

# FACHWISSENSCHAFTLICHE PROJEKTARBEIT

## **Klassifikation des Energieverbrauches produzierender Unternehmen nach Branche und Dimension**

bearbeitet von: Fehmi Akpınar

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen  
Matrikel-Nr.: 151003

Ausgegeben am: 07.07.2014  
Eingereicht am: 06.11.2014

Prüfer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Rabe  
Dipl. Wirt.-Ing. M. Umut Sari

Betreuer: Dipl. Wirt.-Ing. M. Umut Sari

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>5</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>7</b>
<b>2 Theoretische Grundlagen</b>	<b>9</b>
2.1 <i>Der Begriff „Energie“</i>	9
2.2 <i>Exergie und Anergie</i>	12
2.3 <i>Relevante physikalische Einheiten für den Begriff der Energie</i>	15
2.3.1 <i>Joule und Watt</i>	15
2.3.2 <i>Kalorie</i>	17
2.4 <i>Wirkungsgrad</i>	18
2.5 <i>Definition und Abgrenzung der Begriffe „Branche“ und „Industrie“</i>	20
2.5.1 <i>Branche</i>	20
2.5.2 <i>Industrie</i>	21
2.5.3 <i>Weitere Sichtweisen des Begriffs Industrie</i>	22
2.6 <i>Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) und Großunternehmen</i>	24
<b>3 Aufschlüsselung der Energieträger</b>	<b>27</b>
3.1 <i>Mineralölprodukte</i>	28
3.2 <i>Erdgas</i>	29
3.3 <i>Kohle</i>	30
3.4 <i>Elektrischer Strom</i>	31
3.5 <i>Erneuerbare Energien</i>	31
3.6 <i>Übrige Energieträger</i>	31
<b>4 Klassifikation des Endenergieverbrauchs nach Unternehmensdimension</b>	<b>34</b>
4.1 <i>Fahrzeugbau</i>	36
4.2 <i>Ernährung und Tabak</i>	37
4.3 <i>Maschinenbau</i>	38
4.4 <i>Metallerzeugung</i>	39
4.5 <i>Metallbearbeitung</i>	40
4.6 <i>Vergleich der Teilindustrien</i>	41
<b>5 Rechtliche Rahmenbedingungen und internationaler Vergleich der deutschen Industrie</b>	<b>43</b>
5.1 <i>Das Erneuerbare-Energien-Gesetz</i>	43
5.2 <i>Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz</i>	47
5.3 <i>Europäischer Vergleich der deutschen Industrie</i>	49
5.4 <i>Vergleich der deutschen Industrie mit den Vereinigten Staaten von Amerika</i>	51
5.5 <i>Europäische Normen und Regelungen</i>	53
5.6 <i>Internationale Normen und Regelungen</i>	54

---

<b>6</b>	<b>Mögliche Trends</b>	<b>57</b>
6.1	<i>Erstes Szenario: Nachhaltiges produzieren und steigendes Umweltbewusstsein</i>	57
6.2	<i>Zweites Szenario: Schwächung der Mittelstandsindustrie und Outsourcing</i>	58
6.3	<i>Drittes Szenario: Einsatz neue Technologien beeinflussen</i>	
	<i>Energieverbrauch</i>	58
<b>7</b>	<b>Fazit</b>	<b>60</b>
	<b>Quellen- und Literaturverzeichnis</b>	<b>61</b>

## Abkürzungsverzeichnis

GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EEV	Endenergieverbrauch
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
KMU	Kleine und mittelständische Unternehmen
HGB	Handelsgesetzbuch
PTC	Federal Renewable Electricity Production Tax Credit
ITC	Federal Business Energy Investment Tax Credit
UNFCCC	United Nations Framework Convention On Climate Change
IPCC	Intergovernmental Panel On Climate Change
IKT	Informations-und Kommunikationstechnik

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispielhafte Nutzung der elektrischen Energie .....	15
Abbildung 2: Wirkungsgrade verschiedener Strom erzeugender Kraftwerke .....	19
Abbildung 3: Vergleich der Unternehmensdimensionen in Deutschland.....	25
Abbildung 4: Prozentuale Beschäftigung in Deutschland .....	26
Abbildung 5: Verteilung der Umsätze in Deutschland .....	26
Abbildung 6: Aktive Kernreaktoren in Deutschland .....	33
Abbildung 7: Endenergieverbrauch in Deutschland nach Energieträgern .....	33
Abbildung 8: Anteil der KMU am Gesamtendenergieverbrauch der Fahrzeugbauindustrie .....	36
Abbildung 9: Anteil der KMU am Gesamtendenergieverbrauch der Ernährung und Tabak Industrie .....	37
Abbildung 10: Anteil der KMU am Gesamtendenergieverbrauch im Maschinenbau .....	38
Abbildung 11: Anteil der KMU am Gesamtendenergieverbrauch bei der Metallerzeugung .....	39
Abbildung 12: Anwendungsbilanz von Brennstoffen nach Anwendungsbereichen und Branchen.....	40
Abbildung 13: Anteil der KMU am Gesamtendenergieverbrauch bei der Metallbearbeitung .....	41
Abbildung 14: Bestandteile der nach dem EEG vergüteten Strommenge.....	45
Abbildung 15: Nach EEG vergütete Strommenge und Gesamtvergütung.....	46
Abbildung 16: Entwicklung der EEG-Umlage .....	46
Abbildung 17: Beispiel einer KWK-Anlage .....	49
Abbildung 18: Strompreise in der EU (Industrie) .....	51

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Differenzierung der Energie nach Energieformen .....	11
Tabelle 2: Arten von umwandelbaren Energieformen .....	14
Tabelle 3: Alternativen zu SI-Einheiten .....	16
Tabelle 4: Bedeutungen der SI-Potenzen.....	16
Tabelle 5: Umrechnungsfaktoren zwischen den SI-Einheiten .....	17
Tabelle 6: Wirkungsgrade verschiedener Energiewandler.....	19
Tabelle 7: Gliederung nach Waren bzw. Konsumnähe .....	21
Tabelle 8: Gliederung nach Vermögensstruktur .....	22
Tabelle 9: Gliederung nach Standort.....	22
Tabelle 10: Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen .....	28
Tabelle 11: Vergleich des Endenergiebedarfes verschiedener Industriezweige ..	35

## 1 Einleitung

Der industrielle Sektor in Deutschland besitzt einen hohen Stellenwert an der gesamtwirtschaftlichen Leistung. Viele Menschen sind Beschäftigte des sekundären Sektors oder befinden sich in Beschäftigungen, die stark mit der Industrie verknüpft sind. Längst sind es nicht mehr die drei klassischen Faktoren Boden, Kapital und Arbeit, die den Ablauf einer industriellen Produktion maßgeblich bestimmen, da sowohl technologische Errungenschaften und globale Anforderungen die Industrie maßgeblich beeinflussen. So hat sich mit der zunehmenden Digitalisierung und Einführung und Etablierung computergesteuerter Systeme der Produktionsfaktor „Information“ herauskristallisiert. Moderne Informationssysteme sind heutzutage aus der Produktion nicht mehr wegzudenken, da diese zur Steuerung, Planung und Überwachung dienen und komplexe Produktionsprozesse unterstützen und gewährleisten. Der zweite Produktionsfaktor, der im Laufe der Jahre an Relevanz gewonnen hat und in dieser Ausarbeitung näher untersucht werden soll, ist der Faktor Energie. Aufgrund steigender Energiepreise und steigendem Umweltbewusstsein wird dieser Produktionsfaktor auch zukünftig einen hohen Stellenwert im produzierenden Gewerbe haben. Deshalb ist es sinnvoll und notwendig, den Energieverbrauch und -bedarf, welcher unter Betrachtung spezifischer Aspekte variiert, zu betrachten, um beispielsweise unternehmenseigene Ziele wie Gewinnmaximierung und Wirtschaftlichkeit zu steigern. Außerdem ist es von Vorteil, in diesem Kontext die verschiedenen Energieträger und deren Einsatz in der industriellen Produktion zu kennen.

Im Rahmen unserer Projektarbeit werden wir uns mit der Thematik „Klassifikation des Energieverbrauchs produzierender Unternehmen nach Branche und Dimension“ auseinandersetzen. Zunächst werden die theoretischen Grundlagen, welche zum Verständnis der darauffolgenden Analyse notwendig ist, eingeführt. Die Begriffe „Energie, Exergie und Anergie“ werden aus thermodynamischer und energietechnischer Sicht beschrieben und erläutert. Des Weiteren werden die für das Verständnis

relevanten Begriffe der Ökonomie in Bezug auf Unternehmensgröße und Unternehmenszugehörigkeit (Branche/Industrie) eingeführt. Diese werden anhand von beschreibenden Kriterien spezifiziert, sodass diese voneinander abgegrenzt werden können. Anschließend werden anhand von sogenannten Anwendungsbilanzen der Strom- und Endenergieverbrauch von produzierenden Unternehmen ermittelt. In diesem Kontext werden die für den Energieverbrauch relevanten (Primär-)Energieträger näher untersucht, indem eine Aufschlüsselung der Energieträger ausgearbeitet wird. Die Anwendungsbilanzen werden analysiert, sodass eine Klassifikation des Energieverbrauches nach Branche und Dimension erfolgt. Am Ende der fachwissenschaftlichen Projektarbeit werden zukünftige Trends formuliert, welche sich aus der Analyse der Anwendungsbilanzen ableiten lassen.

Mein Anteil dieser fachwissenschaftlichen Projektarbeit beinhaltet die theoretischen Grundlagen, die Aufschlüsselung der Energieträger sowie die Ausformulierung möglicher zukünftiger Trends.



## 2 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen eingeführt, welche zum Verständnis der durchgeführten Analysen dienen. Dabei werden die relevanten Fachbegriffe der Ökonomie und Energietechnik eingeführt und erläutert. Des Weiteren werden diese ebenfalls voneinander abgegrenzt, um die Nachvollziehbarkeit bei der Verwendung der Begriffe zu gewährleisten.

### 2.1 Der Begriff „Energie“

Der wichtigste Begriff, welcher im Rahmen dieser fachwissenschaftlichen Projektarbeit in diesem Kapitel definiert und erläutert werden muss, ist der Begriff „Energie“.

Der Begriff Energie bezeichnet beziehungsweise beschreibt eine physikalische Größe. Sie ist definiert als die Menge an Arbeit, die ein physikalisches System verrichten kann. Das bedeutet, dass Energie der „gespeicherten“ Arbeit entspricht, die ein System enthält. Energie kann nicht erzeugt oder zerstört werden, es findet lediglich eine Umwandlung von einer Energieform in eine andere Energieform statt. Diesen Effekt nennt man Energieerhaltung. Der Energieerhaltungssatz wird zusätzlich mit der Formel:

$$E_{\text{Gesamt}} = \sum E_i$$

$E_{\text{Gesamt}}$ : Gesamtenergie eines physikalischen Systems

$E_i$  = Einzelne Energieanteile

ausgedrückt, welcher beispielsweise in der technischen Mechanik oder Energietechnik vorzufinden ist. Die Summe setzt sich zusammen aus den jeweiligen Energieanteilen, die in einem physikalischen System vorzufinden sind.

Da keine Energie verloren geht, sondern nur umgewandelt wird, ist die Gesamtenergie  $E_{\text{gesamt}}$  konstant.

Um den Begriff Energie in der Energietechnik einordnen zu können, muss dieser Begriff weiter unterteilt werden. So kann der Begriff Energie nach den jeweiligen Energieträgern differenziert werden. Zunächst soll eine Unterscheidung zwischen den Begriffen Primärenergie und Sekundärenergie durchgeführt werden. Als Primärenergie bezeichnet man jene Energie, die in sogenannten „Primärenergieträgern“ zu finden sind. Diese kommen direkt in der Natur vor und treten zumeist in reiner Form auf. Des Weiteren sind Primärenergieträger in ihrer reinen Primärform energetisch keiner Umwandlung unterworfen. Beispiele für Primärenergieträger sind fossile Träger wie zum Beispiel Stein- und Braunkohle, Erdöl und Erdgas sowie erneuerbare Energiequellen in Form von Solar-, Wasser und Windkraftenergie. Primärenergieträger sind in der industriellen Produktion von hoher Bedeutung, da diese entweder als „Energielieferant“ für den Produktionsprozess fungieren oder für unterstützende Prozesse eingesetzt werden (zum Beispiel Beheizung einer Industriehalle). Als Sekundärenergie bezeichnet man die Energie, die als Ergebnis eines Umwandlungsprozesses und unter „Energieverlust“ aus Primärenergie gewonnen wird. Für die Analyse von industriellen Produktionsprozessen und deren Energiebedarf beziehungsweise Energieverbrauch ist die Betrachtung von Sekundärenergie beziehungsweise Sekundärenergieträgern von hoher Relevanz, da diese direkt im Produktionsprozess eingesetzt werden. Beispiele für Sekundärenergieträger sind Koks, Briketts, Strom, Fernwärme, Heizöl oder Benzin. Je nach Zeitpunkt der Betrachtung kann sie mit der End- oder Nutzenergie gleichgesetzt werden. Endenergie ist jene Energie, die am Ort des Endverbrauchers genutzt wird. Diese wird am Ort des Endverbrauches unter Berücksichtigung von Verlusten in Nutzenergie umgewandelt. Beispielhafte Nutzenergieformen sind Heiz- und Prozesswärme, Licht sowie mechanische Energie. [UBA14]

Zusätzlich zur Unterscheidung zwischen den Energieträgern kann auch eine Differenzierung nach den jeweiligen Energieformen vorgenommen werden. In Tabelle 1 werden sechs verschiedene Energieformen dargestellt.

Energieform	Beschreibung
<b>Kinetische Energie</b>	Energie die sich in einem sich bewegenden Objekt (gegenüber einer anders bewegten Umgebung) befindet, z.B. Bewegungsenergie.
<b>Potentielle Energie</b>	Energie eines Objektes welches sich in einem Potential befindet zum Beispiel dem Gravitationsfeld der Erde (Gravitationsenergie), z.B. Lageenergie.
<b>Elektrische Energie</b>	Die Energie, die in einem elektrischen Feld (zum Beispiel Kondensator) gespeichert ist.
<b>Chemische Energie</b>	Eigentlich potentielle Energie auf atomarer Ebene. Bei chemischen Reaktionen wird diese Energie in andere Energien gewandelt (zum Beispiel in thermische oder kinetische Energie).
<b>Kernenergie</b>	Potentielle Energie auf subatomarer Ebene.
<b>Thermische Energie</b>	Der Bewegung von Teilchen (Molekülen und Atomen) in allen Stoffen über die Temperatur zugeordnete thermische Energie.

**Tabelle 1: Differenzierung der Energie nach Energieformen**

Da in einem abgeschlossenen System der Energieerhaltungssatz gilt, wird Energie lediglich in eine andere Energieform umgewandelt (zum Beispiel Umwandlung kinetischer Energie in potentielle Energie bei einem Oszillator). [UPR14]

## 2.2 Exergie und Anergie

Energie wird, wie wir sie kennen, in zwei verschiedene Klassen unterteilt. Es gibt sogenannte „unbeschränkt umwandelbare Energieformen“, wie zum Beispiel die elektrische Energie oder Nutzarbeit. Der Vorteil dieser beiden Energieformen beziehungsweise der „unbeschränkt umwandelbare Energieformen“ ist, dass in Folge einer Umwandlung in eine andere Energieform keine „Verluste“ entstehen. Diese „Verluste“ (auch „Anergie“ genannt) treten ausschließlich bei „beschränkt umwandelbare Energieformen“ auf. Ein Beispiel für diese Energieformen ist innere Energie oder Wärme, welche sich nur in einem begrenzten Maße in eine andere Energieform umwandeln lassen. Die „unbeschränkt umwandelbaren Energieformen“ nehmen also in der Technik als auch in der Wirtschaft eine bevorzugte Stellung ein und sind wertvoller als die Energieformen, deren Umwandelbarkeit problematischer oder mit „Verlusten“ behaftet ist. Aus diesem Grund werden Energien, welche unbeschränkt umwandelbar sind, auch häufig als hochwertige Energien oder Edelennergien bezeichnet. Abbildung 1 veranschaulicht beispielhaft diese (Exergie-)Eigenschaft der elektrischen Energie.

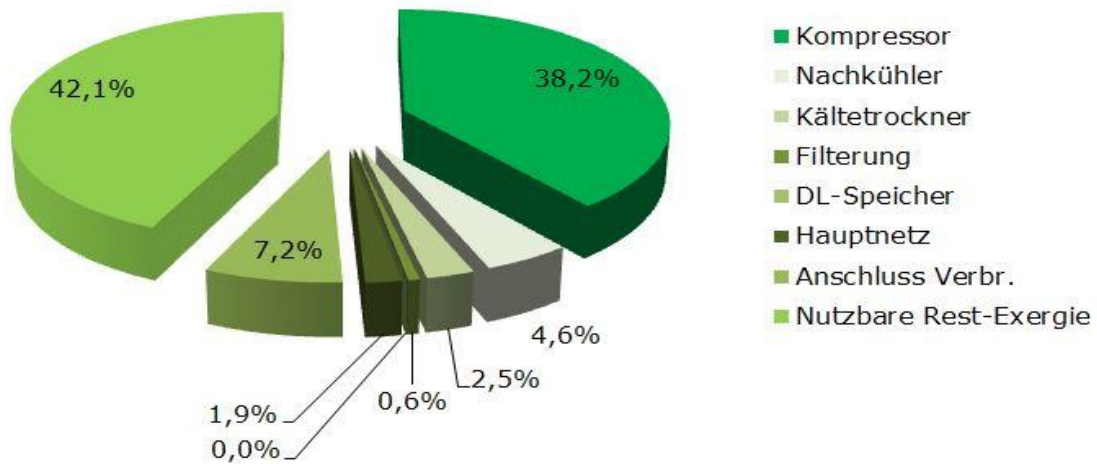
Zoran Rant schlug auf der Wärmetagung in Lindau/Bad Schachen 1953 die Bezeichnung „Exergie“ für den unbeschränkt umwandelbaren Teil der Energie vor. Das Pendant hierzu bildet die so genannte „Anergie“, welche den nicht umwandelbaren Teil der Energie beschreibt. Der Teil einer Energie, der nicht Exergie ist, ist Anergie. Alle unbeschränkt umwandelbaren Energien bestehen aus reiner Exergie, während die beschränkt umwandelbaren Energieformen aus Exergie sowie Anergie bestehen. Mit den beiden Begriffen Exergie und Anergie lassen sich folglich auch die beiden Hauptsätze der Thermodynamik beschreiben. Der erste Hauptsatz der Thermodynamik oder auch bekannt als der „Energieerhaltungssatz“ besagt, dass in einem abgeschlossenen System bei reversiblen und irreversiblen Prozessen die Summe aus Exergie und Anergie konstant bleibt. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik („Entropiesatz“) besagt, dass sich bei irreversiblen Prozessen Exergie in

Anergie umwandelt und nur bei reversiblen Prozessen die Exergie konstant bleibt. Es ist zudem unmöglich, Anergie in Exergie umzuwandeln. Reversibilität und Irreversibilität von Prozessen liegt in dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik begründet, welcher ebenfalls besagt, dass eine bestimmte Richtung des Prozessablaufs naturgesetzlich vorgeschrieben ist. Aus diesem Grund gibt es reversible und irreversible Prozesse, wobei zu erwähnen ist, dass alle natürlichen Prozesse irreversibel sind. Irreversible Prozesse sind nicht umkehrbar und können somit nicht von selbst in umgekehrter Reihenfolge stattfinden.

Bei reversiblen Prozessen handelt es sich um idealisierte Grenzfälle irreversibler Prozesse. Aus diesen beiden Tatsachen folgen allgemeine Grundsätze für die Umwandelbarkeit von verschiedenen Energieformen. Tabelle 2 fasst den oben beschriebenen Sachverhalt nochmal zusammen [EUE14]

Energieform	Definition
<b>„unbeschränkt umwandelbare Energieformen“</b>	Lassen sich durch reversible Prozesse vollständig ineinander umwandeln. Beispielsweise kann elektrische Energie in mechanische Energie umgewandelt werden und umgekehrt. Es gilt jedoch zu beachten, dass als Übergangsform Energie als Arbeit auftritt. Irreversible Prozesse sorgen dafür, dass unbeschränkt umwandelbare Energien in beschränkt umwandelbare Energien umgeformt werden kann, wie zum Beispiel in Wärme oder innere Energie.
<b>„beschränkt umwandelbare Energieformen“</b>	In Kontrast zu den „unbeschränkt umwandelbare Energieformen“ lassen sich die „beschränkt umwandelbare Energieformen“ niemals vollständig in unbeschränkt umwandelbare Energie überführen, auch nicht durch die idealen reversiblen Prozesse. Es wird also höchstens ein geringer Teil der beschränkt umwandelbaren Energie in unbeschränkt umwandelbare Energie transformiert. Die Erklärung hierfür liegt in der irreversiblen Energieumwandlung die auftritt.

**Tabelle 2: Arten von umwandelbaren Energieformen**

**Elektrische Energie = 100% Exergie**

**Abbildung 1: Beispielhafte Nutzung der elektrischen Energie**

## 2.3 Relevante physikalische Einheiten für den Begriff der Energie

Da der Begriff „Energie“ in vielen Bereichen der Natur- und Ingenieurwissenschaften verwendet wird, soll dieser Abschnitt dazu dienen, die für den Begriff „Energie“ relevanten physikalischen Einheiten zu beschreiben und voneinander abzugrenzen. Dadurch sollen die in den Anwendungsbilanzen auftretenden physikalischen Einheiten verstanden werden. Im Folgenden werden wir uns auf die drei physikalischen Einheiten Joule, Watt und Kalorie beschränken.

### 2.3.1 Joule und Watt

Als Joule bezeichnet man die physikalische SI Einheit für Energie und Arbeit. Das Formelzeichen hierfür lautet [J]. Die Arbeit von 1 Joule wird verrichtet, wenn man zum Beispiel einen Körper mit der Gewichtskraft von einem 1 Newton (d.h. einen Körper mit der Masse 0,102 kg) um 1 Meter hochhebt. Ein Joule entspricht jener Energie, die benötigt wird, um für die Dauer einer Sekunde die Leistung von einem Watt aufzubringen (1

Wattsekunde). Deshalb gilt die Beziehung  $[J] = [Ws]$ . Auch eine Angabe in beispielsweise Wattstunde  $[Wh]$  ist zulässig.

Die Einheit Watt mit dem Formelzeichen  $[W]$  ist die Einheit für die Leistung. Leistung ist definiert als Energie pro Zeit. Dementsprechend lässt sich die Einheit Watt auch  $[W] = [J/s]$  schreiben. Falls die Energie nicht konstant über die Zeit ist, sondern als Funktion in Abhängigkeit von der Zeit  $t$  dargestellt wird, muss diese nach  $t$  differenziert werden, um die Leistung zu erhalten.

Häufig werden je nach Anwendungsfall Modifikation der beiden erläuterten Einheiten Joule und Watt verwendet. Nachfolgend eine Auflistung der üblichen Modifikationen mit den zugehörigen Umrechnungsfaktoren:

SI Einheit	Alternativ
<b>1 J (Joule)</b>	= 1 Ws (Wattsekunde)
<b>1 kJ (Kilojoule)</b>	= 0.2778 Wh
<b>1 MJ (Megajoule)</b>	= 0.2778 kWh
<b>1 GJ (Gigajoule)</b>	= 0.2778 MWh = 0.02388 toe
<b>1 kWh (Kilowattstunde)</b>	= 3.600000 J = 3.600 kJ = 3.6 MJ
<b>1 MWh (Megawattstunde)</b>	= 3.6 GJ = 0.086 toe
<b>1 toe (Tonne Oil Equivalent)</b>	= 11.63 MWh = 41.868 GJ

Tabelle 3: Alternativen zu SI-Einheiten

SI Potenz	Bedeutung
<b><math>10^3</math> kilo (k)</b>	= Tausend
<b><math>10^6</math> mega (M)</b>	= Million
<b><math>10^9</math> giga (G)</b>	= Milliarde
<b><math>10^{12}</math> tera (T)</b>	= Billion
<b><math>10^{15}</math> peta (P)</b>	= Billarde
<b><math>10^{18}</math> exa (E)</b>	= Trillion

Tabelle 4: Bedeutungen der SI-Potenzen



Umrechnungsfaktoren			
	kJ	kWh	kg RÖE (toe)
<b>1 Kilojoule (kJ)</b>	1	0,000278	0,000024
<b>1 Kilowattstunde (kWh)</b>	3600	1	0,086
<b>1 kg Rohöleinheit (RÖE)</b>	41868	11,63	1

Tabelle 5: Umrechnungsfaktoren zwischen den SI-Einheiten

Die Verbrauchsangaben, die in den folgenden Abschnitten in den Anwendungsbilanzen untersucht werden, sind in Petajoule angegeben, also in  $10^{15}$  Joule. [UBA14]

### 2.3.2 Kalorie

Eine weitere physikalische Einheit, mit der man Energie beziehungsweise energetische Zustände beschreiben kann, ist Kalorie. Vorzufinden ist diese Einheit zumeist auf Lebensmittelpackungen, bei denen der Packungsinhalt in Kalorien gemessen wird. Jedoch ist die Angabe heutzutage nicht mehr zeitgemäß, da seit dem 01. Januar 1978 die Kalorie als Angabe für Energie nicht mehr zugelassen. Dadurch wurde die Einheit Kalorie durch das Joule abgelöst. Seit dem 01. Januar 2010 jedoch darf Kalorie wieder, als Zusatzangabe zu Joule, in der EU unbefristet verwendet werden, da besonders die Lebensmittelbranche stark von dieser Notation geprägt ist. Das Zeichen für die Einheiten der Kalorie ist [cal]. [LML14]

## 2.4 Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad ist eine physikalische Größe, die die Effizienz von Umwandlungsprozessen von Energieträgern in einem technischen System beschreibt. Sie ist definiert als das Verhältnis zwischen abgegebener und aufgenommener Leistung

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{auf}}$$

Der Wirkungsgrad ist dimensionslos und kann entweder als ein Wert zwischen Null und Eins angegeben werden oder in prozentualer Schreibweise dargestellt werden. Die Energiewandler, welche in (produzierenden) Unternehmen eingesetzt werden, weisen jeweils verschiedene Wirkungsgrade auf. [EINF14]

Ein Wirkungsgrad von 1 beziehungsweise 100% kann nie erreicht werden, da bei der Umwandlung stets Wärmeverluste auftreten, die zum Beispiel aufgrund von Reibungen an Führungen und Lagern entstehen. [DRE14]

Die Wirkungsgrade verschiedenster Maschinen, Anlagen und Apparaturen werden in der Tabelle 6 dargestellt.

Abbildung 2 visualisiert die erzielbaren Wirkungsgrade diverser Kraftwerke zur Stromerzeugung. [ZUW14]

Energiewandler	von...	nach...	Wirkungsgrad
Ottomotor	chemisch	mechanisch	15-25%
Dieselmotor	chemisch	mechanisch	15-55%
Elektromotor	elektrisch	mechanisch	50-98%
Generator	mechanisch	elektrisch	50-98%
Leuchtstofflampe	elektrisch	Licht	10-15%
Wasser-Turbine	potentiell / kinetisch	mechanisch	80-90%
Dampfturbine	thermisch	mechanisch	5-65%
Kohleofen (Hausheizung)	chemisch	Wärme	30-50%
Kohleofen (Großkraftwerk)	chemisch	Wärme	80-90%
Windkraftanlage	mechanisch	elektrisch	20-40%
Brennstoffzelle	chemisch	elektrisch	50-80%
Solarzelle	Licht	elektrisch	10-25%
Transformator	elektrisch	elektrisch	80-98%
Raffination von Erdöl	chemisch	chemisch	90-95%

Tabelle 6: Wirkungsgrade verschiedener Energiewandler

## Wirkungsgrade der Stromerzeugung

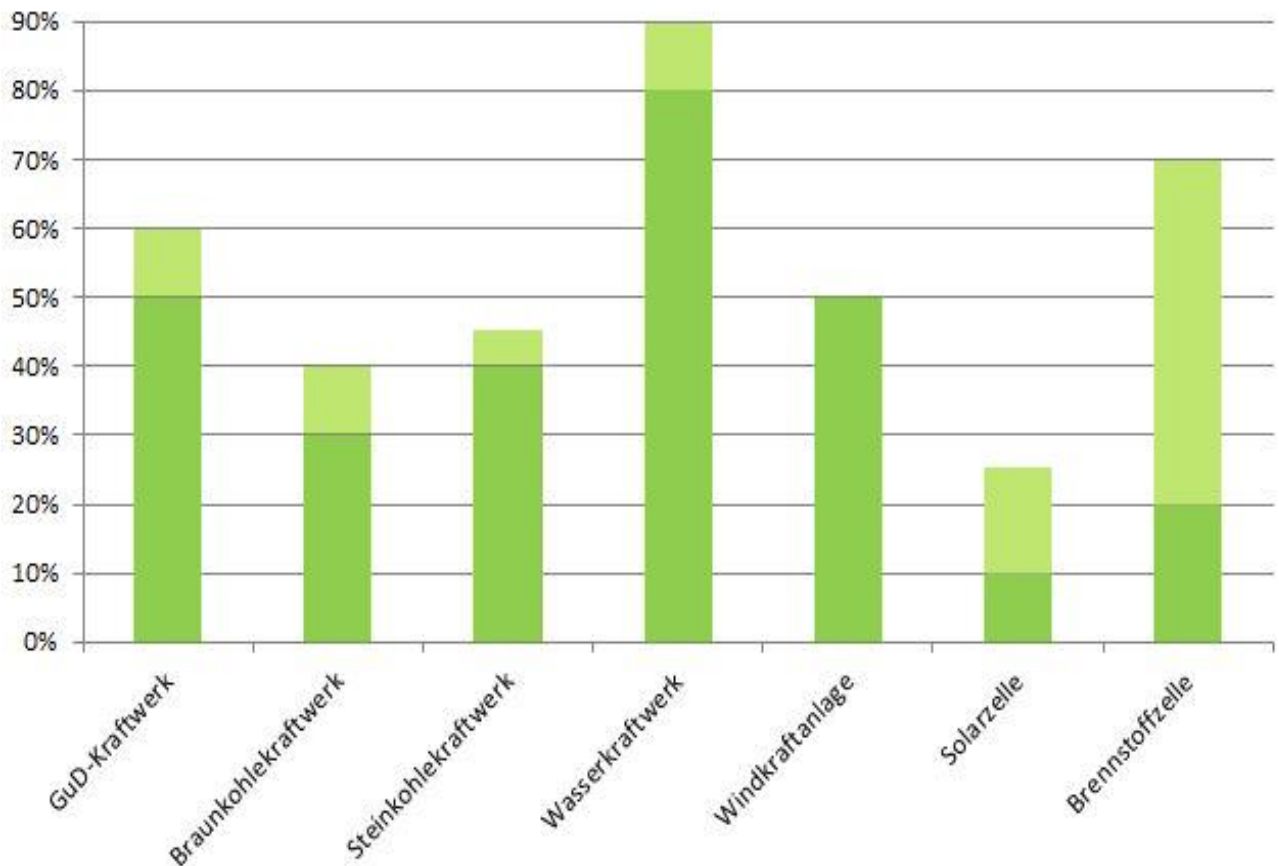


Abbildung 2: Wirkungsgrade verschiedener Strom erzeugender Kraftwerke

## 2.5 Definition und Abgrenzung der Begriffe „Branche“ und „Industrie“

Um eine aussagekräftige Klassifizierung des Energiebedarfs beziehungsweise Energieverbrauches durchführen zu können, sind weitere Definition und Begriffsabgrenzungen notwendig. In diesem Abschnitt werden die beiden Begriffe Branche und Industrie näher untersucht. Des Weiteren werden diese voneinander abgegrenzt, da häufig die beiden Begriffe verwechselt und im falschen Kontext verwendet werden.

### 2.5.1 Branche

Der Begriff Branche oder auch Wirtschaftszweig bezeichnet eine Sammlung von gleichartigen Unternehmen. Charakteristisch für eine Branche ist die Gleichartigkeit der Unternehmen bezüglich ihrer Produkte beziehungsweise Dienstleistungen. Die Produkte und Dienstleistungen, die die Unternehmen einer Branche anbieten, lassen sich gegenseitig substituieren. Um diesen Sachverhalt zu verdeutlichen, betrachten wir im Folgenden ein Beispiel aus der Automobilbranche. Die Automobilbranche besteht aus den verschiedenen Unternehmen, welche Automobile produzieren, Autos in Autohäusern verkaufen und darüber hinaus Serviceleistungen wie Wartungen und Reparaturen in den Vertragswerkstätten anbieten. Die Branche als solches wird also nicht nur über die Fertigung und Produktion der Güter definiert, sondern bezieht sich auf den gesamten Nutzen, welches der Kunde beziehungsweise die Zielgruppe einer Branche erhalten kann. Als Abgrenzungskriterium zusätzlich zur Substituierfähigkeit der Produkte und Dienstleistung können auch die eingesetzte Fertigungstechnik oder die verwendeten Grundmaterialien herangezogen werden. Auch hier greift das Prinzip der Gleichartigkeit. Branchenklassifikationen werden von diversen statistischen Ämtern zwecks gemeinsamer Auswertung zusammengefasst. [GWL12A]

## 2.5.2 Industrie

Im Gegensatz zum Begriff „Branche“ wird Industrie als Oberbegriff für die Menge aller Industrieunternehmung und der Industriebetriebslehre verwendet. Bei der klassischen Sicht ist nur das Schaffen der Sach- und Investitionsgüter von Bedeutung. Größen wie Absatz, verkaufte Stückzahl und angebotener Service spielen hier keine Rolle. Während, wie oben beschrieben, die Automobilbranche die oben genannten Aspekte aufweist, würde der Begriff „Automobilindustrie“ nur die Produktion der Automobile beschreiben. Kenngrößen hierbei wären beispielsweise produzierte Stückzahl, verwendete Produktionstechniken, verwendete Materialien und Hilfsstoffe etc. Der Begriff Industrie beinhaltet des Weiteren die Unternehmen bzw. Betriebe, bei denen eine technologische Transformation von Einsatzfaktoren in marktfähige Sachgüter bei räumlicher Konzentration dieser Faktoren, vorherrschender Anwendung maschineller Betriebsmittel und weitgehender Arbeitsteilung vollzogen wird. Der Industriebegriff lässt sich des Weiteren wie in den Tabellen 7, 8 und 9 angegeben untergliedern. [GWL14B]

<i>Nach Waren bzw. nach der Konsumnähe:</i>	
<b>Gliederung</b>	Beispiele
<b><i>Verbrauchsgüter produzierendes Gewerbe</i></b>	Bekleidung, Schuhe, Möbel, Hausgerät
<b><i>Investitionsgüter produzierendes Gewerbe</i></b>	Maschinen, Baustahl, Schiffsplatten

**Tabelle 7: Gliederung nach Waren bzw. Konsumnähe**

<i>Nach der Vermögensstruktur:</i>	
<b>Gliederung</b>	Beispiele
<b>Anlageintensiv</b>	Industrie mit hohem Kapitaleinsatz (Braunkohlenindustrie, Schiffsbau)
<b>Arbeitsintensiv</b>	Industrie mit hohem Anteil von Lohn- und sonstigen Arbeitskosten ( Uhrenfabrikation)
<b>Rohstoffintensiv</b>	Textilindustrie, Ziegeleien, Möbelfabriken

Tabelle 8: Gliederung nach Vermögensstruktur

<i>Nach dem Standort:</i>	
<b>Gliederung</b>	Beispiele
<b>Rohstofforientiert</b>	Porzellanindustrie, Ziegelfabrikation
<b>Verbrauchsorientiert</b>	Brotindustrie, Molkereien und sonstige Nahrungsmittelindustrie

Tabelle 9: Gliederung nach Standort

### 2.5.3 Weitere Sichtweisen des Begriffs Industrie

Bei der Definition des Begriffes „Industrie“ lassen sich weitere Aspekte heranziehen. Im Folgenden werden verschiedene Sichtweisen gegenübergestellt, welche sich unmittelbar auf den Begriff „Industrie“ beziehen.

#### 2.5.3.1 Branchensicht

Bei dieser Betrachtung stehen die jeweiligen Branchen im Fokus. Zur Industrie gehören hier in einer weiten Abgrenzung das produzierende Gewerbe oder im engeren Sinne das verarbeitende Gewerbe. Die Bekanntheit dieser Definition basiert auf der internationalen Abstimmung dieser Betrachtungsweise.

### **2.5.3.2 Verbundsicht**

Hier werden die Wertschöpfungsbeiträge, welche die Industrie zusammen mit anderen Branchen über so genannte Vorleistungsverflechtungen gemeinsam erwirtschaftet, erfasst. Der wesentliche Unterschied zwischen der Verbundsicht und den anderen Betrachtungsweisen liegt darin, dass bei dieser Sicht auf die Bedeutung der Industrie in der Wertschöpfungskette eingegangen wird.

### **2.5.3.3 Produktsicht**

Bei der Produktsicht richtet sich der Fokus auf die konkreten Tätigkeiten, die die jeweiligen Unternehmen ausführen. Zusätzlich zu den von den Industrieunternehmen angebotenen Produkten werden über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg auch Dienstleistungen zwecks Vermarktung und Support angeboten.

### **2.5.3.4 Prozesssicht**

Die Prozesssicht ist eine neue Betrachtungsweise für die Definition von Industrie. Hier wird als wesentliches Merkmal die Reproduzierbarkeit von Produkten hervorgehoben, da die Herstellung mittels Stücklisten, Konstruktionen, Rezepturen oder technischen Spezifikationen klar definiert ist. Zusätzlich kommt in der Prozesssicht die Lagerfähigkeit als Merkmal hinzu. Diese beiden Kriterien werden auch von Dienstleistungsunternehmen der Softwarebranche und von technischen Diensten erfüllt. Unternehmen, die identisch reproduzierbare Produkte herstellen, haben zumeist ähnliche Anforderungen an den Produktionsstandort. Des Weiteren ähneln sich die Unternehmen in Bezug auf den Einsatz von kapitalintensiven Maschinen und Anlagen, den Bedarf an großen Arbeitsflächen, der hohen Energieintensität, der Verwendung von technologischem Wissen und der Kompetenz der

Mitarbeiter. Diese Aspekte führen dazu, dass diese Unternehmen teilweise als kooperative Partner agieren, um industriefreundlichere Rahmenbedingungen zu erhalten beziehungsweise zu erzielen. Daher ist die Prozesssicht insbesondere bei politischen Interessensvertretungen relevant. [BDI14]

## **2.6 Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) und Großunternehmen**

Zum Verständnis der folgenden Analysen müssen ebenfalls Begriffe aus den Wirtschaftswissenschaften eingeführt und voneinander abgegrenzt werden. Einer dieser Begriffe ist die Abkürzung "KMU".

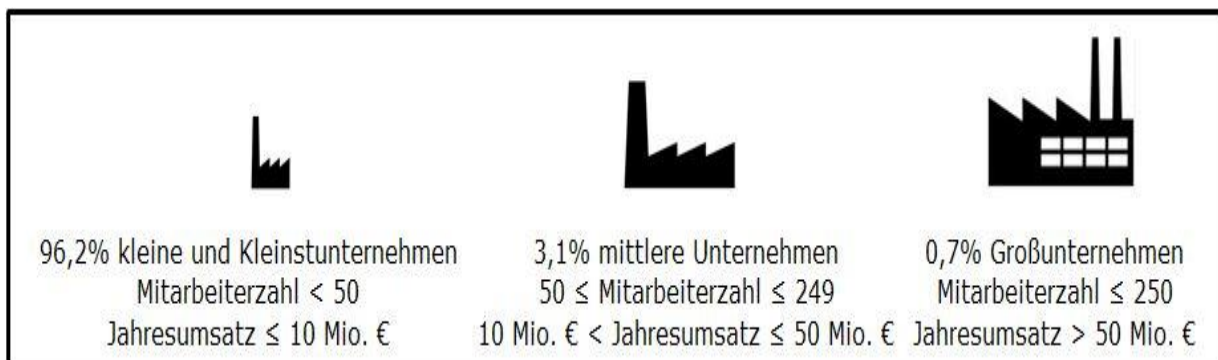
Weltweit gibt es keine/-n anerkannten beziehungsweise offiziellen Bewertungsgrundlage/-maßstab um ein Unternehmen klar zu einer Unternehmensdimension zuzuordnen. Das deutsche Handelsgesetzbuch (HGB) stellt jedoch in § 267 HGB einige Kennziffern und Maßstäbe zur Bewertung der Größe eines Unternehmens zur Verfügung. Dabei sind Bilanzsumme, Umsatzerlöse und Beschäftigtenzahl die entscheidenden Maßstäbe. Unternehmensdimensionen sind also zumindest in Deutschland eindeutig festgelegt und laut HGB nicht nur von einer einzigen Kennziffer abhängig. Es wird zwischen kleinst-, kleinen, mittleren und Großunternehmen unterschieden, wobei die kleinen und mittleren Unternehmen meist als „KMU“ zusammengefasst werden. Diese Kategorie stellt den größten Anteil in Deutschland dar und ist daher für unsere Beobachtungen von besonderer Bedeutung.

Abbildung 3 veranschaulicht die zu erfüllenden Kriterien beziehungsweise Kennziffern für die jeweiligen Unternehmensdimensionen in Deutschland. Hierbei spielen die Anzahl der beschäftigten Mitarbeiter sowie der Jahresumsatz des Unternehmens eine Rolle. Auch wenn man den gesamten Wirtschaftsraum Europa betrachtet, ändert sich diese prozentuale Verteilung nicht. Es sind auch hier nach wie vor 99% der Unternehmen KMU. Sie schaffen 2 von 3 Arbeitsplätzen in der Privatwirtschaft und sind in etwa für 50% der Wertschöpfung



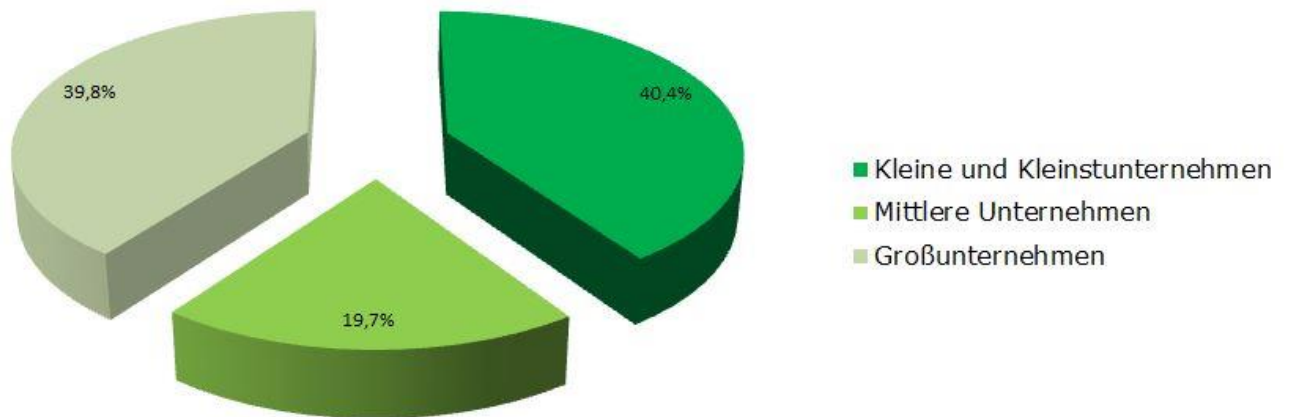
verantwortlich. Obwohl man oftmals Kleinst- und Kleinunternehmen synonym benutzt, gilt zu beachten, dass 90% der KMU Kleinstunternehmen sind! Diese Kleinstunternehmen haben per Definition weniger als 10 Mitarbeiter und einen Jahresumsatz oder Jahresbilanzsumme von weniger als 2 Mio. €. Zu der Mitarbeiterzahl werden die Vollzeitnehmer sowie (anteilig) die Teilzeitarbeitnehmer gezählt. Auszubildende werden hierbei außer Acht gelassen. Die Beschäftigtenstruktur in Deutschland wird in Abbildung 4 verbildlicht. 60,1% der Beschäftigten sind demnach bei kleinen und mittelständischen Unternehmen beschäftigt. Im Gegensatz zu den Kleinen und Mittelständischen Unternehmen gibt es noch die Großunternehmen, welche einen Jahresumsatz von mehr als 50 Mio. € sowie über 250 Mitarbeiter haben. Diese Unternehmensdimension stellt nur einen Bruchteil der deutschen Gesamtwirtschaft dar, ist aber aufgrund der hohen Jahresumsätze keinesfalls zu vernachlässigen.

Obwohl nur knapp 0,7% aller deutschen Unternehmen als Großunternehmen gelten, erzielen sie laut Abbildung 5 63% aller Umsätze. [FDB14], [SBA14], [APS14]



**Abbildung 3: Vergleich der Unternehmensdimensionen in Deutschland**

### Industrielle Struktur in Deutschland (Beschäftigte)



**60,1% aller Beschäftigten bei KMU**

Abbildung 4: Prozentuale Beschäftigung in Deutschland

### Verteilung der Umsätze in Deutschland

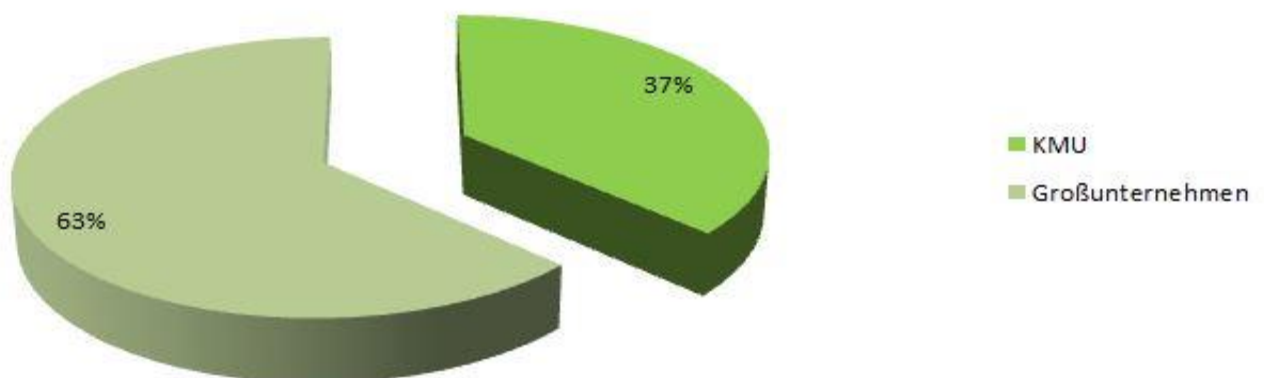


Abbildung 5: Verteilung der Umsätze in Deutschland

### **3 Aufschlüsselung der Energieträger**

In diesem Abschnitt werden die in Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) und produzierenden Unternehmen verwendeten Energieträger betrachtet. Dabei beschränken wir uns im Folgenden auf die Unternehmen in Deutschland.

Für die Deckung des Endenergiebedarfes in Gewerbe, Handel und Dienstleistung und im industriellen Sektor werden verschiedene Energieträger verwendet. Der Einsatz der jeweiligen Energieträger für die Deckung des Endenergiebedarfes hat sich in den letzten Jahren verändert, sodass Entwicklungen bezüglich des Verbrauches nach den jeweiligen Energieträgern zu beobachten sind welche in Tabelle 10 dargestellt sind. [BMWI14]

Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen  
 1990-2011, in PJ

<b>Mineralölprodukte</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2011**</b>
Industrie	308	299	199	162	120	119
Verkehr	2.329	2.554	2.681	2.448	2.369	2.385
Handel, Gewerbe	603	550	406	364	314	282
Haushalte	740	902	779	689	563	476
Endenergieverbrauch (gesamt)	3.980	4.305	4.065	3.663	3.367	3.262
<b>Gase</b>						
Industrie	936	929	972	865	915	924
Verkehr	0	0	0	3	9	9
Handel, Gewerbe	302	406	454	397	450	396
Haushalte	633	925	984	1.011	1.043	737
Endenergieverbrauch (gesamt)	1.871	2.260	2.410	2.276	2.417	2.067
<b>Kohle</b>						
Industrie	868	480	445	355	398	381
Verkehr	1	0	0	0	0	0
Handel, Gewerbe	199	46	19	7	10	15
Haushalte	363	104	48	32	54	53
Endenergieverbrauch (gesamt)	1.431	629	513	395	462	448
<b>Strom</b>						
Industrie	748	686	748	823	799	792
Verkehr	49	58	57	58	60	60
Handel, Gewerbe	419	447	504	474	529	533
Haushalte	422	458	470	509	510	503
Endenergieverbrauch (gesamt)	1.638	1.648	1.780	1.864	1.899	1.887
<b>Erneuerbare Energien</b>						
Industrie	15	10	14	88	140	153
Verkehr	0	2	12	77	121	117
Handel, Gewerbe	0	2	3	10	40	42
Haushalte	39	96	171	196	317	277
Endenergieverbrauch (gesamt)	53	110	201	370	617	588
<b>Übrige*</b>						
Industrie	102	70	43	221	220	256
Verkehr	0	0	0	0	0	0
Handel, Gewerbe	172	128	92	185	139	88
Haushalte	186	170	131	154	189	148
Endenergieverbrauch (gesamt)	460	369	266	559	548	491

\* Fernwärme und sonstige Energieträger

\*\* vorläufig

Quelle: AGEBA

Tabelle 10: Endenergieverbrauch nach Verbrauchergruppen

### 3.1 Mineralölprodukte

Sowohl in der Industrie als auch in Gewerbe, Handel und Dienstleistung ist ein starker Rückgang des Endenergieverbrauches der Mineralölprodukte zu beobachten. Ein entscheidender Grund hierfür liegt an der Entwicklung

des Ölpreises, welcher in den letzten Jahren aufgrund politischer und ökonomischer Ereignisse stark anstieg.

Der Verbrauch von Mineralölprodukten für den industriellen Sektor ging im Betrachtungszeitraum 1990-2011, um 189PJ zurück (61,36%-iger Einbruch). Die Verbrauchergruppe Gewerbe, Handel und Dienstleistung weist einen Rückgang des Mineralölverbrauches um 321PJ auf (53,23%-iger Einbruch). [OEKS14]

### 3.2 Erdgas

Außerdem sank in dem betrachteten Zeitraum der Verbrauch des Energieträgers Gas. Jedoch ist es hier auffällig, dass der Energieträger Gas im Vergleich zu den anderen aufgelisteten Energieträgern die höchsten Absolutwerte aufweisen. Erdgas besitzt diverse Vorteile gegenüber anderen Energieträgern und hat folgende Verwendungsmöglichkeiten:

- Erdgas ist in Deutschland nahezu jederzeit nutzbar
- Das Erdgasverteilungsnetz kann rund 90 % der Haushalte, Industrien- und Gewerbeanlagen mit Gas versorgen
- Erdgas garantiert einen technisch sicheren, Transport, eine sichere Speicherung und Anwendung in der Produktion
- Erdgas gelangt verlustfrei als Primärenergieträger und ohne Umwandlung vom Ort der Förderung zum Kunden
- Erdgas ist speicherbar und wird in Deutschland in über 30 Untertageanlagen gespeichert
- Berechnungen zur Folge reichen die derzeitigen Erdgasvorkommnisse für die nächsten 170 Jahre aus

Erdgas ist ein vielseitig einsetzbarer Energieträger. So wird er beispielweise für die Erzeugung von Wärme, Strom sowie Kälte als auch für alle industriellen Prozesse und als Kraftstoff für Fahrzeuge eingesetzt. [RHGA14]

### 3.3 Kohle

Wie auch bei den anderen fossilen Energieträgern ist auch der Verbrauch von Kohle zurückgegangen. Hier ist jedoch der größte prozentuale Rückgang des Verbrauches zu beobachten. Gerade im Zeitraum von 1990-2005 ist die Nutzung von Kohle deutlich zurückgegangen und es wurden stattdessen andere Energieträger zur Kompensation verwendet. Dennoch sind Braun- und Steinkohle neben erneuerbaren Energien, die wichtigsten Energieträger für die Stromerzeugung in Deutschland. Das Hauptargument gegen die Nutzung von Kohle als Energieträger ist die Tatsache, dass hierbei ein sehr hoher Treibhausgasausstoß entsteht, was der Umwelt schadet. Dieser Effekt macht sich bereits in dem derzeit stattfindenden Klimawandel bemerkbar und wird durch die sehr hohe Nutzung von Kohle in Asiatischen Schwellenländern (Tendenz steigend; vor allem China) noch weiter verstärkt. Ebenfalls muss bedacht werden, dass modernste Stein- und Braunkohlekraftwerke einen Wirkungsgrad von circa 45% aufweisen (Steinkohlekraftwerke meist ein wenig höher als Braunkohlekraftwerke). Das bedeutet, dass mehr als die Hälfte der erzeugten Wärme als Abwärme verloren geht. Eine Windkraftanlage kann den gleichen Wirkungsgrad bei deutlich geringeren CO<sub>2</sub>-Ausstößen erreichen und ein Wasserkraftwerk sogar bis zu 90%. Zu bedenken ist ebenfalls die Tatsache, dass es weltweit noch sehr viele, teils Jahrzehnte, alte Kohlekraftanlagen betrieben werden, die keineswegs Wirkungsgrade von 45% erreichen. Ein sehr gutes Beispiel hierfür ist China, wo die Nutzung von Kohle als Energieträger rasant gestiegen ist, der Wirkungsgrad im Durchschnitt national bei nur 23% liegt. Der weltweite Durchschnitt liegt bei knapp 31%. Deutschland weist einen durchschnittlichen Wirkungsgrad für Kohlekraftwerke von 38% auf. [AGEB14], [REZ14], [EST14], [ENLX14], [ENFA14]

### **3.4 Elektrischer Strom**

Der Verbrauch des Energieträgers elektrischer Strom weist einen leicht alternierenden Trend auf. So sind in der betrachteten Zeitdauer steigende und fallende Werte bezüglich des Verbrauches zu erkennen. Der Endenergieverbrauch in Deutschland ist zwischen den Jahren 1990 und 2005 leicht gestiegen, aber absolut gesehen ist die Veränderung so marginal, dass man von einem quasi konstanten Energieverbrauch ausgehen kann.

### **3.5 Erneuerbare Energien**

Die Nutzung der Energieträger, die den stärksten Anstieg im Bereich Endenergieverbrauch aufweisen, sind die erneuerbaren Energien. Im industriellen Sektor ist hierbei ein Anstieg des Verbrauches von knapp 1000% festzustellen. Die Verbrauchergruppe Gewerbe, Handel und Dienstleistung weist hier einen Anstieg von 0PJ auf 42PJ im Jahr 2011 auf. In Kapitel 6 dieser fachwissenschaftlichen Projektarbeit wird auf die Bedeutung der erneuerbaren Energien näher eingegangen.

### **3.6 Übrige Energieträger**

Fernwärme sowie sonstige Energieträger (unter anderem auch Kernenergie) werden in Tabelle 1 als „übrige“ Energieträger abgekürzt. Gerade die Kernenergie stellt in Deutschland ein brisantes Thema dar, gerade seit der Katastrophe im März 2011 in Fukushima. Am 6.Juni 2011 beschloss das „Kabinett Merkel II“ den stufenweisen Atomausstieg bis Ende 2022. Derzeit gibt es noch 9 aktive Kernkraftwerke in Deutschland (vergleiche Abbildung 6), welche im Jahr 2013 97,289 Milliarde kWh Strom brutto erzeugten. Der Gesamtanteil der Kernenergie als Energieträger für die Stromerzeugung ging von 31,2% im Jahre 1995 auf 22,7% im Jahre 2011 kontinuierlich zurück und der beschlossene Atomausstieg wird diesen Trend weiter fortführen.

Fernwärme ist ein Koppelprodukt, welches in großen Kraftwerken aus der Stromerzeugung durch überschüssige Wärme in Industrieprozessen gewonnen werden kann. In modernen Kraftwerken wird dafür eine sogenannte Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt, wodurch private als auch öffentliche geheizt werden können. Mit Hilfe des „Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes“ (KWKG) von 2002 sowie des „Erneuerbare-Energien-Gesetzes“ (EEG) von 2000 versucht die Bundesrepublik Deutschland den Ausbau von Kraft-Wärme-Kopplungen anzutreiben. Im Erneuerbare-Energien-Gesetz wird den Betreibern von Anlagen für 20 Jahre ein fester Vergütungssatz pro Kilowattstunde versprochen, sofern diese Strom regenerativ erzeugen. Durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz stehen den Betreibern von KWK-Anlagen Boni für jede erzeugte Kilowattstunde Strom zu, was die Lukrativität dieser Kopplungen erhöhen soll. Die beim Stromerzeugungsprozess entstandene thermische Energie wird durch wärmedämmte Rohrsysteme, welche unterirdisch oder aber auch frei verlegt werden, zum Abnehmer transportiert.

In Abbildung 7 wird der Endenergieverbrauch der einzelnen Primärenergieträger innerhalb Deutschlands visualisiert. [KENE14], [BREG14], [GII14A], [GII14B], [BVWE14]





Abbildung 6: Aktive Kernreaktoren in Deutschland

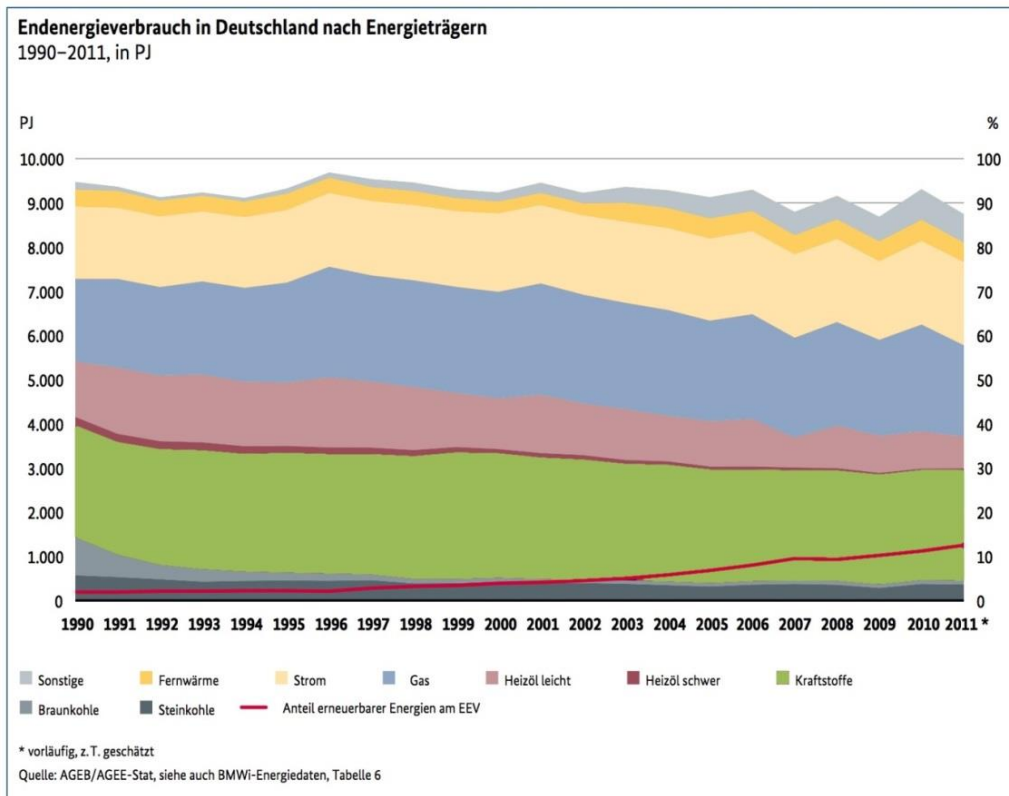


Abbildung 7: Endenergieverbrauch in Deutschland nach Energieträgern

## **4 Klassifikation des Endenergieverbrauchs nach Unternehmensdimension**

Bei der Betrachtung des Endenergiebedarfes in Deutschland ist eine Differenzierung nach Unternehmensdimension aufschlussreich und notwendig. In diesem Kapitel der Projektarbeit werden die Unterschiede, Parallelen und Ursachen für den Endenergie- und Strombedarf analysiert. Dabei wird nach verschiedenen Zweigen der Industrie differenziert. Der Fokus dieser Betrachtung soll dabei auf den Branchen: „Ernährung und Tabak“, „Fahrzeugbau“, „Maschinenbau“, „Metallbearbeitung“, „Metallerzeugung“ und „NE-Metalle. -gießereien“ liegen. In Tabelle 11 wurde bereits eine solche Differenzierung von der AG Energiebilanzen e.V. unter empirischen und wissenschaftlichen Aspekten in Zusammenarbeit mit dem IREES durchgeführt.

So wurde 2008 ein Endenergiebedarf von insgesamt 2529 PJ ermittelt, wobei rund 36% davon auf die mittelständische Industrie zurückzuführen war. Von diesem Endenergiebedarf entfielen 837 PJ auf den Strombedarf der Unternehmen. [BMUB14D]

<b>Endenergiebedarf in PJ</b>			
	<b>Gesamtindustrie</b>	<b>KMU</b>	
	<b>2008 PJ</b>	<b>2008 PJ</b>	<b>Anteil an Gesamtindustrie in %</b>
Ernährung und Tabak	201	104	52%
Fahrzeugbau	124	14	11%
Maschinenbau	87	37	43%
Metallbearbeitung	115	80	70%
Metallerzeugung NE-Metalle. - gießereien	545	42	8%
138	44	32%	
Papiergewerbe	234	115	49%
Sonstige chemische Industrie	94	60	64%
Sonstige Wirtschaftszweige	207	110	53%
Verarbeitung von Steinen u. Erden	204	108	53%
<i>Industrie insgesamt</i>	<i>2.529</i>	<i>902</i>	<i>36%</i>
<b>Strombedarf in PJ</b>			
Ernährung und Tabak	64	33	51%
Fahrzeugbau	67	7	11%
Maschinenbau	42	20	47%
Metallbearbeitung	53	37	70%
Metallerzeugung NE-Metalle. - gießereien	78	2	2%
78	27	35%	
Papiergewerbe	75	37	49%
Sonstige chemische Industrie	27	21	77%
Sonstige Wirtschaftszweige	92	51	55%
Verarbeitung von Steinen u. Erden	28	18	64%
<i>Industrie insgesamt</i>	<i>837</i>	<i>324</i>	<i>39%</i>

**Tabelle 11: Vergleich des Endenergiebedarfes verschiedener Industriezweige**

#### 4.1 Fahrzeugbau

Der Endenergieverbrauch in der Fahrzeugbauindustrie betrug im Jahr 2008 insgesamt 124 PJ, wobei der Anteil der mittelständischen Unternehmen 14 PJ ausmachte. Dies entspricht einem Anteil am Endenergieverbrauch von 11 %. Der Strombedarf betrug in diesem Jahr 67 PJ. Hier beträgt der Anteil der mittelständischen Unternehmen 7 PJ, was auch einem Anteil von 11% ausmacht. Elektrischer Strom wird in dieser Industrie für verschiedene Zwecke verwendet. So wird diese Endenergieform für elektrische Antriebe (Druckluft), Prozesswärme und sonstige mechanische Energie verwendet. Da der Begriff „Fahrzeugbau“ nicht die Automobilzulieferer beinhaltet, ist der Anteil des Endenergie- und Strombedarfes von KMUs in diesem Industriezweig mit nur 11% sehr gering. Würde dieser Begriff jedoch auch die Zulieferer einschließen, wäre hier der KMU Anteil des Endenergie- und Strombedarfes viel größer, da die Zulieferer einen typischen Repräsentant der deutschen Mittelstandsindustrie darstellen. Der Automobil- und Fahrzeugbau wird häufig als Paradedisziplin deutscher Ingenieurskunst bezeichnet, da es viele deutsche Hersteller gibt und der Anteil der Großunternehmen hoch ist. Des Weiteren ist anzumerken, dass diese Industrie von wenigen Großunternehmen dominiert wird, welche als Global Player fungieren und deren Produkte weltweit einen exzellenten Ruf genießen (BMW, Daimler AG, Volkswagen AG).

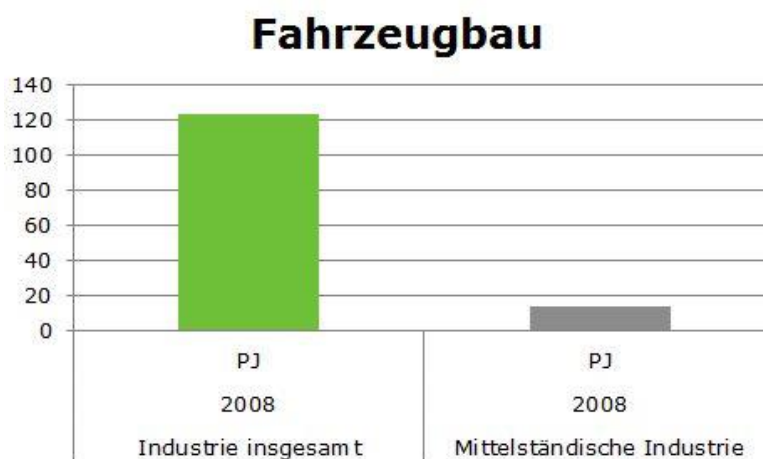
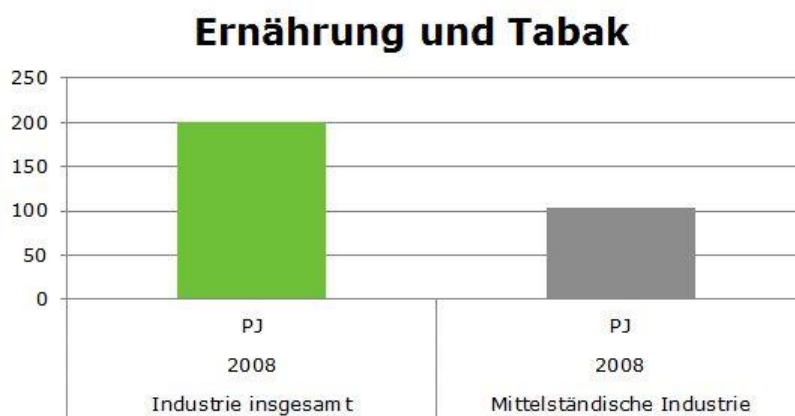


Abbildung 8: Anteil der KMU am Gesamtendenergieverbrauch der Fahrzeugbauindustrie

## 4.2 Ernährung und Tabak

Im Jahre 2008 betrug Endenergiebedarf insgesamt 201 PJ, wobei 104 PJ beziehungsweise 52% auf die mittelständische Industrie entfiel. Der Strombedarf lag im Jahre 2008 insgesamt bei 64 PJ, wobei 33 PJ beziehungsweise 51% auf die Mittelstandsindustrie zurückzuführen ist. In dieser Industriesparte fällt auf, dass lediglich 30% des Endenergiebedarfes auf den Endenergieträger Strom zuzuweisen ist. Die Ursache hierfür liegt in der Verwendung anderer Endenergieformen. So werden in der Lebensmittelindustrie zwecks Qualitätserhaltung Prozesswärme und Prozesskälte eingesetzt, um die Entwicklung gesundheitsschädlicher Bakterien zu hemmen. Prozesskälte wird zwecks Konservierung von Lebensmitteln verwendet. Ein weiterer wichtiger Endenergieträger für die Lebensmittelindustrie sind sonstige mechanische Energien. Zu den Repräsentanten der Großunternehmen dieser Branche gehören die Hersteller von Zucker, Zigaretten und Stärke.



**Abbildung 9: Anteil der KMU am Gesamtendenergieverbrauch der Ernährung und Tabak Industrie**

### 4.3 Maschinenbau

Der Endenergieverbrauch für die Maschinenbauindustrie betrug im Jahr 2008 87 PJ, davon entfielen 37 PJ beziehungsweise 43% auf die Unternehmen des Mittelstandes. Der Weiteren wurde ein Strombedarf von insgesamt betrug 42 PJ ermittelt. Davon waren 20PJ beziehungsweise 47% des gesamten Stromverbrauches den Mittelstandsunternehmen zurechenbar. Der Stromverbrauch wurde in dieser Industrie hauptsächlich für Elektrische Antriebe (Druckluft), Informations-und Kommunikationstechnik (IKT), Prozesswärme und sonstige mechanische Energie verwendet. Da der Maschinenbau einen hohen Anteil an manueller Montage aufweist, ist der Energie- und Stromverbrauch absolut betrachtet sehr gering. Unterstützende Ausrüstung wie beispielweise IKT sind mittlerweile deutlich effizienter geworden, sodass von diesen Gegenständen ein geringer Strombedarf ausgeht. Entwicklungsarbeit und der Zukauf einzelner Maschinenkomponenten können deshalb als energiearme Tätigkeiten betrachtet werden.

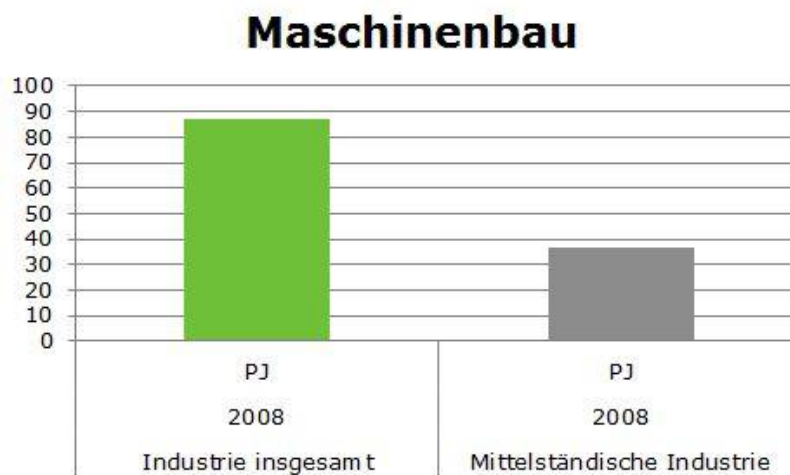


Abbildung 10: Anteil der KMU am Gesamtendenergieverbrauch im Maschinenbau



#### 4.4 Metallerzeugung

In der Metallerzeugungsindustrie betrug der Endenergiebedarf 2008 insgesamt 545 PJ, wobei lediglich 42 PJ (8%) auf die mittelständische Industrie entfiel. Der Stromverbrauch hierbei lag insgesamt bei nur 78 PJ beziehungsweise sogar nur 2PJ bei den mittelständischen Unternehmen. Auffällig bei dieser Statistik ist der sehr geringe Anteil von Strom am Endenergiebedarf. Der restliche Anteil der Endenergie wird bei der Metallerzeugung für Erzeugung von Prozesswärme durch Brennstoffe verwendet. Hauptsächlich wird Strom bei der Metallerzeugung für Mechanische Energie sowie für Prozesswärme eingesetzt, jedoch nicht in einem so großen Umfang wie mit Hilfe von fossilen Brennstoffen. So wird die Prozesswärme beispielsweise dafür verwendet, um Halbzeuge herzustellen. Die zugeführte Wärme erleichtert beispielsweise Ur- und Umformprozesse. Auch deshalb ist die Metallerzeugung die energieintensivste Industrie Deutschlands, da aufgrund der sehr hohen benötigten Kräfte für Umformprozesse, für die Bauteilerwärmung und für das Antreiben von Maschinen mit einem hohen Energiebedarf (zum Beispiel große Pressen) viel Energie benötigt wird. Da diese Industrie energieintensiv ist und die Maschinen sehr hohe Investitionskosten aufweisen, wird die Metallerzeugung von den Großunternehmen dominiert (zum Beispiel ThyssenKrupp und die jeweiligen Tochterunternehmen).

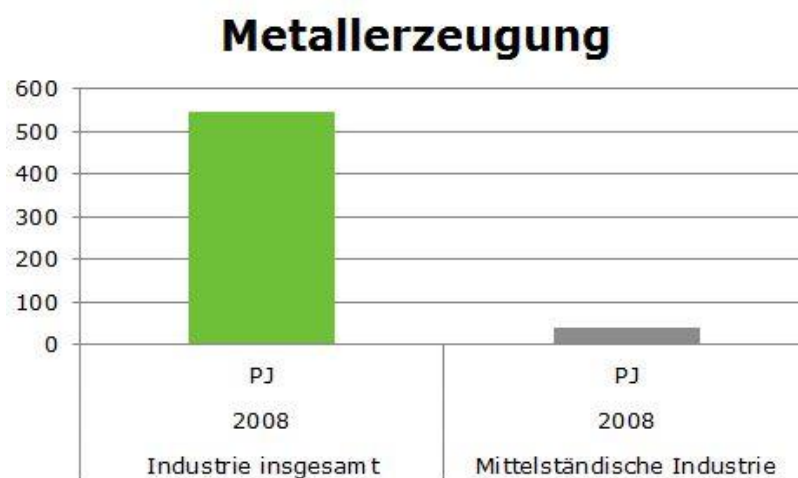


Abbildung 11: Anteil der KMU am Gesamtendenergieverbrauch bei der Metallerzeugung

## Anwendungsbilanz Brennstoffe (inkl. Fernwärme) nach Anwendungsbereichen und Branchen

	Mechanische Energie	Prozesswärme	Raumwärme	Warmwasser	Summe
	PJ/a				
Gew. v. Steinen u. Erden	0,1	7,9	1,0	0,1	9,1
Ernährung und Tabak	1,4	122,3	22,0	2,0	147,8
Papiergewerbe	1,1	153,8	5,4	0,5	160,7
Grundstoffchemie	2,0	324,3	6,0	0,6	332,9
Sonst. chemische Industrie	0,4	53,5	8,3	0,7	62,9
Gummi- u. Kunststoffwaren	0,3	14,2	15,3	1,4	31,2
Glas u. Keramik	0,8	68,6	3,4	0,3	73,1
Verarb. v. Steine u. Erden	0,8	164,9	4,0	0,4	169,9
Metallerzeugung	1,3	443,3	2,3	0,2	447,1
NE-Metalle, -gießereien	0,5	52,6	5,2	0,5	58,8
Metallbearbeitung	0,7	30,6	27,4	2,6	61,3
Maschinenbau	5,6	4,8	36,1	3,4	40,3
Fahrzeugbau	0,5	19,7	34,0	3,2	57,5
Sonst. Verarbeitendes Gewerbe	0,5	73,2	54,3	5,1	133,1
<b>Industrie Gesamt</b>	<b>16,0</b>	<b>1.524,3</b>	<b>224,6</b>	<b>21,0</b>	<b>1.785,8</b>

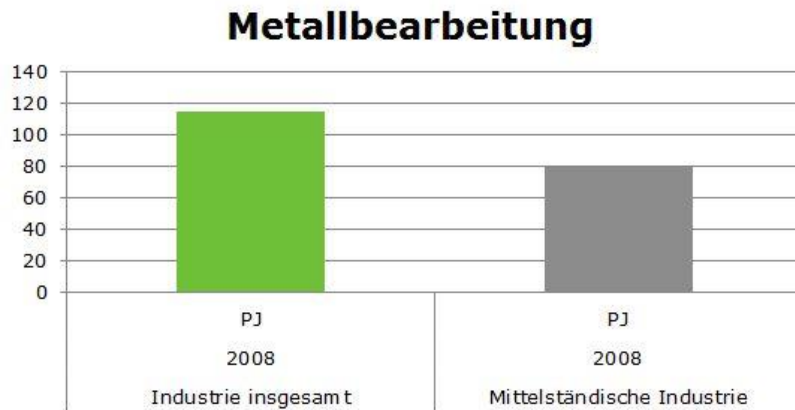
Abbildung 12: Anwendungsbilanz von Brennstoffen nach Anwendungsbereichen und Branchen

#### 4.5 Metallbearbeitung

Bei der Metallverarbeitung lag der Endenergieverbrauch im Jahr 2008 bei 115PJ. Dabei betrug der Anteil der mittelständischen Unternehmen am Endenergieverbrauch 80 PJ beziehungsweise 70% am Gesamtverbrauch. Der Stromverbrauch lag hier bei 53 PJ, wobei der Anteil der Mittelstandsindustrie 37 PJ (70%) ausmachte. Der Stromverbrauch wird hauptsächlich durch mechanische Energie und Prozesswärme verursacht. In dieser Industrie werden beispielsweise spanende Fertigungsverfahren eingesetzt, welche einen geringeren Energieverbrauch aufweisen als die Rohteil- und Halbzeugherstellung (Metallerzeugung). Der Anteil des Endenergie- und Strombedarfes der mittelständischen Unternehmen ist bei diesem Industriezweig gemeinsam mit der „Gewinnung von Steinen und Erden bzw. sonstigen Bergbau“ am höchsten. Es sind nur vergleichsweise zu Metallerzeugung geringere Investitionskosten



notwendig, was dazu führt, dass viele Mittelstandsunternehmen in dieser Industrie vertreten sind und somit einen relativ hohen Anteil am Endenergiebedarf und Strombedarf aufweisen.



**Abbildung 13: Anteil der KMU am Gesamtendenergieverbrauch bei der Metallbearbeitung**

#### 4.6 Vergleich der Teilindustrien

Die signifikanten Unterschiede der einzelnen Teilindustrien bezüglich des Endenergie- und Stromverbrauches sind auf verschiedene Ursachen zurückzuführen. Zwar handelt es sich bei allen Teilgebieten um Bereiche des „verarbeitenden Gewerbes“, jedoch weist jede Teilindustrie charakteristische Tätigkeiten auf, um die Verarbeitung von Gütern und Halbzeugen gewährleisten zu können. So werden beispielsweise in der Fahrzeugbauindustrie hauptsächlich automatisierte Montagetätigkeiten durchgeführt, wobei die Bauteile zumeist von mittelständischen Zulieferern gefertigt wurden. Der Zusammenbau der Komponenten, die automatisierte Steuerung von Roboterarmen und die Qualitätskontrolle sind daher nicht als energieintensive Tätigkeiten anzunehmen. Somit ist die Platzierung der Fahrzeugbauindustrie in der Wertschöpfungskette ausschlaggebend für den Endenergie- und Stromverbrauch.

In der Industriesparte Ernährung und Tabak hingegen ein großer Teil der Endenergie für Prozesswärme und -kälte verwendet. Diese werden für große Heizkessel und Kühllagersysteme verwendet, um eine akzeptable Produktqualität gewährleisten zu können, die Lebensmittel zu

konservieren und um die Entstehung von krankheitserregenden Substanzen zu verhindern.

Die Metallerzeugungsindustrie hingegen ist geprägt vom Einsatz großer Maschinen und der Verwendung von Wärme für die Herstellung von Halbzeugen und Bauteilen. Zwecks Optimierung der Prozesse wie zum Beispiel Erhöhung der Bauteiltemperatur für die Erhöhung des Umformgrades wird hier Prozesswärme eingesetzt. Auch das Schmieden von Halbzeugen beispielsweise erfordert eine große Menge an Prozesswärme. Die Metallerzeugung ist deshalb ein sehr gutes Beispiel für die Verwendung enormer Mengen an fossilen Brennstoffen.

So lässt sich abschließend sagen, dass die charakteristischen Tätigkeiten der jeweiligen Teilindustrien ausschlaggebend für den Endenergie- und Stromverbrauch sind. Auch kann nach eben diesen Tätigkeiten eine Dimensionierung nach Unternehmensgröße getroffen werden. Faktoren wie Investitionsbedarf, Komplexität und Einsatz bestimmter Betriebsmittel lassen hier auf eine Unternehmensdimensionierung schließen. So werden die beiden Industrien „Metallerzeugung“ und „Fahrzeugbau“ von Großunternehmen und Global Player wie ThyssenKrupp, BMW, Daimler und Volkswagen dominiert. Die restlichen Industrien, die in diesem Kapitel betrachtet wurden, weisen einen hohen Anteil der Endenergie- und Stromverbrauch der mittelständischen Unternehmen auf.

Ein weiterer auffälliger Aspekt ist der Gesamtanteil des Verbrauches der Mittelstandsunternehmen am Endenergie- und Stromverbrauch. 3,1 % aller Unternehmen machen einen Endenergieverbrauch von 36% aus.

## **5 Rechtliche Rahmenbedingungen und internationaler Vergleich der deutschen Industrie**

Zusätzlich zum Energieverbrauch müssen gesetzlichen Rahmenbedingungen betrachtet werden, da diese bedeutende Aufschlüsse über die Nutzung von Primärenergieträger geben können. Das Thema Umweltschutz sorgt in Deutschland immer wieder für neue Diskussionen und ist oft ein wichtiges Wahlkampfthema. Aus diesem Grund werden in diesem Kapitel die zwei wichtigsten Gesetze und Regelungen für die deutsche Industrie betrachtet und ihre potentielle Auswirkung auf die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie im Vergleich zu anderen Industrienationen analysiert. Außerdem wird auf europäische und international geltende Normen und Regelungen eingegangen.

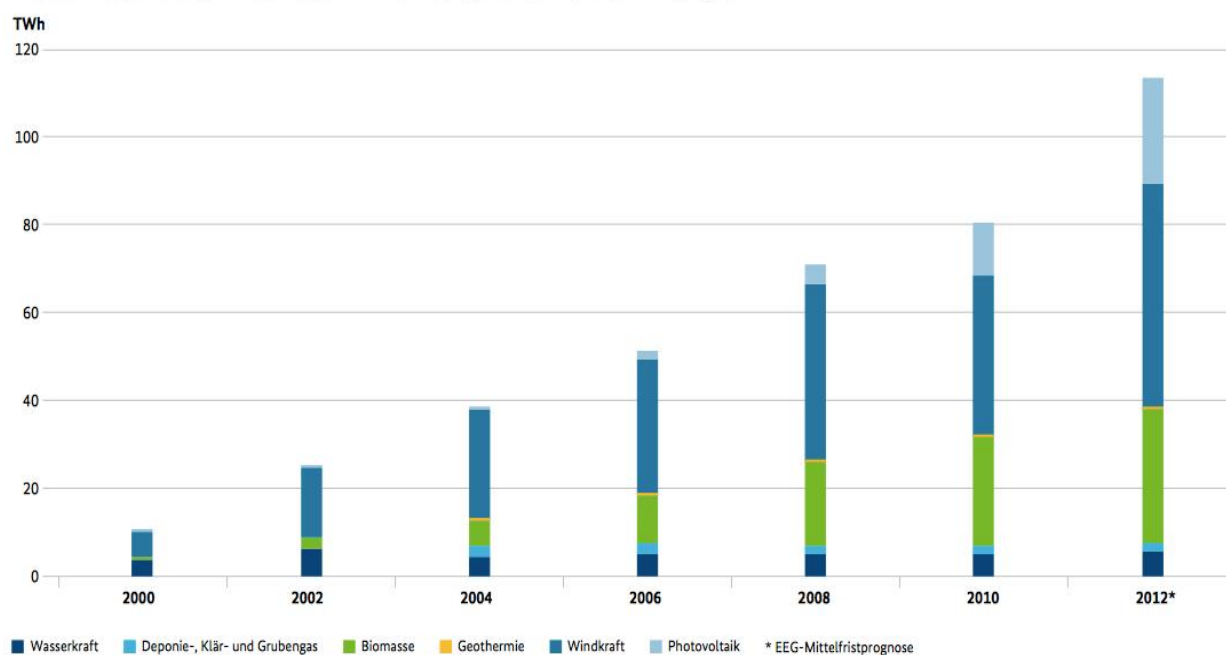
### **5.1 Das Erneuerbare-Energien-Gesetz**

Bei dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (kurz: „EEG“) handelt es sich um ein im April 2000 in Kraft getretenes Gesetz, welches den Ausbau von erneuerbaren Energien in Deutschland antreiben soll und gilt als Nachfolger des Stromeinspeisegesetzes von 1991. Ziel und Zweck dieses Beschlusses ist, durch den höheren Anteil von erneuerbaren Energien an der Gesamtenergie, die Umweltbelastung durch Treibhausgase zu senken, eine nachhaltige Energieversorgung zu gewährleisten sowie fossile Energieressourcen zu schonen. Das Gesetz sagt allen Betreibern von Anlagen zur regenerativen Stromerzeugung einen festen Vergütungssatz pro Kilowattstunde für die nächsten 20 Jahre zu, welcher nach Standort, Größe der Anlage und Art der Stromerzeugung unterschiedlich hoch ausgeprägt ist. Laut dem Paragraphen 3 des Erneuerbare-Energien-Gesetz sind „Anlagen“ wie folgt definiert: „Als Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien gelten auch solche Einrichtungen, die zwischengespeicherte Energie, die ausschließlich aus Erneuerbaren Energien oder aus Grubengas stammt, aufnehmen und in elektrische Energie umwandeln.“ (vgl. § 3 Begriffsbestimmungen EEG). Die

Vergütungssätze unterliegen einer jährlichen Degression um einen bestimmten Prozentsatz, um Anreize für Kostenreduktion und Innovationen zu schaffen. Durch diese jährliche Degression wird ebenfalls sichergestellt, dass Anlagenbetreiber bestrebt sind, ihre erneuerbaren Energien schneller auf dem Markt zur Verfügung zu stellen, denn je später eine Anlage am Netz ist, desto niedriger ist die Einspeisevergütung für den Betreiber. Paragraph 5 des Erneuerbare-Energien-Gesetz bietet ebenfalls einen Anreiz für Anlagenbetreiber, da hier festgelegt wird, dass Netzbetreiber in Deutschland dazu verpflichtet sind, Anlagen, die Strom aus erneuerbaren Energien produzieren, unverzüglich und vorrangig an ihr Netz anzuschließen. Außerdem haben die Betreiber der Anlagen den Anspruch auf unverzügliche und vorrangige Abnahme des von ihnen angebotenen Stromes. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz ist einer der Gründe, dass in Deutschland der Anteil an erneuerbaren Energien von nur 6,4% im Jahre 2000 auf 25% im Jahre 2012 gestiegen ist. Allein 2012 konnten durch erneuerbare Energien 146 Millionen Tonnen Treibhausgase eingespart werden, um die Belastung der Umwelt zu senken. Ein durchaus positiver Nebeneffekt ist die Tatsache, dass in der Erneuerbare Energien-Branche bereits über 380.000 Arbeitsplätze in Deutschland geschaffen hat. Jedoch hat das Erneuerbare-Energien-Gesetz auch negative Auswirkungen, wie zum Beispiel den Fakt, dass der Endverbraucher durch die sogenannte „EEG-Umlage“ die Kosten für die von der Bundesregierung eingeleitete „Energiewende“ trägt. Der Anteil der „EEG-Umlage“ an den Stromkosten macht sich bereits deutlich bemerkbar. So zahlte ein durchschnittlicher Haushalt in Deutschland knapp 83€ an Stromkosten pro Monat, wovon allein 15,4€ der „EEG-Umlage“ geschuldet sind. Ein weiterer Kritikpunkt vieler Experten ist die Befreiung zahlreicher Großverbraucher aus der Industrie (hauptsächlich des produzierenden Gewerbes) von dieser Umlage. Im Jahre 2014 lag die Zahl der Unternehmen, die von der Umlage befreit sind bei 2098 (2026 davon aus dem produzierenden Gewerbe). Diese Befreiung der Großverbraucher dient dem Erhalt der internationalen

Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen auf dem Weltmarkt. Eine vollständige Liste aller Unternehmen, die von der EEG-Umlage befreit sind, findet man auf den Seiten des „Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle“). [BVWE14], [GII14A], [BAFA14A], [BAFA14B]

### Bestandteile der nach dem EEG vergüteten Strommenge

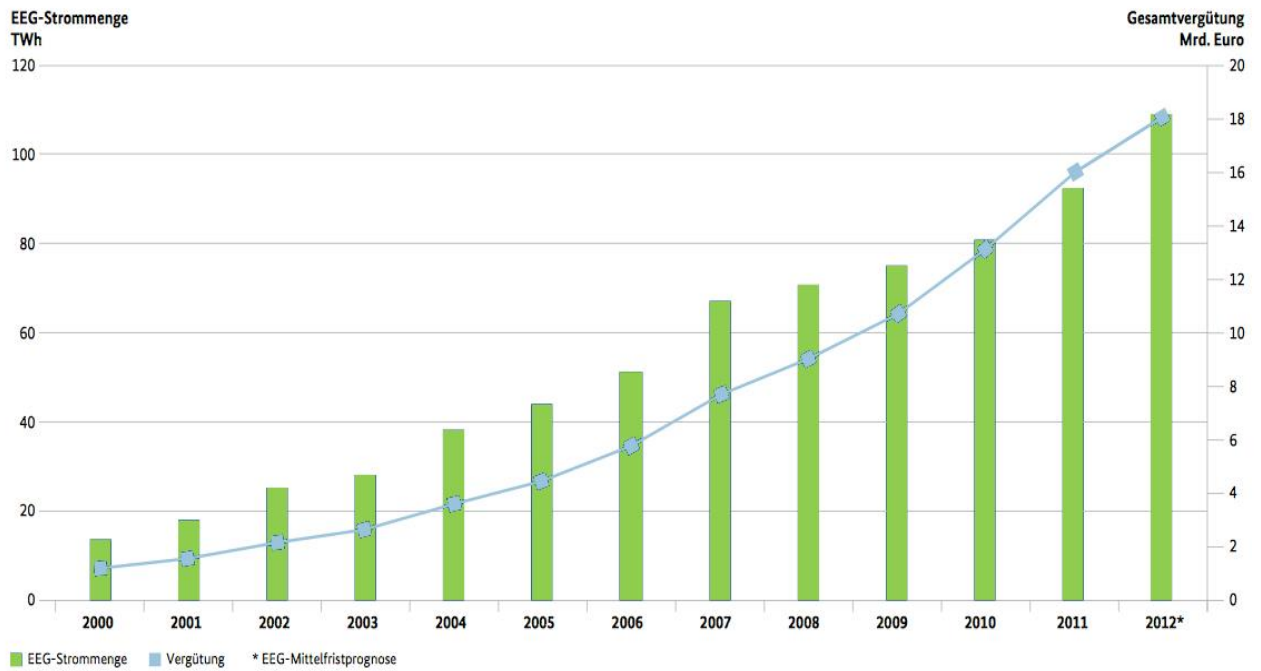


Stand: Aug. 2012

Quelle: EEG-Jahresabrechnungen (Informationsplattform der Deutschen Übertragungsnetzbetreiber)

Abbildung 14: Bestandteile der nach dem EEG vergüteten Strommenge

### Nach EEG vergütete Strommenge und Gesamtvergütung

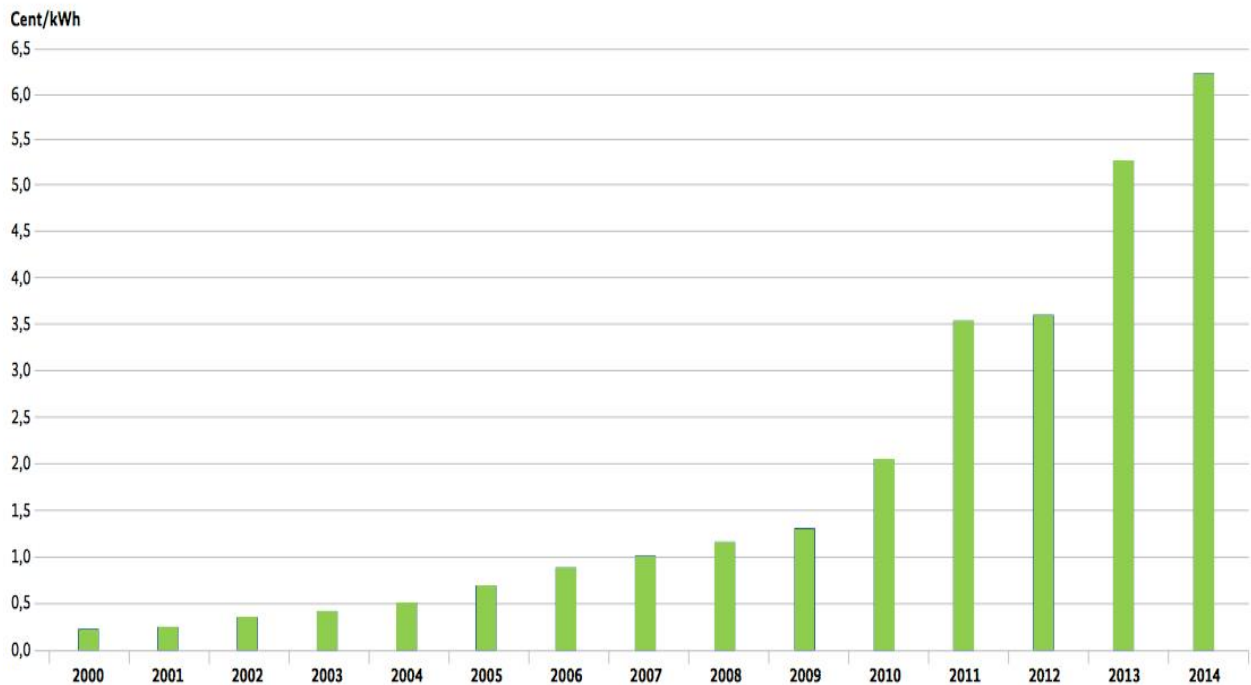


Stand: Aug. 2012

Quelle: EEG-Jahresabrechnungen (Informationsplattform der Deutschen Übertragungsnetzbetreiber)

Abbildung 15: Nach EEG vergütete Strommenge und Gesamtvergütung

### Umlage nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)



Stand: Dez. 2013

Quelle: Informationsplattform der Deutschen Übertragungsnetzbetreiber

Abbildung 16: Entwicklung der EEG-Umlage

## 5.2 Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Neben dem Erneuerbare-Energien Gesetz gibt es noch das im April 2002 in Kraft getretene „Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung“ (kurz: Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz oder „KWKG“). Der Zweck dieses energiepolitischen Instruments ist hauptsächlich eine Energieeinsparung und Verbesserung der Energieeffizienz von Unternehmen und der damit verbundene Umweltschutz. Ziel ist es, die Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in Deutschland bis zum Jahr 2020 auf 25% zu erhöhen. Prinzipiell fördert das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz die Stromerzeugung bei gleichzeitiger Umwandlung von eingesetzter Energie und Nutzwärme. Der hierbei eingesetzte Brennstoff wird viel effizienter genutzt als in der herkömmlichen Produktion, was zu einer Verringerung der eingesetzten Brennstoffmengen führt und somit den Ausstoß von umweltschädlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen senkt. Es werden zwei verschiedene Verfahren zur Förderung dieser Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen eingesetzt. Das erste Verfahren sieht vor, dass Anlagebetreiber von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen mit einer elektrischen Leistung von bis zu 20 kW einen einmaligen Zuschuss vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle erhalten. Das zweite Verfahren besagt, dass der Stromnetzbetreiber, unabhängig von der elektrischen Leistung der Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage, für eine bestimmte Dauer einen Zuschlag an den Anlagenbetreiber zahlt. Es ist als Anlagenbetreiber möglich, von beiden Subventionsverfahren gleichzeitig zu profitieren. Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz sieht in „§4 Anschluss-, Abnahme- und Vergütungspflicht“ im ersten Absatz noch folgendes vor: „ Netzbetreiber sind verpflichtet, hocheffiziente KWK-Anlagen im Sinne dieses Gesetzes an ihr Netz unverzüglich vorrangig anzuschließen und den in diesen Anlagen erzeugten KWK-Strom unverzüglich vorrangig abzunehmen, zu übertragen und zu verteilen.“. Hierbei ist zu erwähnen, dass das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz und das Erneuerbare-Energien-Gesetz gleichwertig bezüglich der vorrangigen Abnahme des erzeugten Stromes sind (vgl.

§4 Anschluss-, Abnahme- und Vergütungspflicht). Seit dem Inkrafttreten des Gesetzes wurde das Gesetz 2 Mal überarbeitet und erweitert. Im Jahr 2009 wurde beschlossen, dass auch der Neu- und Ausbau von Wärmenetzen unter bestimmten Voraussetzungen durch das KWKG gefördert wird. Es sind hierfür einige Voraussetzungen zu erfüllen, wie zum Beispiel, dass die Wärmenetze bis spätestens zum 31.12.2020 in Betrieb genommen werden müssen und dass die Versorgung der angeschlossenen Abnehmer mit mehr als 50% Wärme erfolgen muss. Wichtig ist auch, dass mindestens ein Abnehmer an das Wärmenetz angeschlossen sein muss, der weder Eigentümer noch Betreiber der in das Wärmenetz einspeisenden Kraft-Wärme-Kopplung-Anlage ist. Zudem wird der Anlagenbetreiber nicht nur für den ausgespeisten Strom der durch Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wurde vergütet, sondern auch für den selbstgenutzten. Die Maximalförderung beträgt bis zu 5 Millionen Euro pro Projekt. 2012 stand eine weitere Novelle des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes an, welche ebenfalls Kältenetze in das Förderungsprogramm aufnahm und dieses zusätzlich noch auf Wärme- und Kältespeicher ausweitete. Höhere KWK-Zuschläge (in allen Leistungsklassen um 0,3 Ct/kWh), flexiblere Laufzeitmodelle sowie eine Entbürokratisierung für viele kleine Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen mit einer elektrischen Leistung von unter 50 kW. Das „BHKW-Infozentrum“ beschreibt das Funktionsprinzip von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen wie folgt:

„Die Verbrennungskraftmaschine (z. B. Motor, Gasturbine) treibt einen Generator an und stellt dadurch elektrischen Strom dem Verbraucher zur Verfügung. Ggf. kann der Motor auch direkt eine Maschine oder einen Verdichter (z. B. bei der Drucklufterzeugung) antreiben. Die Abwärme, welche im Motorblock anfällt (Kühlwasser, Öl), wird über einen Wärmetauscher zur Heizwassererwärmung verwendet. Die im Abgas enthaltene Energie wird ggf. zur Dampferzeugung(Prozesswärme) genutzt und/oder mittels Wärmetauscher zur Brauchwassererwärmung. Als konventionelle Technologien zur Kraft-Wärme-Kopplung stehen die



Dampfturbine, der Verbrennungsmotor sowie die Gasturbine zur Verfügung. Neuere Technologien wie die Brennstoffzelle oder der Stirlingmotor erweitern die bestehenden KWK-Technologien.“. Eine beispielhafte grafische Darstellung dieses Funktionsprinzip zeigt die folgende Abbildung 17. [BAFA14C], [BHKW14], [GII14B], [KWKGN14A], [KWKGN14B]

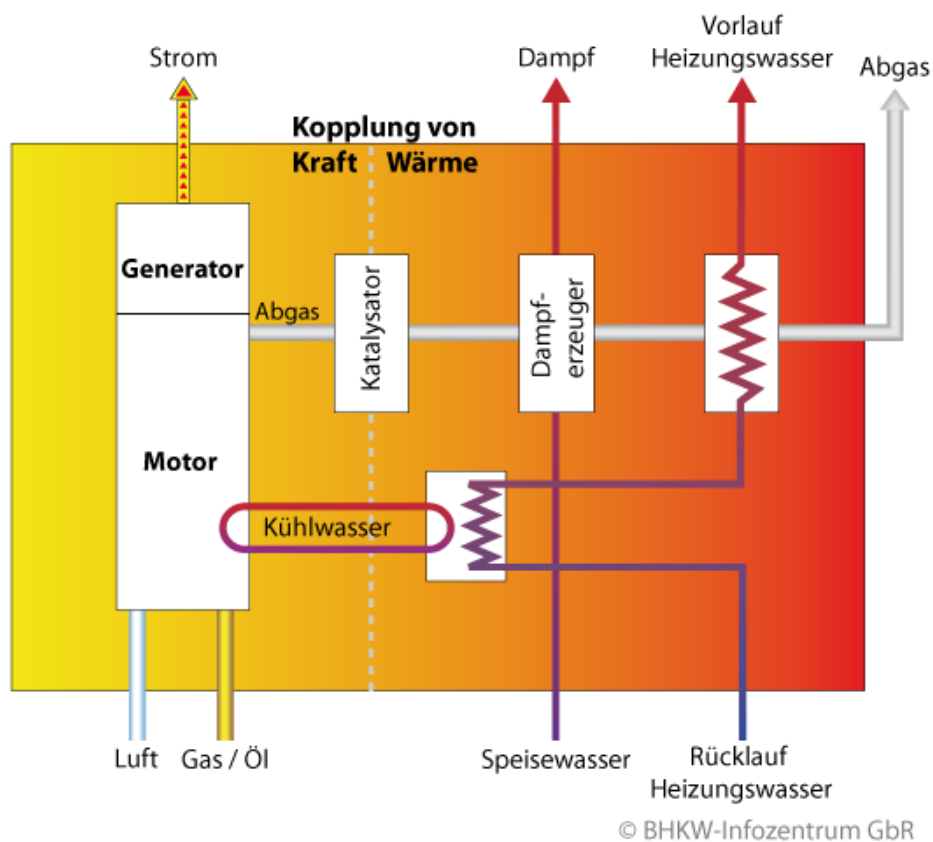


Abbildung 17: Beispiel einer KWK-Anlage

### 5.3 Europäischer Vergleich der deutschen Industrie

Um die Wirksamkeit der beiden in diesem Kapitel genannten Gesetze beurteilen zu können, ist es notwendig und hilfreich, sich die von der Industrie zu entrichtenden Energiepreise anzuschauen und auf internationaler Ebene vergleichen. Für die folgenden Vergleiche werden industrielle Unternehmen mittlerer Größe, mit einem Jahresverbrauch zwischen 500 MWh und 2000 MWh, betrachtet. Wenn man sich zunächst

nur auf den Wirtschaftsraum Europa beschränkt, stellt man fest, dass der Strompreis je kWh Strom im Jahres 2013 im EU28-Wirtschaftsraum durchschnittlich 0,094 Cent lag. In Deutschland lag dieser Preis bei 0,086 Cent und war somit niedriger als im EU-Durchschnitt. Unter den führenden EU-Nationen lag der Preis nur in Frankreich mit 0,0771 Cent je kWh Strom, Finnland mit 0,0679 Cent je kWh und Schweden mit 0,0799 Cent je kWh niedriger. Am teuersten war Strom für Industriekunden auf Zypern mit 0,2 Cent je kWh gefolgt von Malta mit einem Preis von 0,18 Cent pro kWh. Der Grund für den hohen Strompreis auf Zypern liegt größtenteils daran, dass das damals größte Elektrizitätswerk der Insel (Vassiliko) 2011 durch eine Explosion auf einem benachbarten Munitionsdepot zerstört wurde und sich die Insel nur langsam von diesem Vorfall erholt. Der Grund für den hohen Strompreis auf Malta ist die Tatsache, dass Strom aus Erdöl produziert wird und somit an dessen Preis gekoppelt ist. Außerhalb dieser beiden unüblichen Wirtschaftsstandorte befindet sich der nächsthöhere Preis in Irland. Die Ursache für den hohen Strompreis von 0,133 Cent pro kWh Strom, liegt an den allgemein hohen Lebenshaltungskosten des Landes sowie der bis vor kurzem andauernden Wirtschaftskrise, die in Folge der 2007 ausgebrochenen Weltwirtschaftskrise entstand. Der Grund für den hohen Strompreis in Spanien liegt ebenfalls an der seit einiger Zeit schwächelnden Wirtschaft des Landes. Abbildung 18 veranschaulicht diese Verhältnisse grafisch. [EST14A], [CYM14]

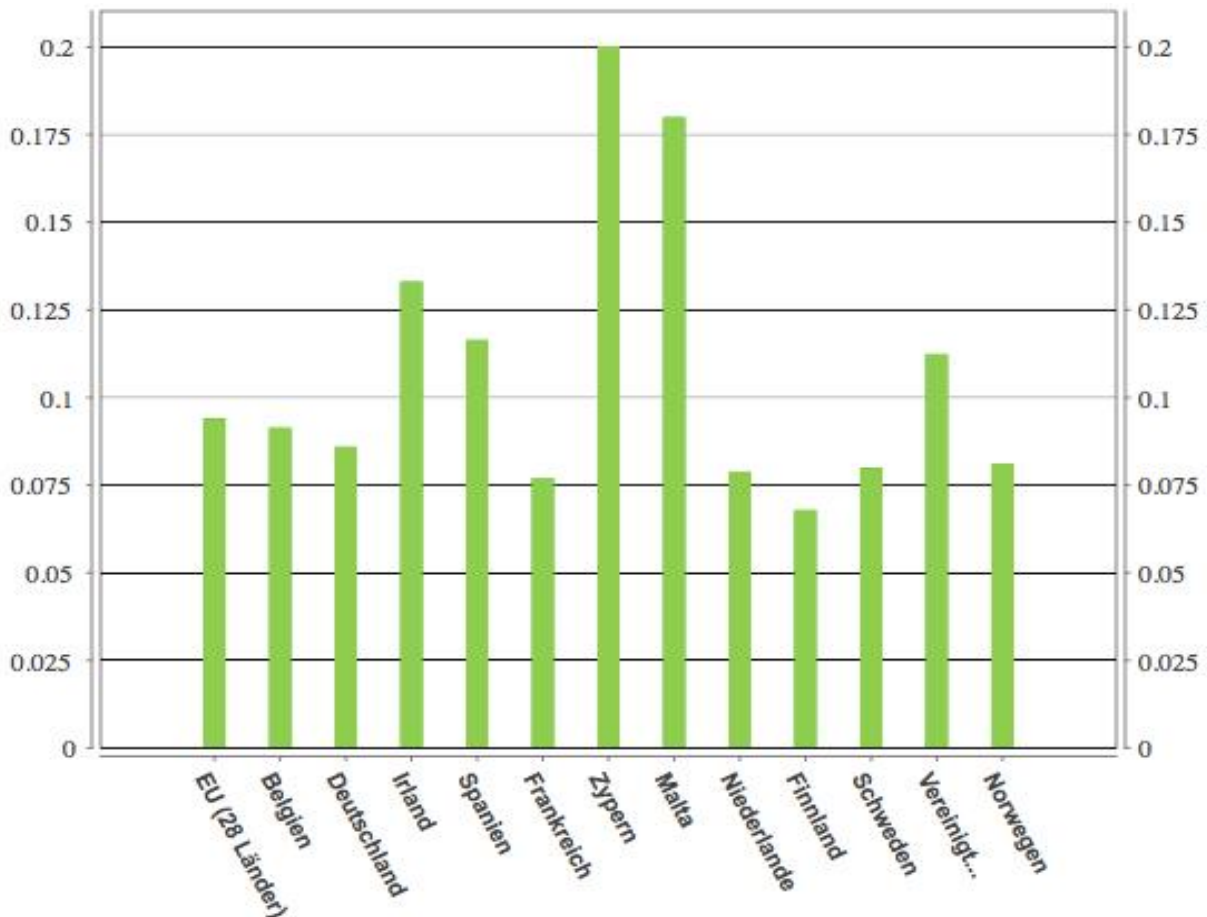


Abbildung 18: Strompreise in der EU (Industrie)

#### 5.4 Vergleich der deutschen Industrie mit den Vereinigten Staaten von Amerika

Anschließend muss die deutsche Industrie und die dafür geltenden Gesetze auf internationaler Ebene verglichen werden. Das Ziel dieses Vergleiches ist es, festzustellen ob ein großer Wettbewerbsnachteil für die deutsche Industrie durch die geltenden Gesetze besteht. Das wichtigste zu vergleichende Land in dieser Hinsicht sind die USA. Der Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Primärenergieverbrauch ist mit knapp 6% im Jahre 2012 unter dem Anteil von Deutschland (11%). Wie auch in Deutschland, gibt es in den USA Gesetze und Subventionen, die den Einsatz erneuerbarer Energien fördern. Auf föderaler Ebene existiert seit 1992 zum einen der „Federal Renewable Electricity Production Tax Credit“ (kurz: „PTC“). Dieser sieht vor, dass Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien eine Förderung pro erzeugter Kilowattstunde Strom

erhalten. Wind, Geothermie (Erdwärme) und Biomasse werden derzeit mit 1,7 Ct/kWh gefördert und kleine Wasserkraftwerke, Deponiegas sowie andere Anlagen erhalten 0,8 Ct/kWh. Finanziert wird die Vergütung, anders als in Deutschland, aus Steuergeldern. Dies hat zur Folge, dass kein Aufschlag auf die Stromrechnungen der Bürger erhoben wird. Vom PTC profitieren insbesondere Windparks im U.S. Bundesstaat Texas, welcher zuletzt im Jahr 2012 29 TWh Windenergie gefördert hat. Alternativ gibt es noch den „Federal Business Energy Investment Tax Credit“ (kurz: „ITC“), wovon gerade kleine Anlagen wie Solarthermie und Photovoltaik profitieren. Es werden in diesen Fällen 30% der Investitionskosten der Anlagen, ebenfalls aus Steuergeldern, erstattet. Geothermie sowie KWK-Anlagen erhalten 10% der ihrer Investitionskosten zurück.

Ein direkter Vergleich der durchschnittlichen Industriestrompreise Deutschlands mit denen der USA ist kaum möglich, da unterschiedliche Stufentarife in Abhängigkeit von Verbrauch und Leistung sowie Ausnahmeregelungen für stromintensive Verbraucher existieren. Im Vergleich bietet es sich an, die Industriestruktur von Texas und Pennsylvania mit der von Deutschland zu vergleichen, da die Strukturen sehr ähnlich sind. Der Durchschnittspreis liegt in Texas laut EIA („U.S. Energy Information Administration“) bei rund 4,3 Ct/kWh und in Pennsylvania bei etwa 5,6 Ct/kWh. Hieraus wird deutlich, dass der Strompreis für stromintensive Unternehmen in den USA kaum niedriger ist als in Deutschland. In Deutschland beträgt dieser nämlich unter Berücksichtigung aller Ausnahmen und Vergünstigungen etwa 4,8 Ct / kWh. Somit ist die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands bei weitem nicht so schlecht, wie man vorerst anhand vieler Statistiken vermutet. Es ist aus wirtschaftlicher Sicht ebenfalls zu erwähnen, dass die durchschnittliche Stromausfallzeit in Pennsylvania und Texas rund sechs bis acht Mal höher ist als in Deutschland (15 Minuten im Jahr 2014). Im US-Durchschnitt liegt die Unterbrechungszeit bei knapp 4 Stunden pro Jahr. Stromausfälle können hohe wirtschaftliche Belastungen zur Folge haben, welche unter

anderem durch Produktionsstillstand entstehen. Die geringen Unterbrechungszeiten stellen gerade für stromintensive Industrien einen Standortvorteil dar. Der Vergleich Deutschlands mit den USA birgt jedoch das Problem, dass sie lediglich von Durchschnittswerten ausgeht und viele Befreiungen und Begünstigungen nicht berücksichtigt werden. Faktoren wie zum Beispiel die Qualität der Stromversorgung werden ebenfalls nicht berücksichtigt. Der Fakt, dass Deutschland seit Jahren wiederholt den Titel „Exportweltmeister“, trotz höherer (absoluter) Strompreise (11,3 Ct / kWh in Deutschland; 5,3 Ct / kWh in den USA) erhält bestärkt diese Aussage. [BMWI14A], [ECFR14]

(Anmerkung: alle angegebenen Preise sind in Euro)

## 5.5 Europäische Normen und Regelungen

Gerade durch die Europäische Union wurden in den letzten Jahren einige Gesetze und Vorgaben verabschiedet, die den Energiebereich betreffen. Der Vertrag von Lissabon stellt die Energiepolitik in das Zentrum der Tätigkeiten der Europäischen Union und gibt ihr die nötige Rechtsgrundlage. Die Nutzung von erneuerbaren Energieträgern, eine Senkung des Energieverbrauchs und die Vermeidung von Energieverschwendung steht hierbei im Vordergrund. Zum einen sollen Umweltemissionen verringert werden und zum anderen soll die Abhängigkeit Europas von Nicht-EU Ländern, welche mit fossilen Energieträgern Strom produzieren, vermindert werden. Durch die Produktion von Strom mit fossilen Energieträgern wird der Strompreis zu einem bestimmten Ausmaß an den Preis dieser fossilen Energieträger gekoppelt (gerade an den stets steigenden Ölpreis), was in der Zukunft deutliche Preissteigerungen zur Folge haben wird. Bei den beschlossenen Gesetzen handelt es sich unter anderem um ein Paket, welches 2009 verabschiedet wurde und der Formel „3 mal 20 bis 2020“ folgt. Für das Jahr 2020 werden folgende Ziele vorgeschrieben:

1. Senkung der EU-Treibhausgasemissionen um mindestens 20 % unter das Niveau von 1990
2. Steigerung des Anteils erneuerbarer Energiequellen am Bruttoendenergieverbrauch der EU auf mindestens 20 %
3. Steigerung des Anteils erneuerbarer Energiequellen am Endenergieverbrauch des Verkehrs auf mindestens 10 %
4. Verringerung des Primärenergieverbrauchs um 20 % gegenüber der aus der Fortschreibung heutiger Trends resultierenden Menge durch Verbesserung der Energieeffizienz

Das starke Engagement Europas in der Energiepolitik führt jedoch auch unausweichlich zu höheren Kosten im Weltweiten Vergleich. Verglichen mit Nationen deren energiepolitischer Fokus nicht auf erneuerbaren Energien liegt, ist der Preis in Europa deutlich höher. Industrienationen wie die USA und China können ihren Industriekunden, durch fehlende strikte Gesetze und Vorgaben zur Senkung der Umweltemissionen und Erhöhung der Energieeffizienz, einen deutlich besseren Preis anbieten. [EST14B], [EU14A], [EU14B]

## 5.6 Internationale Normen und Regelungen

Der Klimaschutz stellt weltweit eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts dar. Durch die verschiedenen emittierten Treibhausgase steigt die durchschnittliche Temperatur weltweit stetig an und wird bald einen Grenzwert überschreiten, ab dem es zu einer nachhaltigen Verschlechterung der Umweltbedingungen kommen wird. Das „Intergovernmental Panel On Climate Change“ (kurz: „IPCC“) belegt in seinem vierten Sachstandsbericht die fortschreitende Klimaerwärmung weltweit und sieht den Menschen als größten Verursacher für diesen Umstand. International wurden einige Ziele festgelegt, um diesem voranschreiten der Klimaerwärmung entgegenzuwirken. Zum einen wurde 1992 die sogenannte Klimarahmenkonvention „United Nations Framework Convention On Climate Change“ (kurz: „UNFCCC“) ins Leben gerufen. Im

Rahmen dieses Klimaschutzabkommens verpflichten sich die 195 Vertragsstaaten zu einer Minderung der anthropogenen („vom Menschen verursachte“) Einflüsse auf das Klima als auch auf eine Verlangsamung der globalen Erwärmung und eine Milderung der Klimafolgen. Die Konvention lässt jedoch offen, was mit den anthropogenen Einflüssen explizit gemeint ist. Alle Unterzeichner haben sich jedoch dazu verpflichtet, regelmäßig über ihre Treibhausmissionen zu berichten und Klimaschutzmaßnahmen umzusetzen. Deutschland und die Europäische Union haben sich in Folge schnell zum Ziel gesetzt, die globale Erderwärmung auf maximal 2°C gegenüber vorindustriellen Zeiten zu begrenzen, da ansonsten gravierende Umweltschäden zu erwarten sind. Nach jahrelangen Verhandlungen und bestreben hat es die Europäische Union geschafft, dass nun auch die Weltgemeinschaft sich die 2-Grad-Obergrenze zum Ziel gesetzt hat. Das „Kyoto-Protokoll“ folgte 1997 auf die 1992 beschlossene „United Nations Framework Convention On Climate Change“. Mit diesem Abkommen haben sich einige Industrienationen dazu verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen in einer sogenannten Verpflichtungsperiode von 2008 bis 2012 zu vermindern. Dieses Abkommen trifft auf drei der größten Treibhausgasemittenten, den USA und China und Indien nicht zu. Die USA haben das Abkommen nie unterschrieben, während Indien und China in dem Protokoll als „Schwellen- und Entwicklungsländer“ deklariert werden und somit keinen Emissionsvorgaben unterlegen sind. Aus diesem Grund wird das Kyoto-Protokoll nur als beschränkt erfolgreich bezeichnet. Nach dem Auslaufen dieser Verpflichtungsperiode einigte man sich 2012 auf der Klimakonferenz in Doha auf eine weitere Verpflichtungsperiode von 2013 bis 2020. Bei dieser Verlängerung sind ebenfalls Japan und Kanada aus dem Abkommen ausgeschieden, wodurch die verbleibenden Staaten nur für 15% der emittierten Treibhausgase verantwortlich sind. Laut dem Protokoll steht den teilnehmenden Industrieländern eine feste Menge an Co<sub>2</sub>-Zertifikaten zu, die sie zur Emission dieser umweltschädlichen Gase berechtigt. 2007 verpflichtete sich die Staatengemeinschaft auf der

Klimakonferenz in Bali auf die im „Bali Aktionsplan“ festgehaltenen Ziele, wie zum Beispiel, dass Verhandlungen für die Zeit nach 2012 über ein umfassendes Klimaschutzabkommen aufgenommen werden sollen. Nach einem kleinen Rückschlag auf der Klimakonferenz in Kopenhagen, folgten zwei erfolgreiche Konferenzen in Cancún und Durban. Auf der Klimakonferenz in Cancún wurde unter anderem erstmals die von der Europäischen Union vorgeschlagene 2-Grad-Obergrenze anerkannt und es folgten zusätzlich freiwillige Minderungszusagen von Industrie- und Entwicklungsländern. Mit dem „Durban-Paket“ gelang auf der Klimaschutzkonferenz in der gleichnamigen südafrikanischen Großstadt ein Wendepunkt in der weltweiten Klimapolitik. Die Weltgemeinschaft einigte sich darauf, dass in einem voraussichtlich 2015 erscheinenden Abkommen, alle Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländer zu internationalen Klimapolitischen Maßnahmen verpflichtet werden sollen. [BMUB14A], [BMUB14B], [LPBW14], [BMUB14C]



## 6 Mögliche Trends

In diesem Kapitel werden mögliche zukünftige Entwicklungen bezüglich des Energieverbrauches von Unternehmen des produzierenden Gewerbes behandelt. Dabei werden die Aspekte aus den vorherigen Kapiteln in diese Analyse herangezogen. Außerdem werden im Folgenden die damit verbundenen Konsequenzen aufgezeigt. Hierbei werden verschiedene Szenarien beschrieben, welche wir unserer Meinung nach für realistisch halten.

### 6.1 Erstes Szenario: Nachhaltiges produzieren und steigendes Umweltbewusstsein

Das Bestreben deutscher Industrieunternehmen, nachhaltig zu produzieren, wird Auswirkung auf den Endenergie- und Stromverbrauch haben. So werden die Anteile der derzeit eingesetzten Energieträger in Zukunft vom heutigen Einsatz stark variieren. Wie schon in Kapitel 2 aufgezeigt wurde, stieg der Anteil des Verbrauches von Energie aus erneuerbaren Quellen in den letzten Jahren stark an. Dieser Trend wird sich auch in den nächsten Jahren fortsetzen. Der durch die Bundesregierung beschlossene Atomausstieg und die Reaktorkatastrophe von Fukushima haben sowohl bei der Bevölkerung als auch bei der Wirtschaft das Bewusstsein für nachhaltiges Verhalten gesorgt. Die erneuerbaren Energieträger werden somit in Zukunft die fossilen Energieträger wie Kohle und die Kernenergie schrittweise verdrängen. Neben ökologischen Gründen hat dies zudem auch wirtschaftliche Gründe, da beispielsweise die Abhängigkeit durch Exporteure von Energieträgern wie Erdgas oder Erdöl sinken würde. Die Industrienation Deutschland würde im Bereich Nachhaltigkeit und Technologie hier als Vorreiter fungieren und andere Industrienationen anregen, ebenfalls den Weg einer umweltschonenden Produktion zu gehen. Zu Realisierung dieser Ziele werden die Technologien, welche erneuerbare Energien bereitstellen, verstärkt eingesetzt und gefördert. So wird in Zukunft die Anzahl von

Windkraftanlagen und Biogasanlagen steigen. Des Weiteren werden diese Anlagen darüber hinaus bezüglich ihrer jeweiligen Wirkungsgrade verbessert.

## **6.2 Zweites Szenario: Schwächung der Mittelstandsindustrie und Outsourcing**

Dieses Szenario beschreibt die sinkende Bedeutung der Mittelstandsindustrie und die damit verbundenen Konsequenzen. Durch die EEG-Umlage, welche für die deutschen mittelständischen Unternehmen eine zusätzliche finanzielle Belastung darstellt, würden diese an Konkurrenzfähigkeit gegenüber den inländischen Großunternehmen einbüßen, welche von dieser Umlage befreit sind. Diese finanzielle Belastung für die deutschen mittelständischen Unternehmen würde langfristig dazu führen, dass energieintensive Mittelstandsunternehmen die Produktion in Staaten verlegen, in denen die (Energie-)Kosten geringer sind, um konkurrenzfähig auf dem Weltmarkt agieren zu können. In Kapitel 5 wurden bereits die signifikanten Unterschiede verschiedener Nationen bezüglich der Energiekosten aufgezeigt (insbesondere außerhalb des europäischen Raumes). Da die Produktion in Deutschland bereits heute schon mit hohen Energiekosten verbunden ist, könnte die Etablierung der EEG Umlage den oben beschriebenen Effekt auslösen.

## **6.3 Drittes Szenario: Einsatz neue Technologien beeinflussen Energieverbrauch**

Aufgrund der immer weiter steigenden Energiepreise ist zu erwarten, dass vor allem Unternehmen und Teilindustrien mit einem hohen Energiebedarf Maßnahmen ergreifen werden, um den Endenergieverbrauch senken zu können. Hierzu gehören beispielsweise die Optimierung von relevanten Parametern wie der Wirkungsgrad von Anlagen und Heizkesseln, die Entsorgung von Betriebsmitteln mit einem hohen Energiebedarf, welche

durch energieeffizientere Modelle ersetzt werden und der sparsame Umgang mit bestehenden Ressourcen. Des Weiteren ist es denkbar, dass Unternehmen mit einem hohen Energiebedarf zukünftig ihren Strom selber „produzieren“. Realisiert werden kann dies durch den Einsatz von Photovoltaikanlagen, womit dann der unternehmenseigene Strombedarf teilweise gedeckt werden kann. Auch wird die Elektromobilität in Zukunft eine Rolle hierbei spielen. Geschäftswagen und Nutzfahrzeuge werden zukünftig somit entweder einen elektrischen oder hybriden Antrieb aufweisen. Neben den ökonomischen und ökologischen Vorteilen würde dies sich auch positiv auf das Image des Unternehmens auswirken, da die Verwendung dieser Fahrzeuge eine umweltfreundliche und nachhaltige Außendarstellung des Unternehmens begünstigen würde.

## 7 Fazit

Diese fachwissenschaftliche Projektarbeit verdeutlicht, wie dynamisch sich das Themenfeld „Energieverbrauch“ verhält. Ökonomische und politische Ereignisse wie zum Beispiel die Erhöhung der Erdölpreise und Gesetzesentwürfe für den Ausstieg aus der Kernenergie zeigen, dass der Energieverbrauch stark abhängig von der Makroumwelt ist. Außerdem spielen Faktoren der Mikroumwelt wie die Entwicklung und der Bedarf einzelner Branchen eine bedeutende Rolle bei dem Verbrauch von Endenergie.

Eine klar abgrenzende Klassifikation bezüglich des Energieverbrauches nach Branche und Dimension ist unserer Meinung so nicht möglich. Viel sinnvoller ist es in diesem Kontext, diese beiden Faktoren (Unternehmensgröße und Branchenzugehörigkeit) in kombinierter Betrachtung zu analysieren und zu bewerten, weil die jeweiligen Branchen von Unternehmen verschiedenster Dimensionen dominiert werden. So wird beispielsweise die Metallerzeugung von Großunternehmen dominiert, während andere Branchen wie zum Beispiel die Metallbearbeitung einen hohen Anteil mittelständischer Unternehmen aufweist (vgl. Kapitel 4).

Ein Kriterium, welches diese beiden Aspekte zusammenfasst, ist das Kriterium der technischen Anforderung. Unserer Meinung nach bestimmen die technischen Anforderungen innerhalb einer Branche, welche Unternehmen innerhalb dieser Branche dominieren (Großunternehmen, kleine und mittelständische Unternehmen oder Kleinstunternehmen). Anhand dieser Anforderungen ergeben sich auch Faktoren wie zum Beispiel der Einsatz von Großmaschinen und Prozesswärme, welche maßgeblich den Endenergieverbrauch von Unternehmen beeinflussen. Deshalb ist es notwendig, bei einer Betrachtung des Endenergieverbrauches auf die jeweiligen unternehmensspezifischen Prozesse zu achten und diese dann zu berücksichtigen.

## Quellen- und Literaturverzeichnis

[**APS14**] Univ.-Prof. Dr. Ing. Jochen Deuse: Vorlesung „Arbeits- und Produktionssysteme 1“, Vorlesung 1: "Einführung in das Industrial Management" (TU Dortmund, 2014).

[**DRE14**] Ebenhard Rosenthal Bernd Diekman: Energie: Physikalische Grundlagen ihrer Erzeugung, Umwandlung und Nutzung (Wiesbaden, 2014).

[**EUE14**] VDI-Gesellschaft Energietechnik: Energie und Exergie: Die Anwendung des Exergiebegriffs in der Energietechnik (Düsseldorf, 1965).

[**AGEB14**] AG Energiebilanzen e.V.:  
[<http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=62>] (Zugriff am: 12.6.2014).

[**BAFA14A**] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle:  
[[http://www.bafa.de/bafa/de/energie/besondere\\_ausgleichsregelung\\_eeg/publikationen/statistische\\_auswertungen/](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/besondere_ausgleichsregelung_eeg/publikationen/statistische_auswertungen/)] (Zugriff am: 16.7.2014).

[**BAFA14B**] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle:  
[[http://www.bafa.de/bafa/de/presse/pressemitteilungen/2014/04\\_eeg.html](http://www.bafa.de/bafa/de/presse/pressemitteilungen/2014/04_eeg.html)] (Zugriff am: 16.7.2014).

[**BAFA14C**] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle:  
[[http://www.bafa.de/bafa/de/energie/kraft\\_waerme\\_kopplung/](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/kraft_waerme_kopplung/)] (Zugriff am: 16.7.2014).

[**BDI14**] Bundesverband der deutschen Industrie e.V.:  
[<http://www.bdi.eu/Industriebegriff.htm>] (Zugriff am: 25.5.2014).

[**BHKW14**] BHKW-Infozentrum:  
[<http://www.bhkw-infozentrum.de/erlaeuter/kwkprinzip.html>] (Zugriff am: 17.7.2014).

[**BMUB14A**] Bundesamt für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit:  
[<http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/internationale-klimapolitik/>] (Zugriff am: 22.7.2014).

[**BMUB14B**] Bundesamt für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit:  
[<http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/internationale-klimapolitik/klimarahmenkonvention/>] (Zugriff am: 22.7.2014).

[**BMUB14C**] Bundesamt für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit:  
[<http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/internationale-klimapolitik/ipcc/ipccs-4-sachstandsbericht-zur-klimaaenderung/>] (Zugriff am: 22.7.2014).

[**BMUB14D**] Bundesamt für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit:  
[[http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/studie\\_energieeffizienzpotentiale\\_mittelstand\\_bf.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/studie_energieeffizienzpotentiale_mittelstand_bf.pdf)] (Zugriff am: 24.6.2014).

[**BMWi14**] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie:  
[<http://www.bmwi.de/Dateien/Energieportal/PDF/energie-in-deutschland,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>] (Zugriff am: 26.5.2014).

- [BREG14]** Bundesregierung Deutschland: Bundesregierung Deutschland (offizielle Webpräsenz)  
[<http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Energiekonzept/05-kernenergie.html>] (Zugriff am: 5.7.2014).
- [BVWE14]** Bundesverband WindEnergie:  
[<http://www.eeg-aktuell.de/das-eeg/>] (Zugriff am: 15.7.2014).
- [CYM14]** CyprusMail:  
[<http://cyprus-mail.com/2013/08/20/vassilikos-power-station-returns-to-full-operations/>] (Zugriff am: 21.7.2014).
- [EINF14]** Energieinfo.de:  
[<http://www.energieinfo.de/eglossar/wirkungsgrad.html>] (Zugriff am: 24.5.2014).
- [ENFA14]** Energie-Fakten.de:  
[<http://www.energie-fakten.de/pdf/wirkungsgrade.pdf>] (Zugriff am: 2.7.2014).
- [ENLX14]** Energie-Lexikon.info:  
[<http://www.energie-lexikon.info/kohlekraftwerk.html>] (Zugriff am: 7.6.2014).
- [EST14]** Energie-Strom.com:  
[<http://energie-strom.com/energie/wirkungsgrad.html>] (Zugriff am: 2.7.2014).
- [EST14A]** Eurostat:  
[<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=ten00117&language=de>] (Zugriff am: 20.7.2014).
- [EST14B]** Eurostat:  
[<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/introduction>] (Zugriff am: 20.7.2014).
- [EU14A]** Europa.eu: Zusammenfassungen der EU-Gesetzgebungen  
[[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/energy\\_efficiency/index\\_de.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/index_de.htm)]  
(Zugriff am: 22.7.2014).
- [EU14B]** Europa.eu: Zusammenfassungen der EU-Gesetzgebungen  
[[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/european\\_energy\\_policy/index\\_de.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/index_de.htm)]  
(Zugriff am: 22.7.2014).
- [FDB14]** Förderdatenbank.de:  
[<http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=4aa561e46fff16fb87d819d09c769842;views;document&doc=2018>] (Zugriff am: 2.7.2014).
- [GII14A]** Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Gesetze im Internet  
[[http://www.gesetze-im-internet.de/eeg\\_2009/](http://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2009/)] (Zugriff am: 15.7.2014).
- [GII14B]** Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Gesetze im Internet  
[[http://www.gesetze-im-internet.de/kwkg\\_2002/](http://www.gesetze-im-internet.de/kwkg_2002/)] (Zugriff am: 17.7.2014).
- [GWL14A]** Gabler Wirtschaftslexikon:  
[<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/1210/branche-v9.html>] (Zugriff am: 25.5.2014).

**[GWL14B]** Gabler Wirtschaftslexikon:

[<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/10387/industrie-v8.html>] (Zugriff am: 25.5.2014).

**[KENE14]** Kernenergie.de:

[<http://www.kernenergie.de/kernenergie/themen/kernkraftwerke/kernkraftwerke-in-deutschland.php>] (Zugriff am: 7.6.2014).

**[KWKGN14A]** KWKG-Novelle.de:

[[http://www.kwkg-novelle.de/kwk-gesetz\\_download.html](http://www.kwkg-novelle.de/kwk-gesetz_download.html)] (Zugriff am: 18.7.2014).

**[KWKGN14B]** KWKG-Novelle.de:

[[http://www.kwkg-novelle.de/kwk-gesetz\\_waermetetze.html](http://www.kwkg-novelle.de/kwk-gesetz_waermetetze.html)] (Zugriff am: 18.7.2014).

**[LML14]** Lebensmittellexikon.de:

[<http://www.lebensmittellexikon.de/k0000940.php>] (Zugriff am: 19.5.2014).

**[LPBW14]** Landeszentrale für politische Bildung – Baden Württemberg:

[[http://www.lpb-bw.de/klimaschutz\\_weltweit.html](http://www.lpb-bw.de/klimaschutz_weltweit.html)] (Zugriff am: 22.7.2014).

**[OEKS14]** Oekosystem-Erde.de:

[[http://www.oekosystem-erde.de/html/peak\\_oil.html](http://www.oekosystem-erde.de/html/peak_oil.html)] (Zugriff am: 10.6.2014).

**[REZ14]** Regenerative-Zukunft.de:

[<http://www.regenerative-zukunft.de/fossile-energien-menu/kohle>] (Zugriff am: 7.6.2014).

**[RHGA14]** RHOENGAS:

[<http://www.rhoengas.de/erdgas/industrie.html>] (Zugriff am: 6.6.2014).

**[SBA14]** Destatis: Statistisches Bundesamt

[<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/UnternehmenHandwerk/KleineMittlereUnternehmenMittelstand/KMUBegriffserlaeuterung.html>] (Zugriff am: 20.7.2014).

**[UBA14]** Umweltbundesamt:

[<http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/energie/wasistenergie/>] (Zugriff am: 18.5.2014).

**[UPR14]** Uniprotokolle.de:

[<http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Energie.html>] (Zugriff am: 18.5.2014).

**[ZUW14]** Zukunft-Umweltwärme.de:

[<http://www.zukunft-umweltwaerme.de/pages/wirkungsgradestromerzeugung.html>] (Zugriff am: 25.5.2014).

**[BMWI14A]** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie:

[<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/energiestatistiken-grafiken>] (Zugriff am: 11.10.2014)

**[ECFR14]** ECOFYS und Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung:

[[http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/x/de/projekte/Strompreisvergleich\\_international\\_final.pdf](http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/x/de/projekte/Strompreisvergleich_international_final.pdf)] (Zugriff am: 11.10.2014)