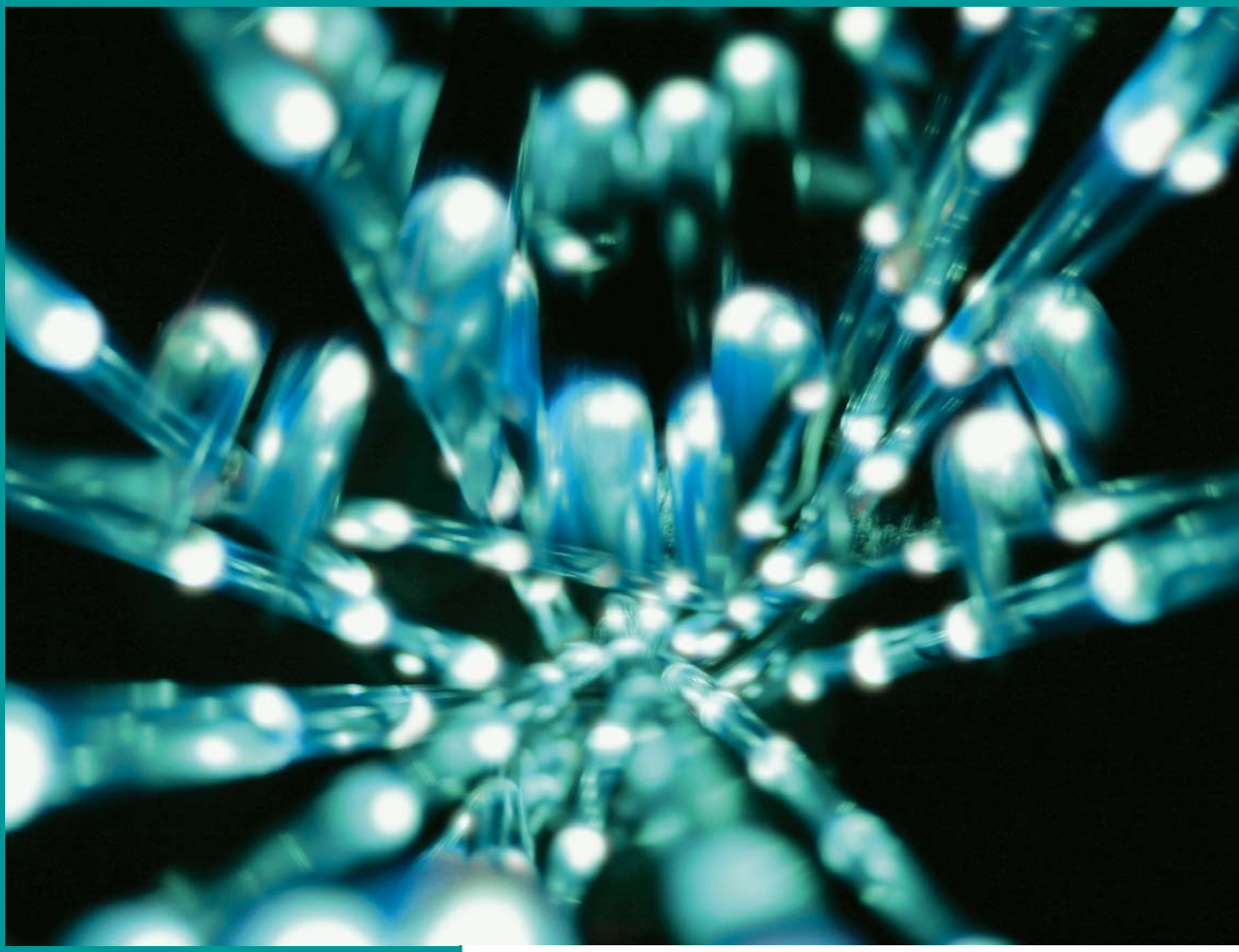
Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

www.hessen-umwelttech.de

HESSEN

Praxisleitfaden Energieeffizienz in der Produktion



An Hessen führt kein Weg vorbei.

Hessen Umwelttech

Praxisleitfaden Energieeffizienz in der Produktion

Band 8 der Schriftenreihe
der Aktionslinie Hessen-Umwelttech

IMPRESSUM

Praxisleitfaden – Energieeffizienz in der Produktion

Eine Veröffentlichung im Rahmen der Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Umwelttech des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

Herausgeber:
HA Hessen Agentur GmbH
Dr. Carsten Ott
Abraham-Lincoln-Str. 38-42
65189 Wiesbaden
Tel.: 0611-774-8350
Fax: 0611-774-8620
www.hessen-umwelttech.de

Erstellt von:
Prof. Dr.-Ing. Jens Hesselbach, Fachgebiet Umweltgerechte Produkte und Prozesse, Universität Kassel
Dr.-Ing. Mark Junge, Limón GmbH
Dipl.-Ing. Bastian Lang, Fachgebiet Umweltgerechte Produkte und Prozesse, Universität Kassel
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Sabine Mirciov, Limón GmbH
Dr.-Ing. Clemens Mostert, deENet e.V.
Dipl.-Ing. M.Sc. Alexander Schlüter, Fachgebiet Umweltgerechte Produkte und Prozesse, Universität Kassel
Dipl.-Ing. Hans-Georg Weishaar, deENet e.V.

Redaktion:
Maria Rieping
(Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung)
Dr. Carsten Ott, Dagmar Dittrich
(HA Hessen Agentur GmbH, Aktionslinie Hessen-Umwelttech)

©Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung
Kaiser-Friedrich-Ring 75
65185 Wiesbaden
www.wirtschaft.hessen.de

Vervielfältigung und Nachdruck – auch auszugsweise – nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung.

Gestaltung: ansicht kommunikationsagentur, Wiesbaden; www.ansicht.com

Bildnachweis:
ansicht kommunikationsagentur
fotolia | DerSchmock | dkimages
HA HessenAgentur GmbH
irisblende.de
photocase.de©earlysummer | Goulden | JOEXX | Jürgen W | ping2k |
visuellewerkstatt.de (Titelbild: LED-Beleuchtung)

Druck: Werbedruck Schreckhase, Spangenberg

Mai 2009

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit und Genauigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter.

1. EINLEITUNG 3
1.1 Wie Sie diesen Leitfaden nutzen können und an wen er sich wendet 3
1.2 Ausgangssituation – Warum Energieeffizienz? 3
1.3 Das Modellprojekt 4

2. WAS IST ENERGIEEFFIZIENZ UND WIE KANN ENERGIEEFFIZIENZ IM UNTERNEHMEN ETABLIERT WERDEN? 5
2.1 Definitionen 5
2.2 Potenziale der Energieeffizienz 7
2.3 Voraussetzungen im Unternehmen 8

3. METHODIK UND WERKZEUGKASTEN 10
3.1 Methodik | Standardisierte Vorgehensweisen 10
3.2 Werkzeuge | Analyse 13
3.3 Werkzeuge | Simulation 17

4. PRAXISANSÄTZE UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN 22
4.1 Strom- und Wärmeerzeugung 22
4.2 Kälteverwendung | Kälteerzeugung 23
4.3 Druckluft 23
4.4 Dampf 24
4.5 Wärmerückgewinnung 25
4.6 Isolierung 25
4.7 Trocknungstechnik 26
4.8 Raumklimatisierung 27
4.9 Motoren | Antriebe 28
4.10 Pumpen 28
4.11 Ventilatoren 29
4.12 Beleuchtung 29

5. ERGEBNISSE DES MODELLPROJEKTS 30
5.1 Beleuchtung 30
5.2 Pumpentechnik 32
5.3 Granulattrocknung 34
5.4 Kältetechnik 35
5.5 Heizung | Lüftung 36
5.6 Wärmeverbund 38
5.7 Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung 39
5.8 Simulationsgestützte Energieeffizienzbetrachtung 41

6. ANHANG 46
6.1 Autorenkreis Projektpartner 46
6.2 Hessen ModellProjekte 47
6.3 Aktionslinie Hessen-Umwelttech und Hessen-PIUS 48

Vorwort

Der effiziente Umgang mit Energie stellt eine Grundvoraussetzung für die nachhaltige Entwicklung unserer Wirtschaft dar. Die knapper werdenden und im Preis steigenden fossilen Energieträger, aber auch die Anforderungen des Umwelt- und Klimaschutzes machen einen verantwortungsvollen und effizienten Einsatz von Energie dringend erforderlich. Unternehmen, die dies in ihrer strategischen Planung berücksichtigen, senken ihre Betriebskosten aufgrund der guten Amortisation von Energiesparmaßnahmen in der Regel bereits innerhalb weniger Monate oder Jahre. Zudem stellen sie die Weichen für die Zukunft hin zu einer energieeffizienten und damit wettbewerbsstarken Wirtschaft.

Insbesondere bei Produktionsunternehmen gibt es viele Potenziale, wie der vorliegende Leitfaden der Aktionslinie Hessen-Umwelttech zeigt. Er basiert auf dem mit Mitteln des Hessischen Wirtschaftsministeriums und der EU geförderten Modellprojekt „Energieeffizienz bei Großverbrauchern", in dessen Rahmen anhand zweier Beispielunternehmen verschiedene energetische Verbesserungsmaßnahmen systematisch und unter Berücksichtigung von Rückkopplungseffekten analysiert wurden. Auf diese Weise konnte ein ideales Maßnahmenbündel für die Unternehmen erarbeitet werden.

Die dargestellten Handlungsempfehlungen und Ergebnisse richten sich in erster Linie an produzierende Unternehmen mit relativ hohem Energieverbrauch – hierzu gehören auch viele kleine und mittlere Betriebe. Darüber hinaus sind viele Maßnahmen, etwa aus dem Bereich der Raumklimatisierung oder Beleuchtung, auch für weniger energieintensive Branchen von Interesse. Neben der Vorstellung verschiedener Einzelmaßnahmen gibt die Publikation eine Anleitung für eine regelmäßige und standardisierte Erhebung von Energieeinsparpotenzialen und zeigt auf, wie wichtig eine vernetzte Betrachtung der unterschiedlichen Maßnahmen ist.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre und hoffe, dass Sie für Ihr eigenes Unternehmen wertvolle Impulse erhalten.

Dieter Posch
Hessischer Minister für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

1. Einleitung

1.1 Wie Sie diesen Leitfaden nutzen können und an wen er sich wendet

Dieser Leitfaden richtet sich vor allem an produzierende Unternehmen in energieintensiven Branchen (Großverbraucher). Unternehmen dieser Kategorie besitzen oft große Potenziale zur Reduzierung des Energiebedarfs. Viele Inhalte dieses Leitfadens sind allerdings auch auf weniger energieintensive Unternehmen übertragbar.

Angesprochen werden vor allem Mitarbeiter aus den Bereichen Energiemanagement, Gebäudemanagement, Produktionsleitung, Instandhaltung, Prozessmanagement und Controlling. Das Ziel ist es, die grundsätzliche Vorgehensweise bei Energieeffizienzprojekten darzustellen sowie Anregungen und Erfolgsfaktoren zur Maßnahmenentwicklung beispielhaft aufzuführen. Das Spektrum reicht von einfachen bis hin zu komplexen Strukturen. Erstere können häufig in Eigenumsetzung erfolgen. Die Bestimmung der Energieeinsparung in komplexen Bereichen benötigt dagegen meist die Unterstützung von Energiedienstleistern. Hierbei ist die Simulation ein geeignetes Mittel, um die Wechselwirkungen von Einzelmaßnahmen zu analysieren und damit ein ganzheitliches Energiekonzept zu entwickeln.

1.2 Ausgangssituation – Warum Energieeffizienz?

Nicht erst seit der Vorstellung des IPCC Berichts zum Klimawandel ist die Reduzierung von Treibhausgasemissionen eine der wichtigsten Aufgaben unserer Gesellschaft. Hiermit verbunden ist neben der Umstellung unserer Endenergieerzeugung auf erneuerbare Energien auch eine deutliche Steigerung der Energieproduktivität. Gerade im Bereich der Energieeffizienz bzw. Energieproduktivität besteht ein hohes Reduzierungspotenzial von Treibhausgasen, um die vorgegebenen Ziele der Bundesregierung zu erreichen. Wirtschaftliches Handeln befindet sich im Spannungsfeld zwischen Energieerzeugung und Klima (Abbildung 1). Dabei führt eine Verbesserung der Energieeffizienz zu einer Senkung der Energiekosten und damit zu einer Erhöhung der Produktivität. Unternehmen werden unabhängiger von der schwer kalkulierbaren Energiepreisentwicklung, was angesichts der Endlichkeit der fossilen Energieträger ein bedeutender ökonomischer Vorteil ist.

Energieeffizienz = Reduzierung von Treibhausgasen = Wirtschaftlichkeit

Energieeffizienzmaßnahmen in der Industrie sind vor allem durch eine Fülle von Einzelmaßnahmen geprägt. Die ganzheitliche Betrachtungsweise gerät dabei häufig aus dem Fokus. Auf Basis einer soliden Energie- und Stoffstrombilanz für einen Produktionsprozess, einen Produktionsstandort oder ein Unternehmen ist jedoch zu erkennen, dass viele Stoff- und Energieflüsse in Wechselwirkung miteinander stehen. Vor diesem Hintergrund können Einzelmaßnahmen auch zu negativen Wirkungen an einer anderen Stelle führen. So kann beispielsweise die Dämmung von Maschinen aufgrund der dann fehlenden Abwärme zu einem erhöhten Heizbedarf in der Halle führen. Insbesondere die hohe Komplexität bei industriellen Großverbrauchern erfordert eine Betrachtung dieser Wechselwirkungen, um eine hohe Energieeffizienz zu erzielen. Dies ist nur durch eine systemische Betrachtung zu erreichen.

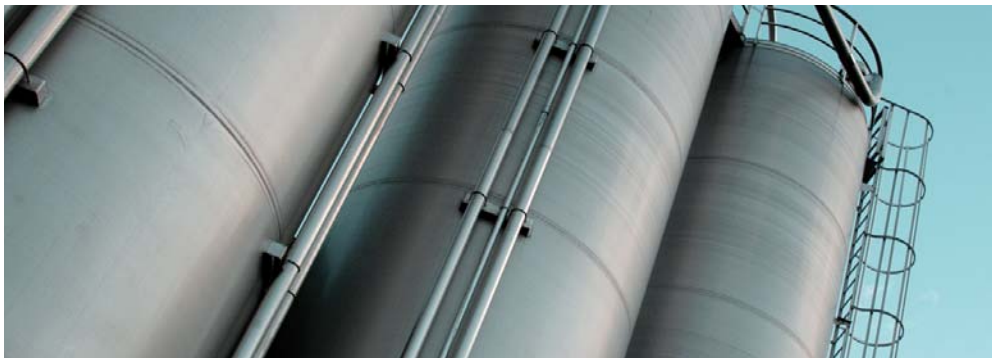
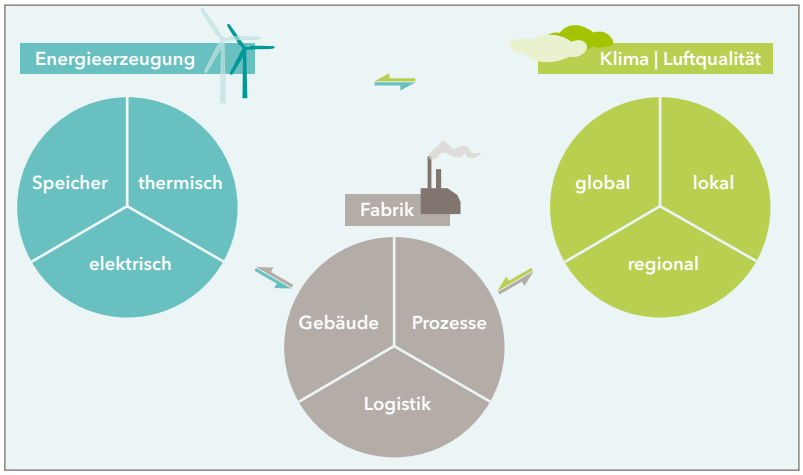


Abbildung 1:
Wirtschaftliches Handeln im Spannungsfeld zwischen Energieerzeugung und Klima



FÖRDERUNG DES MODELLPROJEKTS

Dieses Projekt wurde aus Mitteln des Landes Hessen gefördert, kofinanziert aus Mitteln der Europäischen Union (Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung – EFRE).

HESSEN

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

1.3 Das Modellprojekt

Welche konkreten Energieeinsparpotenziale bei industriellen Großverbrauchern existieren und welche Methoden und Maßnahmen die größten wirtschaftlichen Erfolgsaussichten haben, wurde im Rahmen des Hessischen Modelprojekts „Energieeffizienz bei Großverbrauchern“ exemplarisch untersucht. Das Projekt wurde mit Mitteln des Hessischen Wirtschaftsministerium und der EU gefördert. Die Durchführung lag beim Fachgebiet für „Umweltgerechte Produkte und Prozesse“ an der Universität Kassel (upp), der Limón GmbH und dem Kompetenznetzwerk Dezentrale Energietechnologien (deENet).

Ziel war die Analyse und Auswahl der idealen Maßnahmen mithilfe der simulativen Kopplung sämtlicher energetischer Verbesserungsmaßnahmen. Die Datenbasis zur Erstellung der Simulationsmodelle lieferten zwei Beispielunternehmen, eine Ziegelei sowie ein Kunststoffspritzgießbetrieb. Dabei wurden alle relevanten Stoff- und Energieströme innerhalb der Unternehmen erfasst und dokumentiert. Anschließend wurden geeignete Maßnahmen zur Reduzierung des Energiebedarfs entwickelt. Die Erstellung eines dynamischen Simulationsmodells ermöglichte eine ganzheitliche Bewertung. Nur auf diese Weise konnten sämtliche Wechselwirkungen erfasst und die verschiedenen Maßnahmen erprobt werden. Die Analyse der dynamischen Stoff- und Energieflüsse am Simulationsmodell ergab direkt aufeinander abgestimmte Energieeffizienzmaßnahmen. Die Ergebnisse des Projekts sind in Kapitel 5 detailliert dargestellt.

2. Was ist Energieeffizienz und wie kann Energieeffizienz im Unternehmen etabliert werden?

2.1 Definitionen

1. Was ist ein Großverbraucher?

Die für diesen Leitfaden vorgenommene Definition von Großverbrauchern umfasst sämtliche Unternehmen, deren Energiekostenanteil[1] an den Herstellungskosten größer als 3 % ist. Hierzu gehören auch viele kleine und mittlere Unternehmen.

Besonders energieintensive Branchen sind betroffen. Dies sind u. a.:

- Ernährungsgewerbe
- Papiergewerbe
- Herstellung von chemischen Erzeugnissen
- Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren
- Glasgewerbe
- Herstellung von Keramik, Zement, Ziegel
- Metallerzeugung und -bearbeitung

Der Anteil an Unternehmen, die nach dieser Definition Großverbraucher sind, nimmt stetig zu. Grund hierfür ist der Energiepreis, der überproportional steigt. Ein Beleg dafür ist die nachfolgende Grafik.

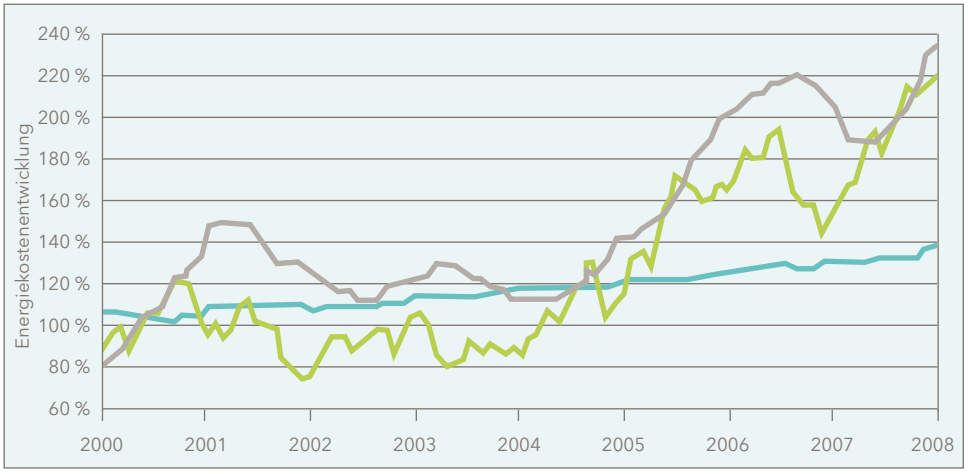


Abbildung 2: Erzeuger und Einfuhrindex ausgewählter Energieträger, Quelle: Statistisches Bundesamt

1 Energie = Strom, Gas, Öl, evtl. Wärme/Kälte

Energiekosten erhalten daher immer mehr Einfluss auf die Herstellkosten. Da Energie nicht vollständig substituiert werden kann, bleibt nur eine Handlungsstrategie: die Nutzung zu optimieren bzw. effizienter zu gestalten.

2. Was ist Energieeffizienz?

Effizienz hat seine Wurzel im lateinischen Wort „efficientia" und bedeutet „Wirksamkeit, Tätigkeit". Auf Energie bezogen ist Effizienz als das „Verhältnis von Energieaufnahme zu Energienutzen in einem System" zu verstehen. Das bedeutet, je höher der genutzte Anteil an der zugeführten Energie ist, desto höher ist die Energieeffizienz.

Im technischen Sinne wird Effizienz hauptsächlich als Wirkungsgrad verwendet.

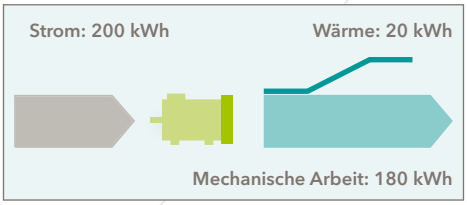


Abbildung 3:
Beispiel Energieeffizienz, Abwärme vs. Nutzarbeit

Werden die thermische und mechanische Energie in dem in Abbildung 3 dargestellten Beispiel vollständig genutzt, so beträgt die Effizienz des Energieeinsatzes 100 %.

Zum Betrieb eines Förderbandes ist ausschließlich mechanische Energie notwendig und der thermische Anteil entspricht der Motorenabwärme und wird ungenutzt an den Raum abgegeben, sodass die Effizienz/der Wirkungsgrad hier nur

$$\eta = \frac{180\ \text{kWh}}{200\ \text{kWh}} = 90\ \%$$

beträgt.
Ist eine Wärmerückgewinnung zur kontrollierten Raumerwärmung vorgesehen, erhöht sich der Nutzen.

Ziel von Energieeffizienzmaßnahmen ist es, den erforderlichen Nutzen mit möglichst geringem Energieeinsatz zu erreichen. Dies hat vor allem bei sich häufig wiederholenden oder kontinuierlichen Prozessen einen großen wirtschaftlichen Einfluss, denn Energie, die nicht verbraucht wird, muss nicht bezahlt werden. Allerdings ist auch der Aufwand zur Realisierung der Maßnahme bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu berücksichtigen.

2.2 Potenziale der Energieeffizienz

Die produzierende Industrie hat über ihren Strom-, Gas- und Ölverbrauch einen hohen Anteil am Gesamtenergieverbrauch und somit an klimaschädlichen Emissionen in Deutschland. Die größten Energieverbraucher in Industriebetrieben sind in der Regel Maschinen und Anlagen sowie die benötigte Prozesswärme. Hinzu kommen die für die Abführung der überschüssigen Wärme benötigte Kühltechnik, die Heizungs- und Lüftungstechnik sowie die Beleuchtung innerhalb des Gebäudes.

Im Jahr 2006 betrug der Stromverbrauch in der deutschen Industrie 253 TWh (siehe Abbildung 4). Dies entspricht über 47 % des Gesamtverbrauchs.

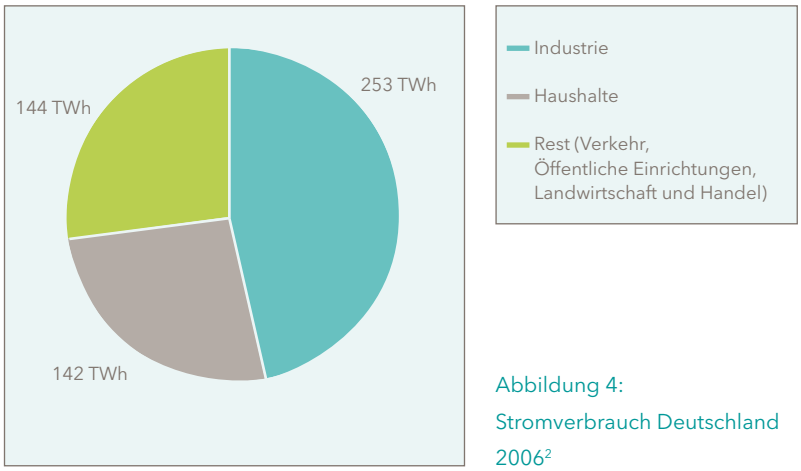


Abbildung 4: Stromverbrauch Deutschland 2006[2]

Angesichts der Realisierungszeiträume für neue Energiesysteme sind heute die Entscheidungen zu treffen, wie der notwendige Leistungsbedarf – vor allem vor der Fragestellung der Nachhaltigkeit – gedeckt werden kann. Neben dem Ausbau der Erneuerbaren Energien wird daher den Themenfeldern Energieeffizienz und dezentrale Energieversorgung eine Schlüsselrolle zukommen. Sie sind die schnellsten, größten und langfristig preiswertesten Optionen für den Klima- und Ressourcenschutz.

Der intelligente Umgang mit Energie ist somit ein wichtiger Wirtschaftsfaktor und leistet einen wesentlichen Beitrag auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung. Diese Zielsetzung wurde im Koalitionsvertrag konkretisiert: Bis 2020 will die Bundesregierung gegenüber 1990 eine Verdoppelung der Energieproduktivität – Primärenergieverbrauch im Verhältnis zum BIP – erreichen (siehe Abbildung 5).

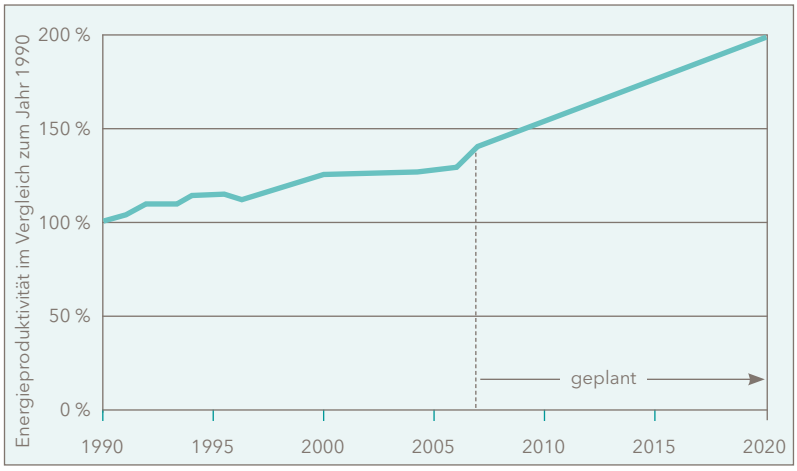


Abbildung 5: Nationale Nachhaltigkeitsstrategie: Verdoppelung der Energieproduktivität bis 2020[3]

Der effiziente Umgang mit Strom, aber auch mit Wärme hat sich aufgrund der aktuellen Preissituation noch nie so schnell ausgezahlt wie gegenwärtig. Die Amortisationszeiten für Investitionen in Energieeffizienz-Technologien sind heute im Schnitt 20 % kürzer als noch vor drei Jahren. Wegen der rasant gestiegenen Energiepreise wollen die Unternehmen die Chancen zur Reduktion ihres Energieverbrauchs nutzen.

2 VDEW: Stromzahlen, 2007

3 Statistisches Bundesamt und UBA

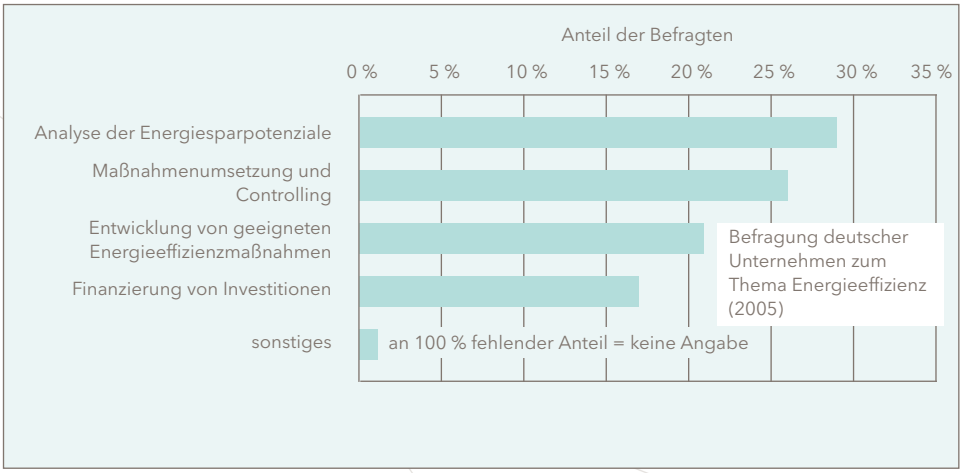
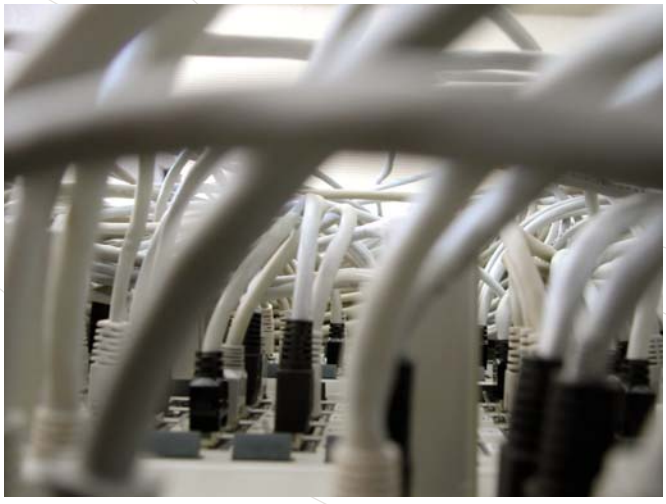


Abbildung 6: Schwerpunktthemen Energieeffizienz in deutschen Unternehmen[4]

Wie eine Umfrage im Auftrag der dena zeigt (siehe Abbildung 6), bestehen dabei noch erhebliche Wissensdefizite insbesondere bei der Analyse der Energieeinsparpotenziale, die zu sinkenden Kosten und steigenden Erträgen beitragen können. Darüber hinaus besteht Beratungsbedarf bei der Entwicklung von geeigneten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und ihrer Umsetzung. Da auf absehbare Zeit mit weiter steigenden Energiepreisen zu rechnen ist, zahlt sich Energieoptimierung im Betrieb auch langfristig aus.



2.3 Voraussetzungen im Unternehmen

Wichtigste Voraussetzung im Unternehmen ist die Wahrnehmung, dass Energiekosten zum einen einen relevanten Anteil an den Herstellkosten darstellen sowie zum anderen, dass deren Reduzierung einen wichtigen Wettbewerbsvorteil schafft. Die Energiekosten sollten daher im Rahmen der Kosten- und Leistungsrechnung verursachungsgerecht erfasst und bewertet werden. Nur auf diese Weise ist eine langfristige Kostensenkung möglich.

Zur Realisierung ist es notwendig, ein Energiemanagementsystem zur Erfassung und Analyse der Energieströme zu implementieren. Zudem ist eine verantwortliche Person festzulegen und in der Unternehmensorganisation geeignet zu positionieren. Hierbei richtet sich der Umfang der Arbeit nach der Unternehmensgröße, wobei insbesondere in kleinen Betrieben auch eine Zusammenlegung mit anderen Aufgabenbereichen möglich ist. Eine beispielhafte Organisationsstruktur ist in der nachfolgenden Grafik aufgezeigt:

4 dena: Unternehmensbefragung zum Thema Energieeffizienz, 2005,
Frage: In welchem der folgenden Bereiche sehen Sie den größten Unterstützungsbedarf in Ihrem Unternehmen beim Thema Energie-Effizienz?

Die Position des Energieverantwortlichen umfasst u. a. folgende Aufgaben:

» Gestaltung und Überwachung der Energiedatenerfassung
» Durchführung von Energieaudits
» Unterstützung von Dienstleistern (z. B. Datenaufnahme, Maßnahmenauswahl)
» Bewertung und Auswahl von Energieeffizienzmaßnahmen
» Festlegung von Energieeffizienzzielen
» Interne Kommunikation zum Thema Energie
» Begleitung der Umsetzung von Maßnahmen

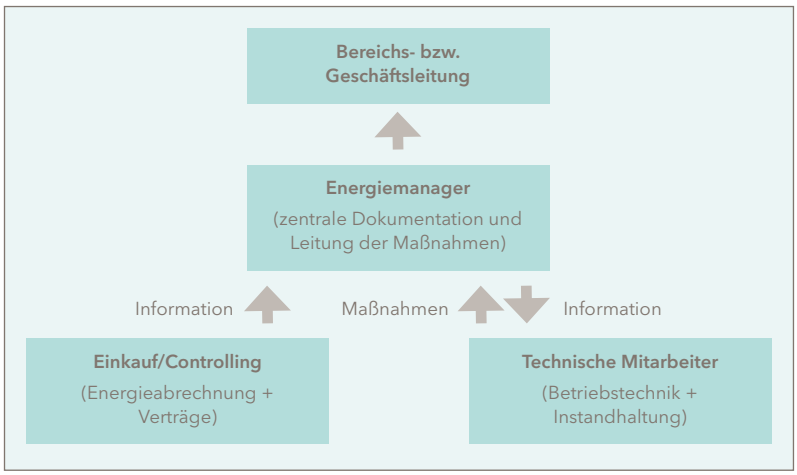


Abbildung 7: Organisationsstruktur des Energiemanagements

Bei der Durchführung von Energieeffizienzprojekten ist die Zusammenstellung eines Projektteams, bestehend aus Mitarbeitern des Controllings sowie technischen Mitarbeitern, sinnvoll.

Die Entscheidung, welcher Anteil in Eigenleistung übernommen und welche Aufgaben einem Dienstleister überlassen werden, ist vom Know-how und der zeitlichen Verfügbarkeit der Mitarbeiter abhängig. Grundlegende Maßnahmen (z. B. Beleuchtung) können häufig anhand von Checklisten in Eigenregie umgesetzt werden. Für komplexere Aufgabenstellungen ist es empfehlenswert, auf externes Know-how zurückzugreifen.

3. Methodik und Werkzeugkasten

3.1 Methodik | Standardisierte Vorgehensweisen

WIE SIND DIE BILANZRÄUME ZU GESTALTEN?

Werden zu große Bilanzräume definiert, ist nur eine unzureichende Zuordnung der Energie- und Stoffströme zu den jeweiligen Verursachern möglich. Werden die Grenzen zu eng gesetzt bzw. viele kleine Bilanzräume festgelegt, entsteht ein beträchtlicher Analyseaufwand.

Zur Realisierung von Potenzialen im Rahmen eines Energieeffizienzprojekts ist eine standardisierte Vorgehensweise notwendig, als ein hilfreiches Instrument kann hier die **VDI-Richtlinie 3922** „Energieberatung für Industrie und Gewerbe" dienen.

Kennzeichnend für diese Vorgehensweise (Abbildung 8) ist der iterative Prozess, dessen Ziel es ist, in regelmäßigen Abständen die Energieanwendung zu überprüfen und gegebenenfalls Änderungen oder Erneuerungen durchzuführen.

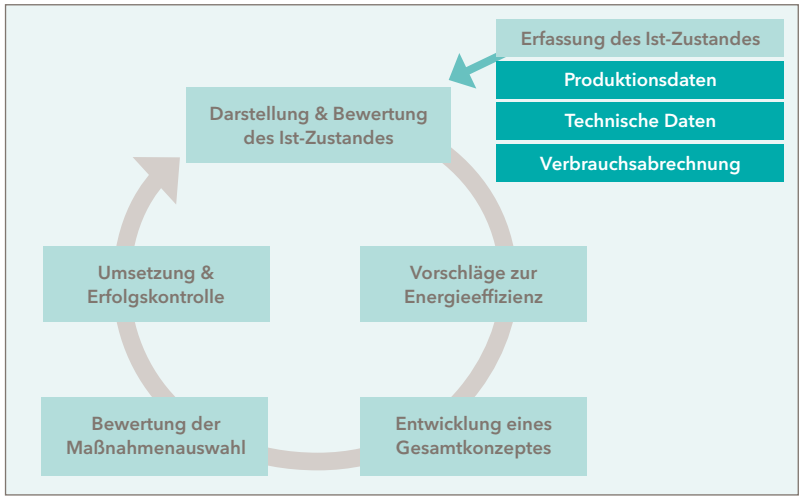


Abbildung 8: Vorgehensweise zur Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen

Der erste Schritt zur Identifikation der Energieeffizienzpotenziale und der innerbetrieblichen Optimierung liegt in der Erfassung des Ist-Zustandes. Daher sind alle relevanten Daten zum Energiebezug und Energieverbrauch (z. B. technische Unterlagen zu Energieverbrauchern, zur Energieinfrastruktur und zur Energierückgewinnung) zusammenzutragen, um eine möglichst klare Basis zur Darstellung der aktuellen Situation zu erhalten.

Zur Schaffung der Basis sollten die Energieverbrauchsdaten möglichst verursachungsgerecht zugeordnet werden. Hierfür sind Bilanzräume für die einzelnen Verursacher (Verbraucher) festzulegen und gegebenenfalls entsprechende Messeinrichtungen zu installieren. Eine Unterscheidung nach Energiemedien (z. B. Strom, Wärme) und Kategorien (z. B. Beleuchtung, Lüftung) ist dabei notwendig. Die Bilanzräume können beispielsweise Maschinen, Kostenstellen oder Produktionsbereiche umfassen.

Ist aufgrund fehlender Daten eine hinreichend genaue Darstellung nicht möglich, so sind ggf. zusätzliche Messungen erforderlich. Zielführend ist es, die Messungen so genau und umfangreich wie nötig durchzuführen, um eine zeit- und kostenintensive Arbeit zu vermeiden. Der Messumfang richtet sich nach den jeweiligen Rahmenbedingungen (z. B. repräsentative Zeiträume, Abhängigkeit von anderen Parametern).

Eine Reduzierung des Messaufwandes ist mithilfe von Modellrechnungen, welche anhand von exemplarischen Messungen überprüft werden, möglich. Diese können dann zur Prognose unter anderen Rahmenbedingungen Verwendung finden.

Sind alle Daten erfasst, wird der Ist-Zustand dargestellt und bewertet. Zu Beginn ist eine Auflistung der Bilanzräume (Energieverbraucher), geordnet nach dem Energiebedarf und den jeweiligen Medien, sinnvoll. Die Gliederung ermöglicht die Auswahl der zu betrachtenden Hauptverbraucher im Unternehmen. Eine Bewertung der einzelnen Bilanzräume erfolgt durch Bildung von Kennzahlen und über eine Durchführung von Vergleichen. Die Vergleiche können auf verschiedene Arten erfolgen. Zum einen ist ein unternehmensinterner Vergleich mit anderen Bereichen oder Standorten möglich, zum anderen kann ein Vergleich mit externen Kennzahlen wie Branchenkennzahlen oder Best-Practice-Werten stattfinden. Dieser Vergleich dient als Orientierung zur gezielten Verbesserung der eigenen Effizienz. Auf Basis der Darstellung der Hauptverbraucher sowie der Bewertung anhand von Kennzahlen werden Potenzialbereiche festgelegt.

Für die Potenzialbereiche sind im nächsten Schritt Vorschläge zur Steigerung der Energieeffizienz zu erarbeiten. Verschiedene Potenzialbereiche sind beispielhaft in Kapitel IV aufgeführt.

Bei der Maßnahmenentwicklung sind die in Abbildung 9 dargestellten Ansätze zu berücksichtigen.

Unter Vermeidung von Energienutzung ist beispielsweise bei Reinigungsmaschinen die Vermeidung des Wärmebedarfs durch Einsatz eines anderen Reinigungsmittels gemeint, welches bei Umgebungstemperatur angewandt wird. Dagegen bezieht sich die Verringerung des Energiebedarfs z. B. auf den Ersatz eines thermischen durch einen mechanischen Trocknungsprozess (Schleudern).

Die Reduktion von Wandlungsverlusten bezieht sich auf die Verringerung der Verluste in den Vorketten der Endenergieerzeugung (z. B. Beheizung durch Gas statt Strom). Des Weiteren kann durch die Anpassung der Temperaturniveaus in Wärme- bzw. Kälteprozessen eine Senkung des Energiebedarfs erfolgen (z. B. Erhöhung der Kühlwassertemperatur zur Nutzung einer Freikühlung statt einer Kompressionskältemaschine). Unter Wirkungsgradsteigerung ist beispielsweise der Einsatz effizienterer Motoren gemeint,

(1) Vermeidung von Energienutzung
(2) Verringerung des Energiebedarfs
(3) Reduktion von Wandlungsverlusten
(4) Anpassung der Temperaturniveaus
(5) Steigerung von Wirkungsgraden
(6) Vernetzung & Integration von Energieströmen

Abbildung 9:
Vorgehensweise bei der Maßnahmenentwicklung

wodurch eine verbesserte Nutzung der eingesetzten Energie erfolgt. Eine Vernetzung der Energieströme bezieht sich beispielsweise auf die Wärmerückgewinnung aus der Abluft.

Die Einhaltung der Reihenfolge der gezeigten Elemente ist dabei nicht zwingend. Allerdings kann sich herausstellen, dass nach Durchführung der ersten Schritte die letzteren nicht mehr notwendig bzw. überhaupt erst möglich sind. So ist beispielsweise eine effizientere Wärmebereitstellung nicht mehr zu prüfen, wenn ein Prozess nach der Optimierung bei Umgebungstemperatur abläuft und daher kein Wärmebedarf mehr vorhanden ist.

Zwingend zu beachten ist die Ganzheitlichkeit des Systems. Durch Wechselwirkungen können sich Maßnahmen in einzelnen Fällen negativ auf das Endergebnis auswirken. Abbildung 10 soll herausstellen, dass einzelne Maßnahmen Auswirkungen auf andere Maßnahmenbereiche haben können. Daher ist auch keine absolute Reihenfolge bei der Durchführung festzulegen.

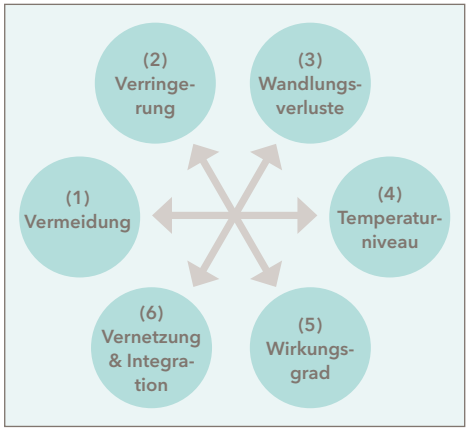


Abbildung 10: Wechselwirkungen der einzelnen Maßnahmenbereiche

Im nächsten Schritt wird aus den vorher diskutierten Einzelvorschlägen die Entwicklung eines Gesamtkonzepts erarbeitet. Im Vordergrund steht der effiziente Einsatz von Energie, wobei auch betriebswirtschaftliche Effekte und die Auswirkung des Konzepts auf die Technologie und die Produktqualität Berücksichtigung finden sollen.

Zudem sind mehrere Alternativen zu entwickeln, die entsprechend einer Szenarienanalyse miteinander verglichen werden. Mit Hilfe von computerbasierenden Simulationsinstrumenten ist dies beispielsweise besonders effektiv durchführbar. Hierbei bilden betriebswirtschaftliche Kennzahlen sowie das Einsparpotenzial relevante Entscheidungskriterien.

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

Es kann zwischen statischen und dynamischen Verfahren unterschieden werden. Statische Verfahren zeichnen sich durch hohe Transparenz und leichte Nachvollziehbarkeit aus. Die dynamischen Verfahren sind insbesondere bei längeren Betrachtungszeiträumen genauer, sind allerdings mit einem höheren Aufwand verbunden. Zudem sollten Sensitivitätsbetrachtungen[5] die Entscheidung stützen, da hierdurch Risiken besser abgeschätzt werden können.

Zusätzlich zur wirtschaftlichen Bewertung sollten auch andere Kriterien Berücksichtigung finden, die für Unternehmen allerdings häufig unterschiedliche Priorität besitzen. Einige Beispiele

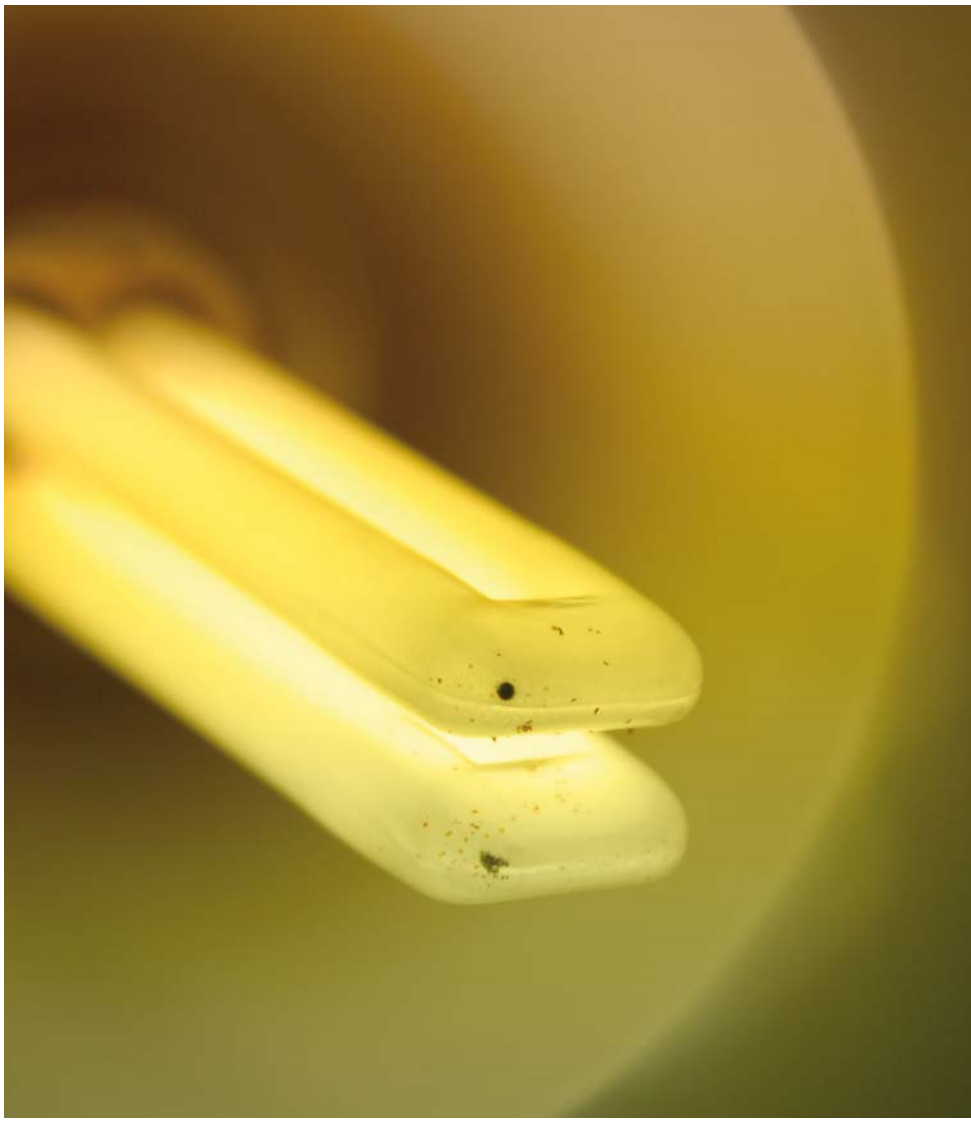
5 Bei der Sensitivitätsbetrachtung wird der Einfluss von Faktoren bzw. Parametern (einzeln oder gemeinsam) auf bestimmte Ergebnisgrößen untersucht.

dieser Kriterien sind Versorgungssicherheit, Emissionsbilanz, zu erwartende neue Vorschriften oder Förderprogramme, regionale oder branchenspezifische Entwicklungen sowie das Image des Unternehmens.

Die Umsetzung und die Erfolgskontrolle sollte in Begleitung des Beraters durchgeführt werden. Hierbei ist insbesondere auf die richtige Umsetzung der geplanten Maßnahmen zu achten, um die angestrebten Ergebnisse zu erhalten. Durch eine kontinuierliche Erfassung und Pflege der energiewirtschaftlichen Daten ist eine Kontrolle der zu erreichenden Ziele in regelmäßigen Abständen möglich.

STETIGE ITERATION

Der beschriebene Prozess ist nicht nur einmalig durchzuführen, sondern sollte regelmäßig erfolgen. Zum einen unterliegt die Produktion einem stetigen Wandel, zum anderen ergeben sich auf Basis der durchgeführten Maßnahmen neue Handlungsfelder. Aus diesem Grund sollte die Durchführung von Effizienzmaßnahmen, wie bereits in Abbildung 8 aufgezeigt, ein sich wiederholender Kreislauf sein.



3.2 Werkzeuge | Analyse

Zur Analyse von Potenzialen zur Steigerung der Energieeffizienz ist eine klare Vorgehensweise notwendig. Hierfür können standardisierte Werkzeuge eingesetzt werden, deren Nutzung eine schnelle, objektive und effektive Analysephase ermöglicht. Im Folgenden wird eine Auswahl dieser dargestellt.

Datenerhebung mittels Fragebogen

Wesentliche Informationen zur Bewertung der Energiesituation und zur Bildung von ersten Kennzahlen können durch einen einfachen Fragebogen ermittelt werden. In diesem Rahmen findet eine Erfassung der Daten zur Energieverwendung wie auch Energiebereitstellung für alle Energiemedien statt. Abgefragt werden u. a. folgende Daten:

- Arbeitnehmeranzahl
- Jahresumsatz
- Betriebsfläche
- Schichtsystem
- Produktionsstunden
- Produkte
- Produktionsverfahren und Maschinen
- Energieverbrauchswerte (Strom, Gas, Öl)
- Technische Daten zu Wärme- bzw. Kälteerzeugungsanlagen

Die Daten liegen in verschiedenen Formen im Unternehmen vor (z. B. Energieabrechnungen, Betriebsdatenerfassung, Betriebsstundenzähler, Baupläne und Geschäftsbericht).

Für die weitere Analyse werden fehlende Daten vom Energiedienstleister hinterfragt, konkretisiert und ggf. mittels Messungen überprüft:

- Energieverbraucher (Maschine, Kompressoren, Pumpen etc.) und Energiebezug
- Energieverteilung
- Energiebereitstellung (Strom, Wärme, Kälte, Druckluft)
- Gebäude und Gebäudetechnik
- Durchgeführte Maßnahmen

Nutzen vorhandener unternehmensinterner Datenbanken

In zahlreichen industriellen Unternehmen sind Umweltmanagementsysteme etabliert. Ansporn und Vorbild ist die DIN ISO 14001 bzw. EMAS[6] zur Feststellung der umweltpolitischen Unternehmensleistung, welche auf einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess beruht.

Im Rahmen der Erzeugung von Umweltkennzahlen bzw. einer Umweltleistungsbewertung muss zwangsläufig auf unternehmensinterne Datensätze zu Ressourceneinsatz, Energieverbrauch sowie Wasser- und Abfallmanagement zurückgegriffen werden.

Energiemonitoring

Ein Monitoring, insbesondere von energierelevanten Prozessen und Maschinen, ermöglicht eine detaillierte, zeitlich aufgelöste Datenerfassung. Diese prozess- und maschinenbezogenen Energiedaten vereinfachen und verbessern die Ermittlung von Effizienzpotenzialen sowie die Berechnung der Einsparungen.

Es ist dabei darauf zu achten, dass im Rahmen des Monitorings gezielt Daten erfasst und in Relation zur Produktionsleistung gebracht werden. Eine einfache Sammlung und Verbrauchsdarstellung der Daten ist nicht ausreichend, da die Produktionsleistung der Haupttreiber für den Energiebedarf ist und somit nur unter Berücksichtigung dieser ein Vergleich möglich ist.

Zudem dient das System auch als Frühwarnsystem, beispielsweise zur Fehlererkennung bei Prozessen und zum Auffinden von Leckagen.

Kennzahlen

Um eine Vergleichbarkeit von Energieverbrauchsdaten zu ermöglichen, ist die Bildung von Kennzahlen ein geeignetes Mittel. Es können u. a. verschiedene Vergleiche durchgeführt werden:

- Daten verschiedener Zeiträume
- Daten verschiedener Betriebsstätten
- Vergleich mit best-practice-Beispielen (Unternehmen bzw. Maschinen und Anlagen)
- Vergleich mit Branchendurchschnitt
- Vergleich mit physikalischen Modellen (z. B. Berechnung des Energiebedarfs eines Prozesses aufgrund von thermodynamischen Grundformeln)

Zudem ist für einen Vergleich entscheidend, welche Kennzahlen auf welcher Basis gebildet werden. Typische Kennzahlen sind z. B.:

- Spezifischer Energiebedarf z. B. pro Produkt (kWh/Stück, kWh/kg), pro Fläche (kWh/m²), pro Mitarbeiter (kWh/MA)
- Energiekostenanteil am Umsatz bzw. an Herstellkosten

6 EMAS ist die Kurzbezeichnung für Eco Management and Audit Scheme, auch bekannt als EU-Öko-Audit.

Pinch-Analyse

Die Pinch-Analyse dient dem Auffinden von Potenzialen zur Wärme- und Kälteintegration. Mithilfe der Energieintegration soll der Einsatz aller Energieträger (z. B. Dampf, Kühlwasser) zur Minimierung des Energiebedarfs und der Kosten optimiert werden. Sie erfolgt durch die Verknüpfung von Wärmequellen (heißen Strömen) und Wärmesenken (kalten Strömen) mittels Wärmeübertragern oder Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung. Prozessströme werden in einem Temperatur-Energiefluss-Diagramm (Abbildung 11) aufgetragen.

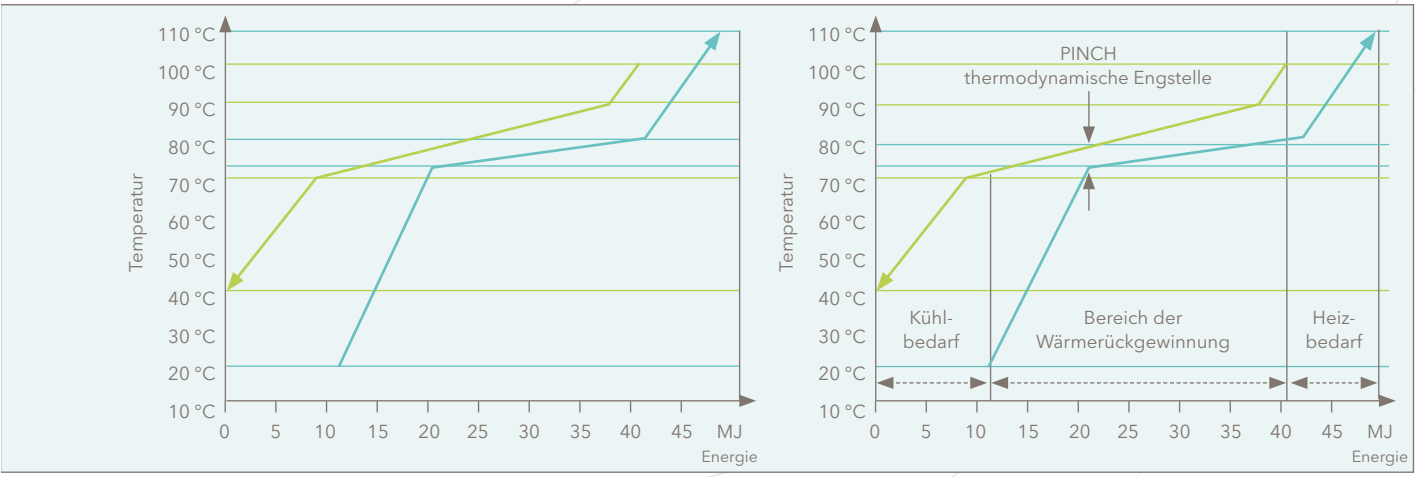


Abbildung 11:
Diagramm zur Pinch-Analyse[7]

Die Summenkurven der aufheizenden und abkühlenden Energieströme stellen den kumulierten Kühl- und Heizbedarf auf dem jeweiligen Temperaturniveau dar. Die Bereiche, in denen sich die Kurven nicht überlappen, bilden den minimal erforderlichen Kühl- bzw. Heizbedarf ab.

Auswertungsmöglichkeiten

Die ermittelten Informationen sollten möglichst anschaulich dargestellt werden. Hierbei sind u. a. verschiedene Formen möglich:

- Sankeydiagramm
- Säulen- bzw. Balkendiagramm
- Kreisdiagramm
- Hitliste
- ABC-Analyse

Es ist zweckmäßig, die Daten aufzubereiten und in Diagrammen darzustellen. Je nach Darstellungsform werden unterschiedliche Informationen hervorgehoben. In den nachfolgenden Abbildungen ist eine Auswahl typischer Diagrammformen aufgeführt:

7 Weiterentwicklung einer Optimierungsmethode zur Integration von Solarwärme in gewerblichen und industriellen Produktionsprozessen, H. Schnitzer, CH. Brunner; 2006

Abbildung 12:
Beispiel Sankeydiagramm
(links)

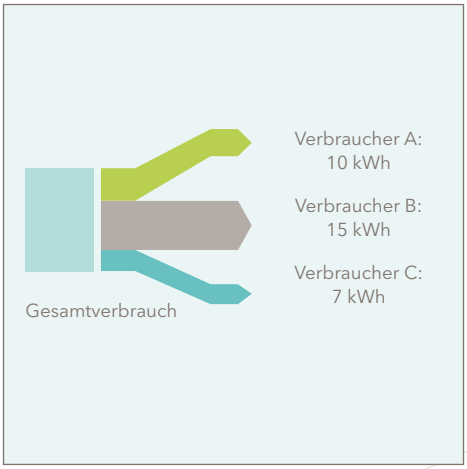


Abbildung 13:
Beispiel Kreisdiagramm
(rechts)

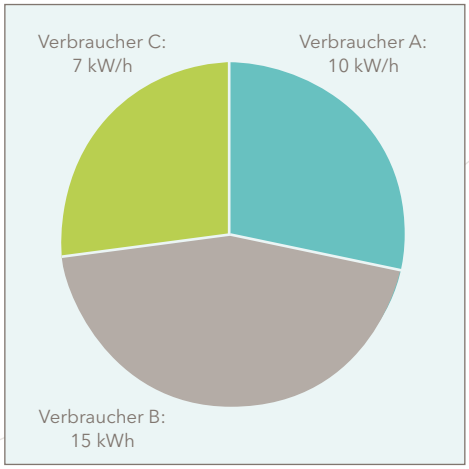


Tabelle 1:
Hitliste geordnet nach
Energiebedarf

Reihenfolge	Verbraucher	Energiebedarf
1	B	15 kWh
2	A	10 kWh
3	C	7 kWh

Mit Hilfe der obigen Darstellungsformen ist eine Reihe von Informationen bzw. Aussagen gut zu veranschaulichen:

- Wie groß sind die einzelnen Ein- und Ausgangsströme (z. B. Emissionen, Energiebedarf)?
- Wie groß sind die einzelnen Ein- und Ausgangsströme im Vergleich zu anderen?
- Wo sind die Ein- und Ausgangsströme zu groß?
- Welche Ein- und Ausgangsströme sind die wesentlichen Verbraucher?

Ziel der Darstellungen ist es, die Ergebnisse für alle Beteiligten verständlich darzulegen. Oftmals werden erst durch eine grafische Darstellung Potenziale sichtbar. Es ist wichtig, Entscheidungsträger so effizient wie möglich zu informieren. Vor allem für sie müssen die Informationen veranschaulicht werden, da sie oftmals nicht die Zeit haben, sich tief in die Thematik einzuarbeiten.

3.3 Werkzeuge | Simulation

Die Entwicklung von Energieeffizienzmaßnahmen bei Großverbrauchern umfasst häufig komplexe Aufgabenstellungen. Diese resultieren aus unterschiedlichen Prozess- oder Qualitätsanforderungen. Aufgrund der direkten Abhängigkeit zwischen Energiebedarf und Produktion beeinflussen Änderungen der Produktionsparameter den Energieverlauf. Hierbei sind neben der gesamten Produktionsmenge z. B. die Art der hergestellten Produkte, die Produktionsreihenfolge sowie die eingesetzten Maschinen einflussreiche Faktoren.

Um Energieeinsparungen durch Effizienzmaßnahmen zu realisieren, sind im ersten Schritt produktionsabhängige Energiebedarfsdaten zu erfassen. Die Potenzialermittlung umfasst im zweiten Schritt auch die Berücksichtigung der Wechselwirkungen der jeweiligen Maßnahmen miteinander bzw. auf die Produktionsumgebung.

Aus diesem Grund reichen einfache statische Berechnungsmethoden und Faustformeln nicht aus, um Energieeffizienzmaßnahmen zu beurteilen. Sie können nur Anhaltspunkte für eine geeignete Auswahl und damit für eine präzisere Detailbetrachtung liefern.

Als Instrument zur Analyse solcher komplexen Aufgabenstellungen hat sich mittlerweile die Simulation bewährt.

„Simulation ist das Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierfähigen Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind.“ [8]

Grundsätzlich kommt Simulation insbesondere dann zum Einsatz, wenn

- keine vergleichbaren Anwendungen vorhanden sind bzw. neue Gebiete erforscht werden;
- aufgrund der Komplexität analytische bzw. mathematische Methoden nicht mehr einsetzbar sind;
- Experimente am realen System zu kostenintensiv, zu gefährlich, zu aufwändig, zu langsam oder zu schnell sind;
- ein reales System noch nicht existiert.

Typische Zielrichtungen bei einer simulationsgestützten Untersuchung sind

- Optimierung bzw. Verbesserung des Systemverhaltens
- Entscheidungshilfe beim Systementwurf
- Überprüfung von Theorien
- Validierung eines geplanten Systems
- Veranschaulichung komplexer Sachverhalte zur Verbesserung des Systemverständnisses

8 VDI 3633, 2000, S. 2

Bei produzierenden Unternehmen ist die thermisch-energetische Gebäudesimulation (TEG) von großer Bedeutung. Hierzu macht die **VDI-Richtlinie 6020** Vorgaben. Das Ergebnis der TEG sind die Raumparameter (Last oder Temperatur) unter Berücksichtigung aller Einflüsse wie z. B. Außenklima, innere Lasten, Verkehrs- und Betriebszeiten in einer definierten zeitlichen Auflösung. In der Regel werden für eine derartige Simulation Klimadaten eines Testreferenzjahres (TRY) verwendet.

Bei der TEG wird zwischen statischen und dynamischen Verfahren unterschieden. Während statische Programme Energiebilanzen mit Hilfe von Faktoren bzw. Kennzahlen erstellen, verwenden dynamische Programme mathematische und physikalische Modelle. Statische Programme sind weit verbreitet, können aber nur zur Beantwortung einfacher Aufgabenstellungen verwendet werden. Die dynamischen Programme dagegen können auch für komplexe Systeme eingesetzt werden.

Die TEG kann mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad je nach Aufbau des Simulators in allen Phasen von Entwurf und Planung eingesetzt werden.
Dies sind u. a.:

» Vorentwurf
» Entwurf
» Einreichung
» Ausführungsplanung und
» Ausschreibungsunterlagen

Dies alleine reicht aber nicht aus, um die Komplexität einer Produktion abzubilden. Die Abbildung der Wechselwirkungen ist aber notwendig, um die Auswirkungen von Effizienzmaßnahmen ganzheitlich zu betrachten.

Bei der Beurteilung und Analyse von Energieeffizienzmaßnahmen sind die nachfolgenden Elemente innerhalb einer Simulation zu berücksichtigen:

» Wetterbedingungen (z. B. Temperatur, Sonnenstrahlung, Feuchte)
» Wetterverlauf (nicht nur Verwendung von Mittelwerten bzw. Gradtagszahlen)
» Zeitlicher Verlauf Energiebedarf der Produktion (z. B. Strom, Wärme, Kälte)
» Wechselwirkungen zwischen Maschinen bzw. zwischen Maschinen und Gebäude (z. B. Maschinenabwärme und Halle)

Natürlich ist nicht in jedem Projekt ein hoher Detaillierungsgrad anzuwenden. Vielmehr gilt es der Aufgabenstellung angemessen einen Detaillierungsgrad auszuwählen, um möglichst realitätsnahe Ergebnisse zu erhalten und gleichzeitig den Aufwand gering zu halten. Hierfür kann aufgrund der Vielfalt von Aufgabenstellungen und der Unterschiedlichkeit der Produktionsstätten kein allgemeingültiges Verfahren zur Auswahl des Detaillierungsgrades gegeben werden.

Zur Verdeutlichung der Notwendigkeit von Simulationsmodellen sind nachfolgend einige Beispiele aufgeführt.

Beispiel Auswirkung Temperaturabsenkung

Eine Maßnahme, um Wärmeenergie zu reduzieren, ist eine Absenkung der Raumtemperatur bei einer vorhandenen Luftheizung.

Dies kann durchgeführt werden, wenn sich wesentliche Parameter (z. B. Arbeitsanforderungen, innere Lasten) in der Produktionsstätte verändert haben.

Die häufig angewendete Faustformel sagt aus, dass je Grad Temperaturabsenkung ca. 6 % Wärmeenergie eingespart werden können.

Eine Simulation eines Beispielgebäudes ergibt, dass je Grad Temperaturabsenkung Wärmeeinsparungen von 8-16 % entstehen. Hierbei besteht eine Abhängigkeit zwischen der Einsparung, den inneren Lasten, der Luftwechselrate sowie dem Temperaturniveau, auf welches abgesenkt wird. Diese Faktoren beeinflussen die Reduktion maßgeblich und geben das Einsparpotenzial vor. Aufgrund der Vielzahl an dynamischen Faktoren (innere Lasten, Luftwechselrate, Außentemperaturen) kann es somit zu erheblichen Abweichungen bei der Berechnung mit der Faustformel ergeben.

In Bezug auf den Einsatz anderer Heizvarianten, wie z. B. Deckenstrahlplatten, ist dieser Ansatz bei der Berechnung der Einsparung an Wärmeenergie relevant. Die Temperaturabsenkung ist möglich, da durch Deckenstrahlplatten der Anteil an Wärmestrahlung im Raum erhöht wird, Oberflächen erwärmt werden und eine Aufheizung der Luft (Konvektion) eher vermieden wird. Die Behaglichkeit der Mitarbeiter verändert sich somit trotz Absenkung der Temperatur nicht.

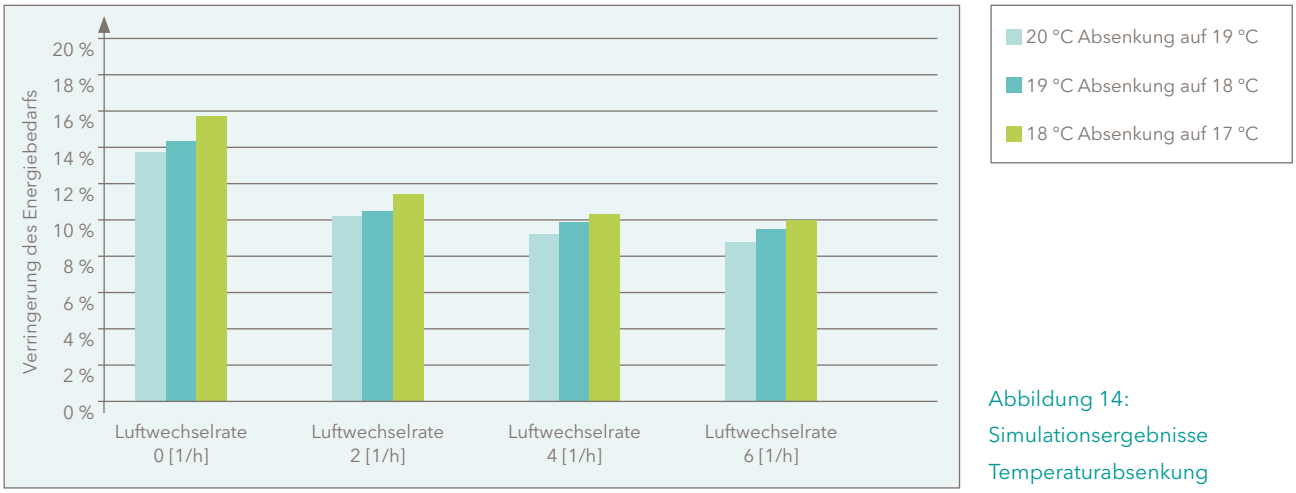


Abbildung 14: Simulationsergebnisse Temperaturabsenkung

In diesem Simulationsergebnis (Abbildung 14) sind die prozentualen Einsparungen an Wärmeenergie in einem Referenzjahr dargestellt. In diesem Beispiel beträgt der Wärmeeintrag während der Produktionszeit 20 kW, die Gebäudeundichtigkeit wird mit 1 [1/h][9] angenommen. Auf der x-Achse sind verschiedene Luftwechselraten aufgetragen. Beispielsweise beträgt die Einsparung für eine Luftwechselrate von 4 [1/h] und eine auf 18 °C abgesenkte Temperatur etwa 10 % (100 MWh/a).

Die Ergebnisse zeigen, dass bei dem gewählten Beispiel die Einsparung wesentlich größer sein kann. Zudem ist eine hohe Varianz in den Ergebnissen zu erkennen. Dies hat einen wesentlichen Einfluss auf die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme.

Beispiel Lüftungstechnik

Der Energiebedarf von Lüftungsanlagen ergibt sich in Abhängigkeit der vorhandenen Prozesse bzw. abzuführenden inneren Lasten, der Umgebungsbedingungen sowie der Betriebsstunden im Jahr. Mit integrierter Heizung und Kühlung und evtl. Entfeuchtung bzw. Befeuchtung (z. B. Reinraumbelüftung) ist eine genaue Planung des Energiebedarfs sowie der Regelung notwendig.

Die Basis liefert hierfür häufig eine Berechnung nach Gradtagszahlen[10], die allerdings nur einen monatlichen bzw. jährlichen Ausschnitt der Umgebungsbedingungen aufzeigen. Eine genauere Aussage über den Energiebedarf der Anlage kann nur über eine Simulation mit Stundenwerten zu Temperatur und

9 1 [1/h] bedeutet, dass die Raumluft einmal pro Stunde ausgetauscht wird.

10 VDI 2067 bzw. DIN 4108 – 6

Feuchte der Außenluft am Standort getroffen werden.

Hierbei wird ebenfalls die Regelungsstrategie modellhaft abgebildet. Die Simulation ermöglicht neben der Berechnung des Strom-, Heiz- und Kühlbedarfs die Möglichkeiten zur Untersuchung von Regelungsanpassungen. Durch Veränderungen der Ausgangsparameter bzw. der Regelungssequenzen können die Auswirkungen auf den Energiebedarf direkt abgelesen werden. Eine Reduzierung des Energiebedarfs kann hierdurch wesentlich genauer dargestellt werden.

Mit einer Außenluftregelung und einer integrierten Wärmerückgewinnung können beispielhaft in einem berechneten Modell zur Klimatisierung von Reinräumen 64 % der Wärme- und Kälteenergie eingespart werden. Ohne die Wärmerückgewinnung zwischen Zu- und Abluft liegt diese lediglich bei 14 %.

Tabelle 2: Simulationsergebnisse Lüftungstechnik

Szenarien	Einsparung Wärme+Kälte Jahressimulation	Einsparung Wärme+Kälte statische Berechnung
Außenluftregelung	14 %	45 %
Außenluftregelung und Wärmerückgewinnung	64 %	80 %

Die statische Berechnung kann über diese Verhältnisse keine genaue Aussage machen, da Außentemperatur, relative Luftfeuchtigkeit und innere Lasten über die Zeit zu stark schwanken.

Hierdurch zeigt sich die Relevanz der Anlagensimulation zur Ermittlung von wirkungsvollen Energieeffizienzstrategien und zur Berechnung der Energieeinsparung. Diese Vorgehensweise ist gleichermaßen zur Planung und Auslegung der Anlagen notwendig.

Beispiel Dezentrale Energieversorgungseinheit

Aufgrund des parallelen Bedarfes an Strom, Wärme (KWK) und Kälte (KWKK) in industriellen Prozessen kann eine Dezentrale Energieversorgungseinheit mit Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung eine effiziente Lösung in der Energiebereitstellung sein. Die Effizienz sowie die Wirtschaftlichkeit der Anlage sind von einigen Parametern abhängig: der Anlagendimensionierung und der Betriebsweise, aber auch von internen und externen Einflussgrößen sowie dem Lastprofil des Verbrauchers.

Im Rahmen der statischen Planung wird über eine geordnete Lastgangkurve die voraussichtliche Laufzeit der Energieversorgungseinheit bestimmt. Beim Einsatz von KWKK wird zudem die Lastgangkurve des Kältebedarfs hinzugezogen. Eine zeitliche Betrachtung findet allerdings nicht statt. Es besteht auf diese Weise somit keine Möglichkeit, eine Anpassung der Regelung zu untersuchen, um z. B. Spitzenlasten im Strombezug zu senken oder den Einsatz von Spitzenlastkesseln durch eine vorausschauende Betriebsweise mit Speichertechnologien zu reduzieren.

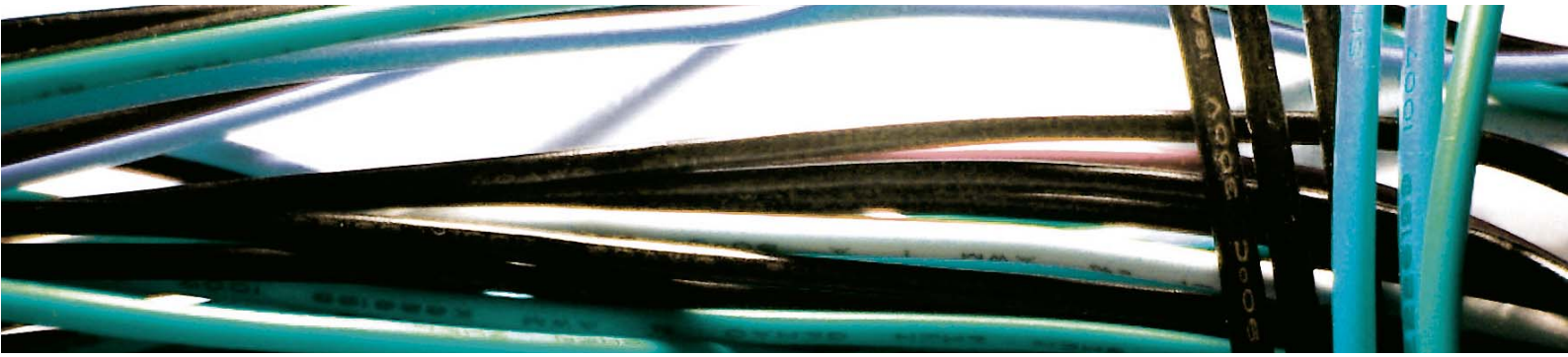
Mit der Simulation kann ausgehend von den Lastprofilen der jeweiligen Energien der Einsatz der Dezentralen Energieversorgungseinheit zur Endenergieerzeugung untersucht werden. Dabei werden interne Vorgänge in einem mathematisch-thermodynamischen Modell abgebildet. Auf Basis dieses Modells können die produzierbaren Energiemengen berechnet werden. Eine umfassende Regelung der internen Prozessparameter führt zu einer bestmöglichen Anpassung der erzeugbaren Energiemengen an das Lastprofil des Verbrauchers. Die Simulation stellt verschiedene Ergebnisse zur Verfügung:

- die erzeugten Energien (Strom, Wärme und Kälte)
- die Anlageninternen Größen (z. B. Temperaturen und Drücke)
- sowie externe Faktoren zur Gesamtbilanz des Verbrauchers
- Möglichkeiten zur Stromeinspeisung in das übergeordnete Netz
- den notwendigen Strombezug zur Erfüllung der Verbraucheranforderungen
- die Höhe der Einsparung an CO_2-Emissionen durch den Einsatz erneuerbarer Energieträger

Neben der Simulation zu den verschiedenen Betriebsweisen der Anlage wird zugleich die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Betriebsart untersucht. Hierbei werden die Kosten den Erlösen gegenübergestellt. Erlöse aus der Vergütung der Stromeinspeisung nach EEG und KWKG stehen damit kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten gegenüber.

Gleichzeitig erfolgt ein Vergleich der Energiekosten der Dezentralen Energieversorgungseinheit mit den Energiekosten der getrennten Erzeugung der drei Energieformen.

Die dargestellten Beispiele zeigen, dass es in einigen Fällen erst durch den Einsatz von Simulationsmodellen möglich ist, bestimmte Effizienzpotenziale zu erschließen. Vor allem wird mit Hilfe der Simulation die Transparenz erhöht und somit auch die Ursache-Wirkungs-Beziehung für Energieströme in der Produktion deutlich. Weiterhin ist es häufig nur mit der Simulation möglich, eine angebrachte Berechnung der Einsparpotenziale und somit auch der Wirtschaftlichkeit von Energieeffizienzmaßnahmen durchzuführen.



4. Praxisansätze und Handlungsempfehlungen

Es existieren verschiedene Bereiche in Unternehmen, in denen Energieeffizienzmaßnahmen durchgeführt werden können. Nachfolgend wird eine Auswahl davon vorgestellt. Hierbei werden Ansätze und Denkanstöße vermittelt, welche den Blick für Energieeffizienzpotenziale schärfen und als Grundlage zur weiteren Vertiefung dienen können.

4.1 Strom- und Wärmeerzeugung

Grundsätzlich ist bei der Strom- und Wärmeversorgung zu unterscheiden, ob diese Energien bezogen oder selbst bereitgestellt werden.

Art des Energieträgers wichtig

Bei eigener Bereitstellung ist auf die Art des Energieträgers zu achten. Der Energieträger sollte genau auf die benötigte Strom- und Wärmemenge abgestimmt sein. Hierbei sind Brennstoffkosten und Emissionen zu beachten. Weiterhin ist bei der Eigenerzeugung ein Contracting in Betracht zu ziehen.

Bei der Wärmeerzeugung sind in der Industrie typischerweise Heizkessel vorzufinden. Hierbei ist der Einsatz der Brennwerttechnologie zu prüfen.

Im Hinblick auf die aktuelle Energiemarktsituation sollte die Nutzung erneuerbarer Energien (EE) berücksichtigt werden. Hier gibt es verschiedene Techniken, welche aus ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten in Frage kommen. Weiterhin sind die gesetzlichen Förderungen (EEG, KWKG) bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu berücksichtigen.

Effiziente Bereitstellungstechnik wählen

Eine sehr hohe Effizienz (>80 %) besitzt z. B. die Kraft-Wärme-(Kälte) Kopplung (KW(K)K). Bei dieser Technik werden Strom und Wärme über ein Blockheizkraftwerk bereitgestellt. Als Brennstoff bieten sich viele regenerative Rohstoffe (z. B. Biogas, Pflanzenöl) an, allerdings können auch fossile Energieträger (z. B. Erdgas) verwendet werden. Wichtig im Zusammenhang mit KW(K)K-Anlagen ist die optimale Nutzung der bereitgestellten Energie. Nur wenn die Wärme bzw. Kälte auch genutzt wird, ergibt sich ein hoher Wirkungsgrad und damit ein Kostenvorteil dieser Systeme. Es ist daher wichtig, eine detaillierte Auslegung durchzuführen und intelligente Steuerung einzusetzen.

Bei geringen Temperaturniveaus Solarthermie oder Geothermie nutzen

Solarthermie ist ein Verfahren, welches sich sehr gut für die direkte (z. B. Fensterflächen) und indirekte Erwärmung (z. B. Kollektoren) von Räumen und Trinkwasser durch Sonnenstrahlung eignet. Darüber hinaus kann es auch zur Unterstützung der Prozesswärmebereitstellung bei bestimmten Temperaturen verwendet werden.

Bei oberflächennaher Geothermie wird Wärme oder Kälte zumeist über Wärmepumpen aus Schichten bis zu 150 m Tiefe über Wasser aus dem Boden gepumpt

und verwendet. Die Geothermie ist allerdings nicht an jedem Standort sinnvoll einzusetzen und hat zudem hohe Investitionskosten zur Folge.

Bei der Planung der Energieversorgung ist eine detaillierte und zeitlich aufgelöste Betrachtung der Verbrauchs- und Bereitstellungsstrukturen notwendig.

4.2 Kälteverwendung | Kälteerzeugung

In Industriebetrieben wird Kälte hauptsächlich zur Kühlung im Prozess, aber auch zur Klimatisierung von Räumen genutzt. Bei der Kälteverwendung ist die Auslegung bzw. das notwendige Temperaturniveau mit dem realen Bedarf zu vergleichen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass bei unterschiedlichen Temperaturniveaus getrennte Kältenetze erforderlich sind. Hierdurch ist es möglich, das jeweils effizienteste Bereitstellungssystem anzuwenden.

Das Kälteniveau ist ausschlaggebend für die eingesetzte Technik

Bei der Kälteerzeugung ist auf eine effiziente Bereitstellung in Abhängigkeit von Temperaturniveau bzw. notwendiger Kälteleistung zu achten. Hierfür muss das ideale Kühlsystem ausgewählt werden. Folgende typische Techniken können zum Einsatz kommen:

Anpassen der Temperatur an das zu kühlende Gut

» Freiluftkühler
» Hybridkühler
» Kühltürme
» Sorptionskältemaschinen oder
» Kompressionskältemaschinen

Diese Techniken sind jeweils für den vorliegenden Anwendungsfall mit seinen Randbedingungen auszulegen und zu bewerten. Die Prüfung sollte in der oben aufgeführten Reihenfolge durchgeführt werden.

Im Allgemeinen sind Freiluftkühler aufgrund ihres geringen Energiebedarfs energieeffizient. Insbesondere reduzieren sie den elektrischen Energiebedarf von Kompressionskältemaschinen durch Verminderung der Betriebsstunden bei niedrigen Außentemperaturen (Winterentlastung). Generell muss beachtet werden, dass das erreichbare Temperaturniveau von der Umgebungstemperatur abhängig ist und somit nur eine eingeschränkte Anwendbarkeit gegeben ist.

Eine Weiterentwicklung der Freiluftkühlung stellt der Hybridkühler dar. Dieser kann durch Einbringen feiner Wassertropfen mehr Energie abführen und ist somit auch bei höheren Außentemperaturen einsetzbar.

Hybridkühler erweitern den Nutzungszeitraum

Je nach Standort besteht außerdem die Möglichkeit, Grundwasser als Kühlmedium zu nutzen (oberflächennahe Geothermie).

Bei vorhandener Abwärme kann diese zum Betrieb von Sorptionsanlagen genutzt werden, wenn Temperaturniveau, Wärmemenge und der zeitliche Anfall der Abwärme sich dazu eignen.

Grundwasser zur Kühlung nutzen

In der Industrie werden hauptsächlich Kompressionskältemaschinen eingesetzt. Diese zeichnen sich durch einen hohen elektrischen Energiebedarf aus und sollten daher möglichst vermieden werden.

4.3 Druckluft

Druckluft ist allgemein ein sehr ineffizientes Medium. Nur 4 -7 % der eingesetzten Primärenergie stehen durch Druckluft als mechanische Energie zur Verfügung, daher ist ein sparsamer Umgang mit dieser Energieform geboten.

Druckluft ist ineffizient und teuer

Druckluftverbrauch

Grundsätzlich ist es daher wichtig, im ersten Schritt zu prüfen, ob Druckluft für den jeweiligen Prozess überhaupt benötigt wird. Für Trocknung, Reinigung oder

Nur in Sonderfällen einsetzen

Kühlung stehen andere, effizientere Verfahren zur Verfügung (z. B. Sorptionstrocknung, Absaugung oder Sprühkühlung). Bei Bewegungsprozessen ist eine Verwendung nur unter bestimmten Bedingungen (z. B. Explosionsgefahr, geringe Baugröße, niedriges Gewicht) akzeptabel. Ansonsten ist der Einsatz von elektrischen Antrieben vorzuziehen.

Es ist wichtig, die Nutzung von Druckluft soweit wie möglich einzuschränken und Ersatztechniken zu verwenden.

Druckluftverteilung

Exakt ausgelegtes Druckluftnetz verwenden

Bei dem für die Druckluftverteilung notwendigen Leitungsnetz sind die optimale Netzlänge, der verlustarme Leitungsverlauf, die exakte Rohrdimensionierung und die ideale Speicherauslegung zu beachten. Der Netzdruck ist möglichst gering zu halten (pro bar sind 6-10 % mehr Energie aufzuwenden), wenn nötig sind verschiedene Druckbänder aufzubauen.

Regelmäßig Warten und auf Leckagen prüfen

Zur Reduzierung der Druckverluste sollten Leckagen minimiert werden. Geeignet dafür sind leckagearme Armaturen, Schnellkupplungen mit hoher Qualität, elektrische Kondensatableiter sowie eine regelmäßige Leckageprüfung und Beseitigung. Hierfür ist ein passendes Monitoringsystem zu installieren. Außerdem sind wiederholt Grundlastmessungen zur Bestimmung der Leckageverluste durchzuführen.

Aus energetischer Sicht ist es hilfreich, bei selten verwendeten Verbrauchern Absperr-Ventile vorzuschalten sowie ungenutzte Leitungen abzusperren. Je nach Verbraucher sollten gerätespezifisch Druckregler, Filter und Trockner überprüft und optimiert werden.

Drucklufterzeugung

Bei zentraler Erzeugung Abwärme nutzen

Ein wichtiger Aspekt bei der Drucklufterzeugung ist der Standort. Eine nahe, dezentrale Bereitstellung vermindert die Leitungsverluste, verhindert allerdings auch eine sinnvolle Nutzung der Abwärme. Zudem sind bei kleineren Kompressoren geringe Wirkungsgrade zu erwarten. Bei großen Druckluftmengen kann es daher effizient sein, die Energie zentral in einem Technikraum zu erzeugen und die Abwärme gebündelt zu nutzen. Die Abwärme der Drucklufterzeugung kann z. B. als Wärmequelle für die Raumheizung dienen. An dieser Stelle sind Szenarienanalysen vor der eigentlichen Installation durchzuführen.

Die Qualität der Druckluft sollte so hoch wie nötig und so niedrig wie möglich sein, da z. B. Trocknung, Luftfilter und andere Reinigungsschritte die Energiekosten stark beeinflussen. Die dennoch notwendigen Aufbereitungsanlagen sollten daher regelmäßig an die Anforderungen angepasst und gewartet werden.

Optimaler Betriebspunkt bei drehzahlgeregelten Kompressoren 40 - 80 %

Je nach Druckluftbedarf (zeitlicher Verlauf) ist es sinnvoll, eine Kaskadensteuerung der Kompressoren zu verwenden, da Kompressoren möglichst im optimalen Betriebspunkt arbeiten sollten. Hierbei stellen einige Kompressoren die Grundversorgung sicher und einzelne drehzahlgeregelte Kompressoren decken die Schwankungen im Druckluftnetz (Lastspitzen) ab.

4.4 Dampf

Dampf ist energieintensiv

Das Medium Dampf dient bei Großverbrauchern der Wärmebereitstellung u. a. in Maschinen und Anlagen.

Die notwendigen Temperaturniveaus und Wärmemengen in den Prozessen sind entscheidend, ob Dampf überhaupt notwendig ist. Das Medium ist nur bei hohen Temperaturniveaus oder sehr hohen Wärmemengen sinnvoll. Bei Temperaturen unter 100°C ist der Einsatz von Dampf aufgrund der hohen Netzverluste grundsätzlich zu überprüfen. Beispielsweise sollte aus energetischer Sicht zur Raumwär-

meerzeugung möglichst kein Dampf verwendet werden. Zu beachten ist hierbei, dass beim Austausch von Dampf durch Wasser als Energieträger andere Rohrquerschnitte benötigt werden, was zu umfangreichen Umbaumaßnahmen führen kann. Zudem kann die Substitution zu einer geringeren Auslastung des Dampfkessels und damit zu einem schlechteren Wirkungsgrad führen.

Exakte Netzdimensionierung

Ein weiteres Potenzial liegt in der Bedarfsprüfung. In großen Dampfnetzen sollte aus Sicht der Energieeffizienz die Dimensionierung des Netzes mit Blick auf den realen Dampfbedarf geprüft werden. Dies ist beispielsweise an häufig geöffneten Überdruckventilen erkennbar.

In Dampfnetzen ist aufgrund des hohen Temperaturniveaus eine gute Isolierung der Rohrleitung zur Minimierung der Konvektions- und Abstrahlungsverluste unbedingt zu verwenden.

WRG nutzen

Eine Vorwärmung des Speisewassers durch Kondensatwärme (Wärmerückgewinnung) senkt den Energieverbrauch zur Verdampfung des Speisewassers. Grundsätzlich sollte untersucht werden, inwieweit die Kondensatwärme genutzt werden kann.

4.5 Wärmerückgewinnung (WRG)

Bei allen Prozessen prüfen, ob Wärme genutzt werden kann

Soweit es wirtschaftlich sinnvoll ist, ist grundsätzlich eine Vermeidung von Abwärme wichtig. Nicht vermeidbare Abwärme sollte immer genutzt werden. Hierbei sind vor allem unterschiedliche Temperaturniveaus zu beachten. Es kommen verschiedene technische Konzepte in Frage.

Das Konzept mit dem höchsten Wirkungsgrad ist die Direktnutzung der Wärme. Hier ist darauf zu achten, dass der Wärmeträger, wie z. B. Luft auch mit Emissionen belastet sein kann, so dass eine Direktnutzung nicht in Frage kommt.

WRG sollte bei entsprechenden Temperaturniveaus immer eingesetzt werden

Als weiteres Konzept ist die indirekte Nutzung aufzuführen, bei welcher die Wärme über Wärmeübertrager genutzt wird. Wärmeübertrager haben je nach Medium und Bauweise unterschiedliche Wirkungsgrade und Randbedingungen. Sie sind auf den jeweiligen Anwendungsfall auszulegen.

Weiterhin sollte ebenso geprüft werden, ob die in Prozessen anfallende Kälte verwendbar ist (Kälteintegration). So kann die beim Erwärmen durch Warmwasser entstehende Abkühlung des Warmwassers in einem anderen Bereich zur Kühlung verwendet werden. Die hierbei stattfindende Erwärmung wird daraufhin wieder im Aufheizprozess verwendet. Hierbei ist es wichtig, die jeweiligen Temperaturniveaus sowie den zeitlichen und örtlichen Anfall genauer zu untersuchen.

Zeitlichen Bedarf beachten

Eine weitere Möglichkeit der Abwärmenutzung ist beispielsweise in der Energiebereitstellung zu sehen. Bei dem Betrieb von Blockheizkraftwerken kann die anfallende Wärme in anderen Prozessen genutzt oder Kälte über einen Sorptionsprozess bereitgestellt werden. Die nicht zeitsynchron laufende Bereitstellung und Nutzung erfordert entweder eine Entkopplung über Speichermedien oder eine intelligente Steuerung der Bereitstellung sowie der Prozesse.

Es sollte bei der Wärmerückgewinnung versucht werden, die Wärme in einem ähnlich gearteten Prozess zu nutzen, um die Wechselwirkungen möglichst gering zu halten. So ist beispielsweise die Nutzung von ganzjährig anfallender Abwärme in anderen Prozessen, welche ausschließlich im Winter Wärme benötigen, nur bedingt sinnvoll.

4.6 Isolierung

Wärmebrücken können ein Energievernichter sein

Die Isolierung (Wärmedämmung) ist eine Maßnahme zur Reduktion der Transmissionsverluste. Darunter werden die Wärmeverluste (und somit auch Kälteverluste) verstanden, die aufgrund des Wärmedurchgangs an den Mantelflächen

entstehen. Die Transmissionsverluste sind proportional zur Fläche und zum Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) des Bauteils sowie der Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur.

Unterschieden wird bei der Isolierung zwischen drei verschiedenen Bereichen: der Gebäudeisolierung, den Leitungs- sowie Geräteisolierungen.

In Gebäuden müssen Wände, Türen und Fenster, Böden und Dächer auf ihren Wärmedurchgang geprüft und gegebenenfalls besser isoliert werden. Ein besonderes Augenmerk ist auf so genannte Wärmebrücken zu richten. Dies sind Bereiche der Gebäudehülle, über die Wärme schneller geleitet wird (z. B. Metalltore), weshalb sie nach Möglichkeit zu isolieren sind.

Innerhalb des Gebäudes sind vor allem warme und kalte Leitungen sowie Kanäle zu isolieren.

Isolierung von Maschinen komplex

Im Bereich der Maschinen und Anlagen ist die Option einer Isolierung individuell zu prüfen, weil eine Dämmung evtl. einen Einfluss auf den Prozess haben kann.

Durch eine zusätzliche Isolierung kommt es zu Wechselwirkungen mit der Gebäudeklimatisierung. Bei einer verbesserten Gebäudedämmung benötigt dieses bei niedrigen Außentemperaturen weniger Heizenergie. Bei hohen inneren Wärmelasten kann dies aber auch zu einem erhöhten Kühlbedarf führen. Die inneren Wärmelasten werden aber durch die Isolierung von Maschinen und Anlagen stark beeinflusst. So kann dies einen höheren Heizbedarf bzw. einen niedrigeren Kühlbedarf zur Folge haben.

Wechselwirkung mit Raumtemperatur bedenken

Die Dämmung von warmen Rohren erhöht zum Beispiel den Heizbedarf und verringert den Kühlbedarf neben dem eigentlichen Ziel, den Energieaufwand für das erhitzte Medium zu verringern.

4.7 Trocknungstechnik

Bei der Trocknung von Produkten ist auf die Auswahl des richtigen Trocknungsverfahrens zu achten.

In Frage kommen hierbei folgende Verfahren:

» thermische Prozesse (Wärme oder Kälte),
» Absorption/Adsorption,
» Druck oder
» mechanische Abtrennprozesse (Zentrifuge, Absetzprozess).

Mechanische Trocknung vorziehen

Bei der thermischen Trocknung über Wärme ist die Verdampfung des Wassers (Phasenübergang) sehr energieaufwändig. Das Verdampfen verbraucht fünfmal so viel Energie wie das Erwärmen bis zum Phasenübergang. Zudem sind in Trocknungsanlagen große Volumenströme notwendig, wodurch ein zusätzlicher Energiebedarf entsteht. Es sollte daher geprüft werden, ob andere Verfahren besser geeignet sind.

Verdampfen von Wasser kostet sehr viel Energie

Sind trotzdem thermische Trocknungsprozesse im Einsatz, ist eine Wärmerückgewinnung einzusetzen. Dies kann vor (z. B. Abwärmenutzung eines anderen Prozesses zur Vorerwärmung der Trocknerluft) oder nach dem Prozess (z. B. Nutzung der Abwärme zur Raumheizung) geschehen. Zur Steigerung der Effizienz von Trocknungsanlagen sind direkt beheizte Anlagen oder Verfahren zu berücksichtigen, da dies große Mengen an Wandlungsverlusten vermeidet. Die Wärmedämmung spielt bei thermischen Trocknungsprozessen eine große Rolle.

Exakte Auslegung der Steuerung

Die Steuerung von Trocknungsanlagen, wie z. B. die Regelung von Taupunkt, Feuchte der Abluft, Trocknungstemperatur und Volumenstrom besitzt einen hohen Einfluss auf den Energiebedarf.

Bei Wechsel des Trockenverfahrens auf die Wechselwirkungen achten

Die Wechselwirkungen innerhalb der Produktion betreffen vor allem die Abwärmenutzung. Bei dem Austausch einer thermischen gegen eine mechanische Trocknung verringert sich die Abwärmemenge erheblich, welche ansonsten bei nachgelagerten Prozessen nutzbar wäre.

4.8 Raumklimatisierung

Die Raumklimatisierung umfasst den Luftaustausch sowie die Aufbereitung (z. B. Beheizung, Kühlung, Be- und Entfeuchtung) der Raumluft. Je nach Anforderung kann dies einen erheblichen Energiebedarf zur Folge haben.

In der Raumlufttechnik kann der Luftaustausch über eine freie Lüftung (z. B. Fenster, Undichtigkeiten) oder über raumlufttechnische Anlagen (Lüftungs- und/oder Klimaanlagen) erfolgen.

Aus Sicht der Energieeffizienz ist der Einsatz verschiedener Systeme hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit (notwendige Luftwechselrate, Temperatur, Feuchte) zu prüfen.

Art der Lüftung ist zu prüfen

Es ist darauf zu achten, dass das Lüftungssystem auf die inneren Lasten im Raum abgestimmt ist, um den Kühl-, Heiz- und Befeuchtungsaufwand gering zu halten. Die Kenntnis über innere Lasten im klimatisierten Raum ist daher von zentraler Bedeutung.

Optimale Auslegung der Klimatisierungssteuerung

Zudem kann durch einen Umluftbetrieb eine Wärmerückgewinnung erfolgen, sofern keine Schadstoffe in der Abluft enthalten sind. Kälte- bzw. Wärmerückgewinnung kann auch durch Wärmeübertrager zwischen Zu- und Abluft erfolgen (vgl. auch Wärmerückgewinnung).

Die Luftwechselrate bestimmt den Energiebedarf der Ventilatoren in den Anlagen sowie den thermischen Energiebedarf. In Nicht-Produktionszeiten kann die Luftwechselrate in den meisten Fällen reduziert werden (Absenkbetrieb). Außerdem sollten Schadstoffe bzw. Schadgase direkt abgesaugt werden, um eine möglichst geringe Luftwechselrate zu erzielen.

Reduktion der Luftwechselrate außerhalb der Produktionszeit

Mit einer intelligenten Regelung kann in Lüftungsanlagen der Energiebedarf reduziert werden, indem der Außenluftanteil in Abhängigkeit verschiedener Parameter (Abluft- und Außenlufttemperatur, Anforderungen an die Zuluft) variiert wird. Damit ist eine maximale Wärmerückgewinnung bzw. ein minimaler Kühl- und Heizbedarf bzw. Entfeuchtungs- und Befeuchtungsbedarf realisierbar.

In der Klimatisierung sind Wärmeverluste ein weiterer Aspekt der Energiebedarfsreduzierung. Hierbei sollte beispielsweise auf die Dichtheit von Kühlräumen, die Größe der Wandfläche und die Wärmedämmung im Allgemeinen (vgl. Isolierung) geachtet werden.

Weitere Ansatzpunkte sind:

› Rohrdimensionierung
› Rohrführung
› Filter (Wartung)

Es ist sinnvoll, die Temperaturen im Raum abzusenken, insofern dies möglich ist (nach Arbeitsstättenverordnung oder aufgrund von Prozessanforderungen). In industriellen Betrieben haben die inneren Lasten, die Luftwechselrate und das Temperaturniveau, auf welches abgesenkt wird, einen maßgeblichen Einfluss darauf, wie viel Energie eingespart wird.

Strahlungsheizungen können eine Alternative sein

Zur Beheizung der Halle stehen verschiedene Heiztechniken zur Verfügung. Neben der Luftheizung (z. B. Heizregister) ist der Einsatz von Strahlungsheizungen (z. B. Deckenstrahlplatten) zu prüfen. Aufgrund der gezielten Beheizung der Umgebungsflächen weisen sie einen geringen Gesamtenergiebedarf auf.

Eine automatisierte Regelung mit Nacht- und Wochenendabsenkungen bzw. Absenkungen des Temperaturniveaus nach Schichtende reduzieren den Bedarf an Heizenergie.

4.9 Motoren | Antriebe

Elektrische Motoren und Antriebe sind in beinahe jeder Produktionsstätte zu finden. Die hohe Anzahl und der große Anteil von ca. 80 % der Energiekosten an den Lebenszykluskosten (Summe der Kosten über den gesamten Lebenszyklus des Produktes) ergeben, dass in diesem Bereich Effizienzmaßnahmen häufig sinnvoll und wirtschaftlich sind.

Motoren der IE1 haben höchsten Wirkungsgrad

Der Einsatz hocheffizienter Motoren- und Antriebstechnik ist dabei als Hauptaspekt anzusehen. Hierfür haben sich die Hersteller auf eine einheitliche Bezeichnung zur Angabe der Wirkungsgrade geeinigt. Es werden drei Klassen unterschieden, wobei die Klasse IE1 (alte Bezeichnung EFF1) den höchsten Wirkungsgrad besitzt. Schon bei 4.000 Betriebsstunden pro Jahr rechnet sich die Mehrinvestition meist innerhalb eines Jahres.

Das Gesamtsystem sollte derart ausgelegt sein, dass Überdimensionierungen vermieden werden. Zu beachten ist hierbei allerdings, dass eine optimale Auslegung eine Erweiterbarkeit des Gesamtsystems erschweren kann.

FU nicht bei Volllast sinnvoll

Ein weiterer Aspekt ist der Einsatz drehzahlgeregelter Motoren und Antriebe. Mittels Frequenzumrichter (FU) wird die Energiezufuhr je nach Bedarf angepasst, wodurch sich die Verluste vor allem im Teillastbetrieb verringern. Allerdings ist der Energieverbrauch ohne Last und im Volllastbetrieb höher als bei ungeregelten Motoren.

Geeignete Kraftübertragung wählen

Es sollte zudem immer das Gesamtsystem (Motor-Kupplung-Getriebe) betrachtet werden. In der Kraftübertragung sollten für eine beispielhafte Kopplung von Motor und Ventilator Flachriemenantriebe anstelle von Keilriemenantrieben eingebaut werden. Am sinnvollsten ist, wenn möglich, die Verwendung von Direktantrieben.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass die elektrische Energie der Motoren und Antriebe nur zum Teil in mechanische Energie umgesetzt wird. Die Verluste und jegliche Reibung werden als Abwärme an die Umgebung abgegeben und beeinflussen die inneren Wärmelasten.

4.10 Pumpen

Pumpen = Motoren

Bei Pumpen liegen, ähnlich wie bei Antriebssystemen, die Hauptbereiche für Energieeffizienz in der Auslegung, Dimensionierung sowie in der Regelung.

Pumpen werden ebenfalls in Energieeffizienzklassen eingeteilt. Hierbei stellt die Klasse A den höchsten Wirkungsgrad dar. Zwischen zwei benachbarten Klassen liegen etwa 22 % Differenz im Energiebedarf.

Sind keine Erweiterungen der Anlage geplant, sollten Überdimensionierungen vermieden werden, da hier die Pumpe nicht im optimalen Betriebspunkt arbeitet. Eine spätere Erweiterung kann dann durch ein Mehrfachpumpensystem erfolgen.

Ein Mehrfachpumpenbetrieb mit jeweils geringen Pumpenleistungen ist ebenso bei Systemen zu prüfen, in welchen bisher eine Pumpe großer Leistung meist im Teillastbetrieb läuft. Bei niedrigen Volumenströmen arbeitet eine Grundlastpumpe mit hoher Effizienz. Um die Spitzenlasten dabei abzudecken, wird eine weitere Pumpe hinzugeschaltet.

Drosselregelung nicht energieeffizient

Im Bereich der Regelung ist der Einsatz eines Frequenzumrichters bzw. einer Sanftanlaufregelung eine effiziente Maßnahme für Systeme mit schwankender Abnahme. Hier wird nur so viel Energie in das zu transportierende Fluid eingebracht, wie für den Transport erforderlich ist. Die Drehzahl regelt sich entsprechend der Förderhöhe und des Volumenstromes. Eine Bypass- oder Drosselregelung sollten vermieden werden, da hier der Teillastwirkungsgrad wesentlich verschlechtert wird. Aufgrund der größeren Druckdifferenz ist an dieser Stelle sogar der Energiebedarf bei der Drosselung höher als im ungedrosselten Betrieb.

4.11 Ventilatoren

Ventilatoren werden in Lüftungs-, Kühl- und Klimatisierungsanlagen verwendet. Der Antrieb erfolgt über elektrische Motoren.

Teillastbetrieb nur mit Frequenzumrichtern

Die Effizienzbetrachtung im Bereich der Motoren ist daher ein Aspekt der Gesamtanalyse (siehe Handlungsmaßnahme Motoren und Antriebe).

Neben der technischen Ausstattung führt eine intelligente Regelung des Ventilatorensystems zur Energiebedarfsreduzierung. Vor allem der Einsatz von Frequenzumrichtern (drehzahlgeregelte Systeme) führt dazu, dass bei einer Reduzierung der Luftmengen auch eine Senkung des Energiebedarfs erreicht wird. Eine Klappen-/Drosselregelung sollte im Allgemeinen vermieden werden (siehe Handlungsmaßnahme Pumpen).

Zudem sollte die Einstellung der Ventilatoren an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden, indem beispielsweise die Schaufeleinstellung überprüft wird.

4.12 Beleuchtung

Im Bereich der Beleuchtung ist der Fokus bei den Handlungsmaßnahmen zur Energieeffizienz auf die Leuchtenart, die Lichtverhältnisse und/oder die Steuerung der Beleuchtung zu legen. Je nach Gegebenheiten der Produktion kommen unterschiedliche Lichtkonzepte zur Anwendung. Die Effizienzmaßnahmen richten sich nach den Rahmenbedingungen (z. B. Anforderungen an die Beleuchtung), typische Einsparpotenziale liegen zwischen 10 und 30 %.

Individuelle Lichtkonzepte

Einige grundsätzliche Maßnahmen ergeben sich fast immer:
So sind der Austausch von konventionellen Lampen durch Energiesparlampen und der Wechsel von Standard-Leuchtstoffröhren zu 3-Banden-Leuchtstoffröhren inklusive elektronischer Vorschaltgeräte immer mit einem wirtschaftlich vorteilhaften Einsparpotenzial behaftet.

Wechsel der Leuchtstoffröhren und Vorschaltgeräte

Ein bedarfsgerechtes Beleuchtungskonzept ist ein weiterer Baustein zur Steigerung der Energieeffizienz. Hierzu ist die aufgabenbezogene Beleuchtungsstärke (DIN 12464) an den jeweiligen Arbeitsplätzen zu ermitteln und mit der übergeordneten Hallenbeleuchtung abzustimmen, um daraufhin die Anzahl und Anordnung der Lampen festzulegen.

DIN 12464

Im Bereich der Beleuchtungssteuerung gibt es ebenfalls verschiedene Möglichkeiten, den Energiebedarf zu senken. Mithilfe eines Konzepts von Bewegungsmeldern, Zeitschaltern und gesteuerter Helligkeitsregelung sind Energieeinsparungen möglich, wobei diese abhängig von der Art der Nutzung entwickelt werden müssen (z. B. sind Lagergassen nur bei Betreten zu beleuchten). Weiterhin sollte die Nutzung des Tageslichts in Betracht gezogen werden, indem eine tageslichtabhängige Steuerung eingesetzt wird.

Wechselwirkung mit der Raumwärme

Grundsätzlich sollte eine helle Umgebung geschaffen werden (helle Raumfarbe), um die Lichtabsorption zu minimieren.

Die Beleuchtung hat, je nach Art und Intensität, Auswirkungen auf die benötigte Heizenergie, da sie die elektrische Energie meist nur zu weniger als 20 % in Licht wandelt und der Rest als Wärme an die Umgebung abgegeben wird. Sie steht daher in Wechselwirkung mit der Raumwärme und kann bei Veränderung des Beleuchtungssystems einen veränderten Wärmebedarf nach sich ziehen.

5. Ergebnisse des Modellprojekts

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse stammen überwiegend aus dem hessischen Modellprojekt „Energieeffizienz bei Großverbrauchern". Hierbei wurden in den jeweiligen Unternehmen nach einer Datenaufnahme die Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz analysiert und konkrete Maßnahmen zur Umsetzung vorgeschlagen. Ergänzend werden im Kapitel „Heizung | Lüftung" sowie „Wärmeverbund" Ergebnisse aus weiteren Projekten vorgestellt.

5.1 Beleuchtung

Der Energieaufwand für Beleuchtung kann bei Großverbrauchern einen Anteil von 10 % an den Gesamtenergiekosten überschreiten. Dies wird häufig unterschätzt. Das Fallbeispiel soll zeigen:

- wie groß das Einsparpotenzial in der Beleuchtung ist und
- wie schnell sich diese Maßnahme amortisieren kann.

Im dargestellten Fall handelt es sich um eine Produktionshalle, die zum Teil schon mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) ausgestattet war (10 %). Die Ausleuchtung der Halle war im alten Zustand bereits sehr gut, sodass die Beleuchtungsstärke nicht verändert werden musste.

Es wurden zwei verschiedene Varianten analysiert. Variante 1 umfasst einen kompletten Austausch der Leuchten, Variante 2 einen Austausch der Lampen sowie in beiden Fällen den Einsatz elektronischer Vorschaltgeräte.

Tabelle 3: Rahmenbedingungen, Beispiel Beleuchtung

Betriebsbedingungen	
Nutzungsdauer	6.000 h/a
Durchschnittliche Lebensdauer	KVG[11] : 13.000 h EVG[12] : 20.000 h
Beleuchtungsstärke	300 lx
Fläche	4.000 m²
Energiekosten	
Strom	100 €/MWh
Wirtschaftlichkeit	
Abschreibungsdauer	5 a
Kalkulatorischer Zins	5,5 %

11 KVG = Konventionelles Vorschaltgerät

12 EVG = Elektronisches Vorschaltgerät

Optimierungspotenzial der Beleuchtung ohne Steuerung			
	Bestehende Anlage	**Variante 1**	**Variante 2**
Leuchte/Lampe	Freistrahler-Lichtbandleuchte, 2*58W/T8, 26 mm	Reflektor-Lichtbandleuchte, 1*54W/T5, 3-Banden-Leuchtstofflampe	Freistrahler-Lichtbandleuchte, 2*58W/T8, 3-Banden-Leuchtstofflampe
Anzahl Lampen	300	192	230
Art des Vorschaltgeräts	90 % KVG, 10% EVG	100 % EVG	100 % EVG
Systemleistung/Lampe, KVG	71 W	-	-
Systemleistung/Lampe, EVG	57 W	52 W	57 W
Anschlussleistung	20.880 W	9.984 W	13.110 W
Spez. Stromverbrauch	5,2 W/m²	2,5 W/m²	3,3 W/m²
Verbrauch	125,3 MWh/a	59,9 MWh/a	78,7 MWh/a
Betriebskosten			
Betriebskosten Lampen	332 €/a	217 €/a	175 €/a
Betriebskosten Strom	12.528 €/a	5.990 €/a	7.866 €/a
Betriebskosten gesamt	**12.860 €/a**	**6.207 €/a**	**8.041 €/a**
Kosteneinsparung	**-**	**6.653 €/a**	**4.820 €/a**
Investitionskosten			
Anzahl benötigter Leuchten	-	192	104
Komplettpreis pro Leuchte	-	46,68 €	28,00 €
Gesamtpreis Anlage	**-**	**8.963 €**	**2.898 €**
Interne Verzinsung	-	69 %	165 %
Statische Amortisationszeit	-	1,35 a	0,6 a

Tabelle 4: Ergebnisse, Beispiel Beleuchtung

Die nachfolgende Grafik (Abbildung 15) stellt die Ergebnisse der obigen Tabelle dar. Sie zeigt, dass Variante 1 umfangreiche Optimierungspotenziale erschließt, auf diese Weise werden die Betriebskosten um 52 % gesenkt. Die Investitionskosten von 9.000 € amortisieren sich nach 1,35 Jahren. Variante 2 erfordert geringere Investitionen und mindert die Betriebskosten um 38 % pro Jahr. Die Amortisationsdauer beträgt 0,6 Jahre.

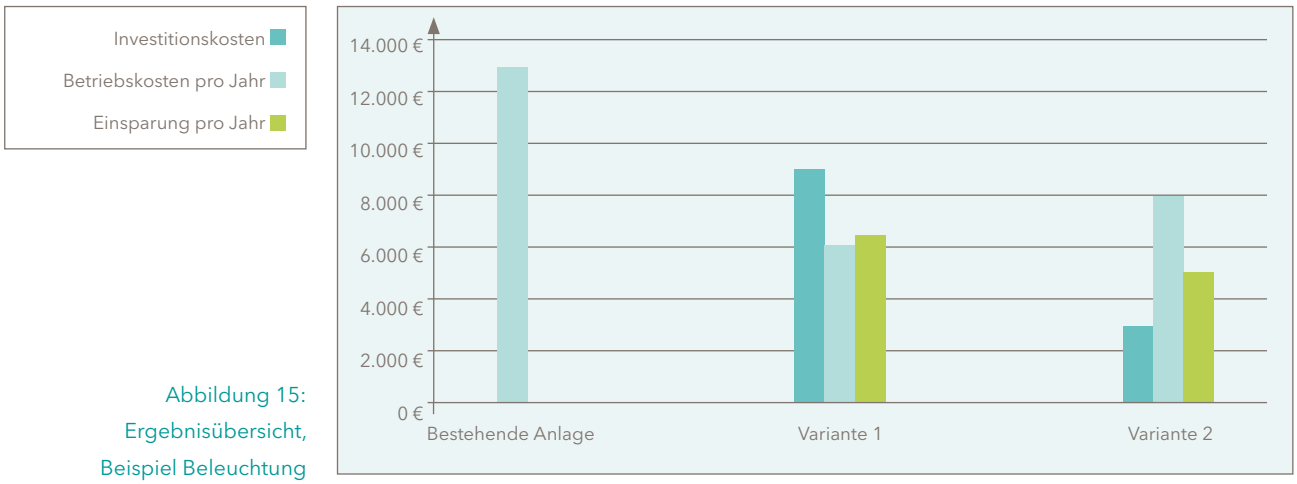


Abbildung 15: Ergebnisübersicht, Beispiel Beleuchtung

Das Unternehmen hat sich für den Einsatz von Reflektorleuchten (Variante 1) entschieden. Allerdings wird keine einmalige Investition getätigt. Die Leuchten werden sukzessive bei Defekten ausgetauscht.

Als zukünftige Maßnahme wird eine intelligente Steuerungstechnik in Betracht gezogen, welche Lichtdimmung, Präsenzmelder und persönliche Einstelloptionen umfasst.

5.2. Pumpentechnik

Tabelle 5: Rahmenbedingungen, Beispiel Pumpentechnik

Randbedingungen	
Betriebsstunden	6.000 h
Energiekosten	
Arbeitspreis Strom	100 €/MWh
Wirtschaftlichkeit	
Lebensdauer	15 a
Kalkulatorische Zinsen	5 %

Umwälzpumpen sind in den meisten Betrieben die „heimlichen Energiefresser". Da die Versorgung der Fabriken mit verschiedenen Medien auf die Arbeit von Pumpen angewiesen ist, ist eine Energieeffizienzbetrachtung in diesem Bereich relevant. Sie gehören zudem zu jenen Systemen, die aufgrund der langen Betriebszeiten sehr viel Energie verbrauchen.

Eine Stichprobenentnahme der vorhandenen Pumpen im Betrieb hat ergeben, dass diese eine Effizienzklasse von C, D bzw. E aufwiesen. Die realisierbaren Einsparungen elektrischer Energie durch den Ersatz der alten Pumpen durch eine neue Serie von Hocheffizienz-Pumpen werden in Abbildung 16 dargestellt. Hierbei wurde ein Belastungsprofil (Anzahl der Stunden bei verschiedenen Teillasten) zur Berechnung des Energiebedarfs hinterlegt.

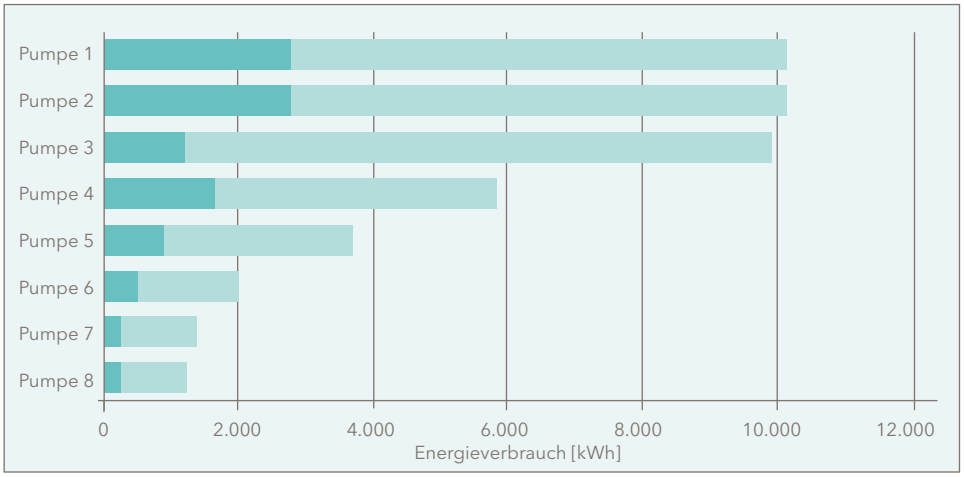


Abbildung 16: Energieverbrauch, Beispiel Pumpentechnik

Aus diesem Vergleich wurde das Potenzial für die dargestellten Pumpen ermittelt.

Optimierungspotenzial der Pumpentechnik		
	Vorhandene Pumpen	**Hocheffizienzpumpen**
Gesamtenergieverbrauch	43,7 MWh/a	10,0 MWh/a
Betriebskosten	**4.370 €/a**	**1.000 €/a**
Kosteneinsparungen	**-**	**3.370 €/a**
Investitionskosten	**-**	**12.600 €**
Interne Verzinsung	-	26 %
Statische Amortisationszeit	-	3,7 a

Tabelle 6: Ergebnisse, Beispiel Pumpentechnik

Es ergibt sich daraus eine mögliche Einsparung von 33,7 MWh/a bzw. 3.370 €/a bei einer Investition von 12.600 €. Die Amortisationszeit liegt bei 3,7 Jahren bei einer internen Verzinsung von 26 %.

Das Unternehmen hat sich entschlossen, den Austausch kontinuierlich bei einer ohnehin bevorstehenden Investition vorzunehmen. Vor allem bei einer geplanten Ersatzinvestition alter Pumpen sollte die Energieeffizienzklasse berücksichtigt werden, auch wenn die Investitionen gegenüber vergleichbaren Pumpen mit schlechterem Wirkungsgrad höher sind.

Tabelle 7: Rahmenbedingungen, Beispiel Granulattrocknung

Betriebsbedingungen	
Zu trocknender Kunststoff	3.000 t
Betriebsdauer	4.500 h
Trocknerauftteilung dezentral/zentral	50 %/50 %
Energiekosten	
Strom	140 €/MWh
Wirtschaftlichkeit	
Lebensdauer	10 a
Kalkulatorischer Zins	5 %

5.3 Granulattrocknung

Einige Kunststoffgranulate müssen für ihre weitere Verarbeitung auch aufgrund ihrer hygroskopischen Eigenschaften getrocknet werden. Die Granulattrocknung zeichnet sich durch einen hohen Wärmebedarf aus.

In einem kunststoffverarbeitenden Betrieb wurde für die Trocknung eine Heizleistung von 22 kW berechnet. Für das eingesetzte Gebläse wurde eine elektrische Leistung von 12 kW ermittelt, für die Regenerationsleistung 19 kW. Somit ergab sich eine Gesamttrockenleistung von 53 kW.

Die Trockner waren sowohl dezentral, d. h. direkt an den Spritzgussmaschinen, sowie zentral aufgestellt, d. h. ein Trockner für mehrere Spritzgussmaschinen. Es ergaben sich verschiedene Wirkungsgrade beim Aufheizen (65 % dezentral bzw. 92 % zentral) und Transportwärmeverluste in den Versorgerschläuchen (ca. 8 % dezentral bzw. ca. 15 % zentral). Der Nettostrombedarf belief sich daher auf 240 MWh/a.

Zur Bestimmung des Energieeffizienzpotenzials werden zwei Szenarien betrachtet:

Variante 1 ist eine zentrale Trocknungsanlage mit Standard-Prozessabläufen. Variante 2 schließt zusätzlich einen optimierten Prozessablauf mit ein.

Tabelle 8: Ergebnisse, Beispiel Granulattrocknung

Optimierungspotenzial der Granulattrocknung				
	Bestehende Anlage		**Variante 1**	**Variante 2**
Art	dezentral	zentral	zentral	zentral
Energieverbrauch (Netto)	120 MWh/a	120 MWh/a	240 MWh/a	206 MWh/a
Energienutzungsgrad[13]	53,8 %	70,4 %	70,4 %	70,4 %
Gesamtenergieverbrauch	393 MWh/a		341 MWh/a	293 MWh/a
Betriebskosten	**55.000 €/a**		**47.700 €/a**	**41.000 €/a**
Kosteneinsparungen	-		**7.300 €/a**	**14.000 €/a**
Investitionskosten	-		**100.000 €**	**110.000 €**
Interne Verzinsung	-		-5 %	5 %
Statische Amortisationszeit	-		13,6 a	7,8 a

13 Berechnet sich aus Leitungsverlusten und Wirkungsgraden der Erzeugung

Bei Variante 2 ergeben sich Einsparungen von 100 MWh/a (25 %). Die Betriebskosten reduzieren sich somit auf 41.000 €/a. Dies entspricht einer Kostenersparnis von 14.000 €/a. In beiden Szenarien ist die zentrale Trocknungsanlage effizienter als das dezentrale Konzept.

Für die Neuanschaffung des Trockners sowie die notwendigen Verbindungen und Schläuche zum Anschließen an die Spritzgussmaschinen sind insgesamt Investitionskosten von ca. 100.000 € zu erwarten. Die zusätzliche Abstimmung der einzelnen Prozesse verursacht Mehrkosten von 10.000 €.

Aufgrund von Umbaumaßnahmen musste bei dem Unternehmen ein neues Trocknerkonzept entwickelt werden. Die Entscheidung fiel auf Basis der geringen Betriebskosten und der besseren wirtschaftlichen Kennzahlen auf Variante 2.

5.4 Kältetechnik

Randbedingungen	
Betriebsstunden	6.000 h
Auslastung	75 %
Energiekosten	
Strom	100 €/MWh
Wirtschaftlichkeit	
Lebensdauer	15 a
Kalkulatorischer Zins	5,5 %

Tabelle 9: Rahmenbedingungen, Beispiel Kältetechnik

Um eine effiziente und gleichzeitig energie- und damit kostensparende Kühlung für Betriebe zu gewährleisten, ist eine detaillierte Betrachtung des Kältebedarfs sowie der Kälteerzeugung notwendig. Hierbei sind die jeweils benötigten Vorlauftemperaturen im Kältenetz von zentraler Bedeutung.

In einem Beispielunternehmen gibt es bereits eine Trennung zwischen dem Kreislauf der Werkzeugkühlung und der Hydraulikkühlung von Maschinen. Die Kühlwasservorlauftemperatur der Werkzeuge liegt bei 14 °C, während die Hydraulikkühlung moderner Maschinen mit Kühlwassertemperaturen von 30 °C arbeitet.

Die Werkzeugkühlung wurde bereits aus einer Kombination von Kompressionskälte (375 kW) und Freiluftkühlung zur Winterentlastung (200 kW) bereitgestellt. Bei Außentemperaturen von $t_{amb} \leq 7$ °C erbringt der Freikühler die vollständige Kälteleistung. Bis zu $t_{amb} = 12$ °C kann er in der Vorstufe der Kältemaschine verwendet werden und somit das Medium bereits vorkühlen.

Ab Temperaturen $t_{amb} \geq 12$ °C ist die Kältemaschine zu 100 % im Betrieb.

Das Einsparpotenzial der Werkzeugkühlung ist die Erweiterung des Kühlkonzeptes um einen weiteren Freikühler von 400 kW.

Die Hydraulikkühlung erfolgte bisher durch einen Kühlturm. Aufgrund des benötigten Temperaturniveaus von 30 °C, kann die Kälte aus effizienz- und kostentechnischen Aspekten ebenfalls mittels Freikühler erzeugt werden. Zur Spitzenlastabdeckung findet das am Standort verfügbare Brunnenwasser mit 10 °C Verwendung.

Die Investitionskosten von 36.000 € für den Freikühler amortisieren sich nach 2,2 Jahren durch verringerte Laufzeiten der Kompressionskältemaschinen und den eingesparten Betriebskosten des Kühlturms.

Das Konzept, mit verschiedenen Kühlkreisläufen auch verschiedene Kühlverfahren zu kombinieren, ist auf andere Unternehmen mit hohem Kältebedarf übertragbar. Dabei sind vor allem Freikühler eine gute Ergänzung, um den Energieverbrauch der Kälteanlagen zu senken. Sie können allerdings nur bei niedrigen Außentemperaturen effizient arbeiten, ansonsten muss eine Kältemaschine die Kühlung übernehmen.

Je nach Größe des Produktionsstandortes, nach benötigter Kältemenge und Temperaturniveaus ist ein individuelles Kältekonzept zu erstellen.

Tabelle 10: Ergebnisse, Beispiel Kältetechnik

Optimierungspotenzial der Kältetechnik				
	Bestehende Anlage		**Variante mit zusätzlichem Freiluftkühler**	
Art	Werkzeugkühlung	Hydraulikkühlung	Werkzeugkühlung	Hydraulikkühlung
Energieverbrauch	525 MWh/a	30 MWh/a	370 MWh/a	15 MWh/a
Gesamtenergieverbrauch	555 MWh/a		385 MWh/a	
Betriebskosten	**55.000 €/a**		**38.500 €/a**	
Kosteneinsparungen	**-**		**16.500 €/a**	
Investitionskosten	**-**		**36.000 €**	
Interne Verzinsung	-		45 %	
Statische Amortisationszeit	-		2,2 a	

5.5 Heizung | Lüftung

Tabelle 11: Rahmenbedingungen, Beispiel Heizung/Lüftung

Energiekosten	
Gas	45 €/MWh

Im Bereich der Heizung | Lüftung gibt es viele Wechselwirkungen innerhalb einer Produktionshalle, z. B. mit der Abwärme der Maschinen und der Beleuchtung. Diese sind bei der Auslegung von Lüftungsanlagen zu berücksichtigen.

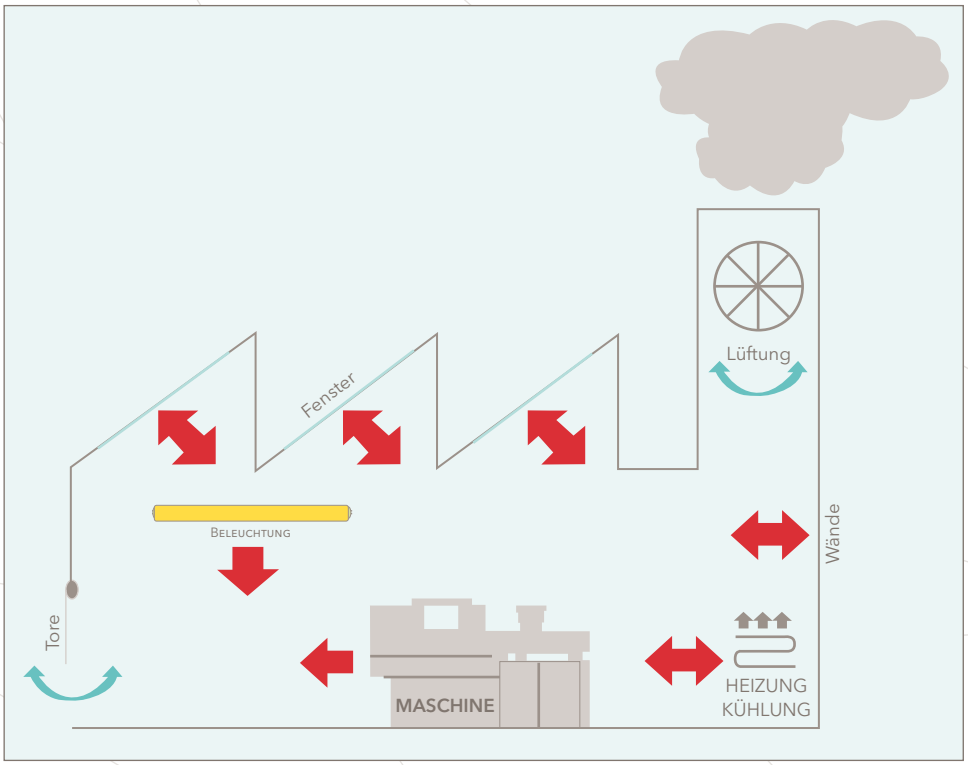


Abbildung 17:
Energieströme,
Beispiel Heizung | Lüftung

In diesem Fallbeispiel wurden 10 Hallen, im Mittel etwa 30 Jahre alt, eines Industriebetriebes betrachtet. Die Grundfläche beträgt 24.000 m², auf denen eine Vielzahl an abwärmeintensiven Maschinen untergebracht ist (z. B. Sinterofen, Spritzgussmaschinen).

Die Lüftung erfolgt fast ausschließlich über natürliche Ventilation (Fenster, Türen, Tor).

Der Wärmebedarf wurde im Projekt anhand einer thermischen Gebäudesimulation ermittelt. Die Schwierigkeit lag dabei darin, die Undichtigkeit der Gebäude sowie die Luftwechselrate der natürlichen Ventilation richtig abzuschätzen. Das Ergebnis der Simulation wurde mit bisherigen Verbrauchsdaten verifiziert. Es ergab sich eine benötigte Heizenergie von 6.000 MWh/a, das entspricht 270.000 € an jährlichen Heizkosten.

In der Simulation hat sich gezeigt, dass

» eine Nachtabsenkung in den Produktionsbereichen um 5°C
» und ein Absenken der Temperaturen in den Lagerbereichen auf 15°C

bis zu 10 % der gesamten Heizenergie einsparen könnte. Dies bedeutet eine sofortige Einsparung in Höhe von 27.000 €/a, ohne dass Investitionen getätigt werden müssen.

Die Absenkung der Raumtemperatur kann durch Änderung der Steuerungsparameter erzielt werden.

Aufgrund des Alters und der Baufälligkeit der Lagerhallen bestehen weitere Einsparpotenziale:

» Abdichten der Gebäudehülle
» Verbessern der Gebäudedämmung
» Ersetzen von Wärmebrücken
» Temperaturgesteuerte Lüftungsklappen.

5.6 Wärmeverbund

Tabelle 12: Rahmenbedingungen, Beispiel Wärmeverbund

Effektivität	
Wirkungsgrad Heizung	90 %
COP[14] Kältebereitstellung	2,4
Energiekosten	
Strom	102 €/MWh
Gas	43 €/MWh
Wirtschaftlichkeit	
Lebensdauer	15 a
Kalkulatorischer Zins	5 %

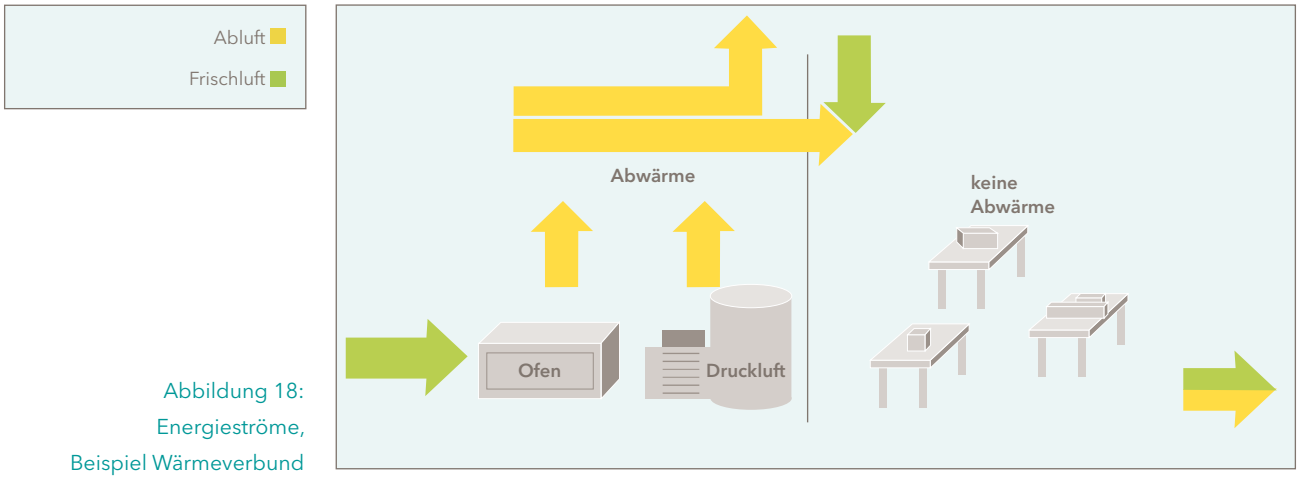


Abbildung 18: Energieströme, Beispiel Wärmeverbund

Im betrachteten Betrieb befinden sich zwei angrenzende Fertigungsbereiche, die in obiger Grafik beispielhaft dargestellt sind. In einem Raum ist eine Handmontage untergebracht, in welcher vor allem im Winter eine Beheizung notwendig ist. Im angrenzenden Gebäudeteil stehen viele Maschinen, die Abwärme an den Raum abgeben. Gleichzeitig darf in diesem Raum eine gewisse Maximaltemperatur nicht überschritten werden. Dies führt dazu, dass über das gesamte Jahr eine intensive Raumkühlung notwendig ist.

Die Lüftung in diesem Raum war unterdimensioniert, sodass die Temperaturvorgaben nicht eingehalten werden konnten.

Aufgrund dessen wurde nach einer intelligenten, energieeffizienten Lösung gesucht. Hierzu wurde eine thermische Gebäudesimulation durchgeführt, welche einen Wärmeverbund zwischen beiden Geschossen herstellt sowie eine gesteuerte und verstärkte Lüftung betrachtet.

Bei niedrigen Außenlufttemperaturen ist es sinnvoll, die warme Abluft des linken Raumes in den rechten zu übertragen (siehe Abbildung 18) und auf eine zusätzliche Beheizung zu verzichten. Die warme Abluft ist nicht mit Emissionen kontaminiert, so darf die Wärme ohne einen Wärmeübertrager eingebracht werden.

Mithilfe dieser Maßnahmen ist es möglich, die Energiekosten um 52 % (von 20.700 €/a auf 10.000 €/a) zu reduzieren. Die Umbaumaßnahmen kosten 50.000 €, die Amortisationszeit liegt bei 4,7 Jahren.

14 Mit COP (Coefficient of Performance) wird der thermische Wirkungsgrad von Kältemaschinen bezeichnet.

Optimierungspotenzial des Wärmeverbundes				
	Bestehende Anlage		Wärmeverbund	
Art	Wärme	Kälte	Wärme	Kälte
Energieverbrauch	204 MWh/a	117 MWh/a	64 MWh/a	71 MWh/a
Gesamtenergieverbrauch	321 MWh/a		135 MWh/a	
Betriebskosten	**20.700 €/a**		**10.000 €/a**	
Kosteneinsparungen	-		**10.700 €/a**	
Investitionskosten	-		**50.000 €**	
Interne Verzinsung	-		20 %	
Statische Amortisationszeit	-		4,7 a	

Tabelle 13: Ergebnisse, Beispiel Wärmeverbund

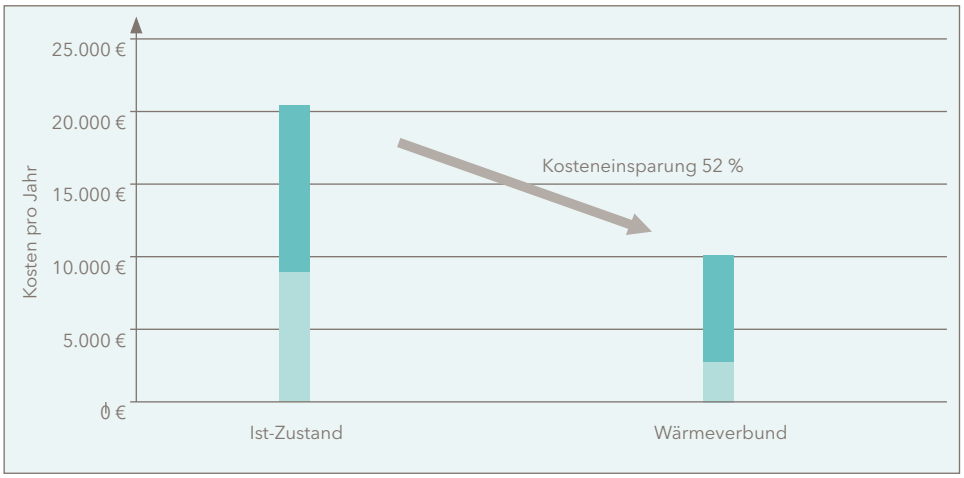


Abbildung 19: Ergebnisübersicht, Beispiel Wärmeverbund

Die Grafik stellt die Kosten der Wärme und Kälte vor und nach den Änderungen in der Simulation dar. Das Konzept wurde teilweise umgesetzt, da eine veränderte Nutzungsbedingung der Halle dies erforderte.

5.7 Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Bedarfsannahmen	
Strom	10.000 MWh/a
Wärme	6.700 MWh/a
Kälte	900 MWh/a
Energiekosten	
Strom	95 €/MWh
Wärme	63 €/MWh
Gas	50 €/MWh
Wirtschaftlichkeit	
Lebensdauer	15 a
Kalkulatorischer Zins	5,0 %

Tabelle 14: Rahmenbedingungen, Beispiel Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Die Betrachtung von Energieeffizienz im Betrieb schließt die Effizienz in der Energiebereitstellung mit ein.

In dem betrachteten Unternehmen sind die Spritzgussprozesse anteilig die Hauptverbraucher von elektrischer Energie. Neben dem Strombedarf liegt ein Wärme- und Kältebedarf vor. Obwohl die Maschinen aufgrund des hohen Temperaturniveaus beim Spritzgießen einen gewissen Teil ihrer Anschlussleistung als Wärme an die Umgebung abgeben, ist vor allem in den Wintermonaten mit einem zusätzlichen Heizbedarf zu rechnen. Der Kältebedarf dagegen basiert auf der Anforderung der Werkzeug- und Hydraulikkühlung im Prozess.

Da die Anforderungen des Unternehmens an eine nun eigenständige Wärmeversorgung gleichzeitig mit der Effizienzanalyse einhergehen, wird die Option einer dezentralen Energieversorgung geprüft.

Das Kernstück der dezentralen Energieversorgung bildet ein mit Erdgas betriebenes Blockheizkraftwerk (BHKW), das zum einen elektrische Energie erzeugt und zum anderen durch den Einsatz von Wärmeübertragern die anfallende Kühlwasser- und Abgaswärme in einen Heizkreis überführt, speichert und zur Speisung des Heizsystems verwendet.

Da in den Sommermonaten die anfallende Wärme für die Heizung im Unternehmen nicht benötigt wird, ist die Umwandlung in Kälte mittels einer Absorptionskältemaschine vorgesehen. Mit dem Effekt, dass der elektrische Energiebedarf bei der Erzeugung von Kompressionskälte eingespart und durch den Einsatz der Abwärme ersetzt werden kann, wird eine effiziente Energiebereitstellung und ein hoher Ausnutzungsgrad der dezentralen Energieversorgung (>80 %) realisiert.

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden zwei Konzepte gegenübergestellt: Das Blockheizkraftwerk auf Basis von Erdgas gegenüber einer konventionellen Lösung mit Heizkesseln und einer Stromversorgung aus dem Netz der öffentlichen Versorgung.

Der Heizbedarf wurde mittels thermischer Gebäudesimulation ermittelt, da der Jahresverlauf des Wärmebedarfs häufig nicht bekannt ist bzw. nur abgeschätzt werden kann.

Die Energiebereitstellung wurde mit zwei Blockheizkraftwerken, die nach dem Wärmebedarf ausgelegt wurden, geplant. Mit jeweils einer Leistung von 340 kW_{el} und 481 kW_{th} werden Strom, Wärme und Kälte für den Standort produziert. Das Kälteaggregat hat eine Leistung von 375 kW_{el}, der zusätzliche Kessel zur Abdeckung des Spitzenbedarfs eine Leistung von 1 MW_{th}.

Die folgende Tabelle zeigt die wesentlichen Ergebnisse der Planung.

Tabelle 15: Ergebnisse, Beispiel Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Optimierungspotenzial der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung		
	Konventionelle Lösung	**KWKK**
Strom	10.000 MWh/a	10.000 MWh/a
Wärme	6.700 MWh/a	6.700 MWh/a
Kälte	900 MWh/a	900 MWh/a
Jährliche Anlagenkosten	**1.570.000 €/a**	**1.300.000 €/a**
Kosteneinsparung	**-**	**270.000 €/a**
Investitionskosten	**-**	**1.000.000 €**
Interne Verzinsung	-	26 %
Statische Amortisationszeit	-	3,7 a

Die Betriebskosten der Energieversorgungseinheit sind aufgrund des höheren Brennstoffausnutzungsgrades und der daraus folgenden günstigeren Produktion der benötigten Energie geringer als die Verbrauchskosten der Heizkessel-Variante.

Die Kosteneinsparungen basieren auf der Differenz der jährlichen Anlagenkosten der bisherigen Heizvariante zu dem Einsatz der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung.

Im Ergebnis zeigt sich, dass sich die Mehrinvestitionen nach knapp 3,7 Jahren amortisieren.

5.8 Simulationsgestützte Energieeffizienzbetrachtung

Zur gesamtheitlichen Untersuchung der Energieeffizienz wurde in diesem Fallbeispiel ein Simulationsmodell erstellt, in welchem die einzelnen Energieströme sowie deren Vernetzung abgebildet sind. Mithilfe dessen wurde untersucht, wie durch Einzelmaßnahmen und eine sinnvolle Verkettung der Energieströme Energie- und Kosteneinsparungen realisiert werden können.

In einem kunststoffverarbeitenden Betrieb werden Bauteile im Spritzgussverfahren hergestellt und in einem anschließenden Montageprozess zu Modulen zusammengesetzt. Der Fertigungsbereich gliedert sich in zwei Einheiten: die Spritzgussfertigung sowie den Montagebereich.

In den nachfolgenden Tabellen sind die wesentlichen Daten zu Energie (Tabelle 16) sowie den Maschinen und Anlagen (Tabelle 17) des Unternehmens aufgeführt.

Die Analyse der Energiebilanz des Betriebes zeigt, dass die Wärmebereit-

Energiekosten	
Strompreis	0,11 €/kWh
Erdgaspreis	0,05 €/kWh
Granulatdurchsatz	1.500 t/a
Energiebedarf	
Strombedarf	5.350 MWh/a
Wärmebedarf	1.000 MWh/a
Kältebedarf	2.560 MWh/a
Druckluftbedarf	1,28 Mio. m³/a

Tabelle 16: Rahmenbedingungen, Beispiel simulationsgestützte Energieeffizienzbetrachtung

	Maschinen/Anlagen	Anzahl	elektr. Leistungsbedarf
Halle 1 (8.000 m³)	Spritzgussmaschinen	20	56 kW
	Trocknungsanlagen	2	49 kW
	Beleuchtung	1	18 kW
	Druckluftanlage	1	40 kW
Halle 2 (4.000 m³)	Montageanlage	5	6 kW
	Beleuchtung	1	15 kW

Tabelle 17: Maschinen und Anlagen, Beispiel simulationsgestützte Energieeffizienzbetrachtung

stellung an den Maschinen und Anlagen häufig durch Strom erfolgt. Zudem wird mechanische Energie nahezu ausschließlich durch Einsatz von Druckluft realisiert.

Der Heizbedarf des Spritzgussbereiches beträgt 2.240 MWh/a. Da alle Anlagen zu einem Wärmeeintrag in die Halle führen, ergibt sich ein Wärmeüberschuss, welcher den Heizbedarf um 970 MWh/a überschreitet. Die

Aus der Bilanzierung ergibt sich ein Gesamtstrombedarf von 7.040 MWh/a und ein Erdgasbedarf von 1.240 MWh/a. Hieraus resultieren jährliche Energiekosten von 836.000 €.

Die dargestellte Situation zeigt ein erhebliches Einsparpotenzial auf, welches anhand von Energieeffizienzmaßnahmen im Simulationsmodell detailliert wurde. Hierzu wurden zwei Varianten untersucht.

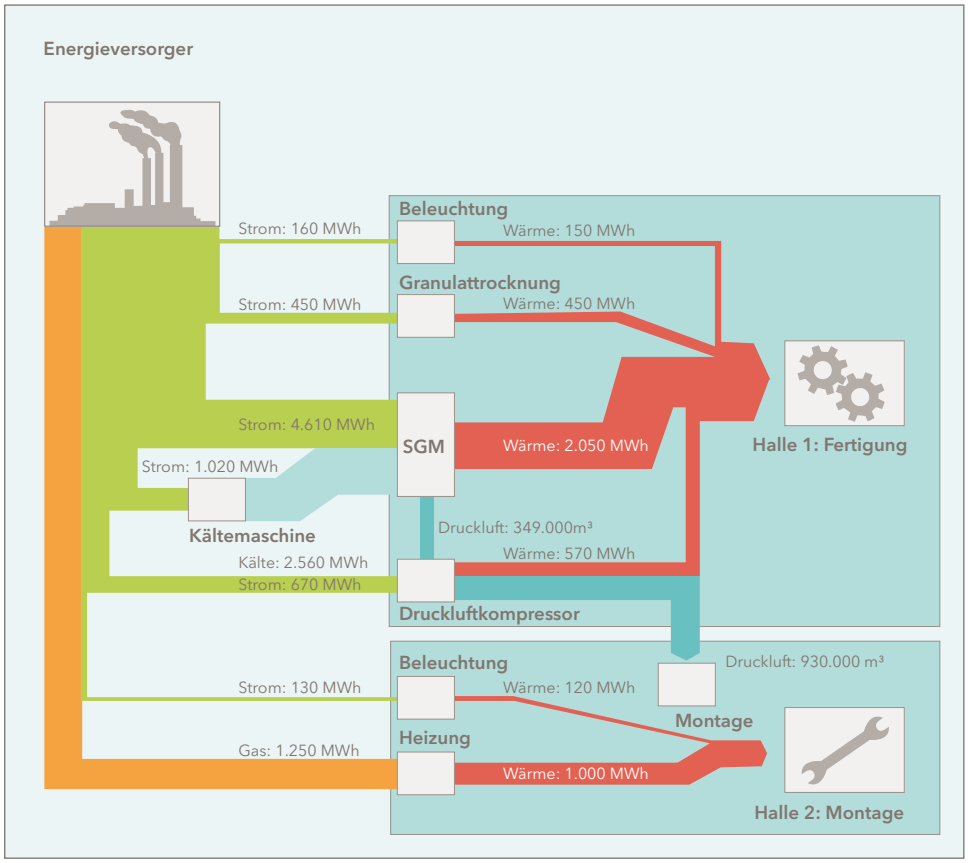


Abbildung 20: Jährliche Energieströme der Ausgangssituation, Beispiel simulationsgestützte Energieeffizienzbetrachtung[15]

überschüssige Wärme wird über die Lüftungstechnik abgeführt und bleibt damit ungenutzt. In der Montagehalle dagegen besteht ein Heizbedarf von 1.000 MWh/a, der durch einen erdgasbetriebenen Heizkessel gedeckt wird.

In Abbildung 20 sind die zeitlich entkoppelten (mengenmäßigen) Energieströme des Betriebes dargestellt.

Variante 1: Reduzierung von Wandlungsverlusten und Wärmerückgewinnung

In der ersten Variante erfolgt eine Direktbeheizung der Spritzgussmaschinen und der Granulattrocknungsanlage mittels Erdgas. Des Weiteren werden die Druckluftprozesse beispielsweise über Servomotoren ersetzt. Es findet zudem eine thermische Energierückführung (Wärmerückgewinnung) zwischen Spritzgussmaschinen und Granulattrocknung statt. Die weiterhin vorhandene Abwärme wird zur Kältebereitstellung mittels einer Absorp-

15 SGM = Spritzgussmaschine, Kältemaschine = Kompressionskältemaschine

tionskälteanlage genutzt. Diese deckt jedoch nicht den gesamten Kältebedarf der Spritzgussmaschinen, weshalb der Einsatz einer Kompressionskältemaschine weiterhin notwendig ist.

Im Vergleich zwischen der Ausgangssituation und dieser Variante wird deutlich, dass die Spritzgussmaschinen aufgrund der Direktbeheizung nun einen um 1.030 MWh/a geringeren Stromverbrauch haben. Im Gegenzug gewinnung und verstärkte Nutzung von Erdgas, verringern den Strombedarf um 1.900 MWh/a. Gleichzeitig steigt der Erdgasbedarf um 2.060 MWh/a an. Die Energiekosten reduzieren sich um 110.000 €/a.

Der Primärenergiebedarf sinkt damit gegenüber der Ausgangssituation, da hohe Wandlungsverluste in der Vorkette der elektrischen Energiebereitstellung vorhanden sind.

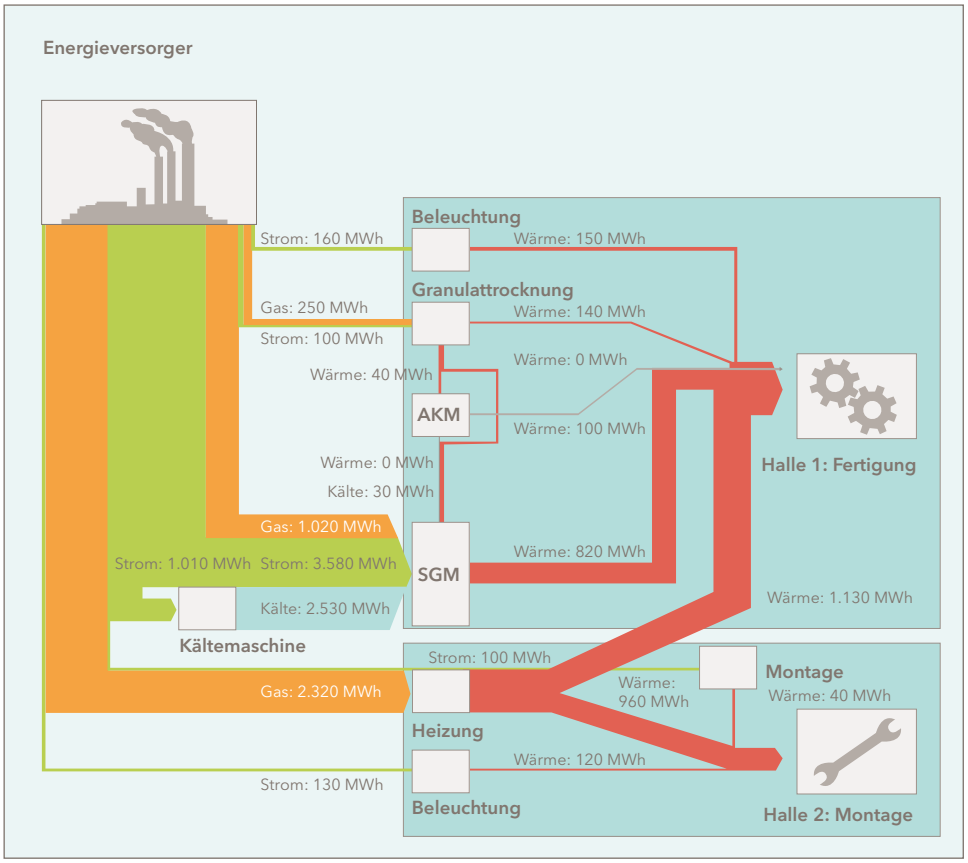


Abbildung 21:
Jährliche Energieströme der Variante 1, Beispiel simulationsgestützte Energieeffizienzbetrachtung[16]

erhöht sich der Gasverbrauch, welcher niedrigere spezifische Energiekosten hat und damit zu einer Kostensenkung führt.

Die Effizienzmaßnahmen führen zu einer Reduzierung der inneren Lasten und somit zu einer Erhöhung des Heizbedarfs. Die Energieströme, die sich nach Durchführung der Maßnahmen ergeben, sind in Abbildung 21 veranschaulicht.

Die Verbesserungen in dieser Variante, vor allem die effiziente Wärmerück-

Variante 2: Nutzung von Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

In dieser Variante erfolgt, zusätzlich zu Variante 1, die Energiebereitstellung über ein erdgasbetriebenes Blockheizkraftwerk (BHKW), dessen Wärme zur Raumbeheizung sowie zur Kältebereitstellung durch die Absorptionskälteanlage genutzt wird. Die Kompressionskältemaschine sowie der Heizkessel sind nicht mehr notwendig.

Zur Veranschaulichung sind die Energieströme in Abbildung 22 dargestellt.

16 SGM = Spritzgussmaschine, AKM = Absorptionskältemaschine, Kältemaschine = Kompressionskältemaschine

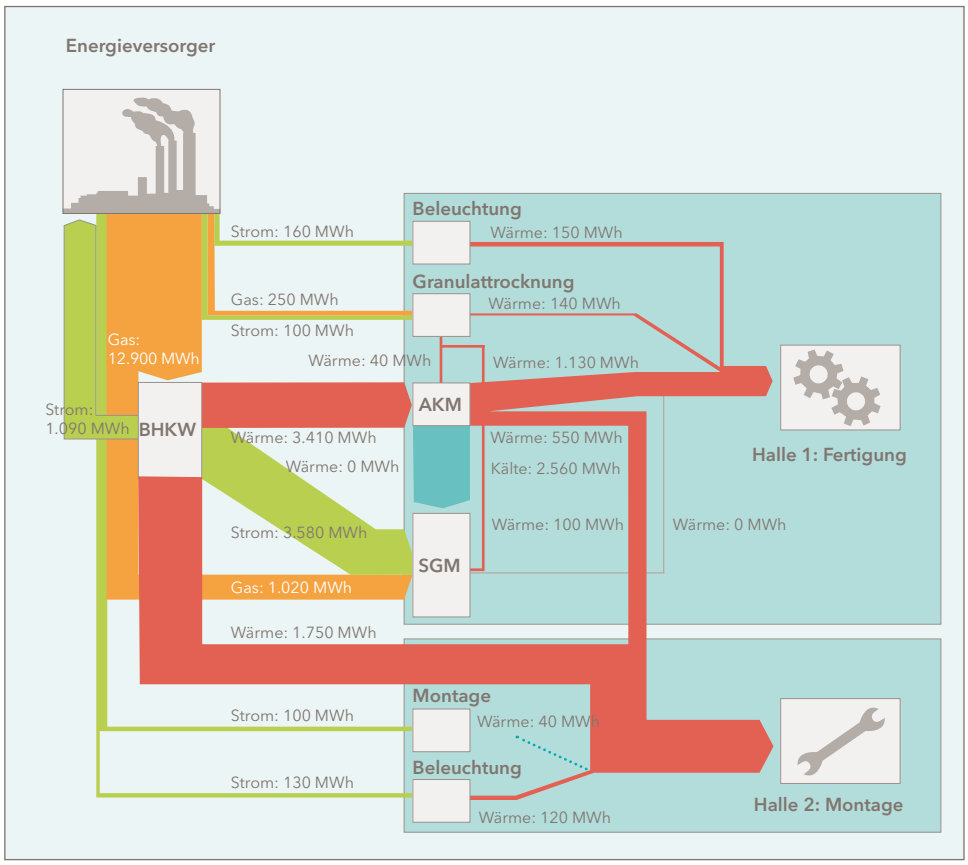


Abbildung 22: Jährliche Energieströme der Variante 2, Beispiel simulationsgestützte Energieeffizienzbetrachtung[17]

Mit dieser Variante wird im Vergleich zur Ausgangssituation der elektrische Energiebedarf um 2.900 MWh/a gesenkt. Der Erdgasbedarf steigt um 12.260 MWh/a. Aufgrund des wärmegeführten Betriebs erzeugt das BHKW mehr Strom als zum Betrieb der Produktion notwendig ist. Es erfolgt eine Einspeisung in das Netz des Energieversorgers.

Die jährlichen Energiekosten sinken u. a. auf Grund der Einspeisevergütung für den Strom des BHKWs auf 470.000 €/a. Somit ergibt sich gegenüber der Ausgangssituation eine Kosteneinsparung von 368.000 €/a.

Ergebnisübersicht

Abbildung 23 zeigt, ausgehend von der Ausgangssituation, das veränderte Energiebereitstellungsverhältnis von Strom zu Erdgas.

Das Energiekonzept wird sukzessive auf eine verstärkte Nutzung von Erdgas umgestellt, da dies sowohl aus primärenergetischer als auch aus finanzieller Sicht vorteilhaft ist.

Abbildung 24 stellt den Primärenergiebedarf der Simulationsergebnisse dar, in welcher Variante 2 einen deutlich geringeren Primärenergiebedarf aufweist. Grund hierfür ist der höhere Wirkungsgrad der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung.

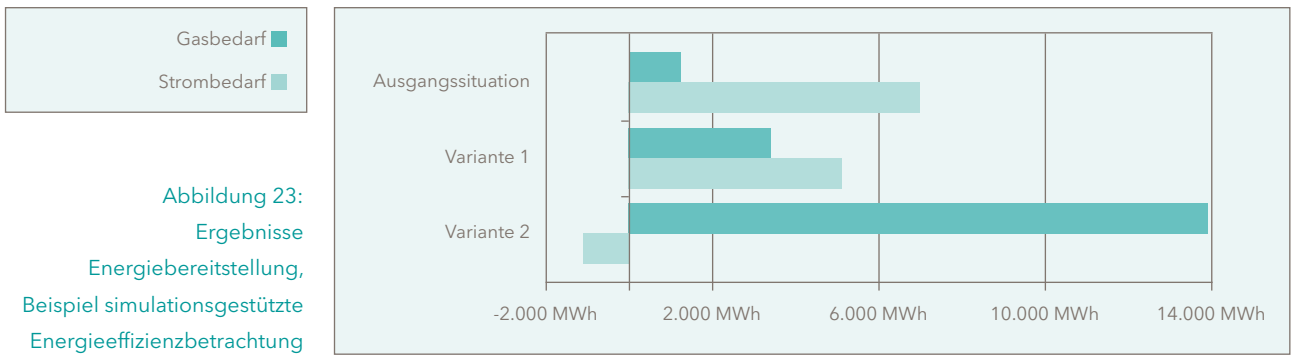


Abbildung 23: Ergebnisse Energiebereitstellung, Beispiel simulationsgestützte Energieeffizienzbetrachtung

17 SGM = Spritzgussmaschine, AKM = Absorptionskältemaschine, BHKW = Blockheizkraftwerk

Die Maßnahmen führen zudem zu einer Gesamtkostenreduktion, wie in Abbildung 25 aufgezeigt.

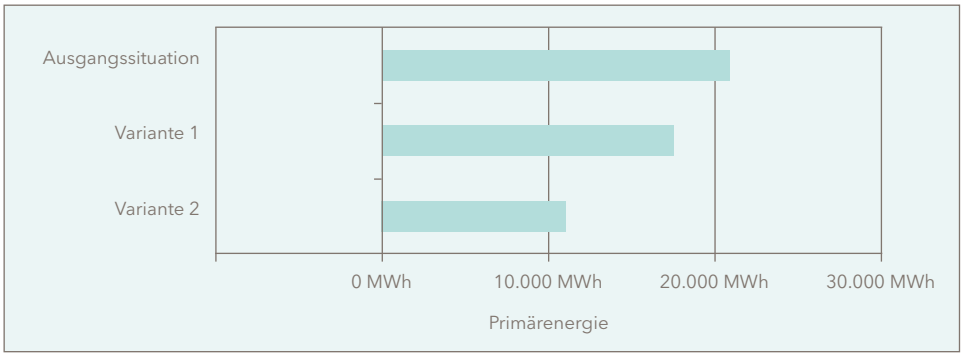


Abbildung 24:
Ergebnisse Primärenergiebedarf, Beispiel simulationsgestützte Energieeffizienzbetrachtung

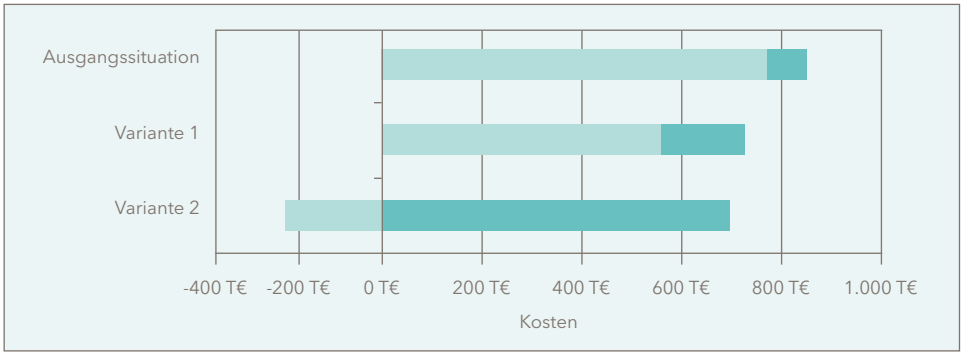


Abbildung 25:
Ergebnisse Kosten, Beispiel simulationsgestützte Energieeffizienzbetrachtung

Die Amortisationszeit der beiden Varianten liegt bei einer Ersatzinvestition (bei sofortigem Austausch) bei etwa drei Jahren. Bei einer Reinvestition (Austausch aufgrund von Verschleiß) sinkt die Amortisationszeit auf etwa zwei Jahre.

Dieses Fallbeispiel zeigt, dass die Simulationstechnik ein geeignetes Werkzeug zur Analyse der Kopplung von Energieströmen ist. Es kann darauf basierend die Bewertung technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Faktoren erfolgen.

Die Verwendung von Simulationstechnik ermöglicht es, komplexe Sachverhalte zeitlich aufgelöst zu erfassen, zu analysieren und ideal zu kombinieren.

Die Übertragung des Simulationsergebnisses auf eine vergleichbare Produktionsstätte ist nur bedingt möglich, da in der Simulation die jeweils realen Gegebenheiten des Produktionsunternehmens berücksichtigt werden müssen. Auch vermeintliche Nebenfaktoren können das Ergebnis der Wirtschaftlichkeit des Gesamtkonzeptes entscheidend beeinflussen.

6. Anhang

6.1 Autorenkreis | Projektpartner

deENet

deENet – Kompetenznetzwerk Dezentrale Energietechnologien – ist ein eingetragener Verein mit Sitz in Kassel. Der Verein wurde im Januar 2003 gegründet. deENet versteht sich als Unternehmens- und Forschungsnetzwerk auf dem Gebiet der dezentralen Energietechnik und Energieeffizienz. Ziel des Netzwerkes ist die Entwicklung integrierter Systemlösungen in der Energieversorgung. Die Entwicklung wird durch zunehmend dezentrale verbrauchernahe Strukturen unter weitestgehender Nutzung erneuerbarer Energien und durch Forderungen, auch durch Verbraucher, nach massiven Effizienzverbesserungen bestimmt. Die Arbeitsschwerpunkte von deENet liegen deshalb in den Bereichen: dezentrale Versorgungstechnik, energieoptimiertes Planen und Bauen, energieeffiziente industrielle Prozesse und nachhaltige Versorgungskonzepte. Mit den Kompetenzen und gewachsenen Kooperationsstrukturen entstehen so integrierte Versorgungslösungen, die sich über einzelne Objekte und Siedlungen bis hin zu ganzen Regionen erstrecken können. Durch die strukturelle Vernetzung und die gezielte Förderung von Kooperationen im Netzwerk sollen darüber hinaus neue Produkte und Dienstleistungen entwickelt, die regionale Wirtschaftskraft nachhaltig verbessert sowie zukunftssichere Arbeitsplätze geschaffen werden. Seit Anfang 2007 ist deENet Mitglied der Innovationsinitiative des Bundeswirtschaftsministeriums Kompetenznetze Deutschland.

Limón GmbH

Die Limón GmbH ist eine Ausgründung aus der Universität Kassel, welche sich auf die Simulation und Steuerung von Produktions- und Energiesystemen spezialisiert hat. Hierzu zählt die Durchführung von Simulationsstudien von Produktionsanlagen, um bei komplexen Anlagen Optimierungen zu realisieren, die ohne eine dynamische Abbildung nicht möglich sind. Ebenso werden für produzierende Unternehmen Energieeffizienzuntersuchungen durchgeführt, bei denen ebenfalls Simulationsmodelle genutzt werden. Zu den Kunden gehören sowohl mittlere als auch Großunternehmen verschiedener Industriezweige.

Die Limón GmbH hat aufbauend auf den Forschungsarbeiten an der Universität Kassel ein Simulationssystem entwickelt, mit dem es möglich ist, sowohl die Produktion als auch die Energie- und Stoffströme abzubilden. Dieses Simulationssystem ist eine entscheidende Grundlage für die Abbildung der oben beschriebenen Wechselwirkungen innerhalb der Fabrik. Das zudem vorhandene Know-how über Steuerungssysteme unterstützt die Entwicklung einer energieeffizienten Produktionssteuerung.

Das Fachgebiet upp ist vor allem im Bereich der Energieeffizienzsteigerung und der Einführung von erneuerbaren Energieträgern in Produktionsprozessen tätig. Die Forschungsaktivitäten des upp gliedern sich in folgende drei Themenfelder:

1. Klima-, energie- und ressourceneffiziente Produktion
2. Modellierung, Simulation und Steuerung von Produktion und Umfeld
3. Dezentrale Energieversorgung und erneuerbare Energien in der Produktion

Allen Forschungsaktivitäten gemein ist die interdisziplinäre Sichtweise unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus.

Zu Einzelaspekten dieser Themenfelder hat das Fachgebiet upp bereits eine Reihe von Projekten bearbeitet (Auswahl):

Klimafreundliche Kunststoffproduktion durch systemische Energieeffizienz, Erstellung eines globalen Produktionskonzeptes für ein Unternehmen der Medizintechnik, Dezentrale vorausschauende und effiziente Energieversorgungseinheit, CO_{2e} neutrale Fabrik, Energieeffizienz durch optimierte Abstimmung von Produktion und Energie (ENOPA), Materialeffizienz und Ressourcenschonung (MaRess).

upp – Fachgebiet für „Umweltgerechte Produkte und Prozesse" an der Universität Kassel

upp
umweltgerechte produkte und prozesse

6.2 Hessen ModellProjekte

Im Rahmen der Förderung angewandter Forschungs- und Entwicklungsprojekte werden bis zu 49 % der Projektausgaben von technologieorientierten Vorhaben kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) im Verbund mit weiteren Partnern der Wirtschaft, Hochschulen oder Forschungsinstituten gefördert.

Zur Förderung angewandter Forschungs- und Entwicklungsprojekte stehen derzeit drei Maßnahmenlinien zur Verfügung:

- **LOEWE** – **L**andes-**O**ffensive zur **E**ntwicklung **W**issenschaftlich-ökonomischer **E**xzellenz mit der Förderlinie 3: LOEWE-KMU-Verbundvorhaben.
  Dieses Förderprogramm besteht seit 2008, wird aus Landesmitteln finanziert. Die Hessen Agentur fungiert als Projektträger für das Hessische Ministerium für Wissenschaft und Kunst (HMWK).
  Bezuschusst werden hiermit Forschungsvorhaben, die durch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) im Verbund mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen aus Hessen realisiert werden.
- KMU – **M**odell- und **P**ilot**p**rojekte, kurz **MPP**, für Forschungs- und Entwicklungsprojekte zwischen KMU mit unterschiedlichen Kernkompetenzen mit Vorrang in Nord- und Mittelhessen sowie der Odenwaldregion. Hierzu stehen Mittel des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) zur Verfügung, die durch Mittel des Landes Hessen kofinanziert werden. Die Hessen Agentur fungiert als Projektträger für das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (HMWVL).
- **Modellhafte Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit Schwerpunkt im Automotivebereich.** Die neue Förderlinie unterstützt die Diversifizierung des Produktsortiments und die Erschließung neuer Märkte. In diesem Rahmen sind neben Verbundprojektförderung auch einzelbetriebliche Förderungen möglich. Hierzu stehen Mittel des Landes Hessen zur Verfügung, die durch den Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) kofinanziert werden. Die Hessen Agentur fungiert als Projektträger für das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (HMWVL).

Zur pragmatischen Realisierung von Projektvorhaben berät das Team von Hessen ModellProjekte Unternehmen im Vorfeld einer Antragstellung, ob und unter welchen Rahmenbedingungen ein Projektansatz Aussicht auf eine Förderung hat. Dabei erhalten die Unternehmen auch Hilfestellung bei der Suche nach einem Technologiepartner, einer geeigneten Forschungseinrichtung oder einer alternativen Finanzierungsvariante.

Weitere Informationen finden Sie unter **www.innovationsfoerderung-hessen.de.**

KONTAKT
HESSEN MODELLPROJEKTE

Frank Syring
Leiter Hessen ModellProjekte

HA Hessen Agentur GmbH
Abraham-Lincoln-Str. 38-42
65189 Wiesbaden

Tel.: 0611-774-8615
Fax: 0611-774-58615

frank.syring@hessen-agentur.de
www.innovationsfoerderung-hessen.de

HESSEN
Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

HESSEN
Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kuns

LOEWE – Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz

6.3 Aktionslinie Hessen-Umwelttech und Hessen-PIUS

Die Aktionslinie Hessen-Umwelttech ist die zentrale Plattform des Hessischen Wirtschaftsministeriums für die Umwelttechnologiebranche. Sie stärkt die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft von hessischen Herstellern und Dienstleistern der Umwelttechnik und fungiert – insbesondere im Hinblick auf den Produktionsintegrierten Umweltschutz (PIUS) – als Schnittstelle zu Umwelttechnologie-Anwendern.

Die Aktionslinie bietet Informationen, Kommunikationsangebote und Kooperationsmöglichkeiten für Umwelttechnologieanbieter und -anwender z. B. aus den Segmenten Abfalltechnologie, Wasser- und Abwassertechnologie, Energietechnologie und Luftreinhaltung. Sie berät Unternehmen, fördert den Technologietransfer und stellt die Kompetenzen der hessischen Umwelttechnologie dar.

Folgende Angebote können Unternehmen bei Hessen-Umwelttech nutzen:

» ***aktuelle Brancheninfos*** im Print-Newsletter Hessen-Umwelttech NEWS (vierteljährlich) und in den E-Mail NEWS Hessen-Umwelttech (monatlich)
» ***themenspezifische Informationsbroschüren*** und Leitfäden
» ***Fachtagungen und Workshops*** zum Informationsaustausch und Kontaktknüpfen
» ***Teilnahme an Messeständen***, die von Hessen-Umwelttech organisiert werden
» ***Innovationsradar Umweltrecht:*** aktuelle Information über Marktpotenziale, die sich durch Änderungen des Rechtsrahmens ergeben
» ***Hessen-PIUS:*** Vermittlung von Informationen und geförderten Beratungen zum Produktionsintegrierten Umweltschutz in Hessen
» ***zentraler Ansprechpartner*** und Lotse für alle Fragen aus dem Bereich Umwelttechnologie

Mit der Durchführung der Aktionslinie Hessen-Umwelttech ist die HA Hessen Agentur GmbH beauftragt. Die 100-prozentige Landestochter bündelt alle nichtmonetären Aktivitäten der hessischen Wirtschaftsförderung. Die Aktionslinie Hessen-Umwelttech stellt für den Bereich Umwelttechnik die zentrale Schnittstelle dar und arbeitet im Rahmen ihrer Lotsenfunktion unter anderem mit folgenden Einrichtungen eng zusammen:

» Hessen ModellProjekte,
» TechnologieTransferNetzwerk (TTN),
» Beratungszentrum für Wirtschaftsförderung,
» hessische Anlaufstelle für das „Enterprise Europe Network“,
» Transferstelle Internationaler Emissionshandel Hessen und
» Wasserstoff- und Brennstoffzellen Initiative Hessen.

Hessen | Umwelttech

KONTAKT HESSEN-UMWELTECH

Aktionslinie Hessen-Umwelttech
Dr. Carsten Ott, Projektleiter
Dagmar Dittrich

HA Hessen Agentur GmbH
Abraham-Lincoln-Straße 38-42
65189 Wiesbaden

Tel: 0611-774-8350, -8645
Fax: 0611-774-58350, -58645

carsten.ott@hessen-agentur.de
dagmar.dittrich@hessen-agentur.de
www.hessen-umwelttech.de

Innovationsradar Umweltrecht

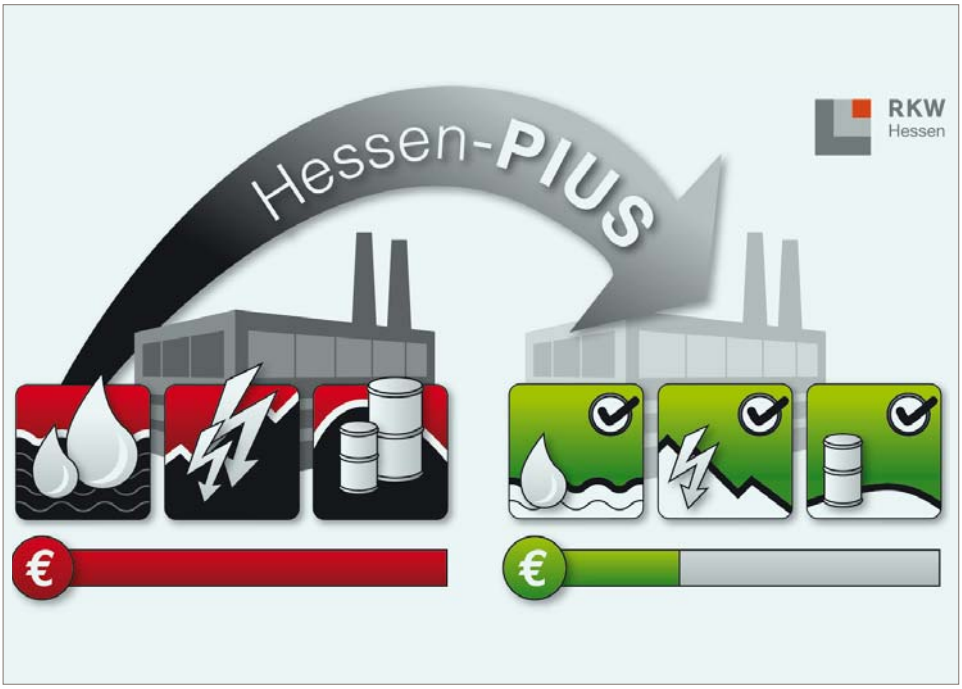
Ein besonderer Service der Aktionslinie Hessen-Umwelttech ist das Innovationsradar Umweltrecht. Ausgehend von der Überlegung, dass Umweltrecht wirtschaftliche Impulse setzt, die die Entwicklung und Anwendung innovativer Technologien vorantreiben, bietet das Innovationsradar einen aktuellen Überblick zu rechtlichen Neuerungen und deren wirtschaftliche Bedeutung für unterschiedliche Umwelttechnologie-Segmente. Es steht in einer regelmäßig aktualisierten Version auf der Homepage der Aktionslinie Hessen-Umwelttech zur Verfügung. Darüber hinaus erscheint in den Hessen-Umwelttech NEWS alle drei Monate eine Zusammenfassung der wichtigsten marktrelevanten Rechtsakte.

www.hessen-umwelttech.de (Rubrik Innovationsradar Umweltrecht)

Hessen-PIUS®: Umwelt schützen – Kosten senken

Für Unternehmen wird es immer wichtiger Ressourcen wirtschaftlich einzusetzen. Der Produktionsintegrierte Umweltschutz (PIUS) bietet hier ein wirksames Instrument und eröffnet sowohl Umwelttechnik-Anbietern als auch -Anwendern interessante Chancen. Aus diesem Grund hat das Hessische Wirtschaftsministerium ein PIUS-Beratungsprogramm für kleine und mittlere Unternehmen in Hessen gestartet. Ziel ist es, durch die Optimierung unternehmensinterner Prozesse einen effizienten Umgang mit Ressourcen wie Energie, Wasser, Luft, Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen zu erreichen und damit Kosten einzusparen. Die Projektdurchführung des PIUS-Beratungsprogramms liegt bei der RKW Hessen GmbH.

Die Aktionslinie Hessen-Umwelttech koordiniert alle weiteren Aktivitäten zu Hessen-PIUS und ist seit 2008 Kooperationspartner am mit rund 25.000 Einzelzugriffen pro Monat meistgenutzten PIUS- Portal Deutschlands **www.pius-info.de**. Betrieben und finanziert wird das PIUS-Portal gemeinsam mit der Effizienz-Agentur NRW (EFA) in Duisburg und der Sonderabfall-Management-Gesellschaft Rheinland-Pfalz mbH (SAM) in Mainz.



Geförderte Beratung:

Die Förderung des Hessischen Wirtschaftsministeriums und des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung für eine PIUS-Beratung kann pro kleinem oder mittlerem Unternehmen bis zu 8.000 Euro (9.000 Euro in EFRE-Vorranggebieten) innerhalb von 3 Jahren betragen. Dabei deckt das Programm nicht nur die Verbesserung von Produktionsprozessen ab, sondern zeigt auch Chancen für eine umweltfreundliche und effiziente Ausrichtung von Dienstleistungs- und Handelsunternehmen auf.

PIUS® ist ein eingetragenes Warenzeichen der Effizienz-Agentur NRW.

KONTAKT
RKW HESSEN GMBH

RKW Hessen GmbH
Kay Uwe Bolduan,
Jürgen Müller

Düsseldorfer Str. 40
65760 Eschborn

Tel.: 06196-9702-40
Fax: 06196-9702-99

pius@rkw-hessen.de
www.rkw-hessen.de
www.hessen-pius.de

Schriftenreihe

der Aktionslinie Hessen-Umwelttech des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

Band 1 **Einsatz von Nanotechnologie in der hessischen Umwelttechnologie**
Innovationspotenziale für Unternehmen (gemeinsam mit der Aktionslinie Hessen-Nanotech)

Band 2 **Mittel- und Osteuropa – Zukunftsmärkte für hessische Umwelttechnologie**
Beispiel Abwassermarkt der Slowakei

Band 3 **Auslandsmärkte – Zukunftspotenziale für hessische Umwelttechnologieunternehmen**

Band 4 **Unternehmenskooperation am Beispiel des Recyclings gemischter Bau- und Abbruchabfälle**

Band 5 **Produktionsintegrierter Umweltschutz (PIUS) für KMU in Hessen**
– Umwelt schützen – Kosten senken

Band 6 **Umwelttechnologie-Anbieter in Hessen Bestandsaufnahme 2007**
– Zusammenfassung

Band 7 **Umwelttechnologieforschung für die Unternehmenspraxis – Beispiele anwendungsnaher Forschung an hessischen Hochschulen**

Band 8 **Praxisleitfaden – Energieeffizienz in der Produktion**

Informationen/ Download/ Bestellung

www.hessen-umwelttech.de

HESSEN

HessenAgentur

HA Hessen Agentur GmbH

Hessen Umwelttech

www.hessen-umwelttech.de