

VDI

Zentrum
Ressourceneffizienz

Im Auftrag des:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



STRATEGIEN UND MAßNAHMEN

Steigerung der Ressourceneffizienz
im Unternehmen

Effiziente
Energiebereitstellung

<https://www.ressource-deutschland.de/instrumente/strategien-und-massnahmen/unabhaengig/effiziente-energiebereitstellung/>

1 RESSOURCENEFFIZIENZ, ANWENDUNGSBEREICH, GRENZEN

Ziel und Funktion

Eine effiziente Energiebereitstellung zielt darauf ab, die für den Betrieb von Maschinen und Anlagen notwendige Energie unter minimalem Einsatz kostenintensiver Primärenergieträger bereitzustellen. Außerdem spielt hier eine Abstimmung von Produktionsprozessen und Gebäudeausstattung mit dem Energieversorger und den Preisen am Energiemarkt eine große Rolle.

Bezug zur Ressourceneffizienz

Wenn Energie effizienter bereitgestellt wird, sinkt der Verbrauch von Primärenergieträgern. Hierdurch ist eine Einsparung von Energiekosten möglich. Darüber hinaus können produzierende Unternehmen durch Lastmanagement dabei helfen, das Stromnetz zu stabilisieren, und so die Transformation auf erneuerbare Energien fördern. Dadurch ergeben sich zusätzliche Geschäftsmodelle für die Unternehmen (z. B. durch Bereitstellung von Regelenergie).

Anwendungsbereiche und Akteure

Eine systematische Hinterfragung der Energieversorgung ist insbesondere für alle Unternehmen im verarbeitenden Gewerbe relevant. Darüber hinaus sind aber prinzipiell auch sämtliche anderen energieintensiven Unternehmen davon betroffen, wie z. B. industrienaher Handwerksbetriebe, Logistikzentren sowie Betreiber von Serverfarmen oder Kühl-/Gewächshäusern.

Das Konzept der Energieversorgung wird zumeist bei der Gebäude- bzw. Fabrikplanung entwickelt. Darüber hinaus muss bei der Einführung neuer Fertigungslinien entschieden werden, wie diese am energieeffizientesten betrieben werden können.

Grenzen

Da Fabriken zumeist über Jahrzehnte in Benutzung sind, ist es mitunter schwierig, die Entwicklungen auf dem Energiemarkt vorauszusehen. So unterliegt die Preisgestaltung neben den Regeln von Angebot und Nachfrage einem hohen politischen Einfluss, der langfristige Amortisationsrech-

nungen erschwert. Hinzu kommt, dass Änderungen der Versorgungsart an bestehenden Anlagen zumeist sehr aufwändig und mit hohen Investitionskosten verbunden sind.

Einordnung der Strategie/Maßnahme

Bezug	produkt- und prozessunabhängig
Einflussnehmender Akteur	Fabrikplanung
Lebensphasen mit relevanten Auswirkungen	Produktherstellung
Lebensweganalyse	bedingt erforderlich

2 WEGE DER UMSETZUNG

2.1 Nutzung geeigneter Energieträger

Die Energieversorgung eines verarbeitenden Unternehmens umfasst den Betrieb der Gebäude und der darin enthaltenen Produktionsanlagen. Für die Gestaltung eines überzeugenden Energiekonzeptes liegt der Fokus dabei oftmals auf den Produktionsprozessen, da hier der überwiegende Teil der vom Unternehmen aufgewendeten Energie genutzt wird (bis zu 84 % [1]). Wesentliche Verbraucher sind hier die Bereitstellung von Prozesswärme und Druck sowie der Betrieb elektrischer Maschinen.

Die im verarbeitenden Gewerbe in Deutschland genutzten Energieträger sind weiterhin stark fossil geprägt. So wurden im Jahr 2017 primär Erdgas (29,4 % des Energieverbrauchs), Strom (21,2 % des Energieverbrauchs), Stein- und Braunkohlen (17 % des Energieverbrauchs) sowie Mineralöle und Mineralölprodukte (16,8 % des Energieverbrauchs) genutzt. Nur 3,2 % des Energieverbrauchs sind hier durch erneuerbare Energien als Energieträger abgedeckt [2]. In dieser Statistik ist allerdings nicht die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien berücksichtigt, da hier zumeist eine direkte Einspeisung in das Stromnetz und damit keine direkte Verwendung im Unternehmen erfolgt. Über 18 % der Unternehmen erzeugen Strom mittels erneuerbarer Energien (Stand 2013) [3].

Aufgrund langfristiger Umstrukturierungen des Energiemarkts im Rahmen der Energiewende sowie damit einhergehender volatiler Energiekosten befindet sich die Energieversorgung des verarbeitenden Gewerbes in einem kontinuierlichen Wandel. So besteht aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und der Reduzierung von Abhängigkeiten zu den Versorgungsunternehmen schon seit vielen Jahren der Trend hin zu einer selbstständigeren Energieversorgung.

Für die Bereitstellung von Strom- und Wärmeenergie nutzen viele Unternehmen mittlerweile die Vorteile von Blockheizkraftwerken (BHKW). Mittels Kraft-Wärme-Kopplung ist hier eine effiziente Bereitstellung von Strom- und Wärmeenergie mit Gesamtwirkungsgraden von über 90 % möglich. Um einen effizienten Betrieb zu gewährleisten, sollte eine hohe Auslastung von mindestens 4500 Betriebsstunden erreicht werden. Demzufolge sind BHKW insbesondere zur Abdeckung der Grundlast lohnenswert [4].

Zusätzliches Potenzial, Kosten einzusparen, ist durch den Rückgriff auf erneuerbare Energien möglich. Allein für die Bereitstellung von Prozesswärme wird hier ein zu hebendes Effizienzpotenzial von bis zu 10 % der hierfür notwendigen Brennstoffversorgung abgeschätzt. Bei weiter steigenden Energiepreisen und zusätzlichen CO₂-Abgaben kann sich dieses Potenzial noch weiter erhöhen [5].

So ist beispielsweise der Betrieb von BHKW und Heizanlagen mit Öl, Diesel oder Gas, aber auch mit Biogas, Holzpellets oder Biodiesel möglich. Während Biodiesel bisher aufgrund des hohen Preises nur selten zum Einsatz kommt, werden Holzpellets zurzeit vor allem in Heizöfen verwendet. Biogas hingegen ist schon heute als eine ansprechende Alternative für fossile Brennstoffe sowohl in Heizöfen als auch in BHKW verwendbar [6].

Wärmepumpen stellen eine weitere effiziente Möglichkeit zur Adressierung des Wärmebedarfs im verarbeitenden Gewerbe dar. Industriewärmepumpen sind hier bereits in der Lage, Vorlauftemperaturen von bis zu 100 °C bereitzustellen 7, S. 125 ff.. Damit könnten ca. 23 % des industriellen Wärmebedarfs abgedeckt werden. Neben dem Hauptanwendungsfall der Bereitstellung von Raumwärme können mittels Wärmepumpen auch niedrigtemperierte Prozesse mit Wärme versorgt werden, z. B. für Trock-

nungsprozesse in der Papierherstellung. Als Wärmequelle nutzen die meisten Unternehmen Abwärmeströme ihrer Prozesse, z. B. von der Druckluftzeugung oder von Kühlaggregaten [7, S. 91 f.]. Durch die kaskadierte Nutzung der Energieströme lassen sich mitunter hohe Effizienzgewinne erreichen. Diese müssen im individuellen Fall gegen die teilweise hohen Investitionskosten gegengerechnet werden.

Mittlerweile verwenden Unternehmen auch Solarstrom und Windkraft, um die vom Versorger bezogene Strommenge aus konventionellen Energiequellen zu senken. Durch Fortschritte in den Speichertechnologien ergeben sich hier gute Möglichkeiten, die Volatilität der Stromerzeugung durch erneuerbare Energien teilweise auszugleichen, Lastspitzen zu vermeiden und so günstigere Stromtarife zu erhalten [8].

Effiziente Energieversorgung

Ein Musterbeispiel für eine effiziente Energieversorgung ist die "Green Factory" eines Unternehmens im Allgäu. Über eine 1,1-MW-PV-Anlage wird die Fabrik zu 90 % mit Strom versorgt. Die Generierung der restlichen 10 % erfolgt mit Hilfe eines BHKW. Zudem wird Kühlwasser aus einem tiefen Brunnen bereitgestellt. Die erhaltene Kühlleistung wird für die Maschinenkühlung eingesetzt. Darüber hinaus sind nicht benötigte Kapazitäten an Wärme- und Kühlleistung mittels Energiemanagementsystem sogar für die Versorgung benachbarter Unternehmen einsetzbar [1].

2.2 Demand Side Management

Aus strategischer Investitionssicht stellt sich mittlerweile für viele Unternehmen die Frage, wie mit schwankenden Strompreisen umgegangen werden soll. Während der Strompreis zwischen 2011 und 2016 konstant gefallen ist, gab es zwischen 2017 und 2018 wieder starke Steigerungen auf bis zu 40 Euro/MWh (Spotmarkt EPEX [9]).

Ein wesentlicher Ansatz für Unternehmen, aktiv auf die Stromkosten Einfluss zu nehmen, ist das sogenannte Demand Side Management. Ziel ist es hier, den Strompreis bei der Steuerung des Produktionsprogramms und der technischen Gebäudeausstattung mit einzubeziehen. So wird ein wesentli-

cher Teil des Strompreises durch das Netznutzungsentgelt festgelegt, welches sich aus der maximalen Leistung berechnet, die in einem Abrechnungszeitraum abgerufen wurde. Hierdurch ergibt sich der Anreiz, durch Drosselung der Produktion und Abschalten verbrauchsintensiver Versorgungseinheiten des Gebäudes (z. B. Klimaanlage) Spitzen des Stromverbrauchs zu vermeiden (Peak Shaving) [10]. Zusätzlich kann es sinnvoll sein, zeitlich (um Stunden bis Tage) flexible energieintensive Prozesse (z. B. Wuchtvorgang von Gasturbinen) so zu planen, dass diese dann ausgeführt werden, wenn der Strompreis besonders niedrig ist [11]. Können keine Lasten reduziert werden, ist es ebenso möglich, Strom aus eigenen Energiespeichern zu nutzen, um Leistungsspitzen zu vermeiden. In Zeiten geringer Auslastung der Produktion kann der hier aufgebaute Stromvorrat auch am Energiemarkt als Regelenergie angeboten werden, um das Netz bei geringer Einspeisung durch erneuerbare Energien zu stabilisieren.

Eine weitere Option, um ein tragfähiges Demand Side Management zu etablieren, ist die Flexibilisierung der Maschinen mittels dynamischen Energieträgerwechsels. Ein Beispiel hierfür bieten Maschinen mit bivalenter Energieversorgung durch Strom und Gas. Hierdurch können auch die Risiken langfristig ungünstiger Entwicklungen der Energieträgerpreise zu gewissen Teilen abgemildert werden [12].

Energieflexibilität bei einem Automobilunternehmen

Ein besonders eindrucksvolles Beispiel für das Zusammenwirken von Produktion und Strommarkt zeigt ein Fahrzeugbauer. In den letzten Jahren wurden 15 MWh Speicherkapazität an stationären Stromspeichern aufgebaut, die entweder für das Lastmanagement oder die Bereitstellung von Regelenergie zur Stabilisierung des Stromnetzes verwendbar sind. Die in den Speichern verbauten Batterien entstammen dabei aus der im Hause produzierten E-Fahrzeug-Flotte. Hierbei handelt es sich entweder um eine Nachnutzung von Batterien, die sich aufgrund abnehmender elektrischer Kapazität nicht mehr für Mobilitätsanwendungen eignen (Second-Life-Batterien), oder um neue Batterien, die als Ersatzteile vorgehalten werden.

Darüber hinaus erfolgt eine Vernetzung von Lüftungsanlagen und Kälte-

/Kühlwasserpumpen, um diese als technische Einheit in der Primärenergieleistung zu vermarkten. Mittels Modellierung und Simulation werden auf Basis von Schichtplänen, Wetter- und Windprognosen sowie der Anlagenverfügbarkeit tägliche Fahrpläne ausgearbeitet, die zu einer Flexibilisierung der Anlagen und zur Reduzierung von Energiekosten beitragen sollen [13].

2.3 Minimierung von Übertragungs- und Wandlungsverlusten

Auf dem Weg vom Energieversorger bis zum fertigen Produkt treten zahlreiche Energieverluste auf, die teilweise mit einfachen Mitteln vermieden werden können.

Der Großteil von Verlusten entsteht hier durch ungenutzte Abwärme. Die schlechte Isolation von Rohren, Heizelementen und wärmeleitenden Anlagenbereichen führt zu hohen Abstrahlverlusten. Eine nachträgliche Sanierung kann hier Abhilfe schaffen. Zusätzlich gehen oftmals große Energiemengen durch Abwärme als Nebenprodukt in Produktionsprozessen verloren (z. B. bei der Erzeugung von Druckluft). Zunächst sollte geprüft werden, ob es durch Verbesserungen des Prozesses möglich ist, die Abwärme zu verringern (z. B. durch Verringerung der Ofentemperatur auf ein tatsächlich benötigtes Maß). Danach sollte eine effektive Nutzung der Abwärme geprüft werden. Optimalerweise ergibt sich hier eine Nutzung von Abwärme in anderen Prozessschritten, z. B. zum Vorwärmen von Gütern, die wärmebehandelt werden. Ist dies nicht möglich, können auch Umwandlungen in andere Energieformen oder eine Nutzung für einen anderen Zweck überprüft werden (z. B. für Raumwärme). Prinzipiell hängt eine optimale Nutzung von Abwärme in diesem Kontext von den erreichbaren Temperaturniveaus ab. Hierdurch ergeben sich die zu verwendenden Technologien und Anwendungsfälle der Abwärmenutzung [14, S. 33 f.].

Im Hinblick auf die Stromversorgung entstehen ebenfalls Verluste. Diese werden vor allem durch Blindleistung verursacht, welche bei der Phasenverschiebung zwischen Stromstärke und Spannung auftritt. Diese Verschiebung entsteht durch den Aufbau von Magnetfeldern in Spulen oder Kondensatoren, die sich im Stromkreis befinden. Die hierfür benötigte Leistung pendelt im Netz hin und her, ohne zur Wirkleistung für den Be-

trieb der Verbraucher beizutragen. Dadurch wird das Netz zusätzlich belastet, ohne dass ein sinnvoller Nutzen generiert wird. Netzbetreiber stellen den Unternehmen die Blindleistung daher in Rechnung. Eine wirksame Maßnahme, um das Aufkommen an Blindleistung zu verringern, ist die Blindleistungskompensation. Hierfür werden Wechselrichter oder zusätzliche Spulen und Kondensatoren eingesetzt, die zu einer gegensätzlichen Phasenverschiebung beitragen [15].

Minimierung von Energieverlusten durch thermische Isolierung

Ein Unternehmen aus Waiblingen-Neustadt stellt motorbetriebene Geräte für die Land- und Forstwirtschaft sowie für die Garten- und Landschaftspflege her. Die verschiedenen Produkte, wie z. B. Kettensägen, bestehen dabei aus vielen Kunststoffteilen, die im heimischen Werk mit 50 Spritzgussmaschinen hergestellt werden. Die Heizbänder der Spritzaggregate, in denen der Kunststoff aufgeschmolzen und in eine Form gepresst wird, wurden bisher ohne Isolierung betrieben. Um dieses Problem zu lösen, ohne den Wartungsaufwand der Spritzgussmaschinen signifikant zu erhöhen, wurden segmentierte Isolationsmanschetten mit einem einfach zu öffnenden Verschlusssystem selbst entwickelt. Durch die Isolierung sank die Oberflächentemperatur der Heizbänder von 300 °C auf 70 °C. Hierdurch konnte eine Energieeinsparung von 25 % bzw. 30.100 Euro pro Jahr erreicht (215000 kWh pro Jahr) [16].

3 LITERATUR

- [1] **Käfer, S. (2017):** Die Grüne Fabrik – Autark durch erneuerbare Energie [online]. Vogel Communications Group GmbH & Co. KG, 18. August 2017 [abgerufen am: 11.02.2019], verfügbar unter: <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/die-gruene-fabrik-autark-durch-erneuerbare-energie-a-635020/>
- [2] **Statistisches Bundesamt (2018):** Pressemitteilungen - Energieverbrauch in der Industrie 2017 im Vorjahresvergleich nahezu konstant [online]. Statistisches Bundesamt (Destatis), 2. November 2018 [abgerufen am: 11.02.2019], verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2018/11/PD18_426_435.html
- [3] **Weißfloch, U.; Müller, S. und Jäger, A. (2013):** Wie grün ist Deutschlands Industrie wirklich? - Verbreitung von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energieträger im Verarbeitenden Gewerbe. Fraunhofer ISI. Mitteilungen aus der ISI-Erhebung Modernisierung der Produktion [abgerufen am: 12.02.2019], verfügbar unter: <https://www.econstor.eu/handle/10419/73685>
- [4] **Blockheizkraftwerk.org (2012):** Blockheizkraftwerke für Gewerbe und Industrie [online]. Christian Münch GmbH [abgerufen am: 11.02.2019], verfügbar unter: <https://www.blockheizkraftwerk.org/einsatzbereiche/gewerbe-industrie>
- [5] **Maaß, C.; Sandrock, M. und Fuß, G. (2018):** Strategische Optionen zur Dekarbonisierung und effizienteren Nutzung der Prozesswärme und -kälte [online]. Hamburg Institut, 5. April 2018 [abgerufen am: 11.02.2019], verfügbar unter: <https://www.bee-ev.de/home/presse/mitteilungen/detailansicht/grosses-potenzial-fuer-erneuerbare-energie-in-der-industrie/>
- [6] **Blockheizkraftwerk.org (2011):** Biogas [online]. Christian Münch GmbH [abgerufen am: 11.02.2019], verfügbar unter: <https://www.blockheizkraftwerk.org/brennstoffe/biogas>

- [7] **Wolf, S.; Fahl, U.; Blesl, M.; Voß, A. und Jakobs, R. (2014):** Analyse des Potenzials von Industriewärmepumpen in Deutschland [abgerufen am: 12.02.2019], verfügbar unter: https://www.tib.eu/de/suchen/getDocument/?tx_tibsearch_search%5Bdocid%5D=TIBKAT%3A84567675X&tx_tibsearch_search%5Bd%5D=2780d574b383d12db92ba084f9fafbb1&cHash=1a05c223d6071ac4394ba51dda350b2d
- [8] **Itasse, S. (2012):** Stromspeicher durchdringen immer mehr die Industrie [online]. Vogel Communications Group GmbH & Co. KG, 28.08.12 [abgerufen am: 12.02.2019], verfügbar unter: <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/stromspeicher-durchdringen-immer-mehr-die-industrie-a-375803/>
- [9] **Bricklebrit (2019):** EEX - aktuelle Spotmarktpreise und Strompreisentwicklung an der Leipziger Strombörse als Diagramm / Chart [online]. Bricklebrit, 9. Dezember 2018 [abgerufen am: 11.02.2019], verfügbar unter: http://www.bricklebrit.com/stromboerse_leipzig.html
- [10] **Next Kraftwerke GmbH (2019):** Peak Shaving und Netznutzungsentgelte [online]. Next Kraftwerke GmbH [abgerufen am: 13.02.2019], verfügbar unter: <https://www.next-kraftwerke.de/wissen/strommarkt/peak-shaving>
- [11] **Richter, M. (2019):** Flexible Produktion - Ein Beitrag für die Energiewende [online]. 6. Kongress Ressourceneffiziente Produktion, Leipzig.2019 [abgerufen am: 13.02.2019], verfügbar unter: <https://www.ressourceneffiziente-produktion.de/de/digitaletagungsunterlagen.html>
- [12] **Sauer, A. (2019):** Energieflexible Produktion - Potenziale und Herausforderungen [online]. 6. Kongress Ressourceneffiziente Produktion, Leipzig.2019 [abgerufen am: 13.02.2019], verfügbar unter: <https://www.ressourceneffiziente-produktion.de/de/digitaletagungsunterlagen.html>

-
- [13] **Mueller-Ruff, M. (2019):** Energieflexibilität bei BMW [online]. 6. Kongress Ressourceneffiziente Produktion, Leipzig.2019 [abgerufen am: 13.02.2019], verfügbar unter: <https://www.ressourceneffiziente-produktion.de/de/digitaletagungsunterlagen.html>
- [14] **Hirzel, S.; Sontag, B.; Rhode, C. und Fraunhofer, I. S.I.:** Industrielle Abwärmenutzung. Fraunhofer ISI, verfügbar unter: <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-270678.html>
- [15] **WEKA MEDIA GmbH & Co. KG (2018):** Blindleistung und wie Sie sie kompensieren können [online]. WEKA MEDIA GmbH & Co. KG, 11. Juni 2018 [abgerufen am: 14.02.2019], verfügbar unter: <https://www.weka.de/energie/blindleistung/>
- [16] **Schmidt, M.; Spieth, H.; Bauer, J. und Haubach, C. (2017):** Energieeffizienz und Kostenersparnis durch Abwärme-Reduktion bei der Kunststoffverarbeitung. In: Schmidt, M.; Spieth, H.; Bauer, J. und Haubach, C., Hg. 100 Betriebe für Ressourceneffizienz - Band 1. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, S. 202-205, ISBN 978-3-662-53366-6.