 oder ein Umweltmanagementsystem nach EMAS einzuführen.
Die DIN EN ISO 50001 beinhaltet neben der Bilanzierung der Energieströme und der Bildung von Energieleistungskennzahlen zur Identifikation von Einsparpotenzialen die kontinuierliche Verbesserung der energiebezogenen Leistung durch das Setzen von Energiezielen und die Umsetzung von Maßnahmen. Für Unternehmen mit einem jährlichen Verbrauch über 2,5 GWh (Stand Juli 2026) besteht die Pflicht zur Erstellung und Veröffentlichung konkreter Umsetzungspläne für alle Effizienzmaßnahmen, die als wirtschaftlich identifiziert wurden [2]. Die Wirtschaftlichkeitsbewertung folgt dabei der VALERI-Norm[1] (DIN EN 17463), die Maßnahmen als wirtschaftlich definiert, die nach 50 Prozent ihrer Nutzungsdauer einen positiven Kapitalwert aufweisen [14]. Ergänzend dazu verpflichtet das Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G) Unternehmen, die keine kleinen und mittleren Unternehmen sind, alle vier Jahre ein Energieaudit nach DIN EN 16247 durchzuführen, sofern sie kein zertifiziertes Energie- oder Umweltmanagementsystem betreiben.

Zur Umsetzung der novellierten Energieeffizienzrichtlinie (EED) hat das Bundeswirtschaftsministerium einen Entwurf für ein Gesetz zur „Beschleunigung der Umsetzung der Energieeffizienzrichtlinie“ (Veröffentlicht am 20. Juni 2026) vorgelegt, mit dem auch das EnEfG

[1] VALERI: Valuation of Energy Related Investments; Bewertung von energiebezogenen Investitionen

und das EDL-G angepasst werden sollen. Künftig soll die Auditpflicht nicht mehr am Unternehmensstatus (KMU / Nicht-KMU), sondern am Energieverbrauch anknüpfen: Unternehmen mit einem jährlichen Gesamtendenergieverbrauch von mehr als 2,77 GWh werden demnach auditpflichtig. Gleichzeitig hebt der Entwurf die Schwellenwerte für die Einführung von Energie- oder Umweltmanagementsystemen auf 23,6 GWh an. Für Unternehmen mit einem Gesamtendenergiejahresverbrauch zwischen 2,77 und 23,6 GWh wird zudem die Pflicht eingeführt, innerhalb von 3 Monaten nach Abschluss eines Energieaudits für alle als wirtschaftlich identifizierten Maßnahmen konkrete Umsetzungspläne zu erstellen und zu veröffentlichen [15]. Daher wird die Identifikation und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen auch für viele Unternehmen durch einen rechtlichen Rahmen gefordert.

Darüber hinaus können Energieeffizienzmaßnahmen dazu beitragen, Anforderungen energie- und klimapolitischer Entlastungsinstrumente zu erfüllen, wie etwa im Kontext des geplanten **Industriestrompreises**. Der Industriestrompreis soll stromintensive Unternehmen der Klima-, Umwelt- und Energiebeihilfeleitlinien (KUEBLL) Liste finanziell entlasten, wie z. B. die Chemie-, Glas- oder Zementbranche. Im Gegenzug müssen die begünstigten Unternehmen mindestens die Hälfte der durch den Staat erhaltenen Beihilfe innerhalb von 48 Monaten nach Erhalt in Dekarbonisierungsmaßnahmen investieren. Dazu zählen laut Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) Investitionen in den Ausbau erneuerbarer Energien, Flexibilitätsmaßnahmen, Infrastrukturmodernisierungen oder in die **Verbesserung der Energieeffizienz** [16].

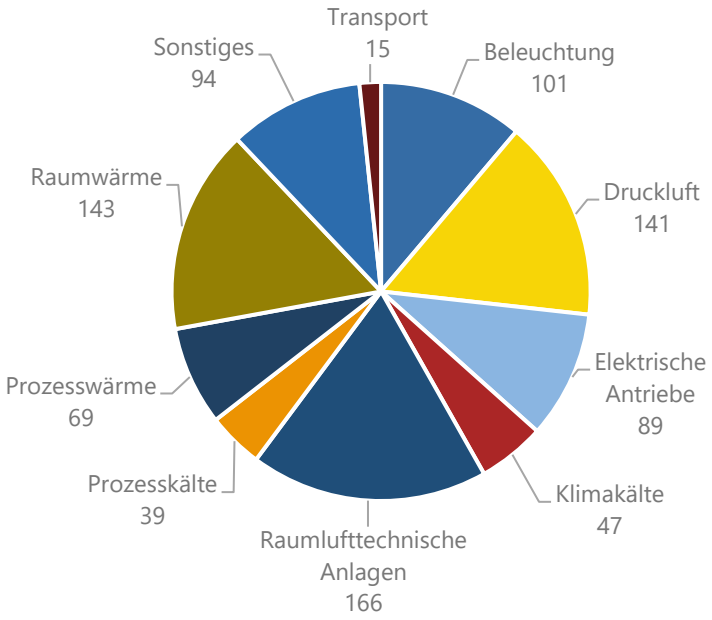
Auch Empfänger der seit 2013 bestehenden **Strompreiskompensation** sind zu ökologischen Gegenleistungen verpflichtet. Die Strompreiskompensation gleicht einen Teil der sogenannten indirekten CO_2-Kosten aus, die durch die im Strompreis enthaltenen Kosten für CO_2-Zertifikate anfallen. Voraussetzung hierfür ist ebenfalls das Vorhandensein eines zertifizierten Energie- oder Umweltmanagementsystems. Ab dem Abrechnungsjahr 2025 müssen Unternehmen zudem im Energiemanagementsystem identifizierte und wirtschaftliche **Effizienzmaßnahmen** mindestens in Höhe der erhaltenen Beihilfe umsetzen. Reicht der Umfang dieser Maßnahmen nicht aus, um den Beihilfebetrag zu erreichen, muss alternativ mindestens die Hälfte des Förderbetrages in breitere Dekarbonisierungsmaßnahmen investiert werden – darunter Flexibilitätsmaßnahmen, der Ausbau erneuerbarer Energien oder weitere **Energieeffizienzverbesserungen** [17].

2.2 Typische Einsparpotenziale in der Industrie

Zur Ermittlung der möglichen Einsparungen durch Energieeffizienzmaßnahmen kann auf eine breite Datenbasis zurückgegriffen werden, die die FfE bei zahlreichen Vor-Ort-Analysen bei Industrieunternehmen in Deutschland und Österreich erhoben hat. Insgesamt wurden in dem Zeitraum von 2022 bis inkl. 2024 knapp 1.000 Energieeffizienzmaßnahmen an 91 Standorten erfasst; durchschnittlich also 11 pro Standort. Die Maßnahmen verteilen sich auf alle wesentlichen Querschnittstechnologien (QST), u. a. Beleuchtung, Druckluft, elektrische Antriebe, Raumlufttechnik (RLT), Klima- und Prozesskälte sowie Raum- und Prozesswärme. Die meisten Maßnahmen konnten dabei in den Bereichen Raumlufttechnik, Raumwärme und Druckluft identifiziert werden. In Abbildung 2 ist eine Übersicht zur

Anzahl der identifizierten Maßnahmen je Bereich abgebildet. Maßnahmen aus den Bereichen Energieträgerwechsel (z. B. Installation von PV-Anlagen) und Maßnahmen, die direkt unternehmensspezifische Produktionsprozesse betreffen, wurden hierbei nicht berücksichtigt, da diese nicht Schwerpunkt des Leitfadens sind.

Abbildung 2
Aufteilung der Maßnahmen auf die untersuchten Bereiche



Quelle: Eigene Darstellung FfE

Von allen erfassten Maßnahmen ließen sich 467 quantitativ hinsichtlich der absoluten und relativen Einsparmöglichkeiten bewerten. Die relativen Einsparpotenziale durch Energieeffizienzmaßnahmen sind in Abbildung 3 in Form eines Boxplots[2] dargestellt. Da kein Anspruch auf Vollständigkeit bzgl. der Erfassung aller Maßnahmen besteht, liegt das wahre Potenzial möglicherweise höher als in der Grafik ausgewiesen.

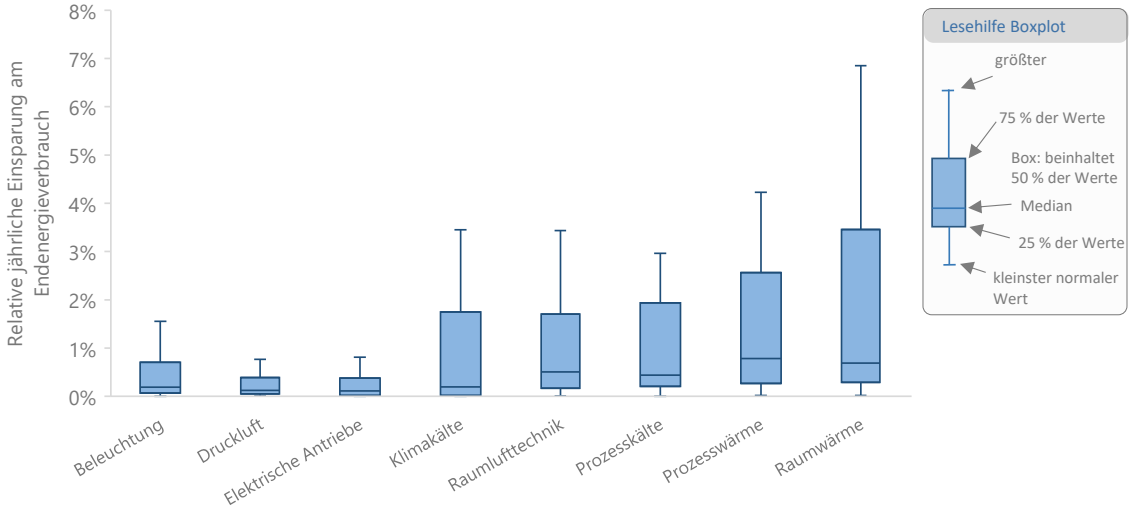
Die Potenziale liegen dabei typischerweise bei 0,5 bis 3 Prozent des jährlichen Endenergieverbrauchs eines Standortes. Je nach Energieverbrauch eines Unternehmens kann dies Einsparungen mehrerer hundert MWh pro Jahr bedeuten. Die höchsten Einsparpotenziale weisen tendenziell Maßnahmen in der Prozess- und Raumwärme auf. Die Werte in den Bereichen Beleuchtung, Druckluft oder elektrischen Antrieben sind zwar niedriger, dafür sind

[2] Unter- bzw. Oberkante der Box eines Boxplots werden durch das 1. und 3. Quartil dargestellt. Das bedeutet, dass 50 Prozent der Werte innerhalb der Box liegen. Die Box selbst wird durch den Median unterteilt, während die Whisker (Linien nach oben und unten) die Werte außerhalb der 50 Prozent abbilden und standardmäßig bis zum 1,5-fachen Interquartilsabstand reichen.

Maßnahmen hier oft standardisierter und daher mit geringerem Implementierungsaufwand verbunden.

Abbildung 3

Relative jährliche Einsparung am Gesamtenergieverbrauch durch Energieeffizienzmaßnahmen



Quelle: Eigene Darstellung FfE

3 Energieeffizienzmaßnahmen – von der Theorie in die Praxis

Praktische Hemmnisse mit Förderungen und innovativen Lösungsansätze überwinden

3.1 Hemmnisse und Lösungsansätze

Energieeffizienzmaßnahmen bieten Potenziale zur Kostensenkung – dennoch werden sie in der Praxis nicht immer konsequent umgesetzt [6]. Die Ursachen lassen sich in vier Kategorien unterteilen: ökonomische, technische, organisatorische und externe Hemmnisse. Abbildung 4 gibt einen Überblick über die wichtigsten Umsetzungshemmnisse und die zugehörigen Lösungsansätze.

Abbildung 4
Übersicht wichtigster Hemmnisse und Lösungsansätze zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen

Quelle: Eigene Darstellung FfE

3.1.1 Ökonomische Hemmnisse und Lösungsansätze

Im Rahmen der wirtschaftlichen Bewertung von Effizienzmaßnahmen werden verschiedene Herausforderungen wahrgenommen, die die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen beeinflussen. Dazu zählen:

- **Lange Amortisationszeiten[3]:** Viele Unternehmen verfolgen Energieeffizienzmaßnahmen nur dann, wenn sich die Investition innerhalb weniger Jahre refinanziert. Maßnahmen mit längeren Amortisationszeiten (>2–3 Jahre) werden oft als unwirtschaftlich eingestuft, obwohl sie langfristig einen positiven Kapitalwert aufweisen. Typische Gründe sind kurzfristige Entscheidungshorizonte, Pay-Back-Vorgaben und die Priorisierung schnell wirksamer Einsparungen.
- **Kapital- und Liquiditätsengpässe, Priorisierung anderer Investitionen[4]**: Effizienzinvestitionen konkurrieren mit anderen Investitionsbedarfen um die finanziellen Mittel der Unternehmen. Zudem können bestehende Investitionszyklen und lange Nutzungsdauern von Anlagen die kurzfristige Umsetzung wirtschaftlicher Effizienzmaßnahmen erschweren. Ein Großteil der untersuchten Studien identifiziert fehlende Liquidität und zu hohe Investitionskosten als signifikantes Hemmnis für Energieeffizienzmaßnahmen. Insbesondere bei knappen Budgets fließt verfügbares Kapital eher in das Kerngeschäft oder dringendere Modernisierungen, sodass Effizienzvorhaben zurückgestellt werden müssen.
- **Bewertungsunsicherheit**[5]: Die ökonomische Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen ist häufig mit Unsicherheiten und Risiken verbunden. Diese betreffen beispielsweise Technologie- bzw. Investitionskosten, den tatsächlichen Nutzen der Effizienzsteigerung, die Energiepreisentwicklung sowie verdeckte Transaktionskosten. Letztere berücksichtigen, dass jede Effizienzmaßnahme Aufwand für Informationsbeschaffung sowie interne Planungs-, Kommunikations- und Entscheidungsprozesse erfordert. Dieser Aufwand wird in klassischen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen typischerweise nicht oder nicht vollständig erfasst. Darüber hinaus können Implementierungsrisiken, etwa durch mögliche Produktionsunterbrechungen, die Wirtschaftlichkeit beeinträchtigen. Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen stellen diese zusätzlichen Kosten eine erhebliche Investitionshürde dar.
- **Geringer Energiekostenanteil[6]**: Die Bedeutung von Energieeffizienz in einem Unternehmen hängt maßgeblich vom Anteil der Energiekosten an den Gesamtkosten ab. In Unternehmen mit geringem Energiekostenanteil an den Gesamtkosten bestehen geringere finanzielle Anreize zur Energieeffizienzsteigerung. Der Aufwand für Informationsbeschaffung sowie Planung und Umsetzung wird dabei oft als unverhältnismäßig im Vergleich zum erwarteten Einsparpotenzial wahrgenommen.

Wenn Energieeffizienzmaßnahmen ausschließlich anhand statischer oder dynamischer **Amortisationszeiten** bewertet werden, liegt der Blick nur auf dem Zeitraum bis zur Rückzahlung der Investition – was danach an Einsparungen anfällt, bleibt außen vor. Gerade bei Maßnahmen mit langer Nutzungsdauer kann das dazu führen, dass wirtschaftlich

[3] [6] [18] [45] [19] [50] [52] [47] [49]
[4] [6] [45] [19] [50] [52] [53]
[5] [7] [51] [21] [45] [19] [47] [53]
[6] [51] [19]

attraktive Investitionen fälschlicherweise als unrentabel eingestuft werden. Eine **Kapitalwertbetrachtung**[7] bzw. Renditebewertung liefert hier ein vollständigeres Bild, da sie alle Einsparungen über die gesamte Lebensdauer der Maßnahmen einbezieht [5]. Zur Ermittlung des tatsächlichen Mehrwerts einer energiebezogenen Investition und zur besseren Priorisierung dieser Projekte wurde die VALERI-Norm (Valuation of Energy Related Investments, DIN EN 17463) entwickelt.

Praxishinweis VALERI-NORM

Die VALERI-Norm (DIN EN 17463) ist ein standardisiertes Berechnungsverfahren, um die Wirtschaftlichkeit von energiebezogenen Investitionen ganzheitlich zu bewerten. Die Norm enthält ein auf der Kapitalwertmethode basierendes Verfahren zur Beurteilung und Interpretation von energiebezogenen Investitionen[2]. Sensitivitäts- und Szenarioanalysen helfen dabei, Bewertungsunsicherheiten zu reduzieren. Die Analysen zeigen, wie sich veränderte Parameter (z. B. Preisentwicklungen oder Preisschwankungsraten) auf die Rentabilität auswirken.

- **Hilfe bei Investitionsentscheidungen:** Ermittlung des tatsächlichen Mehrwertes einer energiebezogenen Investition und damit die verbesserte Priorisierung dieser Projekte bezüglich der Umsetzung.
- **Risiko- und Szenarioanalyse:** Die Norm fordert die Betrachtung von verschiedenen Szenarien (wahrscheinlichster Fall, Best-Case, Worst-Case), wodurch Risiken transparent abgewogen werden können.
- **Gesetzliche Pflichten und Nachweise für Beihilfen:** Im Rahmen des EnEfG müssen bestimmte Industrieunternehmen Energieeffizienz-Maßnahmen mittels VALERI-Norm hinsichtlich Wirtschaftlichkeit bewerten. Auch bei der Beantragung von Entlastungen (zum Beispiel Carbon-Leakage-Verordnung) dient VALERI als geforderter Nachweis.

Weiterführende Informationen finden Sie unter folgendem Link:
FfE: Excel-Tool zur Berechnung nach der VALERI-Norm

Wenn **finanzielle Mittel** zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen begrenzt sind, besteht die Möglichkeit, zunächst verfügbare Förderprogramme zu prüfen. Insbesondere für KMU stehen dazu verschiedene Optionen zur Verfügung, die Investitionskosten der Maßnahmen zu reduzieren [18] [19]. Kapitel 3.2 gibt hierzu einen Überblick über relevante Förderprogramme und Anlaufstellen. Dabei gilt es potenzielle Aufwände der Antragstellung für Förderprogramme zu berücksichtigen.

[7] Kapitalwertmethode: Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung. Berechnung des Kapitalwerts einer Investition, indem alle zukünftigen Zahlungsflüsse (Ein- und Auszahlungen) auf einen Zeitpunkt über einen Kalkulationszinssatz abgezinst werden. Dabei wird auch die Anfangsinvestition berücksichtigt. Ziel ist eine Überprüfung des Ertrages der Investition über den Betrachtungszeitraum.

Unabhängig von möglichen Förderungen empfiehlt es sich zu prüfen, ob Maßnahmen mit geringem Investitionsbedarf kurzfristig umsetzbar sind. Energieeffizienz erfordert nicht in jedem Fall hohe Investitionen in neue Anlagen. Organisatorische und steuerungstechnische Optimierungen, Verhaltensanpassungen und kleinere technische Maßnahmen können ebenfalls deutliche Einsparungen erzielen. Beispiele sind die Anpassung von Heizzeiten, Kühl- und Heiztemperaturen oder die Volumenstromanpassung von Lüftungsanlagen. Dieser Ansatz kann auch Unternehmen mit geringem Kapital oder Investitionsbereitschaft, beispielsweise aufgrund eines niedrigen Energiekostenanteil, dabei helfen, den wirtschaftlichen Mehrwert von Energieeffizienzmaßnahmen aufzuzeigen [19].

3.1.2 Technische Hemmnisse und Lösungsansätze

Es zeigen sich insbesondere folgende technische Herausforderungen:

- **Risiken für Produktionsprozesse und die Produktqualität**[8]: Energieeffizienzmaßnahmen, die mit umfangreichen Eingriffen in bestehende Anlagen oder Produktionsprozesse verbunden sind, werden von Unternehmen häufig als Herausforderung wahrgenommen. Eingriffe in komplexe Produktionssysteme führen zu Unsicherheiten hinsichtlich möglicher Prozessinstabilitäten oder Qualitätseinbußen, wie zum Beispiel ungewollte Einflüsse auf Produkte durch Einregelungsphasen bei z. B. drehzahlgeregelten Pumpen im Kühlwasserkreislauf. Dies gilt insbesondere für Änderungen bei Kernprozessen, bei denen Prozessunterbrechungen oder Fehlproduktionen erhebliche Kosten verursachen.
- **Datenverfügbarkeit**[9]:
  Die Identifikation und Bewertung von Effizienzpotenzialen wird insbesondere in kleineren Unternehmen durch unzureichende Datengrundlagen erschwert. Fehlende oder ungenaue Informationen über Energieverbräuche auf Anlagen- oder Prozessebene erschweren die Identifikation von Effizienzpotenzialen und deren Bewertung.

Potenzielle technische Herausforderungen, die Risiken für **Produktionsprozesse und die Produktqualität** betreffen, unterscheiden sich je nach geplanter Energieeffizienzmaßnahme und Komplexität der betroffenen Produktionsprozesse. Entsprechend sind Lösungsansätze in der Praxis häufig individuell ausgestaltet. Grundsätzlich empfiehlt es sich zunächst, Maßnahmen im Bereich der Querschnittstechnologien anzugehen, da hier eine Umsetzung häufig mit weniger Aufwand und Risiken einhergeht.
Bei Eingriffen in Kernprozesse kann ein schrittweises Vorgehen helfen: Maßnahmen können zunächst durch technische Vorprüfungen oder Pilotversuche getestet werden, bevor sie in den laufenden Betrieb integriert werden. Dadurch lassen sich mögliche Auswirkungen auf Prozessstabilität und Produktqualität frühzeitig abschätzen. Auch der Austausch mit Unternehmen (z. B. im Rahmen von Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerken), die bereits eine vergleichbare Maßnahme umgesetzt haben, kann Fehler und Unsicherheiten reduzieren oder vermeiden.

[8] [6] [18] [51] [21] [45] [50] [50] [49]
[9] [21]

Bewertungsunsicherheiten lassen sich durch eine verbesserte **Datengrundlage** verringern. Dazu gehört eine systematische Erfassung aller signifikanten Energieverbräuche durch die Installation von Sensorik. Darüber hinaus können Energiedatenmanagementsysteme eingesetzt werden, um Verbrauchsdaten sowohl systematisch als auch regelmäßig auszuwerten, zu analysieren und Effizienzpotenziale abzuleiten.

Praxishinweis Energiedatenmanagementsystem

Ein wirksames Instrument zur Identifikation von Energieeffizienzpotenzialen ist der Einsatz eines softwaregestützten Energiedatenmanagementsystems. Es verknüpft die messtechnische Erfassung der Energieverbräuche mit einer konsolidierten Aufbereitung und Auswertung der Daten. Das BAFA fördert im Rahmen der Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz über Modul 3 die Einführung von Energiemanagementsoftware. Aktuell sind über 350 förderfähige Lösungen gelistet. Durch die Förderung werden Unternehmen nicht nur finanziell unterstützt, sondern stellen auch sicher, dass die eingesetzte Software die Anforderungen der DIN EN ISO 50001 erfüllt. Auch für die notwendige Mess-, Steuer- und Regelungstechnik stehen Fördermittel zur Verfügung (vgl. Kapitel 3.2).

Weiterführende Informationen:
- DENA: Aufbau eines softwaregestützten Energiedatenmanagements
- BAFA: Modul 3 - MSR, Sensorik und Energiemanagement-Software
- BAFA: Liste förderfähiger Energiemanagement-Software

Da der Aufbau einer Messinfrastruktur mit hohen Kosten verbunden sein kann, gilt es zunächst, die relevanten Messstellen zu identifizieren. Sofern eine Verbesserung der Datengrundlage nicht möglich ist, können auch Abschätzungen auf Basis technischer Daten (Anschlussleistung) und Betriebsdaten (Betriebsstunden, Auslastung) durchgeführt werden, zum Beispiel aus Wartungsprotokollen. Auch der Austausch mit Herstellern von Pumpen, Kältemaschinen oder Kompressoren kann helfen. Eine unzureichende Datenverfügbarkeit kann bei der Bildung von Kennzahlen zu fehlerhaften Rückschlüssen bei der Bewertung von Effizienzmaßnahmen führen. Aus diesem Grund ist es zielführend, sich zu dem Thema Kennzahlen, zum Beispiel zu Verhältniskennzahlen, Regressionsanalyse etc. zu informieren und aussagekräftige Kennzahlen zu bilden. Hierzu bietet auch die DIN ISO 50006 weiterführende Informationen.

3.1.3 Organisatorische Hemmnisse und Lösungsansätze

Auch in Bezug auf die organisatorische Ebene gibt es Herausforderungen, die eine Umsetzung von Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs durch die Steigerung der Effizienz beeinflussen:

- **Fehlende oder unvollständige Informationen**[10]: Unternehmen bzw. verantwortliche Entscheidungsträger*innen verfügen nicht immer über ausreichendes Wissen zu potenziellen Einsparmöglichkeiten. Dabei fehlt der Überblick darüber, welche Maßnahmen im Unternehmen grundsätzlich infrage kommen, welche Technologien zur Verfügung stehen sowie der Überblick über den aktuellen Stand der Technik und welche Anbieter geeignete Lösungen am Markt bereitstellen. Zusätzlich kann die mangelnde Transparenz und Glaubwürdigkeit externer Informationen die Entscheidungsfindung beeinträchtigen.
- **Personelle und fachliche Ressourcen**[11] [20]: Die Identifikation, Bewertung, Planung und Umsetzung von Energieeffizienzpotenzialen erfordern energietechnisches Know-how und zeitliche Kapazitäten. Vor allem kleinere Unternehmen verfügen selten über spezialisierte Energiemanagementstrukturen oder eigenes Fachpersonal. Zuständige Mitarbeitende übernehmen Energieeffizienzaufgaben häufig zusätzlich zu anderen betrieblichen Tätigkeiten. Auch die Verfügbarkeit der nötigen (externen) Fachkräfte zur Installation und Implementierung kann eine Rolle spielen, z. B. bei Elektriker*innen oder Installateur*innen.
- **Eigentumsstrukturen (Vermieter-Mieter-Dilemma)**[12]: Dieses strukturelle Hemmnis entsteht, wenn Investitionskosten und Einsparnutzen unterschiedlichen Akteuren oder Organisationseinheiten zufallen, wie z. B. bei gepachteten oder vermieteten Gebäuden. In solchen Konstellationen sinkt der Anreiz zur Umsetzung von Effizienzmaßnahmen, auch wenn diese aus gesamtwirtschaftlicher Sicht sinnvoll sind.

Ein zentraler Ansatz zur Überwindung von organisatorischen Hemmnissen ist die Verankerung von Energieeffizienz auf Leitungsebene. Ein Bekenntnis der Geschäftsführung schafft Orientierung, erhöht die Verbindlichkeit und signalisiert, dass Energieeffizienz ein relevantes Unternehmensziel ist. Gleichzeitig ist die Einbindung der Mitarbeitenden entscheidend, da viele Einsparpotenziale im täglichen Betrieb entstehen und durch das operative Erfahrungswissen der Beschäftigten identifiziert werden können [21].

Die Ernennung von Energiebeauftragten und interdisziplinären Energieteams ist sinnvoll, um klare **Zuständigkeiten** zu schaffen. Die Personen sollten konkrete Aufgaben und ausreichend Zeitbudgets erhalten, um Energieeffizienzpotenziale systematisch identifizieren, analysieren und heben zu können. Unzureichende Informationen zu Energieeffizienzpotenzialen bzw. fehlende fachliche Expertise im Unternehmen können durch **Qualifikation bzw. Weiterbildung** der Mitarbeitenden z. B. durch Schulungen adressiert werden. Dazu zählen beispielsweise Energietechnik, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung oder Energiemanagementsysteme (DIN EN ISO 50001). Die Verantwortlichen werden dazu befähigt, Maßnahmen zur Reduzierung von Energiebedarf und Energiekosten zu erkennen und umzusetzen. Ergänzend zur internen Kompetenzbildung kann die Einbindung **externer Fachexpert*innen** zur Beratung und Begleitung sinnvoll sein, etwa im Rahmen von Effizienzpotenzialanalysen oder Energieaudits [5] [18].

[10] [6] [7] [51] [19] [52] [47] [49] [53] [48]
[11] [6] [5] [7] [51] [21] [45] [19] [47]
[12] [5] [21] [52] [46]

Praxishinweis Einbindung von Mitarbeitenden

Mitarbeitende spielen eine zentrale Rolle bei der Identifikation und Umsetzung von Effizienzmaßnahmen, da sie die Prozesse im Alltag am besten kennen und konkrete Verbesserungsideen einbringen können.

- **Wissen und Bewusstsein aufbauen:** Gezielte Schulungen, Sensibilisierung über verschiedene Informationskanäle (Intranet, Newsletter, Poster), Transparenz über Energieverbräuche schaffen (Verbrauch und Ziele am Arbeitsplatz visualisieren)
- **Beteiligung ermöglichen:** Niedrigschwellige Einreichung und Weiterentwicklung von Ideen, z. B. Ideenbox oder digitale Tools im Intranet
- **Anreize setzen:** Bonuspunkte, Prämien oder Auszeichnungen für umgesetzte Ideen vergeben, Ideenwettbewerbe
- **Sichtbarkeit:** Einsparungen und umgesetzte Ideen regelmäßig kommunizieren

Ein weiterer Ansatz besteht darin, den **Austausch** innerhalb und außerhalb des Unternehmens zu fördern. Unternehmensintern können verschiedene Organisationseinheiten durch Energieteams, Arbeitsgruppen oder Stammtische miteinander vernetzt werden. Darüber hinaus bietet die Vernetzung mit anderen Unternehmen, z. B. im Rahmen von Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerken, die Möglichkeit, Erfahrungen zu teilen, voneinander zu lernen, Best Practices vorzustellen und gemeinsam Lösungsansätze zu entwickeln. Dadurch lassen sich Synergien heben und Such- und Entscheidungskosten (Transaktionskosten) reduzieren [6].

Praxishinweis Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerke

Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerke sind strukturierte Kooperationsformate, in denen sich Unternehmen über mehrere Jahre gemeinsam zu selbst gewählten Themen austauschen und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Reduktion der Treibhausgasemissionen entwickeln und umsetzen.
Unterstützt werden sie dabei durch eine externe Moderation sowie energietechnische Beratung. Ziel ist es, durch Austausch, gemeinsame Zielsetzungen und regelmäßiges Monitoring der umgesetzten Maßnahmen Effizienz- und Treibhausgasminderungspotenziale schneller und kosteneffektiver zu realisieren.

- **Struktur & Dauer**: Netzwerke bestehen aus meist 8–15 Unternehmen und laufen typischerweise 2–4 Jahre.
- **Startphase**: Durchführung einer Potenzialanalyse je Unternehmen (z. B. auf Basis eines bestehenden Energiemanagementsystems).
- **Zielsetzung**: Jedes Unternehmen definiert ein individuelles Einsparziel. Daraus wird ein aggregiertes Netzwerkziel abgeleitet.
- **Umsetzung**: Regelmäßiger Austausch in Netzwerktreffen, ergänzt durch energietechnische Beratung

Weiterführende Informationen:
- Treffpunkt Nachhaltigkeit der bayme vbm
- IKEEN: Leitfaden für Energieeffizienz- und Klimaschutz- Netzwerke
- IEEKN: Netzwerke finden

3.1.4 Externe Hemmnisse und Lösungsansätze

Politische und regulatorische Hemmnisse stellen eine besondere Herausforderung dar, da externe Rahmenbedingungen nur begrenzt direkt beeinflusst werden können. Dazu gehören:

- **Politische Hemmnisse**[13]: Externe politische Rahmenbedingungen beeinflussen die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen. Unsichere oder sich verändernde energie-, klima- und wirtschaftspolitische Zielsetzungen können die Planungssicherheit von Unternehmen beeinträchtigen und insbesondere bei längerfristigen Investitionen zu einer erhöhten Risikowahrnehmung führen.
- **Regulatorische Hemmnisse**[14]: Komplexe gesetzliche Anforderungen, bürokratische Verfahren sowie unübersichtliche Förderlandschaften können die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen erschweren. Auch fehlende regulatorische Anreize oder Unsicherheiten bei der Auslegung rechtlicher Vorgaben werden von Unternehmen als Hemmnisse wahrgenommen.
- **Marktbezogene Hemmnisse**[15]:
  Marktbezogene Hemmnisse betreffen die wirtschaftlichen und strukturellen Rahmenbedingungen des Marktes. Insbesondere unsichere oder schwer vorhersehbare Entwicklungen von Energiepreisen erschweren die Wirtschaftlichkeitsbewertung von Energieeffizienzmaßnahmen und erhöhen die Investitionsunsicherheit. Preisprognosen, die Unternehmen bei der Einschätzung zukünftiger Preisentwicklungen unterstützen könnten, stehen häufig nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung. Darüber hinaus können eine begrenzte Verfügbarkeit von Technologien, eine geringe Anzahl geeigneter Anbieter oder Defizite in der Energieinfrastruktur die Umsetzung von Maßnahmen erschweren.

Dennoch bestehen Handlungsmöglichkeiten, z. B. indem Unternehmen ihre Interessen über Branchenverbände, Netzwerke oder im Rahmen von Konsultations- und Gesetzgebungsprozessen einbringen [5]. Gleichzeitig sollten politische und regulatorische Entwicklungen regelmäßig beobachtet und in Energieeffizienzentscheidungen einbezogen werden. Dazu zählen beispielsweise Berichtspflichten, steigende CO_2-Kosten, aber auch die Prüfung geeigneter Förderprogramme.

[13] [5] [45] [48]
[14] [5] [45] [48]
[15] [5] [45] [48]

Praxishinweis Rechtskataster

Ein Rechtskataster ist eine systematische und regelmäßig aktualisierte **Übersicht** aller für ein Unternehmen relevanten **rechtlichen Anforderungen** (z. B. Gesetze, Verordnungen, Normen, Genehmigungen und daraus resultierende Auflagen).

Es dient der Rechtssicherheit, hilft Haftungsrisiken zu minimieren und wird bei der Erfüllung der **Managementnormen** DIN EN ISO 50001 / ISO 14001 genutzt. Diese verpflichten Unternehmen dazu, relevante rechtliche Anforderungen zu kennen und deren Einhaltung nachweisen zu können.

Für den Aufbau und die Pflege eines Rechtskatasters können unterschiedliche Quellen genutzt werden:

- **Öffentliche Rechtsquellen** (z. B. Gesetze im Internet, Bundesanzeiger): kostenfrei, aber verbunden mit hohem Recherche- und Pflegeaufwand.
- **Behörden und Fachinstitutionen** (z. B. BAFA, BMWK): Informationen zu rechtlichen Änderungen, Vollzugshinweisen sowie zur Bewertung der Rechtsrelevanz und Anwendbarkeit.
- **Rechtskataster- und Compliance-Datenbanken**: strukturierte und regelmäßig aktualisierte Lösungen, in der Regel kostenpflichtig.
  → UGA-Software-Datenbank für Klima-, Energie- und Umweltmanagement
- **Verbände und Kammern** (z. B. Branchenverbände, Netzwerke): branchenbezogene Informationen und Einordnung rechtlicher Entwicklungen.
- **Externe Unterstützung:** Bei Bedarf Unterstützung von Rechtsberatungen bei der Auslegung rechtlicher Anforderungen. Im Rahmen von Managementsystemen kann zudem der Austausch mit Auditor*innen hilfreich sein.

Unsichere **Preisentwicklungen** sollten nicht dazu führen, Energieeffizienzmaßnahmen grundsätzlich zurückzustellen. Stattdessen sind verschiedene Preisszenarien in die Wirtschaftlichkeitsbewertung einzubeziehen. Sensitivitätsanalysen können zeigen, wie sich die Rendite einer Maßnahme bei unterschiedlichen Energiepreisen verändert. Da Energiepreise durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst werden, ist eine zuverlässige Prognose kaum möglich. Dennoch können vereinfachte Ansätze herangezogen werden. Über die European Energy Exchange (EEX, Börse für Energiehandel) lassen sich etwa für Strom, Erdgas und CO_2 Terminmarktpreise („Futures“) die Beschaffungspreise einsehen, zu denen Energie bzw. Emissionszertifikate heute für eine Lieferung in einem zukünftigen Jahr gehandelt werden. Zudem existieren einige Studien, die eine Abschätzung über die zukünftige Entwicklung der Energiepreise bereitstellen, z. B. in der vbw-Studie „Internationaler Energiepreis-vergleich für die Industrie“ [22]. Darüber hinaus sind kostenpflichtige Energiepreisszenarien am Markt verfügbar. Diese basieren in der Regel auf komplexen Modellen, in die verschiedene Einflussfaktoren sowie deren zukünftige Entwicklung einbezogen werden. Neben den reinen Energiepreisen ist auch die Entwicklung von Netzentgelten, Vertriebskosten und Steuern, Abgaben sowie Umlagen zu berücksichtigen. Insbesondere

im Bereich Netzentgelte wird es durch den Prozess zur allgemeinen Netzentgeltsystematik Strom (AgNeS) bis 2030 deutliche Veränderungen geben.

3.2 Fördermöglichkeiten

Eine Unterstützung bei der Umsetzung von Dekarbonisierungs- und Effizienzmaßnahmen kann über verschiedene Förderprogramme erfolgen. Eine detaillierte Ausführung zu Fördermöglichkeiten für den Klimaschutz ist im gleichnamigen Leitfaden der vbw zu finden. Im Bereich Energieeffizienz sind Stand August 2026 die folgenden Förderprogramme primär zu berücksichtigen:

- Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW)
- Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)
- Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (EBN)
- Bundesförderung Energie und Klimaschutz (BIK)
- Sonderprogramm in Bayern: „Energieeffizienz in Unternehmen“

Grundsätzlich gilt: Die Förderlandschaft verändert sich laufend. Die Förderoptionen sollten daher beobachtet und regelmäßig geprüft werden. Orientierung und Beratung bieten unter anderem die Förderdatenbank des Bundes, der Förderlotse Bayern sowie die SBM GmbH für Mitgliedsunternehmen der Arbeitgeberverbände der bayerischen Metall- und Elektroindustrie (bayme vbm).

3.2.1 Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW)

Das Förderprogramm fördert Investitionen in Maßnahmen zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz in Industrie und Gewerbe und ist in sechs verschiedene Module aufgeteilt. Projektträger ist für Module 1, 2, 3, 4 und 6 das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und für das Modul 5 der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. Die Förderung kann entweder über Investitionszuschüsse oder als zinsverbilligter Kredit mit Tilgungszuschüssen erfolgen. [23]

- Modul 1: Querschnittstechnologien
- Modul 2: Prozesswärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien
- Modul 3: Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Sensorik und Energiemanagementsoftware
- Modul 4: Energie- und ressourcenbezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen
- Modul 5: Transformationsplan
- Modul 6: Elektrifizierung von kleinen Unternehmen

Modul 1 richtet sich ausschließlich an kleine (KU) und mittlere Unternehmen (MU). Über dieses Modul können Förderungen für die Installation hocheffizienter Antriebe, Motoren, Pumpen und Ventilatoren, Frequenzumrichter und Druckluftkompressoren von 20 Prozent (MU) bis 25 Prozent (KU) abgerufen werden. Die Mindestinvestitionssumme liegt bei

2.000 Euro und die Förderquote bezieht sich auf die Investitionsgesamtkosten (IGK). Weitere Informationen sind im Merkblatt der BAFA zu finden [24].

Modul 2 adressiert die Erzeugung von Prozesswärme aus erneuerbaren Energien. Über dieses Modul werden keine Effizienzmaßnahmen abseits von Erzeugungsanlagen gefördert. [25]

In **Modul 3** werden der Erwerb und die Installation von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und Sensorik sowie von Energiemanagementsoftware und die Schulung des Personals gefördert. Weitere Informationen sind dem entsprechenden Merkblatt der BAFA zu entnehmen. [26]

Das **Modul 4** wird in die Basisförderung und die Premiumförderung eingeteilt. Die Basisförderung richtet sich ausschließlich an KMU und fördert den Erwerb und die Installation von bestimmten Technologiekategorien, die in einer Liste im Merkblatt aufgezählt sind. Auf diese Weise können Anlagen ersetzt werden, die eine höhere Energieeffizienz aufweisen als die bestehende Anlage. [27]

In der Premiumförderung werden technologieoffen Bestandsoptimierungen, Austauschinvestitionen, Erstinvestitionen und Erweiterungsinvestitionen gefördert. Förderfähig sind beispielsweise Prozess- und Verfahrensumstellungen, die Erschließung und Nutzung von Prozessabwärme, eine Energie- und/oder ressourceneffiziente Bereitstellung von Prozesswärme oder -kälte oder die Vermeidung von Energie- und/oder Ressourcenverlusten in Produktionsprozessen sowie die Elektrifizierung von Prozessen. Allerdings können Maßnahmen, die unter Modul 1 oder die Basisförderung fallen, nicht über die Premiumförderung gefördert werden. [27]

Das **Modul 5** fördert die Erstellung von Transformationsplänen. Im Rahmen der Erstellung von Transformationsplänen kann die Erfassung und Bewertung von Energieeffizienz und Energieeinsparmaßnahmen mit aufgenommen werden. Somit ist hier eine Umsetzung von Effizienzmaßnahmen nicht möglich, allerdings jedoch deren Identifikation und Bewertung.

Die Elektrifizierung von kleinen Unternehmen wird über das **Modul 6** gefördert. Dazu gehört der Tausch oder die Umrüstung von Bestandsanlagen, die bisher mit fossilen Brennstoffen und anschließend elektrisch betrieben werden.

Weitere Informationen zu Antragsberechtigten, Fördervoraussetzung, Förderhöhe, Antragsverfahren sowie weitere Informationen sind im Leitfaden zu Förderungen für den Klimaschutz zu finden [28].

3.2.2 Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG)

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude ist unterteilt in Förderungen für Wohngebäude (WG), Nichtwohngebäude (NWG) und Einzelmaßnahmen (EM). Antragsberechtigt

sind grundsätzlich Investierende in förderfähige Maßnahmen, darunter Unternehmen, freiberuflich Tätige, öffentliche und gemeinnützige Organisationen sowie Contractoren. Bei Nichtwohngebäuden gibt es unterschiedliche Maßnahmen, die in der folgenden Auflistung zu finden sind. Die Förderung für Nichtwohngebäude als Kredit oder Investitionszuschuss wird über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) administriert. Die Förderung für den Zuschuss für das BEG EM erfolgt über das BAFA, der Kredit über die KfW.

- Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle
- Anlagentechnik (außer Heizung)
- Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)
- Heizungsoptimierung
- Fachplanung und Baubegleitung

Voraussetzung für die Antragstellung aller Maßnahmen, bis auf die der Heizungsoptimierung, ist die Einbindung eines **Energieeffizienz-Experten**.

Im Bereich der Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle werden vor allem die Dämmung der Gebäudehülle, die Erneuerung, der Ersatz oder erstmalige Einbau von Fenstern, Außentüren und -toren, sowie der Ersatz oder Einbau eines sommerlichen Wärmeschutzes gefördert. Voraussetzung für die Antragstellung ist die Einbindung eines Energieeffizienz-Experten. [29]

Zur Maßnahme der Anlagentechnik (außer Heizung) gehören der Einbau, Austausch oder die Optimierung raumlufttechnischer Anlagen inklusive Wärme-/Kälterückgewinnung sowie der Einbau von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, um einen vorgegeben Gebäudeautomatisierungsgrad zu erreichen. Auch Kältetechnik zur Raumkühlung ist förderfähig. Eine detaillierte Beschreibung ist im Infoblatt zu den förderfähigen Maßnahmen und Leistungen zu finden [29].

Im Bereich der Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik) sind die Errichtung, Umbau oder Erweiterung eines Gebäudenetzes sowie der Anschluss an ein Gebäudenetz förderfähig. Dabei werden auch bestimmte Anlagen zu Wärmeerzeugung gefördert. Hierbei gelten jedoch einige Voraussetzungen, die im Infoblatt der BAFA ausgeführt werden [29].

Im Rahmen der Maßnahme Heizungsoptimierung werden alle Maßnahmen, die zur Verbesserung der Anlageneffizienz und Optimierung der Heizungsanlagen führen, gefördert. Zudem sind Maßnahmen zur Reduzierung der Staubemissionen bei Biomassefeuerungsanlagen enthalten. [29]

Entstehen Kosten für energetische Fachplanung und Baubegleitung, welche unmittelbar mit der Maßnahme zur Verbesserung der Energieeffizienz zusammenhängen, sind diese ebenfalls förderfähig.
Eine Übersicht über die Eckdaten der Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG) ist in der nachfolgenden Tabelle abgebildet.

Tabelle 1
Eckdaten für Bundesförderung effiziente Gebäude

Kategorie	Anforderungen
Antragsberechtigte	Investoren (z. B. private Hauseigentümer bzw. Wohnungseigentümergemeinschaften, Contractoren, Unternehmen, gemeinnützige Organisationen, Kommunen). Wenn nicht Eigentümer: wenn Eigentümer antragsberechtigt ist bzw. informiert wurde.
Fördervoraussetzung	Maßnahmen müssen in Deutschland umgesetzt werden und das Gebäude mindestens 10 Jahre zweckentsprechend genutzt werden. Bei Einzelmaßnahmen: Einbindung eines Energieeffizienz-Experten.
Ausschlusskriterien	Nicht antragsberechtigt sind der Bund, die Bundesländer und deren Einrichtungen sowie politische Parteien.
Förderart	Investitionszuschuss. Förderkredit mit Tilgungszuschuss und vergünstigtem Zinssatz.
Dauer der konkreten Förderung	Je nach Maßnahme muss eine Umsetzung nach 24 bzw. 36 Monaten erfolgen.
Max. Förderhöhe	Grundförderung Einzelmaßnahmen: 15 Prozent Zuschuss Nr. 263 der KfW (Nichtwohngebäude): ab 0,25 Prozent effektiver Jahreszins und zwischen 5 und 25 Prozent Tilgungszuschuss. Zuschuss Nr. 522 der KfW (Heizungsförderung für Unternehmen – Nichtwohngebäude): Zuschuss bis 30 Prozent der förderfähigen Kosten.
Beihilfefähige Kosten	Investitionskosten.
Projektträger / Zuständige Behörde	Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA).

Die KfW gewährt die Kredite im Rahmen des Förderprogramms über einen Finanzierungspartner. Dies kann jede Geschäftsbank, Sparkasse oder Genossenschaftsbank sein. Der Antrag auf einen Förderkredit wird folglich nicht bei der KfW, sondern beim Finanzierungspartner gestellt. Der Antrag muss vor Beginn des Vorhabens gestellt werden.

Die Antragsstellung für die Einzelmaßnahmen erfolgt über fünf verschiedene Schritte. Da zur Antragsstellung ein abgeschlossener Lieferungs- und Leistungsvertrag vorliegen muss, empfiehlt es sich als ersten Schritt Angebote von Fachunternehmen bzw. des Energieeffizienz-Experten (EEE) einzuholen. Zudem muss durch das Fachunternehmen oder EEE eine

technische Projektbeschreibung erstellt werden, in der alle relevanten Projektangaben erfasst werden. Der Antrag wird beim BAFA online über das entsprechende Portal hochgeladen. Nach einer positiven Prüfung erfolgt eine Zusendung des Zuwendungsbescheids. Nach Umsetzung und Bezahlung der Maßnahmen muss spätestens 6 Monate nach Ablauf des Bewilligungszeitraums der Verwendungsnachweis eingereicht werden. Teil davon ist der Technische Projektnachweis, der durch das Fachunternehmen oder den EEE erstellt werden muss. Detaillierte Informationen sind dem Merkblatt zur allgemeinen Antragstellung zu entnehmen [30].

3.2.3 Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme

Projektträger der Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (EBN) ist das BAFA. Über drei Module werden verschiedene Beratungsleistungen gefördert. Dazu gehört

- Modul 1: Energieaudits DIN EN 16247
- Modul 2: Energieberatungen DIN V 18599
- Modul 3: Contracting-Orientierungsberatung

Modul 1 fördert die Durchführung von Energieaudits nach DIN EN 16247 für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme. Ziel ist die systematische Analyse der Energieverbräuche sowie die Identifikation und Bewertung von Effizienzmaßnahmen. Die Förderung erfolgt als Zuschuss zu den Beratungskosten. Antragsberechtigt sind Stand August 2026 kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowie kommunale Gebietskörperschaften und kommunale Unternehmen. Durch die Novellierung des EnEfG entfällt diese Förderung jedoch voraussichtlich in Teilen und steht nur noch Unternehmen mit einem Gesamtenergieverbrauch von unter 2,77 GWh pro Jahr (gemittelt über die letzten drei Jahre) zur Verfügung.

Modul 2 unterstützt eine umfassende Energieberatung für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599. Dabei werden sowohl die Gebäudehülle als auch die Anlagentechnik untersucht und ein Sanierungsfahrplan bzw. energetisches Gesamtkonzept erstellt.

Modul 3 fördert eine Contracting-Orientierungsberatung, mit der geprüft wird, ob sich ein Gebäude oder Standort für ein Energieliefer- oder Energiespar-Contracting eignet.

Eine Übersicht über die Eckdaten der Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme ist in der nachfolgenden Tabelle abgebildet. Diese basieren auf dem Dokument des BAFA zu „Allgemeine Hinweise zum Antrags- und Verwendungsnachweisverfahren des EBN“ [31].

Tabelle 2
Eckdaten der Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme

Kategorie	Anforderungen
Antragsberechtigte	Kleine und mittlere Unternehmen[16] und Angehörige der Freien Berufe mit Sitz und Betrieb in Deutschland, Kommunale Gebietskörperschaften, Zweckverbände und gemeinnützige Organisationen, Nicht-KMU mit Gesamtenergieverbrauch von kleiner 500 MWh pro Jahr.
Fördervoraussetzung	Beratung erfolgt durch entsprechend qualifizierte Beratende.
Ausschlusskriterien	Beginn des Vorhabens vor Bewilligung.
Förderart	Anteilsfinanzierung.
Dauer der konkreten Förderung	Der Bewilligungszeitraum beträgt 12 Monate.
Max. Förderhöhe	Modul 1: 50 Prozent des förderfähigen Beratungshonorars, je nach Energieverbrauch maximal 3.000 bzw. 6.000 Euro. Modul 2: 50 Prozent des förderfähigen Beratungshonorars, je nach Nettogrundfläche bis 4.000 Euro. Modul 3: 50 Prozent des förderfähigen Beratungshonorars, je nach Energieverbrauch maximal 5.000 Euro.
Beihilfefähige Kosten	Ausgaben, die sich unmittelbar auf die beantragte Beratungsleistung beziehen.
Projektträger / Zuständige Behörde	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

Der Antrag wird über das BAFA-Portal gestellt. Dort werden Angaben zum Antragsteller, Standort, Ansprechpartner, Energieberater und der energetischen Ausgangssituation sowie einen Kostenvoranschlag gefordert. Nach einer positiven Prüfung wird der Zuwendungsbescheid versendet und eine Umsetzung kann erfolgen. Drei Monate nach Ablauf des dort festgehaltenen Bewilligungszeitraumes müssen die Verwendungsnachweiseunterlagen beim BAFA eingegangen sein, sodass nach einer weiteren Prüfung der Zuschuss ausgezahlt werden kann [31].

[16] Definition kleines und mittleres Unternehmen: Unternehmen, die weniger als 250 Personen beschäftigen und einen Jahresumsatz von nicht mehr als 50 Millionen Euro oder eine Jahresbilanzsumme von nicht mehr als 43 Millionen Euro haben.

3.2.4 Bundesförderung Industrie und Klimaschutz (BIK)

Die Bundesförderung Industrie und Klimaschutz (BIK) ist das zentrale Förderprogramm des Bundes zur Dekarbonisierung der energieintensiven Industrie (Modul 1) und Carbon Management (Modul 2). Gefördert werden Investitions- und Innovationsvorhaben, die einen langfristigen und wirksamen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasemissionen leisten und einen innovativen technologischen Ansatz verfolgen. Weitere Informationen zu Antragsberechtigten, Fördervoraussetzung, Förderhöhe sowie Antragsverfahren befinden sich auf der Seite des Kompetenzzentrums Klimaschutz in energieintensiven Industrien (Projektträger Modul 1) [32] und im Leitfaden zu Förderungen für den Klimaschutz der vbw [28].

3.2.5 Energieeffizienz in Unternehmen

Die bayerische Regionalförderung wird durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (StMWi) verantwortet. Teil dieser Regionalförderung ist das Sonderprogramm Energieeffizienz in Unternehmen. Dabei werden KMU mit Sitz im ländlichen Raum bei Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz über einen Zuschuss unterstützt. Es werden technische Anlagen inkl. Gebäudetechnik, die Sanierung von Gebäuden inkl. Heizungs-, Kühl- und Raumlufttechnik sowie der Neubau von Gebäuden gefördert. Je nach Fördergebiet beträgt die Förderung bis zu 45 Prozent. Weitere Informationen sind dem Beiblatt des Sonderprogramms zu entnehmen [33]. Weitere Informationen zu Antragsberechtigten, Fördervoraussetzung, Förderhöhe, Antragsverfahren sowie Weiteres sind im Leitfaden zu Förderungen für den Klimaschutz zu finden [28].

4 Maßnahmensteckbriefe – erster Schritt zur Umsetzung

Vom Mittelstand bis zum Großunternehmen: Effizienzpotenziale lassen sich in allen Unternehmensbereichen heben

Durch Energieeffizienz können Unternehmen ihren Energieverbrauch und damit ihre Energiekosten weiterhin nachhaltig senken. Aufgrund ihrer langjährigen Relevanz wurden bereits zahlreiche Effizienzmaßnahmen identifiziert, erprobt und umgesetzt. Aus diesem Grund wurden Energieeffizienzmaßnahmen bereits von verschiedenen Organisationen in Studien und Leitfäden beschrieben.[17]

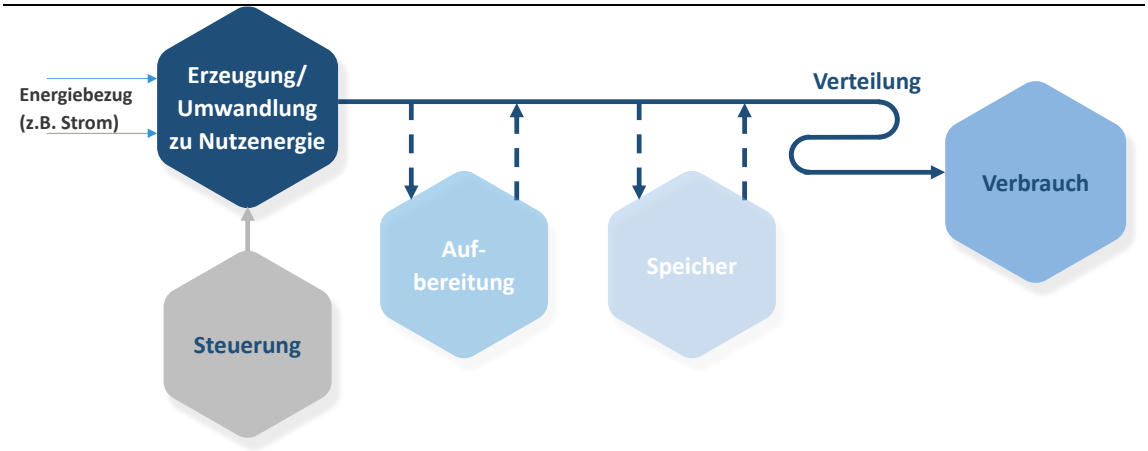
4.1 Energieeffizienzmaßnahmen – Status Quo

Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen lassen sich grundsätzlich in zwei Bereiche unterteilen: **Produktionsanlagen** und **Querschnittstechnologien (QST)**. Produktionsanlagen sind direkt in den eigentlichen Herstellungsprozess integriert und erfordern häufig sehr spezifische, prozessabhängige Optimierungen. QST hingegen umfassen unterstützende Systeme der Energie- und Medienversorgung wie Druckluft, Pumpen, elektrische Antriebe, Beleuchtung, raumlufttechnische Anlagen oder Anlagen zur Heizung und Kühlung von Räumen und Anlagen. Diese werden in nahezu allen Unternehmen unabhängig von der Branche eingesetzt. Bei QST können daher oftmals standardisierte, breit übertragbare Effizienzmaßnahmen mit vergleichsweise geringem technischem Risiko umgesetzt werden. Zudem sind die Einsparpotenziale oft gut erschließbar und die Investitionen eher gering, während Eingriffe in Produktionsprozesse meist komplexer, kostenintensiver und mit Risiken für Qualität und Betriebssicherheit verbunden sind.

Die Energie- und Medienversorgung in Industrie und Gewerbe lässt sich in der Regel in die folgenden Abschnitte aufteilen (siehe Abbildung 5). In jedem dieser Abschnitte können Einsparpotenziale vorliegen und es sollte immer eine ganzheitliche Betrachtung vorgenommen werden.

[17] [58] [59] [60] [61]

Abbildung 5
Abschnitte der Energie- und Medienversorgung in Industrie und Gewerbe



Quelle: Eigene Darstellung FfE

Üblicherweise wird davon ausgegangen, dass das höchste Potenzial zur Effizienzsteigerung bzw. Energieeinsparung beim Verbraucher liegt, und diese bis zur Erzeugungsanlage abnimmt. Ein Grund hierfür ist, dass Verbraucher teils nicht in ihrem energetisch optimalen Betriebspunkt arbeiten und dies Rückwirkungen auf die Verteilung und Bereitstellung hat. Die größten Effizienzgewinne bietet jedoch eine ganzheitliche Betrachtung der gesamten Kette von der Energieerzeugung/-umwandlung bis zum Verbraucher.

4.2 Maßnahmenidentifikation

Basierend auf der bereits existierenden Literatur und dem Praxiswissen der FfE wurde eine Energieeffizienzmaßnahmen-Longlist erstellt. Diese umfasst über 100 Maßnahmen im Bereich der QST. Diese wurden anschließend anhand ihres **Umsetzungszeitraums** und der Art der Maßnahme weiter kategorisiert. Der Umsetzungszeitraum beschreibt dabei, wie lange es dauert, bis eine Maßnahme im Unternehmen installiert und etabliert ist. Die **Art der Maßnahme** gibt an, wie die Energieeffizienzmaßnahme im Unternehmen umgesetzt wird. Dies passiert entweder

– auf Ebene des Mitarbeiterverhaltens (organisatorisch-personell),
– in übergeordneten Konzepten und genutzten Technologien (organisatorisch-technisch) oder
– durch einzelne konkrete Anlagen (anlagentechnisch).

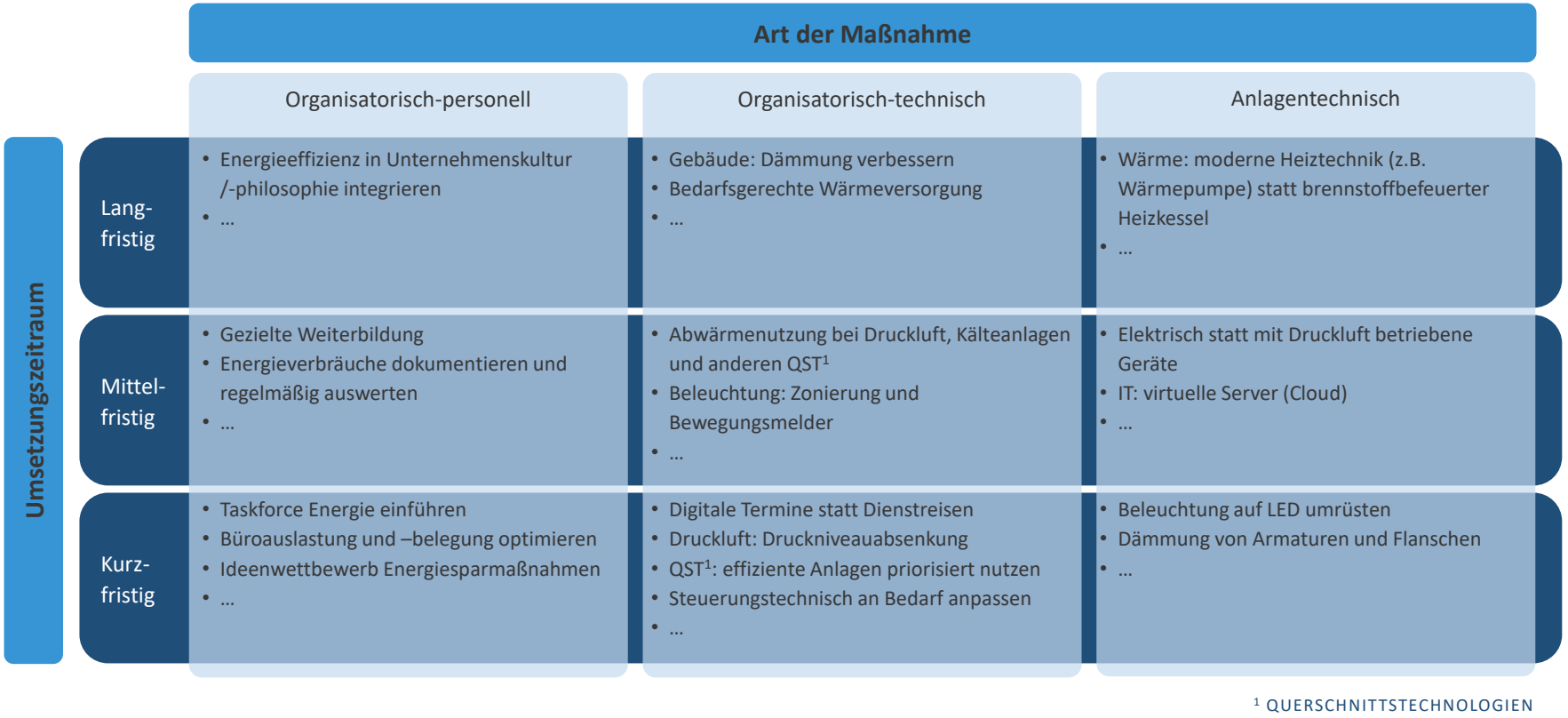
Die anhand des Umsetzungszeitraums und der Art geclusterten Energieeffizienzmaßnahmen ergeben die in Abbildung 6 dargestellte Matrix. Die darin enthaltenen Maßnahmen sind als Beispiele zu sehen.

Um von der zusammengestellten und kategorisierten Liste die wichtigsten Maßnahmen abzuleiten, wurde ein **Scoring-Modell** entwickelt (genauere Informationen zum Modell

sind im Anhang A.1 enthalten). Die modellbasierte Bewertung wurde anschließend von Expert*innen der FfE durchgeführt. Zudem floss über Interviews von Unternehmen der Branchen Automobil, Metallverarbeitung und Elektrotechnik eine praxisnahe Einordnung der relevanten Maßnahmen ein. Basierend auf den durchschnittlichen Gesamtscores aller Maßnahmen wurde anschließend eine Shortlist mit hoch bewerteten Energieeffizienzmaßnahmen erstellt. Aus dieser wurden dann die Maßnahmen für die genaue Betrachtung in Steckbriefen ausgewählt. Dabei wurde darauf geachtet, dass verschiedene Querschnittstechnologiebereiche berücksichtigt werden. Als Ergänzung zu den Maßnahmen, welche in den Steckbriefen detaillierter aufbereitet werden, werden zusätzlich weitere relevante Maßnahmen aus der Liste im nachfolgenden Kapitel 4.3 aufgeführt.

Abbildung 6

Clusterung von Energieeffizienzmaßnahmen anhand von Umsetzungszeitraum und Art der Maßnahme



Quelle: Eigene Darstellung FfE

4.3 Wichtige Energieeffizienzmaßnahmen im Überblick

Im Folgenden werden die durch das Scoring-Modell (siehe Abschnitt 4.2 und Anhang A.1) und die Industrievertreter*innen als besonders relevant eingestuften Energieeffizienzmaßnahmen in Form von Steckbriefen beschrieben. Soweit möglich und sinnvoll, werden zudem die für eine erste Bewertung der Maßnahmen erforderlichen mathematischen Formeln dargestellt. Allgemeingültige Formeln zur Kostenbewertung sind vorab in der nachfolgenden Infobox zusammengefasst.

Infobox

$$Energiekosteneinsparung\ \left[\frac{Euro}{a}\right]$$
$$= Energieeinsparung\ \left[\frac{MWh}{a}\right] \times durchschn.\,Energiepreis\ \left[\frac{Euro}{MWh}\right]$$

$$Statische\ Amortisationszeit\ [a] = \frac{Investitonen\ [Euro]}{j\ddot{a}hrlicher\ R\ddot{u}ckfluss\ \left[\frac{Euro}{a}\right]}$$

In den Beispielen in den nachfolgenden Steckbriefen entspricht der jährliche Rückfluss den jährlichen Energiekosteneinsparungen. Grundsätzlich wird für die wirtschaftliche Bewertung von Effizienzmaßnahmen eine renditeorientierte Methode wie der Kapitalwert empfohlen. Für eine erste einfache Abschätzung eignet sich jedoch auch die Amortisationszeit, weshalb diese in den Steckbriefen verwendet wird.

a = Jahr, MWh = Megawattstunden

Zu Beginn der Steckbriefe stehen Schätzwerte sowie eine vergleichende qualitative Einordnung der Maßnahme hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Umsetzbarkeit und Energieeinsparung. In tabellarischer Form folgen eine Kurzbeschreibung der Maßnahme, Voraussetzungen und das Vorgehen bei deren Umsetzung sowie weitere Tipps und Tricks. Bei der Bewertung werden zunächst wichtige Formeln für die Einsparberechnung dieser Maßnahme gezeigt. In der Beispielberechnung werden in diese dann konkrete Zahlen eingesetzt. Die potenziellen Fördermöglichkeiten (Stand August 2026) bilden den Abschluss der Steckbriefe.

Zusätzlich werden wichtige Informationen für die zugehörigen QST auf übergeordneter Ebene bereitgestellt. Diesen Beschreibungen folgen typische Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und Reduktion des Energieverbrauchs.

4.3.1 Beleuchtung

Im Bereich Beleuchtung gab es in den letzten Jahren bereits in vielen Unternehmen deutliche Effizienzsteigerungen durch den Tausch von konventionellen Leuchtmitteln gegen LED. Dies ist unter anderem auf die EU-Ökodesign-Richtlinie zurückzuführen, durch die seit 2019 schrittweise ineffiziente Leuchtmittel wie Halogenlampen sowie Leuchtstofflampen vom Markt genommen wurden.

Zentrale Vorgaben für die Beleuchtung sind in den Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4 zu finden. Dort sind unter anderem Beleuchtungsstärken oder Farbwiedergabe geregelt [34].

Ein Beleuchtungssystem besteht im Wesentlichen aus dem Leuchtmittel, einer Leuchte inkl. Reflektoren und optischer Systeme sowie einem Vorschaltgerät bzw. Treiber. Während klassische Lichtsysteme häufig externe Vorschaltgeräte benötigen, sind diese bei LED-Systemen in Form elektronischer Treiber integriert. Weiterführende Informationen zur QST Beleuchtung sind im Anhang A.2 zu finden.

Typische Maßnahmen im Bereich Beleuchtung

1. Einsatz (hoch)effizienter Leuchtmittel (LED).
2. Bedarfsgerechte Nutzung von Beleuchtungsanlagen durch Einsatz von Präsenz-/Bewegungsmeldern.
3. Zeitprogramme für Beleuchtung und/oder Bereiche.
4. Maximale Ausnutzung des verfügbaren Tageslichts durch tageslichtabhängige Lichtsteuerung bzw. Einsatz von Dimmfunktionen. Beispielsweise auch durch einen Einsatz elektrischer tageslichtgesteuerter Jalousien.
5. Kopplung anlagenspezifischer Beleuchtung an den Betrieb der Anlage.
6. Individuelle Steuerung der Beleuchtung einzelner Stränge und Bereiche.
7. Mitarbeitenden-Schulung bzw. Sensibilisierung.

Steckbrief - Einsatz effizienter Leuchtmittel

Daumenwerte	Stromeinsparung für Beleuchtung bei Retrofit bis zu 50 Prozent, bei Leuchtentausch bis zu 70 Prozent und bei Sanierung mit neuer Lichtplanung bis zu 80 Prozent.

Wirtschaftlichkeit	Umsetzbarkeit	Energieeinsparung

Allgemeine Hinweise

Maßnahme und Kurzbeschreibung

Konventionelle Leuchtmittel und Leuchten können durch energieeffiziente LED-Technik ersetzt werden. Je nach Zustand und Qualität der bestehenden Beleuchtung kommen der Austausch einzelner Leuchtmittel beziehungsweise Retrofit-Lösungen, ein 1:1-Leuchtenwechsel oder eine umfassende Sanierung mit neuer Lichtplanung infrage. Mit zunehmendem Sanierungsumfang steigen in der Regel die Möglichkeiten, neben dem Energieverbrauch auch Lichtqualität, Ausleuchtung und Steuerung zu optimieren.

Voraussetzung und Vorgehen

Schritt 1	**Analyse des Ist-Zustandes**: Anzahl und Art der Leuchten inkl. Leuchtmittel, Anschlussleistung, Betriebsstunden, Zustand der Leuchten, Erfüllung der Anforderungen an Lichtqualität, Helligkeit etc.
Schritt 2	**Recherche zu Kosten alternativer Lösungen**; Definition des **Ziels** und Entscheidung, ob **Retrofit oder Kompletttausch**
Schritt 3	**Auswahl der Leuchte/des Leuchtmittels** unter Berücksichtigung von Effizienz, Lichtfarbe, Lichtstrom Farbwiedergabe, Blendung, Temperaturbereich, Schutzart, Lebensdauer, Steuerbarkeit
Schritt 4	Bewertung der **Wirtschaftlichkeit** und Auswahl Produktauswahl; Einholung der **Angebote** und **Beauftragung**
Schritt 5	Planung der Umsetzung und **Durchführung**

Tipps und Tricks

- Start mit Leuchtmitteln bzw. Leuchten, die relativ alt sind und hohe Betriebsstunden haben.
- Einbezug einer Elektrofachkraft in die Planung.
- Hocheffiziente LED zeichnen sich sowohl durch eine hohe Lichtausbeute in lm/W[18] als auch durch ein optimiertes Gesamtsystem (LED, Chip, Treiber, Thermik und Optik) aus. Neben der Effizienz sind auch Lebensdauer, Systemintegration und die Möglichkeit zur intelligenten Steuerung relevant.

[18] lm/W: Lichtstrom wird in Lumen (lm) gemessen, Anschlussleistung der Lampe wird in Watt (W) angegeben

Bewertung

Einsparberechnung[19]

$$Stromeinsparung\ \left[\frac{Wh}{a}\right] = (Anschlussleistung\ Leuchtstoffröhre\ (LSR)\ [W]\ \times Verlustleistung\ Vorschaltgerät - Anschlussleistung\ \ LED\ [W] \times Verlustleistung\ Vorschaltgerät) \times Betriebsstunden\ \left[\frac{h}{a}\right]$$

Beispielberechnung

Getroffene Annahmen für das Beispiel

	IST-Zustand	Neuer Zustand
Leuchtmittel	Leuchtstoffröhre	LED
Anschlussleistung	58 W	22 W
Faktor Verlustleistung	1,1	1,1
Anzahl Leuchtmittel	200	200
Betriebsstunden	1.000 h/a	1.000 h/a
Lebensdauer	10.000 h	40.000 h
Investitionskosten	6 Euro/Stück	80 Euro/Stück
Strompreis	180 Euro/MWh	180 Euro/MWh

Beispielrechnung und Ergebnisse

Stromeinsparung gesamt:

$$(58\ \mathrm{W}\ -\ 22\ \mathrm{W}) \times 1{,}1 \times 200\ Stück \times 1.000\ \frac{h}{a} = 7{,}9\ \frac{MWh}{a}$$

Stromkosteneinsparung:
ca. 1.430 Euro/a

Statische Amortisationszeit:
7,8 Jahre

Aufgrund der längeren Lebensdauer der LED im Vergleich zu LSR fallen weniger Reinvestitionszyklen an, woraus weitere Kosteneinsparungen resultieren. Unter Berücksichtigung der längeren Lebensdauer der LED und der Investitionskosten ergibt sich über einen Nutzungszeitraum von 40.000 Stunden folgende Kosteneinsparung:

$$200\ Stück \times \left(6\ \frac{Euro}{Stück\ LSR} \times \frac{40.000h}{10.000h} - 80\ \frac{Euro}{Stück\ LED}\right) + 1.430\ \frac{Euro}{a} \times \frac{40.000h}{1.000\ \frac{h}{a}} \approx \boldsymbol{46.000\ Euro}$$

Potenzielle Fördermöglichkeiten (Stand August 2026)

Seit dem 21. Juli 2026 keine Förderung mehr über die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG/BAFA) möglich. Es sind keine weiteren Fördermöglichkeiten bekannt.

[19] Wh = Wattstunde; W = Watt; a = Jahr; h = Stunde

4.3.2 Druckluft

Druckluft zählt zu den energieintensivsten Versorgungsmedien in Industrie und Gewerbe. Nur ein kleiner Teil der eingesetzten elektrischen Energie steht letztlich als nutzbare mechanische Arbeit zur Verfügung. Umso wichtiger ist eine effiziente Auslegung und Betriebsweise der gesamten Versorgungskette von der Erzeugung über Aufbereitung und Verteilung bis zur Anwendung.

Wesentliche Einsparpotenziale liegen typischerweise in der Absenkung des Druckniveaus, der regelmäßigen Ortung und Beseitigung von Leckagen, einer bedarfsgerechten Aufbereitung, optimierten Betriebszeiten und Steuerungen sowie der Nutzung der Kompressorabwärme. Bei schwankendem Bedarf können drehzahlgeregelte Kompressoren Leerlaufverluste reduzieren. Für eine gleichmäßige Grundlast können starre Kompressoren weiterhin effizient sein. Entscheidend ist daher nicht allein der Kompressortyp, sondern dessen Auslegung und Einbindung in das Gesamtsystem.

Zur Bewertung dienen insbesondere die spezifische Leistungsaufnahme und der spezifische Energieverbrauch. Eine erste Einschätzung ist häufig bereits anhand des Stromverbrauchs, der Last- und Leerlaufstunden, des Druckniveaus und des Lastprofils möglich. Weiterführende Informationen und Hintergründe zum Thema Druckluft sind im Anhang unter A.3, im Handbuch der Drucklufttechnik von Atlas Copco [35] oder im Ratgeber Drucklufttechnik von Kaeser [36] zu finden.

Datengrundlage für die erste Bewertung

Idealerweise wird der Stromverbrauch der Kompressorstation gemessen oder aus der Steuerung ausgelesen. Alternativ kann er näherungsweise aus Last- und Leerlaufstunden sowie der jeweiligen Leistungsaufnahme bestimmt werden.

$$Jahresstromverbrauch\ \left[\frac{MWh}{a}\right] = Lastarbeit\ \left[\frac{MWh}{a}\right] + Leerlaufarbeit\ [\frac{MWh}{a}]$$

a = Jahr, MWh = Megawattstunden

Aufgrund der hohen Verluste bei der Drucklufterzeugung und den damit einhergehenden relativ hohen Betriebskosten spielen die Investitionen des Kompressors bei der Drucklufterzeugung in der Regel (je nach Betriebsstunden) eine deutlich geringere Rolle als die Stromkosten über die gesamte Lebensdauer.

Grundsätzlich gilt: Wenn über das Druckniveau gesprochen wird, wird in der Regel die verdichtete Luft in Überdruck[20] angegeben.

[20] Überdruck: in einem geschlossenen System der Druck, der über den atmosphärischen Luftdruck hinausgeht. Überdruck = absoluter Druck – Umgebungsdruck; Z. B.: Liegt ein Druckniveau (Überdruck) von 8 bar im Druckluftnetz vor, so ist der absolute Druck 9 bar

Typische Maßnahmen im Bereich Druckluft

1. Reduzierung des Druckniveaus im Druckluftsystem / Anpassung des Systemdrucks an Bedarf. (siehe Steckbrief)
2. Leckageortung und -behebung.
3. Einsatz einer übergeordneten Steuerung zur Optimierung der Gesamteffizienz.
4. Betriebszeiten des Druckluftkompressors optimieren, zum Beispiel durch übergeordnete Steuerung.
5. Einsatz drehzahlgeregelter Kompressoren zur optimalen Bedarfsabdeckung bei minimalen Leerlaufverlusten (siehe Steckbrief).
6. Prüfung und – sofern möglich – Reduktion der Nachlaufzeiten bei starren Kompressoren.
7. Bedarfsgerechte Abschieberung von Druckluftnetzbereichen.
8. Anpassung der Aufbereitung an die geforderten Parameter (z. B. Feuchte).
9. Abwärmenutzung der DL-Kompressoren. (siehe Steckbrief)
10. Einsatz effizienter Druckluft-Werkzeuge.
11. Schulung von Mitarbeitenden zur Sensibilisierung bei der Nutzung und Leckageortung.

Steckbrief - Reduzierung des Druckniveaus im Druckluftsystem (Anpassung des Systemdrucks an Bedarf)

Daumenwerte	6-8 Prozent Stromeinsparung je bar Druckniveauabsenkung

Wirtschaftlichkeit	Umsetzbarkeit	Energieeinsparung

Allgemeine Hinweise

Maßnahme und Kurzbeschreibung

In der Praxis liegt das erzeugte Druckniveau häufig über dem tatsächlich benötigten Niveau der Verbraucher. Die Anpassung erfolgt erst an den jeweiligen Anlagen über Druckminderer. Eine effizientere Lösung besteht darin, das Druckniveau bereits bei der Erzeugung bedarfsgerecht einzustellen. Dadurch sinkt auch das Druckniveau des Netzes, was im Idealfall auch die Höhe von Leckagen mindert.

Voraussetzung und Vorgehen

Das Druckniveau ist höher als das benötigte Minimaldruckniveau unter Berücksichtigung eines Sicherheitspuffers der Verbraucher.

Schritt 1	**Analyse des Ist-Zustandes: Erfassen** der Anforderungen der Verbraucher an das Druckniveau und typische Druckverluste
Schritt 2	**Schrittweise Reduktion** des Druckniveaus (z. B. in 0,2 bar Schritten).
Schritt 3	**Kontrolle** nach jedem Absenkungsschritt: Bei Auftreten erste Störungen, Anhebung des Druckniveau auf vorherige Stufe

Tipps und Tricks

- Bei Fragen zu vorhandenen Anlagen, technischen Daten oder Einsparpotenzialen an den Kompressoren kann mit den Anlagenherstellern der Verbrauchsanlagen in Kontakt getreten werden.
- Sind nur einzelne Verbraucher für das hohe Druckniveau verantwortlich, kann der Einsatz von dezentralen Boostern geprüft werden.
- Bei sich ändernden Anlagen bzw. Verbrauchern sollte regelmäßig geprüft werden, ob das Druckniveau den Anforderungen der Verbraucher entspricht.
- Eine parallele Prüfung und Behebung der Druckluftleckagen ist zu empfehlen, da somit auch die absoluten Verluste im Netz minimiert werden und gegebenenfalls das Druckniveau am Erzeuger reduziert werden kann.
- Engpässe aufgrund der Leitungsquerschnitte und Verbrauchsschwankungen müssen bei geringeren Druckniveaus berücksichtigt werden,

sodass stets die benötigte Druckluftmenge geliefert werden kann.
- Möglichkeit der Absenkung des Druckniveaus zu bestimmten Zeiten (z. B. am Wochenende oder nachts) prüfen.
- Wird die Kompressorabwärme bereits genutzt, steht nach einer größeren Druckniveauabsenkung aufgrund einer reduzierten Stromaufnahme und Kompressorleistung weniger Abwärme zur Verfügung.

Bewertung

Einsparberechnung[21]

$$Stromeinsparung\ \left[\frac{MWh}{a}\right] = Stromverbrauch_{ist}\ \left[\frac{MWh}{a}\right] \times Druckdifferenz\ [bar] \times 7\ \left[\frac{Prozent}{bar}\right]$$

Beispielberechnung

Getroffene Annahmen für das Beispiel
- Starrer Kompressor
- Nennleistung: 45 kW
- Lastlaufstunden: 4.300 h/a
- Leerlaufstunden: 560 h/a (Last von 30 Prozent der Nennleistung)
- Absenkung Druckniveau: von 8 bar auf 7,3 bar = 0,7 bar
- Investitionen: interne Personalkosten, 16 h à 70 Euro/h = 1.120 Euro
- Strompreis: 180 Euro/MWh

Beispielrechnung und Ergebnisse

Stromverbrauch$_{Ist}$:

$$45\ kW \times 4.300\frac{h}{a} + 45\ kW \times 30\ Prozent \times 560\frac{h}{a} = 201{,}1\frac{\mathrm{MWh}}{\mathrm{a}}$$

Stromeinsparung:

$$201{,}1\frac{MWh}{a} \times 7\ \frac{Prozent}{bar} \times 0{,}7\ bar = 9{,}9\frac{MWh}{a}$$

Stromkosteneinsparung:	Statische Amortisationszeit:
ca. 1.780 Euro/a	0,6 Jahre

Potenzielle Fördermöglichkeiten (Stand August 2026)

Keine Förderung möglich.

[21] kW = Kilowatt; a = Jahre; h = Stunden; MWh = Megawattstunden

Steckbrief - Einsatz eines effizienten Druckluftkompressors (Tausch eines alten starren Kompressors gegen neuen FU-geregelten)

Daumenwerte	Stromeinsparung bis zu 15 Prozent ist möglich [37]

Wirtschaftlichkeit	Umsetzbarkeit	Energieeinsparung

Allgemeine Hinweise

Maßnahme und Kurzbeschreibung

Bei schwankenden Verbräuchen ist oft ein FU[22]-/drehzahlgeregelter Kompressor geeignet, da er den Verbrauch stufenlos decken kann. Ein starrer Kompressor ist besser für die Grundlast oder einen nahezu konstanten Verbrauch geeignet. Art und Alter des Kompressors haben hierbei einen relevanten Einfluss auf seine Effizienz.
Ein Kompressortausch kann je nach Ausgangssituation zu Strom- und Kosteneinsparungen, einer höheren Ausfallsicherheit sowie geringeren Wartungskosten führen. Zudem ermöglichen moderne Anlagen eine verbesserte Überwachung und Steuerung, eine höhere Druckluftqualität sowie eine Reduktion der Lärmemissionen.

Voraussetzung und Vorgehen

- Kenntnisse über den Druckluftverbrauch (Profil).
- Kenntnis über aktuelle Betriebsstunden bzw. Stromverbrauch des Kompressors und technische Daten.
- Alter des zu tauschenden Kompressors etwa 10-15 Jahre.
- Aus folgenden Gründen kann der Tausch eines Kompressors aus Effizienzgründen auch nach wenigen Jahren sinnvoll sein:
  - Kompressor weist bereits eine hohe Anzahl an Betriebsstunden auf/ ein Motorblocktausch steht an.
  - bei häufiger Taktung eines starren Kompressors bzw. wenn die Dimensionierung nicht optimal auf den Verbrauch abgestimmt ist.

[22] FU-Regelung bedeutet, dass der Motor des Kompressors einen Frequenzumrichter besitzt und somit in der Drehzahl gesteuert werden kann

Schritt 1	**Analyse des Ist-Zustandes**: Verbrauchsprofil der Druckluft Betriebsstunden (Last - und Leerlauf), Stromverbrauch
Schritt 2	Abschätzung der **Einsparpotenziale**, Gegenüberstellung mit den potenziellen **Investitionen** & Entscheidung
Schritt 3	**Kontaktaufnahme mit Herstellern**
Schritt 4	Definition der **Anforderungen an den Kompressor** : Druckluftmenge [m³; m³/min], Druckluftniveau [bar], starr oder Frequenzregelung, Druckluftqualität, Einsatz Wärmerückgewinnung
Schritt 5	Umsetzung der Maßnahme: **Tausch des Kompressors** und Einbindung in vorhandene Steuerung

Tipps und Tricks

- Bei Anschaffung eines neuen Kompressors ist eine Prüfung der Dimensionierung sinnvoll. Nicht immer ist die gleiche Dimensionierung wie die des Bestands-Kompressors ratsam.
- Es gibt die Möglichkeit, spezielle Druckluftaudits durchzuführen, in denen auch Messungen zum Ist-Zustand durchgeführt werden.
- Kompressoren vom gleichen Hersteller einzusetzen, erleichtert deren Steuerung und Kommunikation untereinander.
- Bei der Auslegung berücksichtigen, dass der Wirkungsgrad des FU-geregelten Kompressors je nach Auslastung schwankt. Eine hohe Anzahl an Betriebsstunden nahe des optimalen Betriebspunkts anstreben.

Bewertung

Vereinfachte Einsparberechnung

Die Formeln zur Einsparberechnung sind im Anhang A.3 zu finden.

Beispielberechnung

Getroffene Annahmen für das Beispiel

- Keine Leerlaufverluste; geringere Effizienz des FU-geregelten Kompressors außerhalb des optimalen Betriebspunktes nicht berücksichtigt
- Strompreis: 18 ct/kWh = 180 Euro/MWh
- Förderung: je nach Unternehmensgröße (Mittleres Unternehmen: 20 Prozent der Investitionskosten)

	Kompressor Bestand (starr)	**Kompressor neu (FU)**
Volumenstrom (Anforderung)	2 m³/min	2 m³/min
Nennleistung	14 kW	11 kW
Spez. Leistungsaufnahme	7 kW/(m³/min)	5,5 kW/(m³/min)
Stromverbrauch	80 MWh/a	
Betriebsstunden	Last: 5.322 h/a Leerlauf: 1.229 h/a	5.322 h/a

Investition	28.000 Euro

Beispielrechnung und Ergebnisse[23]

Einsparung durch FU-Regelung (vereinfachende Darstellung):

$$\left(1 - \frac{5.322\,\frac{h}{a}}{(5.322 + 1.229)\,\frac{h}{a}}\right) \times 80\,\frac{MWh}{a} = 15\,\frac{MWh}{a}$$

(15 MWh entsprechen einer jährlichen Einsparung von 19 Prozent)

Einsparung durch effizienteren Kompressor:

$$\left(1 - \frac{5{,}5\,\frac{kW}{\frac{m^3}{min}}}{7{,}0\,\frac{kW}{\frac{m^3}{min}}}\right) \times \left(80\,\frac{MWh}{a} - 15\,\frac{MWh}{a}\right) = 13{,}9\,\frac{MWh}{a}$$

*(*13,9 MWh entsprechen einer jährlichen Einsparung von weiteren 21 Prozent)

Stromeinsparung gesamt:

$$15\,\frac{MWh}{a} + 13{,}9\,\frac{MWh}{a} = 28{,}9\,\frac{MWh}{a}$$

Investitionen unter Berücksichtigung der Förderung:

$$28.000\ Euro - (20\ Prozent \times 28.000\ Euro\ ) = 22.400\ Euro$$

Stromkosteneinsparung:	Statische Amortisationszeit:
ca. 5.200 Euro/a	4,3 Jahre

Potenzielle Fördermöglichkeiten (Stand August 2026)

BAFA EEW Modul 1 [23, 24] oder KfW Kredit Nr. 295	– Hocheffiziente Drucklufterzeuger sowie deren übergeordnete Steuerung (Mindestanforderungen im Merkblatt zu finden [24]). – Ausschließlich für Kleinunternehmen (25 Prozent der Investitionsgesamtkosten (IGK)) bzw. mittlere Unternehmen (20 Prozent der IGK).

[23] kW = Kilowatt; MWh = Megawattstunden; m³ = Kubikmeter; min = Minute; h = Stunden; a = Jahre

Steckbrief - Abwärmenutzung der Druckluftkompressoren

Daumenwerte	Bei ölfreien Kompressoren bis zu ca. 90 Prozent des Stromverbrauchs der Kompressoren als theoretisch nutzbare Wärme rückgewinnbar, bei ölgeschmierten Kompressoren bis zu ca. 65 Prozent.

Wirtschaftlichkeit	Umsetzbarkeit	Energieeinsparung

Allgemeine Hinweise

Beschreibung und Vorteile

Bei der Drucklufterzeugung treten hohe Verluste in Form von Abwärme auf, die vom Kompressor abgeführt werden muss. Eine Wärmerückgewinnung (WRG) reduziert den externen Energiebezug und spart somit einen alternativen Energieträger zur Wärmeerzeugung (z. B. Erdgas).

Voraussetzung und Vorgehen

- Interne Nutzungsmöglichkeit der Abwärme unter Berücksichtigung des Temperaturniveaus.

Schritt 1	**Analyse des Ist-Zustandes**: Erstellung und Prüfung des Verbrauchsprofils der Druckluft, Kompressor-Betriebsstunden (Last- und Leerlauf), Stromverbrauch.
Schritt 2	Abschätzung der **maximal nutzbaren Abwärme.**
Schritt 3	Prüfung geeigneter **Wärmesenken** und Abschätzung der nutzbaren Abwärmemenge. **Energetische und wirtschaftliche Bewertung** und Planung.
Schritt 4	Installation/Umbau in Absprache mit Hersteller.

Tipps und Tricks

- Häufig können auf der Heißwasserseite Temperaturen von über 70 Grad Celsius ausgekoppelt und somit zur Bereitstellung von Brauchwasser und Raumwärme genutzt werden.
- In der Regel sollte die Kompressorleistung über 10 kW liegen, damit eine wirtschaftlich sinnvolle Auskopplung möglich ist.
- Vor allem bei neueren Kompressoren ist häufig ein Wärmetauscher-Modul zur Wärmerückgewinnung bereits integriert und kann mit relativ wenig Aufwand angeschlossen werden.
- Auch wenn das zentrale Wärmenetz nicht in der Nähe ist, sollte die Möglichkeit einer dezentralen Nutzung geprüft werden, wie etwa
  - direktes Einblasen der warmen Luft in eine benachbarte Halle zum Heizen im Winter, oder
  - Versorgung von Duschen in nahegelegenen Sozialräumen.

Bewertung

Einsparberechnung[24]

$$maximales\ Wärmerückgewinnungspotenzial\ \left[\frac{MWh}{a}\right] = Stromverbrauch\ \left[\frac{MWh}{a}\right] \times Faktor_{WRG}$$

$$nutzbares\ Abwärmepotenzial\ \left[\frac{MWh}{a}\right] = max.\ Potenzial\ \left[\frac{MWh}{a}\right] \times Zeitfaktor$$

Zeitfaktor: Anteil der Zeit, in der die Abwärme in Bezug auf die Laufzeit des Kompressors genutzt werden kann

$$Einsparung\ Energieträger\ Wärme\ Bestand\ \left[\frac{Euro}{a}\right] = \frac{nutzbares\ Abwärmepotenzial\ \left[\frac{MWh}{a}\right]}{Nutzungsgrad\ Bestandsanlage\ [Prozent]} \times Energiepreis_{Energieträger\ Bestand}\ \left[\frac{Euro}{MWh}\right]$$

Beispielberechnung

Getroffene Annahmen für das Beispiel

- Kompressor: starrer Kompressor, ölgeschmiert.
- WRG-Faktor: 65 Prozent
- Stromverbrauch: 65 MWh/a
- Investitionen: 7.500 Euro
- Zeitfaktor: ca. 0,6 (ca. 7 Monate pro Jahr kann die Abwärme genutzt werden)
- Bestandswärmeerzeugung: Erdgaskessel mit Nutzungsgrad von 90 Prozent
- Erdgaspreis: 50 Euro/MWh

Beispielrechnung und Ergebnisse

Nutzbares WRG-Potenzial:

$$65\frac{MWh}{a} \times 65\ Prozent\ \times 0{,}6 = 25{,}4\frac{MWh}{a}$$

Energieeinsparung (Erdgas):

$$\frac{25{,}4\frac{MWh}{a}}{0{,}9} = 28{,}2\frac{MWh}{a}$$

Kosteneinsparung Erdgas: ca. 1.400 Euro pro Jahr

Statische Amortisationszeit: 5,4 Jahre

[24] a = Jahre; h = Stunden; MWh = Megawattstunden

Potenzielle Fördermöglichkeiten (Stand August 2026)

BAFA EEW Modul 1 [23, 24] oder KfW Kredit Nr. 295	Wärmeübertrager, die zur Erschließung der Abwärme von Bestandsanlagen oder zur Wärmerückgewinnung an Bestandsanlagen eingesetzt werden. Voraussetzung ist eine innerbetriebliche Nutzung der gewonnenen Wärme. Ausschließlich für Kleinunternehmen (25 Prozent der Investitionsgesamtkosten (IGK)) bzw. mittlere Unternehmen (20 Prozent der IGK).
BAFA EEW Modul 4 [23, 27] oder KfW Kredit Nr. 295	Kann im Rahmen der EEW-Modul-4-Premiumförderung förderfähig sein, sofern sie Bestandteil einer umfassenderen energiebezogenen Prozessoptimierung ist und die Anforderungen an das Einsparkonzept sowie die THG-Einsparung erfüllt.

4.3.3 Wärme

Die Bereitstellung von Wärme, vor allem von Prozesswärme, kann einen großen Anteil am Energieverbrauch eines Unternehmens ausmachen. Je nach Branche können das etwa 50 bis 70 Prozent sein [38]. Grundsätzlich wird zwischen Prozesswärme und Raumwärme unterschieden, die unterschiedliche Anforderungen und Charakteristika aufweisen. Prozesswärme wird unmittelbar für industrielle Produktionsprozesse benötigt und dient technologischen oder produktbedingten Anforderungen. Dazu gehören beispielsweise das Erwärmen, Trocknen, Schmelzen, Härten oder Destillieren von Materialien. Je nach Anwendung können die benötigten Temperaturen von unter 100 Grad Celsius bis über 1.000 Grad Celsius reichen.

Im Gegensatz dazu wird Raumwärme unabhängig vom Produktionsprozess zur Beheizung von Gebäuden und Arbeitsbereichen eingesetzt. Ziel ist es, passende thermische Bedingungen für Beschäftigte sicherzustellen sowie bauliche Anforderungen, z. B. zum Frostschutz oder Kühlung von Waren, zu erfüllen. Die Nachfrage nach Raumwärme ist in der Regel stark witterungsabhängig und weist ausgeprägte saisonale Schwankungen auf.

Für die Bereitstellung von Wärme stehen unterschiedliche Technologien und Energieträger zur Verfügung. Dabei kann die Wärmeversorgung zentral oder dezentral erfolgen. Bei **zentralen Systemen** wird Wärme in einer Erzeugungsanlage oder einem Erzeugerpark zentral bereitgestellt und über ein Verteilnetz (z. B. Dampf- oder Heißwassernetz) an die verschiedenen Verbraucher geleitet. Zur Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch können
Wärmespeicher eingesetzt werden, die Lastspitzen reduzieren und die Betriebsweise der Erzeugungsanlagen optimieren. **Dezentrale Systeme** erzeugen Wärme direkt am Ort des Bedarfs. Vor allem bei hohen Temperaturen im Bereich Prozesswärme findet eine anlagenspezifische Wärmebereitstellung statt.

Ein wesentlicher Aspekt für die Effizienz von Wärmesystemen ist die Minimierung von Verlusten entlang der gesamten Prozesskette. Diese können unter anderem bei der Umwandlung (z. B. Abstrahlverluste bei Kesseln), bei der Verteilung (z. B. Wärmeverluste über Rohrleitungen), bei der Speicherung sowie bei den Verbrauchern (z. B. Gebäude oder Anlagendämmung) auftreten. Auch die Reduktion von Abwärme bzw. die Nutzung von unvermeidbarer Abwärme spielen hier eine Rolle und helfen, die Effizienz zu erhöhen. Eine bedarfsgerechte Auslegung und Betriebsweise einschließlich geeigneter Regelungsstrategien ist daher entscheidend für einen energie- und kosteneffizienten Betrieb.

Vor allem bei der Bereitstellung von Raumwärme gibt der rechtliche Rahmen maßgeblich über das Gebäudemodernisierungsgesetz (GModG) Anforderungen zu Heizungsinstallation und -modernisierung vor, während das Energieeffizienzgesetz den Schwerpunkt auf Energieeffizienz und Abwärme legt. Das Bundes-Immissionsschutzgesetz und die dazugehörige Verordnung regeln die Emissionen von Feuerungsanlagen. Über das nationale Brennstoffemissionshandelsgesetz und den EU-Emissionshandel wird die Bepreisung von Emissionen geregelt.

Typische Maßnahmen im Bereich Wärme

Erzeugung

1. Einsatz moderner und effizienter Wärmeerzeuger (zum Beispiel Wärmepumpen).
2. Einsatz effizienter Regelungstechnik.
3. Reduktion der Vorlauftemperaturen (ggf. Anpassung der Heizregister/Wärmetauscher).
4. Bedarfsgerechtes Heizen durch Anpassung der Sollwerte und der Heizkurve. (Siehe Steckbrief)
5. Interne Wärmerückgewinnung (z. B. bei Lüftungsanlagen aber auch Produktionsanlagen).
6. Einsatz von Speichern zur Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch, Reduktion von Lastspitzen und Optimierung der Betriebsweise der Erzeugungsanlagen sowie der verbesserten Möglichkeit der Abwärmeeinbindung.
7. Verbrennungsluftvorwärmung (LuVo) (Siehe Steckbrief)
8. Einhaltung der Wartungsintervalle bei Wärmeerzeugern.

Verteilung

9. Hydraulischer Abgleich (Optimierung der Volumenströme). (siehe Steckbrief)
10. Dämmung von Rohrleitungen und Armaturen.
11. Nutzung differenzdruckgeregelter Verteilpumpen für variable, sich an den Bedarf anpassende Volumenströme.

Gebäudehülle

12. Dämmung der Gebäudehülle.
13. Einsatz von Fenstern/Einbauten mit guten thermischen Eigenschaften.

Verbraucher

14. Einsatz effizienter Tore (z. B. gute Dichtheitswerte, Schnelllauftore, Torluftschleier).
15. Prüfung und Anpassung der benötigten (Prozess-)Temperaturen an den realen Bedarf.
16. Energieeffiziente, bedarfsgerechte Raumwärmeversorgung durch automatisierte Thermostate und Solltemperaturen.
17. Umstellung von Dampf auf Heißwasser.
18. Technische Dämmung von Anlagen.

Steckbrief - Hydraulischer Abgleich

Daumenwerte	Bis zu 5 - 15 Prozent Wärmeeinsparung möglich. Bis zu 10 - 20 Prozent Stromeinsparung (Verteilpumpen) möglich.

Wirtschaftlichkeit	Umsetzbarkeit	Energieeinsparung

Allgemeine Hinweise

Maßnahme und Kurzbeschreibung

Der hydraulische Abgleich strebt eine optimale Regulierung der Durchflussmenge in jedem Heizkreis und Heizkörper an. Ziel sind eine Reduktion der Vorlauf- und Rücklauftemperaturen, eine Erhöhung der Spreizung (Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf) und ein höherer Heizkomfort.

Voraussetzung und Vorgehen

Ein hydraulischer Abgleich ist vor allem bei (komplexen) Heißwassernetzen mit verschiedenen Verbrauchern sinnvoll. Hinweise auf das Vorliegen eines hydraulischen Optimierungsbedarfs können folgende Punkte darstellen: ungleichmäßige Temperaturverteilungen, hohe Rücklauftemperaturen bzw. geringe Spreizungen zwischen Vorlauf und Rücklauftemperaturen, hohe Druckverluste, die sich durch hohe Pumpleistungen äußern oder Geräusche in Leitungen oder bei Verbrauchern. Die grundsätzliche Anlagentechnik sollte funktionsfähig sein und das Einstellen von Durchflussmengen ermöglichen.

Schritt 1	**Analyse des Ist-Zustandes**: Bestimmung der Heizlast, des Wärmebedarfs, des hydraulischen Ist-Zustandes (Durchflussmenge, Temperaturen, Druckverluste etc.).
Schritt 2	**Durchführung** eines hydraulischen Abgleichs und Einstellung der Durchflussmenge an jedem Verbraucher (i.d.R. durch externe Dienstleister).
Schritt 3	**Prüfung** aller Heizkörper und bei Bedarf erneute Anpassung.

Tipps und Tricks

- Beauftragung einer externe Fachfirma.
- Führen Sie (oder die Fachfirma) zunächst Messungen durch.
- Ein hydraulischer Abgleich kann auch für Kältenetze sinnvoll sein.

Bewertung

Einsparberechnung[25]

$$Energieeinsparung\ \left[\frac{MWh}{a}\right] = \frac{W\ddot{a}rmeverbrauch\ \left[\frac{MWh}{a}\right] \times 10\ Prozent\ Einsparung}{Wirkungsgrad\ W\ddot{a}rmeerzeugung\ [Prozent]}$$

10 Prozent Energieeinsparung für die Wärmebereitstellung sind ein mittlerer Wert zur Abschätzung der Maßnahme.

$$Stromeinsparung\ \left[\frac{MWh}{a}\right] = Stromverbrauch\ \left[\frac{MWh}{a}\right] \times 15\ Prozent\ Reduktion\ Pumpenstrom$$

Ergebnisse

Die statische Amortisationszeit liegt häufig bei 2 bis 5 Jahren, ist aber stark vom aktuellen Zustand, den gegebenenfalls notwendigen Umbaumaßnahmen (z. B. neue Pumpen oder Ventile) und somit den möglichen Einsparungen abhängig.

Potenzielle Fördermöglichkeiten (Stand August 2026)

BEG NWG Heizungsoptimierung [30, 29]

Grundfördersatz von 15 Prozent bei maximaler beheizbarer Grundfläche von 1.000 m² und Nutzung des Verfahrens B.

[25] a = Jahre; MWh = Megawattstunden

Steckbrief - Anpassung der Raumtemperaturen und der Heizkurve

Daumenwerte	Einsparung von ca. 5 bis 6 Prozent je Kelvin Raumtemperaturabsenkung (Einsparfaktor). Bei Nachtabsenkung Einsparung von ca. 2 Prozent je Kelvin Raumtemperaturabsenkung möglich.

Wirtschaftlichkeit	Umsetzbarkeit	Energieeinsparung

Allgemeine Hinweise

Maßnahme und Kurzbeschreibung

Zu Nicht-Betriebszeiten (z. B. nachts oder am Wochenende) ist in der Regel eine geringere Raumtemperatur ausreichend. Dadurch kann auch die Vorlauftemperatur der Wärmeerzeugung heruntergeregelt bzw. der Volumenstrom reduziert werden. Vorteile sind eine Reduktion der Wärmeverluste über Rohrleitungen und Gebäudehülle sowie ein effizienterer Betrieb des Wärmeerzeugers.

Voraussetzung und Vorgehen

- Räume (Nutzung, Dämmung) bzw. vorhandenes Heizsystem und Heizkörper sind für Temperaturabsenkung geeignet.
- Regelbarkeit (Temperaturen, Volumenströme) für einzelne Bereiche bzw. Räume technisch möglich.
- Einhaltung der erforderlichen Raumtemperaturen nach Arbeitsstättenrichtlinie zu Arbeitszeiten notwendig.

Schritt 1	**Analyse des Ist-Zustandes**: Identifikation geeigneter Bereiche und Räume.
Schritt 2	Identifikation der **Heizkreise** und der **Regelungsmöglichkeiten**.
Schritt 3	Schrittweise **Absenkung der Vorlauftemperatur** in den geplanten Zeiten (1 bis 2 Kelvin Schritte) bzw. Anpassung der Heizkurve.
Schritt 4	Prüfung des **Effekts auf die Raumtemperatur und -feuchte** sowie der Auswirkungen während der Arbeitszeiten.
Schritt 5	Finale Einstellung der Heizkurve.

Tipps und Tricks

- Es ist wichtig, die Trägheit bzw. Reaktionszeit des Heizsystems zu berücksichtigen, damit zu Betriebszeiten die Räume wieder das angeforderte Temperaturniveau erreichen.
- Eine Mindesttemperatur von 16 bis 18 Grad Celsius sollte eingehalten werden, da sonst die Gefahr der Schimmelbildung besteht.

Bewertung

Einsparberechnung[26]

$$Einsparung\ Wärme\ \left[\frac{MWh}{a}\right] = Wärmeverbrauch\ \left[\frac{MWh}{a}\right] \times Einsparfaktor\ [Prozent] \times Raumtemperaturabsenkung\ [K]$$

Beispielberechnung

Getroffene Annahmen für das Beispiel

- Nachtabsenkung um 3 K von 20:30 Uhr bis 5:30 Uhr in einem Bereich, Absenkung auch an Sonntagen, ergibt 43 Prozent des Jahres
- Wärmeverbrauch: 260 MWh/a
- Erdgaspreis: 50 Euro/MWh
- Nutzungsgrad Erdgaskessel zur Wärmeerzeugung: 90 Prozent
- Kosten internes Personal: 4.000 Euro

Beispielrechnung und Ergebnisse Beispiel

Beispiel 1:
Einsparung Wärme

$$260\frac{MWh}{a} \times 0{,}43\ \times 5\ \frac{Prozent}{K} \times\ 3\ K = 16{,}7\frac{MWh}{a}$$

Energieeinsparung Erdgas

$$\frac{16{,}7\frac{MWh}{a}}{90\ Prozent} = 18{,}6\frac{MWh}{a}$$

Kosteneinsparung Erdgas:	Statische Amortisationszeit:
ca. 930 Euro/a	4,3 Jahre

Eine weitere Beispielrechnung ist im Anhang A.4 zu finden.

Potenzielle Fördermöglichkeiten (Stand August 2026)

BEG EM [30, 29]

In Kombination mit einem förderfähigen Wärmeerzeuger können Mess-, Steuer- und Regelungstechnik mit 15 Prozent der förderfähigen Kosten (Mindestinvestitionsvolumen 300 Euro brutto) gefördert werden.

[26] a = Jahre; MWh = Megawattstunden; K = Kelvin

Steckbrief - Erhöhung der Verbrennungslufttemperatur

Daumenwerte	0,5 – 0,8 Prozent weniger Brennstoffeinsatz, je 25 Kelvin Temperaturerhöhung in der Zuluft.

Wirtschaftlichkeit	Umsetzbarkeit	Energieeinsparung

Allgemeine Hinweise

Maßnahme und Kurzbeschreibung

Interne Abwärme wird genutzt, um die Temperatur der Verbrennungsluft anzuheben. Auf diese Weise kann Brennstoff zur Erwärmung der Verbrennungsluft eingespart und der Kessel effizienter betrieben werden. Zudem kann die Verbrennungsstabilität verbessert werden.

Voraussetzung und Vorgehen

- Vorhandensein eines Verbrennungsprozesses (i. d. R. Erdgaskessel) ohne Verbrennungsluftvorwärmung.
- Verfügbarkeit von Abwärmequellen (idealerweise) aus Prozessen und Anlagen. Auch die Nutzung von Raumluft (z. B. im Heizungsraum) anstelle von Umgebungsluft ist eine Möglichkeit.

Schritt 1	**Analyse des Ist-Zustandes**: Analyse vorliegender Daten, Eignung des Brennerprozesses.
Schritt 2	Ermittlung des real nutzbaren Abwärmepotenzials und Prüfung auf Eignung (Leistung, Menge, Temperatur, zeitliche Verfügbarkeit).
Schritt 3	Prüfung der technischen Machbarkeit und Wahl geeigneter Bauteile; **Wirtschaftlichkeitsbewertung.**
Schritt 4	**Umsetzung**, Einbindung in Steuerung.
Schritt 5	Prüfung der Funktionsweise, **Monitoring.**

Tipps und Tricks

- Idealerweise sollte Abwärme aus nahegelegenen Quellen, z. B. die warme Luft unter dem Dach des Kesselhauses genutzt werden.
- Temperaturen bis ca. 55 Grad Celsius erfordern keine oder nur kleine Anpassungen am Brenner.
- Bei Temperaturen bis 100 Grad Celsius müssen in der Regel Komponenten wie z. B. Flammfühler, Druckschalter durch temperaturfeste Teile ersetzt werden.
- Monoblockbrenner (mit integriertem Gebläse) sind nur schwer oder gar nicht auf Temperaturniveaus über 55 Grad Celsius umrüstbar.
- Oberhalb von 100 Grad Celsius werden meist Sonderbrenner eingesetzt.

– Bei Nutzung der Abwärme aus dem Abgas: Taupunktunterschreitung vermeiden und somit Korrosion verhindern.

Bewertung

Einsparberechnung:[27]

$$Einsparung\ Brennstoff\ [Prozent] = \frac{Temperatudifferenz\ Verbrennungsluft\ [Kelvin]}{25\ Kelvin} \times 0{,}7\ Prozent$$

$$Einsparung\ Brennstoff\ \left[\frac{MWh}{a}\right] = Einsparung\ Brennstoff\ [Prozent] \times Brennstoffverbrauch\ \left[\frac{MWh}{a}\right]$$

Beispielberechnung

Getroffene Annahmen für das Beispiel

- Brennstoff: Erdgas
- Brennstoffverbrauch: 1.350 MWh/a
- Anhebung Temperatur: um 21 K
- Erdgaspreis: 50 Euro/MWh
- Investition: 5.000 Euro

Beispielrechnung und Ergebnisse

Einsparung Erdgas [Prozent].

$$\frac{21\ K}{25\ K} \times 0{,}7\ Prozent\ = 0{,}6\ Prozent$$

Einsparung Erdgas [MWh/a]:

$$1.350\frac{MWh}{a} \times 0{,}6\ Prozent = 7{,}9\frac{MWh}{a}$$

Kosteneinsparung Erdgas:	Statische Amortisationszeit:
ca. 400 Euro/a	12,6 Jahre

Potenzielle Fördermöglichkeiten (Stand August 2026)

Keine Förderungen möglich.

[27] a = Jahre; MWh = Megawattstunden

4.3.4 Kälte

Die Bereitstellung von Prozess- und Klimakälte beansprucht etwa 6 Prozent des Stromverbrauchs in der Industrie [39]. Prozesskälte wird in der Regel zur Aufrechterhaltung von Produktionsprozessen eingesetzt und dient unmittelbar technologischen oder produktbedingten Anforderungen. Dazu gehört z. B. die Kühlung von Maschinen, Anlagen und Werkzeugen oder die Temperierung von Produkten und/oder Produktionsstoffen. Dabei liegt im Bereich Prozesskälte häufig eine kontinuierliche, ganzjährige Nachfrage mit fest definierten Temperaturanforderungen vor.

Unabhängig von den Prozessen wird Kälte in Industrie und Gewerbe auch zur Klimatisierung von Gebäuden eingesetzt, um Temperaturvorgaben für Büro- und Produktionsbereiche einzuhalten sowie die thermische Behaglichkeit zu erhöhen. Die Raumklimatisierung wird in der Regel saisonal vor allem bei hohen Außentemperaturen oder hohen internen Abwärmelasten angefragt.

Grundsätzlich kann bei der Kälteerzeugung zwischen verschiedenen technischen Anlagentypen unterschieden werden:
- **Kompressionskälteanlagen**: Ein elektrisch angetriebener Verdichter komprimiert ein Kältemittel, das anschließend Wärme an die Umgebung abgibt. Nach der Expansion nimmt das Kältemittel im Verdampfer wieder Wärme auf. Dadurch entsteht auf Nutzerseite Kälte.
- **Ab- oder Adsorptionskälteanlagen**: Durch eine chemische Reaktion (Ab- oder Adsorption) wird Wärme entzogen und das Medium abgekühlt. Durch den Einsatz von Wärme kann das Sorptionsmittel wieder desorbiert werden.
- **Verdunstungskühlung**: durch die Verdunstung von Wasser wird dem Medium (i. d. R. Luft) Wärme entzogen und so heruntergekühlt.
- **Freie Kühlung**: Nutzung der Umgebungstemperatur zur Kühlung, wenn die Umgebung kälter ist als das benötigte Zieltemperaturniveau.
- **Grundwasser/Brunnenkühlung**: Nutzung von Grund- oder Brunnenwasser zur Kühlung.

Die Kälteversorgung kann entweder über eine zentrale Erzeugung bereitgestellt und dann über ein Kältenetz an die Verbraucher (zum Beispiel Kälteregister) geliefert werden oder dezentral z. B. über Splitkälteanlagen erfolgen. Ein wichtiger Aspekt ist der rechtliche Rahmen für Kältemittel. Im Rahmen der europäischen F-Gase-Verordnung (EU) 2024/573 wird der Einsatz und Umgang von Kältemitteln mit hohem Treibhausgaspotenzial (GWP) geregelt. Ziel ist ein verstärkter Einsatz von natürlichen und Low-GWP-Kältemitteln durch ein schrittweises Verbot von klimaschädlichen Kältemitteln.

Typische Maßnahmen im Bereich Kälte

1. Tausch der Kältemaschinen durch effizientere Geräte.
2. Einsatz einer freien Kühlung (siehe Steckbrief).
3. Anpassung der Vorlauftemperatur an den tatsächlichen Bedarf. (siehe Steckbrief)
4. Anpassung der Volumenströme an den tatsächlichen Bedarf.

5. Hydraulischer Abgleich der Kälteverteilung.
6. Kopplung der Pumpen des primären Kühlkreislaufs mit denen des sekundären Kühlkreislaufs.
7. Bei unterschiedlich benötigten Temperaturniveaus: Systemtrennung in z. B. Kalt- und Kühlwassernetz.
8. Reduktion des externen Wärmeeintrags z. B. durch automatisierte Jalousien.
9. Anhebung der Raumtemperaturen bzw. Sollwerte (z. B. in IT-Räumen).
10. Abwärmenutzung der Kälteanlagen.

Steckbrief - Anpassung der Vorlauftemperatur des Kältekreises an den tatsächlichen Bedarf

Daumenwerte	Einsparung Strom Kompressionskälteanlage: ca. 3 Prozent je Kelvin bzw. je Grad Celsius Anhebung der Verdampfertemperatur

Wirtschaftlichkeit	Umsetzbarkeit	Energieeinsparung

Allgemeine Hinweise

Maßnahme und Kurzbeschreibung

Die Effizienz einer Kompressionskälteanlage hängt von der zu erreichenden Zieltemperatur ab. Das bedeutet: Je höher die Temperaturdifferenz zwischen Verdampfer und Verflüssiger, desto mehr Energie verbraucht der Verdichter der Kältemaschine.

Voraussetzung und Vorgehen

Die genannten Daumenwerte und Formeln betreffen Kompressionskältemaschinen.
Voraussetzung ist, dass durch die Anhebung der Vorlauftemperatur des Verbraucherkühlkreislaufs auch die Verdampfertemperatur angehoben werden kann.

Schritt 1	**Analyse des Ist-Zustandes**: Regelungsmöglichkeiten, Ist -Temperaturen und Anforderungen der Verbraucher.
Schritt 2	Umsetzung durch **schrittweise Anhebung** der Verdampfertemperatur.
Schritt 3	**Prüfung** der Funktionsweise und **Monitoring.**

Tipps und Tricks

- Anpassung der Temperaturen gemeinsam mit externem Fachpersonal z. B. im Rahmen der Wartung um.
- Ein schrittweises Vorgehen kann helfen, das Optimum zu erreichen, ohne Probleme zu verursachen.

Bewertung

Einsparberechnung[28]

$$Einsparung\ Strom\ [Prozent] = (Vorlauftemperatur_{neu}\ [°C] - Vorlauftemperatur_{Ist}\ [°C] \times 3\ Prozent$$

$$Stromeinsparung\ \left[\frac{MWh}{a}\right] = Einsparung\ Strom\ [Prozent]\ \times Stromverbrauch\ \left[\frac{MWh}{a}\right]$$

Beispielberechnung

Getroffene Annahmen für das Beispiel

- Vorlauftemperatur Ist: 7 Grad Celsius
- Vorlauftemperatur neu: 9 Grad Celsius
- Stromverbrauch Kältemaschine: 280 MWh/a
- Strompreis: 180 Euro/MWh
- Investitionen: 1.000 Euro (internes & externes Personal)

Beispielrechnung und Ergebnisse

Stromeinsparung:

$$(9\ °C - 7\ °C) \times 3\ Prozent = 6\ Prozent$$

$$280\,\frac{MWh}{a} \times 6\ Prozent = 16{,}8\ \frac{MWh}{a}$$

Stromosteneinsparung: ca. 3.000 Euro/a

Statische Amortisationszeit: 0,3 Jahre

Potenzielle Fördermöglichkeiten (Stand August 2026)

Keine Förderung möglich.

[28] a = Jahre; MWh = Megawattstunden; °C = Grad Celsius

Steckbrief - Einsatz einer freien Kühlung zur Bereitstellung von Kälte

Daumenwerte	Reduktion des Stromverbrauchs für die Kältebereitstellung um 70 bis 90 Prozent (zu Zeiten, in denen die freie Kühlung eingesetzt wird).

Wirtschaftlichkeit	Umsetzbarkeit	Energieeinsparung

Allgemeine Hinweise

Maßnahme und Kurzbeschreibung

Ziel ist die direkte Nutzung von Umweltkälte, in der Regel von Luft oder Grund- bzw. Brunnenwasser bei niedrigen Temperaturen. So kann die benötigte Kälte über einen Freikühler direkt bereitgestellt werden. Auf diese Weise kann der Energiebedarf von Kältemaschinen deutlich reduziert und zudem der Wartungsaufwand vermindert werden. Auch ein kombinierter Betrieb mit freier Kühlung und zusätzlichen Kältemaschinen ist möglich.

Voraussetzung und Vorgehen

- Kältequelle der Temperatur min. 3 K unter benötigter Vorlauftemperatur.
- Vorhandensein von alternativer Umweltkälte (z. B. Grundwasser).

Schritt 1	**Analyse des Ist-Zustandes**: Prüfung, ob eine freie Kühlung bereits vorhanden und funktionsfähig ist, Aktuelle Kälteerzeugung, Aktueller Kältebedarf, Temperaturen & zeitlicher Verlauf.
Schritt 2	Prüfung der **technischen Machbarkeit** (u.a. Einbindung ins Bestandssystem) und **Möglichkeit der freien Kühlung** (u. a. Quellen, Ermittlung der Grenztemperaturen).
Schritt 3	Energetische und wirtschaftliche **Bewertung.**
Schritt 4	**Auslegung und Planung** der freien Kühlung.
Schritt 5	**Umsetzung** und Anpassung der Steuerungen; **Monitoring.**

Tipps und Tricks

Ein möglichst hohes Temperaturniveau des Kältekreises erlaubt viele Betriebsstunden der freien Kühlung – daher ist eine Prüfung und Optimierung der benötigten Vorlauftemperatur empfohlen.

Bewertung

Einsparberechnung[29]	$Einsparung\ Strom\ Kälteerzeugung\ \left[\frac{MWh}{a}\right]$ $= Stromverbrauch\ zu\ Zeiten\ der\ freien\ Kühlung\ \left[\frac{MWh}{a}\right]$ $\times\ 80\ Prozent$

Beispielberechnung

Getroffene Annahmen für das Beispiel	– Stromverbrauch Kälteerzeugung (Kompressionskälteanlagen): 420 MWh/a – Betriebsstunden: 8.700 h/a (ganzjährig) – Betriebsstunden der freien Kühlung in Abhängigkeit der Grenztemperatur: 3.000 h/a – Stromverbrauch der freien Kühlung: 20 Prozent des Kältemaschinenstromverbrauchs – Strompreis: 180 Euro/MWh – Investitionen: 40.000 Euro (Leitungen, Rückkühlwerke, Steuerung etc.).
Beispielrechnung und Ergebnisse	Stromverbrauch Kälteerzeugung zu Zeiten, in denen die freie Kühlung genutzt werden könnte: $\frac{3.000\frac{h}{a}}{8.700\frac{h}{a}} \times 420\frac{MWh}{a} = 145\frac{MWh}{a}$ Stromverbrauch freie Kühlung: $145\frac{MWh}{a} \times 20\ Prozent = 29\frac{MWh}{a}$ Stromeinsparung: $145\frac{MWh}{a} - 29\frac{MWh}{a} = 116\frac{MWh}{a}$ Kosteneinsparung Strom: ca. 20.880 Euro/a Statische Amortisationszeit: 1,9 Jahre

Potenzielle Fördermöglichkeiten. (Stand **August** 2026)

EEW BAFA Modul 4 [23, 27]	Energie- und ressourcenbezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen, 15 bis 45 Prozent Zuschuss je nach Unternehmensgröße.

[29] a = Jahre; h = Stunden; MWh = Megawattstunden;

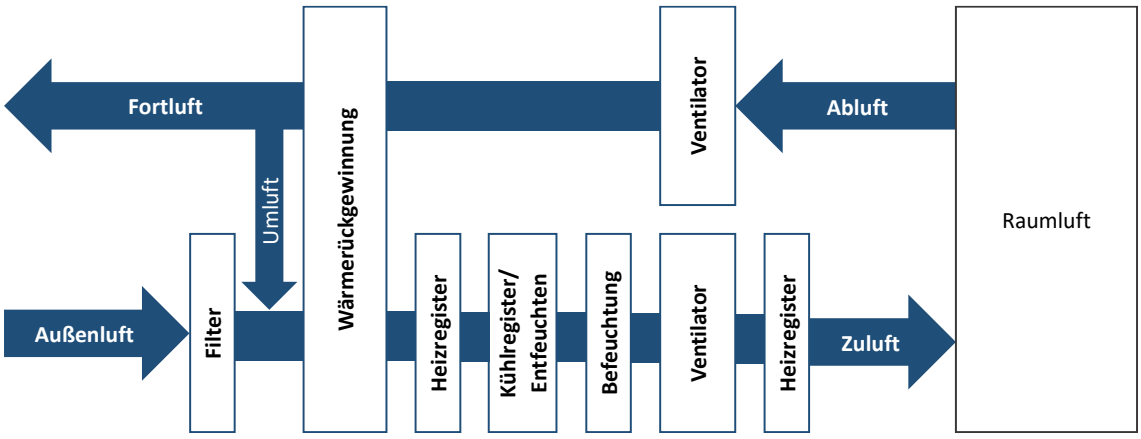
4.3.5 Raumlufttechnische Anlagen

Raumlufttechnische (RLT) Anlagen dienen der Aufbereitung und Verteilung von Luft, um definierte Luftzustände in Räumen sicherzustellen. Dabei können je nach installierter Technik Parameter wie Temperatur, Feuchte, Reinheit und Luftqualität an die Anforderungen von Produktionsprozessen, Lagerbedingungen oder Arbeitsplätzen angepasst werden.

Je nach thermodynamischer Funktion kann zwischen Lüftungs-, Teilklima- oder Klimaanlage unterschieden werden. Dabei spielen Heizen, Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten eine Rolle. Lüftungsanlagen können maximal eine dieser Funktionen erfüllen, Teilklimaanlagen zwei bis drei und Vollklimaanlagen alle vier.

Neben den nutzungsbedingten Anforderungen bestehen häufig auch rechtliche und normative Vorgaben an die Luftqualität und den Luftwechsel. Diese ergeben sich insbesondere aus der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV), den technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR, z. B. ASR A3.6 „Lüftung“) oder auch branchenspezifischen Vorschriften (z. B. Hygieneanforderungen). Mögliche Bestandteile einer RLT-Anlage sind in Abbildung 7 dargestellt.

Abbildung 7
Mögliche Bestandteile einer RLT-Anlage



Quelle: Eigene Darstellung FfE

Einen wesentlichen Einfluss auf den Energieverbrauch hat der Volumenstrom, da sowohl die Leistungsaufnahme des Ventilators stark davon abhängt als auch der Energiebedarf für die Luftkonditionierung. Zur Bewertung der Energieeffizienz von RLT-Anlagen werden verschiedene Kennwerte herangezogen. Eine zentrale Größe ist die spezifische Ventilatorleistung (Specific Fan Power, SFP in W/(m³/s)), die die elektrische Leistungsaufnahme [W] der Ventilatoren in Relation zum geförderten Luftvolumenstrom [m³/s] beschreibt.

Weiterführende Informationen zur Querschnittstechnologie Raumlufttechnik sind im Anhang A.5 enthalten.

Typische Maßnahmen im Bereich Raumlufttechnik

1. Wiederkehrende Prüfung der Volumenströme, Betriebszeiten und Sollwerte und bedarfsabhängige Regelung der Lüftungsanlage. (siehe Steckbrief)
    a. Luftwechselrate (z. B. CO_2-Sensor)
    b. Sollwerte (z. B. Temperaturen, Feuchte)
    c. Betriebszeiten (Zeitprogramm)
2. Nutzung von (interner) Wärmerückgewinnung.
3. Optimale Ausnutzung des Umluftanteils.
4. Einsatz hocheffizienter Antriebe und Kraftübertragungen.
5. Regelmäßige Reinigung der Lüftungsanlage inkl. Filter in Abhängigkeit der Verschmutzung bzw. des Druckverlustes.

Steckbrief - Bedarfsabhängige Regelung der raumlufttechnischen Anlagen

Daumenwerte	Einsparung in Abhängigkeit der Betriebsstunden

Wirtschaftlichkeit	Umsetzbarkeit	Energieeinsparung

Allgemeine Hinweise

Maßnahme und Kurzbeschreibung

Raumlufttechnische Anlagen sollten so betrieben werden, dass sie die Anforderungen, die von den versorgten Räumen gefordert werden, erfüllen können. Eine Übererfüllung führt jedoch zu einem ineffizienten Betrieb. Relevante Parameter betreffen die Sollwerte für Heizen, Kühlen und Feuchte, den Luftwechsel bzw. den Volumenstrom, die Betriebsstunden und die maximale Ausnutzung von Wärmerückgewinnung und Umluftbetrieb. Hierzu können auch zusätzliche Sensoren oder Regelungstechnik eingesetzt werden, z. B. eine Variation des Luftwechsels in Abhängigkeit des CO_2-Gehalts. Können diese Parameter optimiert werden, werden häufig Strom, Wärme und Kälte eingespart und auch der Komfort in den Räumen teilweise erhöht.

Voraussetzung und Vorgehen

Voraussetzung: Regelungsmöglichkeit der RLT-Anlage.

Schritt 1	**Analyse des Ist-Zustandes:** Hinterlegtes Zeitprogramm (z. B. in GLT), Eingestellte Sollwerte (Temperaturen, Feuchte), Strom-/ Wärme-/ Kälteverbrauch, Anforderungen versorgte Bereiche.
Schritt 2	**Abgleich** des Ist-Zustandes der Regelung und Einstellungen mit den Anforderungen des versorgten Bereiches.
Schritt 3	**Anpassung** der Parameter und Monitoring.

Tipps und Tricks

- Es sollte auf eine ausgeglichene Luftbilanz geachtet werden, um einen effizienten Betrieb der RLT-Anlagen zu gewährleisten.
- Auch wenn nur ein Parameter angepasst werden kann, führt dies zu Einsparungen.
- Regelmäßige Prüfung und Anpassung wird empfohlen.

Bewertung

Einsparberechnung	Die Energieeinsparung und deren Berechnung sind abhängig davon, ob die Betriebsstunden oder der Volumenstrom reduziert werden. Die Formeln zur Einsparberechnung sind im Anhang A.5 zu finden. Häufig sind die Einsparungen im Bereich Wärme höher als die Stromeinsparungen.

Beispielberechnung

Getroffene Annahmen für das Beispiel

- Zeitprogramm IST:
  - 1456 h/a Stufe 1 (täglich von 4:00 Uhr bis 6:00 Uhr und 18:00 bis 20:00 Uhr; bei 7 Tagen und 52 Wochen)
  - 4.368 h/a Stufe 2 (täglich von 6:00 Uhr bis 18:00 Uhr; bei 7 Tagen und 52 Wochen)
- Zeitprogramm NEU:
  - Montag bis Freitag wie bisher, Samstag Stufe 1 von 4:00 Uhr bis 20:00 Uhr und Sonntag aus
  - Stufe 1 entspricht bei 7 Tagen und 52 Wochen 1872 h/a
  - Stufe 2 entspricht bei 7 Tagen und 52 Wochen 3.120 h/a
- Volumenstrom: 2.000 m³/h (Stufe 1),8.000 m³/h (Stufe 2)
- Leistungsaufnahme (jeweils Zuluft und Abluft):
  - Stufe 1: 0,6 kW à 1,2 kW für Zu- und Abluft
  - Stufe 2: 5 kW → 10 kW für Zu- und Abluft
- Solltemperatur Raum: 20 °C
- Durchschnittliche Außentemperatur: 10 °C
- Wirkungsgrad Wärmeerzeugung (Erdgaskessel): 90 Prozent
- Energiepreise: 180 Euro/MWh (Strom), 50 Euro/MWh (Erdgas)
- Interner Personalaufwand: 16h zu je 70 Euro/h (1.120 Euro)

Beispielrechnung und Ergebnisse[30]

Stromverbrauch IST (Zuluft und Abluft)

$$\left(\left(1.456\frac{h}{a}\times 1{,}2\ kW\right)+\left(4.368\frac{h}{a}\times 10\ kW\right)\right)\times\frac{1\ MWh}{1000\ kWh}$$

$$=\ 36{,}7\frac{MWh}{a}$$

Stromverbrauch NEU (Zuluft und Abluft)

$$\left(\left(1.872\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{a}}\times 1{,}2\ \mathrm{kW}\right)+\left(3.120\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{a}}\times 10\ \mathrm{kW}\right)\right)\times\frac{1\ \mathrm{MWh}}{1000\ \mathrm{kWh}}=27{,}2\frac{\mathrm{MWh}}{\mathrm{a}}$$

Wärmeverbrauch IST (sehr vereinfacht):

$$\left(1.456\frac{h}{a}\times 2.000\frac{m^3}{h}+4.368\frac{h}{a}\times 8.000\frac{m^3}{h}\right)\times 1{,}2\ \frac{kg}{m^3}$$

[30] h = Stunden; a = Jahre; kW = Kilowatt; MWh = Megawattstunden; K = Kelvin

$$\times\ 1{,}005\ \frac{kJ}{kg \times K} \times (20 - 10\ )\ K\ \frac{1}{3600}\frac{h}{s} \times \frac{1\ MWh}{1000\ kWh} =\ 126{,}8\frac{MWh}{a}$$

Wärmeverbrauch NEU

$$\left(1.872\frac{h}{a} \times 2.000\frac{m^3}{h} +\ 3.120\frac{h}{a} \times 8.000\frac{m^3}{h}\right) \times 1{,}2\ \frac{kg}{m^3}$$

$$\times\ 1{,}005\ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}\times\mathrm{K}} \times (20\text{-}10\ )\ \mathrm{K} \times \frac{1}{3600}\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{s}} \times \frac{1\ \mathrm{MWh}}{1000\ \mathrm{kWh}} = 96{,}2\ \mathrm{MWh/a}$$

Einsparung Erdgas:

$$\frac{(126{,}8 - 96{,}2)\frac{MWh}{a}}{90\ Prozent} = 34\frac{MWh}{a}$$

Kosteneinsparung Strom:
ca. 1.700 Euro/a
Kosteneinsparung Erdgas:
ca. 1.700 Euro/a

Statische Amortisationszeit:
0,3 Jahre

Potenzielle Fördermöglichkeiten (Stand August 2026)

BEG Sanierung NWG [30, 29]	Anlagentechnik (außer Heizung) – Einbau von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik zur Realisierung eines Gebäudeautomatisierungsgrades mindestens der Klasse B. – Wird eine neue Anlage gebaut, um eine bedarfsabhängige Regelung zu ermöglichen, ist Einbau, Austausch oder Optimierung raumlufttechnischer Anlagen inklusive Wärme-/Kälterückgewinnung ebenfalls förderfähig. Der Grundfördersatz beträgt 15 Prozent der förderfähigen Ausgaben.

4.3.6 Elektrische Antriebe

Elektrische Antriebe sind im Großteil der Unternehmen vorhanden. Vor allem zur Verteilung von verschiedenen Medien durch Pumpen und Ventilatoren, aber auch in Produktionsanlagen spielen Antriebe eine zentrale Rolle. Etwa 9 Prozent des Stromverbrauchs in der Industrie werden in der Anwendungsart „Pumpen“ verbraucht [39].

Ein elektrischer Antrieb besteht aus mehreren Komponenten. Dazu gehören
- Elektromotor
- Leistungselektronik (z. B. Frequenzumrichter)
- Häufig: Mechanische Kraftübertragung (z. B. Getriebe, Riemen, Kupplungen)
- Angetriebene Arbeitsmaschine

In jeder dieser Komponenten treten Verluste auf. Moderne elektrische Antriebe erreichen jedoch **Wirkungsgrade bis über 90 Prozent**, wobei die Wirkungsgrade stark von dem Betriebspunkt abhängen. Das Teillastverhalten von Motoren ist in den motorspezifischen Kennlinien angegeben.

Elektrische Antriebe lassen sich grundlegend nach ihrer Bauart in **Gleichstrommotoren** sowie **Drehstrom-Synchron- und Asynchronmotoren** einteilen. Diese unterscheiden sich hinsichtlich ihres Aufbaus, ihres Betriebsverhaltens und ihrer typischen Einsatzgebiete. Weitere Informationen zur Bauart und technischen Daten zu elektrischen Antrieben sind in [40] zu finden.

Ein wichtiger Kennwert zur Bewertung der Effizienz ist die **spezifische Leistungsaufnahme**. Diese beschreibt den eingesetzten Energieeinsatz bezogen auf die Förderleistung. An elektrischen Antrieben sind oft zwei Typenschilder angebracht: für den Elektromotor an sich und für die Anwendung (z. B. Ventilator). Bei der Nutzung der angegebenen Werte muss berücksichtigt werden, ob die mechanische oder die elektrische Leistung angegeben ist.

Zur vergleichenden Bewertung von elektrischen Antrieben werden darüber hinaus **Wirkungsgradklassen (IE-Klassen)** verwendet. Diese reichen von IE1 (Standard) bis IE5 (höchste Effizienz) und sind in der internationalen Normenreihe IEC 60034-30 festgelegt. In der Europäischen Union sind je nach Leistungsklasse mindestens IE3 bzw. IE4 erforderlich, wodurch ein Mindestniveau für die Energieeffizienz sichergestellt wird.

Infobox

Um Einsparpotenziale im Bereich elektrische Antriebe berechnen zu können, ist in der Regel eine Information über den aktuellen Stromverbrauch notwendig. Sofern keine Messungen vorliegen, kann über die Betriebszeiten, Auslastung sowie die Nennleistung eine Abschätzung getroffen werden.

Benötigte Daten:
- Betriebsstunden
- Durchschnittliche elektrische Leistungsaufnahme bzw. Nennleistung [kW] und durchschnittliche Auslastung [Prozent]

$$Stromverbrauch\ [kWh] = Betriebsstunden\ \left[\frac{h}{a}\right] \times durchschnittliche\ el.Leistungsaufnahme\ [kW]$$

Um eine Aussage über die Effizienz eines Antriebes machen zu können, ist der Wirkungsgrad gut geeignet:

$$Wirkungsgrad\ \eta = \frac{mechanische\ Leistung\ (P_{mech})\ [kW]}{elektrische\ Leistung\ \ (P_{el})\ [kW]}$$

$$P_{el}\ [kW] = Spannung\ U\ [V] \times Stromstärke\ I\ [A] \times Wirkfaktor\ cos\varphi\ \times \sqrt{3}$$

(gültig für Drehstrommotoren)

kW = Kilowatt; kWh = Kilowattstunden; A = Ampere; V = Volt h = Stunden; a = Jahr

Typische Maßnahmen im Bereich Antriebe

1. Einsatz von hocheffizienten (drehzahlgeregelten) korrekt dimensionierten Antrieben (siehe Steckbrief).
2. Einsatz von Antrieben mit effizienter Kraftübertragung (siehe Steckbrief).
3. Einsatz von Direktantrieben.
4. Anpassen von Förderhöhe und -menge bzw. Pumpenleistung an den tatsächlichen Bedarf (siehe Steckbrief).
5. Anpassung der Betriebszeiten von Pumpen/Ventilatoren an den tatsächlichen Bedarf.
6. Kopplung von Erzeugungsanlagen und Verteilungspumpen (z. B. Lüftungsanlagen und Pumpen für Kälte/Wärmeregister).

Steckbrief - Einsatz hocheffizienter Antriebe (Tausch eines alten Antriebs gegen einen neuen Hocheffizienz-Motor)

Wirtschaftlichkeit	Umsetzbarkeit	Energieeinsparung

Allgemeine Hinweise

Beschreibung und Vorteile

Bei Defekt eines Antriebes wird dieser in der Regel gegen einen Antrieb nach dem Stand der Technik (aktuell IE4 oder IE5) ausgetauscht. Bei sehr alten und ineffizienten Antrieben kann aber auch ein vorzeitiger Tausch wirtschaftliche Vorteile bringen. Weitere Vorteile sind ein geringeres Ausfallrisiko und eine bessere Regelbarkeit bzw. bedarfsabhängige Steuerung des Antriebs.

Voraussetzung und Vorgehen

Je älter der aktuelle Antrieb, desto schlechter in der Regel die Effizienzklasse und die bedarfsabhängige Regelbarkeit. Entsprechend höher ist die erreichbare Einsparung.

Schritt 1	**Analyse des Ist-Zustandes**: aktuelle Effizienzklasse, Stromverbrauch oder Betriebsstunden + durchschnittliche Auslastung.
Schritt 2	Abschätzung der **Einsparpotenziale**, Gegenüberstellung mit den potenziellen **Investitionen**, Vorauswahl.
Schritt 3	**Kontaktaufnahme mit Fachunternehmen/ Herstellern** und Einholen von Angeboten.
Schritt 4	Energetische und wirtschaftliche **Bewertung**, Entscheidung, Anlagendimensionierung und Planung.
Schritt 5	**Tausch des Antriebes** und Optimierung der Betriebseinstellungen.

Tipps und Tricks

- Von verschiedenen Herstellern (zum Beispiel Grundfos, WILO) gibt es Online-Tools, um einen Pumpentausch zu berechnen.
- Vor allem Antriebe in der Versorgungstechnik (Wärme, Kälte) bieten Potenzial für einen vorzeitigen Tausch, da es in der Regel Standardpumpen sind, deren Austausch mit relativ geringen Investitionen verbunden ist.
- Drehzahlgeregelte Antriebe (mittels Frequenzumrichter) bieten weitere Einsparpotenziale, da sich die Veränderung der Drehzahl in dritter Potenz auf die elektrische Leistungsaufnahme auswirkt. Das Vorgehen ist vom Prozess her ähnlich zum Austausch eines Druckluftkompressors.

Bewertung

Einsparberechnung[31]

$$elektrische\ Leistungsaufnahme\ [kW] = Spannung\ [V] \times Stromstärke\ [A] \times Leistungsfaktor\ (cos\varphi) \times \sqrt{3} \times \frac{1\ kW}{1.000\ W}$$

$$Stromverbrauch\ \left[\frac{kWh}{a}\right] = Betriebsstunden\ \left[\frac{h}{a}\right] \times durchschnittliche\ Leistungsaufnahme\ [kW]$$

Beispielberechnung

Getroffene Annahmen für das Beispiel

Strompreis: 180 Euro/MWh

	Motor Bestand	Motor neu
Nennleistung Motor	5,5 kW	
Effizienzklasse	IE2	IE4
Wirkungsgrad	87 Prozent	93 Prozent
Stromaufnahme gemessen	9 A	
Spannung	400 V	400 V
cos φ (Wirkfaktor)	0,93	
Betriebsstunden	Ca. 6.000 h/a	Ca. 6.000 h/a
Investitionen		3.500 Euro

Beispielrechnung und Ergebnisse

elektrische Leistungsaufnahme (IST):

$$400\ V \times 9\ A\ \times 0{,}93\ \times \sqrt{3} \times \frac{1\ kW}{1.000\ W} = 5{,}8\ kW$$

Mechanische Leistung $5{,}8\ kW\ \times 87\ Prozent = 5\ kW$
→ muss durch neuen Motor ebenfalls bereitgestellt werden

Stromverbrauch (IST):

$$5{,}8\ kW\ \times 6.000 \frac{h}{a} \times \frac{1\ MW}{1.000\ kW} = 34{,}8 \frac{MWh}{a}$$

[31] V = Volt; A = Ampere; W = Watt; kW = Kilowatt; kWh = Kilowattstunden; MW = Megawatt; MWh = Megawattstunden; h = Stunden; a = Jahr

Elektrische Leistungsaufnahme neu:

$$\frac{5\ kW}{93\ Prozent} = 5{,}4\ kW$$

Stromverbrauch neu:

$$5{,}4\ kW\ \times 6.000\frac{h}{a} \times \frac{1MW}{1.000\ kW} = 32{,}5\ \frac{MWh}{a}$$

Stromeinsparung:

$$34{,}8\ \frac{MWh}{a} - 32{,}5\ \frac{MWh}{a} = 2{,}3\ \frac{MWh}{a}$$

Stromkosteneinsparung:	Statische Amortisationszeit:
ca. 410 Euro/a	8,5 Jahre

Potenzielle Fördermöglichkeiten (Stand August 2026)

BEG EM [30, 29]	Über Anlagentechnik (außer Heizung) sind die Erstinstallation/ Erneuerung von Lüftungsanlagen sowie der Austausch von Komponenten in bestehenden Lüftungsanlagen (Einbau energieeffizienter, drehzahlgeregelter Motoren) förderfähig.
EEW Modul 1 [23, 24]	Hocheffiziente elektrische Motoren und Antriebe, Pumpen, Ventilatoren sind ausschließlich für KU (25 Prozent der IGK) bzw. MU (20 Prozent der IGK) förderbar.

Steckbrief - Anpassung der Pumpenleistung an den tatsächlichen Bedarf über Drehzahlregelung

Daumenwerte	Die Leistungsaufnahme der Pumpe wird auf etwa ein Fünftel reduziert.

Wirtschaftlichkeit	Umsetzbarkeit	Energieeinsparung

Allgemeine Hinweise

Maßnahme und Kurzbeschreibung

Pumpen mit Drehzahlregelung regeln Förderhöhe und Volumenstrom, ohne dass Leitungsverluste auftreten. In einigen Anwendungen laufen Pumpen und Ventilatoren im Konstantbetrieb in einem nicht optimalen Betriebspunkt. Dabei wird der Durchfluss über Drosselung geregelt. Diese reduziert den Volumenstrom durch Erhöhung des Anlagenwiderstands. Über Drosseln wird lediglich der Volumenstrom an den Bedarf angepasst, nicht aber die Förderhöhe und damit die Leistungsaufnahme der Pumpe in nennenswertem Umfang [41]. Stattdessen treten zusätzliche Druckverluste im System auf. Dies kann über den Einsatz von Frequenzumrichtern optimiert werden.

Voraussetzung und Vorgehen

Schritt 1	**Prüfung** ob drehzahlgeregelte Pumpe mit Frequenzumrichter sinnvoll ist.
Schritt 2	Wenn ja: **Prüfung** ob Pumpe über Drehzahlregelung verfügt.
Schritt 3	**Pumpentausch** (falls keine Drehzahlregelung).
Schritt 4	**Bedarfsabhängige Optimierung** über Drehzahlregelung.

Tipps und Tricks

- Pumpen mit Drehzahlregelung sind u. a. daran zu erkennen, dass sie über einen Frequenzumrichter verfügen und Bezeichnungen wie „FU“, „VFD“, „Inverter“ oder „Drive“ aufweisen. Weitere Hinweise sind Angaben wie „Frequenzbereich“, variable Hz-Angaben oder mehrere Betriebspunkte.
- Bei schwankendem Volumenstrom ist ein Frequenzumrichter mit Drehzahlregelung am besten geeignet [41]. Führt die Bedarfsanpassung zu einem neuen fixen Betriebspunkt mit konstantem Volumenstrom und Förderhöhe, empfiehlt sich eventuell eine Änderung des Laufraddurchmessers.

Bewertung

Einsparberechnung[32]

$$Angepasste\ Leistung\ [kW] = Nennleistung\ [kW] \times \left(\frac{angepasste\ Drehzahl\ [rpm]}{Nenndrehzahl\ [rpm]}\right)^3$$

In der Praxis sind Angaben zum Volumenstrom oft einfacher verfügbar als Angaben zur Drehzahl. Die Formel ist analog mit dem Volumenstrom statt der Drehzahl anwendbar (siehe Anhang A.5).

Beispielberechnung

Getroffene Annahmen für das Beispiel

- Nennleistung Pumpe: 2 kW
- Nennvolumenstrom Pumpe: 30 m³/h
- Angepasster, geringerer Volumenstrom: 25 m³/h
- Volllaststunden: 5.000 h/a
- Strompreis: 180 Euro/MWh
- Investitionen: 1.000 Euro (internes & externes Personal)

Beispielrechnung und Ergebnisse

Resultierende angepasste Leistungsaufnahme:

$$2\ kW \times \left(\frac{25\frac{m^3}{h}}{30\frac{m^3}{h}}\right)^3 = 1{,}16\ kW$$

→ Leistungsaufnahme sinkt um ca. 42 Prozent

Stromeinsparung gesamt:

$$(2 - 1{,}16)kW \times 5.000\frac{h}{a} \times \frac{1\ MWh}{1000\ kWh} = 4{,}2\frac{MWh}{a}$$

Stromkosteneinsparung:	Statische Amortisationszeit:
ca. 760 Euro/a	ca. 1,3 Jahre

In der Praxis wird die theoretische Einsparung in der dritten Potenz nicht erreicht. Die Stromkosteneinsparung liegt eher bei 600 Euro/a und die statische Amortisationszeit bei etwa 1,7 Jahren.

Potenzielle Fördermöglichkeiten (Stand **August** 2026)

Keine Förderung möglich

[32] kW = Kilowatt; MWh = Megawattstunde; h = Stunde; a = Jahr; m³ = Kubikmeter; rpm = Umdrehungen pro Minute

Steckbrief - Einsatz von Antrieben mit effizienter Kraftübertragung im Bereich RLT

Daumenwerte	Flach- anstatt Keilriemen erhöht die Effizienz um ca. 5 Prozent [42]. Einsatz von Direktantrieben anstatt Keilriemen erhöht die Effizienz um bis zu 10 Prozent.

Wirtschaftlichkeit	Umsetzbarkeit	Energieeinsparung

Allgemeine Hinweise

Beschreibung und Vorteile

Damit Pumpen und Ventilatoren ihren Zweck erfüllen können, muss die Energie vom Motor auf den Antrieb übertragen werden. Dabei ist der Einsatz von Direktantrieben die effizienteste Form der Kraftübertragung und kann Verluste der mechanischen Kraftübertragung über Riemen vermeiden.
Im Bereich der Raumlufttechnik sind aktuell Riemenantriebe weit verbreitet. Bei diesen treten bei der Kraftübertragung Reibungsverluste auf. Diese können durch den Einsatz von Hocheffizienzriemen (zum Beispiel Flach- oder hocheffiziente Keilriemen) reduziert werden.
Wirkungsgrade verschiedener Kraftübertragungen bei Antrieben:

- Keilriemen: 90 bis 96 Prozent
- Zahnriemen: 97 bis 99 Prozent
- Flachriemen: bis zu 98 Prozent
- Direktantrieb: keine Verluste

Voraussetzung und Vorgehen

Der Tausch von Riemen ist i. d. R. einfach möglich, die Umstellung auf Direktantriebe kann jedoch größere Umbaumaßnahmen erfordern. Ausreichend Platz ist hierbei eine wichtige Voraussetzung.

Schritt 1	**Analyse des Ist-Zustandes** und **Prüfung,** ob der Einsatz eines Direktantriebs technisch möglich ist
Schritt 2	Prüfung, ob Riemenanzahl reduziert werden kann (falls Direktantrieb nicht möglich).
Schritt 3	**Umsetzung** der Maßnahme und **Monitoring.**

Tipps und Tricks

- Erfolgt ein Antriebswechsel zur Effizienzsteigerung, sollte auch der Betriebspunkt (Druck und Volumenstrom) überprüft werden. Arbeiten Ventilatoren außerhalb ihres optimalen Betriebspunkts, sinkt die Effizienz häufig schnell ab [41].

- Prüfung von alten Riemen auf unerwartete Verschleißstellen.
- Vermeiden einer Vermischung von alten und neuen Riemen sowie Riemen verschiedener Hersteller in einem gemeinsamen Antrieb [43].
- Gegebenenfalls Reduktion der Motordrehzahl bei Wechsel von Riemen- auf Direktantrieb. Aufgrund der effizienteren Kraftübertragung würde sonst ein höherer Volumenstrom resultieren.

Bewertung

Einsparberechnung[33]

$$Reduktion\ der\ Leistungsaufnahme\ [kW]$$
$$= Leistungsaufnahme\ Motor\ Riemenantrieb\ [kW]$$
$$- Leistungsaufnahme\ Motor\ Direktantrieb\ [kW]$$

$$= \frac{Ventilatorleistung\ [kW]}{Wirkungsgrad\ Riemen_{Alt}[Prozent]}$$
$$- \frac{Ventilatorleistung\ [kW]}{Wirkungsgrad\ Kraftübertragung_{neu}\ [Prozent]}$$

Beispielberechnung

Getroffene Annahmen für das Beispiel

- Benötigte Ventilatorleistung = 6 kW
- Wirkungsgrad Kraftübertragung Riemenantrieb: 0,9
- Wirkungsgrad Kraftübertragung hocheffizienter Schmalkeilriemen: 0,98
- Gleicher Motor für Riemen- und Direktantrieb
- Volllaststunden: 4.000 h/a
- Strompreis: 180 Euro/MWh
- Investitionskosten: 1.500 Euro

Beispielrechnung und Ergebnisse

Änderung Leistungsaufnahme:

$$\frac{6\ kW}{0{,}9} - \frac{6\ kW}{0{,}98} = 0{,}5\ kW$$

Energieeinsparung:

$$0{,}5\ kW \times 4.000\ \frac{h}{a} = 2{,}2\ \frac{MWh}{a}$$

Stromkosteneinsparung: ca. 390 Euro/a

Statische Amortisationszeit: ca. 3,8 Jahre

Potenzielle Fördermöglichkeiten (Stand August 2026)

Keine Förderung möglich.

[33] MWh = Megawattstunden; kW = Kilowatt; h = Stunden; a = Jahre

4.3.7 Transport

Grundsätzlich kann im Bereich Transport zwischen innerbetrieblichen Transportprozessen und externen Transporten unterschieden werden. **Innerbetriebliche Transporte** umfassen beispielsweise den Materialfluss zwischen Lager, Produktion und Versand und werden durch Fördertechnik, Flurförderzeuge oder automatisierte Transportsysteme realisiert. Hierbei werden in der Regel entweder fossile Kraftstoffe (Diesel) oder bereits elektrische Fahrzeuge bzw. Förderantriebe eingesetzt. Häufige Fahrzeuge sind Gabelstapler, Hubwagen, Kräne, automatisierte fahrerlose Transportsysteme oder Förderbänder.

Externe Transporte betreffen die Logistik zwischen Standorten, die Distribution von Produkten oder Vertrieb und Service und erfolgen in der Regel über Straße (PKW, LKW, Transporter), aber auch Schiene, Wasser oder in Einzelfällen per Luftfracht. Häufig findet der Transport von Waren jedoch über externe Spediteure statt.

Typische Maßnahmen im Bereich Transport

1. Elektrifizierung der Fahrzeuge und des Werksverkehrs. (siehe Steckbrief)
2. Geschwindigkeit und Betriebsstunden bei fest installierten Förder- und Transportsystemen optimieren (z. B. hinsichtlich Auslastung oder Nachlaufzeiten).
3. Fahrstrecken (interner Werksverkehr und extern) hinsichtlich Entfernungen und Fahrweise (z. B. wenig Start-Stop, gleichmäßige Geschwindigkeit) optimieren.
4. Lademanagement/gesteuertes Laden von elektrischen Fahrzeugen.

Steckbrief - Elektrifizierung des Werksverkehrs

Daumenwerte	Reduzierung des Energiebedarfs um ca. 60 bis teils 80 Prozent

Wirtschaftlichkeit	Umsetzbarkeit	Energieeinsparung

Allgemeine Hinweise

Beschreibung und Vorteile

Bei der Elektrifizierung des Werksverkehrs werden fossil betriebene Förderprozesse und Fahrzeuge wie Gabelstapler, Hubwagen, Shuttle-Fahrzeuge oder Transporter durch batterieelektrische Alternativen ersetzt. Der Effizienzvorteil ergibt sich aus dem Antrieb: Elektromotoren setzen einen deutlich größeren Anteil der eingesetzten Energie in Bewegung um als Verbrennungsmotoren. Weitere Vorteile entstehen durch reduzierte Treibhausgasemissionen (Scope 1), Verbesserung der Luftqualität, geringere Geräuschpegel und je nach Anwendungsfall potenziell weniger Wartungskosten.

Voraussetzung/ Ausgangssituation und Vorgehen

- Einsatz fossil betriebener Fahrzeuge.
- Elektrische Alternative ist technisch möglich und am Markt vorhanden.
- Benötigte elektrische Anschlussleistung verfügbar.

Schritt 1	**Analyse des Ist-Zustandes:** Fahrzeugtyp, Anzahl Fahrten, Fahr- und Transportdistanzen, Traglasten, Betriebs- und Standzeiten, Lastprofile, Energie- und Kraftstoffverbräuche, typische Einsatzbedingungen.
Schritt 2	**Prüfung** und energetische und wirtschaftliche **Bewertung** von elektrischen Anwendungen und Fahrzeugen.
Schritt 3	**Planung und Auslegung** der (Lade-) Infrastruktur: Anzahl und Leistung der Ladepunkte, Netzanschluss, Lastmanagement, Betriebszeiten.
Schritt 4	**Umsetzung.**

Tipps und Tricks

- Elektrifizierung lohnt sich besonders bei Fahrzeugen mit planbaren Routen, regelmäßigen Standzeiten und hohen jährlichen Betriebsstunden.
- Bei hoher Auslastung wirken sich die niedrigeren Energiekosten und geringeren Wartungsaufwände stärker aus.
- Eine Pilotphase kann helfen die Umstellung bei ersten Geräten und Prozessen zu testen und somit die Investitionsrisiken minimieren.

– Die Kombination mit Stromeigenerzeugung (z. B. Photovoltaik) hat einen positiven Effekt auf die Wirtschaftlichkeit. Dieser kann durch eine Optimierung des Lademanagements noch vergrößert werden.

Bewertung

Einsparberechnung[34]

$$Energieeinsparung\ [MWh] = \begin{pmatrix} Fossiler\ Kraftstoffverbrauch\ \left[\frac{l}{a}\right] \times Heizwert\ \left[\frac{MWh}{l}\right] \\ -\ Stromverbrauch\ \left[\frac{MWh}{a}\right] \end{pmatrix}$$

$$Energiekosteneinsparung\ \left[\frac{Euro}{a}\right] = \left(Fossiler\ Kraftstoffverbrauch\ \left[\frac{l}{a}\right] \times Kraftstoffpreis\ \left[\frac{Euro}{l}\right]\right) - \left(Stromverbrauch\ \left[\frac{MWh}{a}\right] \times Strompreis\ \left[\frac{Euro}{MWh}\right]\right)$$

Beispielberechnung

Getroffene Annahmen für das Beispiel

– Betriebsstunden: 2.000 h/a
– Kraftstoffverbrauch Dieselstapler: 3 l/h
– Kraftstoffverbrauch Elektrostapler: 7 kWh/h
– Dieselpreis: 1,70 Euro/l = 173,5 Euro/MWh
– Strompreis: 180 Euro/MWh
– Investitionen: 30.000 Euro
– Förderung: 10.000 Euro

Beispielrechnung und Ergebnisse

Verbrauch Dieselstapler:

$$3\ \frac{l}{h} \times\ 9{,}8 \frac{kWh}{l} \times \frac{1\ MWh}{1.000\ kWh} \times 2.000 \frac{h}{a} = 58{,}8\ \frac{MWh}{a}$$

Verbrauch Elektrostapler:

$$7\ \frac{kWh}{h} \times \frac{1\ MWh}{1.000\ kWh} \times 2.000 \frac{h}{a} = 14\ \frac{MWh}{a}$$

Energieeinsparung:

$$58{,}8\ \frac{MWh}{a} - 14\ \frac{MWh}{a} = 44{,}8\ \frac{MWh}{a}$$

Energiekosteneinsparung: ca. 7.680 Euro/a

Statische Amortisationszeit: ca. 2,6 Jahre

[34] kWh = Kilowattstunden; MWh = Megawattstunden; l = Liter; h = Stunden; a = Jahre

Potenzielle Fördermöglichkeiten (Stand **August** 2026)

BAFA EEW Modul 6 [23]	Elektrifizierung von kleinen Unternehmen: – Die Höhe der Förderung bezogen auf die Kosten der förderfähigen Investition beträgt 33 Prozent. – Investitionsvolumen muss mindestens 2.000 Euro betragen.
BAFA EEW Modul 4 [23, 27]	Energie- und ressourcenbezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen, u. a. elektrisch betriebene Flurförderfahrzeuge: – Kleine Unternehmen erhalten eine pauschale Förderung in Höhe von 15 Prozent. – Mittlere Unternehmen erhalten eine Förderung von 10 Prozent. – Investitionsvolumen muss mindestens 10.000 Euro betragen.

4.3.8 Produktion

Die Produktion stellt in Unternehmen den zentralen Wertschöpfungsbereich dar. Die zuvor beschriebenen Bereiche werden in der Regel alle für eine reibungslose Produktion benötigt bzw. stellen die benötigte Energie bzw. Rahmenbedingungen bereit.

Grundsätzlich werden hier unter dem Begriff Produktion alle Fertigungs-, Bearbeitung- und Veredelungsprozesse verstanden, die zur Herstellung eines Produkts benötigt werden und nicht in den Bereich der Medienbereitstellung fallen. Diese Prozesse sind häufig direkt an spezifische Produktionsanforderungen und Qualitätsvorgaben gekoppelt, weshalb eine Umsetzung von Effizienzmaßnahmen häufig mit höheren Herausforderungen einhergeht als im Bereich der Querschnittstechnologien, da Produktqualität und Anlagensicherheit noch stärker im Fokus liegen.

Typische Maßnahmen im Bereich Produktion

1. Optimierung der Fahrweisen und Stillstandzeiten.
2. Herunterfahren oder Minimierung des Stand-By von Anlagen (z. B. auch PC) bei Nicht-Bedarf.
3. Anpassung von Prozessparametern an den Bedarf und Reduktion der „Puffer“ (z. B. Temperaturen, Feuchte etc.).

4.3.9 Organisation

Neben technischen Maßnahmen spielen die Organisation und das Management eines Unternehmens eine entscheidende Rolle für die erfolgreiche Umsetzung von Energieeffizienz- und Einsparmaßnahmen. Viele Effizienzpotenziale können nur dann realisiert werden, wenn geeignete organisatorische Strukturen, klare Verantwortlichkeiten und systematische Prozesse etabliert sind.

Faktoren sind die klare Zuweisung von Verantwortlichkeiten und die Einbindung relevanter Akteure im Unternehmen. Dies umfasst zum einen die Geschäftsführung, aber auch Fachabteilungen wie Produktion, Instandhaltung oder Controlling. Häufig geht mit einer erfolgreichen Umsetzung auch eine Veränderung des Betriebsverhaltens oder auch optimierte Abläufe einher, sodass auch die Sensibilisierung und Qualifizierung von Mitarbeitenden eine wichtige Rolle spielt.

Darüber hinaus gewinnen digitale Lösungen und Datenmanagement zunehmend an Bedeutung. Durch den Einsatz von Monitoring-Systemen, Energiemanagementsoftware oder datengetriebenen Analysen können Energieverbräuche in Echtzeit erfasst und ausgewertet werden. Dies ermöglicht nicht nur eine bessere Kontrolle, sondern auch eine fortlaufende Optimierung von Prozessen und Betriebsweisen.

Typische Maßnahmen im Bereich Organisation

1. Kontinuierliches Monitoring von Energiedaten und Verbräuchen sowie Analyse der Lastgänge und der Grundlast.
2. Regelmäßige Beschäftigung mit dem Thema Energieeffizienz und Energieeinsparungsmöglichkeiten z. B. durch
    a. Einführung eines (vereinfachten) Energiemanagementsystems.
    b. Teilnahme an einem Energieeffizienz- und Klimaschutznetzwerk.
    c. Aufbau einer internen Arbeitsgruppe.
3. Berücksichtigung von Effizienzkriterien bei Planung, Auslegung und im Einkauf.
4. Motivierung und Sensibilisierung aller Mitarbeitenden.
5. Einsatz einer Gebäudeleittechnik zur Anpassung der Betriebsweise der Anlagen.
6. Festlegen eines Ziels zur Effizienzsteigerung und Energieeinsparung.

4.4 Best-Practice Beispiele

Dass die vorgestellten Effizienzmaßnahmen auch schon in der Praxis umgesetzt werden, zeigen die nachfolgenden Best-Practice Beispiele. Diese adressieren Maßnahmen aus drei unterschiedlichen QST-Bereichen:

– Optimierung von Betriebsparametern von Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlagen.
– Verringerung der Aufheiztemperatur von Produktseparatoren.
– Wärmerückgewinnung im Bereich Druckluft.

Optimierung der Betriebsparameter von Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlagen

Unternehmen: W.L. Gore & Associates
Tätigkeit: Herstellung von technischen Textilien

Bereich:
Raumlufttechnik

Vorgehen bei der Umsetzung:

- Prüfung der Betriebsparameter und Funktionsweise der Raumlufttechnik-Regelungen in allen Bereichen (Büros, Labore, Produktionshallen) auf mögliche Optimierungspotenziale.
- Parameter wurden in Absprache mit Bereichsverantwortlichen und der Werksleitung testweise geändert und die Wochenend- und Nachtabschaltungen ausgeweitet.
- Zuletzt erfolgten Messungen und Schätzungen der erzielten Einsparungen.

< 5.000 Euro für Umprogrammierungen und ca. 120 Arbeitsstunden (intern) investiert; keine Förderung

2022 (9 Monate)

Jährliche Einsparung von:

450 MWh Erdgas,
120 MWh Strom

150.000 € Kosten

Amortisationszeit: **< 0,5 Jahre**

Lessons Learned:

- Es ist hilfreich, die richtigen Leute zusammenzubringen und nicht zu viele Personen einzubeziehen. Danach: einfach machen.
- Eine regelmäßige Überprüfung der Einstellwerte wäre zielführender und effizienter gewesen.

„Alle entscheidenden Bereiche an einem Tisch: schnelle Umsetzung, direkte Wirkung und ein echtes Gefühl von Selbstwirksamkeit. Das hat das Projekt durchgehend motivierend gemacht – und das positive Feedback aus Leadership und Belegschaft war das i-Tüpfelchen."

Verringerung der Aufheiztemperatur von Produktseparatoren

Unternehmen: anonym (Nicht-KMU)
Tätigkeit: Lebensmittel / Milch

Bereich: Prozesswärme

Vorgehen bei der Umsetzung:

- Optimierungen im Bestand: auch Prozesstemperaturen im Produktionsprozess hinterfragt.
- Feststellung, dass die Betriebstemperatur von drei Produktseparatoren von 78°C auf 75°C reduziert werden kann.
- Vorversuche um sicherzustellen, dass Temperaturabsenkung keinen negativen Einfluss auf Hygiene und Produktqualität hat.

Keine finanziellen Investitionen - ca. 80 Arbeitsstunden (intern); Keine Förderung

2023

Jährliche Einsparung von:

160 MWh Energie

12.000 € Kosten

Amortisationszeit: **sofort**

Lessons Learned:

- Effizienzmaßnahmen, die direkt in die Produktherstellung oder Prozesse eingreifen, müssen aufwendig geprüft werden.
- Umsetzung von Maßnahmen kann zeitaufwendig sein, wenn Energieeffizienz in der betroffenen Abteilung nicht die höchste Priorität hat.
- Das Energiemanagement-System hat gezeigt, dass es auch Bestands-optimierungen mit einem beachtlichen Hebel gibt.

„Um ein Ziel im laufenden Betrieb umzusetzen, braucht man gerne einen langen Atem."

Wärmerückgewinnung im Bereich Druckluft

Unternehmen: Siegfried Hofmann GmbH
Tätigkeit: Werkzeug- & Maschinenbau

Bereich: Druckluft

Vorgehen bei der Umsetzung:

- Ausbau der Nutzung der bei der Drucklufterzeugung entstehenden Abwärme.
- Abwärme wird über ein Leitungssystem in den zentralen Wärmespeicher des Wärmenetzes eingespeist.
- Gasbedarf in der Wärmeerzeugung verringert sich.

~ 18.000 € netto (Dienstleister Heizungsinstallation, Hardware / Montagekosten ca. 50:50); keine Förderung

2024 (11 Wochen)

Jährliche Einsparung von:

~60 MWh Gas

6.000 € Kosten

Amortisationszeit: **~ 3 Jahre**

Lessons Learned:

- Energiethemen überwachen ist essenziell, um solche Potenziale zu entdecken.
- Bereits installierte Wärmerückgewinnung kann unzureichend dimensioniert sein: Wärmeüberschuss oder Abwärme nicht so weit wie möglich genutzt.
- Können vorhandene Leitungssysteme genutzt werden (z.B. für nicht mehr genutzte Deckensegel), reduziert sich der Investitionsaufwand. Dann müssen ggf. nur Leitungsteilstücke und zusätzliche Pumpen installiert werden.
- Auch wenn das Druckniveau der Druckluft reduziert wird, können noch nutzbare Abwärmepotenziale bestehen.

„Die Nutzung von Kompressorabwärme ist eine der low-hanging-fruits in der Energieeffizienz und sollte analog zur LED-Umstellung Standard werden."

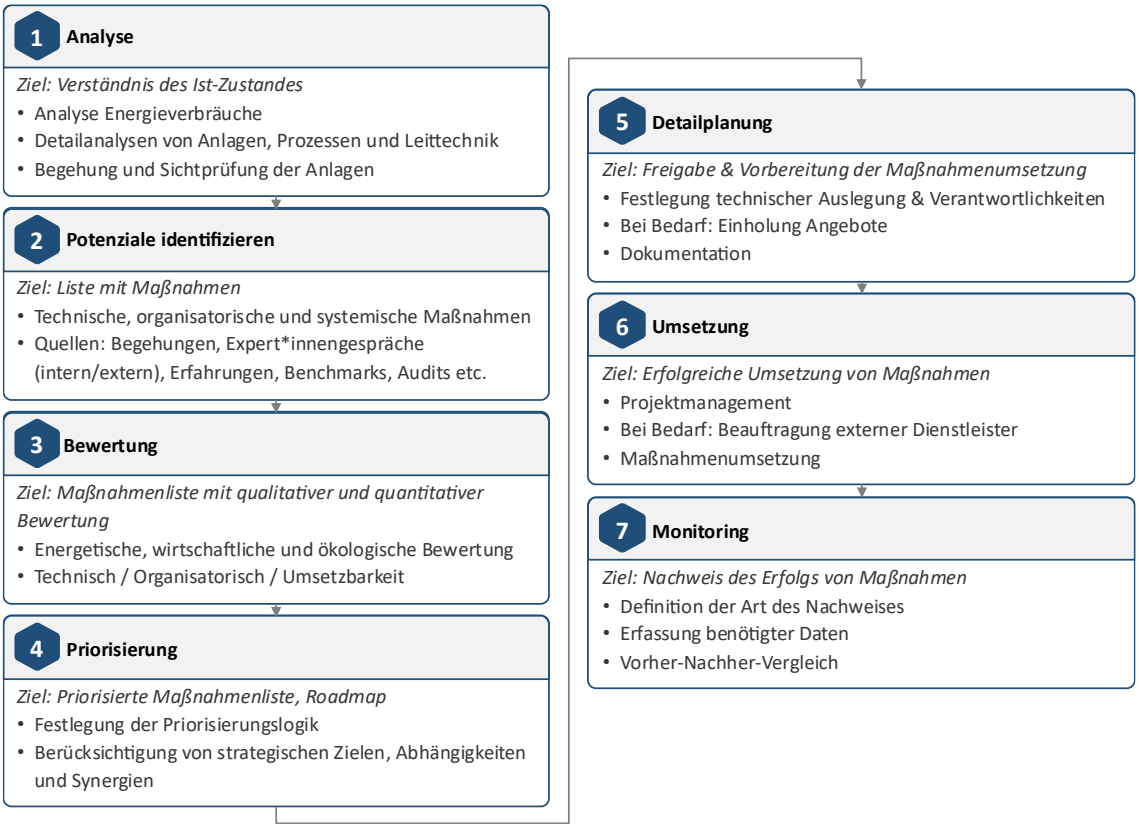
5 Selbstcheck Energieeffizienz

Überprüfung des Fortschritts des eigenen Unternehmens beim Thema Energieeffizienz

5.1 Vorgehensweise für Energieeffizienz und Energieeinsparung

Die erfolgreiche Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen folgt in der Regel einem strukturierten und iterativen Vorgehen, das von der Analyse des Ist-Zustands bis hin zur Erfolgskontrolle reicht. In der folgenden Abbildung 8 ist dieser Prozess zusammenfassend grafisch dargestellt.

Abbildung 8
Vorgehenszyklus für Energieeffizienz und Energieeinsparung



Quelle: Eigene Darstellung FfE

Ausgangspunkt ist die **Analyse** des Ist-Zustandes, deren Ziel es ist, ein fundiertes Verständnis über den aktuellen energetischen Zustand des Unternehmens zu gewinnen. Dazu werden Energieverbräuche systematisch erfasst und ausgewertet sowie Anlagen und

Prozesse im Detail untersucht. Häufig erfolgt dies durch Begehungen vor Ort, ergänzt durch die Auswertung von Messdaten, Energierechnungen oder bestehenden Dokumentationen und Steuerungssystemen (Leittechnik). Eine sorgfältige Analyse bildet die Grundlage für alle weiteren Schritte, da sie Transparenz über die wesentlichen Energieverbraucher und Einsparpotenziale schafft. Eine tiefergehende Analyse des Ist-Zustands kann z. B. im Rahmen eines Energieaudits erfolgen.

Aufbauend auf dieser Bestandsaufnahme werden im nächsten Schritt **Potenziale zur Effizienzsteigerung identifiziert**. Ziel ist es, eine möglichst umfassende Maßnahmenliste zu erstellen, die sowohl technische als auch organisatorische und systemische Ansätze umfasst. Typische Quellen hierfür sind interne und externe Expert*innen, Erfahrungen aus vergleichbaren Projekten, Benchmarks, Energieaudits oder Best-Practice-Beispiele. Klassische technische Maßnahmen finden sich in den vorangegangenen Steckbriefen. Daneben spielen aber auch organisatorische Aspekte (siehe Kapitel 4.3.9) eine wichtige Rolle. Dazu zählen zum Beispiel die Anpassung von Betriebsweisen oder die Sensibilisierung von Mitarbeitenden. Eine Auswahl von Maßnahmen ist im Abschnitt 4.3 dieses Leitfadens zu finden.

Im nächsten Schritt erfolgt die **Bewertung der identifizierten Maßnahmen**. Dabei werden die einzelnen Optionen systematisch hinsichtlich ihrer energetischen, wirtschaftlichen und ökologischen Wirkung analysiert. Typische Kriterien sind beispielsweise das Einsparpotenzial, die Investitionskosten, die Amortisationszeit oder die CO_2-Reduktion. Um die mit einer Maßnahme einhergehende Rendite zu bewerten, eignet sich die Kapitalwertmethode[35]. Ergänzend können auch Aspekte wie technische Umsetzbarkeit, Einschränkungen im regulären Betrieb oder organisatorische Anforderungen berücksichtigt werden. Ziel dieser Phase ist es, eine fundierte Entscheidungsgrundlage zu schaffen, die sowohl quantitative als auch qualitative Faktoren einbezieht. Für eine erste Bewertung ausgewählter Maßnahmen können die in diesem Leitfaden aufgeführten Maßnahmensteckbriefe und Rechenwege (siehe Abschnitt 4.3) herangezogen werden.

Darauf aufbauend werden die Maßnahmen in der Phase der **Priorisierung** in eine sinnvolle Reihenfolge gebracht und in eine umsetzbare Roadmap überführt. Dabei werden neben den Bewertungsergebnissen auch strategische Ziele, betriebliche Rahmenbedingungen sowie Wechselwirkungen zwischen einzelnen Maßnahmen berücksichtigt. Beispielsweise können bestimmte Maßnahmen (gibt es ein kurzes Beispiel) voneinander abhängen oder sich gegenseitig beeinflussen. Eine strukturierte Priorisierung hilft dabei, verfügbare Ressourcen effizient einzusetzen und schnelle Erfolge mit langfristigen Transformationszielen zu kombinieren.

Nach der Priorisierung folgt die **Detailplanung**. Diese schafft die Grundlage für die konkrete Umsetzung. In dieser Phase werden technische Konzepte ausgearbeitet, Verantwortlichkeiten festgelegt und, sofern erforderlich, Angebote von externen Dienstleistern eingeholt. Zudem werden Zeitpläne erstellt und notwendige Genehmigungen oder

[35] Kapitalwertmethode: Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung. Berechnung des Kapitalwerts einer Investition, indem alle zukünftigen Zahlungsflüsse (Ein- und Auszahlungen) auf einen Zeitpunkt über einen Kalkulationszinssatz abgezinst werden. Dabei wird auch die Anfangsinvestition berücksichtigt. Ziel ist eine Überprüfung des Ertrages der Investition über den Betrachtungszeitraum.

Abstimmungen vorbereitet. Eine sorgfältige Planung reduziert Risiken in der Umsetzungsphase und stellt sicher, dass Maßnahmen technisch und organisatorisch reibungslos integriert werden können.

Die anschließende **Umsetzung** umfasst die konkrete Realisierung der geplanten Maßnahmen. Dies beinhaltet typischerweise Projektmanagement, Koordination interner und externer Beteiligter sowie die Inbetriebnahme optimierter oder neuer Anlagen. Ein strukturiertes Vorgehen ist hierbei entscheidend, um Zeitpläne einzuhalten, Kosten zu kontrollieren und die gewünschte Wirkung zu erreichen.

Abschließend erfolgt das **Monitoring**, mit dem der Erfolg der umgesetzten Maßnahmen überprüft wird. Dazu werden relevante Kennzahlen definiert, notwendige Daten erhoben und ein Vorher-Nachher-Vergleich durchgeführt. Das Monitoring ermöglicht es, Einsparungen nachzuweisen, Abweichungen frühzeitig zu erkennen und bei Bedarf nachzusteuern. Gleichzeitig bildet es die Grundlage für eine kontinuierliche Verbesserung, da gewonnene Erkenntnisse wieder in neue Analyse- und Optimierungsprozesse einfließen. Idealerweise sollte das Monitoring bereits in der Planungsphase mit angedacht und definiert werden. So können benötigte Daten bereits vorab erhoben bzw. Zähler oder Messstellen mit eingebaut werden.

Insgesamt handelt es sich um einen zyklischen Prozess (Plan-Do-Check-Act), der eng mit den Prozessen der Managementsysteme (konkret: Energiemanagementsystem nach DIN EN ISO 50001) verknüpft ist. Der Prozess unterstützt Unternehmen dabei, Effizienzpotenziale systematisch zu erschließen, sich fortlaufend zu verbessern und Maßnahmen nachhaltig zu realisieren.

5.2 Checkliste zum Selbstcheck

Mit der nachfolgenden Liste können Unternehmen den zuvor beschriebenen Prozess bei sich schnell und niederschwellig durchführen. Die Checkliste ist in Tabelle 3 abgebildet. Werden die Fragen mit „nein“ beantwortet, können als nächste Schritte die in Abschnitt 4.3 aufgeführten Effizienzmaßnahmen je Bereich durchgesehen und geprüft werden.

Grundsätzlich sollte dabei im Vorhinein in allen Bereichen die Frage „Ist der Anlagenbetrieb zu jeder Zeit so, wie ich es erwarte oder gibt es unplausible Betriebszustände der Anlage?“ gestellt und geprüft werden.

Tabelle 3

Checkliste zum Selbstcheck

QST	Fragen zum Selbstcheck	Bewertung ja	nein	unklar
Beleuchtung	Sind LEDs bereits (vollumfänglich) installiert?	○	○	○
	Ist die Beleuchtung - wo sinnvoll - mit einer Dimmfunktion versehen bzw. ist eine tageslichtabhängige Steuerung installiert?	○	○	○
	Können einzelne Bereiche oder Stränge nach Bedarf zu- oder abgeschaltet werden?	○	○	○
	Gibt es - wo sinnvoll - Bewegungsmelder oder Präsenzmelder?	○	○	○
	Ist die anlagenspezifische Beleuchtung an den Anlagenbetrieb gekoppelt?	○	○	○
	Wird die erforderliche Beleuchtungsstärke in allen Arbeitsplatzbereichen eingehalten und nur geringfügig übertroffen?	○	○	○
	Gibt es - wo sinnvoll - elektrisch betriebene Jalousien, die tageslichtabhängig gesteuert werden?	○	○	○
Druckluft	Ist das Druckniveau der Drucklufterzeugung an die tatsächlichen (minimalen) Prozessanforderungen angepasst?	○	○	○
	Ist die Aufbereitung an den realen Bedarf angepasst?	○	○	○
	Werden effiziente Druckluft-Werkzeuge genutzt oder stattdessen elektrische Werkzeuge eingesetzt?	○	○	○
	Erfolgt eine regelmäßige Leckageprüfung und werden gefundene Leckagen zeitnah behoben?	○	○	○
	Werden - wo sinnvoll - einzelne Netzbereiche/Verbraucher automatisch abgeschiebert?	○	○	○
	Gibt es eine übergeordnete Steuerung, welche die Gesamteffizienz maximiert und die Einsatzreihenfolge der Kompressoren diesbezüglich optimiert?	○	○	○
	Wird die entstehende Abwärme der Druckluftkompressoren - wo technisch sinnvoll - bereits genutzt?	○	○	○
	Werden Mitarbeitende regelmäßig zum sparsamen Einsatz von Druckluft sensibilisiert?	○	○	○
Raumwärme	Wurde die Vorlauftemperatur bei Raumwärme (und ggf. Trinkwarmwasser) bereits abgesenkt?	○	○	○
	Werden alle Wärmeerzeuger zur Raumwärmebereitstellung mit einer außentemperaturabhängigen Heizkurve geregelt?	○	○	○
	Erfolgt zu betriebsfreien Zeiten - sofern möglich - eine Absenkung der Vorlauftemperatur?	○	○	○
	Werden die Wärmeerzeuger, wenn nicht benötigt, deaktiviert oder (kaskadisch) in Abhängigkeit des Bedarfs geregelt?	○	○	○

Wird der Brennwert bei brennwertfähigen Heizkesseln ausgenutzt?	○	○	○
Wird ein modulierender Erdgasbrenner eingesetzt?	○	○	○
Wird - wo sinnvoll - ein Speicher zur Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch eingesetzt, um die Erzeugung, Taktzeiten und die Abwärmenutzung zu optimieren?	○	○	○
Sind alle Leitungen, Wärmetauscher, Armaturen, Pumpen etc. gedämmt?	○	○	○
Ist das Gebäude auf einem guten Effizienzstandard (Gebäudedämmung)?	○	○	○
Werden effiziente Wärmeübertragungssysteme eingesetzt (z. B. Fußbodenheizung, Baukernaktivierung)?	○	○	○
Wurde ein hydraulischer Abgleich durchgeführt?	○	○	○
Sind Schnelllauftore/Torluftschleier/automatische Türschließer installiert und werden die Offenhaltezeiten minimiert, um die Wärmeverluste zu reduzieren?	○	○	○
Werden - wo technisch möglich - alternative, effizientere, nicht fossile Energieträger zur (Prozess-) Wärmebereitstellung eingesetzt? (ggf. Prozessanpassung notwendig)	○	○	○
Wurden Wärme- und Kältebedarf z. B. über eine Pinch-Analyse abgeglichen, um den Energiebedarf zu minimieren?	○	○	○
Wurden alle wesentlichen internen Abwärmepotenziale auf eine Nutzungsmöglichkeit überprüft und - wo sinnvoll - genutzt?	○	○	○
Prozesswärme			
Wurden die Prozesstemperaturen z. B. (Thermoöl, Thermische Nachverbrennung, Brennöfen etc.) und auch damit zusammenhängende Verweilzeiten hinsichtlich des realen Bedarfs geprüft?	○	○	○
Erfolgt eine Speisewasservorwärmung (über Abwärme) im Fall eines Dampfkessels?	○	○	○
Werden Kondensatableiter regelmäßig auf Funktion geprüft und defekte Ableiter zeitnah ausgetauscht?	○	○	○
Werden Stoff- und Medienströme (zum Beispiel Material, Verbrennungsluft) - wo technisch sinnvoll - vorgewärmt (über Abwärme) und die Prozesse somit optimiert?	○	○	○
Wurden Dampfverbraucher - wo möglich - auf eine Heißwasserversorgung umgestellt? (ggf. Prozessanpassung notwendig)	○	○	○
Kälte			
Wurde geprüft, ob eine zentrale oder dezentrale Kälteerzeugung energetisch sinnvoller ist?	○	○	○
Wird die Effizienz größerer Kompressions- und Ab-/Adsorptions-Kälteanlagen überwacht, um Effizienzabweichungen erkennen zu können?	○	○	

Erfolgt eine wiederkehrende Prüfung des tatsächlich benötigten VL-Temperaturniveaus und somit einer Erhöhung der Verdampfertemperatur (Kältemaschine)?	○	○	○
Erfolgt eine wiederkehrende Prüfung und Optimierung (Reduktion) der Verflüssigertemperatur (Kältemaschine)?	○	○	○
Wird in Bezug auf das Zieltemperaturniveau - sofern möglich - eine freie Kühlung genutzt?	○	○	○
Wird die benötigte Kälte z. B. mit drehzahlgeregelten Verdichtern bedarfsabhängig erzeugt?	○	○	○
Werden die Pumpen zur Kälteverteilung bedarfsabhängig betrieben? (FU und ggf. Nachlaufzeiten berücksichtigen)	○	○	○
Sind die Pumpen des primären Kühlkreislaufs mit denen des sekundären Kühlkreislaufs gekoppelt?			○
Wird der Kältebedarf durch eine Minimierung des externen Wärmeeintrags (z. B. durch automatisierte Jalousien) optimiert?	○	○	○
Wird die entstehende Abwärme der Kältemaschinen - wo technisch sinnvoll - bereits genutzt?			○
Wird - wenn sinnvoll - ein Speicher zur Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch eingesetzt, um die Erzeugung und Taktzeiten zu optimieren			○

(Raum-)Lufttechnische Anlagen

Ist für jede RLT - sofern möglich/sinnvoll - ein Zeitprogramm hinterlegt, sodass zu produktionsfreien Zeiten oder Zeiten geringerer Auslastung ein abgesenkter Betrieb oder eine Anlagendeaktivierung erfolgt? Werden sämtliche Anlagenteile abgesenkt / deaktiviert (z. B. Pumpen)?	○	○	○
Wird der Volumenstrom bzw. die Luftwechselrate automatisch z. B. in Abhängigkeit der Abluftbedingungen geregelt?	○	○	○
Hat jede Lüftungsanlage - wo möglich - eine Wärmerückgewinnung, die anhand der Außentemperatur und benötigten Sollwerte geregelt wird?	○	○	○
Werden Anlagen - wo möglich und sinnvoll - in einem (anteiligen) Umluftbetrieb gefahren bzw. kann die Anlage diesen automatisch regeln?	○	○	○
Sind die Solltemperaturen saisonal optimiert (im Sommer angehoben, im Winter reduziert)?	○	○	○
Falls eine Be-/Entfeuchtung notwendig und vorhanden ist: Wurden die hinterlegten Grenzwerte hinterfragt und optimiert? (z. B. Erweiterung des zulässigen Bereichs)	○	○	○
Werden die Filter regelmäßig gewechselt ("Widerstand")?	○	○	○
Wird auf eine optimierte Verteilung geachtet? Z. B. Sind die Lüftungsauslässe auf Bodenhöhe (Quellauslässe)?	○	○	○

Elektrische Antriebe	Laufen Pumpen/Antriebe nur mit der Leistung/dem Volumenstrom/der Förderhöhe, der/die real benötigt wird (zum Beispiel über Drehzahlregelung)?	○	○	○
	Sind weitestgehend effiziente Antriebe/Pumpen /Ventilatoren (z. B. bei Motoren mindestens IE3) installiert?	○	○	○
	Wird bei einem Antriebstausch generell auf ein möglichst effizientes Neugerät geachtet?	○	○	○
	Laufen Pumpen/Antriebe nur dann, wenn eine Anforderung vorhanden ist?	○	○	○
Transport	Sind die Fahrstrecken optimiert (intern und extern) und gibt es eine optimierte Fahrtenplanung, um z. B. Leerfahrten zu vermeiden?	○	○	○
	Erfolgen Entsorgungsfahrten (z. B. Produktionsabfälle) bedarfsabhängig on-demand?	○	○	○
	Sind auf dem Betriebsgelände bauliche Einschränkungen (z. B. Stufen), die Umwege verursachen, minimiert?	○	○	○
	Werden Fahrzeuge regelmäßig gewartet bzw. deren Verbrauch überwacht?	○	○	○
	Sind die Fahrzeuge - wo möglich - bereits elektrifiziert?	○	○	○
	Gibt es ein Lademanagement bei Elektrofahrzeugen? Erfolgt ein gesteuertes Laden von Flurförderzeugen?	○	○	○
	Werden Dienstreisen auf ihre Notwendigkeit hin geprüft?	○	○	○
Prozesse	Werden die Prozesse hinsichtlich optimaler Auslastung durch Schichtzeitenanpassung und Produktionsplanung optimiert?	○	○	○
	Sind die Stillstandszeiten von Maschinen und Anlagen optimiert?	○	○	○
	Sind die Prozessparameter (z. B. Temperatur, Feuchte) an den realen Bedarf angepasst?	○	○	○
Organisation	Ist der Vorstand/das (Top-)Management/die Bereichsleitung in das Thema Energieeffizienz integriert?	○	○	○
	Gibt es Personal mit Ressourcen, das sich um das Thema Energieeffizienz kümmert?	○	○	○
	Ist ein (vereinfachtes) Energiemanagementsystem (z. B. DIN EN ISO 50001, 50005) installiert?	○	○	○
	Werden die Energieverbräuche aller Hauptverbraucher messtechnisch erfasst?	○	○	○
	Werden Energiedatenmessungen regelmäßig geprüft und auf Ausreißer und Messfehler (z. B. Messwertausreißer, fehlende Daten) analysiert?	○	○	○
	Werden die Anzeigen zum Beispiel in der GLT auf Plausibilität geprüft? Werden die Anzeigen mit der "Realität" abgeglichen?	○	○	○

Erfolgt eine regelmäßige Sensibilisierung/Schulung von Mitarbeiter*innen zum Umgang mit Energie?	○	○	○
Gibt es Anreize für Mitarbeiter*innen zur Einsparung von Energie?	○	○	○
Wird Energieeffizienz bei der Planung und im Einkauf berücksichtigt?	○	○	○
Ist der Einkauf in Bezug auf die Lebenszykluskosten sensibilisiert? (z. B. indem die DIN 17463 (VALERI) für die Wirtschaftlichkeitsberechnung genutzt wird	○	○	○

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung
ASR	Technische Regeln für Arbeitsstätten
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
bar	Einheit des Drucks
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CO_2	Kohlenstoffdioxid
ct	Cent
°C	Grad Celsius
DIN	Deutsches Institut für Normung
DL	Druckluft
EBN	Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme
EC	Electronically Commutated
EED	Energy Efficiency Directive
EEE	Energieeffizienz-Experten
EEW	Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft
EEX	European Energy Exchange
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EnEfG	Energieeffizienzgesetz
ESG	Environmental, Social and Governance
ESRS	European Sustainability Reporting Standards
EU	Europäische Union
FU	Frequenzumrichter
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GLT	Gebäudeleittechnik
GWP	Global Warming Potential (Treibhausgaspotenzial; Angabe zur Klimaschädlichkeit von i. d. R. Gasen in der Atmosphäre)
h	Stunde

IE	International Efficiency
IEA	International Energy Agency
IEEKN	Initiative Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerke
IGK	Investitionsgesamtkosten
IMK	Investitionsmehrkosten
ISO	International Organization for Standardization
K	Kelvin
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kg	Kilogramm
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KU	Kleine Unternehmen: weniger als 50 Beschäftigte und höchstens 10 Mio. € Jahresumsatz oder Bilanzsumme.
KUEBLL	Klima-, Umwelt- und Energiebeihilfeleitlinien
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
l	Liter
LED	Light Emitting Diode
lm	Lumen
LSR	Leuchtstoffröhre
LVK	Lichtstärkeverteilungskurve
m	Meter
m^2	Quadratmeter
m^3	Kubikmeter
MIE	Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz
min	Minute
MSR	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
MU	Mittlere Unternehmen: weniger als 250 Beschäftigte und höchstens 50 Mio. € Jahresumsatz oder 43 Mio. € Bilanzsumme
MWh	Megawattstunde
ppm	parts per million
PV	Photovoltaik

QST	Querschnittstechnologien
RLT	Raumlufttechnik bzw. raumlufttechnische Anlagen
rpm	Umdrehungen pro Minute
s	Sekunde
SFP	Specific Fan Power
StMWi	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie
TCO	Total Cost of Ownership
TNV	Thermische Nachverbrennung
TWh	Terawattstunde
VALERI	Valuation of Energy Related Investments
V	Volt
VDI/VDE	Verein Deutscher Ingenieure / Verband der Elektrotechnik Elektronik Informations-technik
VFD	Variable Frequency Drive
VL	Vorlauf
W	Watt
WRG	Wärmerückgewinnung

Literaturverzeichnis

[1] **Europäisches Parlament / Rat der Europäischen Union (2023):** Richtlinie 2023/1791 des Europäischen Parlaments und des Rates. 13. September 2023.

[2] **Bundestag (2023):** Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland (Energieeffizienzgesetz – EnEfG) § 4.

[3] **Umweltbundesamt (2026):** Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltzustand-trends/energie/endenergieverbrauch-nach-energietraegern-sektoren#anteil-erneuerbarer-energien-am-gesamten-bruttoendenergieverbrauch. Zugriff am: 8.8.2026.

[4] **AG Energiebilanzen e.V. (2025):** Energieflussbild 2025. Online verfügbar unter: https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/energieflussbilder/. Zugriff am: 12.05.2026..

[5] **Meyer, J. / Zaubitzer, L. / Alsmeyer, F. / Seeliger, A. / Schmitt, L. (2025):** Kurzstudie. Volkswirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Bewertung der Energieeffizienz in der Industrie. Marktnahe und wirtschaftliche Energieeinsparpotentiale in der Industrie. Hochschule Niederrhein.

[6] **Eberhard, J. / Eberle, A. / Gruber, A. / von Roon, S. (2025):** Energy Efficiency and Climate Protection Networks – A Group-Based Energy Management Approach. In: Madlener, R. / Bertsch, V. (Hrsg.): Research Handbook on Energy Management. Edward Elgar Publishing.

[7] **International Energy Agency IEA (2025):** Gaining an edge. The role of energy efficiency in enhancing competitiveness.

[8] **Cooremans, C. / Bonardi, J. / Killip, G. / Lung, R. (2023):** Integrating the non-energy benefits of energy efficiency into business decision-making: results of 23 pilot assessments in European companies. American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE).

[9] **International Energy Agency IEA (2026):** Businesses see competitive value of energy efficiency, but smaller firms struggle to access solutions. Online verfügbar unter: https://www.iea.org/commentaries/businesses-see-competitive-value-of-energy-efficiency-but-smaller-firms-struggle-to-access-solutions. Zugriff am: 12.05.2026.

[10] **International Energy Agency IEA (2025):** Multiple Benefits of Energy Efficiency.

[11] **Münter, D. / Pehnt, M. / Brischke, L. / Mellwig, P. / Helms, H. / Werle, M. (2017):** Klimaschutz und Energieeffizienz. co2online gemeinnützige GmbH.

[12] **Huneke, F. / Wenzel, M. / Godron, P. / Kraus, A. / Hartz, K. / Herrndorff, M. / Zackariat, M. / Koch, J. / Eitze, J. / Wietschel, J. / Tausendteufel, F. (2025):** Effiziente Energiewende. Vier Hebel für Resilienz und Klimaschutz. Agora Energiewende.

[13] **Kracht, H. / Weiß, A. / Hecker, M. / Regener, W. / Ruprecht, D. / Schmidt, S. / Pellinger, C. (2026):** Netzanschlüsse als Schlüsselfaktor für Wettbewerbsfähigkeit und Klimaschutz. Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft vbw.

[14] **DIN (2021):** DIN EN 17463:2021. Wirtschaftliche Bewertung energiebezogener Investitionen (VALERI).

[15] **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWE (2026):** Gesetz zur Beschleunigung der Umsetzung der Energieeffizienzrichtlinie. Online verfügbar unter: https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/2026/20260624-beschleunigung-energieeffizienzrichtlinie.pdf?__blob=publicationFile&v=6. Zugriff am: 12.07.2026.

[16] **Delhaes, D. / Olk, J. / Stratman, K. (2026):** Bundesregierung einigt sich beim Industriestrompreis. Handelsblatt. Online verfügbar unter: https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/energie-bundesregierung-einigt-sich-beim-industriestrompreis/100217447.html. Zugriff am: 12.05.2026.

[17] **Europäische Kommission (2026):** Mitteilung der Kommission zur Änderung der Leitlinien für bestimmte Beihilfemaßnahmen im Zusammenhang mit dem System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten nach 2021.

[18] **Madsen, M. / Saars, L. (2023):** Umsetzungshemmnisse von empfohlenen Energieeffizienzmaßnahmen. Energieberatung Madsen und Saars. Online verfügbar unter: https://www.enmasa.de/umsetzungshemmnisse. Zugriff am: 12.05.2026.

[19] **Institut der deutschen Wirtschaft Köln EWI (2011):** Umweltservice 03/11.

[20] **Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023):** Digitalisierung und Energieeffizienz. Status Quo in deutschen Unternehmen.

[21] **Rohde, C. / Plötz, P. / Nabitz, L. / Friedrichsen, N. / Bedoya, I. / Winter, R. / Mayer, C. (2018):** Branchen- und unternehmensgrößenbezogene Ermittlung von Klimaschutzpotenzialen (Schwerpunkt KMU) durch verstärkte Umsetzung von Energiemanagementmaßnahmen in der Wirtschaft. Umweltbundesamt.

[22] **vbw (2025):** Internationaler Energiepreisvergleich für die Industrie.

[23] **Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA (2026):** Merkblatt Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW) – Zuschuss. Eschborn: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE).

[24] **Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA (2025):** Modul 1 – Querschnittstechnologien. Anlage zum Merkblatt Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW) – Zuschuss. Eschborn: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE).

[25] **Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA (2025):** Modul 2 – Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien. Anlage zum Merkblatt Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW) – Zuschuss. Eschborn: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE).

[26] **Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA (2025):** Modul 3 – MSR, Sensorik und Energiemanagement-Software. Anlage zum Merkblatt Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW) – Zuschuss. Eschborn: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE).

[27] **Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA (2025):** Modul 4 – Energie- und ressourcenbezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen. Anlage zum Merkblatt Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW) – Zuschuss. Eschborn: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE).

[28] **vbw / co2ncept plus (2026):** Förderungen für den Klimaschutz – von Europa bis Bayern. Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V., München.

[29] **Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle / KfW (2025):** Bundesförderung für effiziente Gebäude – Infoblatt zu den förderfähigen Maßnahmen und Leistungen – Sanieren. Eschborn.

[30] **Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA (2026):** Allgemeines Merkblatt zur Antragstellung. Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM) – Zuschuss. Eschborn.

[31] **Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA (2024):** Allgemeine Hinweise zum Antrags- und Verwendungsnachweisverfahren. Bundesförderung Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (EBN). Eschborn.

[32] **Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (2026**): Bundesförderung Industrie und Klimaschutz: Modul 1. Online verfügbar unter: https://www.klimaschutz-industrie.de/foerderung/bundesfoerderung-industrie-und-klimaschutz-modul-1/. Zugriff am: 07.2026.

[33] **Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (2025):** Sonderprogramm „Energieeffizienz in Unternehmen“ im Rahmen der bayerischen Regionalförderung. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie.

[34] **Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA (2023):** ASR A3.4 Beleuchtung und Sichtverbindung. Mai 2023.

[35] **Atlas Copco Kompressoren und Drucklufttechnik GmbH (2022):** Handbuch der Drucklufttechnik. Essen

[36] **KAESER Kompressoren SE (2023):** Drucklufttechnik. Grundlagen und Tipps. Coburg: KAESER Kompressoren SE.

[37] **Initiative Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerke (2023):** Factsheet Effiziente Kompressoren und optimierte Luftansaugung bei der Erzeugung von Druckluft. Berlin.

[38] **Buttermann, H. G. / Schlesinger, F. S. (2025):** Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.

[39] **Fraunhofer ISI (2025):** Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2021 bis 2023 für die Sektoren Industrie und GHD. Karlsruhe.

[40] **SEW Eurodrive (2020):** Projektierungshandbuch: Praxis der Antriebstechnik.

[41] **Grundfos (2016):** Grundfos Pumpenhandbuch.

[42] **Unternehmensnetzwerk Klimaschutz (2024):** Maßnahme – Klimaanlagen: Austausch Antriebsriemen. Online verfügbar unter: https://www.klima-plattform.de/klimaguide/guideinhalte/artikel/klimaanlagen-austausch-antriebsriemen. Zugriff am 23.06.2026

[43] **Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH (2014):** Optimierung von Riemenantrieben: Leitfaden für die Auswahl energieeffizienter Riemen. Haberkorn GmbH

[44] **Fraunhofer IPA (2024):** Druckluft: Mit Künstlicher Intelligenz gegen Verschwendung. Online verfügbar unter: https://www.ipa.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/mit-kuenstlicher-intelligenz-gegen-verschwendung.html. Zugriff am 23.06.2026

[45] **Preiß, M. (2021):** Treiber und Hemmnisse betrieblicher Effizienzmaßnahmen. Vernetzung als Erfolgsfaktor. Springer, Bd. 29, S. 93–106.

[46] **PWC (2025):** Prozesswärme in der Industrie. Investitionsentscheidungen verstehen.

[47] **Toro, F. A. / Gollmer, C. / Reitze, F. S. M. / Chassein, E. (2020)**: Hemmnisse und Best-Practice für Energieeffizienz- sowie erneuerbare Wärme- und Kältetechnologien. Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien IREES.

[48] **Bremer, L. / den Nijs, S. J. / de Groot, H. L. F. (2023):** The energy efficiency gap and barriers to investments. Tinbergen Institute, Amsterdam and Rotterdam.

[49] **Lösch, O. / Irdrissova, F. / Jochem, E. / Mai, M. / Schön, M. / Reitze, F. / Toro, F. (2015):** Klimaschutz durch Energieeffizienz: Konzept zur Erhöhung der Energieeffizienz, insbesondere durch die Weiterentwicklung der Energiebesteuerung sowie flankierender Maßnahmen („Klimaschutz durch Energieeffizienz“). Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien IREES.

[50] **Blesl, M. / Kessler, A. (2017):** Energieeffizienz in der Industrie. Springer-Verlag Berlin.

[51] **Blesl, M. / Kessler, A. (2021):** Energieeffizienz in der Industrie. Empirische Analysen, Auswertungen und Handlungsempfehlungen. Carl Hanser Verlag München.

[52] **Schweizer Bundesrat (2021):** Energieverschwendung beim Betrieb ohne Nutzen. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 21.4561.

[53] **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWE (2024):** Hemmnisse für Energieeffizienz. enArgus. Zugriff am: 10.05.2026.

[54] **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWE (2026):** Richtlinie über die Gewährung von Leistungen zur finanziellen Kompensation an strom- und handelsintensive Unternehmen zur Strompreisentlastung (Industriestrompreis) für die Abrechnungsjahre 2026 bis 2028.

[55] **Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA (2026)**: Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme. Online verfügbar unter: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Nichtwohngebaeude_Anlagen_Systeme/nichtwohngebaeude_anlagen_systeme_node.html. Zugriff am 10.07.2026.

[56] **Europäische Kommission (2023):** Delegierte Verordnung (EU) 2023/2772 der Kommission vom 31. Juli 2023.

[57] **Eberhard, J. / Eberle, A. G. A. / von Roon, S. (2025):** Energy Efficiency and Climate Protection Networks – A Group-Based Energy Management System. In: Madlener, R. / Bertsch, V. (Hrsg.): Research Handbook on Energy Management. Edward Elgar Publishing.

[58] **Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz (2025):** Einsparpotentiale im Handwerk (Querschnittstechnologien). Zentralverband des Deutschen Handwerks e.V. (ZDH)

[59] **Initiative Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerke (o. J.):** Liste zu Kurzfristmaßnahmen für Energieeinsparung und Energiesubstitution in Unternehmen. Online verfügbar unter: https://www.effizienznetzwerke.org/uebersicht-kurzfristmassnahmen/. Zugriff am 23.06.2026

[60] **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi (2021):** Energie- und Ressourceneffizienz in Unternehmen. Berlin

[61] **Deutsche Energie-Agentur dena (2015):** Energieeffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen. Berlin

Linkverzeichnis

Kapitel 3: Energieeffizienzmaßnahmen – von der Theorie in die Praxis

3.1 Hemmnisse und Lösungsansätze

Excel-Tool der FfE zur Berechnung nach der VALERI-Norm
https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/info-excel-tool-was-ist-die-valeri-normdin-en-17463/

DENA: Aufbau eines softwaregestützten Energiedatenmanagements
https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2024/KEDi_Energiedatenmanagement_Auflage_2.pdf

BAFA: Liste förderfähiger Energiemanagement-Software
https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul3_Energiemanagementsysteme/ems_liste_foerderfaehige_software.html

BAFA: Antragstellung BEG
http://www.bafa.de/beg

Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz: Praxisleitfaden zur Ein-bindung und Motivation von Mitarbeitenden für Energieeffizienz und Klimaschutz
https://www.klima-plattform.de/klimaguide/guideinhalte/artikel/mitarbeitermotivation

Online-Datenbank zur Unterstützung bei der Auswahl geeigneter Softwarelösungen
https://software.emas.de/

3.2 Fördermöglichkeiten

Förderdatenbank des Bundes
https://www.foerderdatenbank.de/FDB/DE/Home/home.html

vbw-Leitfaden: Förderungen für den Klimaschutz – von Europa bis Bayern
https://www.vbw-bayern.de/vbw/Themen-und-Services/Energie-Klima/Klima/Foerderungen-fuer-den-Klimaschutz-ProzentE2Prozent80Prozent93-von-Europa-bis-Bayern.jsp

BAFA: Übersicht zur Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz
https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Uebersicht/uebersicht_node.html

BAFA: Merkblatt Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW) – Zuschuss
https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/eew_merkblatt_2025.pdf?__blob=publicationFile&v=4

BAFA: Modul 1 – Querschnittstechnologien: Anlage zum Merkblatt
https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/eew_modul1_qst_merkblatt_2024.pdf?__blob=publicationFile&v=8

BAFA: Modul 1: Querschnittstechnologien
https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul1_Querschnittstechnologien/modul1_querschnittstechnologien_node.html

BAFA: Modul 4: Energie- und ressourcenbezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen – Basisförderung
https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul4_Energiebezogene_Optimierung_Basisfoerderung/modul4_energiebezogene_optimierung_basisfoerderung_node.html

BAFA: Infoblatt zu den förderfähigen Maßnahmen und Leistungen - Sanieren
https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg_infoblatt_foerderfaehige_kosten.pdf?__blob=publicationFile&v=12

dena: Energieeffizienz-Expertenliste
https://www.energie-effizienz-experten.de/

StMWi: Sonderprogramm „Energieeffizienz in Unternehmen“
https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwi/Foerderungen/Regionalfoerderung/BRF-Sonderprogramm_Energieeffizienz_Unternehmen/2025-03-19_Beiblatt_Energieeffizienz_Ver%C3%B6ffentlichung.pdf

Kapitel 4: Maßnahmensteckbriefe – erster Schritt zur Umsetzung

4.3 Wichtige Energieeffizienzmaßnahmen im Überblick

BAuA: Technische Regeln für Arbeitsstätten
https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/ASR/ASR

Atlas Copco: Handbuch der Drucklufttechnik
https://www.atlascopco.com/de-ch/compressors/dokumenten-und-handbucher/handbuch-der-drucklufttechnik-bestellen

KAESER: Ratgeber Drucklufttechnik
https://www.kaeser.com/de-de/services/know-how/compressed-air-engineering-advisor

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 01	Relevanz und Chancen durch Energieeffizienzmaßnahmen
Abbildung 02	Aufteilung der Maßnahmen auf die untersuchten Bereiche
Abbildung 03	Relative jährliche Einsparung am Gesamtenergieverbrauch pro Energieeffizienzmaßnahme
Abbildung 04	Übersicht wichtigster Hemmnisse und Lösungsansätze zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen
Abbildung 05	Abschnitte der Energie- und Medienversorgung in Industrie und Gewerbe
Abbildung 06	Clusterung von Energieeffizienzmaßnahmen anhand von Umsetzungs-zeitraum und Art der Maßnahme
Abbildung 07	Bestandteile einer RLT-Anlage
Abbildung 08	Vorgehenszyklus für Energieeffizienz und Energieeinsparung
Abbildung 09	Chancen, Hemmnisse und systematisches Vorgehen zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen

Tabellenverzeichnis

Tabelle 01	Eckdaten für Bundesförderung effiziente Gebäude
Tabelle 02	Eckdaten der Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme
Tabelle 03	Checkliste zum Selbstcheck
Tabelle 04	Bewertungskriterien und Gewichtungsfaktoren im Scoring-Modell

Anhang

Kapitelübersicht Anhang

A.1	Scoring-Modell zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen	102
A.2	Beleuchtung: Weiterführende Informationen	103
A.3	Druckluft: Weiterführende Informationen	103
A.4	Wärme: Weiteres Berechnungsbeispiel	107
A.5	Raumlufttechnik: Weiterführende Informationen	107

A.1 Scoring-Modell zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen

Um von der zusammengestellten und kategorisierten Liste die wichtigsten Maßnahmen abzuleiten, wurde ein Scoring-Modell durch die FfE entwickelt. Wichtig dabei waren eine **einfache Nutzbarkeit** sowie **praxisnahe Bewertungskriterien**. Die einfache Nutzbarkeit wurde durch eine qualitative Bewertung auf einer Skala von eins („schlecht“) bis vier („sehr gut“) implementiert. Die Bewertungskriterien wurden gemeinsam mit Stakeholdern festgelegt. Da in der unternehmerischen Praxis jedoch nicht alle Kriterien gleich bedeutsam sind, wurden diese mit einem zusätzlichen Faktor (siehe Tabelle 4) gewichtet. Personeller Aufwand adressiert dabei den Aufwand für das unternehmenseigene Personal oder die Notwendigkeit externer Dienstleister. Mit dem Kriterium Integrierbarkeit wird berücksichtigt, ob lediglich Verhaltensänderungen bei den Mitarbeiter*innen, Ablauf- oder Prozessänderungen oder sogar Umbaumaßnahmen erforderlich sind.

Tabelle 4

Bewertungskriterien und Gewichtungsfaktoren im Scoring-Modell

Bewertungskriterium	**Gewichtungsfaktor in Prozent**
Finanzieller Aufwand (Investitionen)	30
Personeller Aufwand	5
Integrierbarkeit	10
Energieeinsparung	20
Amortisationszeit	25
Kapitalwert	5

Der finale Gesamtscore einer Energieeffizienzmaßnahme i ergibt sich entsprechend der Formel:

$$Gesamtscore_i = \sum_i Skalenbewertung\ Kriterium_i \times Gewichtungsfaktor_i$$

A.2 Beleuchtung: Weiterführende Informationen

Es gibt mehrere relevante Grundgrößen in der Lichttechnik. Dazu gehört unter anderem der **Lichtstrom**, welcher in Lumen (lm) angegeben wird. Dieser definiert die von der Lichtquelle abgegebene Lichtmenge. Die **Lichtausbeute** ist das Verhältnis des Lichtstroms zur elektrisch aufgenommenen Leistung (lm/W) und stellt somit ein Maß für die Effizienz dar. Die **Lichtstärke** beschreibt die Intensität des Lichts in eine bestimmte Richtung. Sie wird vor allem von Licht lenkenden Elementen wie z. B. Reflektoren bestimmt. Die Darstellung der Lichtstärke erfolgt häufig über die Lichtstärkeverteilungskurve (LVK).
Die **Beleuchtungsstärke** beschreibt den auf eine bestimmte Fläche auftreffenden Lichtstrom (lm/m²). Für die erforderliche Beleuchtungsstärke gibt es einschlägige Normen und eine Arbeitsstättenrichtlinie mit Vorgaben, die je nach Arbeitsbereich einzuhalten sind.
Die **Leuchtdichte** ist die einzige direkt vom Auge wahrnehmbare Größe und bestimmt den subjektiven Helligkeitseindruck einer Fläche und ist stark vom Reflexionsgrad (Farbe und Oberfläche) abhängig.

A.3 Druckluft: Weiterführende Informationen

In der Industrie werden etwa 7 Prozent des gesamten Stromverbrauchs für die Erzeugung von Druckluft aufgewendet [44]. Gleichzeitig zählt Druckluft zu den teuersten Energieformen, da entlang der gesamten Prozesskette erhebliche Verluste auftreten. Dazu zählen z. B. Motor-, Kompressions- und Leerlauf- oder Leckageverluste. In der Praxis stehen typischerweise nur etwa 5 bis 10 Prozent der Endenergie als mechanische Expansionsarbeit zur Verfügung. Vor diesem Hintergrund sind eine effiziente Auslegung und Betriebsweise von der Erzeugung über Aufbereitung und Verteilung bis zum Verbrauch bzw. der Anwendung sowohl aus energetischer als auch ökonomischer Sicht von hoher Bedeutung.

Für die Drucklufterzeugung wird Luft verdichtet, wobei als Energieträger überwiegend Strom zum Einsatz kommt. Dies erfolgt entweder in Turbo- oder Verdrängerkompressoren. In der industriellen Anwendung werden am häufigsten Schrauben- oder Kolbenverdichter eingesetzt, welche zu den Verdrängerkompressoren zählen. Dabei können diese entweder unter dem Einsatz von Öl oder ölfrei betrieben werden. Das Öl übernimmt dabei Funktionen wie Schmierung, Abdichtung und Kühlung. Die komprimierte Luft wird anschließend aufbereitet, um Qualitätsprobleme zu vermeiden. Dies erfolgt typischerweise über einen oder mehrere Filter zur Reinigung und über einen Drucklufttrockner zur Entfeuchtung.

Zur Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch kann ein Druckluftspeicher als Puffer eingesetzt werden. Die Verteilung erfolgt anschließend über ein Leitungsnetz von der Erzeugung

zu den Verbrauchern. Dabei sollten die Druckverluste möglichst gering gehalten werden. In gut ausgelegten Netzen wird über die gesamte Leitung ein Druckverlust von etwa 0,1 bar angestrebt [35]. Für einen reibungslosen Betrieb benötigen Druckluftverbraucher in der Regel ein definiertes Mindestdruckniveau. Häufig wird über dezentrale Druckminderer das benötigte Druckniveau individuell für die einzelnen Verbraucher eingestellt.

Für den Betrieb von Kompressoren bzw. Kompressorstationen gibt es verschiedene Regelungsmöglichkeiten. Grundsätzlich werden so verschiedene Anforderungen der Verbraucher über die vorhandenen Kompressoren abgedeckt. Je nach Steuerung können die Kompressoren zusätzlich in Abhängigkeit ihrer Effizienz bei unterschiedlichen Betriebspunkten eingesetzt werden.

Bei Druckluftkompressoren wird weiter zwischen starren und drehzahlgeregelten Kompressoren unterschieden. Starre Kompressoren werden mit konstanter Drehzahl betrieben und wechseln zwischen Last- und Leerlaufbetrieb. Sie können einen schwankenden Druckluftbedarf nicht stufenlos bereitstellen, sondern Takten in diesem Fall (mehrmaliges Ein- und Ausschalten) und verursachen so Leerlaufverluste. Drehzahlgeregelte (frequenzgeregelt) Kompressoren passen ihre Drehzahl innerhalb eines bestimmten Volumenstroms dem aktuellen Bedarf an und stellen so die tatsächlich benötigte Druckluftmenge bereit. Dadurch lassen sich Leerlaufzeiten und die damit verbundenen Verluste weitgehend vermeiden. Um die Effizienz von Druckluftkompressoren zu bewerten, wird typischerweise die spezifische Leistungsaufnahme bzw. die Druckluftkennzahl [kW/(m³/min)] und der spezifische Energieverbrauch [kWh/m³] herangezogen. Diese kann über das technische Datenblatt des jeweiligen Kompressormodells anhand des Volumenstroms und der Motornennleistung ermittelt werden.

Weiterführende Informationen und Hintergründe zum Thema Druckluft sind beispielsweise im Handbuch der Drucklufttechnik von Atlas Copco [35] oder im Ratgeber Drucklufttechnik von Kaeser [36] zu finden.

Exkurs Druckluft: Berechnung des Stromverbrauchs

Um Einsparpotenziale im Bereich Druckluft berechnen zu können, dient in der Regel der aktuelle Stromverbrauch der Kompressoren oder der gesamten Kompressorstation als Grundlage. Liegen keine direkten Messwerte vor, kann der Verbrauch anhand von Last- und Leerlaufzeiten sowie der Nennleistung abgeschätzt werden. Die hierfür erforderlichen Daten finden sich häufig in Wartungsprotokollen oder können, abhängig vom Kompressortyp, direkt an der Anlage ausgelesen werden. Es werden die Betriebszeiten zu zwei verschiedenen Zeitpunkten benötigt. Auf dieser Basis kann der Verbrauch für ein Jahr skaliert werden.

Starrer Kompressor

Datengrundlage:
- Betriebsstunden aufgeteilt in Lastlaufstunden und Leerlaufstunden für ein volles Jahr (Skalierung basierend auf zwei Zeitpunkten möglich)

– Elektrische Leistungsaufnahme im Lastlauf (Nennleistung)
– Elektrische Leistungsaufnahme in Leerlauf (je nach Alter des Kompressors bei ca. 20-40 Prozent der Nennleistung) – im Beispiel 30 Prozent

Berechnung[36]:

$$Stromverbrauch\ [kWh] = Lastlaufstunden\ \left[\frac{h}{a}\right] \times Nennleistung\ [kW]$$
$$+ Leerlaufstunden\ \left[\frac{h}{a}\right] \times 30\ Prozent\ \times Nennleistung\ [kW]$$

Drehzahlgeregelter Kompressor

– Lastlaufstunden und Leerlaufstunden für ein volles Jahr
– Elektrische Leistungsaufnahme im Lastlauf (Nennleistung)
– Elektrische Leistungsaufnahme in Leerlauf (je nach Alter des Kompressors bei ca. 20-40 Prozent der Zeit der Nennleistung) – im Beispiel 20 Prozent, aber oft aufgrund sehr geringer Stundenzahl auch vernachlässigbar
– Auslastung je Lastbereich in Prozent
– Lastlaufstunden je Stufe: kann mithilfe des Zeitanteils je Stufe berechnet werden – dieser kann i.d.R. der Anzeige am Kompressor entnommen werden oder über den Hersteller ausgelesen werden.

Leistungsaufnahme Kompressor	**Leistung**	**Zeitanteil in der jeweiligen Stufe**	**Lastlaufstunden je Stufe**
Leistungsaufnahme Stufe 1 (0–20 Prozent → Ø 10 Prozent)	= 0,1 x Nennleistung [kW]	„A“ Prozent	= „A“ Prozent × Lastlaufstunden
Leistungsaufnahme Stufe 2 (20–40 Prozent → Ø 30 Prozent)	= 0,3 × Nennleistung [kW]	„B“ Prozent	= „B“ Prozent × Lastlaufstunden
Leistungsaufnahme Stufe 3 (40–60 Prozent → Ø 50 Prozent)	= 0,5 × Nennleistung [kW]	„C“ Prozent	= „C“ Prozent × Lastlaufstunden
Leistungsaufnahme Stufe 4 (60–80 Prozent → Ø 70 Prozent)	= 0,7 × Nennleistung [kW]	„X“ Prozent	= „X“ Prozent × Lastlaufstunden

[36] kWh = Kilowattstunden, h = Stunde; a = Jahr; kW = Kilowatt

Leistungsaufnahme Stufe 5 (80–100 Prozent → Ø 90 Prozent)	= 0,9 × Nennleistung [kW]	„Z“ Prozent	= „Z“ Prozent × Lastlaufstunden

Berechnung[37]:

$$Stromverbrauch\ [kWh] = Lastlaufstunden\ Stufe\ 1\ \left[\frac{h}{a}\right] \times Leistungsaufnahme\ Stufe\ 1\ [kW]\ + Lastlaufstunden\ Stufe\ 2\ \left[\frac{h}{a}\right] \times Leistungsaufnahme\ Stufe\ 2\ [kW]\ +\ \ldots\ +\ Leerlaufstunden\ \left[\frac{h}{a}\right] \times 20\ Prozent\ \times Nennleistung\ [kW]$$

Formeln für die Einsparberechnung bei Kompressortausch:

$$spezifische\ Leistungsaufnahme\ \left[\frac{kW}{\frac{m^3}{min}}\right] = \frac{Motornennleistung\ [kW]}{Volumenstrom\ \left[\frac{m^3}{min}\right]}$$

$$Einsparung\ durch\ effizienzteren\ Kompressor\ [Prozent] = 1 - \frac{spez.Leisungsaufnahme_{NEU}\ \left[\frac{kW}{\frac{m^3}{min}}\right]}{spez.Leisungsaufnahme_{IST}\ \left[\frac{kW}{\frac{m^3}{min}}\right]}$$

$$Durchschnittliche\ Auslastung\ des\ neuen\ Kompressors\ [Prozent] = \frac{Laststunden\ \left[\frac{h}{a}\right]}{Betriebsstunden\ \left[\frac{h}{a}\right]}$$

$$Einsparung\ durch\ FU = (1 - durchschnittl.Auslastung\ Kompressor_{NEU}\ [Prozent] \times Stromverbrauch_{Ist}\ \left[\frac{MWh}{a}\right]$$

$$Stromeinsparung\ \left[\frac{MWh}{a}\right] = Einsparung\ [Prozent] \times Stromverbrauch_{IST}\ \left[\frac{MWh}{a}\right]$$

[37] kW = Kilowatt; kWh = Kilowattstunden; MWh = Megawattstunden; m³ = Kubikmeter; min = Minute; h = Stunde; a = Jahr

A.4 Wärme: Weiteres Berechnungsbeispiel

Beispiel 2 zu Heizkurve:

- Ganzjährige Absenkung der Raumtemperatur von 21 °C auf 20 °C
- Wärmeverbrauch 560 MWh/a
- Erdgaspreis: 50 Euro/MWh
- Wirkungsgrad Erdgaskessel zur Wärmeerzeugung: 90 Prozent
- Kosten internes Personal: 2.000 Euro

Einsparung Wärme:

$$5\ Prozent\ \times\ 560\frac{MWh}{a} = 28\frac{MWh}{a}$$

Kosteneinsparung Wärme:	Statische Amortisationszeit:
ca. 1.400 Euro/a	1,3 Jahre

A.5 Raumlufttechnik: Weiterführende Informationen

Berechnung[38]:

Bei einer Reduktion der Betriebsstunden:

$$Stromeinsparung\ \left[\frac{kWh}{a}\right] =\ elektrische\ Leistungsaufnahme\ [kW]$$
$$\times \left(Betriebsstunden_{ist}\ \left[\frac{h}{a}\right] -\ Betriebsstunden_{neu}\ \left[\frac{h}{a}\right]\right)$$

Bei einer Reduktion des Volumenstroms:

Eine Veränderung des Volumenstroms bei einem **drehzahlgeregelten** Antrieb zieht in der Theorie eine Veränderung der Leistungsaufnahme in der dritten Potenz nach sich.

$$elektrische\ Leistungsaufnahme_{neu}\ [kW] =\ elektrische\ Leistungsaufnahme_{ist}\ [kW]$$
$$\times \left(\frac{Volumenstrom_{neu}\ \left[\frac{m^3}{h}\right]}{Volumenstrom_{ist}\ \left[\frac{m^3}{h}\right]}\right)^3$$

In der Theorie würde eine Halbierung des Volumenstroms die Leistungsaufnahme auf ein Achtel des Ausgangswerts reduzieren. In der Praxis kann die Leistungsaufnahme jedoch meist nur auf etwa ein Fünftel des Ausgangswerts gesenkt werden.

$$Stromeinsparung\ \left[\frac{kWh}{a}\right] =\ elektrische\ Leistungsaufnahme_{ist}\ [kW]$$

[38] kW = Kilowatt; kWh = Kilowattstunden; MWh = Megawattstunden; kJ = Kilojoule; K = Kelvin; °C = Grad Celsius; m³ = Kubikmeter; kg = Kilogramm; s = Sekunde; min = Minute; h = Stunde; a = Jahr

$$- \, elektrische \; Leistungsaufnahme_{neu} \; [kW] \times Betriebsstunden \; \left[\frac{h}{a}\right]$$

Soll die Einsparung detaillierter berechnet werden, kann diese Berechnung je Stufe bzw. für verschiedene Betriebszustände berechnet und addiert werden.
Wichtig: Es müssen immer der Strombedarf von Zuluft- und Abluftventilatoren berechnet werden.

Die **Einsparungen im Bereich Wärme** sind in der Regel höher als die Stromeinsparungen.

$$Einsparung \; Wärme \; \left[\frac{kWh}{a}\right]$$
$$= Volumenstrom \left[\frac{m^3}{h}\right] \times Dichte_{Luft} \left[1{,}2 \; \frac{kg}{m^3}\right]$$
$$\times \, spezifische \; Wärmekapazität_{Luft} \left[1{,}005 \; \frac{kJ}{kg \times K}\right] \times \frac{1}{3600} \frac{h}{s} \times \frac{1}{1000} \frac{MWh}{kWh}$$ [39]
$$\times \, (Raumtemperatur \; [°C] \; - \; durchschnittliche \; Außentemperatur \; [°C])$$
$$\times \left(Betriebsstunden_{ist} \; \left[\frac{h}{a}\right] - \; Betriebsstunden_{neu} \; \left[\frac{h}{a}\right]\right)$$

Soll die Einsparung detaillierter berechnet werden, kann diese Berechnung für verschiedene Betriebszustände (Volumenströme) und verschiedene Außentemperaturen und anhand der jeweiligen Betriebsstunden berechnet und addiert werden. Wichtig ist bei der Berechnung, dass eine interne Wärmerückgewinnung nicht berücksichtigt wird. Soll diese berücksichtigt werden, muss die Temperatur angesetzt werden, die in der Luft vor dem Heizregister vorliegt.

[39] Umrechnung von kJ in MWh

Ansprechpartner/Impressum

Olga Bergmiller
Abteilung Klimaschutz

Telefon 089-551 78-267
olga.bergmiller@vbw-bayern.de

Impressum

Alle Angaben dieser Publikation beziehen sich ohne jede Diskriminierungsabsicht grundsätzlich auf alle Geschlechter.

Herausgeber

vbw
Vereinigung der Bayerischen
Wirtschaft e. V.

Max-Joseph-Straße 5
80333 München

www.vbw-bayern.de

© vbw September 2026

Weiterer Beteiligter

Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH

Katharina Gruber
Andreas Fill
Leon Spanagel
Frank Veitengruber
Dr.-Ing. Anna Gruber