

Entwicklung eines Energiekennzahlensystems für Konzerne durch die Kombination von Top-Down und Bottom-Up-Ansatz

Lukas Saars*, Jörg Meyer

Hochschule Niederrhein, SWK E² - Institut für Energietechnik und Energiemanagement,
Reinarzstr. 49, 47805 Krefeld, Germany, +49 (0) 2151 822 - 6676, lukas.saars@hs-
niederrhein.de, www.hs-niederrhein.de/swk-e2

Kurzfassung: Energiekennzahlensysteme nehmen im Rahmen des betrieblichen Energiemanagements eine zentrale Rolle ein. Sie spiegeln die Entwicklung der energiebezogenen Leistung wider und überwachen den Erfolg. Insbesondere durch die Revision der DIN EN ISO 50001 „Norm für Energiemanagementsysteme“ in 2018, welche die Berücksichtigung der für den Energieverbrauch relevanten Variablen stärker fordert, rückt die Bildung von geeigneten Energiekennzahlen (EnPI's) in den Fokus vieler Organisationen. Das größte Hemmnis für die Implementierung eines Energiekennzahlensystems ist jedoch, dass Unternehmen nur in seltenen Fällen über ausreichende personelle Kapazitäten verfügen. Das führt dazu, dass Konzerne häufig nicht für jede der beteiligten Gesellschaften einen Energiemanagementbeauftragten ernennen können, der eben jener Tätigkeit in Vollzeit nachgeht. Somit kann nicht ausreichend zur Verfügung stehende Arbeitszeit und das daraus resultierende mangelnde Verständnis für Energiekennzahlen dazu führen, dass Kennzahlen gebildet werden, die keineswegs die Veränderung der energiebezogenen Leistung widerspiegeln. Der vorliegende Beitrag zeigt ein Vorgehen auf, mit welchem ein geeignetes Energiekennzahlensystem entwickelt werden kann, das vor allem die für den Energieeinsatz relevanten Variablen berücksichtigt. Dabei werden mit dem Top-Down- und dem Bottom-Up-Ansatz zwei zentrale Ansätze integriert. Der Top-Down-Ansatz, indem Standardkennzahlen zentral vorgegeben werden, sowie der Bottom-Up-Ansatz, welcher sich auf die individuelle Festlegung von Kennzahlen mithilfe von multivariaten Regressionen konzentriert, stellen die zentralen Bestandteile des Kennzahlensystems dar. Mit der Vorgabe von Benchmarks und der Durchführung von Abweichungsanalysen werden den beiden Ansätzen Steuerungsfunktionen verliehen.

Keywords: Energiemanagement, Energiekennzahlensysteme, multivariable Regression

1 Einleitung

Der im Oktober 2014 von dem europäischen Rat festgelegte Rahmen für die Klima- und Energiepolitik beinhaltet das Langfristziel, die EU-internen Treibhausgasemissionen bis 2030 um 40% gegenüber dem Jahre 1990 zu senken [1]. Damit nimmt die EU eine herausragende Rolle bei den internationalen Klimaschutzbemühungen ein und wird somit zu dem dringend notwendigen Vorreiter. Die EU und damit auch die europäische Klima- und Energiepolitik kann und soll daher als Vorbild für alle Regionen der Welt dienen. Als wichtiges Ziel wird von der Europäischen Union nicht nur der Ausbau von Erneuerbaren Energien, sondern auch die Reduzierung des Energieeinsatzes angesehen. Die Identifizierung der größten

Energieeinsparpotenziale nimmt dabei eine zentrale Rolle ein, um Maßnahmenpakete zur Erschließung dieser Potenziale auf den Weg zu bringen. In den Sektoren Industrie und Gewerbe fällt mit 41,9% bzw. 21,7% ein Großteil des Energieeinsatzes weltweit an [2]. Es müssen also national sowie international Maßnahmen getroffen werden, die direkt bei den Unternehmen ansetzen. Insbesondere müssen daher die energieintensiven Unternehmen in die Verantwortung genommen werden, Energieeinsparpotenziale zu identifizieren und zu realisieren.

1.1 Motivation

Das Einführen und Umsetzen eines betrieblichen Energiemanagements sorgt vor allem durch den kontinuierlichen Verbesserungsprozess für eine laufende Reduzierung des Energieeinsatzes [3]. Dies und die Tatsache, dass ein Energiemanagement innerhalb eines Unternehmens für eine Sensibilisierung der Mitarbeiter sorgt, machen die Implementierung von Energiemanagementsystemen zu einer attraktiven Lösung, um die Dringlichkeit der Energieziele in der Gesellschaft zu verankern. Das Ziel eines Energiemanagements ist es nicht nur den Energieeinsatz zu senken, sondern auch alle Energieflüsse innerhalb eines Unternehmens zu überwachen, um vor allem unnötigen Energieeinsätzen vorbeugen zu können. Das Kernstück eines jeden Energiemanagements stellt ein dezentral funktionierendes Kennzahlensystem dar. Die Aufstellung von geeigneten Energiekennzahlen ist bedeutsam für die Bewertung und für die Nachweisführung von umgesetzten Energieeffizienzmaßnahmen und damit auch für die kontinuierliche Verbesserung des Energiemanagements [4]. Wie gut ein Energiemanagementsystem funktioniert, lässt sich also anhand des jeweiligen Energiekennzahlensystems festlegen. Grundsätzlich bringt ein funktionierendes Kennzahlensystem zwei große Vorteile mit sich. Zum einen wird durch die kontinuierliche Überwachung der Kennzahlen Energieeinsparpotenzial aufgedeckt, und zum anderen kann die energetische Wirkung von durchgeführten Energieeffizienzmaßnahmen nachgewiesen werden [5].

1.2 Problemstellung

Mit Veröffentlichung der EU-Energieeffizienz-Richtlinie in 2012 und der damit verbundenen Energieaudit-Pflicht für Nicht-KMUs sind Energiemanagementsysteme sowie Energieaudits bei den Unternehmen in der EU präsenter geworden [6]. Problematisch hierbei ist jedoch, dass ein Unternehmen in seltenen Fällen über die Kapazitäten verfügt, um für jede der beteiligten Gesellschaften einen Energiemanagementbeauftragten zu ernennen, der eben jener Tätigkeit in Vollzeit nachgehen kann [7]. Somit kann nicht ausreichend zur Verfügung stehende Arbeitszeit und das daraus resultierende mangelnde Verständnis für Energiekennzahlen, eine Gefahr dafür darstellen, dass Kennzahlen gebildet werden, die keineswegs die Veränderung der energiebezogenen Leistung widerspiegeln [8]. Um den Energiekennzahlen eine Aussagekraft verleihen zu können, steht die Bereinigung der äußeren Einflussfaktoren im Vordergrund.

2 Energieleistungskennzahlen („Energy Performance Indicators“)

Eine Energiekennzahl ist ein Instrument zur Identifizierung von Energieeinsparmöglichkeiten und zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen im Rahmen des betrieblichen

Energiemanagements. Energiekennzahlen bzw. Energiekennzahlensysteme stellen daher die Basis zur erfolgreichen Etablierung eines Energiemanagementsystems dar [5]. Ein funktionierendes Kennzahlensystem, welches vor allem auch die relativen Bezugsgrößen berücksichtigt, ist zur Erzielung eines laufenden Verbesserungsprozesses unerlässlich. Dies wird insbesondere dadurch deutlich, dass eine Auswertung von absoluten Energieverbräuchen durch die mangelnde Vergleichbarkeit wenig aussagekräftig ist. Der Vergleich von absoluten Kennzahlen, ohne die Bezugsgrößen mit wesentlichem Einfluss zu berücksichtigen, lässt keine Schlussfolgerung über die Energieeffizienz zu. Die Bildung von geeigneten Kennzahlen unter Berücksichtigung der wesentlichen Einflussfaktoren ist also für ein funktionierendes Energiemanagement entscheidend.

2.1 Begriffsbestimmung und Definition

Kennzahlen lassen sich als „Zusammenfassung von quantitativen, d.h. in Zahlen ausdrückbaren Informationen für den innerbetrieblichen und zwischenbetrieblichen Vergleich“ definieren [9]. Diese allgemeine Begriffsdefinition wird in der Norm DIN ISO 50006 an die Verwendung innerhalb von Energiemanagementsystemen angepasst. In der DIN ISO 50006 wird unterschieden zwischen „EnPI“ (Energieleistungskennzahl) und „EnPI-Wert“, was in der Praxis häufig zu Missverständnissen führt. Insbesondere durch die Revision der DIN ISO 50001 wird deutlich, dass ein „EnPI“ keine Zahl, sondern eine Rechenregel ist, die beschreibt, aus welchen Berechnungskomponenten sich ein EnPI-Wert zusammensetzt [10]. Das Ergebnis der Ausführung einer Rechenregel stellt dann den EnPI-Wert dar [5]. Energiekennzahlen werden im Allgemeinen dazu verwendet, um entsprechende Größen zu quantifizieren und Effizienzfortschritte verfolgen zu können. Es gehört also auch zu ihren Aufgaben, das gesamte Konstrukt aus Energiedaten und wesentlichen Einflussfaktoren zu einer aussagekräftigen Kenngröße umzuwandeln. Im Energieeffizienzcontrolling werden Kennzahlen häufig als Verhältnis von Nutzen und Aufwand definiert, sodass eine Verbesserung der entsprechenden Kennzahl immer auch eine Verbesserung der Energieeffizienz mit sich bringt [11].

2.2 Formen von Energieeffizienzkennzahlen

Häufig werden im Rahmen von Energiemanagementsystemen lediglich einfache Verhältniskennzahlen oder sogar Absolutwerte von Energieverbräuchen zum Vergleich herangezogen. Dieses Vorgehen basiert auf der irrtümlichen Annahme, dass ein Energieverbrauch nur von einem einzigen relevanten Einflussfaktor abhängig ist. Insbesondere die Einführung der DIN ISO 50006 zur „Aufstellung von Energieleistungskennzahlen“ erweitert den Rahmen zur Integration eines Kennzahlensystems erheblich, sodass mit der Norm Absolutwerte durch statistische und technische Modelle ergänzt wurden [12].

Es reicht also nicht mehr, nur absolute und relative Kennzahlen aufzustellen, vielmehr steht die Bereinigung der wesentlichen Einflussfaktoren, auch „Normalisierung“ genannt, im Vordergrund. Die folgende Tabelle 1 zeigt, wie die „EnPI-Formen“ durch die Einführung der DIN ISO 50006 erweitert worden sind.

Form	Voraussetzung	EnPI-Typ	Beispiel
1	Keine „relevante Variable“ liegt vor	gemessener Energiewert	Jahresenergieverbrauch
2	Nur eine „relevante Variable“ liegt vor	Verhältnis von Messwerten	Spezifischer Energieverbrauch pro Mitarbeiter
3	Mehr als eine „relevante Variable“ liegt vor	Statistisches Modell	Funktionsgleichung einer multiplen Regressionsanalyse
4	Zahlreiche „relevante Variablen“ liegen vor, die interdependent sind	Technisches Modell	Simulationsrechnung über Matlab

Ursprüngliches Verständnis von EnPI-Typen

Erweiterung durch die DIN ISO 50006 stellt Unternehmen vor neue Herausforderungen

Tabelle 1: Erweiterung der EnPI-Formen [1]

Aus den EnPI-Formen lassen sich Steuerungskennzahlen ableiten, welche entweder einfache Verhältniskennzahlen mit einer relevanten Bezugsgröße oder Absolutwerte mit keiner oder mehreren relevanten Bezugsgrößen sind. Dabei geht es insbesondere darum, die äußeren Einflüsse unter Berücksichtigung der relevanten Variablen zu bereinigen, um eine Vergleichbarkeit der Kennzahlen gewährleisten zu können [5]. Gerade bei Betrachtung der Steuerungskennzahlen wird deutlich, dass dort zwischen verschiedenen Ausprägungen unterschieden werden muss. Insbesondere die Unterscheidung zwischen normalisierten, d.h. von äußeren Einflussfaktoren statistisch bereinigt, und tatsächlichen EnPI-Werten ist dringend notwendig, um den Kennzahlen eine Steuerungsfunktion verleihen zu können. Dabei ist das Ziel der Normalisierung, einen Vergleich der energiebezogenen Leistung eines Prozesses oder Teilprozesses unter gleichwertigen Bedingungen zu erreichen [13]. Die DIN ISO 50006 unterscheidet zwischen Referenz-EnPI-Wert aus dem Bezugszeitraum und Aktueller-EnPI-Wert aus dem Berichtszeitraum. Die beiden Werte sollen dann verglichen und mit den gesetzten Zielen des Energiemanagements abgeglichen werden [12]. Diese Annahme der DIN ISO 50006 wird somit durch die normalisierten EnPI-Werte ergänzt, sodass sich die folgenden Ausprägungen für Energiekennzahlen ergeben (Tabelle 2):

Referenz-EnPI-Wert	Wurde zum Bezugszeitraum gemessen
Plan-EnPI-Wert	Wurde zum Bezugszeitraum als Ziel für den Berichtszeitraum ausgegeben
Aktueller-EnPI-Wert	Wurde zum Berichtszeitraum gemessen
Normalisierter Plan-EnPI-Wert	Plan-Wert aus Bezugszeitraum wurde um die äußeren Einflussfaktoren aus dem Berichtszeitraum bereinigt
Normalisierter Referenz-EnPI-Wert	Referenz-EnPI-Wert aus Bezugszeitraum wurde um die äußeren Einflussfaktoren aus dem Berichtszeitraum erweitert

Tabelle 2: Ausprägungen der Energiekennzahlen

3 Identifizierung der relevanten Variablen

Die Identifizierung und Bereinigung der relevanten Variablen stehen vor allem auch in der neuen DIN ISO 50001:2018 im Vordergrund [10]. Zu Beginn kann es daher sehr hilfreich sein, ein Meeting des Energieteams einzuberufen, indem ein Brainstorming durchgeführt wird, um alle möglichen Einflussfaktoren auf die verschiedenen Energieverbräuche in einer Datenbasis

aufzunehmen. Hierin ist es essentiell wichtig, dass zwischen „dynamischen Faktoren“ und „statischen Faktoren“ unterschieden wird. Erstgenannte sind Einflussfaktoren, die sich im Zeitablauf häufiger ändern und somit auch eine wechselnde Wirkung auf die Kennzahl haben (Produktionsvolumen, Gradtagszahlen etc.), wohingegen es sich bei „statischen Faktoren“ um Größen handelt, welche sich im Zeitablauf nicht ändern und damit immer die gleiche Wirkung auf die Kennzahl haben (Produktionsschichten, Anzahl Mitarbeiter etc.) [5]. Gerade im Falle von weiteren Systemgrenzen, also größeren Standorten, kann auch die Mitarbeiterzahl oder die beheizte Fläche dynamisch sein. Sobald im Rahmen des Teamtreffens des Energiemanagements mögliche relevante Einflussfaktoren festgehalten worden sind, müssen diese im nächsten Schritt mithilfe von statistischen Analysen, den Regressionsanalysen, bewertet werden. Dazu wird der statistische Zusammenhang von den möglichen Einflussfaktoren und dem Energieverbrauch mithilfe des sogenannten Bestimmtheitsmaßes in einer Zahl zwischen „0“ und „1“ dimensioniert.

In der Statistik wird zwischen „einfacher Regressionsanalyse“, bei welcher der Zusammenhang einer einzigen Variablen betrachtet wird, und „multipler Regressionsanalyse“, bei welcher der Zusammenhang von mehreren relevanten Variablen betrachtet wird, unterschieden [13]. Die einfache Regressionsanalyse kann in den Standardtabellenprogrammen wie Excel durchgeführt werden. Die Abbildung 1 zeigt eine Visualisierung eines beispielhaften Vorgehens zur Identifizierung und Bewertung von Bezugsgrößen mithilfe von Regressionsanalysen.

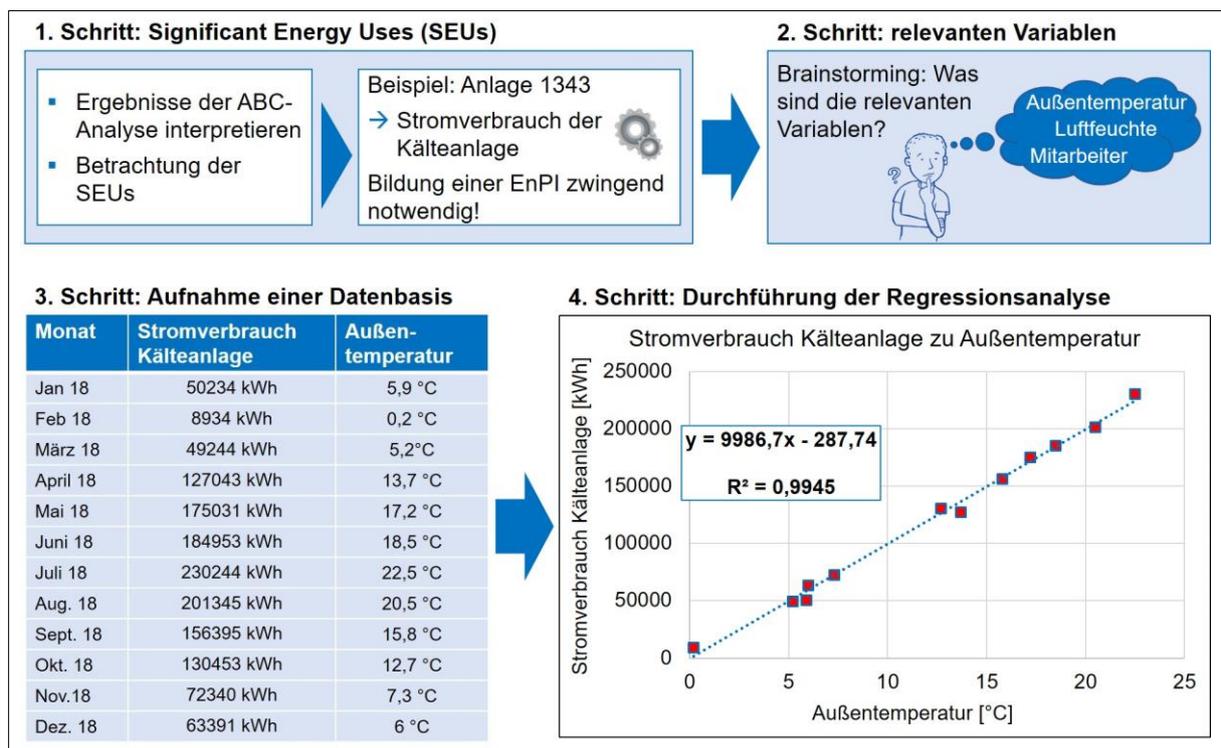


Abbildung 1: Prozess zur Identifizierung von relevanten Einflussfaktoren

Das oben aufgezeigte Verfahren sollte dann für jeden, der im Brainstorming erfassten Einflussfaktoren, durchgeführt werden. In dem oben dargestellten Beispiel wurde die Annahme getroffen, dass die Außentemperatur einen Einfluss auf den Stromverbrauch der Kälteanlage hat. Diese Annahme konnte dann mithilfe der Regressionsanalyse bestätigt werden. Die beiden Datenreihen weisen ein R^2 (Bestimmtheitsmaß) von 0,9945 auf. Es gibt keine

einheitliche Festlegung in der Literatur, ab welchem Wert von einem starken Zusammenhang gesprochen werden sollte. Auch die DIN ISO 50006, welche einen internationalen Standard für die Festlegung von Energieeffizienzkennzahlen fordert, trifft keine eindeutige Aussage über die Einstufung des Bestimmtheitsmaßes [15]. Die Abbildung 2, welche an die DIN ISO 50006 angelehnt ist, gibt allerdings einen kleinen Hinweis darauf, wie die Einstufung des Bestimmtheitsmaß vorgenommen werden könnte.

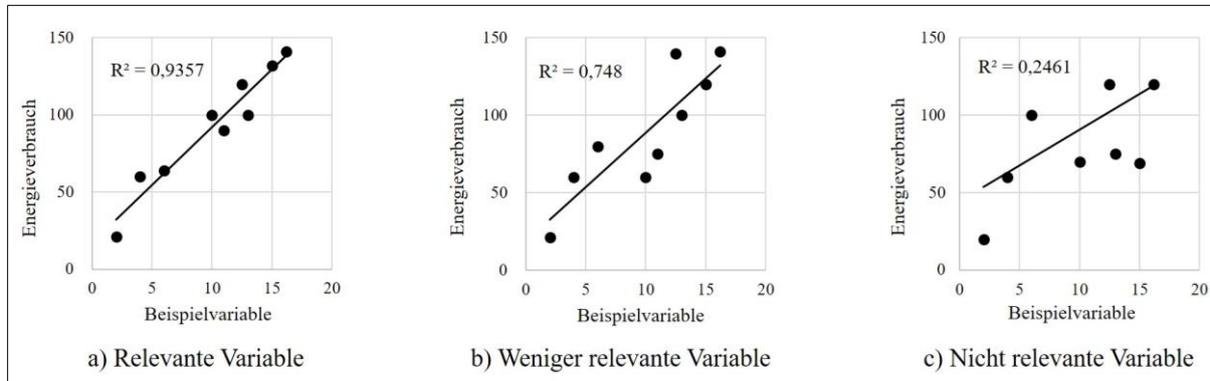


Abbildung 2: Einstufung des Bestimmtheitsmaßes [13]

4 Bildung und Steuerung von Energiekennzahlen

Energiekennzahlen können über zwei zentrale Ansätze überprüft und gebildet werden. Zum einen gibt es den Top-Down-Ansatz, bei dem Kennzahlen von dem zentralen Energiemanagement konzernweit zentral vorgegeben werden und die beteiligten Gesellschaften damit verpflichtet, diese zu führen, und zum anderen gibt es den Bottom-Up-Ansatz, bei dem die Gesellschaften individuelle Kennzahlen mithilfe von statistischen Analysen bilden. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass die zentrale Vorgabe von Kennzahlen über den Top-Down-Ansatz eine individuelle Berücksichtigung der relevanten Variablen unmöglich macht. Das führt dazu, dass meist klassische Katalogkennzahlen zentral vorgegeben werden, diese aber nicht für alle Standorte geeignet sind, um die energiebezogene Leistung widerzuspiegeln. Die folgende Abbildung 3 stellt die Funktionsweise der beiden Ansätze dar.

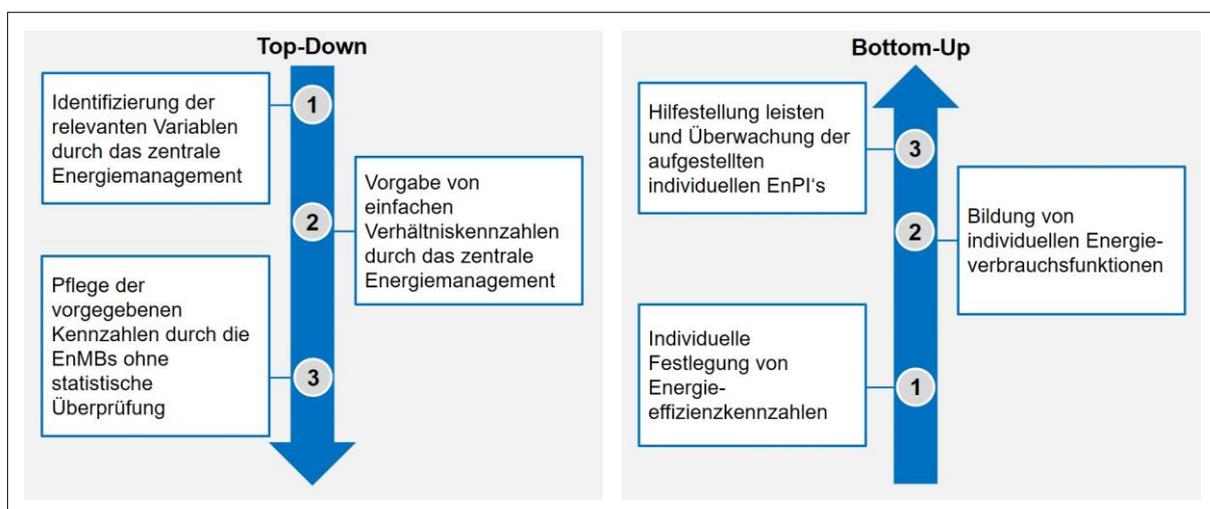


Abbildung 3: Ansätze zur Bildung von Energieeffizienzkennzahlen

Aufgrund der Tatsache, dass die DIN ISO 50001:2018 die Normalisierung der relevanten Variablen fordert, stellt der Bottom-Up-Ansatz die geeignete Methode zur Bildung von EnPI's dar. Für den Fall, dass eine Gesellschaft EnPI's nach dem Top-Down-Ansatz vorgibt, sollten die vorhandenen Strukturen dennoch nicht vollends verworfen werden, um keine demotivierende Wirkung auf die Mitarbeiter zu erzeugen [14]. Das bedeutet, die bereits gebildeten Beziehungskennzahlen sollten zunächst weitergeführt und in einem kontinuierlichen Prozess durch statistische Analysen ergänzt werden.

4.1 Individuelle Bildung von Kennzahlen nach dem Bottom-Up-Prinzip

Wie in Kapitel 3 bereits beschrieben, bietet eine einfache sowie eine multiple Regressionsanalyse das größte Potenzial, um neue individuelle EnPI's in Form von Energieverbrauchsfunktionen zu identifizieren. Die Besonderheit an der Durchführung einer multiplen Regressionsanalyse ist, dass diese eine Möglichkeit bietet, den statistischen Zusammenhang von vielen verschiedenen Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch in einer Funktion darzustellen.

Die Aufstellung von Energieverbrauchsfunktionen wird anhand des folgenden Beispiels verdeutlicht. Betrachtet wird eine Anlage des fiktiven Industrieunternehmens „Fiktiv AG“. Der Stromverbrauch der fiktiven Produktionsanlage 147 soll Inhalt der Analyse sein. Aufgrund von sehr schwankenden Verbrauchswerten möchte die Geschäftsführung der „Fiktiv AG“ einen EnPI bilden, welcher die Veränderungen der energiebezogenen Leistung der Anlage zu über 95% beschreibt. Das bedeutet, es soll ein EnPI gebildet werden, der ein Bestimmtheitsmaß von über 0,95 aufweist. Das Energiemanagement der „Fiktiv AG“ hatte bereits in der Vergangenheit die Idee, eine Regressionsanalyse durchzuführen, tat dies aber nur mit dem Produktionsvolumen als möglichen Einflussfaktor. Resultat der Analyse war daher ein zwar gutes, aber für die Geschäftsführung nicht ausreichendes, Bestimmtheitsmaß von 0,7012. Das führt dazu, dass das Energiemanagement im Rahmen eines Brainstormings noch weitere mögliche Einflussfaktoren identifiziert hat, welche jetzt in das Regressionsmodell einfließen sollen. Als weitere Einflussfaktoren wurden die Gradtagszahl und die Luftfeuchte ausgemacht, sodass diese beiden Datenreihen ebenfalls rückwirkend aufgenommen werden. Wie die folgende Tabelle 3 zeigt, wurden die vier Datenreihen für den Stromverbrauch der Produktionsanlage 147, das Produktionsvolumen, die Gradtagszahlen sowie die Fertigungsstunden rückwirkend für das Jahr 2016 aufgenommen.

Datum	Stromverbrauch Produktionsanlage 147 [kWh]	Produktionsvolumen [t]	Gradtagszahl [Kh]	Fertigungsstunden [h]
Jan 16	164334	8567	341	434
Feb 16	163747	8456	326	424
Mär 16	162834	8623	324	410
Apr 16	159344	8526	313	403
Mai 16	157393	8567	305	400
Jun 16	157293	8364	304	401
Jul 16	157389	8362	303	402
Aug 16	159283	8455	319	410
Sep 16	162090	8543	326	420
Okt 16	165372	8672	341	434
Nov 16	167263	8846	342	440
Dez 16	168322	8972	349	451

Tabelle 3: Datenreihen zur Durchführung der multiplen Regressionsanalyse

Die Durchführung einer einfachen Regressionsanalyse zeigt, dass für jeden der Einflussfaktoren das Bestimmtheitsmaß unter den geforderten 0,95 liegt. Über die multiple Regression können anschließend alle drei Einflussfaktoren in eine statistische Analyse integriert werden, sodass sich ein Bestimmtheitsmaß ergibt, welches den Zusammenhang aller drei Einflussfaktoren auf den Stromverbrauch der Produktionsanlage 147 quantifiziert. Die folgende Funktion ergibt sich nach Durchführung der multiplen Regressionsanalyse mit den vier Datenreihen mithilfe des Statistik Zusatzmoduls „XLSTAT“ von Addinsoft.

$$(1) \text{ Stromverbrauch } 147 \text{ [kWh/Monat]} = 64.251,887 \text{ [kWh/Monat]} + 3,049 \times \text{Produktionsvolumen [t/Monat]} + 147,712 \times \text{Gradtagszahlen [Kd/Monat]} + 56,604 \times \text{Fertigungsstunden [h/Monat]}$$

Die obenstehende „Rechenregel“ ist als neuer EnPI zu verstehen. Es wird also nicht mehr nur die Verhältniszahl „Stromverbrauch 147 pro Produktionsvolumen“ gebildet und im Zeitablauf überwacht, sondern die Rechenregel wird monatlich angewendet, um den Stromverbrauch der Produktionsanlage 147 normalisieren zu können. Das bedeutet, im Rahmen der Normalisierung werden die Datenreihen weiterhin aufgenommen, um die Rechenregel ausführen zu können. Im Anschluss daran, kann dann ein Vergleich zwischen dem normalisierten und dem tatsächlich gemessenen Wert gezogen werden. Das Bestimmtheitsmaß ergibt einen Wert von $R^2 = 0,957$ und erfüllt damit die Anforderungen der Geschäftsführung. Der Wert lässt sich so interpretieren, dass 95,7% aller Veränderungen des Stromverbrauchs der Produktionsanlage 147 auf die Entwicklungen der drei Einflussfaktoren zurückzuführen sind. Die Abweichung zwischen dem normalisierten Wert und dem tatsächlichen Wert wird in der Statistik als „Residuum“ bezeichnet [15]. Das „Residuum“ gibt also an, wie stark sich der „prognostizierte“ Wert von dem tatsächlichen Wert unterscheidet. Bei der Anwendung der Funktion aus der multiplen Regressionsanalyse muss unbedingt berücksichtigt werden, dass lediglich Monatswerte eingesetzt werden dürfen, um ein korrektes Ergebnis zu erzielen.

4.2 Anwendung und Steuerung mithilfe der entwickelten EnPI's

Nachdem die wesentlichen Einflussfaktoren identifiziert und mithilfe von statistischen Analysen bewertet wurden, können auf Basis dessen, die EnPI's in Form von Energieverbrauchsfunktionen gebildet werden. Im nächsten Schritt ist es für eine erfolgreiche Anwendung des Kennzahlensystems wichtig, dass den EnPI's eine Steuerungsfunktion verliehen wird. Die geeignete Interpretation der Kennzahlen ist genauso bedeutend, wie die eigentliche Identifizierung und Festlegung. Bevor eine Energieeffizienzkennzahl als Steuerungsinstrument verwendet werden kann, müssen die Rahmenbedingungen eindeutig geklärt sein. Dazu müssen die geeigneten Bezugs- und Berichtszeiträume und Referenz- bzw. Ziel-EnPI-Werte gewählt werden, sodass die Veränderung der energiebezogenen Leistung reibungslos widerspiegelt werden kann. Bei der Festlegung der EnB ist es von großer Bedeutung, dass die Organisation einen geeigneten Datenzeitraum unter Berücksichtigung der Art ihrer Arbeitsabläufe bestimmt, sodass vor allem auch saisonale Schwankungen berücksichtigt werden können [10].

Steuerung nach dem Top-Down-Ansatz

Bei der Vorgabe von Energiekennzahlen nach dem Top-Down-Prinzip werden die Verhältniszahlen in der Regel für jedes Berichtsintervall gebildet und anschließend mit den

Werten des vorherigen Berichtszeitraums verglichen. Da bei diesem Ansatz davon ausgegangen wird, dass der jeweilige Energieverbrauch nur einen einzigen wesentlichen Einflussfaktor besitzt, und dieser durch die Division Berücksichtigung findet, wird angenommen, dass die Differenz der Verhältniszahl aus dem Berichtszeitraum im Vergleich zum Bezugszeitraum bereits der erreichten Einsparung entspricht. Die Steuerung nach dem Top-Down-Prinzip ist also sehr einfach gehalten, beinhaltet aber starke Schwächen. In den seltensten Fällen hängt ein Energieverbrauch nur von einer relevanten Variablen ab, sodass die Entwicklung der energiebezogenen Leistung nur bedingt widergespiegelt werden kann [16]. Es gibt allerdings auch für die Anwendung des Top-Down-Ansatzes Potenziale, um den Energiekennzahlen eine Vergleichbarkeit und damit eine Aussagekraft zu verleihen. Insbesondere die Durchführung von Vergleichen der einfachen Verhältniskennzahlen innerhalb der Gesellschaften ist für viele Unternehmen ein weiterer Grund, weshalb diese in der Praxis gebildet werden. Die Vergleichbarkeit ist aber nur bedingt gegeben, da sich die Rahmenbedingungen in jeder Gesellschaft und in den verschiedenen Werken stark unterscheiden. Darüber hinaus bietet das „Benchmarking“ von Kennzahlen innerhalb der eigenen Branchen eine große Chance, um den Unternehmen ein Gefühl zu geben, wie deren energiebezogene Leistung sich im Vergleich zu anderen Unternehmen der Branche einordnen lässt [16]. In seiner einfachsten Form ist ein „Benchmark“ ein Referenzpunkt, welcher auch als Vergleichsmaßstab dient. „In Unternehmen ist „Benchmarking“ ein Verfahren, um Ergebnisse, Arbeitsmethoden oder Prozesse im Verhältnis zur bestmöglichen Praxis zu bewerten.“ [17]

Die von der Hochschule Zittau/Görlitz ins Leben gerufene Website „www.energieeffizienzbenchmark.de“ ermöglicht für Industriebetriebe in über 300 Wirtschaftszweigen für die Jahre 2008 bis 2016 einen Energieeffizienz-Benchmark der Gesamtenergieintensität, der Brennstoffintensität, der Stromintensität und der CO₂-Emissionen, bezogen auf den Umsatz, auf die Bruttowertschöpfung und auf die Beschäftigten. Die von Herrn Prof. Dr.-Ing Jörg Lässig, Herrn Prof. Dr. Tino Schütte und Herrn Professor Dr. Wilhelm Riesner herausgegebene Literatur beinhaltet einen Vergleichsrahmen, der über 45.000 Betriebe in Deutschland fasst. Sofern also die entsprechenden Energiekennzahlen, welche auch im Rahmen des Benchmarkings enthalten sind, gebildet worden sind, kann ein Vergleich innerhalb der Branche durchgeführt werden. [17]

Steuerung nach dem Bottom-Up-Ansatz

Sofern die Bezugs- und Berichtszeiträume, als auch die EnPI-Werte festgelegt worden sind, kann das Kennzahlensystem anschließend mit einer Steuerungsfunktion ausgestattet werden, indem im Rahmen des Bottom-Up-Ansatzes mithilfe von Abweichungsanalysen eine ganzheitliche Überwachung eines EnPI's durchgeführt wird. Die Steuerungslogik im Sinne der DIN ISO 50006 basiert dabei vor allem auf dem Vergleich des Aktuellen-EnPI-Werts und dem normalisierten Referenz-EnPI-Werts. Auf dem Bild 1 der DIN ISO 50006:2017-04 wird die Beziehung zwischen der energiebezogenen Leistung, den EnPIs, der energetischen Ausgangsbasis, und den operativen Zielen dargestellt [12].

Zu Beginn wird also der tatsächliche Energieverbrauch, der während des Bezugszeitraums angefallen ist, aufgenommen. Anschließend wird daraus unter Berücksichtigung der SEUs und der geplanten Energieeffizienzmaßnahmen ein Ziel-EnPI-Wert festgelegt. Das kann eine pauschale Energieeinsparung von 10% oder aber ein Absolutwert sein. Die geplante Einsparung soll bis zum Berichtszeitraum erreicht werden. Die Nachweisführung erfolgt über die Normalisierung der beiden Werte, indem diese von den vorher identifizierten wesentlichen

Einflussfaktoren bereinigt werden. Dazu werden die Werte der Einflussfaktoren, die während des Berichtszeitraums angefallen sind, in die Funktion des EnPI's eingesetzt, sodass sich für den Referenz-EnPI-Wert und den Ziel-EnPI-Wert neue Werte ergeben [1]. Im Anschluss wird der tatsächliche Verbrauch aus dem Berichtszeitraum aufgenommen und mit den beiden normalisierten Werten verglichen. Die Abbildung 4 verdeutlicht, dass der Vergleich der Absolutwerte ergibt, dass der aktuelle Verbrauch sogar noch deutlich über dem Referenz-EnPI-Wert liegt. Erst die Normalisierung (Bereinigung von äußeren Einflussfaktoren) zeigt, dass tatsächlich Energie eingespart werden konnte. Die Einsparung ist allerdings nicht so hoch, wie im Bezugszeitraum als Ziel ausgegeben wurde.

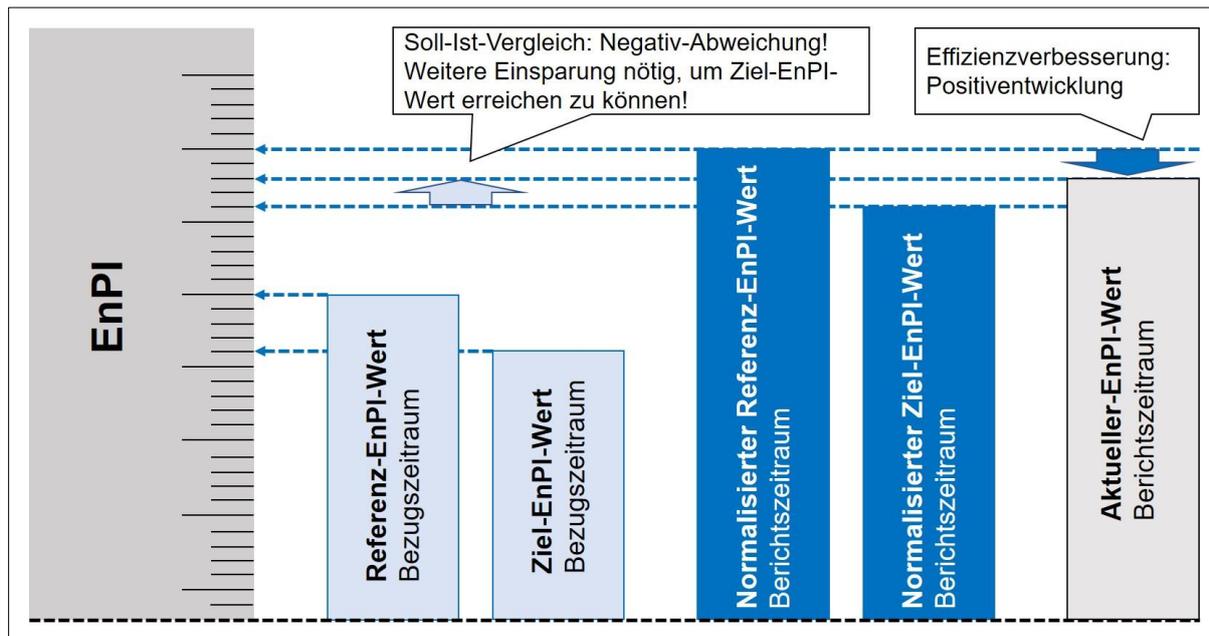


Abbildung 4: Steuerungslogik nach DIN ISO 50006 [1],[13]

5 Ergebnisse

Das beschriebene Vorgehen zur Identifizierung von relevanten Variablen eignet sich vor allem, um im Rahmen der Normalisierung Energieverbrauchsfunktionen aufstellen zu können. Sobald den aufgestellten EnPIs mithilfe von Benchmarkings und Abweichungsanalysen eine Steuerungsfunktion verliehen wird, kann die Veränderung der energiebezogenen Leistung bewertet werden.

Im Folgenden werden mithilfe einer SWOT-Analyse die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken von Kennzahlensystemen im Allgemeinen zusammenfassend beschrieben.

Die Stärke von Kennzahlensystemen liegt darin, dass sie die Möglichkeit bieten, die im Rahmen eines Energiemanagements erreichte Verbesserung der energiebezogenen Leistung zu quantifizieren. Dadurch wird die Berichterstattung an die Geschäftsführung transparenter, sodass bei positiven Entwicklungen zusätzliches Budget zur Umsetzung von Energiemaßnahmen erlangt werden kann. Darüber hinaus stellt ein funktionierendes Kennzahlensystem ein wichtiges Instrument dar, um die Wirksamkeit von Energieeffizienzmaßnahmen mit Bereinigung der äußeren Einflussfaktoren nachweisen zu können. Dennoch weisen Kennzahlensysteme auch einige Schwächen auf. Die nur bedingt zur Verfügung stehende Arbeitszeit der Energiemanagementbeauftragten, die nur in seltenen

Fällen in Vollzeit im Energiemanagement beschäftigt sind, führen dazu, dass ein Kennzahlensystem häufig nicht in der Komplexität umgesetzt werden kann, die nötig ist, um das vorgestellte Vorgehen anwenden zu können. Außerdem besteht ein großer Aufwand darin, den Mitwirkenden ein ausreichendes Verständnis für statistische Analysen zu vermitteln. Ein Großteil der Energiemanagementbeauftragten kommt zum ersten Mal in Kontakt mit Regressionsanalysen, sodass ein Kennzahlensystem die Durchführung von Schulungsreihen erfordert. Hierin sollte also immer der Nutzen dem Aufwand gegenübergestellt werden. Insbesondere sollte daher bei der Implementierung eines Kennzahlensystems zwischen Büro- und Produktionsstandorten unterschieden werden. Ein Bürostandort bringt ganz andere Gegebenheiten mit sich, die unbedingt berücksichtigt werden müssen. Gerade bei der Bildung und Steuerung von Energieverbrauchsfunktionen innerhalb der Produktionsstandorte ergeben sich deutlich vielseitigere Einsatzmöglichkeiten. Das Produktionsvolumen etwa hat einen erheblichen Einfluss auf die Energieverbräuche. An Bürostandorten hingegen sind meist sehr wenige Einflussfaktoren zu finden. Somit kann an Bürostandorten der Nutzen solch komplexer Kennzahlensysteme kleiner als der Aufwand ausfallen und eine Implementierung damit unwirtschaftlich machen.

Die größte Chance für Kennzahlensysteme liegt darin, dass die Bedeutung von Energiemanagementsystemen in der Gesellschaft immer stärker verankert ist. Gerade durch die steigenden Energiekosten wird die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen immer wichtiger. Infolgedessen werden auch Kennzahlensysteme für Unternehmen aus dem produzierenden Gewerbe präserter bzw. erforderlich. Mit steigenden Energiekosten wird also auch der wirtschaftliche Nutzen von Energiekennzahlensystemen größer.

Die Tatsache, dass sich die äußeren Gegebenheiten für Kennzahlensysteme in einem ständigen Wandel befinden und die Implementierung eines Kennzahlensystems damit zu einem kontinuierlichen Prozess wird, stellt ein großes Risiko dar. Hier sind beispielhaft die Auswirkungen des Klimawandels zu nennen. Die stetig veränderten Einflüsse auf die Witterung bewirken, dass sich auch die Anforderungen an Kennzahlensysteme ändern. Dies erfordert eine kontinuierliche Anpassung der EnPIs und sorgt damit für zusätzlichen Aufwand. Abbildung 5 fasst das Ergebnis der SWOT-Analyse zusammen.

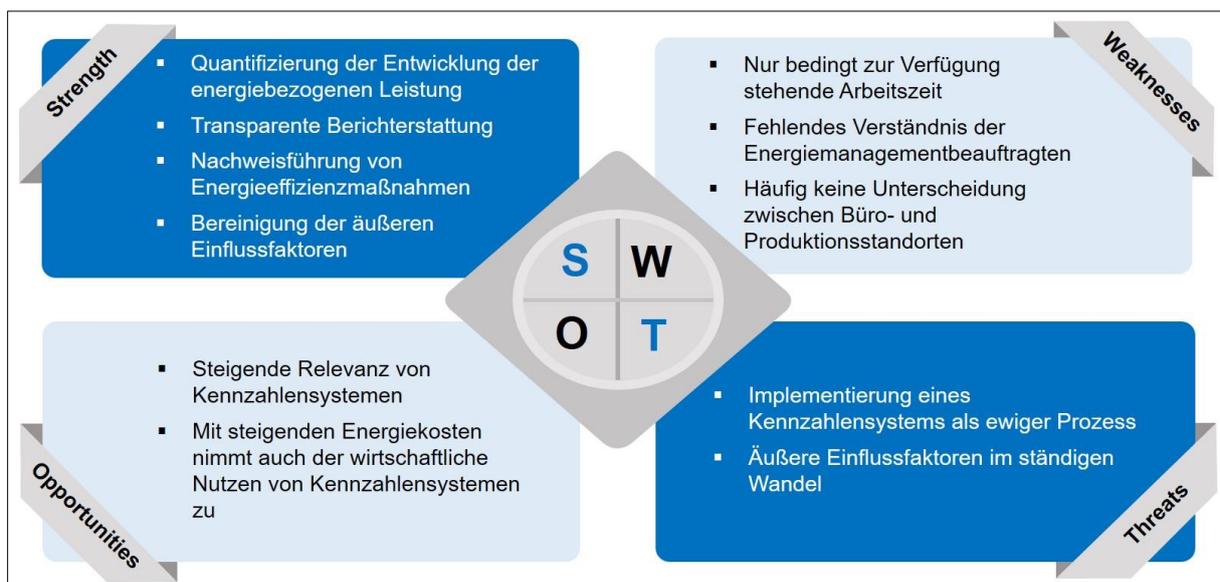


Abbildung 5: SWOT-Analyse für Kennzahlensysteme

6 Fazit & Ausblick

In der Praxis wird bei der Bildung eines Energiekennzahlensystems zu häufig die Durchführung von statistischen Analysen zur Aufstellung von EnPIs vernachlässigt. Die Identifizierung relevanter Variablen sowie die Aufstellung von Energieverbrauchsfunktionen gehören zu den Kernelementen eines funktionierenden Kennzahlensystems. Die Bildung von geeigneten Verhältniskennzahlen, sofern der Energieverbrauch nur einen einzigen Einflussfaktor besitzt, sowie die Bildung von Energieverbrauchsfunktionen, bieten gerade unter Anwendung von Benchmarks und der Steuerungslogik nach DIN ISO 50006 großes Potenzial, um die Veränderung der energiebezogenen Leistung repräsentativ widerzuspiegeln. Somit ist es essentiell wichtig, dass jedes bereits bestehende Kennzahlensystem um die Durchführung von Benchmarks und Abweichungsanalysen ergänzt wird. Mit der Revision der DIN ISO 50001 im Jahr 2018 rückt die Identifizierung und Berücksichtigung der relevanten Variablen bei der Bildung von EnPIs verstärkt in den Fokus der Unternehmen mit zertifizierten Energiemanagementsystemen. Mit steigenden Energiekosten und zunehmender Bedeutung von Energiemanagementsystemen werden auch die Kennzahlensysteme an Relevanz gewinnen. Der Bedarf für Kennzahlensysteme wird also in Zukunft stärker werden, sodass die Durchführung von Schulungsreihen erforderlich wird. Die stattfindende Digitalisierung, insbesondere in Form von Energiedatenerfassungssoftwares, wird dabei helfen, den Verantwortlichen die Implementierung zu vereinfachen.

Ein erweiterter Forschungsbedarf liegt darin, nichtlineare statistische Zusammenhänge zwischen Energieverbräuchen und relevanten Einflussfaktoren zu untersuchen. Insbesondere bei der Betrachtung der Einflussfaktoren auf die wesentlichen Verbraucher kann mit der Untersuchung von Nicht-linearen-Zusammenhängen ein noch besseres Bestimmtheitsmaß erreicht werden. Darüber hinaus sollte erforscht werden, auf welche Weise das Verständnis der Energiemanagementbeauftragten für die Anwendung von Kennzahlensystemen effizient verbessert werden kann. Der Aufbau einer geeigneten Schulungsreihe in Zusammenarbeit mit Workshops bietet dabei großes Potenzial, um die Implementierung vereinfachen und beschleunigen zu können. Außerdem liegt verstärkter Forschungsbedarf in der Bestimmung der Wirtschaftlichkeit von Kennzahlensystemen. Hierbei sollte vor allem eine Methodik aufgestellt werden, die eine Möglichkeit bietet, um den wirtschaftlichen Nutzen eines Energiekennzahlensystems ermitteln zu können. Im Anschluss daran könnte die Methodik angewendet werden, um den wirtschaftlichen Nutzen dem Aufwand an einzelnen Standorten gegenüberzustellen. Daraus kann das Energiemanagement wichtige Informationen gewinnen, woraus eine geeignete Komplexität sowie ein geeigneter Umfang des Kennzahlensystems abgeleitet werden kann.

Referenzen

- [1] Umweltbundesamt 2018, "Europäische Energie- und Klimaziele", <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/europaeische-energie-klimaziele>
- [2] International Energy Agency 2019, "Key World energy statistics", <https://webstore.iea.org/key-world-energy-statistics-2019>
- [3] Geilhausen, M. 2015, "Energiemanagement für Fachkräfte, Beauftragte und Manager". Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

- [4] Ökotec Energiemanagement GmbH 2018, "EnPI-Connect Teil 2",
<https://www.oekotec.de/wp-content/uploads/2018/10/EnPI-Connect-Teil-2-Einführung-Energiekennzahlen-Stand-29.01.2018.pdf>
- [5] Nissen, U.; Harfst, N.; Girbig, P. 2018, "Energiekennzahlen auf den Unternehmenserfolg ausrichten". Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH.
- [6] Europäisches Parlament 2012, "Europäische Energieeffizienz-Richtlinie",
<http://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/69/energieeffizienz>
- [7] Greiser, C. 2013, "Energiemanagement – Erfahrungen und Umsetzungsstrategien",
Klimaschutz- und Energieagentur. Baden-Württemberg
- [8] Deutsche Energie-Agentur 2017, "Energiemanagement und Energiespar-Contracting",
https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9231_2018_dena_Contracting_Kommunalbroschuere.pdf
- [9] Gabler Wirtschaftslexikon, "Kennzahlen",
<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kennzahlen-41897>
- [10] DIN ISO 50001:2018-12, "Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung"
- [11] Gleich, R.; et al. 2014, "Energiecontrolling". Freiburg, München: Haufe Gruppe.
- [12] DIN ISO 50006:2017-04 2017, "Energiemanagementsysteme – Messung der energiebezogenen Leistung unter Nutzung von energetischen Ausgangsbasen (EnB) und Energielesitungs-kennzahlen (EnPI) – Allgemeine Grundsätze und Leitlinien.
- [13] Schneider, A.; Hommel, G.; Blettner M. 2010, "Lineare Regressionsanalyse",
<https://www.uni-kiel.de/medinfo/lehre/seminare/methodik/Dtsch%20Arztebl%2014%20Lineare%20Regressionsanalyse.pdf>
- [14] Eisenhardt, P. 2012, "Der Einfluss des Personalmanagements auf den Unternehmenserfolg". Wiesbaden, Heidelberg: Gabler Verlag, Springer Fachmedien Wiesbaden.
- [15] Quatember, A. 2014, "Statistik ohne Angst vor Formeln". Niederlande: Pearson Deutschland GmbH.
- [16] Meyer, J.; et al. 2008, "Rationelle Energienutzung in Alten- und Pflegeheimen". Aachen, Bonn, Meerbusch: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag
- [17] Lässig, J.; Schütte, T.; Riesner, W. 2018, "Energieeffizienz-Benchmark Industrie". Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.