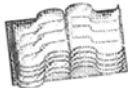


2 Grundlagen



"Wir haben die Pflicht, stets die Folgen unserer Handlungen zu bedenken."

Mahatma Gandhi

Nachfolgend werden die für die Arbeit notwendigen begrifflichen und methodischen Grundlagen für die Forschungsproblematik Energie- und Ressourceneffizienz sowie für das Fachgebiet Fabrikplanung zusammengefasst. Dabei werden auch die praxisrelevanten Herausforderungen dieser Thematiken erläutert. Schließlich werden die Modell- und Systemtheorie aufgearbeitet, um damit den wissenschaftstheoretischen Rahmen für die Konzeption der Methodik herzuleiten.

2.1 Energie- und Ressourceneffizienz

2.1.1 Notwendigkeit

Klima und Politik

Langfristige Klimabeobachtungen zeigen, dass die Durchschnittstemperaturen auf der Erde in den letzten Jahrhunderten und insbesondere in den letzten Jahrzehnten permanent steigen. Für die vergangenen 130 Jahre wird der globale Temperaturanstieg auf 0,85 °C beziffert, wobei Prognosen davon ausgehen, dass sich dieser Anstieg auf über 4 °C bis Ende dieses Jahrhunderts fortsetzen könnte (IPCC 2013, S. 194, 1032). Als Grund für diese Entwicklung wird hauptsächlich der Einfluss der Menschen auf die Umwelt insbesondere durch den Ausstoß klimaschädlicher Gase, vor allem CO₂, angeführt. Auch wenn es zu dieser These gegenläufige Einschätzungen gibt, so ist dennoch das Risiko für eine irreversible Beeinträchtigung des Klimas und der Umwelt viel zu groß, um keine entsprechenden Klimaschutzstrategien und -maßnahmen auf nationaler und internationaler Ebene einzuleiten. Mit dem *Kyoto-Protokoll* verpflichten sich die Mitgliedsländer durch eine völkerrechtliche Vereinbarung, den weltweiten Ausstoß von Treibhausgasen langfristig zu verringern (UNFCCC 1997). Eines der wichtigsten Instrumente in Europa ist der Emissionshandel, mit dem das Ausmaß an Emissionen durch die Vergabe bzw. dem Handel von Emissionszertifikaten geregelt werden soll (EC 2009).

Da zwei Drittel der weltweiten Treibhausgasemissionen durch den Energiesektor verursacht werden, ist dieser Bereich von besonderer Bedeutung zur Erreichung der Klimaziele (IEA 2013, S. 1). Die europäische *Energy Roadmap 2050* zielt auf die Reduzierung des globalen CO₂-Ausstoßes und hebt dabei eine effiziente und klimafreundliche Energieerzeugung und -nutzung hervor (EC 2012, S. 5). Auf nationaler Ebene beschreibt das Energiekonzept der Bundesregierung die energiepolitische Ausrichtung Deutschlands bis 2050 und konzentriert sich dabei auf den Ausbau erneuerbarer Energien und der Energienetze sowie auf die Steigerung

der Energieeffizienz (BReg 2010). Damit soll die Energieversorgung und -nutzung nachhaltiger, sicherer, wettbewerbsfähiger und unabhängiger von fossilen Energieträgern, aber auch von anderen Ländern werden.

Bevölkerung und Ressourcenbedarf

Die Weltbevölkerung umfasste um 1800 ca. 1 Milliarde, um 1900 ca. 1,6 Milliarden und zur Jahrtausendwende bereits 6 Milliarden Menschen, so dass sich im 20. Jahrhundert die Bevölkerungszahl vervierfacht hat (Stiftung Weltbevölkerung 2013). Der Großteil ist dabei auf die Länder China und Indien zurückzuführen, deren Einwohnerzahlen buchstäblich explodieren. Die zunehmende Lebenserwartung der Menschen aufgrund höherer Lebensstandards hat ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf das gegenwärtige Bevölkerungswachstum. Laut den Vereinten Nationen könnten diese Entwicklungen soweit voranschreiten, dass sich die Weltbevölkerung bis 2050 auf 9,6 Milliarden vergrößern wird, wobei vor allem die Bevölkerung in Afrika wächst (UN 2013, S. 2). Dies hat weitreichende Auswirkungen. Insbesondere wird der weltweite Ressourcenbedarf an Nahrungsmitteln, Rohstoffen und Energien noch weiter zunehmen.

Wasser ist einer der wichtigsten Stoffe überhaupt. Der globale Wasserbedarf soll bis 2050 um 55 % ansteigen, wobei dies auch stark von der Energienachfrage getrieben wird, da die Energieerzeugung sehr wasserintensiv ist (UNESCO 2014). Der weltweite Energieverbrauch hat sich innerhalb von 1973 bis 2012 fast verdoppelt (IEA 2014, S. 28). Dieser Trend setzt sich fort. Gegenüber 2010 soll der Energiebedarf um mehr als ein Drittel bis 2035 zunehmen, jedoch werden für einzelne Länder aber auch höhere Anstiege prognostiziert (z. B. China und Indien über 50 %) (BP 2015, S. 11), (IEA 2012, S. 49). Diese Entwicklungen wirken sich auf die Verfügbarkeiten und Kapazitäten sowie auf die Versorgungssicherheit, sowohl global als auch lokal in einzelnen Ländern, aus. Auf der Suche nach neuen Energiequellen werden aber auch Verfahren (z. B. Fracking) angewendet, die erhebliche Auswirkungen auf die natürliche Umwelt haben können.

Die Beanspruchung der natürlichen Ressourcen durch den Menschen ist bereits so weit vorangeschritten, dass die Kapazitäten und das Regenerationsvermögen der Erde überschritten und irreversible Schäden entstanden sind. Laut dem *Living Planet Report* werden 2030 zwei und 2050 sogar drei Planeten benötigt, um den Bedarf an Nahrung, Wasser und Energie decken zu können (WWF 2012, S. 100).

Industrie

Die Industrie übt einen maßgeblichen Einfluss auf Umwelt durch Entnahme und Zufuhr von Stoffen und Energien aus, was sich in entsprechenden Energie- und Ressourcenverbräuchen sowie Emissionssaustößen niederschlägt. In Deutschland nimmt bspw. der Industriesektor ca. 30 % am Endenergieverbrauch ein, wovon der Großteil auf Prozesswärme und mechanische Energie entfällt (BMWi 2014). Dieser Stellung und der damit verbundenen Verantwortung müssen sich Unternehmen

bewusst sein. Dies betrifft aber nicht mehr nur die angesprochenen ökologischen Aspekte der Energie- und Ressourceneffizienz. Diese Größen nehmen auch zunehmend Einfluss auf ökonomische Faktoren des Unternehmens, wie z. B. die Material- und Energiekostenanteile eines Produkts oder die sichere Versorgung mit Rohstoffen und Energien. Durch Effizienzmaßnahmen wird der Kostendruck verringert und die Wettbewerbsfähigkeit gesteigert (BMU 2013, S. 31). Der Energie- und Ressourcenverbrauch von produzierenden Unternehmen wird maßgeblich von der eigentlichen Produktion getrieben, so dass energie- und ressourceneffiziente Fabriken erforderlich sind.

Es bleibt an dieser Stelle festzustellen, dass umfangreiche Maßnahmen und Programme notwendig sind, um die Auswirkungen auf das Klima und die Umwelt einzudämmen. Die aufgeführten Studien, Statistiken und Prognosen zeigen eindeutig, dass der Ressourcenbedarf immer weiter zunehmen wird, die Ressourcenkapazität abnimmt und damit Ressourcen knapper werden.

2.1.2 Einordnung

Der schonende und verantwortungsbewusste Umgang mit Ressourcen zu deren langfristigen Nutzung wurde von CARLOWITZ (Carlowitz 1713) geprägt, woraus der Begriff der Nachhaltigkeit entstanden ist. Der Grundsatz der nachhaltigen Entwicklung – den heutigen Anforderungen bzw. Bedürfnissen genügen ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu beeinträchtigen – ist im *Brundland-Bericht* fixiert (UN 1987, S. 54). Unter Nachhaltigkeit werden neben ökologischen auch ökonomische und soziale Aspekte einbegriffen. Die ökologische Nachhaltigkeit fokussiert umweltschonende bzw. -freundliche Verhaltensweisen. In Tabelle 1 werden die wesentlichen Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit zusammengefasst.

Tabelle 1: Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit nach (Dyckhoff & Souren 2008, S. 49)

Handlungsregeln	Gesunderhaltung ökologischer Systeme, Beachtung der Aufnahmefähigkeit ökologischer Systeme, Ausgewogene Nutzung regenerierbarer Ressourcen, Ausgewogene Nutzung nicht-regenerierbarer Ressourcen
Grundstrategien	Suffizienz, Effizienz, Konsistenz
Grundprinzipien	Verantwortungsprinzip, Kooperationsprinzip, Kreislaufprinzip, Prinzip der Funktionsorientierung
Konzepte	Entstofflichung, Energieeffizienzsteigerung, Entflechtung, Entschleunigung

Die Effizienz stellt neben Suffizienz (Reduzierung der Bedürfnisse und damit des Verbrauchs) und Konsistenz (Einbettung bzw. Anpassung der Technologie in/an die Natur) eine Grundstrategie dar (Dyckhoff & Souren 2008, S. 51). Die Steigerung der Energieeffizienz ist eines der grundlegenden Konzepte. Um eine industrielle Produktion unter Beachtung der ökologischen Aspekte der Nachhaltigkeit planen und betreiben zu können, sind verschiedene Ansätze entwickelt worden, die unter den Begriffen nachhaltige Produktion, *Produktionsintegrierter Umweltschutz* bzw. *Cleaner*

Production, ressourceneffiziente bzw. energieeffiziente Produktion einzuordnen sind. Letztere können als Teilgebiet der vorher genannten Rahmenwerke gesehen werden, wobei sie die übergeordneten Konzepte immer um bestimmte Inhalte spezifizieren und detaillieren. In diesem Sinne ist Energieeffizienz auch ein Teil der Ressourceneffizienz.

2.1.3 Energie und Energieeffizienz

Energie (E) ist eine physikalische Grundgröße mit der Einheit Joule (Diekmann & Rosenthal 2014, S. 2). Im Allgemeinen ist Energie die Fähigkeit eines Körpers, Arbeit zu verrichten (Arbeitsvermögen bzw. Arbeitsvorrat) (Kuchling 2011, S. 111). Energie, Arbeit und Wärme sind aus physikalischer Sicht Äquivalente, wobei Energie eine Erhaltungs-/Zustandsgröße, dagegen Arbeit (W) und Wärme (Q) Prozessgrößen (Übergang von Energie) darstellen (Baehr & Kabelac 2012, S. 56, 68, 70):

$$W = P \times t \quad (1)$$

$$Q = \dot{Q} \times t \quad (2)$$

$$\Delta E = W + Q \quad (3)$$

Dabei beschreibt die Leistung (P) die Arbeit, die pro Zeitintervall geleistet, und die Wärmeleistung bzw. der Wärmestrom ($\dot{Q}$) die Wärme, die pro Zeitintervall übertragen werden kann (VDI 4661, S. 9):

$$P(\dot{t}) = \frac{W}{t} \quad (4)$$

$$\dot{Q} = \frac{Q}{t} \quad (5)$$

Leistungen bzw. Mengenströme sind folglich Momentangrößen, die sich auf einen Zeitpunkt beziehen, wohingegen Energien bzw. Mengen Integralgrößen sind, die Summen bzw. Integrale über eine Zeitspanne darstellen (VDI 4661, S. 47). Energie besteht aus arbeitsfähiger Exergie, das heißt, Energie, die in andere Energieformen umwandelbar ist, und nicht umwandelbarer und damit technisch nicht nutzbarer Anergie (VDI 4661, S. 6). Letztere kann erst wieder durch die Zufuhr von Exergie nutzbar gemacht werden. Energie tritt in verschiedenen Energieformen auf (Diekmann & Rosenthal 2014, S. 1), (Konstantin 2009, S. 1-2):

- chemische Energie,
- elektrische Energie,
- elektromagnetische Energie,
- mechanische Energie (kinetische und potenzielle Energie),
- nukleare Energie/Kernenergie,
- thermische Energie/Wärme.

Energie kann physikalisch gesehen nicht erzeugt oder vernichtet werden, sondern wandelt sich immer in eine andere Energieform um, so dass in einem abgeschlossenen System die Energie konstant bleibt (Energieerhaltungssatz) (Weigand, Köhler & Wolfersdorf 2013, S. 3, 18). Beim Übergang von Energie über die Systemgrenzen hinweg wird Arbeit verrichtet bzw. Wärme abgegeben oder umgekehrt die innere Energie erhöht (Baehr & Kabelac 2012, S. 54).

Energie ist grundsätzlich⁷ an Energieträger als Übertragungs- und Speichermedien gebunden. Die für den Menschen nutzbaren Energiequellen (primäre Energieträger) werden als fossile Energien (Erdgas, Erdöl, Kohle), erneuerbare Energien (Sonnenenergie, Wasserkraft, Windenergie, Biomasse, Geothermie) und Kernenergien (Spaltung oder Fusion) klassifiziert (Diekmann & Rosenthal 2014, S. 4-5), (Konstantin 2009, S. 2). Neben diesen physikalischen Begrifflichkeiten werden aus energiewirtschaftlicher Sicht auch die Begriffe

- Primärenergie als Energieinhalt von Energieträgern aus der Natur,
- Sekundärenergie als Energieinhalt von Energieträgern aus technisch gewandelter Primärenergie,
- Bezugsenergie als Energieinhalt aller gehandelten primären und sekundären Energieträger,
- Endenergie als Energieinhalt gehandelter Energieträger für die Erzeugung bzw. Umwandlung von Nutzenergie,
- Zielenergie als Energieinhalt der gewünschten Energieformen aus Energieumwandlungen und
- Nutzenergie als Energieinhalt der beim Verbraucher zur Anwendung kommenden Energieformen (z. B. Wärme, mechanische Energie, Licht)

für verschiedene Umwandlungsstufen der Energie verwendet (VDI 4661, S. 9). In Abbildung 4 wird die prinzipielle Umwandlungskette vom Rohstoff bis zur Nutzung verkürzt zusammengefasst.

In Deutschland wird die Energieversorgung durch das *Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)* (BMJV 2005) geregelt. Damit soll der Binnenmarkt für Strom und Gas wettbewerbsfähig gestaltet werden. Der Kernansatz besteht in der Entflechtung der Wertschöpfung, wodurch eine Aufteilung der Energieversorgung in Energieerzeugung, Energienetz und Energievertrieb vorgenommen wird. Dadurch werden diese Aufgaben auf unterschiedliche Unternehmen verteilt. Die vom Erzeuger produzierte Energie wird über die Netze an den Endkunden geliefert und durch die Vertriebsunternehmen verkauft. Die Netzbetreiber müssen dabei eine neutrale und transparente Nutzung für alle Erzeugungs- und Vertriebsunternehmen gewährleisten, um Wettbewerbsverzerrungen auszuschließen. Die Strom- und Wärmeerzeugung beruht derzeit hauptsächlich auf Kernenergie, Braun- und

⁷ Jedoch kann Energie im physikalischen Sinn – bspw. in einem geschlossenen System oder als elektromagnetische Strahlung – auch ohne stoffliches Medium übertragen werden.

Steinkohle, Gas und Öl sowie zunehmend auf erneuerbaren Energien. Der Strom wird über Höchst-, Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetze in Deutschland verteilt (Diekmann & Rosenthal 2014, S. 285). Zudem findet aber auch ein Austausch mit den europäischen Nachbarländern, wie bspw. Frankreich und Österreich, statt. Der Handel des erzeugten Stroms wird über die Energie-/Strombörsen in Europa oder Direktverkäufe vollzogen (Konstantin 2009, S. 43).

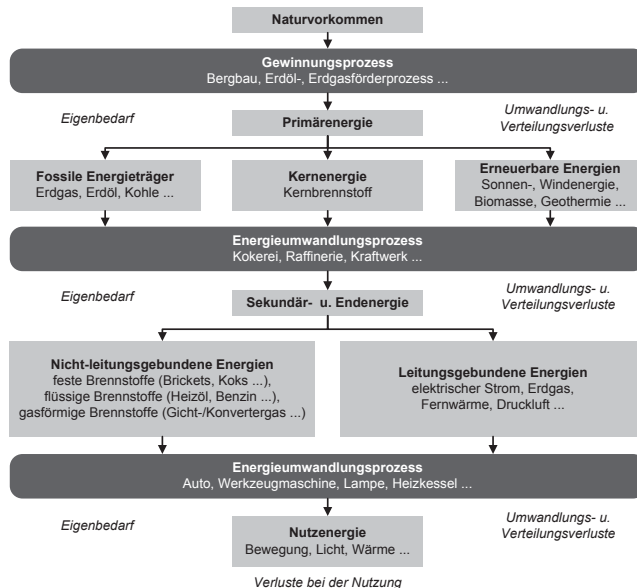


Abbildung 4: Übersicht Energieumwandlung und -anwendung nach (Konstantin 2009, S. 2)

Aus technischer Sicht ist der Energieverbrauch die aufgebrachte Menge an eingesetzter/angewendeter Energie einer Energieform unter realen Bedingungen (gemessene Größe), um den Energiebedarf zu decken (DIN EN ISO 50001, S. 8), (VDI 4600, S. 4). Als Verbrauch wird auch der Übergang von Exergie in Anergie gesehen, wodurch die verbrauchte, entwertete Energie nicht erneut genutzt werden kann. Der Energiebedarf ist die Prognose der benötigten Energie. Energieverlust bezeichnet den aus dem System austretenden Teil der zugeführten Energie, der nicht im Sinne des Prozesses bzw. der geplanten Verwendung genutzt wurde (VDI 4661, S. 14-15). Wenn dieser Teil innerhalb des Systems für eine andere Nutzung eingesetzt werden kann, wird der Energieverlust nach außen reduziert.

Aufgrund der Energieumformungen, insbesondere in Wärme, nimmt ein System im Betrieb immer mehr Energie auf, als es in nutzbarer Form wieder abgibt. Der Quotient aus nutzbarer, abgegebener Leistung und zugeführter Leistung ist als Wirkungsgrad η beschrieben (Rudolph & Wagner 2008, S. 43):

$$\eta = \frac{P_{\text{abgegeben}}}{P_{\text{zugeführt}}} \quad (6)$$

Vor dem Hintergrund der praktischen Nutzung kann der Wirkungsgrad auch nachträglich aus dem Verhältnis der entsprechenden Energiemengen für das betrachtete Zeitintervall berechnet werden, wobei sich dabei der Zustand des Systems nicht wesentlich ändern darf (Kuchling 2011, S. 116), (VDI 4661, S. 17):

$$\eta = \frac{W_{\text{abgegeben}}}{W_{\text{zugeführt}}} \quad (7)$$

Der Gesamtwirkungsgrad verketteter Energieumwandlungen ist das Produkt der einzelnen Wirkungsgrade (Kuchling 2011, S. 117):

$$\eta_{\text{Gesamt}} = \eta_1 \times \dots \times \eta_n \quad (8)$$

In Tabelle 2 werden typische Wirkungsgrade ausgewählter Systeme dargestellt.

Tabelle 2: Typische Wirkungsgrade ausgewählter Systeme nach (Pehnt 2010, S. 26)

Energiewandler	Energieformen	Wirkungsgrad [%]
Generator	m → e	98-99
Dampferzeuger	c → t	92-97
großer Elektromotor	e → m	90-96
Heizungskessel	c → t	90-94
kleiner Elektromotor	e → m	60-75
Dampfturbine	t → m	45-50
Windturbine	m → m	40-50
Gasturbine	t → m	30-35

Legende:

c ... chemische Energie

e ... elektrische Energie

m ... mechanische Energie

t ... thermische Energie

Diese können als Anhaltspunkt genommen werden, um die Effizienz eines Systems bei der Energiewandlung einzuschätzen. Während der Wirkungsgrad das Verhältnis von Aus- zu Eingaben des gleichen Mediums beschreibt, ist der Begriff Effizienz weiter gefasst. Effizienz wird im Allgemeinen als Verhältnis von Nutzen zu Aufwand definiert, wobei der Nutzen nicht die gleiche Dimension wie der Aufwand haben muss. Als Energieeffizienz wird demnach das spezifizierte und messbare Verhältnis von einer erzielten Leistung (Ertrag/Nutzen) und der dafür eingesetzten Energie verstanden (DIN EN ISO 50001, S. 8), (Müller et al. 2009, S. 2):

$$\text{Energieeffizienz} = \frac{\text{Leistung/Ertrag/Nutzen}}{\text{Energieeinsatz}} \quad (9)$$

Der Nutzen ist dabei auch in nichtenergetischer Betrachtungsweise, bspw. als hergestellte Stückzahl von Produkten oder als erwirtschafteter Umsatz, beschreibbar. Energieeffizienz⁸ bedeutet also auch, „... einen gewünschten Nutzen (Produkte oder Dienstleistungen) mit möglichst wenig Energieeinsatz herzustellen oder aus einem bestimmten Energieeinsatz möglichst viel Nutzen zu ziehen“ (Müller et al. 2009, S. 2). Aus dem beschriebenen Verhältnis folgt, dass zur Steigerung der Energieeffizienz

- zum einen der Nutzen erhöht (z. B. Erhöhung des Ertrags) und/oder
- zum anderen der Aufwand (Energieeinsparung) reduziert

werden kann. Dies trifft für alle Bereiche der Energiewandlungskette von Energieerzeugung bis zur Energienutzung zu, wobei insbesondere die nicht nutzbaren Verluste minimal gehalten werden sollten.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Energieeffizienz einen Indikator für die effiziente Nutzung von Energie darstellt. Damit wird nicht automatisch auch eine absolute Einsparung an Energie erzielt, was aber angesichts der globalen Herausforderungen (vgl. Abschnitt 2.1.1) unabdingbar ist. Dieser Zusammenhang wird durch den Rebound-Effekt erklärt: Aufgrund von Effizienzsteigerungen werden bspw. Kosten eingespart (z. B. bei der Energieerzeugung), was dazu führt, dass ein Ertrag/Nutzen günstiger erbracht, angeboten und abgesetzt werden kann, woraus letztlich eine Zunahme des absoluten Verbrauchs resultiert (Thomas 2012, S. 8).

Dennoch ist Energieeffizienz eines der wichtigsten Mittel, um die Thematik Energie zu fokussieren, Energie einzusparen und damit einen Beitrag zum Umweltschutz zu leisten. Das Einsparpotenzial durch effizientere Energienutzung wird für die Industrie in verschiedenen Studien mit mindestens 20 - 30 % beziffert, wobei aber auch ergänzt wird, dass diese Zahlen sehr stark von Betrieb zu Betrieb variieren können (Hesselbach 2012, S. 11). Viele Maßnahmen können mit geringen Investitionen und Amortisationszeiten umgesetzt werden (BMU 2013, S. 31). Energieeffizienz ist als ein wesentliches Instrument anerkannt, um Energieeinsparungen voranzutreiben. Der *World Energy Outlook 2013* betont aber auch, dass dieses Potenzial bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist (IEA 2013, S. 3).

2.1.4 Ressourcen und Ressourceneffizienz

Im Allgemeinen werden als Ressourcen alle Mittel, die zur Durchführung eines Prozesses bzw. zur Erfüllung einer Aufgabe benötigt werden, zusammengefasst (VDI 4499 Blatt 1, S. 49). Es wird deutlich, dass dieser Begriff sehr offen definiert ist, so dass es verschiedene Auffassungen und abgeleitete bzw. abweichende Definitionen gibt.

Im Produktionsumfeld werden als Ressourcen materielle und nicht-materielle Dinge verstanden, die zur Ausführung der Produktion notwendig sind (im Sinne von

⁸ Zum Teil wird in der Praxis auch der Begriff Energieproduktivität verwendet. Die Energieproduktivität ist eine von der Energieeffizienz abgeleitete, ökonomische Kenngröße, die eine wirtschaftliche Leistung in Beziehung zum Energieeinsatz bringt.

Produktionsfaktoren). Das sind die technischen (z. B. Maschinen, Anlagen, Einrichtungen) und nicht-technischen Betriebsmittel (z. B. Personal). Außerdem werden dazu notwendige Materialien, Energien, Informationen und Kapital gezählt. Die Ressourceneffizienz selbst wird oftmals grob als Zusammenfassung von Material- und Energieeffizienz definiert, wobei das Material vor allem als (Roh-/Werk-)Stoffe des Produktes eingegrenzt wird.

Im umweltwissenschaftlichen Sprachgebrauch werden als Ressourcen die natürlichen Ressourcen erneuerbare und nicht-erneuerbare Primärrohstoffe, physischer Raum (Fläche), Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft), strömende Ressourcen bzw. Energien (z. B. Erdwärme, Wind-, Gezeiten- und Sonnenenergie) und Biodiversität (u. a. Vielfalt der Arten und der Ökosysteme) verstanden, wobei Ressourcen als Quelle (für die Herstellung von Erzeugnissen) und als Senke (für die Aufnahme von Emissionen) gesehen werden (UBA 2012, S. 3, 21-22). Im Rahmen des betrieblichen Umweltmanagements werden insbesondere die Ressourcen Material, Energie, Wasser/Abwasser, Abfall, biologische Vielfalt (u. a. durch Flächen-/Bodenverbrauch) und Emissionen betrachtet (BMU 2013, S. 23). Aus den Beschreibungen wird ersichtlich, dass Energie auch immer als Ressource gesehen werden kann. Für die vorliegende Arbeit werden

- Stoffe,
- Energien,
- Fläche/Raum und
- Emissionen

in Form von Quellen und Senken als relevante Ressourcen für das Betrachtungsobjekt Fabrik eingegrenzt.

Unter Ressourcenschonung wird die sparsame Nutzung von Ressourcen verstanden, wohingegen als Ressourcenverbrauch die Nutzung bzw. Umwandlung von Ressourcen gesehen wird, durch die sie nicht mehr erneut verwendet werden können (UBA 2012, S. 25-26). Analog der Energieeffizienz ist Ressourceneffizienz als Verhältnis von Leistung/Ertrag/Nutzen und den dafür eingesetzten Ressourcen zu definieren:

$$\text{Ressourceneffizienz} = \frac{\text{Leistung/Ertrag/Nutzen}}{\text{Ressourceneinsatz}} \quad (10)$$

Das bedeutet wiederum, dass ein gewolltes Ergebnis mit minimalem Ressourceneinsatz erreicht werden sollte. Der Einsatz wird vor allem durch die ressourcenorientierte Auswahl von Stoffen und Energien sowie Technologien, deren optimierte Vernetzung in Prozessen, die Verknüpfung und Wiederverwendung in Kreisläufen (z. B. Recycling), die Reduktion des Verbrauchs und die Vermeidung von ungewollten Ausgaben (z. B. Abfälle) minimal gehalten. Mit Ressourceneffizienz wird zusammenfassend das Ziel verfolgt, zum einen den Einsatz, die Inanspruchnahme bzw. den Verbrauch (Quelle) und zum anderen die Belastung (Senke) von (natürlichen) Ressourcen zu minimieren.

2.2 Fabrikplanung

2.2.1 Begrifflichkeiten und Einordnung

Im Allgemeinen wird unter dem Begriff Planung die gedankliche Vorwegnahme bzw. das Vorausdenken zukünftiger Ergebnisse unter Beachtung des dazu erforderlichen Vorgehens verstanden (VDI 5200 Blatt 1, S. 4). Die Planung ist immer auf einen definierten Objektbereich (Planungsgegenstand) ausgerichtet (Riedel 2012, S. 12). Dabei werden die Funktion und der Nutzen der zu planenden Objekte maßgeblich definiert (Kettner, Schmidt & Greim 1984, S. 3). Entsprechend des zeitlichen Planungshorizontes werden weiterhin die strategische, taktische und operative Planung unterschieden (Schmigalla 1995, S. 72).

Die Fabrikplanung ist ein systematischer Prozess, der im Kern den Planungsgegenstand Fabrik einschließlich der damit in Verbindung stehenden (Sub-/Teil-)Systeme und Abläufe unter Beachtung jetziger und zukünftiger Anforderungen gestaltet. Dieser Prozess setzt sich aus strukturierten, aufeinander aufbauenden Phasen zusammen und beschreibt die Planung einer Fabrik von der Zielfestlegung bis zum Hochlauf der Produktion bzw. auch die Anpassung im laufenden Betrieb (VDI 5200 Blatt 1, S. 3). Hierfür sind entsprechende Ziele, Organisationsstrukturen, Gestaltungsbereiche, Lösungsprinzipien sowie Ressourcen einschließlich Theorien, Modelle, Methoden und Werkzeuge zu definieren, bereitzustellen und zu nutzen (Pawellek 2008, S. 20-21), (Schenk, Wirth & Müller 2014, S. 28).

In den meisten Planungsansätzen folgt auf die Phase der Fabrikplanung in zeitlicher Abstufung der Fabrikbetrieb, der die Planung und Steuerung der Produktion innerhalb der Fabrik bzw. während ihrer Nutzung umfasst. Jedoch führen verschiedene Veränderungstreiber (z. B. kurze Produktlebenszyklen oder Forderung nach Wandlungsfähigkeit) dazu, dass innerhalb des Fabrikbetriebs die Fabrik ständig angepasst werden muss. Daher ist das Zusammenspiel von Fabrikplanung und Fabrikbetrieb weniger durch eine lineare Trennung sondern mehr als vernetzter Kreislauf zwischen beiden Disziplinen charakterisiert. In diesem Zusammenhang wird auch von einer Fabrikbetriebs-/Betriebsplanung gesprochen (Grundig 2009, S. 29), (Riedel 2012, S. 4, 182), (Schenk, Wirth & Müller 2014, S. 29).

Aus organisatorischer Sichtweise wird die Fabrikplanung als ein Teilgebiet der Unternehmensplanung angesehen (Aggteleky 1987, S. 26-29), (Schmigalla 1995, S. 70). Die Unternehmensplanung definiert den Rahmen (Ziele und Vorgaben bspw. bezogen auf das Produktionsprogramm) für die Fabrikplanung (VDI 5200 Blatt 1, S. 7). Unternehmensstrategien, die Auswirkungen auf die Produktion haben, nehmen Einfluss auf die Fabrikplanung (Wiendahl, Reichardt & Nyhuis 2009, S. 25). Daher ist die strategische Ausrichtung des Unternehmens, bspw. unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit, von hoher Bedeutung für die Planung.

Methodik zur Fabriksystemmodellierung im Kontext von
Energie- und Ressourceneffizienz

Hopf, H.

2016, XXIII, 218 S. 89 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-11598-2