

Julika Weiß, Siegmar Otto, Franziska Mohaupt, Esther Hoffmann, Bernd Hirschl

Energieeffizienz und Beschäftigung

Abschlussbericht

Auf einen Blick...

- Bestehende Energieeffizienzpotenziale werden in den untersuchten Unternehmen aufgrund einer Vielzahl von Gründen häufig noch nicht ausgeschöpft.
- Energiepreise, Kunden und umweltpolitische Instrumente sind in allen drei untersuchten Branchen zentrale Einflussfaktoren.
- Einzelne Akteure im Unternehmen und die Unternehmenskultur und -werte haben einen großen Einfluss auf die Initiierung von Energieeffizienzmaßnahmen.
- Durch Energieeffizienzmaßnahmen können Kosten reduziert und die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen verbessert werden. Die damit verbundenen, positiven Beschäftigungseffekte wirken eher langfristig und indirekt. Dagegen treten bei Sprunginnovationen teilweise unmittelbar negative Beschäftigungseffekte durch Rationalisierungen auf.
- Betriebsräte und Beschäftigte können das Thema Energieeffizienz in ihrem Unternehmen voran bringen, beispielsweise mittels Betriebsvereinbarungen, Weiterbildung oder der Mitarbeit an einer Unternehmensstrategie Energieeffizienz. Allerdings hat das Thema Energieeffizienz bisher für viele Betriebsräte eine geringe Relevanz, weshalb die damit verbundenen Chancen zur Verbesserung der Beschäftigungssituation häufig nicht genutzt werden.

Julika Weiß, Siegmar Otto, Franziska Mohaupt, Esther Hoffmann, Bernd Hirschl

Energieeffizienz und Beschäftigung

Abschlussbericht

Gefördert durch die Hans-Böckler-Stiftung im Rahmen des Forschungsförderungsschwerpunkts
Strukturwandel - Innovation und Beschäftigung

Berlin, 28.11.2011



Impressum

Herausgeber:

Institut für ökologische
Wirtschaftsforschung (IÖW)
Potsdamer Straße 105
D-10785 Berlin
Tel. +49 – 30 – 884 594-0
Fax +49 – 30 – 882 54 39
E-mail: mailbox@ioew.de
www.ioew.de

Autorinnen und Autoren:

Dr. Julika Weiß
Dr. Siegmar Otto
Franziska Mohaupt
Dr. Esther Hoffmann
Dr. Bernd Hirschl

Unter Mitwirkung von:

Sarah Barba
Laura Loy
Malte Oehlmann
Christoph Richts

Förderung

Das Projekt „Energieeffizienz und Beschäftigung“ wurde
von der Hans-Böckler-Stiftung gefördert.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand des Wissens	3
2.1	Fördernde und hemmende Faktoren für Innovationen und Energieeffizienzmaßnahmen	3
2.2	Betriebliche Mitbestimmung und Beteiligung	7
2.2.1	Mitarbeiterbeteiligung, Gewerkschaftliche Umweltpolitik und CSR.....	7
2.2.2	Grad der Mitbestimmung in den drei Branchen.....	9
2.2.3	Der Einfluss von Mitarbeiterbeteiligung auf Innovationen	11
2.3	Umweltmanagementsysteme und Energieeffizienz.....	13
2.4	Förderinstrumente	15
2.4.1	Förderung von Energieberatungen.....	15
2.4.2	Finanzierungshilfe für Effizienzmaßnahmen	16
2.4.3	Förderung des Erfahrungsaustausches	17
2.5	Innovationen und Beschäftigungseffekte	18
2.5.1	Beschäftigungswirkungen von Innovationen und Umweltschutzmaßnahmen	18
2.5.2	Wirkmechanismen	19
3	Ökonomische und energetische Bedeutung der untersuchten Branchen	22
3.1	Branchenvergleich und Branchenauswahl.....	22
3.2	Die chemische Industrie.....	25
3.3	Die Maschinenbaubranche	31
3.4	Transport und Logistik.....	35
4	Methodik und Vorgehensweise	40
4.1	Fallstudiendesign	40
4.2	Unternehmensauswahl	43
4.3	Akquisition der Untersuchungsteilnehmer	43
4.4	Interviewleitfaden und Auswertung	46
5	Energieeffizienzmaßnahmen und Einsparpotenziale in den drei Branchen..	47
5.1	Industrielle Prozesse / Produktion allgemein	47
5.1.1	Energiecontrolling, Monitoring und weitere organisatorische Maßnahmen	48
5.1.2	Energiebereitstellung und -rückgewinnung	49
5.1.3	Wärmenutzung in Gebäuden und Prozessen.....	50
5.1.4	Rationelle Verwendung von elektrischer Energie.....	52
5.2	Effizienzmaßnahmen in der chemischen Industrie	56
5.2.1	Wärmebereitstellung und -rückgewinnung in der Chemieindustrie	57
5.2.2	Rationelle Verwendung von elektrischer Energie in der Chemieindustrie	57
5.2.3	Prozess- und Systemoptimierung, Prozessinnovationen	58
5.3	Energieeffiziente Produkte im Maschinenbau	58
5.3.1	Elektrische Antriebe.....	59
5.3.2	Pumpen und -systeme.....	61

5.4	5.3.3 Kompressoren, Druckluft- und Vakuumtechnik	62
	Energieeffizienz in der Branche Transport und Logistik	63
	5.4.1 Maßnahmen innerhalb des Straßengüterverkehrs	63
	5.4.2 Verlagerung auf energieeffizientere Verkehrsmittel.....	65
5.5	5.5.1 Einsparpotenziale in den untersuchten Branchen.....	66
	Chemische Industrie	66
	5.5.2 Maschinenbau.....	67
	5.5.3 Transport und Logistik	68
6	Ergebnisse der Unternehmensfallstudien	70
6.1	Umgesetzte Energieeffizienzmaßnahmen	70
6.2	Haupttreiber für Energieeffizienzmaßnahmen	72
	6.2.1 Externe Treiber – Kosten und Kunden	72
	6.2.2 Externe Treiber – Bund und EU	73
	6.2.3 Externe Treiber –Mitgliedschaft in Netzwerken	74
	6.2.4 Interne Treiber – Allgemein.....	74
	6.2.5 Interne Treiber – Beteiligung, Mitbestimmung und andere organisationale Elemente.....	75
	6.2.6 Treiber künftiger Energieeffizienzmaßnahmen.....	75
6.3	Einsparpotenziale und Hemmnisse für deren Erschließung	76
	6.3.1 Einsparpotenziale und erzielte Einsparungen	76
	6.3.2 Unternehmensinterne und –externe Hemmnisse für die Potenzialausschöpfung.....	78
6.4	Energieeffizienz und Beteiligung	80
	6.4.1 Beteiligungs- und Mitbestimmungskultur allgemein.....	80
	6.4.2 Auswirkung von Beteiligung und Mitbestimmung auf Energieeffizienzmaßnahmen	81
6.5	Beschäftigungseffekte	81
7	Fazit und Handlungsempfehlungen.....	84
7.1	Erschließung von Energieeinsparpotenzialen.....	84
	7.1.1 Einsparpotenziale und zentrale Energieeffizienzmaßnahmen	84
	7.1.2 Umsetzung von Effizienzmaßnahmen in der Praxis	85
7.2	Hemmnisse und fördernde Faktoren.....	85
	7.2.1 Unternehmensexterne Faktoren	85
	7.2.2 Unternehmensinterne Faktoren	87
7.3	Beschäftigungseffekte von Energieeffizienz-maßnahmen.....	89
	7.3.1 Branchenspezifische Ergebnisse zu den Beschäftigungseffekten	89
	7.3.2 Wirkungsmechanismen in Abhängigkeit von der Art der Energieeffizienzmaßnahmen....	91
7.4	Beteiligung und Energieeffizienzmaßnahmen.....	93
7.5	Handlungsempfehlungen	94
	7.5.1 Betriebsräte und Gewerkschaften	94
	7.5.2 Politische Entscheidungsträger und Fördermittelgeber	96
	7.5.3 Unternehmen	98
8	Literaturverzeichnis	99
Anhang: Interviewteilnehmer		106

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1:	Betriebe mit Betriebsrat nach Beschäftigten	10
Abb. 3.1:	Anteil der Produktionsbereiche am gesamten Primärenergieverbrauch 2008.....	23
Abb. 3.2:	Primärenergieintensität nach Produktionsbereichen 2008.....	24
Abb. 3.3:	Struktur der Chemieindustrie.....	27
Abb. 3.4:	Anteile von Produktgruppen am kumulierten Energieaufwand der Chemiewirtschaft	31
Abb. 3.5:	Struktur der deutschen Maschinenbaubranche.....	32
Abb. 3.6:	Wirtschaftsstruktur nicht-wirtschaftszweigspezifischer Maschinenhersteller (2008)....	34
Abb. 3.7:	Transportmengen- und -leistungen verschiedener Verkehrsträger im Güterverkehr..	35
Abb. 3.8:	Unternehmen nach Anzahl der Beschäftigten.....	36
Abb. 3.9:	Bandbreiten des Primärenergieverbrauchs verschiedener Verkehrsträger	37
Abb. 3.10:	Volkswirtschaftliche Kosten (inkl. externe Kosten) von Bahn, Binnenschiff und LKW auf ausgewählten Strecken (Massengütertransport).....	38
Abb. 5.1:	Kostenstruktur im Straßengüterverkehr im Jahr 2007.....	64
Abb. 7.1:	Mögliche Wirkrichtungen von Energieeffizienzmaßnahmen	91

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Innovationsfördernde und –hemmende unternehmensinterne Merkmale.....	4
Tab. 2.2:	Von Unternehmen durchgeführte Energieeffizienzmaßnahmen nach Energiekosten.....	5
Tab. 2.3:	Von Unternehmen durchgeführte Energieeffizienzmaßnahmen nach Mitarbeiterzahl	6
Tab. 2.4	Externe und Interne Faktoren, die Energieeffizienzmaßnahmen beeinflussen.....	7
Tab. 3.1:	Beschäftigte in den drei ausgewählten Branchen	25
Tab. 3.2:	Unterteilung der Chemiewirtschaft nach statistischem Bundesamt (WZ 2003)	26
Tab. 3.3:	Anteil der Teilbranchen am Produktionsindex der chemischen Industrie	28
Tab. 3.4:	Energieverbrauch in der chemischen Industrie 2008	29
Tab. 3.5:	Energieverbrauch in der chemischen Industrie 1996 und 2007	30
Tab. 3.6:	Fachzweige der Maschinenbaubranche.....	33
Tab. 4.1:	Auswahl der befragten Personen	46
Tab. 5.1:	Energieeinsparpotenziale von Effizienzmaßnahmen bei Antriebsystemen	60

Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
BetrVG	Betriebsverfassungsgesetz
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
CSR	Coporate Social Responsibility (unternehmerische Gesellschaftsverantwortung)
DB	Deutsche Bahn
dena	Deutsche Energieagentur
DGB	Deutscher Gewerkschaftsbund
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EEV	Enhanced Environmental Friendly Vehicle
EMAS	ECO-Management and Audit Scheme
F&E	Forschung- und Entwicklung
FORBA	Forschungs- und Beratungsstelle für betriebliche Arbeitnehmerfragen
HBS	Hans-Böckler-Stiftung
IG	Industriegewerkschaft
IHK	Industrie- und Handelskammer
KMU	kleine und mittlere Unternehme
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
UMS	Umweltmanagementsystem
VCI	Verband der Chemischen Industrie
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau

1 Einleitung

Die Bundesregierung hat in ihrem Energiekonzept 2010 das Thema **Energieeffizienz** zur Schlüsselfrage für die zukünftige Energieversorgung erklärt und benennt für die Industrie ein wirtschaftliches Einsparpotenzial von 10 Mrd. Euro pro Jahr (BMWi/BMU 2010). Die Ausschöpfung dieses Einsparpotenzials lässt sich in Prozessen, Produkten und Dienstleistungen und durch organisatorische Veränderungen erreichen und erfordert daher Prozess-, Produkt- und organisatorische Innovationen in den Unternehmen. Auch wenn in den letzten Jahren bereits zahlreiche Energieeffizienzmaßnahmen umgesetzt wurden, stehen in vielen Unternehmen deren Umsetzung vielfältige Hemmnisse entgegen. Diese reichen von finanziellen Investitionshemmnissen über Informations- und Ausbildungsdefizite, strukturelle und rechtliche Hemmnisse bis zu einer unzureichenden Internalisierung externer Kosten. Die genannten Hemmnisse sind insbesondere in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) von Bedeutung, in denen die Ausschöpfung der vorhandenen Potenziale bisher als besonders unzureichend angesehen wird. Informations- und Beratungsangebote sowie Förderprogramme und –Instrumente fokussieren sich deshalb insbesondere auf die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen in KMU.

Angesichts der hohen politischen und ökologischen Relevanz von Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen stellt sich aus Gewerkschafts- und Arbeitnehmersicht die Frage, welche Auswirkungen deren Umsetzung auf die **Beschäftigungssituation** hat. Die vorliegende Studie untersucht diesen Zusammenhang sowohl in Bezug auf energieeffizientere Produktionsprozesse in Unternehmen als auch bezüglich der Erhöhung der Energieeffizienz von Produkten oder Dienstleistungen. Sie konzentriert sich dabei auf zwei produzierende und eine Dienstleistungsbranche, die einerseits von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung sind und andererseits durch Produktionsprozesse oder durch das Angebot von Produkten und Dienstleistungen mit einem hohen Energieverbrauch bzw. Energieeinsparpotenzial gekennzeichnet sind. Betrachtet werden die **Branchen Chemische Erzeugnisse, Maschinenbau und Transport/Logistik**, wobei in der Chemieindustrie Produktionsprozesse, in der Maschinenbaubranche Produkte und in der Transport/Logistik-Branche die Erbringung von Dienstleistungen untersucht werden. Angesichts der spezifischen Hemmnisse sowie dem Schwerpunkt der Förderung liegt der Fokus in der vorliegenden Studie auf den **kleinen und mittleren Unternehmen**.

Die Grundannahme der Studie ist, dass Energie einen entscheidenden Kostenfaktor darstellt und die Höhe der Energieeffizienz in den Prozessen daher Wirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen hat. Untersucht wird, zu welchen **betrieblichen Beschäftigungseffekten** Energieeffizienzmaßnahmen in Produktionsprozessen und die Erhöhung der Energieeffizienz von Produkten oder Dienstleistungen führen. Neben quantitativen Effekten wie Entlassungen, Standortsicherung oder die Schaffung neuer Stellen werden auch mögliche qualitative Effekte wie die Aufweitung von Arbeitsplätzen, Qualifizierungen oder auch Veränderung der Arbeitszeiten berücksichtigt. Die Untersuchung konzentriert sich auf die direkten Beschäftigungseffekte in den untersuchten Betrieben. Indirekte Wirkungen, z. B. durch Aufträge für Zuliefererunternehmen, werden dagegen nicht berücksichtigt.

Neben den Effekten der Energieeffizienzmaßnahmen stellt die Untersuchung der Einflussfaktoren einen Schwerpunkt der vorliegenden Studie dar. Insbesondere betrachtet wird die bisherige Bedeutung von **formeller und informeller Mitbestimmung** sowie die Einflussmöglichkeiten von Betriebsräten und Arbeitnehmer/innen für die Initiierung und Umsetzung von Energieeffizienzmaß-

nahmen in Betrieben. Daneben stellte der Zusammenhang zwischen **Umweltmanagementsystemen** und Energieeffizienzmaßnahme einen Untersuchungsschwerpunkt dar. Im Hinblick auf die Möglichkeiten zur Beeinflussung der Energieeffizienz in Betrieben wird außerdem die Bedeutung von **politischen Instrumenten** betrachtet.

Insgesamt geht die Studie folgenden **fünf zentralen Fragen** nach:

1. Welche konkreten **Maßnahmen** zur Erhöhung der Energieeffizienz werden in den Unternehmen umgesetzt?
2. Was sind aus Sicht der Unternehmen die **Haupttreiber** für die Initiierung von Energieeffizienzmaßnahmen?
3. Welche Rolle spielen **Mitbestimmung und Partizipation** in der Entwicklung und Umsetzung von Effizienzmaßnahmen in den genannten Bereichen?
4. Zu welchen **Beschäftigungseffekten** führen die Energieeffizienzmaßnahmen in den Unternehmen?
5. Welche weiteren **Potenziale** zur Erhöhung der Energieeffizienz bestehen in den Unternehmen und welche **Hemmnisse** stehen deren Ausschöpfung entgegen?

Die Untersuchung dieser Fragen erfolgt in der vorliegenden Studie mittels Literaturrecherche, Unternehmensfallstudien und Experteninterviews. Zunächst wird basierend auf Literaturrecherchen der Stand des Wissens zu den Einflussfaktoren auf die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen sowie deren Beschäftigungseffekte dargestellt (s. Kapitel 2). Von den Einflussfaktoren werden entsprechend der Untersuchungsschwerpunkte insbesondere die Rolle der Mitbestimmung sowie die Bedeutung von Umweltmanagementsystemen in den Betrieben und politischer Instrumente zur Förderung von Energieeffizienz in Unternehmen thematisiert. Anschließend erfolgt in Kapitel drei die Charakterisierung der drei untersuchten Branchen im Hinblick auf ihre volkswirtschaftliche Bedeutung, die Unternehmensstruktur sowie ihre energetischen Kennziffern. In Kapitel vier wird die Vorgehensweise und Methodik der Unternehmensfallstudien inklusive der Untersuchungshypothesen präsentiert. Kapitel fünf stellt basierend auf Literaturrecherchen und Interviews mit Branchenexperten die zentralen Energieeffizienzmaßnahmen für die drei Branchen dar. Integriert in dieses Kapitel sind außerdem die Ergebnisse der Analyse der Einsparpotenziale in den drei Branchen, die auch angesichts der meist fehlenden quantitativen Angaben der Unternehmen zu ihren Einsparpotenzialen sowie der insgesamt geringen Fallzahl auf der Basis von Literaturangaben abgeschätzt wurde. Der Darstellung der Ergebnisse der Unternehmensfallstudien jeweils für die einzelnen Branchen sowie im Branchenvergleich dient Kapitel sechs, wobei auch Informationen aus den Interviews mit Energieberatern und Branchenexperten zur Validierung und Ergänzung der Fallstudienergebnisse integriert werden. Anschließend werden in Kapitel sieben die zentralen Ergebnisse übergreifend zu den Aspekten Einsparpotenziale, Beschäftigungseffekte und zur Rolle von Mitbestimmung sowie weitere Einflussfaktoren für die Umsetzung der Maßnahmen zusammen gefasst und mit Bezug zum Stand des Wissens diskutiert. Basierend auf den Ergebnissen der Studie werden abschließend Empfehlungen für unterschiedliche Akteure gegeben.

2 Stand des Wissens

2.1 Fördernde und hemmende Faktoren für Innovationen und Energieeffizienzmaßnahmen

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über fördernde und hemmende Faktoren für Energieeffizienzmaßnahmen und Innovationen. Unter Verwendung eines subjektiven Innovationsbegriffs, der nicht nur Marktneuheiten umfasst, sondern die Organisationseinheit Unternehmen als Referenzgröße wählt und Neuerungen bzw. signifikante Verbesserungen in Unternehmen als Innovationen bezeichnet (Hemmelskamp 1999; Rennings et al. 2005), können Energieeffizienzmaßnahmen als Innovationen angesehen werden. Dabei bleibt der Innovationsbegriff nicht auf die Markteinführung von neuen Produkten beschränkt, sondern bezieht auch Prozessinnovationen mit ein. In diesem Vorhaben sollen Prozess-, Produkt- und Dienstleistungs- sowie organisatorische Innovationen unterschieden werden. Im folgenden werden zunächst Ergebnisse zu Einflussfaktoren für Innovationen und anschließend speziell für Energieeffizienzmaßnahmen dargestellt. Diese werden unterteilt in unternehmensinterne und -externe Faktoren.

Für das Innovationsmanagement liegt laut Vahs und Burmester (2002) der Fokus auf der Unternehmenskultur, was mehrere der von Pleschak und Sabisch (1996) genannten Faktoren umfasst. Pleschak und Sabisch (1996, S. 44 f.) unterscheiden in folgende interne Faktoren:

- Kompetente Fach- und Führungskräfte
- Materielle und finanzielle Ressourcen
- Managementsystem und Organisationsniveau
- Ausprägung des Innovationssystems und dessen Einordnung in Suprasysteme (z. B. interorganisatorische Netzwerke)
- Konzentration auf Innovationsschwerpunkte und optimales Verhältnis zwischen Produkt-, Prozess- und organisatorischen Innovationen
- Innovationsklima und Informationssystem (u. a. Unternehmenskultur)

Auch Kluge et al. (2007) betonen die Bedeutung von Beteiligungsmöglichkeiten insbesondere im Rahmen der Unternehmenskultur für Innovationen. Neben kulturellen und strukturellen Ressourcen für innovationsbewusste Unternehmen (siehe Tab. 2.1) finden sich Humanressourcen, wie z.B. Mitarbeiter/innen, die Wandel als Chance und sich selbst als Intrepreneure begreifen (Blessin 1998, S. 167; Hauschildt 1993, S. 79f., Vahs/Burmester 2002, S. 51).

Tab. 2.1: Innovationsfördernde und –hemmende unternehmensinterne Merkmale

Quelle: Eigene Darstellung nach Löbel (2001, S. 51f.).

	Innovationsfördernde Merkmale	Innovationshemmende Merkmale
Humanressourcen	Mitarbeiter/innenausbildung Mitarbeiter/innenwissen Weiterbildung	Hohe Fluktuation Befristete Anstellung
Strukturelle Ressourcen	Umfangreiche horizontale und vertikale Kommunikation Wissensmanagement (Entwicklung und Erwerb, Transfer, Nutzung, Speicherung)	Starre Hierarchien und Hierarchiebewusstsein
Kulturelle Ressourcen	Partizipativer Führungsstil Einbindung der Mitarbeiter/innen Ermöglichung von Kreativität und Innovationen	Autoritärer Führungsstil Marode Unternehmenskultur Fehlende Unterstützung von Austausch unter Mitarbeiter/innen

Zu den Hemmnissen zählen insbesondere Transaktionskosten, Informationsdefizite, finanzielle Barrieren, Unsicherheiten und Risiken sowie das Investor/Nutzer Dilemma (Schleich/ Gruber 2008). Weiterhin ist die grundsätzliche Einstellung eines Unternehmens zu Innovationen und entsprechenden Aktivitäten im Bereich Forschung und Entwicklung von Bedeutung. Dies gilt insbesondere für die Produktentwicklung.

Speziell zum Thema **Energieeffizienzmaßnahmen** im produzierenden Gewerbe ermittelte die IHK Schleswig-Holstein (2007) die Bedeutung von unterschiedlichen Hemmnissen und begünstigenden Faktoren. Diese werden im Folgenden mit abnehmender Bedeutung aufgelistet:

Hemmnisse (IHK Schleswig-Holstein 2007, S. 13)

- Zeitmangel, hohe Arbeitsbelastung
- Mangelndes Wissen über Energiesparmöglichkeiten
- Zu lange Amortisationszeiten bei investiven Maßnahmen
- Fehlendes Kapital für investive Maßnahmen
- Fehlende Kenntnis über Anbieter energiesparender Technologien
- Stellenwert der Energiekosten ist nachrangig
- Verantwortlichkeit für Energiefragen nicht eindeutig geregelt
- Fehlende Motivation der Mitarbeiter

begünstigende Faktoren (IHK Schleswig-Holstein 2007, S. 14):

- Erwartete Kostensenkung
- Interesse der Geschäftsleitung an Energiefragen
- Motivierte, energiebewusste Mitarbeiter
- Regelmäßiges Energiecontrolling

- Öffentliche Förderung (zinsgünstige Darlehen, Zuschüsse)
- Weiterbildung eines oder mehrerer Mitarbeiter im Bereich Energieeffizienz
- Regionaler Erfahrungsaustausch mit anderen Unternehmen
- Energieberatung durch externen Berater
- Bildung von Energiekennzahlen und Vergleich mit anderen Unternehmen
- Erlangung von Imagevorteilen
- Ernennung eines internen Energiebeauftragten oder Energiemanager

Oft werden die vorhandenen Energieeffizienzpotenziale vor allem von kleinen und mittelständischen Unternehmen nicht ausgeschöpft. In einer KfW Umfrage gaben 51,8 % der Unternehmen mit weniger als 2,5 Millionen Euro Jahresumsatz an, dass die verfügbaren Mittel in wichtigere Investitionen als Energieeffizienzmaßnahmen fließen müssten, als großes Hindernis an (KfW 2005). Gut 70 % der befragten Unternehmen schätzten ihr Energieeinsparpotenzial auf unter 10 % ein, wohingegen Experten durchschnittliche Einsparpotenziale von bis zu 20 % benennen. Zudem legen etwa 43 % der Unternehmen bei der Bewertung der Investitionen Amortisationszeiten zugrunde, die geringer sind, als die bei vielen Energieeffizienzmaßnahmen zu erzielenden (KfW 2005). Außerdem steht in den meisten Unternehmen (70 bis 90 %) kein spezielles Personal für Fragen zur Senkung der Energieeffizienz zur Verfügung. In kleinen und mittleren Unternehmen ist dies besonders deutlich, in Unternehmen mit Umsätzen zwischen 2,5 und 25 Mio. EUR beträgt der Anteil der Unternehmen mit speziellem Personal bereits rund 24 %, bei Unternehmen mit über 25 Mio. EUR beträgt der Anteil rund 47 % (KfW 2005). Ein weiteres interessantes Ergebnis der Erhebung ist, dass drei Viertel der Unternehmen über kein spezielles Personal für Energiefragen verfügen und Unternehmen mit Energiefachpersonal in der Tendenz ihr Energieeinsparpotenzial höher einschätzen und häufiger Energieeffizienzmaßnahmen umsetzen als die ohne solches Fachpersonal (KfW 2005).

Tab. 2.2: Von Unternehmen durchgeführte Energieeffizienzmaßnahmen nach Energiekosten

Quelle: dena (2009b)

Energiekosten [€ p.a.]	<50.000	50.000-200.000	200.000-1.000.000	>1.000.000
Vor der Wirtschaftskrise: Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen	49%	63%	75%	83%
Während der Wirtschaftskrise: Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen die Investitionen erfordern	21%	36%	55%	69%
Nach der Wirtschaftskrise: Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen (5 Antwortmöglichkeiten von „sehr wahrscheinlich“ bis „überhaupt nicht wahrscheinlich“ - in dieser Zeile ist die Summe aus „sehr wahrscheinlich“ und „wahrscheinlich“ gebildet)	50%	67%	80%	91%

In einer Untersuchung der Deutschen Energie-Agentur zu Energieeffizienzmaßnahmen in Industrie und Gewerbe (dena 2009b) wurden Unternehmen zu durchgeföhrten und geplanten Investitionen in Energieeffizienz befragt. Es zeigte sich, dass Unternehmen mit vielen Mitarbeiter/innen eher

Energieeffizienzmaßnahmen durchführen (siehe Tab. 2.2 und Tab. 2.3) und Unternehmen mit hohen Energiekosten und großer Mitarbeiter/innenzahl mehr in Energieeffizienzmaßnahmen investieren (dena 2009b). Dieses Ergebnis ist allerdings schwierig zu interpretieren, da die Ausgaben nicht an den Produktionskosten relativiert sind.

Tab. 2.3: Von Unternehmen durchgeführte Energieeffizienzmaßnahmen nach Mitarbeiterzahl

Quelle: dena (2009b)

Mitarbeiter/innen	<50	50-249	>250
Vor der Wirtschaftskrise: Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen	50%	68%	82%
Während der Wirtschaftskrise: Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen die Investitionen erfordern	22%	41%	60%
Nach der Wirtschaftskrise: Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen (5 Antwortmöglichkeiten von „sehr wahrscheinlich“ bis „überhaupt nicht wahrscheinlich“ - in dieser Zeile ist die Summe aus „sehr wahrscheinlich“ und „wahrscheinlich“ gebildet)	52%	74%	88%

Durch die Wirtschaftskrise hat die Bedeutung von Energieeffizienzmaßnahmen eher zu- als abgenommen (30% zugenommen, 62% gleich geblieben, 6% abgenommen). Nach der Wirtschaftskrise wollen von den befragten Unternehmen 23% mehr und nur 17% weniger in Energieeffizienzmaßnahmen investieren; 47% rechnen mit Investitionen auf konstantem Niveau (dena 2009b).. Die obigen Tabellen (Tab. 2.2 und Tab. 2.3) spiegeln diesen Trend wieder. Die Bedeutung von Energieeffizienzmaßnahmen nimmt außerdem nach Einschätzung der meisten Unternehmen aufgrund steigender Energiepreise zukünftig noch zu.

Eher externe Faktoren werden mit den vier „Impulsen“ (Preis, Qualität, Markt und Politik) für Energieeffizienzmaßnahmen von INFRAS (Hammer 2007) diskutiert. Generell ist davon auszugehen, dass neben politischen Impulsen vor allem die gestiegenen Energiepreise eine Motivation für die Steigerung betrieblicher Energieeffizienz darstellen. In einer Befragung von KMUs kristallisierten sich die Energiekosten mit weitem Abstand als wichtigster Treiber für Energieeffizienzmaßnahmen heraus (Prognos 2010).

Ausgehend von den oben genannten Hemmnissen und begünstigenden Faktoren für Innovationen und Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen, lassen sich wichtige interne und externe Faktoren bezüglich Energieeffizienzmaßnahmen ableiten. Die Integration der oben dargestellten Erkenntnisse ergibt folgendes Bild (siehe Tab. 2.4):

Tab. 2.4 Externe und Interne Faktoren, die Energieeffizienzmaßnahmen beeinflussen

Externe Faktoren	Interne Faktoren
Umwelt- / Klimapolitik	Umweltmanagement / Energiemanagement
Kreditbedingungen	Unternehmensgröße
Energiepreise mit Relevanz für Produktionskosten	Energieverbrauch
Innovationsfreudigkeit der Branche	Ressourcen (finanziell und personell)
Energieeffizienz- Netzwerke	Unternehmenskultur (Beteiligungs- und Mitbestimmungskultur)
Konkurrenzsituation	

2.2 Betriebliche Mitbestimmung und Beteiligung

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über Handlungsfelder betrieblicher Mitbestimmung und anderer Beteiligungsmöglichkeiten, die einen Bezug zu Energieeffizienz haben. Unter dem Begriff Mitarbeiterbeteiligung verbirgt sich ein weites Feld formaler und informeller Möglichkeiten der Mitarbeiter, sich an der Gestaltung betrieblicher Prozesse und Vorgänge zu beteiligen. Mitbestimmung, insbesondere durch einen Betriebsrat, ist dabei eine wichtige Beteiligungsmöglichkeit, die in dieser Arbeit besondere Berücksichtigung findet. Weitere Beispiele sind das Vorschlagswesen, informelle Wege über Vorgesetzte und Kollegen, aber auch Qualitätsmanagementsysteme und Umweltmanagementsysteme, welche Input von Mitarbeitern integrieren. Hinzu kommen Beteiligungsmöglichkeiten, bei denen die Mitarbeiter für Ihre Verbesserungsvorschläge, z.B. mit Hilfe eines Prämiensystems, belohnt werden.

Die Rolle von Beteiligung und Mitbestimmung auf die Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen wurde bisher nicht explizit untersucht. Vielmehr wurde das Thema eher übergreifend als unternehmensspezifisch behandelt (z. B. Hildebrandt/ Schmidt 1999). Da deshalb kaum auf existierenden Forschungsergebnissen in diesem Bereich aufgebaut werden kann, wurden Studien zu übergreifenden und mit der Einführung von Energieeffizienzmaßnahmen verbundenen Themen wie Mitwirkung und CSR, Umweltmanagement und Innovation ausgewertet.

2.2.1 Mitarbeiterbeteiligung, Gewerkschaftliche Umweltpolitik und CSR

Das Thema Energieeffizienz ist vor allem im Rahmen der **gewerkschaftlichen Umweltpolitik** von Bedeutung. So haben sich, wie ein Policy Paper des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung verdeutlicht, verschiedene Gewerkschaften klar zu der untrennbar verbundenen Verbundenheit ihrer Ziele mit den Zielen einer nachhaltigen gesellschaftlichen Entwicklung bekannt. Vor allem die IG Metall betont die Wichtigkeit einer nachhaltigen Nutzung von Energie durch Ressourcen schonende und Effizienz steigernde Techniken (Gebauer et al. 2007).

Mit der wachsenden Bedeutung des betrieblichen Umweltschutzes wurden von Gewerkschaften diesbezüglich Beteiligungsrechte der Arbeitnehmervertretungen gefordert, welche im Jahre 2001 schließlich im Betriebsverfassungsgesetz verankert wurden. Die Beteiligung von Arbeitnehmer/innen im Bereich des betrieblichen Umweltschutzes wird von den Gewerkschaften mit ihrer

Bildungsarbeit und speziellen Beratungsprogrammen begleitet, um den Betriebsräten die nötigen Kompetenzen zu vermitteln.

Über die gesetzlich gesicherten Beteiligungsrechte hinaus gibt es weitere Mitwirkungsmöglichkeiten von Arbeitnehmervertretungen, wie z.B. der Abschluss von ökologischen Tarifverträgen oder der Beteiligung an Diskussionen zum Thema Nachhaltigkeit in entsprechenden Gremien (Gebauer et al. 2007).

Die entscheidenden Potenziale gewerkschaftlichen Handelns im Bereich der ökologischen Nachhaltigkeit werden vor allem in der Mitarbeit an der **Entwicklung neuer umweltverträglicher Produktions- sowie Produkt- und Dienstleistungskonzepte** gesehen. Gerade mit Blick auf den internationalen Wettbewerb werden High-Tech-Strategien von Bedeutung sein, bei denen die Themen Ressourcen- und Energieeffizienz eine zentrale Rolle spielen. Für die Gewerkschaften ergeben sich durch die „Verbindung der Umweltpolitik mit anderen Politikbereichen wie dem Gesundheits- und dem Ressourcenschutz oder auch der Politik der Konfliktprävention“ innovative und vernetzende Ansätze (Gebauer et al. 2007).

Potenzziale für gewerkschaftliche Aktivitäten mit Bezug zur Planung und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen gibt es zum Einen in der **Mitwirkung bei der Entwicklung von Indikatoren und Leitbildern im Sinne von CSR** und „guter Arbeit“ sowie der Mitentwicklung von (internationalen) Umwelt- und Sozialstandards und ihrer Umsetzung (Seyboth / Hauser-Ditz 2005). Betriebsräte können hierbei als Experten des Handlungsfeldes Mitarbeiter/inneninteressen eine Mittlerfunktion einnehmen und so die organisatorische Umsetzung entsprechender Maßnahmen unterstützen (Braun und Löw 2005). Zum Anderen bestehen Potenziale bei der Initiierung von Diskussionen innerhalb der Organisation, etwa zu Folgen des Klimawandels, und der (Weiter)Entwicklung fachlicher und didaktischer Kompetenzen zur Vermittlung zentraler Nachhaltigkeitsthemen in der eigenen Organisation (Gebauer et al 2007:35f.).

Als ein weiteres Wirkungsfeld für gewerkschaftliches Engagement rücken zunehmend Innovationen in den Fokus. Dabei sieht der DGB in der Verknüpfung von Innovation und Beschäftigungsorientierung und -sicherung ein wichtiges Arbeitsfeld für die Zukunft und setzt auf personalorientierte Innovationsstrategien, die auf die Beteiligung von Mitarbeiter/innen abzielen (DGB 1999). Ebenfalls greift hier das Schlagwort „gute Arbeit“ als Qualitätsmerkmal von Innovationswirkungen. Generell rückt die aktuelle Management- und Innovationsforschung sogenannte „weiche“ Erfolgspotenziale in den Vordergrund und weist dabei insbesondere der Unternehmenskultur als Erfolgsfaktor einen besonderen Stellenwert zu, wobei Information, Kommunikation und Einbeziehung in Entscheidungen wichtige Komponenten sind. Dabei wird von einem erweiterten Innovationsbegriff ausgegangen, der die Fähigkeit eines Unternehmens mit einbezieht, ein Klima zu schaffen, das förderlich ist für Innovationen („soziale Leistungsfähigkeit“) (Stracke 2006).

Die Ergebnisse im Rahmen der **Forschung zu Umweltmanagement und Mitarbeiterbeteiligung** (z. B. Fichter 2000; Teichert 1996, 1995; Klemisch 1997) deuten darauf hin, dass die Einführung von Umweltmanagementsystemen eher mit informatorischer Beteiligung einhergeht und gestaltende Beteiligung nur in Ausnahmen umgesetzt wird; das Ausmaß der Einbindung hängt dabei von der betrieblichen Beteiligungskultur und der Bereitschaft der Geschäftsführung und der/des Umweltbeauftragten ab (Fichter 2000). Betriebsräte sind in der Regel nur dann involviert, wenn das BetrVG eine Mitwirkung oder Mitbestimmung zwingend vorsieht (Lauen 2003). Arbeitnehmer/innen sind häufig nur über ihre Funktion im Produktionsprozess in Umweltschutzmaßnahmen eingebunden, indem sie informiert oder speziell für spezifische Aufgaben qualifiziert werden (Hildebrandt/Schmidt 1999).

Obwohl sich die Mitarbeit von Betriebsräten als förderlich für die Ökologisierung von Unternehmen erwiesen hat, beteiligen sie sich in der betrieblichen Praxis meist nicht im Umweltschutzbereich. Als wichtige **Ursachen für die geringe Beteiligung** von Betriebsräten werden fehlende Kompetenzen in Bezug auf technische und organisatorische Umsetzungsmöglichkeiten und rechtliche Regelungen, Widerstände seitens des Managements oder der Umweltbeauftragten sowie Desinteresse oder Überlastung von Betriebsräten genannt (Lauen 2003). Viele Arbeitgeber vertreten die Position, dass betrieblicher Umweltschutz in den Kompetenzbereich der Unternehmensleitung fällt. Da gleichzeitig kaum Einwände gegen die Erkenntnis bestehen, dass Erfolge im betrieblichen Umweltschutz mit der Motivation und Beteiligung der Mitarbeiter und Angestellten einher gehen (Leitretter 1999), könnte sich in dem letzten Punkt ein Potenzial verbergen, das noch nicht ausgeschöpft ist. So heben auch BMU und verdi in ihrem gemeinsamen Papier die Bedeutung der Einbeziehung der Arbeitnehmer/innen bei der Erhöhung der Ressourceneffizienz hervor (BMU/ verdi 2007).

Eine weitere wichtige Ursache für die geringe Beteiligung von Betriebsräten könnte sein, dass Teile der Wirtschaft, in der Energieeffizienzmaßnahmen eine Rolle spielen, durch eine **fehlende Institutionalisierung der industriellen Beziehungen** gekennzeichnet sind. In einem von der Hans-Böckler-Stiftung und der IGM geförderten Branchenreport (Grundmann/ Dillmann 2005) wird beispielsweise das schnelle Wachstum der Windkraftindustrie als das Ausschlag gebende Moment einer schwachen Institutionalisierung der industriellen Beziehungen angesehen. Da ein Großteil der Beschäftigten jung und gut qualifiziert ist, besteht die Tendenz zu eher individualisierten Arbeitsbeziehungen, einem niedrigen gewerkschaftlichen Organisationsgrad, einer teilweise offenen Ablehnung von Mitbestimmungsstrukturen sowie stark divergierenden Entlohnungsmodellen, die nur bedingt in tarifliche Vereinbarungen integriert sind. Die empirischen Ergebnisse werden jedoch deutlich differenziert zwischen Hersteller- und Zulieferunternehmen. Erstere sind vor allem von den oben genannten Defiziten betroffen, während die Zulieferer meist traditionelle Unternehmen sind, die ihr Produktpotential auf die Windenergie ausgeweitet haben und somit über etablierte Strukturen der industriellen Beziehungen verfügen.

„Wenig nachhaltige“ industrielle Beziehungen wurden ebenfalls in einer aktuellen Studie für die Photovoltaik-Branche festgestellt (Richter et al. 2008). Hier wird auf das Fehlen einer tarifvertraglichen Einbindung der Lohnverträge, Löhne an der Grenze zum Mindestlohn sowie eine Häufung von Überstunden eingegangen. Es wird ebenfalls gezeigt, dass die Bemühungen der Beschäftigten und der Gewerkschaften zum Aufbau von betrieblichen Mitbestimmungsstrukturen häufig systematisch unterlaufen und dass die Wahl von Betriebsräten durch Druck und verschiedene Sozialtechniken verhindert wird.

2.2.2 Grad der Mitbestimmung in den drei Branchen

Ein wichtiger Faktor für das Vorhandensein institutionalisierter Mitbestimmungsorgane ist die Größe des Unternehmens. Mit zunehmender Betriebsgröße steigt auch der Anteil der Betriebe, die einen Betriebsrat haben (vgl. Abb. 2.1).

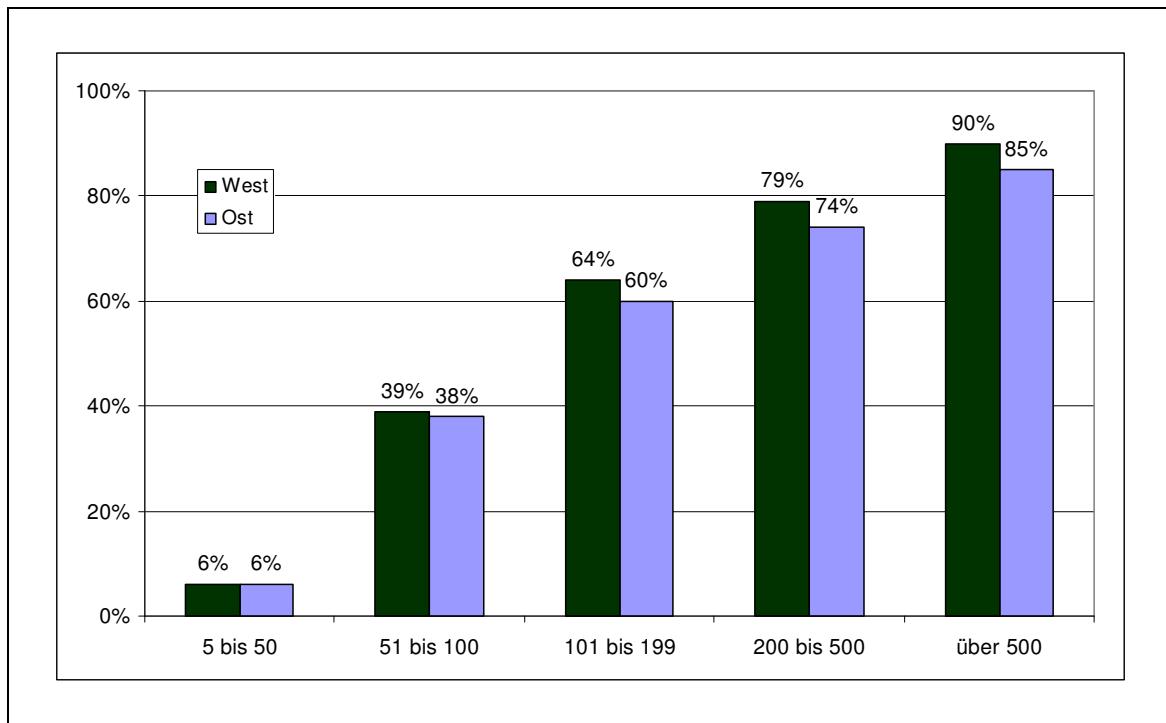


Abb. 2.1: Betriebe mit Betriebsrat nach Beschäftigten

Quelle: eigene Darstellung, Daten nach HBS (2009)

Während bei Unternehmen bis zu 50 Mitarbeiter/innen 6% einen Betriebsrat haben, liegt der Anteil bei Unternehmen mit 50-100 Mitarbeiter/innen bereits bei 39 bzw. 38%. Ab 500 Mitarbeiter/innen hat fast jedes Unternehmen einen Betriebsrat.

Jedoch kann der Grad der Mitbestimmung nicht nur am Vorhandensein formeller Strukturen festgemacht werden. Beispielsweise wurde im Rahmen der FORBA-Studie (2006) festgestellt, dass direkte Partizipation und Einflussmöglichkeiten gegenüber Vorgesetzten generell in kleineren Unternehmen besser sind als in größeren. Allerdings variieren die Mitbestimmungschancen in kleineren Unternehmen stärker, da diese sehr stark vom Führungsstil der Geschäftsführung abhängen (FORBA 2006:1). Abhängig von Branche, Identifikation mit dem Unternehmen und Qualifikations- und Spezialisierungsgrad der Mitarbeiter/innen bestehen in KMU ohne Betriebsrat mehr oder weniger informelle Mitsprachemöglichkeiten (FORBA 2006).

Für die Unternehmensfallstudien bedeutet dies, dass neben der Analyse des Einflusses formaler Mitbestimmungsinstitutionen die Qualität informeller Beteiligungs- und Mitbestimmungsmöglichkeiten mit erfasst werden sollte. Als formale Formen der Mitbestimmung seien neben dem gewählten Organ Betriebsrat, dessen Implementierung gesetzlich geregelt ist, die Mitwirkungsmöglichkeiten über eine Mitarbeiter/innenvertretung genannt. Als informelle Mitbestimmungsmöglichkeiten seien die Einbindung der Mitarbeiter/innen in Planungs- und Innovationsprozesse, etwa in Form eines Vorschlagswesens genannt. Das betriebliche Vorschlagswesen hat eine über hundertjährige Tradition. Ursprünglich als Rationalisierungsinstrument eingesetzt, erfüllt es heute zusätzlich verschiedene soziale Ziele. Insgesamt scheint die Entwicklung in verschiedene Richtungen zu laufen, weshalb eine klare Definition schwierig ist.

Folgende Entwicklungstendenzen herrschen aktuell im Vorschlagswesen vor:

- Ausweitung des Teilnehmerkreises auf Führungskräfte
- Verbesserungsvorschläge aus dem eigenen Arbeitsbereich (Sonderleistung, die über Dienstpflicht hinausgeht)
- Gruppenarbeit (Einsatz teilautonomer Arbeitsgruppen oder Qualitätszirkel, um mehr Mitarbeit für Verbesserungsvorschläge zu animieren)
- Ideendatenbanken
- Ideenmanagement
- Schnelle Bewertung der Verbesserungsvorschläge (Habegger 2002).

Differenzierung nach Branchen

Der Grad institutionalisierter Mitbestimmung ist in den drei zu untersuchende Branchen unterschiedlich. In etablierten Branchen wie Chemie und Maschinenbau hat ein Großteil der Unternehmen einen Betriebsrat. Als einen „Sonderfall“ identifizieren Soziologen der TU München hoch spezialisierte Industrieunternehmen, in dem die Mitarbeiter/innen trotz fehlenden Betriebsrates ihre Interessen und Mitbestimmungsspielraum gewahrt wissen (HBS 2009).

In der Transport- und Logistikbranche hat es in den letzten Jahren größere strukturelle Veränderungen gegeben, die sich auch auf den Grad betrieblicher Mitbestimmung auswirken. Dabei nimmt das Outsourcing eine zentrale Rolle ein. Beispiel für Outsourcing-Maßnahmen sind die Ausgliederung von Distributions- und Lagehaltungsfunktionen bei produzierenden Unternehmen, die Ausgliederung des Nahverkehrs bei Speditionen, die Auslagerung des Fuhrparks und der Einsatz von Subunternehmern. Outsourcing geht oft mit dem Austritt aus geltenden Tarifverträgen einher. Im Gegensatz zu den anderen beiden Branchen kann davon ausgegangen werden, dass in der Transport- und Logistikbranche weniger Unternehmen einen Betriebsrat haben.

2.2.3 Der Einfluss von Mitarbeiterbeteiligung auf Innovationen

Bedingt durch die sich immer schneller ändernden Rahmenbedingungen der Wissensgesellschaft werden Arbeitnehmer zunehmend als „Träger von Innovationen“ (Gerlach und Ziegler 2005, S.119) gesehen, deren Lernfähigkeit und -bereitschaft wichtige Faktoren für die Entwicklung und Einführung innovativer Produkte und Prozesse sind. Vor diesem Hintergrund eröffnet sich das Thema Innovation als wichtiges Wirkungsfeld für betriebliche Mitbestimmung (Kluge 2007). Denn laut Stracke und Witte (2006) können Betriebsräte Innovationen initiieren und die Akzeptanz von Innovationen durch die Belegschaft fördern. Nach Schwarz-Kocher et al. (2011) bringen Betriebsräte nicht nur Innovationen voran, sondern beeinflussen auch deren Auswirkung für die Beschäftigten: „*Durch die gestaltende Funktion des Betriebsrats konnten negative Folgen von betrieblichen Innovationsprozessen sozial reguliert werden. Es wurden zusätzliche, eigensinnige Innovationsziele aus dem Bereich Gute Arbeit durchgesetzt. Wo notwendig wurden fehlerhafte Innovationsprozesse durch den Betriebsrat abgebrochen oder so entschleunigt, dass diese von den Organisationsstrukturen und den Beschäftigten positiv aufgenommen werden konnten*“ (Schwarz-Kocher et al. 2011, S. 219). Damit zeigt sich die große Bedeutung, die gerade die gestaltende Mitwirkung von Betriebsräten an Innovationsprozessen haben kann. Gleichzeitig zeigen die Fallbeispiele in der Studie, dass Betriebsräte gerade in Krisenphasen auch in der Lage sind, Innovationsprozesse im Unternehmen zu initiieren und voran zu treiben (Schwarz-Kocher et al. 2011).

Eine Befragung von Betriebsräten 2008/2009 zeigt, dass Innovationen auch aus Betriebsratssicht sehr wichtig für die Beschäftigungs- und Zukunftssicherung der Betriebe sind. Die Betriebsräte sind in der Regel auch in betriebliche Innovationsprozesse eingebunden, wobei es bei der Einführung von Innovationen in den meisten Betrieben zumindest gelegentlich zu Konflikten kommt (Brehmer/Ziegler 2009). Kriegesmann et al. (2010) zeigen anhand einer Auswertung der Betriebsratsbefragung, dass der Grad der Einbindung von Betriebsräten sehr unterschiedlich ausfällt: So können die Betriebsräte eingeteilt werden in Typen, die zwischen den Extremen „Machtvolle Mitgestalter“, die selber Vorschläge erarbeiten und zur Umsetzung bringen, und den „Nicht Einbezogenen“ liegen. Dabei ist die Mitgestaltung der Betriebsräte bei Prozessinnovationen insgesamt sehr viel ausgeprägter als bei Produkt- und Dienstleistungsinnovationen (Kriegesmann et al. 2010).

Hildebrandt und Schmidt (1999) zeigen in einer Analyse von Beteiligungsmöglichkeiten, dass Arbeitnehmer größtenteils über ihre Aufgaben am Arbeitsplatz in Umweltschutzmaßnahmen eingebunden sind. Eine direkte Beteiligung an umweltrelevanten unternehmensinternen Prozessen ist hingegen eher selten. Laut Ritt et al. (2000) haben aber auch Gewerkschaften und Betriebsräte auf Unternehmensebene relativ geringe Einflussmöglichkeiten im Umweltschutzbereich. Eine entscheidende Mitgestaltung umweltrelevanter Prozesse auf betrieblicher Ebene findet kaum statt. Allerdings könnte „*die zunehmende Verschmelzung arbeitssicherheits- und umweltpolitischer Belange sowie die Dezentralisierung wirtschaftlicher Entscheidungsprozesse [...] für die Zukunft tendenziell mehr Einflussmöglichkeiten eröffnen*“ (Ritt et al. 2000, S. 38).

Die Befunde deuten darauf hin, dass im praktischen Mitwirken der Betriebsräte im Umweltmanagement größeres Beteiligungspotenzial liegt, als in der Integration von Beteiligungsbestimmungen in normierte oder gesetzliche Vorgaben. In diesem Sinne scheinen umweltaktive Betriebsräte in der Praxis viele Mitwirkungsmöglichkeiten zu haben, obwohl bisher rechtlich gesicherter Beteiligungsmöglichkeiten weitgehend fehlen (Freimann 2000). Um Maßnahmen zur Ressourceneffizienzsteigerung zu ermöglichen, anzustößen und zu unterstützen empfehlen Kristof und Schmitt (2009) in Ihrem Leitfaden für Betriebsräte zur Ressourceneffizienz und Arbeitsplatzsicherung, Standardinstrumenten der täglichen Betriebsratsarbeit zu nutzen.

Mehrere Studien sehen einen positiven Zusammenhang zwischen betrieblicher Beteiligung und Mitbestimmung und der Innovationsfähigkeit der Betriebe, insbesondere, wenn es sich um Investitionen in den betrieblichen Umweltschutz handelt (Askildsen et al. 2006). Der Effekt sei dann am größten, wenn sich einerseits der Betriebsrat aktiv im Umweltschutzbereich engagiert und die Betriebsleitung andererseits die Partizipation von Mitarbeiter/innen als produktivitätsfördernden Faktor schätzt. Generell könnte Mitbestimmung die Kooperationsbereitschaft der Mitarbeiter/innen in Bezug auf Innovationen fördern. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen die Studien, die im Auftrag des von der Hans-Böckler-Stiftung und der Bertelsmann Stiftung initiierten Forums Mitbestimmung durchgeführt wurden: So konnten positive Effekte wie eine bessere Akzeptanz gemeinsam erarbeiteter Konzepte und eine höhere Motivation bei den Mitarbeiter/innen belegt werden. Auch die Fluktuation von Mitarbeiter/innen war geringer (HBS / Bertelsmann Stiftung 2004). Auch im Rahmen der Arbeit der von der Hans-Böckler-Stiftung und der Bertelsmann-Stiftung eingesetzten Mitbestimmungskommission wurde der Zusammenhang zwischen Betriebsrat und Innovation untersucht. Sie kam zu dem Ergebnis, dass Mitbestimmung kein prinzipielles Hindernis für die Produktivität und die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen sei und dass der Nachweis einer positiven Korrelation zwischen Mitbestimmung und Produktivität bzw. Innovation bzw. allgemein gültige Aussagen empirisch schwierig zu erbringen seien (Pries und Wannöffel o.J.). Mit Hilfe der Daten des Hannoveraner Firmenpanels (rund 700 Unternehmen) konnte Jirjahn positive Arbeitsmarkteffekte auf die betriebliche Beteiligung und Mitbestimmung zurückführen (Jirjahn 2008). Auch kann ein Betriebsrat positiven Einfluss auf die Markteinführung neuer Produkte haben, wenn er in die Innovationspolitik

des Unternehmens eingebunden ist (Dilger 2002). Blume und Gerstlberger (2007) weisen darauf hin, dass sich die meisten Studien zur Rolle von Mitbestimmung und Innovationen auf Unternehmen mit mehr als 20 Mitarbeiter/innen stützen. So stellen Gerlach und Ziegler (2010) fest, dass der Einfluss von betrieblicher Mitbestimmung in kleinen bis mittelgroßen Unternehmen insgesamt eher gering ist, u.a. da häufig kein Betriebsrat vorhanden ist.

Blume und Gerstlberger (2007) kommen in ihrer repräsentativen Studie, in der sie die Partizipation von Beschäftigten als Einflussfaktor für Innovationen untersucht haben, zu dem Schluss, dass die formale Existenz eines Betriebsrats keine signifikant positiven oder negativen Effekte auf die Innovationstätigkeit von Unternehmen hat, vielmehr heben sie die positiven Effekte einer partizipativen Arbeitsgestaltung und eines beteiligungsorientierten Wissensmanagements auf Produkt- und Prozessinnovationen hervor. Dies bestärkt sie in der Aussage, dass „partizipative Arbeitsgestaltung notwendige Voraussetzungen für beteiligungsorientiertes Wissensmanagement schafft“ (Blume und Gerstlberger 2007, S.241). So zeigt eine Studie von Schwarz-Kocher et al. (2011), dass die Beteiligungsorientierung von Unternehmen von großer Bedeutung für deren Innovationspotenzial ist, auch da diese Unternehmen eine höhere Kooperationsbereitschaft besitzen. In seinem Überblick über aktuelle Forschungsbefunde über den Einfluss der Mitbestimmung auf die Wirtschaftlichkeit und Innovationsfähigkeit eines Unternehmens kommt Stracke (2006) zu dem Schluss, dass zwar positive Zusammenhänge überwiegen, aber keine allgemeinen Korrelationen nachzuweisen sind (Stracke 2006). Mitbestimmung sieht Stracke zusammenfassend als einen Faktor unter vielen, der sich positiv auswirken kann. Scholl (im Erscheinen) stellt fest, dass das gegenseitige Vertrauen zwischen Belegschaft, Betriebsräten und Geschäftsführung eine wichtige Rolle für die Möglichkeiten des Betriebsrats zur Beteiligung an Innovationen hat. Davon abhängig ist der Informationsaustausch im Unternehmen, der wiederum über die Variablen Komplexitätsmanagement und emotionale Sensibilität für den Innovationserfolg maßgebend ist.

Für den Forschungsansatz dieses Projektes bedeutet dies, dass neben dem Vorhandensein eines Betriebsrats in einem Unternehmen weitere Faktoren wie Unternehmenskultur, Kommunikationswege, Hierarchien, Unternehmensgröße, usw. Einfluss auf Innovationen im Bereich Energieeffizienz haben und dass diese im Untersuchungsdesign berücksichtigt werden müssen. Außerdem stellt sich die Frage, inwiefern die Betriebsräte ihre Gestaltungsmöglichkeiten im Rahmen konkret von Energieeffizienzmaßnahmen wahrnehmen.

2.3 Umweltmanagementsysteme und Energieeffizienz

Da mit Hilfe eines systematischen Ansatzes des betrieblichen Umweltmanagements auch Energieeffizienzpotenziale in Unternehmen aufgedeckt werden können, ist eine Untersuchungsfrage der vorliegenden Studie, inwiefern das Vorhandensein eines Umweltmanagementsystems Einfluss auf die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen, aber auch die Rolle von Mitbestimmung in den Unternehmen hat. Seit 2009 existiert auch ein normiertes Energiemanagementsystem (DIN EN 16001). Die Norm wurde in Anlehnung an EMAS entwickelt, so dass das Energiemanagement einfach in das Umweltmanagementsystem integriert werden kann (vgl. BMU/UBA 2010). Die Einführung eines Energiemanagementsystems wird in der vorliegenden Studie jedoch nicht als Einflussfaktor, sondern bereits als Energieeffizienzmaßnahme (s. Kapitel 5.1.1) untersucht.

In Deutschland gibt es derzeit zwei **zertifizierbare Umweltmanagementsysteme** – das EU-weit gültige EMAS (Eco-Management and Audit Scheme, seit 1995) und die weltweit anerkannte Norm ISO 14001 (seit 1996). ISO 14001 ist die weltweit bedeutendste Norm und gibt vor, was ein Umweltmanagementsystem leisten soll. Inhaltlich ist dies im Wesentlichen die Formulierung einer

Umweltpolitik sowie die Planung, Durchführung und Kontrolle der daraus abgeleiteten Maßnahmen (UBA 2009a). Eine Zertifizierung nach EMAS schließt die Anforderungen der ISO-Norm mit ein, geht aber in Bezug auf einige Anforderungen noch darüber hinaus. Insbesondere wird bei EMAS Wert auf die externe Kommunikation durch eine rechtsverbindliche Umwelterklärung und die Einbeziehung der Mitarbeiter gelegt. Bei EMAS ist zudem eine regelmäßige externe Auditierung des UMS notwendig, was das System glaubwürdig macht und die Rechtssicherheit der Unternehmen erhöht. Ein UMS identifiziert insbesondere rentable Umweltschutzmaßnahmen im Bereich der Energie- und Ressourceneffizienz (Rohstoffe, Abwasser, Abfall und Energie) (UBA 2009). Aufgrund der hohen Kosten von zertifizierten UMS etablierten sich in Deutschland daneben weitere Methoden zur Feststellung umweltrelevanter Standards, z.B. Ökoprofit und Eco-Mapping. Weiterhin sind zertifizierte Umweltmanagementsysteme von Umweltchecks oder Umweltorientierungsberatungen abzugrenzen, die zwar Bestandsaufnahmen beinhalten, aber keine Implementierung von Maßnahmen vorsehen.

In Deutschland hatten bis 2007 gut 7.500¹ Unternehmensstandorte ein zertifiziertes Umweltmanagementsystem (UMS) nach ISO 14001 oder EMAS – bei insgesamt rund 3,5 Mio. Unternehmen. Ein Vergleich der Unternehmensgrößen der zertifizierten Unternehmen mit der Verteilung insgesamt in Deutschland zeigt deutlich: Je kleiner ein Unternehmen ist, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass es ein UMS aufweist (BMU 2002). Eine branchenweite Auswertung des EMAS-Register² zeigt, dass in der Chemiebranche 86 Standorte, in Maschinenbaubranche 58 Standorte und in der Sparte Logistik und Transport 43 Standorte zertifiziert sind. Angesichts der Tatsache, dass zur Chemiebranche nur rund 2.000 Unternehmen zählen, wohingegen die Maschinenbau-branche gut 6.000 Unternehmen umfasst und allein im Straßengüterverkehr die Zahl der Unternehmen auf fast 100.000 geschätzt wird, sind EMAS-Zertifikate relativ und absolut gesehen mit Abstand am häufigsten in der Chemiebranche zu finden, selten dagegen im Bereich Transport und Logistik³.

Studien zeigen, dass ein Umweltmanagementsystem dazu beitragen kann, **Energieeffizienzpotenziale** zu identifizieren und umzusetzen (Hamschmidt 1998, 2001, UGA 2009). Die Vorteile einer kontinuierlichen Erfassung der Energieströme im Rahmen der UMS bieten eine gute Entscheidungsgrundlage für deren Management (Hennicke et al. 1998). Zudem können Erfolge leicht dokumentiert werden. Voraussetzung dafür ist, dass im Rahmen des Umweltmanagementsystems eine vollständige Erfassung und Bewertung des Energieverbrauchs im Unternehmen stattfindet. Einsparmaßnahmen und Energieeffizienzziele müssen stetig überprüft und weiterentwickelt werden. Dieser Grundsatz der kontinuierlichen Verbesserung muss durch eine stetige Quantifizierung der Ziele mithilfe von Umweltkennzahlen (Grenzwerte, Normen) begleitet werden (Ensthaler et al 1996., S.43ff). Allerdings sind UMS im Hinblick auf die Verbesserung der Energieeffizienz keine Selbstläufer. Für die Implementierung konkreter Maßnahmen sind UMS weder notwendig noch hinreichend. Energieeinsparpotenziale in Unternehmen werden daher trotz UMS nur teilweise genutzt. Dennoch stellen die UMS für die Planung, Umsetzung und Kontrolle von Energieeffizienzmaßnahmen eine gute Grundlage dar (BFE 2003).

¹ 5800 Standorte nach ISO 14001 nach Peglau-Liste (UBA 2007) und 1845 Standorte für EMAS nach dem EMAS-Register (EMAS 2009)

² Allerdings hat nur rund ein Viertel der Unternehmen mit zertifiziertem Umweltmanagementsystem ein EMAS-Zertifikat.

³ Die Zahl der Unternehmen ist den entsprechenden Branchencharakterisierungen in Kapitel 3 entnommen.

2.4 Förderinstrumente

Aufgrund des politischen Willens, die Energieeffizienz zu erhöhen, gibt es eine ganze Reihe von Förderinstrumenten, die die Hemmnisse von Unternehmen bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen adressieren. Im Rahmen der Untersuchung wird der Frage nachgegangen, welche Bedeutung diese Instrumente für die Unternehmen in der Praxis haben und welche Verbesserungsmöglichkeiten bestehen. Die meisten vorhandenen Angebote richten sich vorwiegend oder sogar ausschließlich an KMU. Die Unternehmen sollen durch die Angebote bei der Suche nach adäquaten und verlässlichen Informationen unterstützt werden – auch durch den Austausch mit anderen Unternehmen – sowie bei der Finanzierung von Energieberatungen und den Energieeffizienzmaßnahmen selber. Im Folgenden werden Instrumente vorgestellt, die Energieberatungsangebote finanziell unterstützen, direkte Finanzierungshilfen für die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen bieten oder den Erfahrungsaustausches zwischen Unternehmen fördern. Der Fokus liegt bei der Betrachtung auf bundesweit relevanten Instrumenten. Zentrales Förderinstrument auf Bundesebene stellt dabei das Förderprogramm „**Sonderfonds für Energieeffizienz in KMU**“, eine gemeinsame Initiative vom BMWi und der KfW die seit Februar 2008 existiert und grundsätzlich der Überwindung bestehender Informationsdefizite über betriebliche Einsparmöglichkeiten dienen und Investitionen zur Verbesserung der Energieeffizienz anstoßen soll (KfW 2010). Der Sonderfonds besteht aus zwei Förderbausteinen. Dies ist einerseits ein nicht rückzahlbarer Zuschuss zu den Kosten für eine Energieeffizienzberatung, andererseits ein zinsgünstiger Investitionskredit für Energiesparmaßnahmen (BMWi 2009). Ergänzend zu den bundesweiten Instrumenten werden einzelne innovative regionale Programme präsentiert.

2.4.1 Förderung von Energieberatungen

Im Rahmen des „**Sonderfonds für Energieeffizienz in KMU**“ können zwei Arten von Energieberatungen gefördert werden: Initialberatungen und Detailberatungen. Die Initialberatung stellt eine erste Untersuchung der energetischen Schwachstellen im Betrieb auf Basis vorhandener Daten und einer Besichtigung dar, auf deren Basis geeignete Maßnahmen empfohlen und Hinweise auf Förderungen gegeben werden. In der Detailberatung werden konkrete Vorschläge und Maßnahmenpläne für Energie und Kosten sparende Verbesserungen erarbeitet und Wirtschaftlichkeitsberechnungen für diese durchgeführt (Marx o.J.; Frahm et al. 2010). Die Maßnahmenpläne sollen auf Bereiche mit den höchsten Effizienzpotenzialen abzielen. Beide Angebote können je Standort einmal in Anspruch genommen werden und werden mit Zuschüssen gefördert. Die Beratungsergebnisse in Form der Abschlussberichte müssen definierten Kriterien entsprechen. Dazu stellt die KfW sowohl für Initial-, als auch für die Detailberatung Formulare zum Ausfüllen bereit. Die Kommunikation mit den Unternehmen erfolgt nicht mit der KfW direkt, sondern über Regionalpartner, z. B. Handwerkskammern, Industrie- und Handelskammern, Wirtschaftsfördergesellschaften und Energieagenturen. Die Berater müssen gemäß den Zulassungsbestimmungen der KfW eine Reihe von Voraussetzungen erfüllen, um in der KfW-Beraterbörsen gelistet werden zu können. Das Angebot läuft nach bisheriger Beschlussslage zum 31.12.2011 mit offener Zukunft aus, wobei das Energiekonzept der Bundesregierung einen bedarfsoorientierten Ausbau des Programms in Aussicht stellt (Böttger 2011).

Eine Evaluation der Förderung im Rahmen des Sonderfonds für Energieeffizienz in KMU im November 2010 zeigt, dass mit rund 80 % ein Großteil der bis Juni 2010 gemachten 10.400 Zusagen auf Initialberatungen entfiel (Frahm et al. 2010). Anträge stellen am häufigsten Betriebe der mittleren Größenklasse mit 11 bis 50 Beschäftigten (41%), gefolgt von kleinen Betrieben mit bis zu 10 Beschäftigten (35 %). Die restlichen sind Betriebe mit mehr als 50 Beschäftigte (24 %). Je größer

die Betriebe sind, desto häufiger wurde allerdings eine Detailberatung durchgeführt, der jedoch nur in 38% der Fälle eine Initialberatung vorausging. Von den beratenen Unternehmen konzentrieren sich viele auf Maßnahmen im Gebäudebereich, aus dem auch ein Großteil der in der Liste aufgenommenen Berater kommt, wohingegen Prozessenergieberater selten sind. Entsprechend sollen zukünftig mehr Beratern mit den Schwerpunkten „Prozesstechnik“ und „Green IT“ gewonnen werden und die Suchmöglichkeiten nach kompetenten Beratern, v. a. zu branchenspezifischen Prozesstechnologien verbessert werden (Blaschke 2010; Frahm et al. 2010).

In zahlreichen **Bundesländern** aber auch einzelnen **Regionen** gibt es zusätzliche bzw. ergänzende Beratungsprogramme beispielsweise von Energieagenturen oder Industrie- und Handelskammern. Dabei handelt es sich um niedrigschwellige Angebote, die Unternehmen für das Thema sensibilisieren, oder aber um Spezialberatungen oder umfassendere Programme. Teilweise sind diese Angebote für die Unternehmen kostenfrei. Beispielhaft werden nachfolgend der Sächsische Gewerbeenergiepass, die Contracting-Beratung der EnergieAgentur NRW sowie das Energiecoaching der IHK München und Oberbayern vorgestellt.

- Beim **Sächsischen Gewerbeenergiepass** handelt es sich um eine spezielle Energie-Detailberatung, die auch im Rahmen des Programms der KfW gefördert werden kann (vgl. saena 2011). Grund für die Einführung des Programms war unter anderem die Feststellung, dass es sich bei den von der KfW geförderten Energieeffizienzberatungen in Sachsen vor allem um Initialberatungen handelte und häufig nicht das vollständige Unternehmen erfasst und bewertet wurde sondern nur die Gebäude bewertet wurden (Micksch 2010). Deshalb unterstützt die Sächsische Energieagentur Unternehmen bei der Suche nach einem geeigneten Energieberater mit speziellen Branchenkenntnissen, mit dem im Rahmen einer ersten Vor-Ort-Begehung abgestimmt wird, ob eine Detailberatung (nach dem Modell „Sächsischer Gewerbeenergiepass“) oder nur eine Initialberatung durchgeführt wird. Im Rahmen der Detailberatung wird durch die zertifizierten „Sächsischen Gewerbeenergieberater“ eine spezielle Software eingesetzt, die zu einer Standardisierung der Beratung führen soll (Postbieszala 2011). Unternehmen, die an dem Programm teilgenommen haben, erhalten einen sächsischen Gewerbeenergiepass. Damit werden den Unternehmen zusätzlich zur KfW-Förderung praktische Unterstützung, Qualitätssicherung und die Möglichkeit zur Außendarstellung geboten.
- Die EnergieAgentur.NRW bietet eine spezielle **Contracting-Beratung** für Kommunen und Unternehmen an. Die kostenlose Contracting-Beratung umfasst eine Abfrage des Status quo per Erhebungsbogen, eine Vor-Ort-Beratung und einen Bericht, der konkrete Handlungsvorschläge entsprechend der Anforderungen der Kunden enthält. Bei Bedarf werden außerdem Kontakte zwischen Contractoren und Contracting-Nehmern vermittelt (EA.NRW 2011).
- Die IHK München Oberbayern bietet seit Juni 2010 die ebenfalls kostenfreien Beratung eines „**Energiecoach**“ an. Dieser macht im Rahmen eines rund 1-2stündigen Besuchs einen Betriebsrundgang und bespricht die Energieeinsparmaßnahmen im Unternehmen, informiert zu Förderprogrammen und Informationsmöglichkeiten und thematisiert die Qualifizierung von Mitarbeiter/innen im Bereich Energieeffizienz sowie Vernetzungs- und Kooperationsmöglichkeiten (IHK-MO 2011).

2.4.2 Finanzierungshilfe für Effizienzmaßnahmen

Das **ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramm** (Programmteil B), das ebenfalls bundesweit im Rahmen des Sonderfonds für Energieeffizienz in KMU angeboten wird, finanziert Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen mit Krediten zu einem vergünstigten Zinssatz. Förderfähig sind bis zu 100% der Investition, der Höchstbetrag liegt bei 10 Mio. Euro pro Vorhaben. Die Laufzeit beträgt

in der Regel bis zu 5 oder 10 Jahren, kann aber auch auf bis zu 20 Jahren festgelegt werden, wenn die technische und ökonomische Lebensdauer dies erfordert. Förderfähig sind zahlreiche Maßnahmen im Bereich Gebäudeenergieeffizienz, thermische Prozesse, Maschinenpark etc. (KfW 2011b). Für kleine Unternehmen (KU) gibt es ein sogenanntes KU-Fenster mit einem zusätzlich vergünstigten Zinssatz (KfW 2011b). Voraussetzung zur Gewährung einer Förderung ist bei Ersatzinvestitionen eine Endenergieeinsparung durch die Maßnahme von mindestens 20 % gemesen am Durchschnittsverbrauch der letzten 3 Jahre. Bei Neuinvestitionen ist eine Endenergieeinsparung von mindestens 15 % gegenüber dem Branchendurchschnitt zu erreichen. Beantragt werden die Kredite über die Hausbank, der gegenüber auch der programmgemäße Einsatz der Mittel nachzuweisen und der eine Bestätigung eines Sachverständigen über die plangemäße Durchführung der Maßnahmen einzureichen ist (KfW 2011b). Das Zusagevolumen seit Programmstart liegt bei rund 1,2 Mrd. Euro, wobei nach Böttger (2011) für eine zukünftige evtl. noch größere Nachfrage ausreichend Fördermittel bereit stünden.

Daneben existieren auf Bundesebene **weitere Förderprogramme** zur Einführung energieeffizienter Technologien in einzelnen Bereichen. Besonders relevant ist für den Bereich Transport und Logistik die Förderung von Investitionen in emissionsarme schwere Nutzfahrzeuge (siehe nächster Abschnitt). Weitere Angebote existieren aber auch für die Förderung von Maßnahmen an gewerbllichen Kälteanlagen (Bafa). Ebenfalls für Unternehmen in Frage kommt die Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien im Rahmen des Marktanreizprogramms, die jedoch in der vorliegenden Studie keinen Schwerpunkt darstellt. Besonders innovative Projekte des technologischen Fortschritts im Bereich „Ressourcen- und Energieeffizienz“ aus allen Sparten können außerdem im Programm KMU-Innovativ durch das BMBF gefördert, wobei die Förderquote bei bis zu 50 % liegt.

Die KfW unterstützt die **Anschaffung emissionsarmer Nutzfahrzeuge**, die im Straßengüterverkehr eingesetzt werden. Mit einem Zuschuss gefördert wird die Anschaffung von neuen Fahrzeugen mit mindestens 12 Tonnen Gesamtgewicht, die den derzeit besten Umweltstandard EEV (Enhanced Environmentally Friendly Vehicle) oder Euro 6 erreichen. Die Höhe des Zuschusses ist je nach Schadstoffklasse und Unternehmensgröße gestaffelt und liegt zwischen 1.050 und 2.200 Euro je Fahrzeug. Außerdem kann der Kauf von biogas- oder erdgasbetriebenen Fahrzeugen, die mindestens den Abgasstandard Euro 5 bzw. EEV erfüllen, oder von emissions- und lärmarmen leichten Nutzfahrzeugen, die mindestens den Abgasstandard Euro 5 erfüllen, sowie von schweren LKWs ab 12 Tonnen Gesamtgewicht, die mindestens den Abgasstandard EEV erfüllen, mittels des ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramms (Teil A) durch einen zinsgünstigen Kredits finanziert werden. Die Antragstellung erfolgt wie im Programmteil B über die Hausbank.

2.4.3 Förderung des Erfahrungsaustausches

Eine organisatorische Unterstützung von Unternehmen stellt die Schaffung von lernenden Energieeffizienz Netzwerken dar. Erfolgreiche Erfahrungen, zunächst in der Schweiz, seit knapp 10 Jahren auch in Deutschland, erwiesen sich als äußerst erfolgreich, wobei die Unternehmen im Netzwerk vor allem von geringeren Transaktionskosten und einer schnelleren Implementation von Maßnahmen durch Wissens- und Erfahrungsaustausch profitierten (Jochem/Gruber 2007). So zeigte eine Untersuchung, dass in den an einem Netzwerk beteiligten Unternehmen die Energieeffizienz mindestens zweimal schneller als im Durchschnitt der Industrie stieg (ISI 2011). Um die Verbreitung von lernenden Unternehmensnetzwerken zu erhöhen fördert das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) zwischen 2009 und 2013 im Rahmen seiner Klimaschutzinitiative 30 Energieeffizienz- und Klimaschutznetzwerke (**30 Pilot-Netzwerke**). Dabei schließen sich 10 bis 15 Unternehmen unter Federführung eines Netzwerkträgers zu einem Netz-

werk zusammen. Die entstehenden Kosten für den Betrieb des Netzwerkes werden in den ersten Jahren mit bis zu einem Drittel bezuschusst. Derzeit gibt es 23 arbeitende Netzwerke und 9 Netzwerke im Aufbau (ISI 2011).

Die Idee des Lernens von anderen Unternehmen verfolgen auch die **Branchenenergiekonzepte**, die in Nordrhein-Westfalen erstellt wurden. Dabei handelt es sich um Broschüren zum Thema Energieeinsparung in bestimmten Branchen, die anhand von Praxisleitfäden und Praxisbeispiele in anonymisierter Form Unternehmen Möglichkeiten zur Erschließung von Energieeffizienzpotenzialen aufzeigen sollen. Bei der Erstellung dieser Energiekonzepte wird davon ausgegangen, dass Unternehmen mit vergleichbaren Produktionsprozessen ähnliche technische Strukturen und damit auch ähnliche Anforderungen im Energie- und Umweltbereich aufweisen. Die Branchenenergiekonzepte ermöglichen außerdem einzelnen Unternehmen sich mit dem Branchendurchschnitt zu vergleichen und daraus einen evtl. Handlungsbedarf abzuleiten. Im Internetauftritt des Projektes stehen für verschiedene Branchen - jedoch nicht zu den in der vorliegenden Studie untersuchten - Informationsbroschüren zum Download bereit (Branchenenergiekonzepte 2011).

2.5 Innovationen und Beschäftigungseffekte

Es besteht grundsätzlich kein Zweifel daran, dass es eine Korrelation zwischen Innovation, Wachstum und Beschäftigung gibt (HBS 2004:33). Insgesamt gehen Studien von einer deutlich positiven Beschäftigungswirkung von Energieeffizienzmaßnahmen aus. So schätzen Pehnt et al. (2009) den Nettomehrbeschäftigungseffekt durch zusätzliche Effizienzmaßnahmen bis 2020 in Deutschland auf 260.000 Beschäftigte. Allerdings wurde bis jetzt kaum erforscht, wie sich Innovationen im Energieeffizienzbereich auf die Beschäftigungssituation eines Unternehmens auswirken. Sowohl die Anreize für Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz als auch die daraus resultierenden Wirkungen für die Unternehmen können sehr vielfältig sein, was eine konkrete Differenzierung der Ursache-Wirkungszusammenhänge erschwert. Ausgehend insbesondere von Erkenntnissen aus der Innovationsforschung sollen im Folgenden Wirkmechanismen und fördernde und hemmende Faktoren identifiziert werden.

2.5.1 Beschäftigungswirkungen von Innovationen und Umweltschutzmaßnahmen

Im Rahmen des Energie-Trialog Schweiz wurden mittels eines Wirkungsmodells die Auswirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen auf Innovation, Wachstum und Beschäftigung untersucht. Die Maßnahmen der Wirtschaft zur Erhöhung der Energieeffizienz, die unabhängig von politischen Impulsen durchgeführt werden, sind vor allem die Diffusion von energieeffizienten Technologien und Innovationen zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und zur Kostensenkung (Hammer et al. 2007: 9f). Die Auswirkungen dieser Maßnahmen auf Produktivität und Beschäftigung werden auch in dieser Studie kontrovers diskutiert: Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass die auf umweltfreundliche Technologien zurückzuführenden spezifischen Effekte eher beschäftigungsmindernd wirken, während die erreichten Kostenreduktionen zu einer Steigerung der Nachfrage, der Produktion und damit auch der Beschäftigung beitragen (Hammer et al. 2007: 19). Ein Großteil der positiven Arbeitsplatzeffekte aus im Energieeffizienzbereich getätigten Investitionen werden der Baubranche bzw. Gebäudesanierung zugeschrieben.

Eine INFRAS Studie kommt hinsichtlich der direkten Beschäftigungseffekte umweltfreundlicher Produktionsverfahren zu dem Ergebnis, dass ein spezifischer positiver Beschäftigungseffekt ein-

tritt, wenn pro Einheit Output bei umweltfreundlichen Produktionsverfahren mehr Arbeit eingesetzt wird als bei den Referenzverfahren. Ein (direkter) negativer Effekt ergibt sich, wenn die umweltfreundlichen Produktionsverfahren zu einer höheren Arbeitsproduktivität führen und damit pro Wertschöpfungseinheit weniger Arbeit eingesetzt wird (Rationalisierung). Die Studie argumentiert jedoch auch, dass Rationalisierungen eine Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens und damit eine erhöhte Arbeitsnachfrage nach sich ziehen können (Iten et. al. 2005: 78).

Auf Grundlage einer im Jahr 2000 durchgeföhrten Befragung von Unternehmen, die im Zeitraum August bis Oktober 1999 Maßnahmen des integrierten Umweltschutzes durchgeführt hatten, kamen die Autoren zu dem Ergebnis, dass sich aus Umweltschutzmaßnahmen kaum negative Effekte in der Betriebsorganisation und Arbeitsabläufen ergeben. Positive Auswirkungen haben die Maßnahmen laut der Studie hingegen auf die Marktchancen, der Ertragslage und der Arbeitsplatzstabilität (Ritt et al. 2000). Die Ergebnisse einer Betriebsratsbefragung zum Thema Innovationen zeigen, dass die Beschäftigung insbesondere in Folge von Produkt- und Dienstleistungsinnovationen steigt, wohingegen Prozessinnovationen zu gleichen Teilen zu Beschäftigungsanstieg und – rückgang führen (Ziegler 2010). Weitere Folgen der Innovationen sind häufig neue Qualifikationsanforderungen sowie tlw. ein höheres Lohnniveau. Gleichzeitig sehen die Betriebsräte häufig eine Verschlechterung der Arbeitsbedingungen als Folge der Innovationen, insbesondere durch gestiegene Leistungsanforderungen und Arbeitsstress. Die Arbeitszufriedenheit hat dabei in fast zwei Dritteln der Fälle abgenommen, nur 9 % der Betriebsräte sehen eine Zunahme der Arbeitszufriedenheit in Folge der Innovationen (Ziegler 2010).

Hennen (2001) geht in seiner Studie davon aus, dass Umweltschutz und Umweltpolitik insgesamt leicht positive bis neutrale Wirkungen auf die Beschäftigung haben. Umwelttechnische Innovationen, insbesondere integrierte Umweltschutztechniken, führen laut Umfragen eher zu einer zusätzlichen Beschäftigung von hoch qualifizierten Arbeitskräften. Unqualifizierte profitieren in der Regel kaum. Der Ausbildungsgrad der in den Bereichen Energieeffizienz und rationale Energieverwendung Beschäftigten ist laut Hennen auf hohem Niveau: der Akademikeranteil liegt hier deutlich über 50 %, Ungelernte sind hingegen kaum in diesem Bereich angestellt (<5%) (Hennen 2001:112f.).

Für die Beurteilung von quantitativen Beschäftigungseffekten divergieren die Ergebnisse der Studien. Festzuhalten ist, dass neben kurzfristigen Arbeitsplatzeinsparungen durch Rationalisierung auch die längerfristigen Effekte durch Kostenreduktion und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit berücksichtigt werden müssen. Die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit kann nicht grundsätzlich mit Arbeitsplatzsicherung gleichgesetzt werden, denn diese ist von einer Vielzahl weiteren Faktoren abhängig. Die Auswirkungen von Umwelt- und Energieeffizienzmaßnahmen auf die Qualität der Arbeitsplätze werden überwiegend positiv bewertet. Ebenso die Bedeutung von solchen Maßnahmen für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und damit die Sicherheit von Arbeitsplätzen.

2.5.2 Wirkmechanismen

Die Herausforderung der Wirkungsanalyse liegt darin, einen kausalen Zusammenhang zwischen diesen Innovationen und deren Wirkungen auf Beschäftigung herzustellen. Hierfür gilt es zunächst, die Wirkungen zu bestimmen, die für die empirischen Untersuchungen relevant erscheinen. So sollte zwischen kurz-, mittel- und langfristigen Wirkungen auf Beschäftigung unterschieden werden. Auch sollten direkte und indirekte Wirkungen betrachtet werden. Vor allem für die indirekten Beschäftigungseffekte, die sich nicht unmittelbar nach Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen einstellen, stellt die Herstellung eines kausalen Zusammenhangs eine empirische Herausforderung

dar. Hinsichtlich der Art der Wirkung sollte zwischen quantitativen Effekten (Anzahl der Arbeitsplätze) und qualitativen Effekten (Qualifikation der Mitarbeiter/innen, Arbeitsinhalte) unterschieden werden.

HBS (2004:34) nennt folgende Wirkungskategorien:

- **Produktivitätssteigernde Wirkung:** Geringere Energiekosten steigern die Produktivität und damit die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen.
- **Produktionssteigernde Wirkung:** Da die Produktionskosten geringer sind, können die Unternehmen ihre Produkte zu günstigeren Preisen verkaufen, was eine höhere Nachfrage nach sich ziehen kann, die wiederum zur Produktionssteigerung und damit verbundenen Arbeitsplatzeffekten führen kann. Produktionssteigerungen und daraus resultierende Beschäftigungseffekte hängen aber nicht nur von der Produktivität eines Unternehmens ab, sodass dieser Effekt nicht zwingend eintreten muss, zumal es sich eher um eine langfristige Wirkung handelt, wo andere Faktoren wie z.B. Pläne des Gesamtunternehmens, Einschätzung der langfristigen Marktentwicklung oder Rücklagen des Unternehmens einen Einfluss haben können.
- **Technologiemultiplikatoreffekt:** Durch die Einführung einer Innovation werden weitere Innovationen angeregt, die produktivitäts- oder produktionssteigernde Effekte verstärken können. Dieser eher langfristige Effekt wird schwierig nachzuweisen sein, da hier ein kausaler Zusammenhang zwischen zwei oder mehreren Innovationsprozessen hergestellt werden muss, die außerdem nicht unbedingt innerhalb desselben Unternehmens stattfinden müssen.
- **Preiseffekte** ergeben sich z.B., wenn über die Einführung von effizienteren Prozessen Produktionskosten gesenkt werden können. Innovationserfolge können zu Lohnerhöhungen führen; auch gibt es Erkenntnisse darüber, dass ein hohes Lohnniveau innovationsfördernde Wirkungen haben kann (HBS 2004:33).
- **Einkommenseffekte** treten dann auf, wenn der durch die Senkung der Produktionskosten erzielte Gewinn auf die Löhne umgelegt wird.

Als weiterer Effekt ist die **Sicherung von Arbeitsplätzen bzw. Standortsicherung** zu nennen, die auf die Erhöhung der Produktivität und damit die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens zurückzuführen ist.

Grundsätzlich wird bei der Erhöhung der Energieeffizienz in der Regel Energieeinsatz durch Kapitaleinsatz ersetzt. Auch Verhaltensänderungen in Form von Energieeffizienzschulungen z.B. im Umgang mit Druckluft oder Fahrertrainings können hier eingeordnet werden, weil dazu in der Regel Schulungsprogramme finanziert werden müssen. Zwar ist die Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen zunächst an zusätzliche Investitionen des Unternehmens gekoppelt, diese werden aber mittel- bis langfristig über geringere Energiekosten wieder eingespart.

Um festzustellen, welche Effekte bei welchen Innovationsarten zu erwarten sind, soll im Folgenden auf die Effekte, die auf Prozess- und Produktinnovationen zurückzuführen sind, eingegangen werden.

Prozessinnovationen im Energieeffizienzbereich haben eine Reduzierung des Energieverbrauchs zum Ziel und gehen, wie oben erläutert, oft mit Rationalisierungen einher. Rationalisierungen ziehen als direkte Wirkung in der Regel einen Abbau von Arbeitsplätzen nach sich (HBS 2004). Allerdings sind energieeffizientere Prozesse mit direkten Kosteneinsparungen verbunden, die es ermöglichen, Produkte günstiger anzubieten oder die Gewinne zu reinvestieren. Über mögliche Pro-

duktionssteigerungen aufgrund einer höheren Nachfrage können wiederum Arbeitsplätze entstehen (indirekte Wirkung). HBS (2004:34) folgert weiter, dass es „bei Prozessinnovationen (...) zu positiven Wirkungen kommen (kann), wenn langfristige Effekte mitbetrachtet werden, z. B. Produktivität, Preis, Nachfrage und Umsatz.“ Hinsichtlich der qualitativen Effekte belegen Studien, dass Prozessinnovationen oft mit einer Höherqualifizierung von Beschäftigten einhergehen (HBS 2004:35).

Mit erfolgreichen **Produktinnovationen** und damit verbundener, gesteigerter Nachfrage gehen generell positive Beschäftigungseffekte einher. Allerdings lassen sich die Wirkungen von Produkt- und Prozessinnovationen nicht eindeutig voneinander trennen, da sie häufig gekoppelt sind. Für Produkte und Dienstleistungen ist weiterhin festzustellen, dass Umweltschutzmaßnahmen sowohl auf Seiten der privaten Konsument/innen als auch seitens gewerblicher Kunden zu einer erhöhten Nachfrage nach energieeffizienten Produkten und Dienstleistungen führen. So ist vor allem bei jenen Unternehmen eine positive Beschäftigungswirkung zu erwarten, die ohnehin schon solche Produkte und Dienstleistungen anbieten oder schnell auf den Markt bringen, um sich dadurch eine bessere Wettbewerbsposition zu schaffen oder gegebenenfalls neue Märkte erschließen zu können (Knigge/ Görlach 2005b: 37f).

Den Herstellern von energieeffizienten Produkten, die in erster Linie der Maschinenbaubranche angehören, wird eine hohe Innovationstätigkeit zugeschrieben. So halten deutsche Unternehmen 20% aller im Bereich Energieeffizienz angemeldeten Patente. Mehr Patente werden nur von den USA angemeldet, die einen Anteil von 24% halten (BMU/UBA 2009). Weiterhin ist festzustellen, dass es sich sowohl bei der Maschinenbau- als auch bei der Chemiebranche um Branchen mit vergleichsweise geringer Arbeitsintensität und einem hohen Anteil automatisierter Prozesse handelt und Energie hier kaum durch eine Erhöhung der Arbeitsintensität eingespart werden kann. Daher sind hier eher indirekte Arbeitsplatzeffekte zu erwarten (Effizienzmaßnahme – Erhöhung der Produktivität – Ausweitung der Produktion – mehr Beschäftigung). Als direkte Effekte könnten durch Rationalisierung eher einige wenige Arbeitsplätze wegfallen.

3 Ökonomische und energetische Bedeutung der untersuchten Branchen

Die vorliegende Studie fokussiert auf die drei Branchen chemische Erzeugnisse, Transport/Logistik und Maschinenbau. Dabei werden in der chemischen Industrie die Prozesse, im Maschinenbau die Produkte und im Bereich Transport und Logistik die Dienstleistungen betrachtet. Anhand der Betrachtung von ausgewählten Branchen können zum einen tiefgehende Analysen in den jeweils betrachteten Branchen durchgeführt werden, zum anderen liefert der Vergleich zwischen den Branchen Informationen in Bezug auf die Übertragbarkeit von Ergebnissen und die Bedeutung von Branchenspezifika. Im Folgenden wird zunächst die Auswahl der drei Branchen anhand eines Vergleichs ihrer ökonomischen Bedeutung und ihres Energieverbrauchs mit anderen Branchen dargestellt, anschließend erfolgt eine vertiefende Charakterisierung der jeweiligen Branchen.

3.1 Branchenvergleich und Branchenauswahl

Die Branchenauswahl berücksichtigt einerseits den Energieverbrauch und die Potenziale für Energieeffizienzsteigerungen in Produktion bzw. Produkten und Dienstleistungen sowie andererseits die volkswirtschaftliche Bedeutung der Branchen und ihre Relevanz für die Beschäftigung insgesamt sowie in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU)⁴, da diese bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen mit spezifischen Schwierigkeiten konfrontiert sind. Für die Identifikation geeigneter Branchen wurden für den Energieverbrauch zwei Kenngrößen herangezogen: der Anteil der Branche am gesamten Primärenergiebedarf und die Energieintensität der Branche.

Eine Unterteilung des deutschen **Primärenergiebedarfs** nach Verbrauchergruppen verdeutlicht, dass bezüglich des Primärenergiebedarfs die Produktionsbereiche (produzierendes Gewerbe, Dienstleistungsgewerbe, Landwirtschaft, Handel- und Gastgewerbe sowie öffentliche Einrichtungen) zusammen mit einer Majorität von 66,9 % gegenüber den privaten Haushalten mit einem Anteil von nur 33,1 % (inkl. Individualverkehr) eindeutig dominieren (Statistisches Bundesamt 2010).

Ein Großteil dieses Energiebedarfs entfällt dabei auf das produzierende Gewerbe, wobei alleine 12,6 % der Primärenergie in Deutschland auf die chemischen Erzeugnisse entfallen. Innerhalb des produzierenden Gewerbes gehört der Maschinenbau - neben anderen Bereichen (Ernährungsreich, Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden, Papiergewerbe, Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen sowie Metallerzeugnissen) - zu denen mit besonders hohem Energieverbrauch. Von den Dienstleistungen, die insgesamt für knapp ein Viertel des Primärenergieverbrauchs in Deutschland verantwortlich sind, weist der Bereich Verkehr und Nachrichtenübermittlung den höchsten Anteil am Verbrauch auf (Destatis 2009d).

⁴ Wir legen dabei den Fokus auf KMU im Sinne der Definition des Instituts für Mittelstandsforschung (IfM), Bonn. Das IfM definiert Unternehmen mit 1 bis 499 Beschäftigten als mittlere Unternehmen. Im Unterschied hierzu steht die KMU-Definition der EU, die als KMU eigenständige Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeiter/innen und einem Umsatz kleiner 50 Mio. Euro oder einer Bilanzsumme kleiner 43 Mio. Euro definiert.

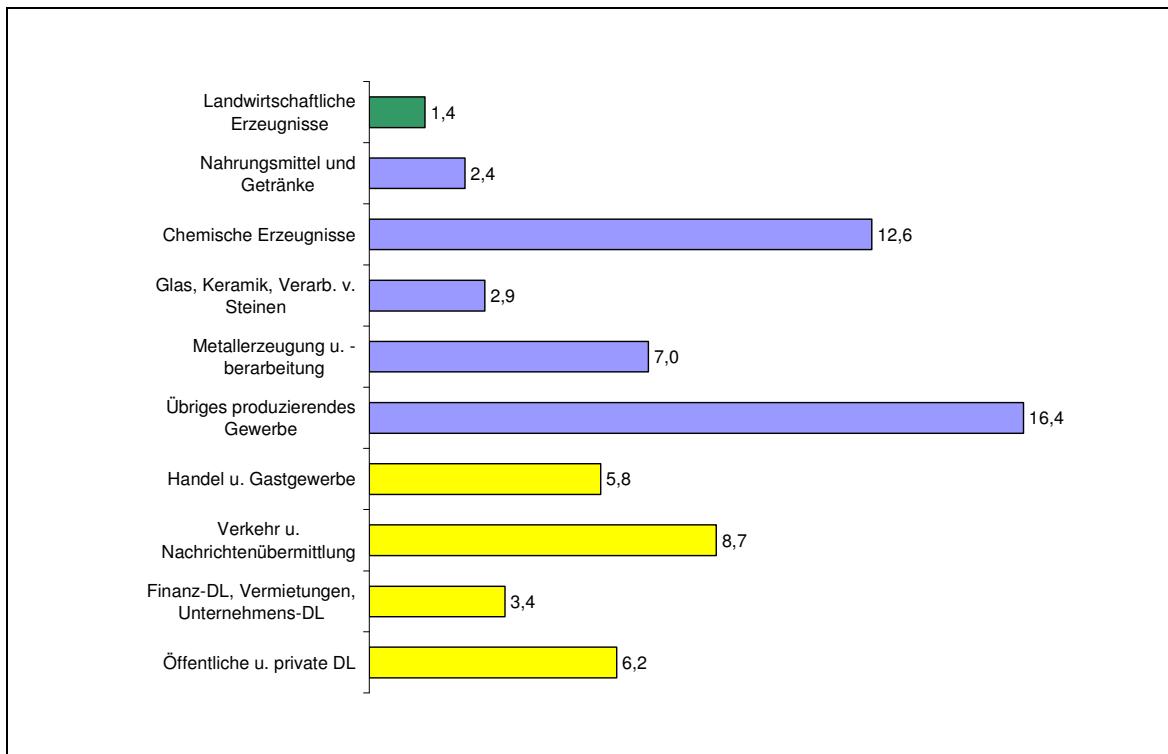
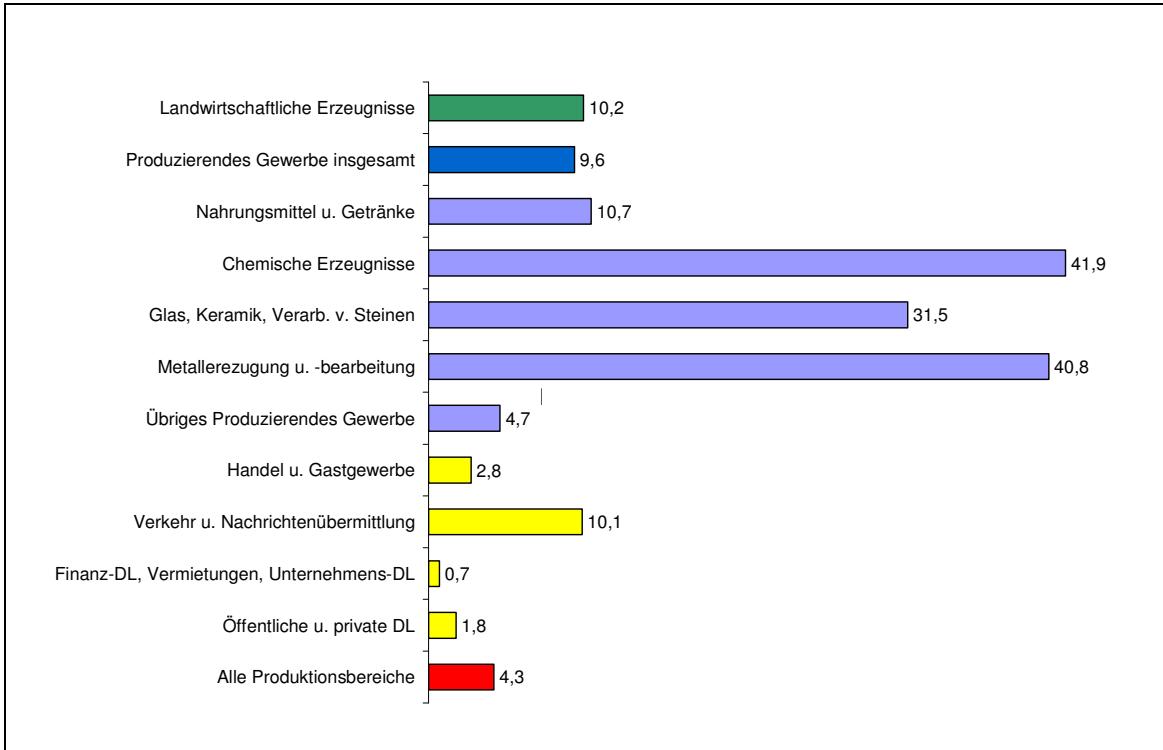


Abb. 3.1: Anteil der Produktionsbereiche am gesamten Primärenergieverbrauch 2008

Quelle: Eigene Darstellung nach Statistisches Bundesamt (2010)

Als Branchen mit der höchsten **Primärenergieintensität** (Energieverbrauch je Euro Bruttowertschöpfung) im produzierenden Gewerbe gelten: Metalle, Chemie, Papier, Zement und Glas. Dabei führen die Produktionsbereiche Metallerzeugung und -bearbeitung und chemische Erzeugnisse mit 40,8 MJ/EUR und 41,9 MJ/EUR Bruttowertschöpfung die Statistik zur Primärenergieintensität klar an.

**Abb. 3.2: Primärenergieintensität nach Produktionsbereichen 2008**

Quelle: Eigene Darstellung nach Statistisches Bundesamt (2010)

Die vorangegangenen Betrachtungen zu Primärenergiebedarf und Primärenergieintensität verdeutlichen, dass Chemie eine der besonders relevanten Branchen im Hinblick auf die Produktionsprozesse ist. Da die Produkte des Maschinenbaus in zahlreichen anderen Branchen eingesetzt werden und dort den Energieverbrauch entscheidend mit prägen, fällt die Wahl bei den Produkten auf diese Branche. Die Dienstleistungen der Transport- und Logistikbranche weisen ebenfalls eine entscheidende Bedeutung für den Energieverbrauch auch in anderen Branchen auf, so dass dieser Bereich für die Dienstleistungen ausgewählt wurde.

Ein wesentliches Kriterium für die Branchenauswahl ist neben dem Energieverbrauchs und den Potenzialen für Energieeffizienzsteigerungen in der Produktion sowie bei Produkten und Dienstleistungen die **volkswirtschaftliche Bedeutung** dieser Branchen bzw. ihre Bedeutung für die Beschäftigung. Tab. 3.1 macht deutlich, dass vor allem in den Branchen Transport- und Logistik sowie Maschinenbau ein großer Anteil der Beschäftigten in KMU tätig ist. Da hier als Obergrenze eine Beschäftigtenzahl von 249 gewählt wurde fällt der Anteil der in KMU Beschäftigten noch deutlich höher aus, wenn darunter Unternehmen bis zu einer Größe von 500 Beschäftigten gefasst werden.

Tab. 3.1: Beschäftigte in den drei ausgewählten Branchen

Quelle: Kless / Veldhues (2008)

Branche	Beschäftigte insgesamt	Anteil der Beschäftigten in KMU ⁵
H. v. chemischen Erzeugnissen	451.589	19,4%
Maschinenbau	1.049.852	44,3%
Transport und Logistik ⁶	1.899.998	45,3%

Unter Berücksichtigung des Energieverbrauchs, der Effizienzpotenziale und der Bedeutung für Beschäftigung wurden daher die Branchen Chemie, Maschinenbau und Transport/Logistik zur vertiefenden Untersuchung in der vorliegenden Studie ausgewählt.

3.2 Die chemische Industrie

Die deutsche Chemieindustrie stellt mit einem Umsatzanteil von 10,3 % am verarbeitenden Gewerbe und 6,7 % der Beschäftigten dieses Gewerbes einen bedeutenden Wirtschaftszweig dar (VCI 2008). Insgesamt produziert die Branche mehr als 30.000 verschiedene Stoffe, die von Grundchemikalien wie Chlor und Ammoniak über Zwischenprodukte wie Styrol und Vinylchlorid bis hin zu Spezialchemikalien wie beispielsweise Pflanzenschutzmitteln reichen und oft in komplexen Prozessen hergestellt werden (Behr/ Onken 2006). Hierbei sind die Unternehmen meist auf einzelne Prozessschritte spezialisiert und produzieren vor allem für den Business-to-Business-Markt, wobei 58 % der Produkte als Vorleistungen direkt wieder in die Chemiewirtschaft eingehen (VCI 2008). Bemerkenswert ist, dass im Gegensatz zu anderen Industriezweigen Vorprodukte oft durch große Unternehmen, die Endprodukte häufig durch KMU hergestellt werden (VCI 2008). Die amtliche Klassifikation der Wirtschaftszweige des statistischen Bundesamtes (WZ 2003)⁷ teilt die Branche in sechs Teilbereiche ein (s. Tab. 3.2).

⁵ In dieser Auswertung wurde die Definition der EU verwendet: KMU sind demnach Unternehmen mit bis zu 249 Beschäftigten und einem maximalen Jahresumsatz von 50 Millionen Euro.

⁶ Für diese Branche wurden die verfügbaren Daten des Wirtschaftszweiges „Verkehr und Nachrichtenübermittlung“ verwendet, da diese bezüglich der Unternehmensgröße nur in aggregierter Form existieren. Sie enthalten auch die Beschäftigtenzahlen für Fernmeldedienste, was allerdings aufgrund der verhältnismäßig geringen Beschäftigungszahl in diesem Zweig das Ergebnis nur geringfügig beeinflusst.

⁷ Da die im Folgenden näher betrachteten Kennzahlen der chemischen Industrie auf der Einteilung der Branchen nach WZ 2003 beruhen, kommt die im Jahr 2008 in Teilen modifizierte Fassung „WZ 2008“ hier nicht zum Einsatz.

Tab. 3.2: Unterteilung der Chemiewirtschaft nach statistischem Bundesamt (WZ 2003)

Quelle: Destatis (2009b):

Hauptkategorien	Unterkategorien
Anorganische Grundchemikalien	Industriegase
	Düngemittel und Stickstoffverbindungen
Petrochemikalien und Derivate	
Polymere	Kunststoffe
	Synthetischer Kautschuk
	Chemiefasern
Fein- und Spezialchemikalien	Farbstoffe und Pigmente
	Schädlingsbekämpfungs-, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmittel
	Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte
	Sonstige chemische Erzeugnisse
Pharmazeutika	Pharmazeutische Grundstoffe
	Pharm. Spezialitäten u. sonst. pharm. Erzeugnisse
Seifen, Wasch- und Körperpflegemittel	Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Poliermittel
	Duftstoffe und Körperpflegemittel

Bei näherer Betrachtung der Chemiebranche fällt die hohe Konzentration der Produktion auf wenige große Betriebe auf: Nach aktuellen Zahlen werden ca. 2000 Unternehmen der Chemiebranche zugerechnet. Mindestens 90 % sind kleine und mittelständische Unternehmen, die restlichen 10 % sind große Betriebe mit mindestens 500 Mitarbeiter/innen. Sie beschäftigen mehr als 2/3 aller Mitarbeiter/innen der Branche und erwirtschaften 3/4 des Gesamtumsatzes (VCI 2009c). Die KMU sind vorwiegend auf dem Gebiet der Produktion von Fein- und Spezialchemikalien für einen bestimmten, begrenzten Abnehmerkreis aktiv und produzieren insgesamt 24.000 verschiedene Produkte, deren Produktionsmenge jeweils unter einer Tonne pro Jahr liegt. KMU haben den Vorteil, dass sie sich schnell an neue Gegebenheiten anpassen können und somit auf spezielle Kundenwünsche schnell reagieren (Behr/ Onken 2006). Zu vernachlässigen ist jedoch auch nicht der Anteil der KMU an anderen Teilbereichen: Immerhin 250 mittelständische Firmen sind in der von großen Unternehmen geprägten Grundstoffchemie tätig (Eckert-Kömen et al. 2009). Die folgende Abbildung zeigt die Struktur der deutschen Chemiewirtschaft und ordnet den Unternehmensgrößen den jeweiligen Anteil an der Gesamtbeschäftigung und am Branchenumsatz zu.

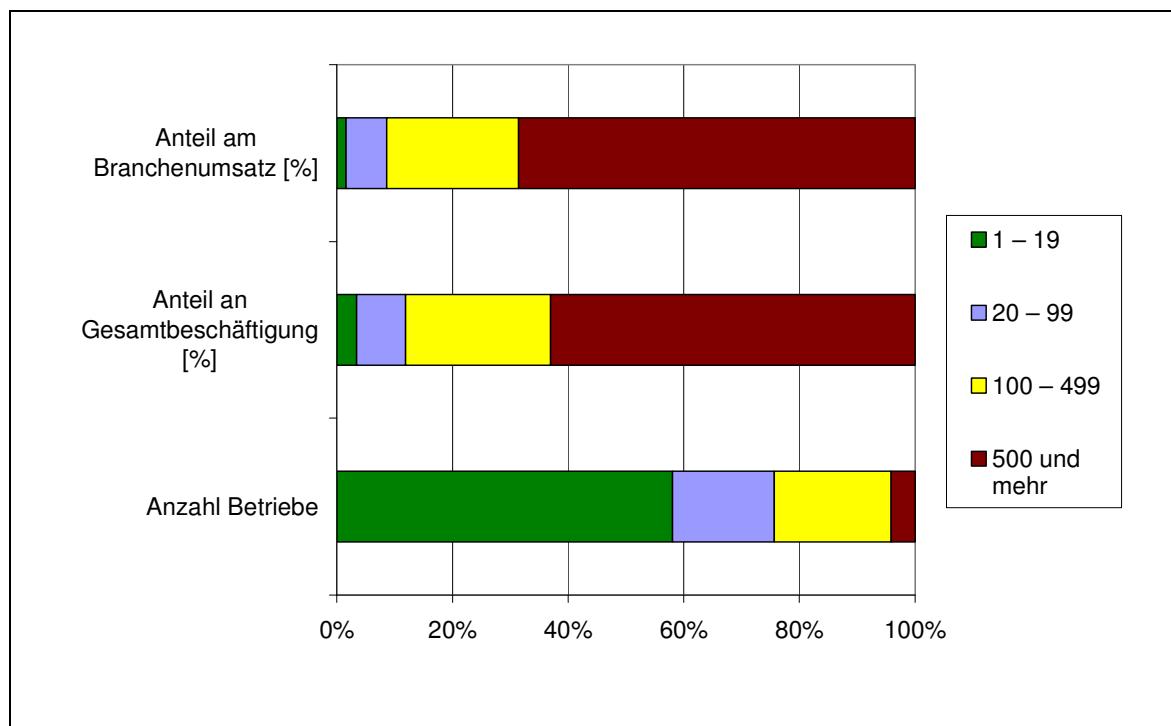


Abb. 3.3: Struktur der Chemieindustrie

Quelle: VCI (2008), eigene Darstellung

Eine vertiefende Auswertung der amtlichen Statistik nach Wirtschaftszweigen zeigt, dass insbesondere die Polymerindustrie hohe Umsatzanteile aufweist, die Bereiche anorganische Grundstoffe und Seifen, Wasch- und Körperpflegemittel dagegen geringe (VCI 2009a). Beschäftigungsintensiv sind insbesondere die Bereiche Polymere, Fein- und Spezialchemikalien und Pharmazeutika, gering dagegen anorganische Grundstoffe und Petrochemie. Hinsichtlich der Beschäftigungsentwicklung konnte zwischen 1999 und 2008 lediglich der Bereich Fein- und Spezialchemikalien leichte Zuwächse erzielen (VCI 2009a). Der Anteil am Produktionsindex⁸ ist vor allem bei den Sparten Polymere, Pharmazeutika, Fein- und Spezialchemikalien und Petrochemie hoch (siehe Tab. 3.3).

⁸ Der Produktionsindex misst die monatliche Leistung des produzierenden Gewerbes Deutschlands. Er berücksichtigt die Produktion von Betrieben mit mehr als 50 Beschäftigten, die ihre Daten an das Statistische Bundesamt melden. Die Kennzahl wird durch die Ausrichtung der monatlichen, durchschnittlichen Produktion (Nettowertschöpfung) des Jahres 2005 ermittelt (Destatis 2009b).

Tab. 3.3: Anteil der Teilbranchen am Produktionsindex der chemischen Industrie
 Quelle: (VCI 2008).

Anorganische Grundchemikalien	8,55 %
Industriegase	1,34 %
Düngemittel und Stickstoffverbindungen	1,77 %
Petrochemikalien und Derivate	17,95 %
Polymere	23,02 %
Kunststoffe	19,79 %
Synthetischer Kautschuk	0,06 %
Chemiefasern	3,17 %
Fein- und Spezialchemikalien	20,31 %
Farbstoffe und Pigmente	2,12 %
Schädlingsbekämpfungs-, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmittel	0,93 %
Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte	7,84 %
Sonstige chemische Erzeugnisse	9,42 %
Pharmazeutika	22,44 %
Pharmazeutische Grundstoffe	1,01 %
Pharm. Spezialitäten u. sonst. pharm. Erzeugnisse	21,43 %
Seifen, Wasch- und Körperpflegemittel	7,73 %
Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Poliermittel	4,01 %
Duftstoffe und Körperpflegemittel	3,72 %

Die Chemieindustrie ist neben der Metallverarbeitung und Metallerzeugung einer der energieintensivsten Wirtschaftszweige des Landes (s. Abb. 3.1). Gemessen am Stromverbrauch hat sie einen Anteil von ca. 20 % am Gesamtverbrauch des verarbeitenden Gewerbes und 10 % am Energiebedarf Deutschlands. Berücksichtigt man den gesamten Primärenergiebedarf, so steigt der Anteil sogar auf mehr als 12 % (VCI 2008). Ursächlich für den hohen Bedarf der Branche sind energieintensive Verfahren und Prozesse, die in einem hohen Umfang Wärme, Strom, Dampf etc. benötigen (Staudigl 2008). Die Höhe des Energieverbrauchs in der Industrie wird im Wesentlichen durch zwei Faktoren beeinflusst: Zum einen durch die Produktionsstruktur und die produzierten Produkte und zum anderen durch die hierfür eingesetzten Verfahren (Saygin et al. 2008). Entsprechend unterschiedlich ist der Energiebedarf der einzelnen Sparten der Chemiewirtschaft: Bis zum heutigen Zeitpunkt existieren jedoch noch keine genauen Statistiken, die den Energieverbrauch auf die einzelnen Teilsektoren aufteilen.

In den vergangen Jahren ist es gelungen den Energieverbrauch vom Wachstum der Branche zu entkoppeln. Saygin et al. (2008) beziffert die Wachstumsrate der physischen Produktion zwischen 1990 und 2003 auf 2,3 % – 3,8 % p.a. bei einem Rückgang des Primärenergiebedarfs von 660 PJ auf 450 PJ im selben Zeitraum. Aus den genannten Daten ergibt sich eine Energieeffizienzsteigerung, die zwischen 1995 und 2003 3,7 % - 5,1 % betrug. Die Industrie insgesamt erreichte einen durchschnittlichen Wert von 1 % (Saygin et al. 2008). Bestätigt wird diese Tendenz durch Daten des VCI: Hier nach stieg die Produktion zwischen 1990 und 2006 um 43 %, der Energieverbrauch sank hingegen um 27 % (Staudigl 2008). Im internationalen Vergleich zeigt sich, dass der spezifi-

sche Energieverbrauch der Grundstoffchemie in Deutschlang (bezogen auf die Wertschöpfung) deutlich geringer ist als in Frankreich und Japan, jedoch vergleichbar mit den USA (RWI 2010).⁹

Erreicht wurde die Effizienzsteigerung hauptsächlich durch die Nutzung der Kraft-Wärme-Technik und die Modifikation der Herstellungsprozesse. Für die Zukunft verpflichtete sich der VCI den Energieverbrauch der Chemiebranche um 35 % - 40 % bis zum Jahr 2012 basierend auf dem Verbrauch von 1990 zu reduzieren. Bis zum Jahr 2020 wird eine jährliche Steigerung der Energieeffizienz um durchschnittlich 1,6 % als möglich erachtet (Staudigl 2008).

Tab. 3.4: Energieverbrauch in der chemischen Industrie 2008

Quelle: VCI (2010)

Anmerkung: Die Daten enthalten neben der energetischen Nutzung auch teilweise die stoffliche Nutzung des Energieträgers.

Energieträger	Verbrauch 2008 in TJ
Gesamtenergieverbrauch	669.991
Strom	186.220
Heizöl	90.057
Gas	357.426
Kohle	36.288

Der Energieverbrauch in der chemischen Industrie für das Jahr 2008 ist in Tab. 3.4 dargestellt. Gegenüber früheren Daten liegt hier eine veränderte statistische Abgrenzung zugrunde, weswegen die Entwicklung des Energieverbrauchs zwischen den Jahren 1996 und 2007 dargestellt wird. In diesem Zeitraum stieg der Stromverbrauch an, wohingegen der Verbrauch an Kohle und Heizöl deutlich abnahm (s. Tab. 3.5). Dagegen kommt das statistische Bundesamt in seiner umweltökonomischen Gesamtrechnung zu dem Ergebnis, dass der Primärenergieverbrauch zur Herstellung chemischer Erzeugnisse zwischen 2000 und 2008 um 3,7 % zunahm (Statistisches Bundesamt 2010).

⁹ Bei diesem Vergleich muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Unterschiede zum Teil auch durch Unterschiede im Produktmix verursacht werden können.

Tab. 3.5: Energieverbrauch in der chemischen Industrie 1996 und 2007

Quelle: (VCI 2008, 2010), eigene Berechnung der prozentualen Veränderungen

Anmerkung: Die Daten enthalten neben der energetischen Nutzung auch teilweise die stoffliche Nutzung des Energieträgers.

Energieträger	Verbrauch 1996 in TJ	Verbrauch 2007 in TJ	Veränderung in %
Gesamtenergieverbrauch	760.415	663.098	-12,8
Strom	167.578	192.293	+14,7
Heizöl	129.426	92.159	-28,8
Gas	370.755	344.744	-7,0
Kohle	92.656	33.956	-63,4

Trotz der Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs stiegen die Energiekosten in der Chemieindustrie deutlich an: Betrugen sie 1997 noch 4,19 Mrd. Euro so stiegen sie im Jahr 2007 bis auf 5,95 Mrd. Euro (VCI 2008). Eine Analyse des Energiekostenanteils zeigt, dass dieser im Schnitt in der chemischen Industrie bei 10 % der Betriebskosten liegt. Die Grundstoffchemie weist mit 40 % bedeutend höhere Anteile auf (Koordinierungskreis "Chemische Energieforschung" 2007). In einzelnen Fällen kann der Anteil sogar auf mehr als 50 % der Produktionskosten wachsen. Gemessen am Bruttoproduktionswert machen die Energiekosten dagegen sowohl in der Grundstoffchemie als auch der übrigen chemischen Industrie 2005 jeweils 3 % aus (Henzelmann/ Büchele 2009).

Der kumulierte Energieaufwand der Chemieindustrie verteilt sich ebenfalls sehr unterschiedlich über die Produktgruppen: hohe Anteile weisen die organischen und anorganischen (Grund-)Chemikalien auf, daneben weist der Bereich Kunststoffe einen hohen Energieaufwand auf (Eissen et al. 2002). Das Einsparpotenzial der Industrie wird auf 15 % geschätzt, wobei die stoffliche Nutzung des Energieträgers (vorwiegend Erdöl) mit berücksichtigt wird.

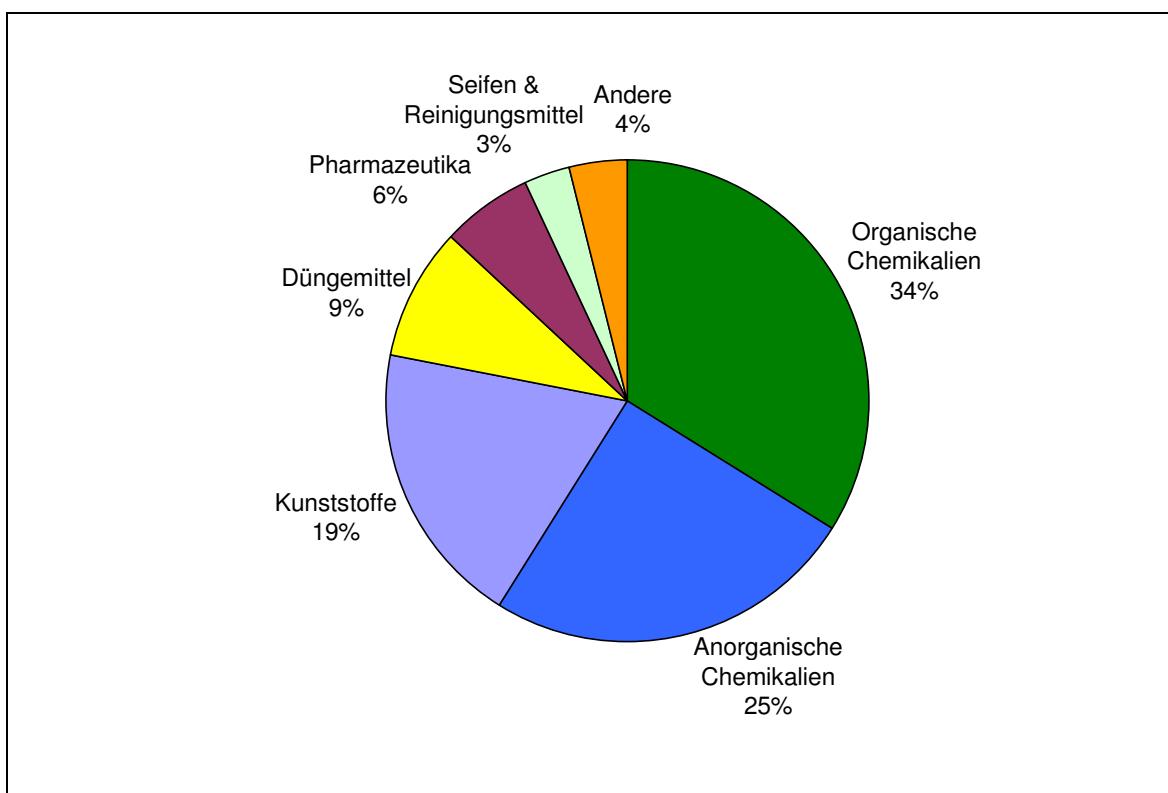


Abb. 3.4: Anteile von Produktgruppen am kumulierten Energieaufwand der Chemiewirtschaft

Quelle: Eissen et al. (2002), eigene Darstellung.

Anmerkung: Der Energieaufwand besteht aus 51 % Rohstoffeinsatz und 49 % Prozessenergie.

Auf der Basis der vorgestellten Ergebnisse wird der Fokus bei der Akquirierung der Fallstudienpartner auf die beiden Wirtschaftszweige „Fein- und Spezialchemikalien“ sowie „Polymere“ im Projekt gelegt: Für Erstere spricht vor allem ein hoher Anteil an Beschäftigung und Umsatz. Als einzige Sparte verzeichnen die Fein- und Spezialchemikalien außerdem in den letzten zehn Jahren einen leichten Anstieg der Beschäftigten. Zudem ist die Anzahl der KMU bei der Produktion von Fein- und Spezialchemikalien besonders hoch. Auch der Bereich Polymere hat einen erheblichen Anteil an der Wirtschaftskraft der deutschen Chemieindustrie. Hinzu kommt, dass allein die Herstellung von Kunststoffen (das zentrale Produkt des Teilbereichs „Polymere“) 19 % der Gesamtenergieaufwands ausmachen (siehe Abb. 3.4).

3.3 Die Maschinenbaubranche

Der Maschinen- und Anlagenbau ist mit 908.000 Beschäftigten in mehr als 6.000 Unternehmen der beschäftigungsintensivste Wirtschaftszweig in Deutschland und konnte nach dem Krisenjahr 2009 im vergangenen Jahr wieder ein Wachstum verzeichnen (VDMA 2011a; VDMA 2011c). Kennzeichnend für den Maschinenbau ist eine hohe Anzahl mittelständischer Unternehmen: 88 % der Unternehmen haben weniger als 250 Mitarbeiter/innen. Diesen stehen wenige große Mischkonzerne gegenüber. Der Gesamtumsatz der Branche lag 2010 bei 173,4 Mrd. € (VDMA 2011a). Die Umsätze konzentrieren sich im Gegensatz zu den Beschäftigten auf wenige große Konzerne: So

haben die 11 % der Betriebe mit Umsätzen von mehr als 50 Mio. € einen Anteil von rund 70 % am Gesamtumsatz, nur 8 % entfallen dagegen auf die zahlreichen Unternehmen mit weniger als 10 Mio. € Umsatz (FinanzGruppe Branchendienst 2008).

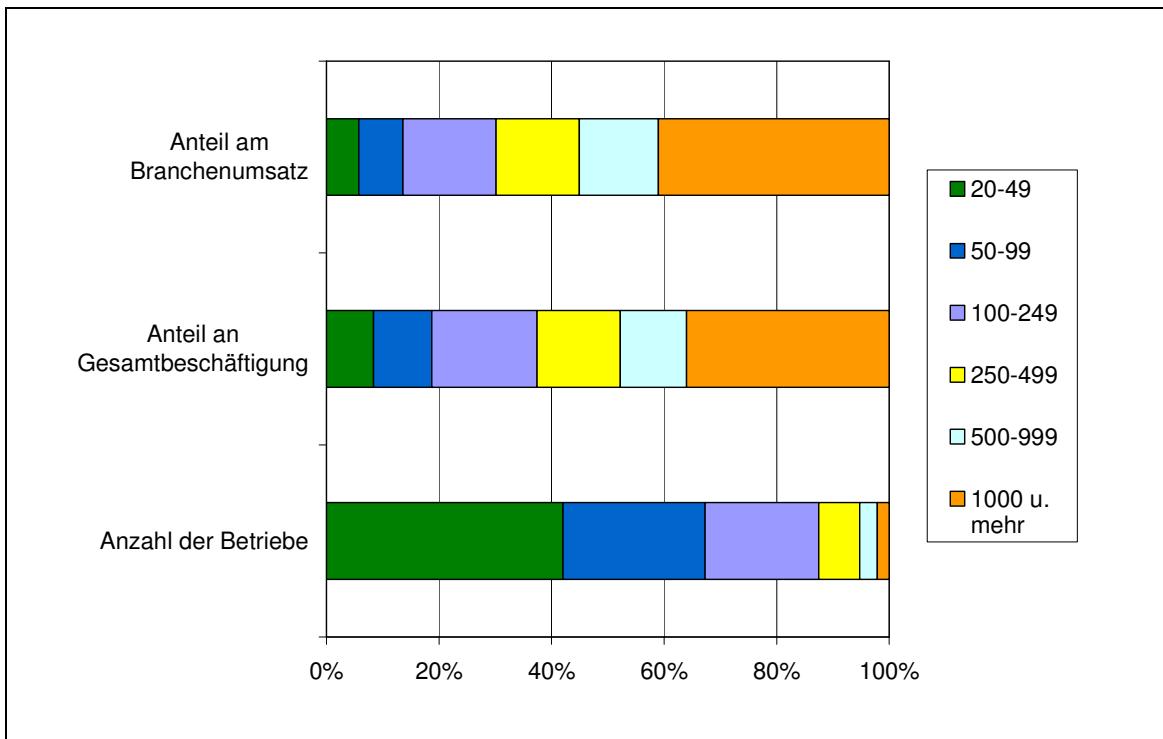


Abb. 3.5: Struktur der deutschen Maschinenbaubranche

Quelle: VDMA (2011a), eigene Darstellung

Abb. 3.5 zeigt die Struktur der deutschen Maschinenbaubrache und ordnet den Unternehmensgrößen nach Beschäftigtenzahl den jeweiligen Anteil am Branchenumsatz, an der Gesamtbeschäftigung und an der Anzahl der Betriebe zu.

Die Branche Maschinenbau umfasst rund 40 verschiedene Fachzweige: Hierzu zählen beispielsweise Kompressoren-, Druckluft- und Vakuumtechnik, Fördertechnik, Antriebstechnik aber auch Erzeugungsanlagen für Erneuerbare Energien (VDMA 2008). Im VDMA-Bericht „Maschinenbau in Zahl und Bild“ werden 28 Fachzweige genannt (s. Tab. 3.6).

Tab. 3.6: Fachzweige der Maschinenbaubranche

Quelle: (VDMA 2008)

Fachzweige	Unterfachzweig
Kompressoren, Druckluft- und Vakuumtechnik	
Aufzüge und Fahrstufen	
Bekleidungs- und Ledertechnik	
Feuerwehrtechnik	
Fluidtechnik	Hydraulik
	Pneumatik
	Dichtungstechnik
Präzisionswerkzeuge	
Antriebstechnik und -elemente	
Gießereimaschinen	
Bergbautechnik	
Kunststoff- und Gummimaschinen	
Holzbearbeitungsmaschinen	
Hütten- und Walzwerkeinrichtungen	
Armaturen	
Motoren und Systeme	
Nahrungsmittelmaschinen und Verpackungsmaschinen	
Power Systems (Turbinen)	Gas- und Dampfturbinen
	Kraft-Wärme-Kopplung und Bioenergie
	Windenergie
	Wasserkraft
	Brennstoffzellen
Pumpen + Systeme	
Robotik und Automation	
Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate	
Werkzeugmaschinen und Fertigungssysteme	
Thermoprozesstechnik	
Textilmaschinen	
Waagen	
Allgemeine Lufttechnik	Klima- und Lüftungstechnik
	Trocknungstechnik
	Kälte- und Wärmepumpentechnik
	Oberflächentechnik
	Luftreinhaltung
Druck- und Papiertechnik	
Flüssigkeitspumpen	
Bau- und Baustoffmaschinen	
Landtechnik	

Die Wirtschaftszweigklassifikation des statistischen Bundesamts von 2008 unterteilt die Maschinenbaubranche in fünf Untergruppen: die Herstellung von nicht wirtschaftszweigspezifischen, von sonstigen nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen, von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen, von Werkzeugmaschinen und Maschinen für sonstige bestimmte Wirtschaftszweige (Destatis 2008). Umsätze, Beschäftigtenzahlen und die Anzahl der Betriebe sind relativ gleichmäßig auf diese Teilbereiche verteilt (Destatis 2009a). Ausgewählt werden zur weiteren Betrachtung in der vorliegenden Studie die nicht wirtschaftszweigspezifische (sonstigen) Maschinen, die in der gesamten Industrie und im Gewerbe zum Einsatz kommen und somit durch ihre hohe Verbreitung besondere Bedeutung bei der Energieeffizienzsteigerung haben können. Die Umsätze, Zahl der Beschäftigten und die Anzahl der Betriebe in diesen Fachzweigen ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Diese zeigt, dass aus wirtschaftlicher Sicht die Bereiche Hebezeuge und Fördermittel, Kälte- und Lufttechnik, Verbrennungsmotoren und Turbinen, hydraulische und pneumatische Komponenten, Pumpen und Kompressoren sowie Lager, Getriebe, Zahnräder und Antriebselemente besonders relevant sind.

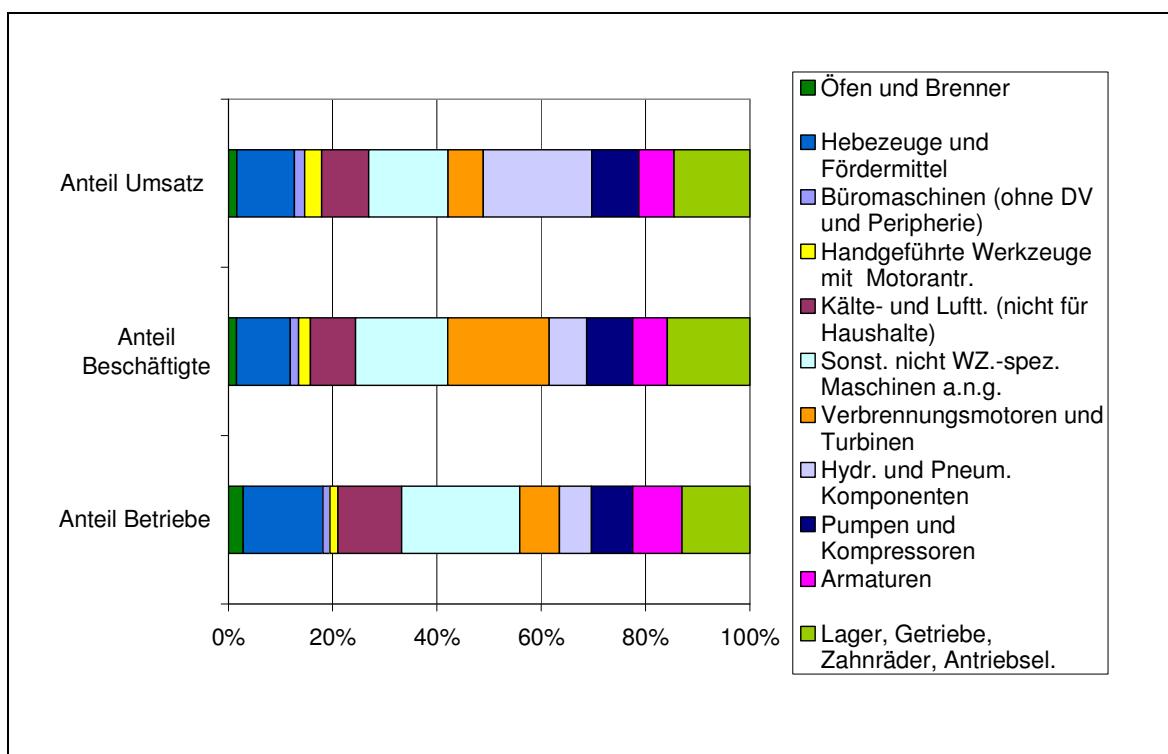


Abb. 3.6: Wirtschaftsstruktur nicht-wirtschaftszweigspezifischer Maschinenhersteller (2008)

Quelle: Destatis (2009c), eigene Darstellung.

Nach Angaben des VDMA (2011b) stellte der Export im Jahr 2010 ein Volumen von 123 Mrd. Euro dar. Die Exportquote lag im selben Jahr bei 74,8 %. Dies belegt die starke Exportorientierung der Branche. Die wichtigsten Absatzmärkte sind China und die USA, welche im Zeitraum von Januar bis November 2010 zusammen Lieferungen im Wert von knapp 23 Mrd. Euro erhielten. Neben der Exportorientierung zeichnet die Branche auch eine starke Innovationskraft aus. Nach VDMA (2011b) haben sieben von zehn Unternehmen in den Jahren 2007 bis 2009 mindestens eine Produkt- und/oder Prozessinnovation eingeführt. 24 % der Umsätze im Jahr 2009 wurden durch neue

oder deutlich verbesserte Produkte erzielt. Seit dem Krisenjahr 2009 steigt die Beschäftigtenzahl in der Branche wieder deutlich an und für 2011 rechnet der VDMA mit einem weiteren Beschäftigungsaufbau von 20.000 Stellen. Dies würde eine Stammbelegschaft von ca. 932.000 Beschäftigten Ende des Jahres bedeuten (VDMA 2011b).

Entscheidend für den Energiebedarf im produzierenden Gewerbe ist seitens dieser Produkte vor allem der hohe Strombedarf durch elektrische Antriebe und Pumpen, durch Kompressoren sowie andere hydraulische und pneumatische Komponenten, weshalb sich die Studie im Weiteren auf diese Technologien fokussiert. In der gesamten deutschen Industrie könnten allein durch die Bereitstellung und den Einsatz energieeffizienter elektrischer Antriebstechnik jährlich 15 % des Stromverbrauchs eingespart werden (ZVEI 2008).

3.4 Transport und Logistik

Die Transport und Logistikbranche fällt in den offiziellen Statistiken des statistischen Bundesamts (nach WZ 2008) in den Wirtschaftszweig „Verkehr und Lagerei“. Darin enthalten sind die Sparten: Landverkehr (Eisenbahn- und Landverkehr, Rohrfernleitungen), Schifffahrt (Binnen- Seeschiffahrt), Luftfahrt, Lagerei und sonstige Dienstleistungen für den Verkehr sowie Post-, Kurier und Expressdienste. Zusätzlich wird in der Statistik zwischen Güter- und Personenverkehr unterschieden (Destatis 2008). Die Betrachtung in der vorliegenden Studie beschränkt sich auf den Güterverkehr, der etwa 6 % des gesamten Primärenergieverbrauchs Deutschlands in Anspruch nimmt (Öko-Institut/ LVS 2007). Um die Auswahl möglicher Unternehmen für die Analyse weiter einzugrenzen, werden die Luftfahrt aufgrund ihres geringen Transportaufkommens und die Seeschiffahrt aufgrund ihrer rein internationalen Ausrichtung ausgeschlossen.

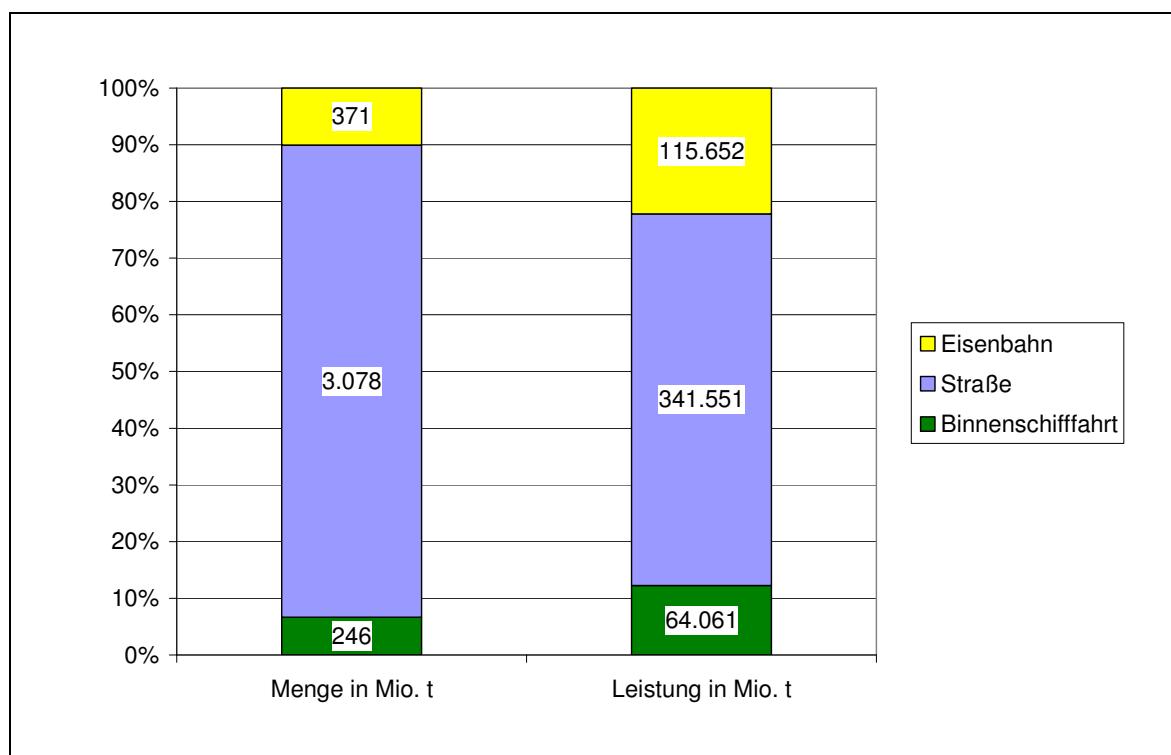


Abb. 3.7: Transportmengen- und -leistungen verschiedener Verkehrsträger im Güterverkehr

Quelle: Destatis (2007), eigene Darstellung.

Die Transportmengen und -leistungen für die verbleibenden drei Sparten zeigen, dass der Modal Split in Deutschland deutlich auf dem Straßengüterverkehr basiert, auf den 83 % der Transportmengen und 66 % der Transportleistung entfallen (s. Abb. 3.7) (Destatis 2007). Der Anteil des Straßenverkehrs ist dabei in den letzten Jahrzehnten deutlich angestiegen, während die Binnenschifffahrt und der Schienenverkehr Anteile verloren haben.

Die Unternehmen sind im Bereich des Straßengüterverkehrs und der Binnenschifffahrt in der Regel sehr klein: In beiden Bereichen liegt der Anteil der Unternehmen mit mehr als 50 Mitarbeiter/innen deutlich unter 5 %, der Großteil der Unternehmen hat nur bis zu 9 Mitarbeiter/innen (s. Abb. 3.8). Die Zahl der Unternehmen ist im Straßengüterverkehr mit 98.101 deutlich höher als in den anderen Sparten; in der Binnenschifffahrt gibt es 1.252 und im Eisenbahnverkehr 97 Unternehmen (Destatis 2007).¹⁰

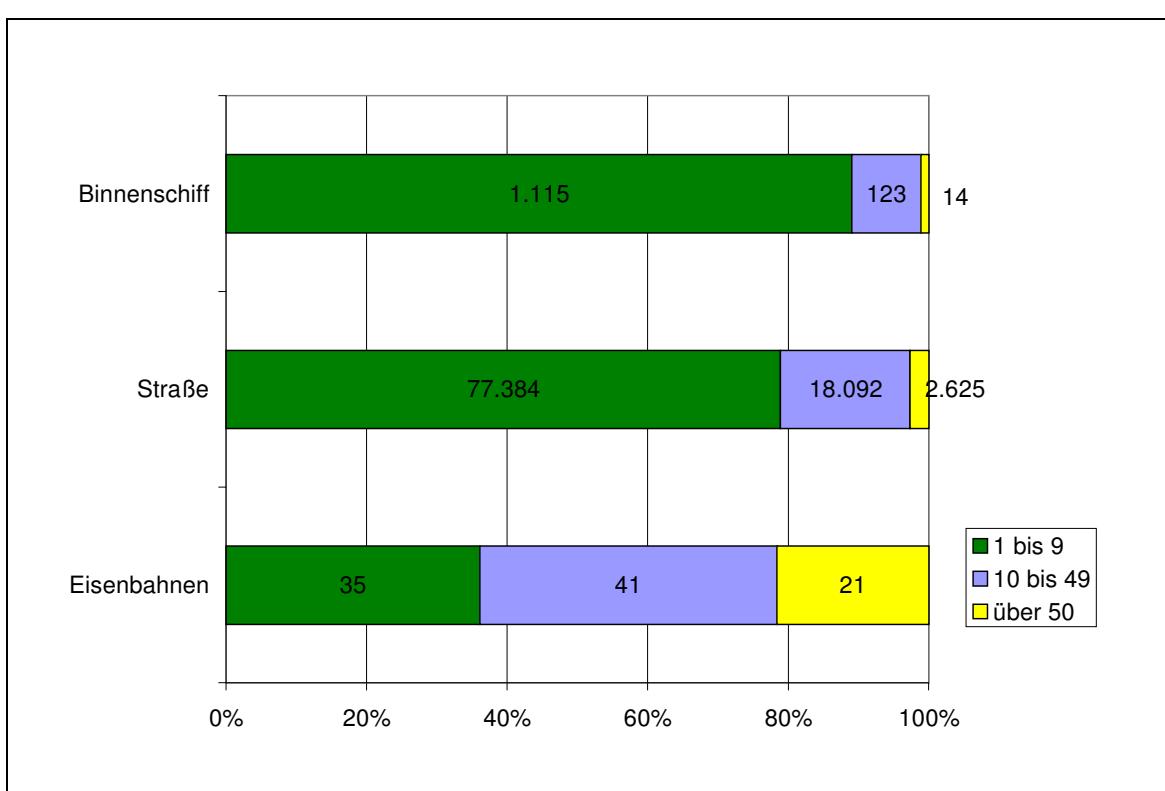


Abb. 3.8: Unternehmen nach Anzahl der Beschäftigten

Quelle: Destatis (2007), eigene Darstellung.

Hinsichtlich des Energieverbrauchs weist in Deutschland ebenfalls der Straßenverkehr den weitaus höchsten Anteil auf, wobei der Großteil der im Straßenverkehr genutzten Primärenergie auf Otto- und Dieselkraftstoffe entfällt. Insgesamt stammen die Kohlendioxidemissionen des Verkehrs in Deutschland zu etwa 90 % aus dem Straßenverkehr (ifeu 2005). Den verkehrsträgerbezogenen Energieverbrauch je Tonnenkilometer auf ausgewählte Transportstrecken stellt Abb. 3.9 dar. Die

¹⁰ Im Straßengüterverkehr mit gewerblichen und Werkverkehr. In der Binnenschifffahrt enthalten die Daten nur den gewerblichen Verkehr. Der Werksverkehr ist hier aber verschwindend gering.

Ergebnisse zeigen, dass der spezifische Energieverbrauch in der Binnenschifffahrt und beim Transport mit der Bahn durchweg geringer als im Straßenverkehr ist, wobei dies insbesondere für Massenguttransporte gilt (PLANCO/ bfg 2007). Der spezifische Energieverbrauch liegt im Straßenverkehr bei 0,039 l/tkm, für die Bahn bei 0,012 l/tkm und in der Binnenschifffahrt bei etwa 0,013 l/tkm Dieseläquivalent. Der Transport über die Straße ist damit etwa 3-Mal energieintensiver als die anderen Verkehrsträger (Allianz pro Schiene 2008).

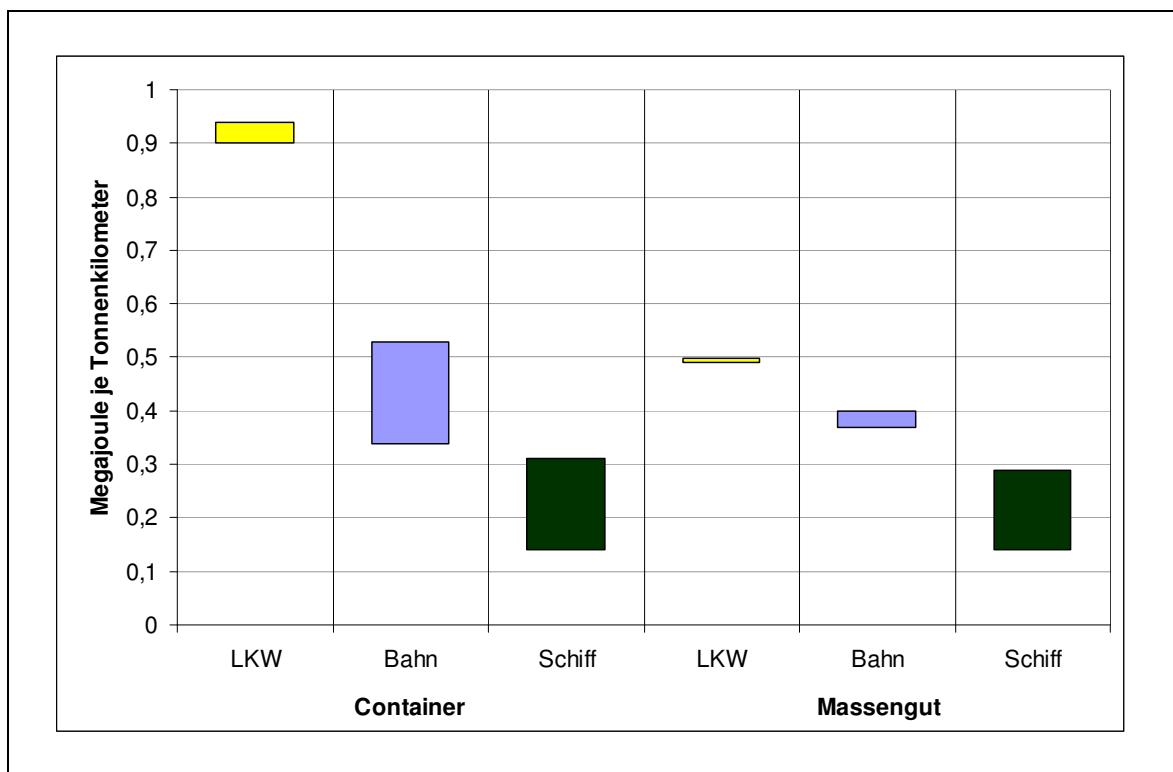


Abb. 3.9: Bandbreiten des Primärenergieverbrauchs verschiedener Verkehrsträger

Quelle: eigene Darstellung, Daten nach PLANCO/bfg (2007)

Ansatzpunkte zur Verringerung des Energieverbrauchs bestehen einerseits innerhalb der einzelnen Verkehrsbereiche durch eine Optimierung von Fuhrpark, der Organisation, etc., und andererseits durch eine Verlagerung der Transporte auf Verkehrsmittel mit vergleichsweise geringem Energieverbrauch. Die weitere Untersuchung beschränkt sich aufgrund der herausragenden Bedeutung auf den Straßengüterverkehr sowie die Verlagerung von Transporten von der Straße auf Schiff und Schiene, insbesondere den kombinierten Verkehr¹¹.

Die Energiekosten sind ein wichtiger Faktor für die Transportkosten, die jedoch in allen Verkehrsbereichen von weiteren Faktoren abhängen. So kommt es bei hoher Fahrtstrecke, Ladekapazität und Kapazitätsauslastung (insbesondere durch Vermeidung von Leerfahrten) zu Kostendegressionen.

¹¹ Kombinierter Verkehr zeichnet sich dadurch aus, dass Güter mit mehreren Verkehrsträgern transportiert werden, dabei aber während des gesamten Transports (also auch während der Umladungen) im selben Transport-Ladungsträger verbleiben. Im engeren Sinne wird davon ausgegangen, dass der längere Teil der Transportstrecke mit Bahn oder Schiff durchgeführt wird, während über die Straße nur der Vor- und Nachlauf erfolgt (Destatis 2006).

nen. Die Transportkosten werden zudem stark von den Streckencharakteristika und den Voraussetzungen beim Transport beeinflusst (PLANCO/ bfg 2007). Die folgenden Aussagen beziehen sich auf eine Analyse von 13 unterschiedlichen Transportstrecken (PLANCO/ bfg 2007). Im Ergebnis zeigt sich, dass der Straßengüterverkehr, trotz Berücksichtigung des Vor- und Nachlaufs für die Binnenschifffahrt und den Schienenverkehr, in den meisten Fällen die höchsten Transportkosten aufweist. Im Durchschnitt liegen die Kosten bei Container-Transporten um gut 50 % über denjenigen der Schiene und um über 100 % über denjenigen der Binnenschifffahrt. Die Transportkosten für Last- und Sattelzüge liegen bei Massenguttransporten sogar um das 3,7 bis 4,9- fache höher als bei der Binnenschifffahrt oder dem Schienenverkehr (PLANCO/ bfg 2007). Nicht berücksichtigt wurden dabei die externen Kosten (im Wesentlichen Unfälle, Verkehrslärm, Klimagase, Luftschadstoffe und Landschaftszerschneidung und Flächenverbrauch). Diese sind im Straßenverkehr besonders hoch (PLANCO/ bfg 2007), so dass der Straßenverkehr unter Einbeziehung der externen Kosten absolut und relativ gesehen noch deutlich teurer als Schienenverkehr und Binnenschifffahrt ist (siehe Abb. 3.10). Der Straßengüterverkehr hat jedoch große Vorteile vor allem im Operativen, die eventuelle Kostennachteile offensichtlich häufig aufwiegen: Dies sind vor allem Flexibilität und universelle Einsetzbarkeit sowie die Fähigkeit die Güter just-in-time und direkt vor Ort zu liefern (FES 2002).

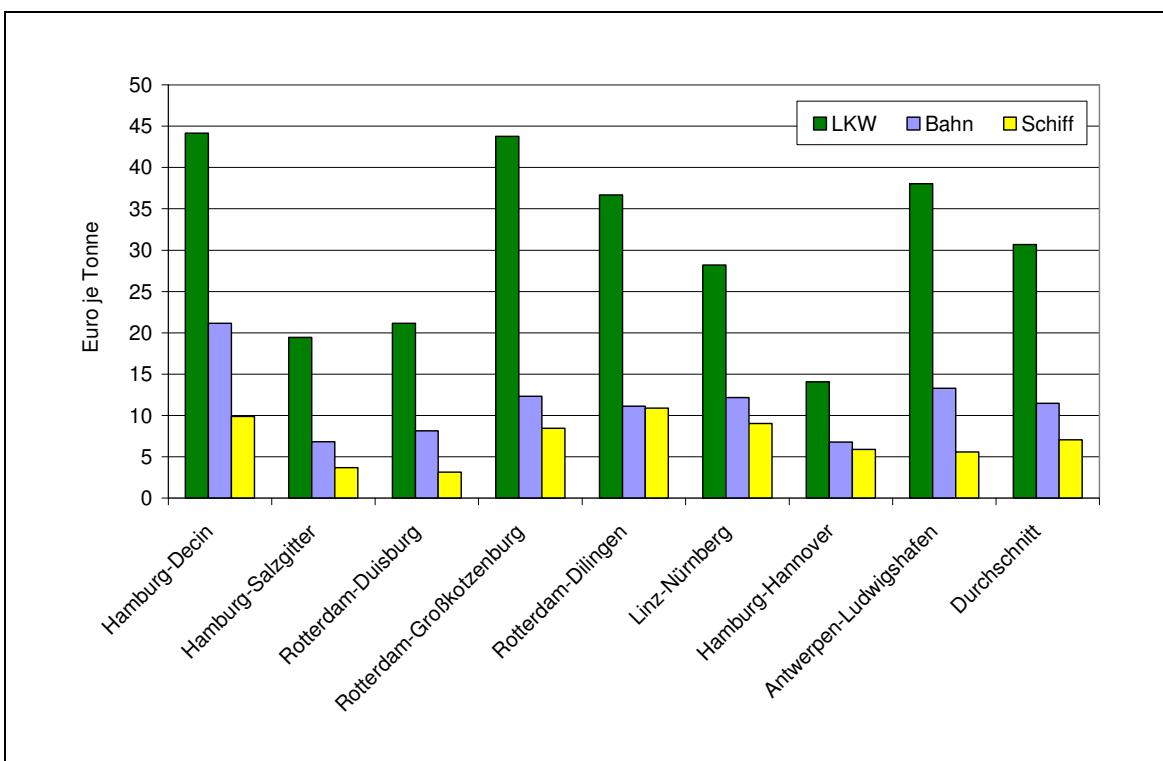


Abb. 3.10: Volkswirtschaftliche Kosten (inkl. externe Kosten) von Bahn, Binnenschiff und LKW auf ausgewählten Strecken (Massengütertransport)

Quelle: PLANCO/bfg (2007)

Die hohen Kosten und Energieverbräuche durch den Gütertransport auf der Straße machen eine Verlagerung der Transporte auf die Bahn oder das Binnenschiff wünschenswert. Dies ist auch Ziel der Bundesregierung (BMVBS 2008). Daher gewinnt der kombinierte Verkehr – also die Kooperati-

on von zwei oder drei Verkehrsträgern, bei der lange Teilstrecken mit Bahn oder Binnenschiff bewältigt werden und nur kurze Vor- und Nachläufe per LKW - zunehmend an Bedeutung. Der kombinierte Schienengüterverkehr profitierte von den hohen Dieselpreisen und wuchs im Jahr 2008 um etwa 8 %, musste aber auch zum Jahresende starke Einbußen hinnehmen (BAG 2008). Die Prognosen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung gehen bis 2015 gegenüber 1997 von einem Anstieg der transportierten Gütermenge auf der Schiene aus, und zwar um 8 % im Trend-Szenario und 34 % im Integrations-Szenario (AG Verkehrsprognose 2015 2001). In 2008 ging der Transport von Gütern in der Binnenschifffahrt um 1,3 % zurück. Binnenschiffe fuhren 2008 teilweise mit gedrosselter Geschwindigkeit um Sprit zu sparen (BAG 2008). Während der Schienengüterverkehr durch die Deutsche Bahn (DB) geprägt wird, deren Anteil 2008 22 % betrug, bestimmt das Angebot für kombinierten Verkehr auf Straße und Schiene in Deutschland maßgeblich die „Kombiverkehr Deutsche Gesellschaft für kombinierten Güterverkehr GmbH & Co KG“, an der die Stinnes AG aus dem DB-Konzern und ca. 230 nationale und internationale Speditionen beteiligt sind (BAG 2008). Daneben sind auf dem deutschen Markt sowie grenzüberschreitend noch einige weitere Unternehmen mit spezifischen Angeboten tätig (z. B. Transfracht, Hangartner AG, POLZUG GmbH, RAI.LOG GmbH, METRANS a. s.).

4 Methodik und Vorgehensweise

4.1 Fallstudiendesign

Das Design der Fallstudien orientiert sich an den bisherigen Erkenntnissen und Forschungsergebnissen zur Energieeffizienz, Mitbestimmung und Beschäftigungseffekten (siehe Kapitel 2). Folgende Forschungsfragen und Hypothesen wurden aus der bisherigen Literatur abgeleitet und methodisch umgesetzt:

Forschungsfragen:

1. Welche konkreten Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz werden in den Unternehmen umgesetzt? Und zwar in Bezug auf die folgenden drei Bereiche
 - a) *Produktionsprozesse in der Chemiebranche* (z. B. Veränderungen des Maschinenparks, Steuerungstechnik, Energieerzeugung, Gebäudeeffizienz (Dämmung, Heizung, Kühlung),
 - b) *Produkte in der Maschinenbaubranche* (z. B. elektrische Antriebe, Pumpen, Kompressoren) und
 - c) *Erbringung von Dienstleistungen in der Transport/Logistik-Branche* (z. B. Einsatz verbrauchsärmerer Fahrzeuge bzw. alternativer Antriebskonzepte und Brennstoffe, Veränderung des Modal Split, Routenplanung, Fahrschulungen).
2. Welche weiteren Potenziale für erhöhte Energieeffizienz bestehen in den Unternehmen in den drei obengenannten Bereichen?
 - a) Welches sind die zentralen Hemmnisse, die dem Ausschöpfen der Potenziale bislang entgegen stehen?
3. Wie wirken sich Energieeffizienzmaßnahmen auf die Wettbewerbsfähigkeit sowie die Zahl von Arbeitsplätzen in den Unternehmen aus, und zwar durch die Treiber
 - a) Kosteneinsparungen oder Kostensteigerungen in der Produktion (Fokus Chemiebranche),
 - b) verbesserte oder verringerte Absatzchancen von Produkten (Fokus Maschinenbaubranche) und
 - c) Kosteneinsparung oder Kostensteigerungen bei der Erbringung von Dienstleistungen sowie verbesserte oder verringerte Absatzchancen dieser Dienstleistungen (Fokus Transport/Logistik-Branche).
4. Welche Unterschiede bestehen hinsichtlich der Beschäftigungswirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen zwischen
 - a) den drei betrachteten Branchen,
 - b) Unternehmen, die in Bezug auf Energieeffizienz eher als Best Practice in der Branche gelten können, und Unternehmen, die bislang erst wenig aktiv sind,
 - c) Unternehmen unterschiedlicher Größe,
 - d) verschiedenen Beschäftigengruppen (eingeteilt nach Bildungs- und Lohnstufen) sowie
 - e) Frauen und Männern?
5. Welche Rolle spielen Mitbestimmung und Partizipation in der Entwicklung und Umsetzung von Effizienzmaßnahmen in den genannten Bereichen?
 - a) Welche Unterschiede ergeben sich zwischen Unternehmen mit und ohne Betriebsrat?
 - b) Wie kann die Rolle von Betriebsräten bei der Entwicklung und Umsetzung von Effizienzmaßnahmen gestärkt werden?

6. Was sind aus Sicht der Unternehmen die Haupttreiber für die Initiierung von Energieeffizienzmaßnahmen?
 - a) Welchen Einfluss haben Entwicklungen im Energiemarkt?
 - b) Welchen Einfluss haben Zielvorgaben und Förderprogramme von Seiten des Bundes und der EU?
 - c) Welchen Einfluss haben unternehmensinterne Dynamiken und Institutionen (z. B. Unternehmenswerte, „Entrepreneurship“, Umweltmanagementsysteme)?

Hypothesen

1. Der Haupttreiber für die Initiierung von Energieeffizienzmaßnahmen auf Unternehmensebene sind
 - a) in erster Linie die Preisentwicklungen im Energiemarkt und die damit verbundenen Änderungen der Kostenstruktur und Absatzmöglichkeiten.
 - b) Die Zielvorgaben und Förderprogramme von Seiten des Bundes und der EU sowie unternehmensinterne Dynamiken spielen im Vergleich dazu tendenziell eine geringere aber trotzdem wichtige Rolle.
2. Die Auswahl von Energieeffizienzmaßnahmen ist stark durch wirtschaftliche Motive (den so genannten „business case“) beeinflusst:
 - a) Chemieunternehmen führen insbesondere Effizienzmaßnahmen in der Produktion ein, da Energie ein hoher Kostenfaktor ist.
 - b) Unternehmen im Maschinenbau wählen in erster Linie Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von Produkten, um die Produkte attraktiver für ihre Kunden zu machen und dadurch Absatzsteigerungen zu erreichen.
 - c) Transport/Logistik-Unternehmen setzen auf die Entwicklung und das Angebot energieeffizienter Dienstleistungen, da sich hierdurch vor allem Kostensenkungen realisieren aber möglicherweise auch ihre Absatzmöglichkeiten steigern können.
3. Die Bereitschaft von Chemieunternehmen, Effizienzmaßnahmen *in der Produktion* durchzuführen sowie ihre Möglichkeit durch solche Maßnahmen ihre Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigtenzahl zu verbessern, ist vor allem abhängig von
 - a) dem Anteil der Energiekosten an den Gesamtausgaben,
 - b) dem bereits erreichten Stand der Energieeffizienz,
 - c) dem Vorhandensein eines Umweltmanagementsystems,
 - d) der Höhe der Investitions- und Transaktionskosten,
 - e) den finanziellen und personellen Kapazitäten und Kompetenzen,
 - f) Unternehmenswerten und „Entrepreneurship“
 - g) sowie dem Marktumfeld des Unternehmens bzw. Effizienzmaßnahmen von Wettbewerbern.
4. Die Bereitschaft der Maschinenbau- sowie Transport/Logistik-Unternehmen ihre *Produkte bzw. Dienstleistungen energieeffizienter zu gestalten* sowie ihre Möglichkeit durch solche Maßnahmen ihre Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigtenzahl zu verbessern ist vor allem abhängig von
 - a) dem Anteil der Energiekosten an den Gesamtausgaben (Transport/Logistik-Unternehmen),
 - b) dem bereits erreichten Stand der Energieeffizienz der Produkte und Dienstleistungserbringung,
 - c) dem Vorhandensein eines Umweltmanagementsystems,
 - d) der Höhe der Investitions- und Transaktionskosten,
 - e) den finanziellen und personellen Kapazitäten und Kompetenzen,
 - f) Unternehmenswerten und „Entrepreneurship“
 - g) sowie dem Marktumfeld des Unternehmens (z. B. Sensibilisierung und Zahlungsbereitschaft der Kunden für Energieeffizienz) bzw. Effizienzmaßnahmen von Wettbewerbern.
5. Die Beschäftigungswirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen differenzieren sich u.a. auf folgender Weise zwischen
 - a) den drei betrachteten Branchen

- i. Beschäftigungswirkungen sind am größten, wenn die Effizienzmaßnahmen sich auf die Produkte beziehen (Maschinenbau)
 - ii. Beschäftigungswirkungen sind mittel, wenn sich die Effizienzmaßnahmen auf die Produktion beziehen (Chemie)
 - iii. Beschäftigungswirkungen sind am geringsten, wenn sich die Effizienzmaßnahmen auf die Dienstleistungen beziehen (Transport/Logistik).
- b) Unternehmen, die in Bezug auf Energieeffizienz eher als Best Practice in der Branche gelten können, und Unternehmen, die bislang erst wenig aktiv sind
- i. Beschäftigungswirkungen sind größer bei Unternehmen, die hinsichtlich der Energieeffizienz als Best Practice gelten.
 - ii. Große Branchenunterschiede.
- c) Unternehmen unterschiedlicher Größe
- i. Tendenziell sind die Beschäftigungswirkungen in großen Unternehmen größer, da diese mehr finanzielle und personelle Ressourcen haben, um Effizienzmaßnahmen einzuführen.
 - ii. Große Branchenunterschiede.
- d) verschiedenen Beschäftigtengruppen
- i. Positive Beschäftigungseffekte sind eher in Beschäftigtengruppen mit hohen Bildungs- und Lohnstufen zu erwarten, während für Beschäftigte in niedrigen Bildungs- und Lohnstufen eher negative Wirkungen zu erwarten sind.
 - ii. Große Branchenunterschiede.
- e) Frauen und Männer
- i. Neutrale Beschäftigungswirkungen.
6. Die Rolle von Mitbestimmung (Betriebs- und Unternehmensmitbestimmung) und Mitarbeiterpartizipation bei der Entwicklung und Umsetzung von Effizienzmaßnahmen differenzieren sich vor allem nach
- a) Umsetzung / Entwicklung von Maßnahmen
 - i. Mitbestimmung und Beteiligung sind größer bei der Umsetzung als bei der Entwicklung von Maßnahmen.
 - b) Branchen
 - i. Mitbestimmung und Partizipation sind am größten, wenn es sich um Energieeffizienzmaßnahmen in der Produktion (Chemie) handelt und geringer, wenn es sich um Maßnahmen an Produkten (Maschinenbau) oder Dienstleistungen handelt (Transport/Logistik).
 - c) Betriebsgröße
 - i. Die Beteiligung bei Entwicklung und Umsetzung von Effizienzmaßnahmen ist tendenziell in Großunternehmen stärker, da hier stärker institutionalisierte Beteiligungsformen existieren.
 - ii. Große Branchenunterschiede und Unterschiede je nach Größe und Rechtsform der Unternehmen.
7. Neben den o.g. Faktoren wird die Beteiligung maßgeblich von den zu erwartenden Beschäftigungswirkungen und vom Vorhandensein und den Ressourcen eines Betriebsrats geprägt.
8. Die Beteiligung von Mitarbeiter/innen bzw. Akteur/innen der Mitbestimmung an der Entwicklung von Effizienzmaßnahmen führt zu erhöhter Akzeptanz und besserer Durchsetzung der Energieeffizienzmaßnahmen.

4.2 Unternehmensauswahl

Die Unternehmensauswahl wurde entsprechend der in Kapitel 3 dargestellten, ausgewählten Branchen durchgeführt. Aus allen drei Branchen Transport und Logistik, Chemie und Maschinenbau sollte eine ähnliche Anzahl an Untersuchungsteilnehmern gewonnen werden. Folgende weiteren Kriterien wurden bei der Unternehmenssuche berücksichtigt und werden im Weiteren diskutiert:

- Betriebsrat (ja/nein)
- Mitarbeiterzahl (100 bis 200/300 und 500 bis 1000)
- Umweltmanagementsystem (UMS) (ja/nein)
- Best Practice (ja/nein)

Da der Einfluss von Mitbestimmung und somit auch die Existenz von **Betriebsräten** von zentraler Bedeutung für die Fragestellung des Projekts sind, werden die Unternehmen nach dem Vorhandensein und Nicht-Vorhandensein eines Betriebsrats unterschieden. Weiterhin hängt Mitbestimmung, aber natürlich gleichzeitig die Existenz eines Betriebsrats, sehr stark von der Unternehmensgröße ab. Aus diesem Grund war die Anzahl der **Mitarbeiter** ein ausschlaggebendes Kriterium für die Auswahl der Unternehmen. Wie in Kapitel 2.3 deutlich wird, kann das Vorhandensein eines **Umweltmanagementsystems** ein wichtiger Faktor sein, der bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen eine Rolle spielt. Außerdem liegt die Unterscheidung nach **Best Practice** und anderen Unternehmen nahe, da hier die Unterschiede zwischen umgesetzten bzw. nicht umgesetzten Energieeffizienzmaßnahmen besonders deutlich werden. Der Begriff Best Practice ist mit Bezug zu Energieeffizienzmaßnahmen nicht klar definiert. Im Rahmen der Untersuchung wurden deshalb folgende Kriterien festgelegt, anhand derer Best Practice Unternehmen identifiziert wurden. Insbesondere Gewinner von Umwelt- und Energiepreisen, Unternehmen mit einem im Branchenvergleich gut ausgebauten Umweltmanagement, einem überdurchschnittlichen Berichtswesen über Energieeffizienzfortschritte und Unternehmen, die mindestens Techniken einsetzen, welche bezüglich Energieeffizienz dem Stand der Technik entspricht. Weitere Kriterien können die Festschreibung von Energieeffizienz im Unternehmensleitbild sowie ein Umweltmanagementsystem, welches Energieeffizienzmaßnahmen integriert, sein.

Methodisch fand die Unternehmensauswahl in Form einer bewussten bzw. absichtsvollen Stichprobenziehung statt (Hussy 2010), weil die Stichprobe gezielt nach vordefinierten Kriterien aus der Grundgesamtheit ausgewählt wurde (s. Kapitel 4.2). Dabei handelt es sich um einen Top-down-Ansatz, da die Kriterien bereits zu Untersuchungsbeginn feststanden. Das Ziel war die detaillierte Beschreibung ausgewählter Fälle und die Anwendung der gefundenen Daten auf die Forschungsfragen. Methodische Zielvorgaben bezüglich der Stichprobengröße existierten nicht.

Zur Strukturierung der Stichprobe wurden qualitative Stichprobenpläne, ähnlich dem Verfahren der theoretischen Stichprobenziehung eingesetzt. Ziel ist die Erfassung einer heterogenen Stichprobe, um eine möglichst große Variabilität zu erreichen. Die Unternehmensauswahl erfolgte anhand von Recherchen im Internet und in Online-Branchenbüchern.

4.3 Akquisition der Untersuchungsteilnehmer

Die Erstansprache erfolgte telefonisch. Sobald der passende Ansprechpartner (meistens der technische Leiter, der Umweltverantwortliche oder der Geschäftsführer) identifiziert werden konnte,

wurden ihm das Projekt und das damit verbundene Anliegen erläutert. War die entsprechende Bezugsperson nicht sofort telefonisch zu erreichen, wurde eine Email mit Informationen zum Projekt und teilweise schon mit dem Einstiegsfragebogen verschickt. Eine ähnliche Email wurde auch an die bereits gesprochenen Kontaktpersonen geschickt, um das Projekt nochmals zu erläutern und einen Einblick in die Fragestellung zu gewährleisten. Anschließend wurde ein Interviewtermin möglichst am Arbeitsort der Befragten vereinbart und durchgeführt. Die Länge der Interviews lag zwischen 25 und 90 Minuten.

Da die Ansprache hauptsächlich über die technisch Verantwortlichen, also Umweltbeauftragte, technische Leiter oder auch Geschäftsführer lief, wurden diese zuerst um ein Interview gebeten. Wegen der Betriebsgröße existierte nicht für alle Unternehmen ein Betriebsrat. In einem weiteren Fall war der Betriebsrat erst seit einigen Wochen im Amt und wurde auf Wunsch des Unternehmens nicht befragt. Zeitliche Gründe waren ebenfalls ausschlaggebend für die Nicht-Teilnahme.

Die Akquise wurde von Anfang an detailliert dokumentiert. Da anhand der Absagegründe ebenfalls wichtige Schlüsse über das Thema Energieeffizienz und Beschäftigung gezogen werden können, werden diese im Folgenden kurz skizziert.

Exkurs: Analyse der Absagegründe der Unternehmen

Insgesamt 158 Absagen von Unternehmen, nach teilweise arbeitsintensiver Ansprache, wurden dokumentiert. Dabei handelt es sich um 42 Absagen aus der Transport-, 54 Unternehmen aus der Maschinenbau- sowie 62 Unternehmen aus der Chemiebranche.

Den **Mangel an zeitlicher Kapazität oder aber der Mangel an Personal** zum Betreuen des Projektes gaben 26 der 158 Unternehmen als Grund für eine Absage an und er ist damit der am häufigsten genannte Grund. Zudem nennen 14 Unternehmen ausschließlich knappe zeitliche Ressourcen und zwei ausschließlich den Mangel an Personal als Grund an, was die Bedeutung dieses Absagegrunds noch unterstreicht.

19 der Unternehmen begründeten ihre Absage mit der Tatsache, dass sie **prinzipiell nicht an Studien teilnehmen** und keinerlei Daten preisgeben.

Zehn der Ansprechpartner waren der Ansicht, dass das Unternehmen aus verschiedenen Gründen nicht relevant für die Studie sei. In solch einem Fall wurde versucht, die Ansprechpartner vom Gegenteil zu überzeugen.

Acht der Unternehmen gaben an, dass sie die **Teilnahme an anderen Projekten** zum Thema Energieeffizienz beziehungsweise die Teilnahme an einem solchen Projekt zu einem früheren Zeitpunkt von einer Teilnahme an unserem Projekt abhalte. Wegen diesen Projekten bestünde zum Zeitpunkt der Akquise kein Bedarf nach einem weiteren Projekt zum Thema.

Ein sechs Mal genannter Grund ist die **schlechte wirtschaftliche Lage** des Unternehmens und in diesem Zusammenhang oft Kurzarbeit, Personalabbau sowie insgesamt fehlende Kapazitäten.

Sechs der Unternehmen gaben an, **bereits jetzt sehr energieeffizient** zu arbeiten bzw. sehr energieeffiziente Produkte herzustellen, weshalb die jeweiligen Ansprechpartner

kein oder ein nur geringes Potenzial zum weiteren Energiesparen sähen und eine Teilnahme an unserem Projekt aus diesem Grund keinen Sinn mache.

Vier der Unternehmen nannten die Tatsache, dass sie **bereits extern von einem Energieberater** zum Thema Energieeffizienz beraten würden als Absagegrund und zwei weitere gaben die **Mitgliedschaft in Netzwerken zum Thema Energieeffizienz** als Grund an.

In den letzten drei (Begründungs-)Fällen wurde versucht, die Unternehmen als Best Practice Partner zu gewinnen.

Drei der Unternehmen gaben an, dass es für sie keinen Sinn mache, am Projekt teilzunehmen, da das Unternehmen **bisher keinerlei Energieeffizienzmaßnahmen** durchgeführt habe und die Energieeffizienzpotenziale damit offensichtlich sind und keiner Studie zur Aufdeckung bedürfen.

Ähnlich begründeten zwei weitere Unternehmen, welche **Energieeffizienzmaßnahmen erst ganz kürzlich durchgeführt** haben, ihre Absage: Für sie mache die Teilnahme an einer Energieeffizienzstudie erst zu einem späteren Zeitpunkt Sinn.

Zwei der Ansprechpartner gaben an, dass das **Thema Energieeffizienz sie nicht interessiere**

Drei weitere Ansprechpartner gaben an, dass sie das **Konzept der Studie ablehnen** (zum Beispiel weil sie keinen Zusammenhang zwischen Energieeffizienz und Beschäftigung sehen).

Darüber hinaus haben 57 der Unternehmen **keine Begründung** geliefert, sondern lediglich wissen lassen, dass sie an einer Teilnahme nicht interessiert sind. 31 der Unternehmen waren **schwierig zu erreichen**, so dass nach mehrmaligen Versuchen die Kontaktaufnahme eingestellt wurde.

Wegen der geringen Unternehmensfallzahlen wurden Vertreter der drei Branchenverbände und Energieberater angesprochen, um weitere verwertbare Interviewdaten zu generieren. Die Fragebögen wurden der neuen Ausgangslage angepasst, zielten aber auf die selben Forschungsfragen und Hypothesen ab. Insgesamt wurden 3 Verbändevertreter und 3 Energieberater befragt. Dabei konnte allerdings in wesentlich geringerem Umfang auf die Fragen zur Mitbestimmung und zu Beschäftigungseffekten eingegangen werden.

Deshalb wurden in einer dritten Akuiserunde Betriebsräte direkt über die bestehenden Kontakte, insbesondere des Projektbeirats, angesprochen. Dadurch konnten noch drei weitere Interviews generiert werden, von denen zwei mit Betriebsräten durchgeführt wurden.

Die zu Datengenerierung herangezogenen Interviews setzen sich wie in Tabelle folgendermaßen zusammen (siehe Tab. 4.1). Insgesamt wurden 11 Personen von 8 Unternehmen befragt. Eine kurze Charakterisierung der teilnehmenden Unternehmen sowie die Namen der interviewten Experten befinden sich im Anhang.

Tab. 4.1: Auswahl der befragten Personen

Branche	Unternehmen	Verbände	Energieberater
Chemie	1	1	1
Maschinenbau	4	1	1
Transport & Logistik	3	1	1

4.4 Interviewleitfaden und Auswertung

Ausgehend von den in Kapitel 4.1 genannten Hypothesen und Forschungsfragen wurde ein ausführlicher Fragebogen entwickelt, welchen die Unternehmen vor dem Interview ausfüllen sollten, um das Interview gezielt vorbereiten zu können. Die erste, ausführliche Version des Fragebogens umfasste bis zu 13 Seiten detaillierte Fragen zur Energieeffizienz und Energieeffizienzmaßnahmen in den Unternehmen, um mit dessen Hilfe auch zentrale Kenngrößen zur Energieproduktivität sowie die vorhandenen Einsparpotenziale auswerten zu können. Der Umfang und Detailierungsgrad des Fragebogens führte zu einer ablehnenden Haltung potenzieller Interviewpartner, die häufig angeben, dass Ihnen die Daten in diesem Umfang nicht zur Verfügung stehen. Deshalb wurde eine sehr kurze, einseitige Fragebogenversion entwickelt, die im Gegensatz zur ersten gut angenommen wurde. Für die Interviews wurde ein halbstrukturierter Interviewleitfaden aus den Forschungsfragen und Hypothesen abgeleitet und entwickelt.

Die Interviews wurden mit Zustimmung der Interviewten aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Zur Analyse der Interviews wurden die oben genannten Forschungsfragen und Hypothesen herangezogen. Bei diesem deduktiven Vorgehen wurden alle relevanten Textstellen der Transkripte mit den in Kodes umgewandelten Forschungsfragen und Hypothesen kodiert. Dazu wurden die Transkripte in die qualitative Analysesoftware MAXQDA übernommen. Die entsprechend kodierten Textelemente wurden branchenspezifisch und getrennt nach Unternehmen und Verbänden / Beratern gesichtet und ausgewertet. In einem weiteren Schritt wurden die Ergebnisse der beiden Auswertungen zusammengefasst und weiter verdichtet. Auf eine Häufigkeitsauszählung bestimmter Antwortkategorien wurde wegen der geringen Fallzahl und der deshalb nicht zu leistenden Generalisierung verzichtet.

5 Energieeffizienzmaßnahmen und Einsparpotenziale in den drei Branchen

Die Energieeffizienz eines Systems beschreibt das Verhältnis der Energie, die innerhalb des Systems aufzubringen ist, zu dem damit erreichbaren Nutzen. Energieeffizienz im engeren Sinn bezieht sich damit nur auf das Verhältnis von Nutzen zu Energieaufwand. Als politisches Ziel geht es bei der Erhöhung der Energieeffizienz hingegen in der Regel um die Verringerung des Einsatzes fossiler Energieträger, so dass dabei auch der Einsatz von Erneuerbaren Energien als Maßnahme zur Erhöhung der Energieeffizienz einbezogen wird. In diesem weiteren Sinne wird auch im Rahmen des Vorhabens Energieeffizienz gefasst und beschreibt somit den Nutzen im Verhältnis zum Aufwand an fossiler Energie. Der Schwerpunkt der Betrachtung soll allerdings auf Energieeinsparung liegen.

Zur Steigerung der Energieeffizienz können Unternehmen verschiedene Maßnahmen ergreifen: Die Energieeffizienz kann im Herstellungsprozess verbessert werden, z. B. durch den Einsatz stromsparender Maschinen, durch den Umstieg auf erneuerbare oder andere Energieträger (z. B. Gas statt Elektrizität), sowie durch effizientere Prozesssteuerungen. Zudem können Unternehmen durch Dämmmaßnahmen sowie Veränderungen in Heizung (effizientere Heiztechnik oder Umstieg auf erneuerbare Energieträger) und Beleuchtung die Energieeffizienz ihrer Gebäude erhöhen. Darüber hinaus lässt sich Energieeffizienz in Produkten und Dienstleistungen umsetzen, etwa indem Unternehmen stromsparende Geräte und Anlagen herstellen oder ihre Transportdienstleistungen mit effizienteren Fahrzeugen anbieten. Wesentlichen Einfluss auf die Energieeffizienz können auch organisatorische Maßnahmen wie die Einführung eines Umweltmanagementsystems, eines/Energiebeauftragten, eines Energie- bzw. Umweltzirkels oder eines betrieblichen Vorschlagswesens mit dem Fokus auf Effizienzmaßnahmen haben.

5.1 Industrielle Prozesse / Produktion allgemein

Insgesamt sind die realisierbaren Maßnahmen in industriellen Prozessen stark von der Energiebedarfsstruktur der einzelnen Unternehmen abhängig, die Ansatzpunkte zur Steigerung der Energieeffizienz sind entsprechend vielfältig (MUFV-RLP 2006). Sie können in folgende Bereiche eingeteilt werden: Energiecontrolling, Monitoring und andere organisatorische Maßnahmen (unter anderem Prozessumstellungen), Energiebereitstellung und -rückgewinnung, Wärmenutzung in Gebäuden und Prozessen, Verwendung elektrischer Energie sowie weiterer Energieträger und Prozessoptimierungen und -substitutionen. Die dena (2008) nennt allgemein als Schlüsselmaßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe die Einführung eines Energiemanagements sowie als zentrale Bereiche für Effizienzmaßnahmen das Druckluftsystem, die Pumpensysteme, die Lufttechnik, die Beleuchtung und die Prozesswärme. Insgesamt wird der Endenergieverbrauch im produzierenden Gewerbe (2002) in der Studie auf 2529 PJ beziffert, wovon Prozesswärme (1589 PJ) und Kraftanwendungen (522 PJ) den größten Anteil ausmachen, Raumwärme (346 PJ) und Beleuchtung (72 PJ) spielen im Vergleich zu den Prozessen eine deutlich geringere Rolle (Prognos AG 2007). 2009 wurden in der deutschen Industrie 66 % der Endenergie für Prozesswärme, und 24 % zu Antriebszwecken genutzt (BMWi 2010). Deshalb liegt in der vorliegenden Studie der Fokus auf den Produktionsprozessen – Raumwärme, Beleuchtung und andere elektrische Kleingeräte werden dagegen nur am Rande betrachtet.

In den letzten Jahren konnte teilweise eine Entkopplung zwischen dem Wachstum der industriellen Produktion und dem Energieverbrauch beobachtet werden. So sank zwischen 1991 der Endenergieverbrauch der Industrie geringfügig, während gleichzeitig Bruttowertschöpfung und Produktionsindex deutlich anstiegen (vgl. Graichen et al. 2011). Die Ursache hierfür sei hauptsächlich ein Effizienzgewinn der Industrie, wobei der re-aggregierte Energieeffizienzindexes auf 22 % beziffert wird.

Da auch die mögliche Energieeinsparung durch spezifische Maßnahmen stark von der individuellen Situation des Unternehmens abhängt, ist eine branchenweite oder gar branchenübergreifende Angabe von maßnahmenspezifischen Einsparpotenzialen schwierig. Eine Studie der Prognos AG (2007) geht für das produzierende Gewerbe insgesamt von wirtschaftlichen Einsparpotenzialen (bei einer Amortisationszeit von 8 Jahren) von 352 PJ und damit 14 % des Gesamtverbrauchs im produzierenden Gewerbe aus. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die wirtschaftlichen Einsparpotenziale bei steigenden Energiepreisen zunehmen. Die größten wirtschaftlichen Einsparpotenziale liegen laut der Studie der Prognos AG (2007) im Bereich der thermischen Prozesse (um die 175 PJ), der Elektromotoren (bis zu 100 PJ) und der Prozess- und Systemoptimierung (ca. 110 PJ). Deutlich geringer sind die Potenziale – sowie auch der bisherige Verbrauch - in den Bereichen Galvanische Prozesse (< 10 PJ), Beleuchtung (20 PJ) und Prozesssubstitution (25 PJ; es wurde nur die Substitution durch biotechnologische Verfahren berücksichtigt). Für den Einsatz von Produkten des Maschinen- und Anlagenbaus kommt eine Studie von Roland Berger und dem VDMA zu dem Ergebnis, dass es in diesem Bereich in den kommenden zehn Jahren voraussichtlich zu geringfügig höheren Energieeinsparungen kommen wird als in den letzten zehn Jahren (Henzelmann/ Büchele 2009). Durch neue Technologieentwicklungen und deren Einsatz könnten in den nächsten 10 Jahren 171 PJ/a eingespart werden. So wird in der Studie bis 2018 für das produzierende Gewerbe eine Zunahme des Anteils effizienter Technologien von 49 % (1998-2008) auf 60 % (2008-2018) prognostiziert. Ebenfalls sehr relevant seien anwenderseitige Einsparpotenziale, die allein im produzierenden Gewerbe bei 154 PJ/a liegen (Henzelmann/ Büchele 2009).

5.1.1 Energiecontrolling, Monitoring und weitere organisatorische Maßnahmen

Unternehmensspezifische Energiekonzepte sind meist auf einen längeren Zeitraum ausgelegt. Ziel eines Energiecontrolling bzw. eines Energiemanagements, welches Teil eines Umweltmanagementsystems sein kann, ist es, die Grundlage für langfristige Energieeffizienzinvestitionen zu schaffen und technische sowie organisatorische Maßnahmen hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit zu bewerten (EA NRW 2007). Formelle Anforderungen an ein Energiemanagementsystem stellt die DIN 16001 dar. Gehandelt wird dabei nach dem Prinzip „plan, do, check, act“ (BMU/UBA 2010). Nach der Planung besteht der erste Schritt in einer detaillierten Erfassung der Daten zum Energieverbrauch einzelner Prozesse, Geräte etc. Ein hoher Detaillierungsgrad und das genaue Aufstellen benötigter Energieträger (Dampf, Wärme, etc.) sind notwendig um mögliche Einsparmaßnahmen zu analysieren und gezielt durchzuführen (EA NRW 2007). Die Daten sollten außerdem kontinuierlich erhoben werden und können zur Berechnung von Energiekennzahlen (z.B. benötigte Energie pro produzierte Einheit) sowie für tiefer gehende Untersuchungen dienen. Erfahrungen zeigen, dass meist 80 % bis 90 % des Energieverbrauchs von weniger als 50 % der Anlagen verursacht wird (EA NRW 2007). Aus einer genauen Datenanalyse ergeben sich Energieeinsparpotenziale und -maßnahmen. Zur Kostensenkung kann auch ein Stromlast- und/oder Blindstrommanagement durchgeführt werden. Hierauf wird jedoch nicht detailliert eingegangen, da hieraus keine direkten Energieeinsparpotenziale resultieren.

Eine weitere Option zur Einsparung von Energie ist die komplette Optimierung des Prozesses oder deren Substitution. Auf dieses Thema wird aufgrund der hohen Einsparpotenziale für die chemische Industrie in Kapitel 5.2.3 genauer eingegangen.

5.1.2 Energiebereitstellung und -rückgewinnung

Ein großer Teil des gesamten Energieverbrauchs in Unternehmen entfällt auf die Wärmebereitstellung, wobei es sich nicht nur um Prozesswärme, sondern auch um das Beheizen von Gebäuden und die Warmwasserbereitung handelt (BayFIU 2004). Zur Erzeugung der benötigten Wärme in Industrie und Gewerbe kommen im Wesentlichen Heizungen, Heizwerke und Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) auf Basis fossiler Energieträger sowie erneuerbare Energien zum Einsatz. Außerdem kommt als weitere Quelle die Abwärme von Anlagen und Prozessen in Frage, die teilweise in großen Mengen mit Hilfe von Wärmetauschern oder Wärmepumpen zurück gewonnen werden kann. Ansatzpunkte zur Energieeinsparung liegen im Bereich der Energiebereitstellung sowie bei der Wärmerückgewinnung.

Wärmebereitstellung

Über Heizungsanlagen wird vor allem Wärme zur Gebäudebeheizung bereitgestellt. Das Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz des Landes Rheinland-Pfalz (2006) nennt folgende Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in Heizungssystemen:

- Optimierung der Heizungsanlage/Steuerung
- Substitution von Warmluft- und Wasserumlaufheizungen durch Strahlungsheizungen in hohen Hallen oder stark belüfteten Räumen
- Einsatz von Brennwertkesseln (höherer Wirkungsgrad)
- Erneuerung der Umwälzpumpenanlage für Raumwärme und Brauchwarmwasser
- Anpassung der Pumpleistung

Aber auch bei der Prozesswärmennutzung kann die Erneuerung der Dampfkesselanlage und eine Umstellung auf alternative Brennstoffe zu Energieeinsparungen führen. (EA NRW 2007)

Energiebereitstellung durch Kraft-Wärme-Kopplung

Die Kraft-Wärme-Technik ermöglicht die gleichzeitige Nutzung von Primärenergieträgern zur Strom- und Wärmegewinnung. Der Strom kann im Unternehmen selbst genutzt oder alternativ in das Versorgungsnetz eingespeist werden. Die Abwärme wird in der Regel zur Gebäudebeheizung oder als Prozesswärme verwendet (BMU 2006). Die gleichzeitige Bereitstellung von elektrischer Energie und Wärme ermöglicht gegenüber der getrennten Erzeugung ein Einsparpotenzial von bis zu 40 % an Primärenergie. Die sich ergebenen Einsparpotenziale können vor allem in Unternehmen genutzt werden, die ganzjährig Wärme (vor allem Prozesswärme) und Strom benötigen. Ist dies nicht der Fall, so kann ein hoher Nutzungsgrad durch folgende Maßnahmen erreicht werden (MUFV-RLP 2006):

- Das Blockheizkraftwerk kann wärme- oder stromgeführt betrieben und somit an den Bedarf angepasst werden.
- Wird Wärme nur im Winter benötigt, so kann bei bestehendem Kältebedarf im Sommer die Abwärme der KWK-Anlage in einer Kältemaschine genutzt werden.

- Wärmeerzeugung und -verbrauch können durch Pufferspeicher zeitlich voneinander entkoppelt werden.
- Ein Blockheizkraftwerk kann die Wärme-Grundlast abdecken, in Spitzenlastzeiten kann beispielsweise ein Heizkessel hinzugeschaltet werden.

Energiebereitstellung durch erneuerbare Energien

Der Einsatz von regenerativen Energien wird in Industrie und Gewerbe aus Kostengründen oft nicht in Erwägung gezogen. Nach Ansicht der Energieagentur NRW gibt es jedoch Bereiche, in denen der Einsatz von erneuerbaren Energien auch aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll sein kann (EA NRW 2007). So können Gebäude und Produktionsprozesse mit solarer Energie beheizt werden. Gleiches gilt für die Nutzung von fester Biomasse bzw. Biogas, die vor allem dann zu hohen Einsparungen führt, wenn im Betrieb anfallende Stoffe wie Holz oder Methangas verwertet werden können. Auch die Nutzung von Erdwärme durch Wärmepumpen kann im Sommer zur Kühlung und im Winter zum Beheizen von Gebäuden dienen. Erneuerbare Energien können neben der Wärme generierung auch zur Erzeugung von Strom eingesetzt werden (EA NRW 2007).

Abwärmenutzung und Wärmerückgewinnung

In Produktionsprozessen fällt in Industrie und Gewerbe in hohem Maße Abwärme an, beispielsweise warme Abluft aus Feuerungs- und Kühlungsprozessen oder warmes Abwasser, die oft unge nutzt an die Umgebung abgegeben wird. Ein erhebliches Potenzial zur Energieeffizienzsteigerung liegt in der Nutzung dieser Wärmequellen. Genutzt werden kann ebenfalls die Abwärme von Kälteanlagen (MUFV-RLP 2006). Eine Voraussetzung für die Abwärmenutzung ist eine genaue Analyse der benötigten und anfallenden Wärme- und Abwärmemenge, ihrer Temperaturniveaus und Ganglinien (EA NRW 2007). Die Abwärmenutzung kann bei einem entsprechenden Temperaturgefälle mittels Wärmetauscher erfolgen. Bei Verwendung eines Wärmetauschers sollte die Abwärme ortsnah und möglichst direkt genutzt werden. Hierdurch lassen sich bis zu 80 % der Abwärme zurück gewinnen (BMU 2006). Im Rahmen der Wärmerückgewinnung ist außerdem der Einsatz von Wärmepumpen möglich. Wärmepumpen kommen vor allem dann zum Einsatz, wenn die Wärmerückgewinnung mittels Wärmetauscher ein niedriges Temperaturniveau der Abwärme entgegensteht (EA NRW 2007). Der Einsatz von industriellen Wärmepumpen wird häufig als Wärmerecycling bezeichnet: Hierbei wird dem Prozess Abwärme entzogen und ihm nach Temperaturerhöhung durch die Wärmepumpe wieder zugeführt. Im Gegensatz zur Nutzung von Umweltwärme dient als Wärmequelle ein Produktionsprozess. Wirtschaftlich realisierbar ist nach Einschätzung von Heidelck et al. (2000) ein Anteil von 50 % der Prozesswärme. Die Energieeinsparung ist abhängig von der Temperaturdifferenz, die überwunden werden soll, wobei der Einsatz von Wärmepumpen bis zu einer Differenz von 55 °C zu Energieeinsparungen führt (Heidelck et al. 2000). Im Gegensatz zur Gebäudebeheizung variieren die Temperaturen der Wärmesenke und der Wärmequelle sowie die Wärmeleistung in Produktionsprozessen sehr viel stärker, sodass häufig speziell angepasste Wärmepumptechnik mit speziellen Kältemitteln zum Einsatz kommt (Heidelck et al. 2000).

5.1.3 Wärmenutzung in Gebäuden und Prozessen

Raumwärme

Neben einer energetischen Sanierung der Gebäudehülle (Wärmedämmung des Daches/der obersten Geschossdecke, der Außenwände und des Erdreichs/Kellers sowie der Einbau neuer Fenster,

und Türen) kommen auch niedriginvestive und nutzerseitige Maßnahmen zu einer Reduzierung des Raumwärmebedarfs in Frage. Dies sind insbesondere eine Optimierung der Heizungssteuerung, die Isolierung von Heizungsrohren, die Abschaltung der Heizung bei Nichtbenutzung sowie die individuelle Anpassung der Raumtemperaturen (vgl. z.B. MUFV-RLP 2006)). Allein durch die Absenkung der Durchschnittstemperatur um 1 °C im Jahr kann der Energiebedarf um ca. 7 % sinken (BayFIU 2004).

Effiziente Wärme- und Kältenutzung in Prozessen

Deutlich höher als der Raumwärmebedarf ist in vielen produzierenden Unternehmen der Prozesswärmebedarf, der jedoch je nach Industriezweig variiert. Allgemein kann der Prozesswärmeeinsatz beispielsweise durch folgende Maßnahmen reduziert werden:

- Nutzung von Heißwasser (bis 120 °C) unter Überdruck anstatt von Dampf und damit Vermeidung von Umwandlungsverlusten bei der Dampferzeugung (BayFIU 2004)
- Auskoppelung von Hochtemperaturprozessen bzw. Prozessen mit hohem Dampfniveau und deren Einzelbeheizung (BayFIU 2004)
- Ausschluss von Niedertemperaturverbrauchern aus dem Rücklauf des Wärmeverteilungssystems (BayFIU 2004)
- Vollständige Isolierung der Dampfleitungen und Armaturen (EA NRW 2007)

Trocknungsanlagen sind in Industrie und Gewerbe weit verbreitet und ein Einsatzgebiet für Prozesswärme und –kälte. Daneben können Trocknungsverfahren auch unter Einsatz elektrischer Energie erfolgen. Aufgrund des hohen Energiebedarfs der Trocknungsanlagen werden folgend explizit Maßnahmen zur Steigerung deren Effizienz genannt (BayFIU 2004):

- Aufbau einer Wärmedämmung und Kapselung des Trocknungsaggregats
- Nutzung einer direkt beheizten Trocknungsanlage: Wird die Trocknungsanlage indirekt mit Strom, Dampf oder Warmwasser aufgeheizt, treten erhebliche Verluste auf.
- Nutzung von alternativen Trocknungsverfahren: z.B. Vakuumverdampfung oder Druckverdampfung
- Betreiben von mechanischer (z.B. Zentrifugen) statt thermischer Verfahren zur Flüssigkeitsabtrennung
- Optimierung der Trocknungstemperatur und des Volumenstroms

Speziell für die Kühlung von Produktionsprozessen kommen die folgenden Maßnahmen infrage:

- Kühlung mit kaltem Grundwasser bis zu einem Kühltemperaturniveau von 8 – 10 °C und in Wassertürmen bis zu 14 °C (Empfehlung: Grundwasserkühlung vor Kühltürmen vor Kältemaschinen)
- Nutzen von Absorptions- und Adsorptionskälteanlagen, falls gleichzeitig Abwärme mit mindestens 75 °C zur Verfügung stehen.
- Nutzung der Abwärme von Kältemaschinen

5.1.4 Rationelle Verwendung von elektrischer Energie

Elektrische Antriebe

Elektrische Antriebe sind in der Industrie für ca. 70 % des Stromverbrauchs verantwortlich, wobei mindestens die Hälfte des Energiebedarfs auf Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren entfällt (BayFIU 2004). Die Prognos AG (2007) sieht die höchsten Einsparpotenziale des gesamten produzierenden Gewerbes im elektromotorischen Bereich. Sowohl neue Technologien als auch die Verbesserung bestehender Systeme bieten dabei hohe Einsparpotenziale (BMU 2006). Allein durch den Austausch veralteter Antriebsysteme können laut ZVEI 15 % des gesamten industriellen Stromverbrauchs pro Jahr eingespart werden (ZVEI 2008). Für das Jahr 2000 wird in Keulenaer et al. (2004) ein Stromsparpotenzial von ca. 42 TWh angegeben¹², was nach BMWi (2010) in dem Jahr 20 % des Stromverbrauchs in der Industrie darstellte. Folgend werden Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung von elektrischen Antrieben und deren technisches Einsparpotenzial dargestellt (ISI 1999):

- Rückgewinnung der mechanischen Prozessenergie (z.B. bei Zentrifugen, Aufzügen, ...) – Einsparpotenziale bis zu 80 %
- Anpassung an Bedarf (z.B. Abschalten bei Nichtgebrauch, Einbau Drehzahlregulierung) – Einsparpotenziale bei stark schwankenden Lasten bei 15 bis 40 %
- Arbeitsmaschinen: Wirkungsgradverbesserungen durch Austausch von älteren Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren; Einsparpotenziale bei Pumpen und Ventilatoren bis zu 15 %, bei Kompressoren bis zu 30 %
- Dimensionierung des Antriebs um Überdimensionierung von Motoren und Antriebsmaschinen zu vermeiden (z.B. durch Leistungsreduktion, Aufteilung Grund- und Spitzenlast auf parallel geschaltete Antriebsmaschinen bspw. bei Pumpensystemen) – Potenzial bei bis zu 20 %
- Motorenwirkungsgrad: Einsatz effizienter Motoren (Ersatz defekter Motoren durch effizientere Modelle) – Einsparpotenzial um die 5 %
- Minimierung mechanischer Verluste durch konstruktive Maßnahmen (reibungsvermindernd) oder intensivere Wartung – Einsparpotenzial rund 10 %
- Kraftübertragung: Wirkungsgradverbesserung bei der mechanischen Kraft- oder Energieübertragung – Einsparpotenzial rund 4 %, im Verbund mit Prozessanpassungen ggf. höher

Bei der Neuanschaffung von elektrischen Motoren und Antrieben können nach Berger et al. (2005) hohe Effizienzsteigerungen durch den Einsatz von Motoren mit elektrischer Drehzahlregelung erzielt werden: Diese Maßnahme ermöglicht eine Energieeinsparung von bis zu 25 % im Vergleich zu Motoren mit fester Drehzahl und ist vor allem bei wechselnder Last von hoher Bedeutung. Bezogen auf den Energieverbrauch der Gesamtindustrie Deutschlands des Jahres 1997 ergeben sich Einsparung von 8 %. Demgegenüber werden durch den Einsatz von Motoren mit verbessertem Wirkungsgrad nur 1,4 % Einsparungen bezogen auf den Stromverbrauch der deutschen Industrie 1997 erzielt. Einsparungen können außerdem bei bestehenden Anlagen beispielsweise durch das

¹² Die Zahl stellt das ökonomische Einsparpotenzial dar, wobei Amortisationszeiten von 2 bis 3 Jahren und Strompreise von 2004 herangezogen wurden.

bedarfsgerechte Zu- und Abschalten von Motoren und eine regelmäßige Wartung erzielt werden (BMU 2006; dena o.J.-b).

Pumpen und Pumpensysteme

Pumpen gehören mit einem Anteil von 30 % des Stromverbrauchs in Industrie und Gewerbe zu den größten industriellen Verbrauchern (ZVEI o.J.). Energiekosten stellen mit 45 % auch einen hohen Anteil der Gesamtkosten von Pumpen bezogen auf die Lebensdauer dar (Möller 2009). Die dena nennt basierend auf ihren Erfahrungen mit einem Beratungsprojekt in über 70 verschiedenen Unternehmen ein Einsparpotenzial von 30 % (dena 2007). Im Folgenden werden spezielle Einsparpotenziale im Bereich Pumpen aufgezeigt. Da Pumpen ein Einsatzgebiet von elektrischen Antrieben sind, gelten die im vorherigen Abschnitt genannten Maßnahmen ebenfalls.

1. Neuanschaffung

- Einsatz effizienter, an Anwendung und Betriebsumgebung angepasster Pumpen: 25 % Einsparpotenzial (BEK 2006). Die optimale elektrische Leistung einer Pumpe ergibt sich aus der Formel $P = V * \text{Gesp.}$, wobei V (m^3/s) die Fördermenge, Gesp. (Pa) die von der Pumpe zu überwindende Druckdifferenz ist. Der Austausch von überdimensionierten Pumpen ermöglicht die höchsten Einsparpotenziale (Berger et al. 2005).
- Nutzug von Pumpen mit Permanentmanagement-Technologie (BMU 2006)
- Betrieb von Hocheffizienzpumpen mit EC-Motoren: 70 % Einsparungen im Vergleich zu herkömmlichen Pumpen (MUFV-RLP 2006).
- Einsatz von Mehrfachpumpen (Berger et al. 2005)

2. Optimierung bestehender Systeme (dena 2007; Berger et al. 2005)

- Dosierte Pumpleistung
- Drehzahlregelung über Frequenzumrichter
- Einsatz einer Drosselregelung
- Regelung durch Rezirkulation (Bypass-Regelung, energetisch schlechteste Möglichkeit zur Regelung einer Pumpe)
- Lastabhängige Durchflussregelung
- Saugstutzen der Pumpe verbessert gestalten
- Doppelpumpenbetrieb
- Rotorblätter effizienter gestalten, etwa die Änderung des Anstellwinkels der Laufschaufeln
- Unnötige Pumpen stilllegen
- Aufbringen von Beschichtungen auf die Pumpe (weniger Reibungsverlusten)
- Hydraulischer Abgleich
- Vollständige Trennung vom Stromnetz bei Abschaltung

Kompressoren und Druckluftsysteme

Neben dem Einsatz in Pumpen kommen elektrische Antriebe auch in Kompressoren zum Einsatz, die u.a. zur Drucklufterzeugung genutzt werden. In vielen Industrieunternehmen wird Druckluft benötigt. Diese wird durch Verdichtung der Umgebungsluft in Kompressoren erzeugt. Sie dient dem

Antrieb von Bohrern, Hämmern etc. Der Energieträger „Druckluft“ ist einer der teuersten Energieformen: Um eine kWh mechanische Arbeit zu leisten müssen 20 kWh elektrische Energie aufgewendet werden (MUFV-RLP 2006). 7 % des industriellen Stromverbrauchs werden für die Erzeugung von Druckluft eingesetzt. Eine von der EU in Auftrag gegebene Studie im Jahr 2001 beziffert das Einsparpotenzial bei der Druckluftherzeugung auf 30 % (BEK 2006). Eingespart werden könnte in den Druckluftanlagen rund 5 bis 50 % Energie, wobei die meisten Effizienzmaßnahmen mit Amortisationszeiten von weniger als zwei Jahren wirtschaftlich sehr attraktiv sind (dena 2009).

Druckluft kommt in der Industrie als Aktivluft (zum Transport), als Prozessluft (Prozessmedium) sowie im Rahmen der Vakuumtechnik zum Einsatz. Zu unterscheiden sind vier Anwendungsbereiche (dena o.J.-a):

- Vakuum- und Gebläseanwendungen: Überdruck bis ca. 1 bar, sowie „Grobvakuum“ - bei höheren Anforderungen an die Erzeugung des Unterdrucks ist der Einsatz von speziellen Vakuumpumpen effizienter
- Niederdruck-Anwendungen (ca. 2-2,5 bar) – Geräte werden häufig an Standarddruck-Netze angeschlossen, dadurch Verluste => Prüfung der Einrichtung von Niederdruck-Netzen
- Standarddruck-Anwendungen (7 bar-Netz)
- Hochdruck-Anwendungen (zwei- und dreistelliger bar-Bereich) – bei diesen Geräten kann ein Anschluss an das Standarddruck-Netz plus ein zusätzlicher dezentraler Druckerhöhungskompressor sinnvoll sein

Bei der Druckluftherzeugung setzen Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung sowohl bei der Anschaffung als auch dem Betrieb an. Da bei der Druckluftherzeugung rund ¾ der Kosten auf den Energieverbrauch entfallen, amortisieren sich Investitionen innerhalb kurzer Zeit. Konkrete Effizienzmaßnahmen:

1. Bezogen auf die Optimierung des Gesamtsystems und der Druckluftverteilung (MUFV-RLP 2006; Berger et al. 2005):
 - Vermeidung von Verlusten: dezentrale Druckluftherzeugung, falls die Standorte, an denen Druckluft benötigt wird, weit voneinander entfernt liegen (Reduktion von Leckageverlusten); Einsatz von Rohren mit ausreichen großem Durchmesser und geringer Innenrauhigkeit; Beseitigung von Leckagen (häufig Leckageverluste zwischen 30 % und 50 %!), Quellen: undichte Ventile und Verbindungen, defekte Schläuche und Steckkupplungen, festsitzende Schwimmerableiter, falsch installierte Trockner und Filter und korrodierte Leitungen
 - Einstellen von Reglern und Druckregelung
 - Nutzung von Leckagearmen Armaturen, Schnellkupplungen hoher Qualität,...
 - Ansauglufttemperatur durch geeignete Wahl der Ansaugstelle senken
 - Verringerung des Verdichtungsenddrucks bis knapp über dem benötigten Druckniveau (möglichst geringer Netzdruck): pro Bar höher Verdichtung 7 % mehr Stromverbrauch
 - Einsatz von Druckluft nur dort, wo sie wirklich benötigt wird
 - Nicht benutzte Leitungen absperren
 - Netz verbessern: Auslegung, Rohrdimensionierung
 - Vorhalten eines Druckluftspeichers um Lastspitzen bei großem Druckluftbedarf auszugleichen
 - Nutzung der in einem erheblichem Maße anfallenden Abwärme

2. Bezogen auf die Kompressoren (Berger et al. 2005):

- Wasserkühlung anstatt Luftkühlung der Kompressoren / Positionierung der Kompressoren an kühlen Orten: bis zu 30 % geringen Kühlkosten
- Automatische Steuerung der Kompressoren
- Kompressoren durch neuere oder besser angepasste Maschinen ersetzen, die einen geringeren spezifischen Energieverbrauch haben
- Regelmäßige Wartung der Kompressoren, da angesogene Verschmutzungen der Umgebungsluft die Effizienz des Druckluftsystems herabsetzen
- Regelung der Kompressoren über Motordrehzahl / Nutzung moderner Kompressoren

Lüftung

Lüftungsanlagen kommen dort zum Einsatz, wo die Zufuhr von Frischluft durch offene Fenster in Gebäuden nicht ausreicht oder nicht möglich ist. Raumlufttechnik-Anlagen (RLT-Anlagen) beeinflussen das Raumklima insgesamt und stellen z.B. eine gewünschte Luftfeuchtigkeit her. Zum Einsatz kommen hier u.a. Ventilatoren mit elektrischen Antrieben, die zusammen mit den Pumpen für 14 % des industriellen Stromverbrauchs verantwortlich sind. Das Einsparpotenzial des Systems „Ventilator“ wird nach einer Studie des Fraunhofer Instituts für Systemdynamik und Innovationsforschung mit 20 % angegeben (BayFIU 2004). Zur Ausschöpfung dieses Potenzials tragen die folgenden Maßnahmen bei (BayFIU 2004; BMU 2006):

- Bedarfsgerechter Einsatz: Überprüfung von Kühltemperaturniveau und Luftwechselrate
- Regelmäßiges Warten der Anlagen mit Filterwechsel
- Einsatz von Lüftungskanälen mit geringen Strömungswiderständen
- Gute Dämmung der Leitungen
- Einsatz von Umluftsystemen
- Leitungen, die am tatsächlichen Bedarf ausgerichtet sind (keine Überdimensionierung)
- Dezentrales Lüften: Luft dort absaugen, wo die Belastung entsteht
- Nutzung der abgesogenen Wärme z.B. zur Vorwärmung von Zuluft in Wärmetauschern

Beleuchtung, EDV und Kleingeräte

Eine gute Beleuchtung von Räumen bzw. Außenbereichen ist entscheidend für Produktivität, Gesundheit und Sicherheit. Beleuchtungsstärken sind deshalb auch in der Arbeitsschutzverordnung vorgeschrieben, wobei dennoch durch verschiedene Maßnahmen bis zu 80 % des Strombedarfs bei der Beleuchtung eingespart werden kann (MUFV-RLP 2006). Bezogen auf den Gesamtstromverbrauch der deutschen Industrie (1997) ergibt sich ein Einsparpotenzial von rund 5 % (BayFIU 2004). Hierzu können die folgenden Maßnahmen beitragen (BMU 2006):

- am Bedarf ausgerichtete Beleuchtung: Steuerung der Nutzung über Bewegungsmelder oder außenlichtgeregelte Beleuchtungssteuerung, Verwendung von Zeitschaltuhren bei regelmäßigen Abläufen
- Einsatz moderner Beleuchtung: Nutzung von Energiesparlampen (bis zu 80 % Einsparung), Halogen-Metallampen statt Quecksilber-Hochdrucklampen (bis zu 50 % Einsparung), Nutzung von elektrischen Vorschaltgeräten (bis zu 20 % Einsparung)

Neben der Beleuchtung entfällt ein weiterer Teil des Stromverbrauchs, der nicht direkt in Produktionsprozesse eingeht, auf Kleingeräte und die elektronische Datenverarbeitung (EDV), die in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen hat. Trotz effizienterer Geräte verbrauchen Computer, Monitore, etc. inzwischen teilweise mehr Energie als die Beleuchtung. Durch große Netzwerke und die hohe Wärmeabstrahlung von Servern steigt außerdem der Energiebedarf durch die Kühlung von EDV-Räumen (BEK 2006). Folgende Maßnahmen können zur Reduktion des Energieverbrauchs im Bereich EDV und sonstigen Kleingeräten beitragen (BMU 2006):

- Einsatz von effizienten Geräten
- Vermeiden des Stand-by-Betriebs - außerhalb der Betriebszeit sollten Geräte durch Ziehen des Netzsteckers vollständig vom Netz abgetrennt werden
- EDV: Aktivierung des Energiemanagements des Betriebssystems; Komponenten wie Hubs, Drucker, Kopierer, Plotter außerhalb der Nutzungs- und Betriebszeiten abschalten; Abschalten des Monitors in Arbeitspausen; Rechner bzw. Teilnetze nur bei Bedarf auch Nachts in Betrieb lassen; kein zu tiefes Kühlen der EDV-Räume (Temperaturen bis zu 26 °C problemlos möglich)
- Sonstige Geräte: Verwendung von Vorschaltgeräten für Faxgeräte, Abschalten von elektrischen Kleingeräten nach der Nutzung

5.2 Effizienzmaßnahmen in der chemischen Industrie

Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung in der Chemieindustrie können auf drei verschiedene Weisen eine positive Wirkung entfalten: So kann der Energieverbrauch von Kunden und Lieferanten sowie der Energiebedarf der Verbraucher reduziert, oder in der Industrie selbst bei Produkten und Prozessen Einsparungen herbeigeführt werden (GDCh 2006). Im Folgenden werden nur Maßnahmen berücksichtigt, die die Steigerung der Energieeffizienz innerhalb des Produktionsprozesses in der chemischen Industrie betreffen. Die Energieeffizienz kann dabei nicht beliebig gesteigert werden, da die Aufbereitung von Produkten oft energieintensive Trennverfahren erfordert und viele chemische Reaktionen Aktivierungsenergie benötigen, so dass für jedes Produkt ein spezifischer (nicht statischer) Mindestverbrauch existiert (Koordinierungskreis "Chemische Energieforschung" 2007).

Aufgrund der hohen Energiepreise und des hohen Energiebedarfs ist die chemische Industrie grundsätzlich für das Thema Energieeffizienz sensibilisiert. Bereits bis zum Jahr 2000 wurde der spezifische Energieverbrauch nach Aussage des Verbandes der chemischen Industrie (VCI) um 30 % im Vergleich zum Basisjahr 1990 verringert, hauptsächlich durch den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung und effiziente Herstellungsprozesse. Eine Selbstverpflichtung sieht eine Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs bis zum Jahr 2012 um insgesamt 35-40 % im Vergleich zu 1990 vor (VCI 2007). Aus Sicht des Verbands ist es der chemischen Industrie bereits in den letzten Jahren gelungen, Produktion und Energieverbrauch zu entkoppeln, da im Zeitraum von 1990 bis 2006 die Produktion um 43 % zunahm während sich andererseits der Energieverbrauch um 27 % reduzierte (VCI 2009b). Gerade große Unternehmen bearbeiten bereits heute das Thema Energieeffizienz oft sehr systematisch und verfügen über eigene Energiemanagementsysteme, wohingegen kleine Unternehmen eher auf externe Berater zurückgreifen¹³.

¹³ Telefonisches Interview mit Hr. Rothermel vom VCI am 17.12.2009

Gerade im Bereich der Grundstoffchemie sind in den letzten Jahren bereits vielfach Effizienzmaßnahmen ergriffen worden. So kommt eine Studie von Roland Berger (Henzelmann / Büchele 2009) zu dem Ergebnis, dass in der Grundstoffchemie in den letzten zehn Jahren der Energieverbrauch durch Produkte des Maschinen- und Anlagenbaus stärker reduziert werden konnte als in den nächsten zehn Jahren zu erwarten ist (14,2 vs. 9,9 %), wohingegen in der übrigen Chemiebranche die kommenden Einsparungen (12,1 %) höher als die bereits erfolgten (7,4 %) eingeschätzt werden.

Allgemein sind alle im vorherigen Kapitel zu industriellen Prozessen genannten Bereiche und Maßnahmen auch in der Chemieindustrie relevant. In der chemischen Industrie in Deutschland liegen die größten Energieverbräuche und Einsparpotenziale bei den Prozessen, insbesondere den thermischen, wohingegen Gebäudeenergieeffizienz und allgemeine Effizienzmaßnahmen zur Verringerung des Stromverbrauchs eine deutlich geringere Bedeutung haben¹⁴. Die vorliegende Studie fokussiert deshalb auf Effizienzmaßnahmen bei den Prozessen. Nachfolgend werden die Einsparpotenziale bei thermischen Prozessen (Wärmebereitstellung und –rückgewinnung), durch die rationelle Verwendung elektrischer Energie in den Prozessen und durch Prozessoptimierung bzw. –substitution präsentiert.

5.2.1 Wärmebereitstellung und -rückgewinnung in der Chemieindustrie

Das Potenzial zur Abwärmenutzung bzw. Wärmerückgewinnung unterscheidet sich je nach Prozess. Allgemein zeichnet sich die chemische Produktion jedoch durch einen hohen Bedarf an Dampf und Wärme aus, so dass Maßnahmen in diesen Bereichen sehr relevant sind. Beispiele für Anwendungsbereiche von Wärmepumpen sind in der Chemieindustrie die Herstellung von Petrochemikalien, Düngemitteln und Kunststoffen (Heidelck et al. 2000). Erhebliche Potenziale bietet außerdem die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung (Saygin et al. 2008): Im Vergleich zur separaten Erzeugung von Strom und Wärme kann die Energieeffizienz durch KWK-Anlagen um bis zu 40 % gesteigert werden. Nach Angaben von Herrn Rothermel vom VCI führen bereits viele Unternehmen eine Kaskadennutzung von Wärme durch und setzen damit Abwärme ein. In diesem Bereich seien jedoch noch deutliche Einsparpotenziale vorhanden. KWK sei inzwischen weit verbreitet, so dass 90 % der Wärme in solchen Anlagen erzeugt würde und kaum weitere Potenziale vorhanden seien¹⁵. Dabei bezieht sich Herr Rothermel vorwiegend auf große Unternehmen. In kleinen und mittelständischen Unternehmen wird das KWK-Potenzial dagegen noch kaum genutzt, wie ein Projekt zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in europäischen KMU feststellte (CARE+ 2009).

5.2.2 Rationelle Verwendung von elektrischer Energie in der Chemieindustrie

Motorische Antriebe sind in der Chemieindustrie für einen großen Teil des Stromverbrauchs verantwortlich. Saygin et al. (2008) schätzen, dass diese einen Anteil von 70 % des gesamten Strombedarf ausmachen, wobei vor allem Pumpen und Kompressoren als Verursacher zu nennen sind. Hiermit verbunden sind erhebliche Kosten: PROCESS (2006) beziffert den Anteil der Energiekosten an den gesamten Lebenszykluskosten eines Motors auf ca. 97 %. Schlink et al (2009) weisen

¹⁴ Telefonisches Interview mit Hr. Rothermel vom VCI am 17.12.2009

¹⁵ Telefonisches Interview mit Hr. Rothermel am 17.12.2009

auf die hohe Bedeutung der Betriebsart der Motoren in der chemischen Industrie hin, die durch Applikationen mit hohem Einsatz von Strömungsmaschinen, Pumpen, Kompressoren etc. gekennzeichnet ist. So wird bei Strömungsmaschinen mit nicht regelbarer Drehzahl in erheblichem Umfang Energie in Form von Wärme an die Umgebung abgegeben. Je nach Anlage können durch Motoren mit variabler Drehzahl in der Chemiewirtschaft bis zu 70 % eingespart werden. Die Einsparpotenziale durch Verbesserung des Wirkungsgrades bei der Nutzung von Motoren mit fester Drehzahl liegen bei rund 10 %, beim Umstieg auf Motoren mit variabler Drehzahl sei sogar eine Einsparung von 30 % möglich (Process 2006).

5.2.3 Prozess- und Systemoptimierung, Prozessinnovationen

Prozess- und Systemoptimierungen umfassen Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz im gesamten Prozess oder System (z.B. Dimensionierung Ventilation oder Druckluft, Vermeidung von Leckagen, Kaskadennutzung von Wärme). Diese wurden teilweise bereits als Maßnahmen in den einzelnen Bereichen berücksichtigt. Hinzu kommen gerade in der Chemie Effizienzsteigerungspotenziale durch die Substitution von Prozessen. So können beispielsweise durch den Einsatz der „weißen“ Biotechnologie herkömmliche Prozesse durch biotechnische Anwendungen substituiert werden. Weitere Möglichkeiten bieten Membranreaktoren und die Mikroverfahrenstechnik, auf die jedoch an dieser Stelle nicht weiter eingegangen wird. Mit den biotechnischen Anwendungen verbunden ist teilweise eine Verminderung des Energieaufwands im Vergleich zu den konventionellen Prozessen. Diese kann bis zu 80 % betragen (Hoppenheidt et al. 2004). Betrachtet man die einzelnen Zweige der Chemieindustrie, so bieten vor allem im Bereich der Fein- und Spezialchemikalien Möglichkeiten zum Einsatz der Biotechnologie. Besonders Feinchemikalien zeichnen sich durch einen hohen Funktionalisierungsgrad aus, zur Herstellung kommen meist komplexe, mehrstufige Syntheseprozesse zum Einsatz. Dies erlaubt den Einsatz von Biokatalysatoren und Enzymen, wodurch Ressourcen- und Energieeinsparungen im Vergleich zur herkömmlichen Produktion erreicht werden können. Allerdings muss im Hinblick auf den Einsatz der weißen Biotechnologie berücksichtigt werden, dass in diesem Bereich noch erheblicher Forschungsbedarf besteht und auch der Energiebedarf zur Herstellung der biotechnischen Produkte berücksichtigt werden muss (Hoppenheidt et al. 2004). So können biotechnische Verfahren auch energieintensiver sein als die konventionellen, beispielsweise da zusätzliche Trocknungsverfahren notwendig werden.

5.3 Energieeffiziente Produkte im Maschinenbau

In der Maschinenbaubranche liegt der Fokus in der vorliegenden Studie auf der Energieeffizienz der Produkte. So ist für den Energiebedarf im produzierenden Gewerbe vor allem der hohe Strombedarf durch elektrische Antriebe, Pumpen und Kompressoren (Druckluft) relevant, weshalb diese Technologien vertiefend betrachtet werden. Da die Energieeffizienzpotenziale maßgeblich von der effizienten Nutzung der Technologien in den Produktionsprozessen, beispielsweise durch intelligenten Einsatz von Regel- und Steuerungstechnik, abhängen, werden gegebenenfalls die kompletten Systeme analysiert. Für den Einsatz von Produkten des Maschinen- und Anlagenbaus kommt eine Studie, die Roland Berger 2009 im Auftrag des VDMA erstellte, zu dem Ergebnis, dass es in diesem Bereich in den kommenden zehn Jahren insgesamt zu geringfügig höheren Energieeinsparungen kommt als in den letzten zehn Jahren (Henzelmann / Büchele 2009). Die Studie unterscheidet zwischen Effizienzsteigerung durch Technologieentwicklung (Anbieter), Technologieeinsatz (Durchdringungsgrad effizienter Technologien) und Technologieverwendung (Anwender: Verhaltensänderung und Prozessoptimierung). Die Höhe der in den letzten zehn Jahren im produzierenden Gewerbe erfolgten Einsparungen durch Produkte des Maschinen- und Anlagenbaus (nur

Technologieentwicklung und –einsatz) läge bei 141 PJ/a, das Einsparpotenzial der nächsten zehn Jahre wird auf 171 PJ/a beziffert. Die Steigerung in den nächsten Jahren sei dabei in höherem Maß auf die zunehmende Verbreitung effizienter Technologien als auf Neuentwicklungen zurück zu führen: In der Studie wird bis 2018 für das produzierende Gewerbe eine Zunahme des Anteils effizienter Technologien von 49 % (1998-2008) auf 60 % (2008-2018) prognostiziert (Henzelmann / Büchele 2009). In der Studie von Roland Berger und dem VDMA wurden insgesamt 264 Unternehmen aus dem Bereich Maschinen- und Anlagenbau befragt (Henzelmann / Büchele 2009). Dabei handelt es sich zu 45 % um KMU (Umsatz < 50 Mio. €). Bereits heute spielt die Effizienz ihrer Technologien eine wichtige Rolle für die Kunden(nachfrage), die nach Unternehmenseinschätzung in den nächsten zehn Jahren noch deutlich zunehmen wird. Außerdem gewinnen Life-Cycle-Costs (LCC) von Produkten zunehmend für Kaufentscheidungen an Bedeutung, was auch die Berücksichtigung von Energiekosten mit einschließt. Aufgrund der gestiegenen Energiekosten bei den Anwendern ist bereits heute die Nachfrage für energieeffiziente Produkte in der Regel vorhanden¹⁶.

Henzelmann und Büchele (2009) nennen allgemein folgende fünf technologische Hebel zu Erhöhung der Energieeffizienz von Produkten des Maschinen- und Anlagenbaus:

- Optimierung der Systemsteuerung (Zusammenwirken der Subsysteme)
- Verfahrensoptimierung (Änderung des Stoffstroms)
- Konstruktionsoptimierung (Konstruktion von Komponenten und Subsystemen)
- Materialoptimierung (Qualitätsverbesserung / Austausch Material)
- Substitution von Subsystemen

Von diesen fünf Ansatzpunkten wird insbesondere der Optimierung der Verfahren, der Systemsteuerung und der Konstruktion mit einem Anteil von 21-27 % der Einsparpotenziale große Bedeutung in den nächsten zehn Jahren zugesprochen (sowie bereits ähnlich hohe Anteile an den Einsparungen in den letzten zehn Jahren). Wie oben dargestellt liegt der Fokus im Folgenden auf den Effizienzsteigerungspotenzialen, die durch Maßnahmen im Bereich der elektrischen Antriebe, Pumpen und Pumpensysteme, Kompressoren, Druckluft- und Vakuumtechnik erzielt werden können. Im Folgenden wird vor allem auf Innovationen und neue Technologien eingegangen, durch deren Einsatz die Energieeffizienz der Systeme gesteigert werden kann.

5.3.1 Elektrische Antriebe

Elektrische Antriebe verursachen insgesamt 70 % des Stromverbrauchs in der Industrie (BMU 2006), so dass die höchsten Einsparpotenziale des produzierenden Gewerbes im elektromotorischen Bereich gesehen werden (Prognos AG 2007). Diese Einsparpotenziale setzen sich etwa zu einem Fünftel aus dem Einsatz von Energiesparmotoren und zu vier Fünfteln aus dem Einsatz von Antrieben mit elektronischer Drehzahlregelung zusammen. In der gesamten deutschen Industrie könnten durch die Bereitstellung und den Einsatz energieeffizienter elektrischer Antriebstechnik jährlich mehr als 15 % des Stromverbrauchs eingespart werden (ZVEI 2008).

¹⁶ Telefonisches Interview mit Hr. Singrün vom VDMA am 16.12.2009

Tab. 5.1: Energieeinsparpotenziale von Effizienzmaßnahmen bei Antriebsystemen

Quelle: (Berger et al. 2005)

Maßnahme	Einsparpotenziale
Energieeffiziente Motoren (Energieeffizienzmaßnahmen)	2–8 %
Korrekte Dimensionierung	1–3 %
Energieeffiziente Motorreparatur	0,5–2 %
Antriebe mit veränderlicher Drehzahl (ASD)	10–50 %
Getriebe/Untersetzungsgtriebe mit hoher Effizienz	2–10 %
Qualität der Stromversorgung	0,5–3 %
Schmierung, Einstellung und Feinabstimmung	1–5 %

Die höchsten Einsparpotenziale weist der Einsatz elektronischer Drehzahlregelungen auf, die vor allem bei wechselnden Lasten relevant sind (s. Tab. 5.1). Weitere Energieeinsparungen können durch das Verwenden von Direktantrieben (ohne Getriebe) und von hocheffizienten Getrieben erzielt werden. So weisen Stirnrad- und Kegelgetriebe deutlich bessere Wirkungsgrade auf als Schneckengetriebe (dena o.J.-b). Ein weiterer Ansatzpunkt zur Reduktion des Stromverbrauchs elektrischer Antriebe ist eine Vermeidung von Überdimensionierungen und der Einsatz von Frequenzumrichtern.

Ein zentrales Element der elektrischen Antriebe stellen außerdem die Elektromotoren¹⁷ dar. Je nach Motortyp haben diese unterschiedliche Energieverbräuche: Von den Drehstrommotoren sind die Synchronmotoren energieeffizienter im Vergleich zu Asynchronmotoren, die jedoch weit aus verbreiteter sind (dena o.J.-b). Eine Option zur weiteren Senkung des Energieverbrauchs bei Synchronmotoren bieten Permanentmagnetmotoren (PM-Motoren), zu denen aktuell ein Trend zu beobachten ist. Neben anderen Vorteilen können in niedrigen Leistungsbereichen durch PM-Motoren Wirkungsgrade von weit über 90 % erreicht werden (Simon 2009). Besonders effizient ist auch eine andere Weiterentwicklung des Synchronmotors: der elektronisch kommutierte Motor (EC-Motor). Nachteilig wirken sich bei diesen die hohen Anschaffungskosten aus. Bisher kommen EC-Motoren nur im Leistungsbereich bis 2 kW zum Einsatz (dena o.J.-b). Motoren mit optimiertem Wirkungsgrad werden Hochwirkungsgrad-Motoren genannt (dena o.J.-b). Diese Motoren haben bis zu 40 % weniger Energieverluste als herkömmliche Motoren¹⁸ (Schlink et al. 2009).

Der Wirkungsgrad von Motoren kann beispielsweise durch folgende Maßnahmen erhöht werden: Reduktion der Verluste in der Wicklung, Verwendung von Dynamoblechen mit besseren magnetischen Eigenschaften, Optimierung der Luftführung im Motor und Reduzierung der Fertigungstoleranzen (dena o.J.-b). Die Effizienz von elektrischen Motoren kann anhand ihrer Zuordnung zu Effizienzklassen erkannt werden. Die zukünftig weltweit gültigen Effizienzklassen nach dem IEC-Code

¹⁷ Auch wenn es sich dabei eigentlich um ein elektrotechnisches Produkt handelt werden in der Studie aufgrund der hohen Bedeutung für die elektrischen Antriebe insgesamt – bei denen es sich um ein Produkt des Maschinen- und Anlagenbaus handelt – Elektromotoren mit berücksichtigt.

¹⁸ Zu beachten ist, dass der Wirkungsgrad eines Elektromotors mit seiner Leistung steigt. Im Bereich bis zu einem kW sind Wirkungsgrade zwischen 60 und 90 % üblich, bei Leistungen größer einem kW werden Wirkungsgrade zwischen 90 und 99 % erreicht.

ersetzen die europäische Klassifikation nach EFF. Hierbei ist IE1 (Below Standard Efficiency) vergleichbar mit EFF2, IE2 (Standard Efficiency) ähnlich EFF1. Ergänzt wird das System durch IE3 (High Efficiency) und IE4 (Premium Efficiency). Nach Angaben des Umweltbundesamtes (2009) ist der Anteil der hocheffizienten IE2-Motoren in den letzten Jahren nur von 2 auf 9 % gewachsen. Der Anteil der IE3-Motoren liegt in Deutschland noch unter einem Prozent. Ein Grund hierfür sind die höheren Investitionskosten, die sich jedoch aufgrund der niedrigeren Energiekosten in der Regel bereits nach wenigen Jahren amortisieren (UBA 2009). In Europa lag 2009 der IE2-Anteil bei 17%, der Anteil an IE1 Motoren dagegen bei 82% (Helmrich et al. 2010). Durch verschiedene gesetzliche Vorgaben der EU soll die Diffusion der effizienten Technologien herbeigeführt werden: Ab dem 16. Juni 2011 dürfen beispielsweise im Leistungsbereich von 0,75 – 375 kW nur noch hocheffiziente Asynchron-Drehstrommotoren ab IE2 verkauft werden (UBA 2009).

5.3.2 Pumpen und -systeme

Pumpen gehören zu den größten industriellen Stromverbrauchern mit einem Anteil von rund einem Drittel am Stromverbrauch in Gewerbe und Industrie (ZVEI o.J.). In einem Modellprojekt der dena konnten in zahlreichen Industrieunternehmen durchschnittliche Kosteneinsparungen von 30 % durch die Optimierung der Pumpsysteme erzielt werden. Zentraler Ansatzpunkt ist dabei die Systemoptimierung, wobei die Maßnahmen jeweils individuell zu entwickeln sind (dena 2007). Neben dem Einsatz von effizienten Motoren und Antrieben sowie einer Systemoptimierung stellen der Einsatz hocheffizienter Pumpen und deren Regelung (Drehzahlregelung, Taktung der Pumpe) weitere Möglichkeit zur Energieeinsparung dar. Bei Umwälzpumpen existieren beispielsweise Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung durch die Optimierung der Rotorblätter, elektrische Kommutierung sowie elektronische Drehzahlregelung (BMU 2006). So kann durch den Einsatz effizienter, an Anwendung und Betriebsumgebung angepasster Pumpen insgesamt 25 % Energie eingespart werden (BEK 2006). Weitere Einsparungen werden durch den Einsatz von Trockenläufer- und Mehrfachpumpen erzielt (Berger et al. 2005). Im Folgenden werden einige Beispiele für konkrete Effizienzmaßnahmen bei Pumpen genannt:

- Das Unternehmen KSB hat eine Technologie entwickelt, die auf das so genannte „Abdrehen der Laufräder“ setzt. Hierbei wird der Außendurchmesser soweit reduziert, bis die Fördermenge genau den Anforderungen entspricht. Durch das Abdrehen des Laufrades arbeitet die Pumpe im hydraulischen Optimum und spart somit nach Angaben des Herstellers 10 % Energie (Friedl 2009).
- KSB präsentierte auf der Hannover-Messe 2009 außerdem ein Produkt Namens Pumpdrive, ein System zur Drehzahlregelung von Kreiselpumpen. Der Hersteller garantiert eine bedarfsoptimierte Drehzahl und dadurch die Reduktion des Energieverbrauchs um bis zu 60 %. Anwendungsbereiche dieses Systems sind u.a. die Gebäudetechnik und die Industrie. In diesem Zusammenhang weist KSB auf ein Gesamtkonzept zur Pumpenoptimierung hin, das aus den Bausteinen Pumpenauslegung, Drehzahlregelung, Laufradanpassung und dem standardgemäßen Einsatz von EFF1-Motoren besteht (Schreier 2009).
- Der Pumpenhersteller Wilo setzt ebenfalls auf Pumpen mit niedrigem Energiebedarf: Ein vom Unternehmen konzipiertes Produkt ermöglicht Einsparungen von 20 % bei Pumpen, deren Leistung kleiner als 40 kW ist und die u.a. in Haushalten zum Einsatz kommen. Weitere Einsparpotenziale bieten speziell am Bedarf ausgerichtete Pumpsysteme (Friedl 2009).

5.3.3 Kompressoren, Druckluft- und Vakuumtechnik

Neben dem Einsatz in Pumpen kommen elektrische Antriebe auch in Kompressoren zum Einsatz, die u.a. zur Drucklifterzeugung genutzt werden. In sehr vielen Industrieunternehmen wird Druckluft benötigt; eine von der EU in Auftrag gegebene Studie im Jahr 2001 beziffert das Einsparpotenzial bei der Drucklifterzeugung auf 30 % (BEK 2006). Bezogen auf die Maschinenbauprodukte und deren Steuerung sind - neben effizienten Motoren und Antrieben - entscheidende Ansatzpunkte die Nutzung von Mehrstufenkompressoren und die richtige Dimensionierung der Kompressoren (BMU 2006, ZVEI 2009). Der Energieverbrauch kann außerdem durch den Einsatz von effizienten Kompressoren, Produkten mit Magnet-Lagern und Turbo-Kompressoren verringert werden. Turbokompressoren, die in radialer und axialer Bauweise existieren, dienen zur Erzeugung von ölfreier Druckluft. Sie zeichnen sich im Vergleich zu Kolben- und Schraubenkompressoren durch einen höheren Wirkungsgrad und einen hieraus resultierenden niedrigeren Energieverbrauch aus. Sie können allerdings nur unter großen Wirkungsgradverlusten geregelt werden, so dass sie nicht überall geeignet sind. Weitere Effizienzmaßnahmen sind der Einsatz von Wasserkühlung anstatt Luftkühlung, einer automatischen, bedarfsgerechten Steuerung der Kompressoren sowie eine regelmäßige Wartung (Berger et al. 2005). Im Folgenden werden einige konkrete Beispiele für effiziente Technologien im Bereich Drucklufttechnik dargestellt:

- Im Bereich der Kompressoren entwickelte das Unternehmen CompAir die Quantima-Technologie. Die Rotoren der Quantima-Kompressoren werden berührungslos über Magnetlager angetrieben, sodass auf Getriebe und Wälzlager verzichtet werden kann. Dies schafft die Voraussetzung für einen verschleißfreien Betrieb und somit eine hohe Energieeffizienz und ermöglicht die ölfreie Erzeugung der Druckluft. Weitere Energieeinsparungen ergeben sich aus einem drehzahlgeregelten Antrieb und einem guten Überwachungssystem (N.N. 2009).
- Ebenfalls von CompAir stammt der Schraubenkompressor L80, der laut Herstellerangaben 15 % mehr Leistung bei geringerem Energiebedarf in Relation zu konventionellen Kompressoren liefert. Grund hierfür ist eine verbesserte Verdichterstufe mit geringeren Umfangsgeschwindigkeiten. Dies erzeugt eine höhere Luftmenge als sonst bei 75-KW-Motoren üblich (N.N. 2008).
- Das Unternehmen Atlas Copco hat seinen einstufigen, drehzahlgeregelten Turbokompressor ZB 160 VSD weiterentwickelt. Bei hohem Wirkungsgrad kann dieser durch den direkten Antrieb des Laufrades Drehzahlen von bis zu 44 000 Umdrehungen pro Minute realisieren. Im Vergleich zum Vorgängermodell konnte der Energieverbrauch deutlich reduziert werden (Fladerer 2007).
- Bosch Rexroth bietet einen drehzahlvariablen Pumpenantrieb an. Dabei handelt es sich um ein kombiniertes System aus Hydraulikpumpe, elektrischem Pumpenantrieb und Steuerung, das die Drehzahl des Motors entsprechend der aktuell benötigten Leistung drosselt. Durch die Anwendung entsprechend geregelter Pumpen wird in einem Praxisbeispiel eine Effizienzsteigerungen von 25 % erzielt (IFAS 2007).
- Der Vakumerzeuger VAGG der J. Schmalz GmbH erzielt nach Firmenangaben durch eine Senkung der Laufzeit (der Vakumerzeuger wird beim Erreichen eines bestimmten Vakuumwertes abgeschaltet und erst bei Unterschreitung eines festgelegtem Mindestwerts wieder gestartet) eine Senkung der Betriebs- und Energiekosten von bis zu 97 % (Unruh 2009).

5.4 Energieeffizienz in der Branche Transport und Logistik

Die Energieeffizienz im Verkehr kann sowohl durch öffentliche Maßnahmen als auch durch Maßnahmen von Unternehmensseite gesteigert werden (Léonardi et al. 2004). Öffentliche Maßnahmen können die Rahmenbedingungen für die Unternehmen und die Verkehrsinfrastruktur optimieren: So benennt der Masterplan für Güterverkehr und Logistik der Bundesregierung beispielsweise die effiziente Gestaltung des Verkehrs, die Verkehrsvermeidung und die Verlagerung auf Schiene und Binnenschiff als wichtige Aufgaben (BMVBS 2008). Da in der vorliegenden Studie die Handlungen der Unternehmen selbst maßgeblich sind, werden im Folgenden ausschließlich die Potenziale und Maßnahmen auf der Unternehmensseite betrachtet. Ansatzpunkte für die Steigerung der Energieeffizienz betreffen zum einen Maßnahmen innerhalb eines Verkehrsträgers, wobei sich im Folgenden die Betrachtung auf den Straßenverkehr konzentriert. Zum anderen stellt die Verlagerung auf energieeffiziente Transportmittel (Schiene, Schiff) in Form des kombinierten Verkehrs eine mögliche Effizienzmaßnahme dar. Hinzu kommen allgemeine Energieeffizienzmaßnahmen zur Verringerung des Strom- und Wärmebedarfs insbesondere für Büros und Lagerhallen, die bereits in Kapitel 5.2 erörtert wurden. Klimaschutzmaßnahmen sind bereits heute für viele Unternehmen wichtig: So gaben 72 % der Logistikunternehmen in einer Befragung an, bereits Klimaschutzmaßnahmen zu ergreifen, allein 54 % bemühen sich um eine bessere Auslastung der LKW-Flotte (IBM 2008). Während insbesondere im Güterverkehr in den letzten 20 Jahren deutliche Effizienzgewinne auftraten, nahm der Endenergieverbrauch im Verkehr aufgrund steigender Verkehrsleistungen im Güter- wie auch Personenverkehr in diesem Zeitraum deutlich zu (Graichen et al. 2011).

5.4.1 Maßnahmen innerhalb des Straßengüterverkehrs

Energiekosten machen insbesondere im Fernverkehr einen erheblichen Anteil an der Kostenstruktur aus, eher wenig Bedeutung haben sie dagegen im Nahverkehr, in dem die Personalkosten deutlich stärker zu Buche schlagen (siehe Abb. 5.1). Eine Reduktion des Energieverbrauchs ist deshalb für die Unternehmen vor allem im Fern- und Regionalverkehr als Mittel zur Kosteneinsparung relevant. Ansatzpunkte zur Steigerung der Energieeffizienz im Straßengüterverkehr betreffen den Fuhrpark und das Verhalten des Fahrzeugführers sowie die Organisation und Lagerung (vgl. BEK 2005). Die im Folgenden dargestellten Maßnahmen wurden aus unterschiedlichen Studien und Leitfäden zusammen getragen (Léonardi et al. 2004; BEK 2005; Öko-Institut/ LVS 2007). Léonardi et al. (2004) identifizieren in einer Studie 84 Energieeffizienzmaßnahmen für Unternehmen im Güterkraftverkehr. Die meisten dieser Maßnahmen bieten Einsparmöglichkeiten im unteren einstelligen Prozentbereich. Da die einzelnen Einsparpotenziale nicht aggregierbar sind kann daraus kein Gesamteinsparpotenzial berechnet werden. Die Studie von Léonardi et al. ermittelt für schwere Fahrzeuge durch einen Vergleich von Best-Practice-Unternehmen (hoher Grad an optimierten Verkehrswegen) mit schwächeren „Performern“ ein branchenweites CO₂-Reduktionspotenzial von rund 20 % (Léonardi et al. 2004).

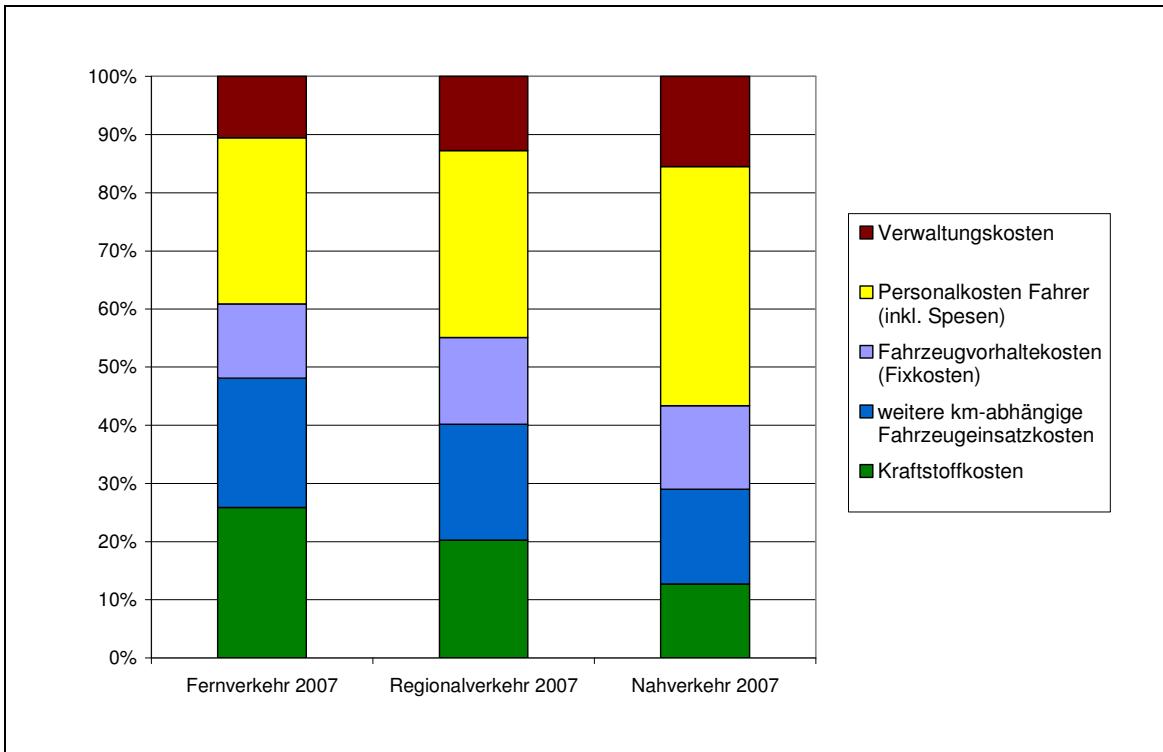


Abb. 5.1: Kostenstruktur im Straßengüterverkehr im Jahr 2007

Quelle: BGL (o.J.), eigene Zusammenstellung und Darstellung.

Fuhrparkbezogene Maßnahmen können einerseits innerhalb des bestehenden Fuhrparks ansetzen, andererseits beim Erwerb neuer Fahrzeuge. Maßnahmen im Bestand:

- Modifikation am Fahrzeug: Einsatz von Biokraftstoffen, aerodynamische Maßnahmen (beispielsweise Verspoilerung der Fahrerkabinen), Verwendung von rollwiderstandreduzierenden Reifen, Einsatz von Leichtlauföfen
- Fahrzeugoptimierung durch Onboard-Systeme: kontinuierlichen Kontrolle des Reifendrucks, Monitoring des Kraftstoffverbrauchs, Leistungsüberwachung des Motoren und Einsatz von Software zur proaktiven Wartung

Umfangreicher und kostenintensiver sind Neuinvestitionen in moderne Flotten bzw. Fahrzeuge. Dabei ist zum einen auf ein günstiges Verhältnis von Eigengewicht und Nutzlast zu achten, zum anderen auf energieeffiziente Fahrzeuge (z.B. EURO-5). Finanzielle Anreize bieten hierzu sowohl die Kosteneinsparungen durch verbrauchsärmere Modelle, als auch die Staffelung der Maut nach Emissionskategorien (EURO-Kennzeichnung). Diese Art von Energieeffizienzmaßnahmen weisen jedoch längere Amortisationszeiten auf und sind gerade in der Zeit der Wirtschaftskrise und der damit verbundenen geringen Investitionsneigung eher schwieriger zu realisierende bzw. langfristige Optionen (BAG 2008). Eine weitere Klimaschutzmaßnahme stellt der Einsatz alternativer Antriebe (Erdgas, Elektro- oder Hybrid-Technologien) dar. Dazu gehört auch die Nutzung von Biokraftstoffen, die in den vergangenen Jahren durch starke Schwankungen charakterisiert war - verursacht insbesondere durch die vorübergehende Steuerbefreiung (BAG 2008).

Ohne hohen Kostenaufwand umsetzbar sind **Fahrerschulungen**, die zu kraftstoffsparendem Fahrverhalten (Vermeidung von Motorleerlauf, ggf. Absenkung des Fahrtempo) führen sollen. Ergänzt

werden können diese Maßnahmen durch eine nachhaltige Kontrolle des Fahrverhaltens durch Datenanalyse mithilfe eines Flottenmanagementsystems oder On-Board-Systemen. Bonussysteme für die Fahrer schaffen zusätzliche Anreize, eine sparsame Fahrweise (inkl. einer bedarfsgerechten Nutzung von Bordheizung und Klimaanlage) beizubehalten. Reduziert werden kann der Energieverbrauch auch durch eine regelmäßige Fahrzeugwartung.

Weitere Maßnahmen sind **organisationsbezogen** (Logistik) mit dem hauptsächlichen Ziel, das Verkehrsaufkommen zu reduzieren und die Auslastung zu erhöhen. Dazu gehören:

- Dispositionsoptimierung und Optimierung der Routenplanung: Onboard-Disposition (ggf. Einsatz von Telematik), Einsatz von Software zur Routenoptimierung, Aufbau durchgängiger Daten- und Prozessmanagementsysteme, Einsatz von Tracking / Tracking Systemen
- Stau- und Laderaumoptimierung: Einsatz von Programmen zur Laderaumoptimierung (Reduzierung von Fahrten, Verminderung des Staufaktors), ggf. doppelter Ladeboden
- Bündelung von Ladungsströmen: z.B. Hub- and Spoke-Netze (über mehrere oder nur einen Knoten), Crossdocking-Konzepte (Verteilung via Warenumschlagslager), Brechung der Verkehrsströme vor der „letzten Meile“
- Kooperationen und Allianzen: Frachtbörsen, Speditionskooperationen (formell, informell), City-Logistik-Kooperationen,
- Vermeidung von Totlasten: z.B: durch Optimierung der Verpackung

Eine Umfrage in 52 Transportunternehmen im Güterkraftverkehr ergab, dass etwa die Hälfte der Unternehmen bereits 2003 technische Verbesserungen, Fahrerschulungen und informelle Kooperationen von Speditionen durchführten. Telematik, IT-Systeme und formelle Kooperation wurden dagegen noch kaum eingesetzt (nur in etwa 5 % der befragten Unternehmen). Implementiert werden die Maßnahmen tendenziell eher von großen Unternehmen (Léonardi et al. 2004).

5.4.2 Verlagerung auf energieeffizientere Verkehrsmittel

Die Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf Bahn und Schiff, häufig in Form des kombinierten Verkehrs, wird in der vorliegenden Studie als eine weitere zentrale Energieeffizienzmaßnahme betrachtet. Die Einsparpotenziale können dabei wesentlich höher liegen als bei einzelnen Maßnahmen im Straßengüterverkehr. Ob der kombinierte Verkehr energetisch effizienter ist hängt jedoch von zahlreichen Faktoren ab. Besondere Bedeutung kommt der Länge des Vor- und Nachlaufs (Transport der Güter per LKW), ob dieser entgegen der Fahrtrichtung oder mit der Fahrtrichtung stattfindet sowie der Streckenlänge und weiteren Streckencharakteristika, zu. In einer Studie wurden verschiedene Transportrelationen hinsichtlich ihrer Einsparpotenziale bei der Verlagerung von der Straße auf die Schiene untersucht: Von 19 analysierten kombinierten Strecken war der Primärenergieverbrauch in 3 Fällen um bis zu 15 % höher, in den übrigen Fällen schnitt der kombinierte Verkehr besser ab, davon in 8 Fällen mit einem um mindestens 20 % geringeren Verbrauch (ifeu/ SGKV 2002). Bei der Verlagerung auf die Schiene weist insbesondere der unbegleitete kombinierte Verkehr (Transport mit Umschlag Wechselbehältern) verglichen mit dem Transport auf der Straße einen geringen Energieverbrauch auf. Die „Rollende Landstraße“, bei der komplette LKWs mit speziellen Waggons auf der Schiene transportiert werden, führt dagegen zu deutlich geringeren Einsparungen (UIRR 2003). Zudem hat die Lage von Versand- und Zielort großen Einfluss auf die Energiebilanz. Liegt der Vor- bzw. Nachlauf bereits in Fahrtrichtung, wirkt sich das positiv auf den Energieverbrauch der Transportkette aus. Lange Vor- und Nachlaufstrecken oder lange Umwege

auf der Hauptstrecke mit der Bahn können die Umweltbilanz im Vergleich zur Straße dagegen verschlechtern (UIRR 2003; ifeu/ SGKV 2002).

Für den Ausbau des Kombiverkehrs ist ausschlaggebend, welcher Anteil der Transporte wirtschaftlich von der Straße verlagert werden kann. Im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums hat das Statistische Bundesamt untersucht, welche Güterverkehrstransporte theoretisch auf den kombinierten Verkehr verlagert werden können: Unter der Annahme, dass eine Verlagerung bei Containertransporte mit Transportentfernungen über 300 km prinzipiell möglich ist, kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass rund 14 % der jährlich mit dem LKW transportierten Container verlagert werden könnten (Destatis 2006).

5.5 Einsparpotenziale in den untersuchten Branchen

5.5.1 Chemische Industrie

Im Bereich der Chemieindustrie liegen die größten Energieverbräuche und Einsparpotenziale im Bereich der Prozesse, insbesondere der thermischen, wohingegen Gebäudeenergieeffizienz und allgemeine Effizienzmaßnahmen zur Verringerung des Stromverbrauchs eine deutlich geringere Bedeutung haben¹⁹. Besonders hohe Einsparungen können außerdem durch die Substitution von Prozessen erzielt werden, die jedoch nur möglich sind, wenn energieeffizientere Alternativverfahren bekannt und umsetzbar sind. Die Einsparpotenziale von KMU in der Chemiewirtschaft in einzelnen Bereichen wurden im Rahmen eines europäischen Projekts ermittelt. Dieses kommt zu dem Ergebnis, dass die Einsparpotenziale bei rund 15 % liegen (Weigel 2010). Dies entspricht in etwa dem wirtschaftlichen Einsparpotenzial (bei einer Amortisationszeit von 8 Jahren und den Energiepreisen von 2007) im produzierenden Gewerbe, das laut einer Studie der Prognos AG (2007) bei 14 % des Gesamtverbrauchs liegt.

Der Energieverbrauch in der chemischen Industrie lag 2008 nach Angaben des VCI (2010) insgesamt bei rund 670 PJ, wovon der Großteil mit 357 PJ auf den Energieträger Gas entfiel, es folgen Strom (186 PJ), Heizöl (90 PJ) und Kohle (36 PJ). Bis zum Jahr 2020 wird für die Chemiebranche eine jährliche Steigerung der Energieeffizienz um durchschnittlich 1,6 % als möglich erachtet (Staudigl 2008). Dies würde zu einer Reduktion des Verbrauchs um **118 PJ/a** bis 2020 bzw. 17,6 % des Gesamtverbrauchs von rund 670 PJ im Jahr 2008 (VCI 2010) führen²⁰.

Eine Studie von Roland Berger und dem VDMA (Henzelmann / Büchele 2009) kommt zu dem Ergebnis, dass in der Chemiebranche (ohne Grundstoffchemie) die in den Jahren 2008-2018 zu erwartenden Einsparungen allein durch den Einsatz effizienterer Produkte des Maschinen- und Anlagenbaus bei 12,1 % des Verbrauchs von 2008 liegen. Ausgegangen wurde dabei von einem Endenergiebedarf in der sonstigen chemischen Industrie von 77 PJ und in der Grundstoffchemie von 362 PJ²¹ (Henzelmann / Büchele 2009). Damit liegen die abgeschätzten Einsparungen an End-

¹⁹ Telefonisches Interview mit Hr. Rothermel vom VCI am 17.12.2009

²⁰ Bis zum Jahr 2018 beträgt die Einsparung entsprechend 100 PJ bzw. rund 15 % gegenüber 2008.

²¹ Basierend auf dem in der Studie verwendeten Wirkungsgrad von 68 % entspricht dies einem Primärenergiebedarf von 113 PJ bzw. 532 PJ, in der Summe also 645 PJ.

energie bis 2018 für die sonstige chemische Industrie bei 9,3 PJ. Dies ist nur rund ein Viertel der abgeschätzten Einsparungen in der Grundstoffchemie, die trotz einer geringeren prozentualen Reduktion von 9,9% bei 35,8 PJ/a liegen. Hinzu kommen jeweils 5 % anwenderseitige Einsparungen, also 3,9 PJ in der sonstigen chemischen Industrie und 18,1 PJ in der Grundstoffchemie. Insgesamt liegen damit die prognostizierten Endenergieeinsparungen für das Jahr 2018 bei 67,1 PJ/a. Dies entspricht – basierend auf dem in der Studie verwendeten Wirkungsgrad von 68 % - einer Endenergieeinsparung von **98,7 PJ/a** bis 2018. Trotz des etwas geringeren Gesamtverbrauchs von dem diese Studie ausgeht entspricht die berechnete Einsparsumme recht exakt den oben abgeschätzten 100 PJ/a bis 2018. Diese Größenordnung kann also als das in den nächsten Jahren (leicht) erschließbare Potenzial betrachtet werden. Aussagen zum gesamten oder gesamten wirtschaftlichen Potenzial liegen dagegen für die Chemiebranche nicht vor.

Nach Schätzung von Saygin et al. (2008) sind motorische Antriebe (insbesondere Pumpen und Kompressoren) für 70 % des Stromverbrauchs verantwortlich, was ausgehend von einem Stromverbrauch von 186 PJ im Jahr 2008 allein in der chemischen Industrie einem Verbrauch von 130 PJ entspräche. Ausgehend von einem insgesamt für die Industrie angenommenen Einsparpotenzial von 15 % bei den elektrischen Antrieben (ZVEI 2008) liegt das Einsparpotenzial bei **19,5 PJ** und damit bei rund einem Fünftel der gesamten bis 2018 als möglich erachteten Energieeinsparung.

5.5.2 Maschinenbau

In der Maschinenbaubranche liegt der Fokus in der vorliegenden Studie auf der Energieeffizienz der Produkte. Insbesondere betrachtet werden Effizienzmaßnahmen bei elektrischen Antrieben, Pumpen und Kompressoren (Druckluft), die für den Stromverbrauch im produzierenden Gewerbe besonders relevant sind. Im Folgenden werden basierend auf aktuellen Verbrauchsdaten und mehreren Studien Abschätzungen für die erschließbaren bzw. wirtschaftlichen Potenziale durch den Einsatz effizienterer Maschinen in diesem Bereich getroffen.

Eine Studie von Roland Berger und dem VDMA kommt zu dem Ergebnis, dass durch den Einsatz von Produkten des Maschinen- und Anlagenbaus in den nächsten 10 Jahren im produzierenden Gewerbe 171 PJ/a eingespart werden könnten (Henzelmann/ Büchele 2009). Wichtiger als neue Technologieentwicklungen ist hierfür die Verbreitung effizienter Technologien, wobei ein Ausbau deren Anteil von durchschnittlich 49 % (1998-2008) auf 60 % (2008-2018) prognostiziert wird. Außerdem relevant sei die Technologieverwendung, wobei anwenderseitig im produzierenden Gewerbe Einsparungen von weiteren 154 PJ/a abgeschätzt werden (Henzelmann/ Büchele 2009). Damit kommt die Studie auf prozessbezogene Endenergieeinsparungen im produzierenden Gewerbe auf insgesamt **325 PJ/a** bis 2018. Die Ergebnisse sind nicht weiter aufgeteilt nach der Art der eingesetzten Maschinen, so dass keine weitere Unterscheidung getroffen werden kann. Sollten innerhalb der nächsten zehn Jahre die Verbreitung effizienter Technologien auf 100 % ansteigen, so könnten im produzierenden Gewerbe **weitere 114 PJ** eingespart werden (Henzelmann/ Büchele 2009). Die Studie zeigt damit auf, dass sowohl die Verbreitung des Einsatzes effizienterer Technologien als auch deren effizienter Einsatz noch hohe Einsparpotenziale aufweisen.

Eine Studie der Prognos AG (2007) geht für das produzierende Gewerbe insgesamt von einem wirtschaftlichen Endenergieeinsparpotenzial (bei einer Amortisationszeit von 8 Jahren) von 352 PJ und damit 14 % des Gesamtverbrauchs im produzierenden Gewerbe aus (Basis: Energieverbrauch 2002). Das technische Potenzial (Einsatz bereits verfügbarer Technik) wird sogar auf 25 % abgeschätzt. Vom wirtschaftlichen Potenzial liegt mit **bis zu 100 PJ** bereits mehr als ein Viertel im Bereich der **elektrischen Antriebe**.

In der deutschen Industrie wurde 2009 ein Anteil von 24 % der Energie zu Antriebszwecken genutzt (BMWi 2010). Bei einem Gesamtendenergieverbrauch von 2.132 PJ entspricht dies 512 PJ bzw. 74 % des gesamten Stromverbrauchs in der Industrie (690 PJ) (BMWi 2010). Eine Einsparung von 100 PJ entspräche damit einer Reduktion des Energieverbrauchs für Antriebe um rund ein Fünftel oder einer Reduktion des gesamten Stromverbrauchs um 14,5 %, wobei die Reduktion sich auf den Verbrauch von 2002 bezieht und damit nur bedingt auf den heutigen Verbrauch bezogen werden kann. Aber auch aktuellere Abschätzungen gehen von einer Einsparung von 15 % des gesamten industriellen Stromverbrauchs pro Jahr durch den Austausch veralteter Antriebssysteme aus (ZVEI 2008). Bei einem Stromverbrauch von 690 PJ im Jahr 2009 sind dies **103,5 PJ**. Diese Zahl stimmt sehr gut mit dem Wert überein, den Prognos (2007) als wirtschaftliches Einsparpotenzial im Bereich der elektrischen Antriebe angibt (100 PJ).

Allein für die Erzeugung von Druckluft werden 7 % des industriellen Stromverbrauchs eingesetzt. Eine von der EU in Auftrag gegebene Studie im Jahr 2001 beziffert das Einsparpotenzial bei der Drucklufterzeugung auf 30 % (BEK 2006). Dies sind insgesamt also rund 2 % des industriellen Stromverbrauchs bzw. rund **14,5 PJ**, wobei auch hier berücksichtigt werden muss, dass die Einsparpotenziale sich auf das Jahr 2001 beziehen. Eine ähnliche Berechnung lässt sich auch für Pumpen vornehmen: Diese verursachen rund ein Drittel des industriellen Stromverbrauchs (ZVEI o.J.) und weisen ein Einsparpotenzial von rund 30 % auf (dena 2007). Dies entspricht insgesamt um die 9,9 % des industriellen Stromverbrauchs oder rund **68,3 PJ**. Dies sind rund zwei Drittel des Einsparpotenzials im Bereich der Antriebe.

5.5.3 Transport und Logistik

Es gibt zwei Ansätze, um die Energieeffizienz des Warentransports, der in Deutschland bisher zu- meist im Straßengüterverkehr erfolgt, zu erhöhen: einmal innerhalb des Straßengüterverkehrs oder durch Verlagerung von Verkehrsströmen auf die energieeffizienteren Verkehrsmittel Bahn und Schiff.

Innerhalb des Straßenverkehrs kommt eine Studie aus dem Jahr 2004 zu dem Ergebnis, dass das CO₂-Reduktionspotenzial (und damit Energieeffizienz-Potenzial) branchenweit bei 20 % liegt, wobei als Haupteinflussfaktor auf die Energieeffizienz die Fahrzeugauslastung identifiziert wurde (Léonardi et al. 2004). Weitere Einsparungen könnten über eine Verbesserung der eingesetzten Technik erzielt werden. In einer Studie von Berger und dem VDMA werden die Einsparungen im Verkehrssektor (ohne den Verkehr privater Haushalte) durch den Einsatz effizienterer Technologien des Maschinen- und Anlagenbaus ermittelt (Henzelmann/ Büchele 2009). Insgesamt liegt der Endenergieverbrauch des untersuchten Verkehrssektors bei 1.622 PJ (Henzelmann/ Büchele 2009). Die prognostizierten Einsparungen liegen dabei im Zeitraum zwischen 2008 und 2018 bei 19,7 % (243 PJ). Hinzu kommen 12 % (191 PJ) anwenderseitige Einsparungen, in der Summe also Einsparungen von 434 PJ/a bzw. gut 30 %. Hierbei wird neuen Technologien ein wesentlicher Anteil an den Einsparungen des Sektors zugesprochen. Gleichzeitig wird eine Steigerung der Verbreitung effizienterer Technologien von 27 % auf 76 % angenommen (Henzelmann/ Büchele 2009). Insgesamt liegen die erwarteten Einsparungen damit deutlich über den oben genannten Einsparpotenzialen im Straßengüterverkehr, allerdings ist auch der Untersuchungsbereich deutlich breiter, da auch andere Verkehrsströme und Verkehrsmittel mitberücksichtigt sind. Pehnt et al. (2009) weisen für zwei konkrete Maßnahmen im Güterverkehr, Einsatz von Leichtlaufreifen (23 PJ) und Fahrerschulungen (3 PJ) Einsparpotenziale in Höhe von 26 PJ bis 2020 aus. Genaue Aussagen zu den

Gesamteinsparpotenzialen liegen jedoch auch in dieser Studie nicht vor. Geht man davon aus, dass die Einsparungen im Straßengüterverkehr angesichts bereits erfolgter Effizienzmaßnahmen eher geringer als im gesamten Verkehrssektor ausfallen und maximal im Bereich der von Leonard et al. bereits 2004 identifizierten 20 % liegen, so liegen bei einem Verbrauch im Straßengüterverkehr von 326 PJ im Jahr 2008 (BMVBS 2010; Allianz pro Schiene 2008)²² die Endenergieeinsparungen aufgrund von Energieeffizienzmaßnahmen bei maximal **65 PJ/a**.

Die **Verlagerung** des Transports von der Straße auf Schiff und Bahn führt je gefahrenem Tonnen-kilometer zu Einsparungen von 0,027 l (Bahn) bzw. 0,026 l (Schiff), denn der spezifische Energieverbrauch liegt im Straßengüterverkehr bei 0,039 l/tkm, für die Bahn bei 0,012 l/tkm und in der Binnenschifffahrt bei etwa 0,013 l/tkm Dieseläquivalent (Allianz pro Schiene 2008). Damit liegen die theoretischen Einsparpotenziale bei zwei Dritteln des Energieverbrauchs. Allerdings sind bei der Verlagerung auch die Vor- und Nachlaufstrecken sowie die ggf. bei den alternativen Verkehrsmitteln größeren zurückgelegten Wege zu berücksichtigen, so dass die tatsächlichen Einsparpotenziale deutlich geringer ausfallen. So kommt eine Studie zur Verlagerung auf die Schiene zu dem Ergebnis, dass von 19 analysierten kombinierten Strecken der Primärenergieverbrauch sogar in 3 Fällen um bis zu 15 % höher als im Straßenverkehr lag, in den übrigen Fällen schneidet jedoch der kombinierte Verkehr besser ab, davon in 8 Fällen mit einem um mindestens 20 % geringeren Verbrauch (ifeu/ SGKV 2002). Damit liegt die tatsächliche durchschnittliche Einsparung wohl eher im Bereich von 20 %. Hinzu kommt, dass die Verlagerung nicht immer wirtschaftlich ist. Eine andere Studie ermittelt als wirtschaftliches Verlagerungspotenzial im Bereich der Containertransporte 14 % der jährlich mit dem LKW transportierten Container (Destatis 2006). Unter der Annahme, dass der Anteil wirtschaftlich verlagerbarer Transporte insgesamt bei 14 % liegt und bei diesen 20 % des Energieverbrauchs eingespart werden könnte, liegt das Einsparpotenzial bezogen auf den gesamten Straßengüterverkehr also nur im Bereich von 2,8 %. Bezogen auf den Gesamtverbrauch von 326 PJ im Straßenverkehr im Jahr 2008 (BMVBS 2010) wären dies also insgesamt **9 PJ/a** als Einsparpotenzial. Die wirtschaftlichen Einsparpotenziale liegen damit insgesamt wohl deutlich unter denen innerhalb des Straßengüterverkehrs, obgleich die Einsparungen für einzelne Transporte durchaus deutlich höher ausfallen können.

Insgesamt können die Einsparpotenziale nicht addiert werden, da die Verlagerung optional zu einer Optimierung innerhalb des Straßengüterverkehrs erfolgt. Da jedoch in beiden Bereichen die Einsparpotenziale in einer ähnlichen Größenordnung liegen kann ausgehend von einer insgesamt möglichen durchschnittlichen Reduktion von 20 % das Einsparpotenzial im Straßengüterverkehr sehr grob auf **rund 65 PJ/a** abgeschätzt werden. Nicht berücksichtigt bei diesen Einsparpotenzialen sind die Möglichkeiten des Einsatzes erneuerbarer Energien, die sowohl im Straßengüterverkehr als auch beispielsweise für Bahntransporte bestehen. Durch die Nutzung erneuerbarer Energien könnte zumindest der Primärenergieeinsatz für den Transport weiter deutlich gesenkt werden.

²² Die Zahl basiert auf der Verkehrsleistung nach BMVBS (2010) von 238,6 Mrd. tkm sowie dem spezifischen Energieverbrauch nach Allianz pro Schiene (2008) von 0,039 l/tkm Dieselkraftstoffäquivalent (35 MJ/l).

6 Ergebnisse der Unternehmensfallstudien

6.1 Umgesetzte Energieeffizienzmaßnahmen

Im Folgenden wird auf die ergriffenen Energieeffizienzmaßnahmen in den Unternehmen der drei Branchen eingegangen. Sowohl für die Prozesse als auch die Dienstleistungen wurde darüber hinaus die Implementierung effektiver Energiemanagementsysteme, die Schulung des Personals und insbesondere die Ernennung und Schulung eines Energiebeauftragten als wichtige Maßnahme zur effektiven Reduktion des Energieverbrauchs genannt.

Die Fallstudien der Unternehmen der **Chemiebranche**²³ zeigen, dass in allen drei Unternehmen Maßnahmen zur Reduktion des Stromverbrauchs umgesetzt wurden. Maßnahmen betrafen in allen drei Unternehmen das Thema Druckluft, wobei in zwei Unternehmen umfassendere investive Maßnahmen ergriffen wurden. In dem einen Unternehmen, in dem thermische Prozesse relevant sind, dominieren jedoch die Energieeinsparungen in diesem (besonders energieintensiven) Bereich. Hier wurden im Bereich Druckluft keine hochinvestiven Maßnahmen umgesetzt, sondern nur eine Leckagesuche eingeführt. In einem Unternehmen wurde außerdem eine neue Prozesstechnologie eingeführt, wodurch der Energieverbrauch deutlich gesenkt werden konnte – in einzelnen Bereichen um bis zu 50 %. Beleuchtung und der Gebäudezustand wurden nur jeweils von einem Unternehmen als Handlungsfeld genannt. Ein Unternehmen hat außerdem den Spritverbrauch der Dienstwagen beschränkt. Auch die Aufklärung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wurde von Unternehmensseite als wichtig erachtet (z.B. keine Verschwendungen von Druckluft).

Die zur Chemiebranche befragten Experten sahen neue Prozesstechnologien und die Optimierung von Produktionsprozessen als zentrale Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung. Neue Prozesstechnologien werden vor allem in katalytischen und biotechnologischen Prozessen gesehen. Als kleinteilige Optimierungsprozesse mit dennoch hohen Effizienzpotenzialen nennen sie:

- bedarfsgerechtes Einspeisen von Energie in den chemischen Produktionsprozess
- Energieeffiziente Kühlung - z.B. freie Kühlung in einer Prozesskälteanlage: Nutzen der Außen-temperatur zur Herstellung von Kühlwasser anstatt Kältekompressor
- Wärmedämmung von Prozessanlagen in chemischer Produktion

Außerdem sind auch Abwärmenutzung und Wärmeführung insbesondere in Verbundstandorten ein wichtiges Thema.

Im **Transportsektor** zählt aus Unternehmenssicht die Verbesserung der Auslastung der LKWs (Effizienzsteigerung) zum Kerngeschäft einer Spedition, so dass hier laufend Verbesserungen stattfinden. Hierzu zählen:

- Touroptimierung (mit Telematiksystemen aber auch mit besonders geschultem Personal)

²³ Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Abschnitt auf 3 Unternehmen der chemischen Industrie, von denen zwei lediglich an der Erhebung zu den Effizienzmaßnahmen teilnahmen.

- Monitoring und Schulung der Tochterunternehmen
- Optimierung der Beladung
- Neukundengewinnung bei nicht ausgelasteten LKW
- genaue Information über Transportgut (EDV)
- kontinuierlicher Informationsfluss vom Kunden bis zum Spediteur (EDV)

Zusätzliche Kraftstoffeinsparungen werden hauptsächlich durch eine Verbrauchsreduzierung der Fahrzeuge und Fahrertraining sowie Prämien bei geringerem Verbrauch gesehen. Bezuglich der Anschaffung von emissionsarmen LKW nach den Euro-Normen 5 bzw. 6 wird bezweifelt, dass unter realen Bedingungen eine Kraftstoffeinsparung gegenüber Euro 4 zu erreichen ist.

Die Experten der Transportbranche betonten die Bedeutung der Vermeidung von Leerfahrten, z.B. durch Bündelung des Transportes in Kooperationsnetzwerken und das energieeffiziente Fahren der Fahrzeuge, was durch sogenannte Eco Driver Trainings erreicht werden kann. Außerdem wurde darauf hingewiesen, dass durch den Einsatz aerodynamische LKWs noch Einsparpotenzial besteht, dass dieses aber in Europa wegen rechtlicher Bestimmungen (Höchstmaße für Lastzüge) in der Praxis behindert würde.

Im **Maschinenbau** unterscheiden die befragten Unternehmen hinsichtlich der Energieeffizienz ihrer Produkte zwischen produktbezogen und systemischen Energieeffizienzmaßnahmen. Eine Effizienzsteigerung der Produkte (Kompressoren) wird vor allem durch die

- Optimierung der Steuerung der Kompressoren,
- Verringerung von Widerstände des Geräts,
- Nutzung von EII und EIII Elektromotoren,
- und Abstimmung der einzelnen Komponenten (Motor und Kompressor) erreicht.

Systemische Ansätze beziehen sich vor allem darauf, die Auslastung der Kompressoren zu verbessern. Dazu werden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Einsatz von Frequenzumrichtern
- Kombination verschiedener Kompressorgrößen (Grundlast + Spitzenlast mit Frequenzumrichter)
- Monitoring von Leckagen - Einbau geeigneter Überwachungsmittel in das System

Um die Optimierung der Druckluftversorgung zu erreichen, wird laut befragter Experten ein kompetentes Hersteller- und Vertriebs-Know-How benötigt. Dies ist notwendig, um individuelle Lösungen entsprechend den jeweiligen Bedürfnissen der Nutzer einer Maschine zu realisieren. Diese Aussage deckt sich mit dem Verweis eines befragten Unternehmens auf die Bedeutung des Vertriebs und dessen Kompetenz. Weiterhin wurde auf die wachsende Bedeutung der Wärmerückgewinnung von Kompressoranlagen hingewiesen.

- **Branchenübergreifend** zeigt sich, dass Wärmerückgewinnung, Nutzung von Abwärme und ganzheitlich energieeffiziente Systeme bereits eine Rolle bei den Experten aber auch bei den Verantwortlichen im Unternehmen spielen. Die Bedeutung dieser Ansätze wird in Zukunft weiter wachsen. Außerdem ist die Bereitschaft der Unternehmen zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen bereits in den letzten 5 Jahren deutlich gestiegen. Konsens zwischen Experten

ten und Unternehmensvertretern besteht auch darin, dass verstkt ein energieeffizienter Maschinen- bzw. Fahrzeugeinsatz anzustreben ist.

6.2 Haupttreiber für Energieeffizienzmaßnahmen

6.2.1 Externe Treiber – Kosten und Kunden

Der bei weitem wichtigste externe Treiber für Energieeffizienzmaßnahmen sind Kosten. Wrend dies bei Prozessen ein direkter Treiber ist, sind es bei den Produkten die Kunden, die beim Einsatz des Produktes Energiekosten sparen können.

Steigende Energiekosten wurden in der **Chemiebranche** als wichtigster Treiber für Energieeffizienzmaßnahmen genannt. Dieser Faktor ist auch deshalb von besonderer Bedeutung, da der Wettbewerbsvorteil deutscher Unternehmen gegener der Konkurrenz aus dem Ausland neben der hohen Produktqualität auch auf einer energieeffiziente Produktion beruht, um die standortbedingten hohen Energiekosten abzufangen.

Als weiterer Aspekt genannt wurde, dass in der Chemiebranche die Shareholder erwarten, dass die Unternehmen so wirtschaftlich wie möglich arbeiten. Dazu gehört eine energieeffiziente Produktion. Außerdem ist der Preiswettbewerb hoch: Das interviewte Unternehmen berichtete, dass bestimmte Verkaufspreise von Produkten am Markt nicht überschritten werden können, was von den internen Kostenstellen überwacht wird.

Image und Marketing spielen als Treiber ebenfalls eine Rolle, insbesondere bei Unternehmen, die den Endkunden bekannt sind. Zertifizierungssysteme wie Öko-Profit, EMAS sowie ISO 14001 werden vor allem eingefrt, wenn die Kunden dies fordern.

Banken und Versicherungen wurden als weiterer Treiber genannt, da die Kreditwdigkeit an wirtschaftlichem Business-Plan und ökologischem Konzept des Unternehmens gekoppelt sein kann.

In der **Maschinenbaubranche** sind hohe Energiekosten ebenfalls der wichtigste Treiber bei der Steigerung der Energieeffizienz der Produkte. Dabei handelt es sich allerdings um die kundenseitigen Energiekosten. Die kostenmotivierte Nachfrage nach energieeffizienten Maschinen wird allerdings oft von den Anschaffungskosten als Hemmnis überlagert. Bei einzelnen Produkten spielen jedoch die Lebenszykluskosten bereist eine größere Rolle: Eine Vorreiterrolle spielen hier Pumpen und Kompressoren.

Im Hinblick auf die Energiekosten spielt bei den Produkten der Absatzmarkt eine wichtige Rolle: Bei Unternehmen, die viele Produkte in Ländern mit hohen Energiekosten vertreiben, sind Energiekosten als Treiber von Energieeffizienzmaßnahmen an den Produkten wesentlich stker. In diesem Rahmen kommt den Umweltbeauftragten der Kunden eine spezielle Rolle zu, da sie oft den Auftrag haben, die Energiekosten so niedrig wie möglich zu halten.

Gesetzliche Vorgaben (z.B. bei der Vereinheitlichung des Druckluft-Audit-Systems) spielen eine untergeordnete Rolle.

In der **Transport & Logistikbranche** spielt Energieeffizienz- vor allem bei großen Unternehmen eine Rolle. Große Unternehmen als Kunden sowie Verlader uben Druck auf ihre Zulieferer und

damit auf kleinere Unternehmen in der Branche aus. Außerdem sind Zertifizierungen bzw. CO₂-Labelling oft eine Voraussetzung dafür, Aufträge bei großen Ausschreibungen zu erhalten. Bei einem befragten Logistikunternehmer mit Intermodalem Verkehr wird die Klimafreundlichkeit für Werbezwecke genutzt.

Aber auch im Transportsektor sind die Energiekosten der wichtigste Treiber, denn Preissteigerungen für die Kunden sollen vermieden werden. Die Kunden spielen in dieser Branche also eine noch wichtigere Rolle als bei den beiden anderen Branchen. Ein wichtiger Grund liegt in der geringen Differenzierung des Produktes „Transportdienstleistung“, was zu einem scharfen Preiswettbewerb führt.

6.2.2 Externe Treiber – Bund und EU

Als externe Treiber für Energieeffizienzmaßnahmen wurde eine Reihe von politischen Instrumenten genannt. Diese sind zunächst **branchenunabhängig**:

- Förderprogramme (z.B. Sonderfonds Energieeffizienz für KMU)
- Ökosteuerrückerstattung
- Gewerbeenergiepass in Sachsen
- Zertifikatehandel

Dem Unternehmen der **Chemiebranche** sind einige Fördermaßnahmen von Bund und EU durchaus bekannt, wurden aber wegen teilweise sehr engen Kriterien als irrelevant erachtet. Als weitere Treiber wurden das Emissionshandelssystem ab 2013 und die Klimaschutzvereinbarung von 1996 genannt.

Direkt oder indirekt auf die Energieeffizienz von Produkten im **Maschinenbau** wirken sich folgende politische Instrumente aus:

- Verpflichtung zur Durchführung von Energiemanagementsystemen
- EU-Richtlinie Energy Using Products [inzwischen Energy-related Products] auch bekannt als Öko-Design-Richtlinie
- Programm zur energieeffizienten Produktion von Hüllen für Autos (dabei auch sinnvoller und energieeffizienter Einsatz von Druckluft relevant)

Weiterhin werden freiwilliges Labelling bzgl. Energieeffizienz und die politische Diskussion zum Thema Klimaschutz als Treiber von Energieeffizienzmaßnahmen gesehen.

Im Maschinenbau spielen aufgrund der internationalen Absatzmärkte auch Normen und Vorgaben aus anderen Ländern teilweise eine wichtige Rolle. Zum Beispiel ist der Standard IE2 für Motoren in der EU erst ab dem 16.6.2011 verpflichtend, während in den USA schon seit letztem Jahr IE2 oder sogar die höhere Effizienzklasse IE3 verpflichtender Standard sind.

Im **Transportsektor** sind neben dem Kostendruck der Kunden auch Verordnungen, Gesetze und andere politische Instrumente wichtige Treiber für Energieeffizienzmaßnahmen. In diesem Rahmen wurden genannt:

- Umweltzonen, in denen Euro 5 Norm ist
- LKW-Maut in Abhängigkeit von der Schadstoffklasse

- Programme zur Fahrerschulung von Bund/EU
- Förderung für Fahrzeuge mit EEV-Motoren
- Umweltpreise

6.2.3 Externe Treiber –Mitgliedschaft in Netzwerken

Laut Aussage der befragten Berater bilden energieintensive Branchen wegen der hohen Energiekosten eher Energieeffizienz-Netzwerke. Deshalb gibt es in der **Chemiebranche** im Vergleich zu den anderen beiden Branchen mehr Energieeffizienz-Netzwerke.

Im **Maschinenbau** existieren nur wenige Netzwerke. Bemühungen bzgl. energieeffizienter Maschinen und Anlagen hindern eher Netzwerkbildungen, weil entsprechende Innovationen einen Konkurrenzvorteil bieten. Auch die Branchenverbände können als Treiber genannt werden: Sie haben beispielsweise Standardvorgaben zu Überprüfung von Druckluftstationen und zu Klassifizierung der Energieeffizienz von Kompressoren erstellt.

Im **Transportsektor** existieren zum Thema Energieeffizienz einzelne Kooperationen, z.B. zum Austausch von Maßnahmen im Umweltmanagement. Es existieren dagegen nach Aussage der Interviewten noch keine Netzwerke zu Energieeffizienz im Transport- und Logistikbereich.

6.2.4 Interne Treiber – Allgemein

Branchenunabhängig zeigte sich, dass einzelne Mitarbeiter Treiber von Energieeffizienzmaßnahmen sein können. Daneben wurde angemerkt, dass Eigentümerunternehmen gute Voraussetzungen für Energieeffizienzmaßnahmen, deren Amortisation über den üblichen Zeitraum von zwei bis drei Jahren hinaus geht, bieten. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Unternehmensstruktur, welche schnelle Entscheidungsfindung und langfristiges Denken begünstigen kann.

In der **Chemiebranche** sind die internen Akteure im Gegensatz zu anderen Branchen wesentlich stärker organisiert. In dem untersuchten Unternehmen wurden neben der Geschäftsführung, dem Umweltbeauftragten und den Eigentümern noch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus dem Umweltteam als wichtige Akteure genannt. Weitere angeführte, unterstützende organisatorische Elemente sind:

- Qualitätsmanagementsystem mit gelenkten Dokumenten
- Warenwirtschaftssystem mit Prüfmittelüberwachung
- Umweltmanagementsystem

Im **Maschinenbau** sind mit Hinblick auf die Energieeffizienz der Produkte insbesondere die eigene Forschungs- und Entwicklungsabteilung als Treiber von Energieeffizienzmaßnahmen zu sehen. Dabei spielen die Konstrukteure eine entscheidende Rolle, weniger die Produktions-Mitarbeiter.

Im **Transportsektor** konnten Unternehmen identifiziert werden, in denen Umwelterklärung, Unternehmensziele und das Leitbild des Unternehmens mit Energieeffizienzmaßnahmen verbunden waren.

6.2.5 Interne Treiber – Beteiligung, Mitbestimmung und andere organisationale Elemente

Mitarbeiterbeteiligung - insbesondere in Form eines Vorschlagswesens - und Mitbestimmung können branchenübergreifend Treiber von Energieeffizienzmaßnahmen sein. Insgesamt ist deren Bedeutung laut Aussage der Interviewpartner allerdings recht gering.

- Für die **Chemiebranche** werden Zielvereinbarungen , in denen Energieeffizienzmaßnahmen eine Rolle spielen, als ein Instrument genannt. Außerdem werden interne Sensibilisierungsmaßnahmen bzgl. Energieeffizienz bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern durchgeführt.

Vorschläge zu Energieeffizienzmaßnahmen kommen insbesondere von den Mitarbeitern des Umweltteams.

Da im **Maschinenbau** die Energieeffizienzmaßnahmen der Produkte untersucht wurde, spielt die Entwicklungsabteilung die maßgebliche Rolle. Allerdings gehört die Energieeffizienz der Produkte in deren direkten Aufgabenbereich, so dass es sich weniger um die untersuchten Mitbestimmungsaspekte handelt. Es existieren aber auch Unternehmen, in denen die Produktionsmitarbeiterinnen und -mitarbeiter über Verbesserungsvorschläge, also eine informelle Form der Beteiligung, einen direkten Einfluss auf die Energieeffizienz der Produkte haben.

Das Interesse der Betriebsräte am Thema Energieeffizienz unterscheidet sich stark zwischen den befragten Unternehmen: Es gibt auch Betriebsräte, welche sich sehr für das Thema interessierten; In einem der Unternehmen werden Energieeffizienzmaßnahmen im Betriebsrat diskutiert und deren Umsetzung insbesondere vor dem Hintergrund der Kostensparnis vorgeschlagen. Allerdings zeigte sich auch hier, dass es sich hauptsächlich um Energieeffizienz in der Produktion handelt. In einem anderen Unternehmen ist der Betriebsrat lediglich im Rahmen der Arbeitsplatzsicherung am Thema Energieeffizienz interessiert.

Im **Transportsektor** genannte Ansätze zur Beteiligung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter waren neben dem Vorschlagwesen die Schulung Personal bzgl. Umweltaspekten, ein Umweltpreis innerhalb des Unternehmens sowie Arbeitsverträge: Boni für energieeffizientes Fahren im Arbeitsvertrag enthalten. Mitbestimmung spielte bzgl. Energieeffizienzmaßnahmen auch im Transportwesen eine eher geringe Rolle.

6.2.6 Treiber zukünftiger Energieeffizienzmaßnahmen

Die genannten Treiber zukünftiger Energieeffizienzmaßnahmen entsprechen im Wesentlichen den aktuellen Treibern. Allgemein werden insbesondere die Kunden direkt, aber auch indirekt (Image und Marketing), die Energiekosten und die Politik (verstärkt auf EU-Ebene) als zukünftige Treiber gesehen.

6.3 Einsparpotenziale und Hemmnisse für deren Erschließung

6.3.1 Einsparpotenziale und erzielte Einsparungen

Die Darstellung der **bereits erzielten Einsparungen** und **noch vorhandenen Potenziale** erfolgt vor dem Hintergrund der bereits umgesetzten Maßnahmen, die hierfür von entscheidender Bedeutung sind (siehe auch Kapitel 6.1). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die möglichen Maßnahmen und Potenziale selbst innerhalb einer Branche sehr unterschiedlich sind, so dass eine Hochrechnung der empirischen Ergebnisse zu den insgesamt vorhandenen Potenzialen auf Branchenebene nicht möglich ist und die Einsparpotenziale je nach Produkt und Prozess in den einzelnen Unternehmen weit von Durchschnittsaussagen für die Branche abweichen können. Außerdem konnten viele Unternehmen keine quantitativen Angaben zu den bereits erzielten Einsparungen machen, da der Energieverbrauch nicht ausreichend genau erfasst wird. Zu den noch vorhandenen Einsparpotenzialen konnten ebenfalls nur wenige Unternehmen Aussagen treffen. Auch dies kann schon als ein grundsätzliches Hemmnis angesehen werden

Die teilnehmenden Unternehmen aus der **chemischen Industrie** haben in den letzten Jahren bereits Effizienzmaßnahmen in unterschiedlichen Bereichen umgesetzt, wobei - wenn relevant - Optimierungen im Bereich der thermischen Prozesse dominieren. Daneben wurden vor allem Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs im Rahmen des Einsatzes von Druckluft sowie vereinzelt sonstige Maßnahmen beispielsweise am Gebäude und bei der Beleuchtung umgesetzt. In einem Unternehmen wurde eine komplett neue Prozesstechnologie eingeführt, was Einsparungen von bis zu 50 % zur Folge hatte. Im Vergleich zu den zentralen Effizienzmaßnahmen und Potenzialen in der Branche (vgl. Kapitel 5) zeigen die Ergebnisse, dass in den untersuchten Betrieben bereits Maßnahmen in den besonders potenzialträchtigen Bereichen ergriffen und diese somit zumindest partiell ausgeschöpft wurden.

Weitere Einsparpotenziale werden von den befragten Personen jeweils nur sehr eingeschränkt in ihrem eigenen Unternehmen gesehen. Im Bereich der thermischen Prozesse benennt das entsprechende Unternehmen noch relevante Einsparpotenziale. Die anderen sehen eher weniger potenzialträchtige Bereiche wie Beleuchtung oder Kleinelektrgeräte (Kaffeemaschine) oder aber verhaltensbezogene Maßnahmen bei der Nutzung der Klimaanlage. Demgegenüber sehen die Experten teilweise noch deutliche Reduktionsmöglichkeiten. So schätzt ein Energieberater die Einsparpotenziale allgemein auf mindestens 10 % in den Unternehmen (insbesondere durch Einsparung von Gas und Heizöl), bei thermischen Prozessen könnte der Energieverbrauch häufig sogar um 20-25 % reduziert werden. Die größten Potenziale in der Chemiebranche sieht er entsprechend im Bereich der thermischen Prozesse, insbesondere durch Wärmerückgewinnung.

Bei den Herstellern von energieintensiven Produkten im **Maschinenbau** spielt Energieeffizienz eine Rolle – wenn auch in sehr unterschiedlichem Maß. Von den beiden Kompressorenherstellern setzt der eine sehr intensiv auf die Energieeffizienz seiner Produkte – inkl. Planung effizienter Systeme. Neue Produkte sind bei diesem im Schnitt 6 % effizienter als die alten. Die Effizienzpotenziale seien bei der Herstellung schon weitgehend ausgeschöpft und lägen vor allem im Gesamtsystem und somit bei den Anwendern. Entsprechend hat dieser Hersteller sein Geschäftsfeld zunehmend auf das Gesamtsystem ausgerichtet und bietet Dienstleistungen rund um das Produkt an. Bei dem anderen Hersteller hat sich die Energieeffizienz seiner Kompressoren in den letzten Jahren dagegen durch veränderte Nutzungsstrukturen bei den Kunden in der Praxis eher verschlech-

tert, Energieeffizienz ist hier kaum ein Thema, was auch an den Spezialeinsatzgebieten und Einzelfertigungen liegt. Entsprechend unterschiedlich ist der Blick auf die Potenziale: Während das erste Unternehmen kaum weitere Potenziale bei den Produkten – aber große seitens der Anwender – sieht, kann der Produktentwickler des zweiten Unternehmens mehrere konkrete Optimierungsmöglichkeiten nennen (effizientere Motoren, Reibwiderstände senken, Luftkühlung optimieren). Dagegen wird hier das Potenzial seitens der Anwender als eher gering eingeschätzt, da aufgrund der häufig eingesetzten Spezialgase Leckagen dort sowieso kontrolliert würden.

Die befragten Experten sehen insgesamt noch ein großes Einsparpotenzial im Bereich der Pumpen, Motoren, Lufttechnik, Gebläseventilatoren, Drucklufterzeugung und –verteilung. Konkret werden Einsparpotenziale durch Innovationen bei der Kompressorentechnik sowie der Schweiß- und Fugetechnik benannt. Insgesamt zeigt die Studie von Henzelmann und Büchele (2009) jedoch dass die Ausschöpfung der vorhandenen Effizienzpotenziale in den nächsten Jahren wohl eher von der Verbreitung der Produkten des Maschinenbaus - und damit bereits existierenden effizienten Technologien - als von deren Weiterentwicklung abhängt.

Die Ergebnisse der Fallstudien zeigen, dass die vorhandenen Effizienzpotenziale im Bereich der Produkte in sehr unterschiedlichem Maß ausgeschöpft werden, was zum einen an der Energieintensität der Produkte liegt, zum anderen aber auch an einer unterschiedlichen Geschäftspolitik sowie der Relevanz je nach Einsatzgebiet. Im Rahmen der Interviews wurde außerdem deutlich, dass in vielen Betrieben der Schwerpunkt auf Energieeffizienz der Prozesse oder im Gebäudebereich liegt. Die Energieeffizienz der eigenen Produkte scheint dagegen auch für viele Betriebsangehörige kaum Thema zu sein.

Von den drei Unternehmen, von denen im Bereich **Transport und Logistik** Daten erhoben wurden, verfügt nur eines über einen eigenen Fuhrpark. Dieses setzt bereits zahlreiche Energieeffizienzmaßnahmen (Telematiksysteme, Fahrerschulungen, Prämien für geringen Verbrauch und effizientere LKWs) um. Auch das Unternehmen, das direkten Einfluss auf den genutzten Fuhrpark ausübt, hat Maßnahmen zur Verringerung des Energieverbrauchs umgesetzt (regelmäßige Überprüfung des Luftdrucks und den spezifischen Energieverbrauchs einzelner Fahrer). Das dritte Unternehmen bietet mit intermodalem Verkehr eine grundsätzlich klimafreundliche Variante zum Straßengütertransport an. Allerdings gibt es hierzu keine Alternativen innerhalb des Unternehmens, da sich ein Großteil der Transportstrecken auf die Bahn beschränkt. Die übrigen Unternehmen bieten lediglich Straßengüterverkehr an, so dass die Verlagerung nicht als Option innerhalb eines Unternehmens betrachtet werden konnte. Festgestellt werden kann außerdem, dass neben den Maßnahmen im Bereich Fuhrpark und Logistik sehr häufig auch Effizienzmaßnahmen in anderen Bereichen, insbesondere Beleuchtung, Gebäude und Terminalgeräte bzw. Gasstaplern, ergriffen werden. Auffällig ist, dass selbst das Unternehmen mit eigenem Fuhrpark Effizienzmaßnahmen bei der Beleuchtung und im Gebäudebereich an erster Stelle nennt, so dass diesem Bereich in der Branche deutlich mehr Gewicht zuzukommen scheint als in der Chemiebranche.

Die Energiekosten liegen in den zwei Unternehmen mit Straßengüterverkehr bei 12 bzw. 15 % und damit eher gering verglichen mit den durchschnittlich 12 % (im Nahverkehr) bis 25 % (im Fernverkehr), die alleine die Kraftstoffkosten an der Kostenstruktur im Straßengüterverkehr durchschnittlich ausmachen (vgl. Abb. 5.1). Nochmals deutlich geringer sind die Energiekosten bei dem intermodalen Anbieter (1-2 %), der aber auch die Energiekosten für den Transport nicht als solche in seiner Kalkulation berücksichtigt. Dennoch sehen alle Unternehmen weitere Einsparpotenziale v.a. durch die Verbesserung der Auslastung der LKWs durch den Einsatz von computergestützter Streckenführung, den Einbau von GPS-Anlagen in die Fahrzeuge, größere Transporteinheiten, Einsatz von Telematik, 3D-Scannersysteme und die Einführung einer Kubikmetervermessungsanlage.

Daneben werden auch kleinere Maßnahmen am Fuhrpark (z.B. Einsatz von Singlereifen) genannt, die aufgrund von Kostengründen bisher nicht umgesetzt werden. Auch andere Maßnahmen waren bereits geplant, mussten aber wegen der Wirtschaftskrise zurück gestellt werden.

Die befragten Experten sehen die Potenziale ebenfalls insbesondere in der Optimierung der Transportströme, wobei daran bereits laufend gearbeitet würde, da dies das Spezialgebiet der Logistiker sei. Auch Fahrerschulungen wären bereits weit verbreitet und bei den Fuhrparks das Potenzial ebenfalls gering, da nach der Wirtschaftskrise die meisten weniger effizienten LKWs (Euro-Norm 3) aussortiert wurden und beim Neukauf die Effizienz des Fahrzeugs ein zentrales Kriterium wäre. Eine Optimierungsmöglichkeit bestünde noch im Einbau aerodynamischer Hauben. Diese wären in den USA Standard, in Deutschland dagegen kämen diese aufgrund strenger Auflagen für das Gesamtgewicht des LKW selten zum Einsatz, da dies auf Kosten des Ladegewichts ginge.

6.3.2 Unternehmensinterne und –externe Hemmnisse für die Potenzialausschöpfung

Neben den für die Branchen spezifischen wurden seitens der Interviewten auch einige **übergreifende Hemmnisse** für Energieeffizienz in Unternehmen angegeben:

- Die genannten **externen Hemmnisse** liegen vor allem im Bereich der Umweltpolitik: So werden die Beschränkung der Umweltgesetzgebung zugunsten von freiwilligen Maßnahmen, der Einfluss von Konzernen auf die Gesetzgebung und die deutliche Reduktion der Energiesteuer für Unternehmen aufgrund der Rückerstattungsmöglichkeiten als hemmend für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen genannt. Auch eine Energieberatung kann zum Hemmnis werden, wenn unqualifizierte Energieberater zum Einsatz kommen.
- **Unternehmensinterne Hemmnisse** sind eine zu starke Orientierung an kurzen Amortisationszeiten, zu geringe Investitionsmittel für Effizienzmaßnahmen, zu geringe personelle Kapazitäten, Informationsdefizite in den Unternehmen, eine Reduktion von Energieeffizienz auf Stromsparmaßnahmen, Umsetzung der Maßnahmen ohne die Unterstützung durch einen Energieberater und fehlende Information der Mitarbeiter.

Als Hemmnis für die Reduktion des Energieverbrauchs wurde von einem Unternehmen der **Chemieindustrie** der Ausbau von Klimaanlagen sowie konjunkturbedingt Zeiten geringer Auslastung genannt – letzteres führt zu einem höheren spezifischen Energieverbrauch. Weitere Hemmnisse, die im Rahmen der Interviews genannt wurden, beschränken sich für die Chemiebranche auf interne Hemmnisse. Ein zentrales Hemmnis ist das Festhalten an bestehenden, gut funktionierenden Prozessabläufen die bzgl. ihrer Energieeffizienz veraltet sind. Damit verbunden sind die Angst vor einer höheren Komplexität energieeffizienter Systeme und Anlagen sowie die hohen Kosten, die insbesondere die Umstellung kompletter Prozesse mit sich bringt. Ein weiteres Hemmnis für eine energieeffiziente Produktion stellt die Unvorhersehbarkeit der Entwicklung des Absatzes dar. Zum einen können Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen aus Angst vor einem Absatzrückgang ausbleiben, zum anderen werden Anlagen häufig eher zu groß gebaut um eine maximale Verfügbarkeit zu sichern. Dadurch laufen sie häufig nur teilweise ausgelastet, wodurch die Energieintensität bezogen auf die Produkte steigt.

Ein Grund für eine eher geringe Bedeutung von Energieeffizienzmaßnahmen in der chemischen Industrie können auch die geringen Energiekosten in den Unternehmen ohne thermische Prozesse sein, die bei weniger als einem bzw. rund einem Prozent vom Umsatz liegen. Des Weiteren zeigt sich, dass gerade das Unternehmen, das die Energieverbräuche nicht systematisch erhebt, keine

weiteren Einsparpotenziale sieht. Eine Umfrage der KfW kommt ebenfalls zu dem Ergebnis, dass gut 80 % des verarbeitenden Gewerbes ihr Energieeinsparpotenziale auf maximal 10 % einschätzen und somit eher geringfügige oder sogar keine Einsparmöglichkeiten sehen (KfW 2005).

In der **Maschinenbaubranche** wurde als ein zentrales externes Hemmnis die Kunden genannt, die sich noch zu wenig an Lebenszykluskosten und zu sehr am Anschaffungspreis orientieren, so dass auch unternehmensintern die Vertriebsmitarbeiter/innen sehr preisorientiert sind. Dies hat sich im Zuge der Wirtschaftskrise verstärkt. Ein Grund hierfür ist auch, dass bei den Kunden die Einkäufer und nicht die technischen Leiter zuständig für den Kauf der Maschinenbauprodukte sind. Bisher werden außerdem nur kaputte Maschinen durch effizientere ersetzt und keine noch funktionsfähigen, was ein weiteres Hemmnis für den Absatz effizienter Produkte darstellt. Auch die Resonanz auf Druckluft-Audits sei bisher sehr gering. Doch auch unternehmensintern stehen der (Weiter-)Entwicklung effizienter Produkte eine Reihe von Hemmnissen entgegen. So ist Energieeffizienz bei der Geschäftsführung oft noch zu wenig als Thema etabliert, Vorschläge von Seiten der Mitarbeiter/innen würden teilweise nicht ernst genommen, aber auch die fehlende Wirtschaftlichkeit verhindere Effizienzmaßnahmen. Allgemein werden in der Branche außerdem zu wenig Investitionen in die Forschung und Entwicklung getätigt und es besteht teilweise ein Mangel an zeitlichen als auch finanziellen Kapazitäten in den F&E-Abteilungen.

Als Hemmnisse wurden von den Unternehmen aus dem Bereich **Transport und Logistik** insbesondere externe Hemmnisse genannt, wobei diese sowohl von den Kunden als auch der Politik verursacht werden. Seitens der Kunden verhindern sowohl spezielle Ansprüche (z.B. Beiladeverbote oder 24-Stunden-Lieferfristen) als auch deren Infrastruktur (z.B. Rampenhöhe zu klein für energieeffiziente Großraumgefäß oder eingeschränkte Be- und Entladezeiten) eine optimale Routenplanung und die Umsetzung weiterer Effizienzmaßnahmen bei den Transport- und Logistikunternehmen. Folgende politische Vorgaben wurden als Hemmnis für Energieeffizienzmaßnahmen genannt: Nachtruhe auf Autobahnen und Wochenendfahrverbot (führen zusammen mit fehlender Infrastruktur zu Engpässen auf Autobahnen; durch die verursachten Staus steigt der Energieverbrauch), die EU-Norm bzgl. Fahrzeugtypen (Euro 5 und 6 Fahrzeuge sind energieintensiver als Euro 4), die Unterbindung des Einsatzes von Gigaliner (energieeffizienter) sowie die strengen Gewichtsbeschränkungen (verhindern aerodynamische Gestaltung der Fahrzeuge, da Gewicht lieber für Ladung als für Spoiler verwendet wird). Ein weiteres Hemmnis sei der unregulierte Wettbewerb (keine festen Tarife, zu wenig Vorgaben), weshalb fast nur der Preis und kaum die Qualität eine Rolle im Wettbewerb spielt. Ein weiteres Hemmnis für energieeffizientes Fahrverhalten stellt außerdem der unberechenbare Verkehr dar.

Neben den externen Hemmnissen spielen auch interne Hemmnisse eine wichtige Rolle. So werden die hohe Komplexität und die hohen Investitionskosten vieler Energieeffizienzmaßnahmen als Hemmnis genannt. Außerdem haben in den Unternehmen bisher die Wirtschaftlichkeit und Kundensorientierung Vorrang vor Energieeffizienz. Auch berücksichtigen viele Unternehmen aufgrund begrenzter finanzieller und personeller Ressourcen Energieeffizienz noch wenig. Dies gelte insbesondere für den Mittelstand. Daneben können auch technologische Entwicklungen ein Hemmnis für die Reduktion des Energieverbrauchs darstellen: So führt die Umstellung auf vollautomatische Lager sogar zu einer Erhöhung des Energieverbrauchs.

6.4 Energieeffizienz und Beteiligung

6.4.1 Beteiligungs- und Mitbestimmungskultur allgemein

Die Mitbestimmungskultur bewegt sich bei den untersuchten Unternehmen entsprechend der Mitarbeiteranzahl im branchenüblichen Rahmen. Die Zusammensetzung der untersuchten Betriebsräte ist meist heterogen aus maßgebenden Bereichen wie Konstruktion, Einkauf und aus der Produktion zusammengesetzt.

Bei den untersuchten Vertretern der **Chemiebranche** existierte ein Betriebsrat im Unternehmen. Vorschläge von Mitarbeitern werden an einen Ausschuss weiter geleitet und dort bearbeitet. Es wurde angemerkt, dass der Entscheidungsfindungsprozess in einem großen Unternehmen langwierig und somit ein Hemmnis für eine optimale Mitbestimmungskultur sei. Deshalb findet oft eine direktere, informelle Beteiligung über Betriebstechnik bzw. zuständigen Mitarbeiter des jeweiligen Bereichs statt. Jedoch gibt es keine Einbindung der Mitarbeiter bzw. der Mitarbeitervertretung in langfristige Zielvereinbarungen des Unternehmens.

Auch in den Unternehmen des **Maschinenbaus** existieren Beteiligungsmöglichkeiten, allerdings nicht explizit bzgl. Energieeffizienzmaßnahmen. Durch vorhandene Vorschlagewesen gibt es die Möglichkeit, Vorschläge einzubringen. Dies funktioniert in einem Unternehmen z.B. über eine Innovationsdatenbank. Die Vorschläge der Mitarbeiter werden vom Betriebsrat bzw. dem Leiter des Qualitätsmanagement gesammelt und dann der Geschäftsleitung vorgelegt und diskutiert. Dabei ist die Effizienz- oder Kostenersparnis entscheidend für den Erfolg der einzelnen Vorschläge. In einem der befragten Unternehmen werden die Mitarbeiter an Einsparungen durch Verbesserungsvorschläge prozentual beteiligt, für besonders hohe Einsparungen gibt es extra Prämien. In einem weiteren Unternehmen bringt der Betriebsrat nur Verbesserungsvorschläge für organisatorische Angelegenheiten ein, nicht aber Vorschläge, die zu einem finanziellen Vorteil des Unternehmens beitragen. Begründet wird dies vom befragten Betriebsrat damit, dass es keine Entlohnung der Mitarbeiter für Verbesserungsvorschläge gibt. Von einem der interviewten Betriebsräte wird angemerkt, dass die Bereitschaft der Mitarbeiter Vorschläge zu machen, eingeschlafen ist, weil Verbesserungsvorschläge aufgrund von Kapazitäts- und Liquiditätsproblemen nicht umgesetzt wurden. Außerdem wird in einem Fall berichtet, dass Vorschläge vom Facility Management eher aufgegriffen werden als die des Betriebsrates. Deshalb macht der Betriebsrat auch Vorschläge über den Umweg des Facility Managements und bleibt als Quelle anonym.

Im Bereich **Transport** und Logistik gibt es ebenfalls Beteiligungsmöglichkeiten. Probleme werden von den Mitarbeitern in eine QS-Matrix eingetragen. Außerdem können sich die Mitarbeiter stets direkt an die Umweltbeauftragten wenden, was sehr unbürokratisch ist und schnelle Abwicklung von Verbesserungsvorschlägen bedeutet. In einem kleineren Unternehmen der Transportbranche bestehen ausschließlich informelle Beteiligungsmöglichkeiten, hauptsächlich über bilaterale Gespräche zwischen Geschäftsführer und Mitarbeitern. In einem weiteren befragten Unternehmen gibt es neben den regelmäßigen Betriebsrats- oder Mitarbeiterversammlungen und dem innerbetrieblichen Vorschlagswesen sogenannte „open doors“. Dies bedeutet, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter können die relevante Person direkt kontaktieren.

6.4.2 Auswirkung von Beteiligung und Mitbestimmung auf Energieeffizienzmaßnahmen

Erkenntnisse zur Auswirkung von Mitbestimmung auf Energieeffizienzmaßnahmen können auf der Basis der empirischen Daten nur in geringem Umfang gezogen werden. Insgesamt deuten die geführten Interviews darauf hin, dass Energieeffizienzmaßnahmen eher im weiteren Mitbestimmungssinn ein Thema sind. Insbesondere im Rahmen der Arbeitsplatzsicherung sind die Betriebsräte am Thema Energieeffizienz interessiert. Dennoch gibt es auch Gegenbeispiele: So diskutiert in einem der Unternehmen der Betriebsrat Energieeffizienzmaßnahmen und macht vor dem Hintergrund möglicher Kostenersparnisse Vorschläger zur Umsetzung insbesondere in den Wirtschaftsausschusssitzungen.

Daneben werden weitere Beteiligungsmöglichkeiten bezüglich Energieeffizienzmaßnahmen genutzt. So gibt es beispielsweise in einem Chemieunternehmen ein Umweltteam, dessen Mitarbeiter Vorschläge bzgl. Energieeffizienzmaßnahmen machen. Diese Vorschläge werden in der Regel von einem Gremium aufgegriffen und bearbeitet. Es wurde angemerkt, dass mit der Qualifikation der Mitarbeiter auch das Interesse für Energieeffizienz und die Qualität der Verbesserungsvorschläge steigt. Außerdem werden die Mitarbeiter in einem der befragten Unternehmen über Energieeffizienzmaßnahmen informiert und sind aus diesem Grund für Energieeffizienzmaßnahmen sensibilisiert. Keiner der Befragten erwähnte eine ablehnende Haltung der Mitarbeiter gegenüber Energieeffizienzmaßnahmen.

Insbesondere in dem Unternehmen der **Chemiebranche** wurde darauf hingewiesen, dass die Mitarbeiter/innen Energieeffizienzmaßnahmen akzeptieren und kooperativ sind. Dies röhrt anscheinend daher, dass der Großteil der Mitarbeiter sich des Zusammenhangs zwischen Energieeffizienzmaßnahmen und Arbeitsplatzsicherung bewusst ist.

In den befragten Unternehmen des **Maschinenbaus** zeigten sich deutliche Unterschiede hinsichtlich der Beteiligungs- und Mitbestimmungskultur bezüglich Energieeffizienzmaßnahmen an den Produkten. Finden Vorschläge von Produktionsmitarbeitern bzgl. Energieeffizienz der Produkte bei einem der befragten Unternehmen eher weniger Beachtung, werden bei einem anderen Unternehmen Verbesserungsvorschläge der Produktionsmitarbeiter bezüglich Energieeffizienz sofort in die Verbesserung des Produktdesigns einbezogen. Für die Konstrukteure im Maschinenbau wurden betriebliche Mitbestimmungsmöglichkeiten bezüglich Energieeffizienz größtenteils als irrelevant angesehen, da sie im Rahmen ihrer Funktion im Unternehmen direkt an der Energieeffizienz der Produkte arbeiten.

Auch in einem der befragten **Transport**unternehmen werden die Beteiligungsmöglichkeiten in geringem Umfang auch für Energieeffizienz-Vorschläge genutzt. Allerdings betreffen die Verbesserungsvorschläge seitens der Mitarbeiter eher selten die Dienstleistung sondern vielmehr die Energieeffizienz in Gebäuden und anderen Bereichen.

6.5 Beschäftigungseffekte

Branchenübergreifend äußern sich die Interviewten dahingehend, dass Energieeffizienzmaßnahmen durch die Wahrung oder Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit (Produkte oder Kosten) zur Beschäftigungssicherung beitragen können. Dieser Zusammenhang wird allerdings nicht als direk-

ter sondern wegen der großen Anzahl moderierender Faktoren fast immer als indirekter Zusammenhang gesehen. Die Fallstudien zeigen, dass Energieeffizienzmaßnahmen, bei denen bestehende Prozesse optimiert werden, zu einem Beschäftigungszuwachs führen können – hier wurden keine negativen Auswirkungen für die Beschäftigungssituation festgestellt. Bei Energieeffizienzmaßnahmen, bei denen Prozesse substituiert wurden, konnte dagegen ein Beschäftigungsabbau in der Produktion beobachtet werden.

Energieeffizienzmaßnahmen führen in einigen Betrieben zur Weiterqualifikation bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Dies zeigte sich insbesondere bei der Einführung neuer Prozesstechnologien in der Chemiebranche. Weiterqualifizierungsmaßnahmen wurden unter anderem als Bonus bei zukünftigen Bewerbungen benannt. Gleichzeitig gehen die für Energieeffizienzmaßnahmen teilweise notwendigen höheren Qualifikationen häufig mit höheren Gehältern einher. In kleinen Unternehmen wurde jedoch weniger Spielraum für Qualifizierungsmaßnahmen gesehen.

Die Befragten konnten keine Aussagen zu Auswirkungen speziell von Gewinnen aus Energieeffizienzmaßnahmen auf Investitionen in die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter machen. Dennoch konnten allgemeine Erkenntnisse darüber gewonnen werden, welche Investitionen bei steigendem Gewinn in den Mitarbeiterstab gemacht werden. Bei den befragten Unternehmen sind dies:

- Einstellung neuer Mitarbeiter bei entsprechender Nachfrage am Markt, um Absatzsteigerung sichern zu können
- Einstellung neuer Mitarbeiter in der Entwicklung, um Wachstum des Unternehmens bzw. die Entwicklung neuer Geschäftsfelder voranzutreiben
- Qualifikation der Mitarbeiter
- Lohnsteigerung

Werden auch die Gewinne aus den Effizienzmaßnahmen entsprechend investiert so führt deren Umsetzung qualitativ wie quantitativ zu positiven Beschäftigungseffekten.

Besonders in der **Chemiebranche** kann die Umstellung der Prozesse im Rahmen von Energieeffizienzmaßnahmen zu höher qualifiziertem Personal führen. Denn für die teilweise komplexeren Prozesse ist eine entsprechende Qualifikation nötig. Gleichzeitig kann die damit oft verbundene Automatisierung aber auch zu Beschäftigungsabbau bei weniger qualifizierten Jobs zur Folge haben. Prozessumstellungen führen somit eher zu einem höheren Qualifikationsstand im Unternehmen. Das Verhältnis zwischen Weiterqualifikation / Umschulung, Neueinstellung und Entlassung ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig und kann immer nur im Einzelfall bewertet werden.

Beispielhaft steht für die eben beschriebenen Zusammenhänge eines der befragten Unternehmen. In diesem wurde durch die Umstellung eines Prozesses ein wesentlicher Wettbewerbsvorteil durch schnellere Reaktionszeiten und eine (energie-)effizientere Produktion erreicht. Gleichzeitig wurde damit aber auch Produktionspersonal freigesetzt. Dieses wurde teilweise an anderer Stelle eingesetzt. Außerdem wurde die Entwicklungsabteilung bzw. das Labor massiv ausgebaut, da die neue Prozesstechnik eine Erweiterung des Produktangebots erlaubte und man damit expandieren konnte.

In der **Maschinenbaubranche** wurde die Ansicht vertreten, dass Abwanderung in billig produzierende Länder durch den Innovationsvorsprung unter anderem auch durch die Energieeffizienz der Produkte vermieden wird. Gleichzeitig können Energieeffizienzmaßnahmen aber auch als Beschäftigungsbremse wirken, wenn keine Nachfrage nach energieeffizienten Produkten besteht (z.B. bei sinkenden Energiepreisen). In der Branche wird ein Mangel an Ingenieuren und qualifizierten Ar-

beitskräften bei der Entwicklung der Produkte festgestellt. Werden Energieeffizienzmaßnahmen umgesetzt, so steigt der Anteil der Ingenieure an der Gesamtbelegschaft in der Regel. Dies ist besonders auf mehr Personal im Bereich Forschung und Entwicklung, aber auch im Vertriebsbereich zurückzuführen, weil energieeffiziente Produkte häufig mit mehr Beratungsaufwand verbunden sind.

Bei entsprechender Nachfrage führen Energieeffizienzmaßnahmen an den Produkten zu höherem Absatz, womit eine höhere Entlohnung, Weiterqualifikation der Mitarbeiter, und insgesamt eine bessere Beschäftigungssituation ermöglicht wird.

Das Kerngeschäft des **Transportsektors** impliziert Energieeffizienzmaßnahmen. Denn beim Kerngeschäft geht es um kosteneffizienten Transport, wozu die Senkung der Energiekosten beiträgt. In diesem Zusammenhang können Energieeffizienzmaßnahmen zu einer Erhaltung oder Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und somit einer Sicherung der Arbeitsplätze führen. Energieeffizienzmaßnahmen können auch zu Investitionen in Mitarbeiter durch Weiterqualifizierungen (z.B. Fahrerschulungen) führen.

Weiterhin gaben die Befragten Unternehmensvertreter zu verstehen, dass die Kunden in jeder Energieeffizienzmaßnahme (die oft mit Zertifizierungsanforderungen verbunden sind) ebenfalls nach Kostenreduktionen suchen und dies bei der Preisverhandlung direkt einfordern.

7 Fazit und Handlungsempfehlungen

7.1 Erschließung von Energieeinsparpotenzialen

7.1.1 Einsparpotenziale und zentrale Energieeffizienzmaßnahmen

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Energieeffizienzmaßnahmen in drei unterschiedlichen Branchen analysiert, wobei in der Chemiebranche die Prozesse, in der Maschinenbaubranche die Produkte und in der Branche Transport und Logistik die Dienstleistungen im Vordergrund standen, da dies jeweils als Bereiche mit den höchsten Einsparpotenzialen identifiziert wurden. Für alle drei Branchen erfolgte eine grobe Abschätzung der Einsparpotenziale auf der Basis von statistischen Daten und Ergebnissen anderer Studien. Aufgrund der unterschiedlichen verfügbaren Daten und Studien sind die Abschätzungen nur bedingt vergleichbar.

In der **Chemieindustrie** liegen die größten Energieverbräuche und Einsparpotenziale im Bereich der thermischen Prozesse. Weitere relevante Einsparungen können durch die rationelle Verwendung von Strom sowie durch Prozessoptimierungen und Substitutionen von Prozessen erzielt werden. Die wirtschaftlichen Einsparpotenziale der Unternehmen werden auf durchschnittlich rund 15 % eingeschätzt. Bis zum Jahr 2020 könnten insgesamt rund **118 PJ/a** eingespart werden (siehe Kapitel 5.5.1).

Hohe Energieeinsparungen können in der Industrie durch den Einsatz effizienter **Maschinenbauprodukte** erzielt werden. Dabei ist die Verbreitung bereits auf dem Markt befindlicher effizienterer Technologien in den nächsten Jahren von größerer Bedeutung als die Entwicklung noch effizienteerer Technologien. Die erzielbaren prozessbezogene Endenergieeinsparungen im produzierenden Gewerbe durch Produkte des Maschinenbaus werden auf insgesamt **325 PJ/a** bis 2018 geschätzt (Henzelmann/ Büchele 2009). Davon lassen sich allein gut **100 PJ/a** im Bereich der elektrischen Antriebe erzielen. Pumpen weisen mit knapp 70 PJ/a höhere Einsparpotenziale auf als die Drucklufterzeugung mit knapp 15 PJ/a (siehe Kapitel 5.5.2).

Die Energieeffizienz im **Straßengüterverkehr** kann durch Maßnahmen innerhalb des Straßenverkehrs oder durch eine Verlagerung auf effizientere Verkehrsträger erhöht werden. Maßnahmen innerhalb des Straßengüterverkehrs betreffen den Fuhrpark, das Verhalten des Fahrzeugführers sowie organisationsbezogene Maßnahmen im Bereich Logistik. Hinzu kommt die Option einer Verlagerung auf die Schiene. Zur Reduktion des Energieverbrauchs durch diese Maßnahmen liegen nur wenige Informationen vor. Ausgehend von einer erzielbaren durchschnittlichen Reduktion von 20 %, die auf einer sehr groben Abschätzung basiert, beträgt das Endenergieeinsparpotenzial im Straßengüterverkehr **65 PJ/a** (siehe Kapitel 5.5.3). Die durchschnittlichen Reduktionspotenziale, die in der Literatur zu finden waren, unterscheiden sich dabei in der Höhe kaum zwischen möglichen Einsparungen durch eine Verlagerung zu intermodalem Verkehr oder Effizienzmaßnahmen innerhalb des Straßengüterverkehrs.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Einsparpotenziale, die durch den Einsatz von Produkten des Maschinenbaus erzielbar wären, diejenigen in der Chemiebranche und im Straßengüterverkehr (inkl. intermodalem Verkehr) übertreffen. Werden nur die Einsatzbereiche elektrische Antriebe, Pumpen

und Kompressoren/Druckluft berücksichtigt so sind die Einsparpotenziale von Maschinenbauprodukten und in der Chemie auf einem ähnlichen Niveau. Deutlich geringer sind dagegen die Einsparpotenziale im Straßengüterverkehr.

In der vorliegenden Studie nicht genauer untersucht wurde der Einsatz **erneuerbarer Energien**, durch den weitere erhebliche Einsparungen des Primärenergieverbrauchs in der Produktion, aber auch im Güterverkehr erzielt werden könnten. So könnte neben Biodiesel beispielsweise auch der Einsatz von Biogas in Nutzfahrzeugen zukünftig eine kostengünstige Alternative darstellen (Lessner 2010). Für die Produktion können erneuerbare Energien Strom und Wärme bereitstellen. So kann beispielsweise der Einsatz von solarer Prozesswärme bis zu einem Temperaturniveau von rund 100 °C wirtschaftlich sein (Schmitt et al. 2009).

7.1.2 Umsetzung von Effizienzmaßnahmen in der Praxis

Die Ergebnisse der Interviews ergaben, dass Energieeffizienzmaßnahmen welche zu Kosteneinsparungen in der **Produktion** führen, zumindest in der Chemiebranche eine große Rolle spielen, weil die Produktion teilweise sehr energieintensiv ist. Je größer der Kostenanteil für Energie an den Gesamtkosten, desto größer ist dabei die Bereitschaft Energieeffizienzmaßnahmen umzusetzen. Hier scheint es außerdem eine Tendenz zu geben, dass größere Unternehmen eher aktiv werden, da diese die nötigen personellen Ressourcen zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen haben. Zentrale Maßnahmen beziehen sich in den meisten Fällen auf den Einsatz neuer Prozesstechnologien und die Optimierung von Produktionsprozessen. Thermische Prozesse sind – wenn vorhanden – zentral.

Relativ zu den anderen beiden Branchen spielt Energieeffizienz bei den **Produkten** der Maschinenbaubranche insgesamt eine eher geringere Rolle. Ein wichtiger Grund hierfür ist der geringe Kundendruck. Nur bei einigen Produkten mit anteilig hohen Energiekosten im Betrieb spielt Energieeffizienz wegen potenzieller Kosteneinsparungen eine Rolle. Effizienzmaßnahmen in den Unternehmen betreffen sowohl einzelne Komponenten und Bauteile als auch das gesamte System. Einzelne Unternehmen agieren als Vorreiter und setzen auf eine besonders energieeffiziente Produktpalette und bieten Dienstleistungen dazu an.

Auch in der **Transport- und Logistikbranche** sind Energiekosten ein zentraler Treiber bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen. Die optimale Auslastung der LKWs (Effizienzsteigerung) ist seit jeher das Kerngeschäft einer Spedition und wird deshalb ständig verbessert. In der Transport & Logistikbranche gewinnt Energieeffizienz auch als Imagefaktor und Verkaufsargument an Bedeutung: So sind Zertifizierungen bzw. CO₂-Labelling häufig eine Voraussetzung dafür, große Aufträge zu erhalten. Eine weitere Effizienzmaßnahme stellt die Verlagerung auf die Schiene bzw. der intermodale Verkehr dar, der in einem Unternehmen sehr erfolgreich angeboten und als umweltfreundlich beworben wird.

7.2 Hemmnisse und fördernde Faktoren

7.2.1 Unternehmensexterne Faktoren

Als zentrale **externe hemmende oder fördernde Einflussfaktoren** konnten aus der Literatur die Energiepreise, die Konkurrenzsituation, Umwelt- / Klimapolitik, Kreditbedingungen, Innovationsfreudigkeit der Branche und Netzwerke identifiziert werden (s. Tab. 2.4). In den Fallstudien zeigte

sich die **Kosten** und damit primär die **Energiepreise** als wichtigster Treiber für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen. Im Maschinenbau gilt dies indirekt über die Kunden, so dass bei internationalen Kunden auch die Energiepreise in anderen Ländern relevant für den Absatz effizienter Produkte sind. In der Chemiebranche und im Bereich Transport und Logistik ist die Notwendigkeit zur Kosteneinsparung eng verknüpft mit der **Konkurrenzsituation**, da der Preis zumindest in der Transportbranche häufig das einzige Entscheidungskriterium seitens der Kunden darstellt.

Kunden sind somit ein weiterer wichtiger Einflussfaktor für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen insbesondere bei Produkten und Dienstleistungen. In der Maschinenbaubranche wurden diese eher als Hemmnis genannt, da Energieeffizienz häufig kein oder nur ein untergeordnetes Kriterium bei der Auswahl eines Produkts darstellt und die Lebenszykluskosten bei der Kaufentscheidung oft nicht betrachtet werden. Auch für die Unternehmen der Transportbranche stellen die Kunden aufgrund von Ansprüchen, die eine effiziente Logistik behindern, oder aber fehlender Infrastruktur häufig ein Hemmnis zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen dar. Die Kunden wirken jedoch in dieser Branche auch jenseits des Preisdrucks teilweise als positiver Einflussfaktoren: Gerade größere und bekanntere Unternehmen stellen als Kunden an Transportdienstleister häufig Anforderungen hinsichtlich der Umsetzung von Zertifizierungssystemen wie Öko-Profit, EMAS oder ISO 14001.

Instrumente der **Umwelt- und Klimapolitik** haben in allen drei Branchen einen Einfluss auf die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen. Spezielle Förderinstrumente wurden jedoch vorwiegend im Bereich Transport und Logistik (Unterstützung von Fahrerschulungen; Förderung der Anschaffung von energieeffizienten Fahrzeugen) genannt und nachgefragt. Die meisten Interviewten hielten Förderinstrumente für irrelevant oder nicht passend für ihr Unternehmen und sie wurden vielfach als zu bürokratisch kritisiert. Von großer Bedeutung sind hingegen in allen Branchen Gesetze und Verordnungen sowie weitere politische Instrumente. So spielen in der Maschinenbaubranche Normen und Vorgaben hinsichtlich der Energieeffizienz von Produkten, insbesondere seitens der EU, eine große Rolle. Außerdem wurden freiwillige Labels für relevant erachtet. In der Chemiebranche wurde als relevanter Treiber das Emissionshandelssystem genannt. Im Transportsektor spielen die Einführung von Umweltzonen sowie die von der Schadstoffklasse abhängige LKW-Maut eine große Rolle. Außerdem wurden politische Vorgaben von den Unternehmen der Transport- und Logistikbranche auch als Hemmnisse genannt, die Maßnahmen am Fuhrpark (Kauf Gigaliner, Nutzung Spoiler, effizientere Fahrzeuge mit Euro 4-Norm) oder eine effizientere Logistik (Staus aufgrund von Wochenendfahrverbot und Nachtruhe) verhindern. Als Hemmnis scheinen dagegen in den anderen beiden Branchen politische Vorgaben keine große Bedeutung zu haben.

Im Rahmen der Fallstudien wurde angeführt, dass **Banken** zum Treiber werden, wenn sie die Kreditwürdigkeit an einen Business-Plan und ein ökologisches Konzept des Unternehmens koppeln. Kreditbedingungen können somit ebenfalls eine Rolle für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen spielen.

Energieeffizienznetzwerke sind für die befragten Unternehmen nicht von Bedeutung. Auch allgemein sind solche Netzwerke noch selten und ihr Aufbau mit einer Reihe von Hemmnissen behaftet: So hatte beispielsweise auch das Projekt 30 Pilot-Netzwerke große Schwierigkeiten ausreichend Unternehmen für ihre Pilotprojekte zu akquirieren.

Die **Innovationsfreudigkeit** der Branche, ein weiterer in der Literaturoauswertung identifizierter Faktor, wurde von den Interviewten nicht als Einflussfaktor genannt. Jedoch zeigt sich in den Fallstudien, dass sich die Innovationsfreudigkeit der Unternehmen (interner Faktor) auf die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen auswirkt. Allerdings können auch technologische Entwicklungen nicht nur ein Treiber sondern auch ein Hemmnis für die Reduktion des Energieverbrauchs darstellen.

len: So führt die Umstellung auf vollautomatische Lager sogar zu einer Erhöhung des Energieverbrauchs.

Zusammenfassend kann für die **externen Einflussfaktoren** festgestellt werden, dass diese eher als Treiber denn als Hemmnisse wirken:

- Treiber sind dabei insbesondere (hohe) Energiepreise in Verbindung mit der Konkurrenzsituation, Anforderungen der Kunden und die Umwelt-/Klimapolitik (Förderung, Gesetze und Verordnungen).
- Externe Hemmnisse für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen bestehen vor allem seitens der Kunden. Speziell im Transportsektor werden diese außerdem durch gesetzliche Regelungen behindert.

Für **politische Interventionen** zur Steigerung von Effizienzmaßnahmen kann aus den genannten Treibern und Hemmnissen geschlossen werden, dass gezielte umweltpolitische Instrumente, Maßnahmen zur Erhöhung der Energiepreise und andere politische Regelungen aber auch die Förderung technologischer Entwicklungen und die Einflussnahme auf Kreditbedingungen geeignete Hebel sein können (siehe Kapitel 7.5.2).

7.2.2 Unternehmensinterne Faktoren

Neben den externen Faktoren spielen auch **interne Faktoren** eine wichtige Rolle für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen. Aus der Literatur wurden folgende Faktoren abgeleitet: Unternehmensgröße, Ressourcen (finanziell und personell), Unternehmenskultur (Beteiligungs- und Mitbestimmungskultur), Energieverbrauch und Umweltmanagement / Energiemanagement (s. Tab. 2.4).

Ein Ergebnis der Fallstudien ist, dass Eigentümerunternehmen, wie es **KMU** häufig sind, aufgrund ihres eher langfristigen Denkens prinzipiell gute Voraussetzungen für Energieeffizienzmaßnahmen haben, da diese eher Amortisationzeiten, die über den üblichen Zeitraum von zwei bis drei Jahren hinaus gehen, akzeptieren. Ein weiterer Vorteil von KMU kann eine schnelle Entscheidungsfindung sein. Dennoch kommt eine Erhebung der dena (2009b) zu dem Ergebnis, dass Energieeffizienzmaßnahmen in kleineren Unternehmen eher selten umgesetzt werden (siehe Tab. 2.2 und Tab. 2.3 in Kapitel 2). Auch die Ergebnisse der Interviews zeigen, dass den vorhandenen Vorteilen die besonders in kleineren Unternehmen knappen **zeitlichen und personellen Ressourcen** und **fehlende Rücklagen** ein zentrales Hemmnis sowohl für Energieeffizienzmaßnahmen bei Prozessen und Dienstleistungen als auch bei Produkten sind. So wird die Entwicklung energieeffizienter Produkte beispielsweise in einem Unternehmen insbesondere durch geringe Kapazitäten in den F&E-Abteilungen behindert. Die hohen **Kosten**, die Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen mit sich bringen, werden ebenfalls oft als Hemmnis benannt. Besonders bei Betrieben, die an der Grenze der Wirtschaftlichkeit arbeiten, ist die Bereitschaft zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen beschränkt. Ihnen fehlen ganz besonders Rücklagen und finanzielle Mittel.

Die fehlenden Ressourcen stellen sowohl ein Hemmnis für die Auseinandersetzung mit dem Thema Energieeffizienz als auch für die **Umsetzung** gerade komplexerer Energieeffizienzmaßnahmen dar. So gibt ein Energieberater an, dass viele beratene Unternehmen die empfohlenen Maßnahmen nicht umsetzen, wenn sie dabei auf sich selbst gestellt sind, da ihnen hierfür Zeit und know-how fehlt oder andere aktuelle Entwicklungen das Thema Energieeffizienz in den Hintergrund treten lassen. Deshalb kann die Begleitung durch einen externen Berater gerade bei kleinen Unter-

nehmen eine wichtige Maßnahme zur tatsächlichen Ausschöpfung von Energieeffizienzpotenzialen darstellen.

Ein weiterer wichtiger Faktor, der in den Fallstudien immer wieder auftauchte, ist die Unternehmenskultur. Neben Aspekten wie Beteiligungs- und Mitbestimmungskultur geht es dabei jedoch auch um die Bedeutung von Umweltschutz und Energieeffizienz im Unternehmen sowie um weitere Werte wie Sicherheit und Konstanz. Die Fallstudien zeigen, dass **risikoaverse** Unternehmen vor Energieeffizienzmaßnahmen eher zurück schrecken. Sie haben Angst vor der steigenden Komplexität von Prozessen und Produkten sowie der Unvorhersehbarkeit der Entwicklung des Absatzes. Deshalb wird an bestehenden, gut funktionierenden Prozessabläufen und Produkten lange festgehalten. Das Problem betrifft nicht nur die Geschäftsführungsebene, sondern auch einzelne Mitarbeiter/innen beispielsweise im Einkauf, die für nichtfunktionierende Systeme verantwortlich gemacht werden, nicht aber von der möglichen Energieeinsparung profitieren.

Die geringe Bedeutung, die das Thema Energieeffizienz in einigen Unternehmen hat, stellt ebenfalls ein wichtiges Hemmnis dar, insbesondere wenn das Thema auch bei der Geschäftsführung wenig etabliert ist. Ein Grund für die geringe Bedeutung sind teilweise geringe **Energiekosten**. So ist der Anteil der produktionsbedingten Energiekosten an den Gesamtkosten der Unternehmen teilweise sehr gering. Somit entfällt für diese Unternehmen der wichtigste Treiber, die Kostenreduktion. Für die Entwicklung energieeffizienter Produkte sind zwar auch die Energiekosten von Bedeutung, allerdings nicht im Unternehmen sondern bei den Kunden, so dass dies hier einen externen Faktor darstellt.

Weiterer interner Treiber können **Umweltmanagementsysteme** und Energiemanagementsysteme sein, die einen Rahmen für die Initiierung und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen im Unternehmen bieten können. Jedoch haben die meisten untersuchten Unternehmen noch kein umfassendes Energiemanagementsystem und in den Umweltmanagementsystemen scheint Energieeffizienz keine zentrale Bedeutung zu haben. Beobachtet werden konnte in den Fallstudien jedoch, dass diejenigen Unternehmen, die ihre Energieverbräuche nicht systematisch erheben, besonders wenig mögliche weitere Einsparmaßnahmen benennen konnten und diese somit wohl wenig kennen und ausschöpfen können. Auch wenn dies aufgrund der geringen Zahl an teilnehmenden Unternehmen kein statistisch belastbarer Zusammenhang ist, weist dies dennoch auf der auch in der Literatur zu findenden Vorteil, den eine strukturierte Erfassung für die Erkennung von bestehenden Potenzialen mit sich bringt hin (siehe auch Kapitel 2.3).

Mitarbeiterbeteiligung und Mitbestimmung können in allen drei Branchen Energieeffizienzmaßnahmen fördern (dazu vertiefend Kapitel 7.4). Dagegen nannte kein Unternehmen Beispiele von einer ablehnenden Haltung von Mitarbeiter/innen oder Betriebsrat gegenüber der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen. Die Interviews zeigen auch, dass einzelne „Überzeugungstäter“ oft sehr wichtig für die Initiierung und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen sind. Dabei handelt es sich in den Fallstudien meist um Mitarbeiter/innen, die im Rahmen ihrer (Leitungs-)Funktion aktiv wurden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- Energiekosten stellen den zentralen Treiber für Effizienzmaßnahmen bei Prozessen und Dienstleistungen dar.
- Die Unternehmensgröße und die damit verbundenen Unterschiede im Hinblick auf Ressourcen und Entscheidungsstrukturen sind für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen relevant, wobei KMU nicht nur Nachteile aufweisen.

- Hinsichtlich der Unternehmenskultur sind auch die Werte von Geschäftsführung und Mitarbeitern wichtige fördernde oder hemmende Faktoren. Insbesondere die Risikoaversion ist hierbei ein wichtiges Thema.
- Eine strukturierte Erfassung des Energieverbrauchs im Rahmen von Umweltmanagement- oder Energiemanagementsystemen stellt zumindest eine gute Grundlage für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen dar.
- Einzelne Mitarbeiter/innen bringen im Rahmen ihrer Funktion oder unterschiedlicher Beteiligungsmöglichkeiten Energieeffizienz in den Unternehmen voran (siehe Kapitel 7.4).

Während die externen Hemmnisse eher Ansatzpunkte für die Politik aufzeigen, können anhand der internen Hemmnisse **Ansatzpunkte für Unternehmen sowie Betriebsräte und Mitarbeiter/innen** zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen identifiziert werden (siehe auch Kapitel 7.5.1 und 7.5.3). Energiekosten und die Unternehmensgröße lassen sich zwar als Einflussfaktoren nicht unbedingt ändern, ihre Bedeutung kann aber beispielsweise durch die Einbeziehung externer Expertise und die Nutzung von Förderinstrumenten verringert werden. Direkte Einflussmöglichkeiten bestehen außerdem im Hinblick auf die Unternehmenskultur sowie die Einführung eines Energie- oder Umweltmanagementsystems.

7.3 Beschäftigungseffekte von Energieeffizienzmaßnahmen

7.3.1 Branchenspezifische Ergebnisse zu den Beschäftigungseffekten

Wie in Kapitel 2.5 dargestellt existieren bisher keine Studien, die Beschäftigungseffekte von Energieeffizienzmaßnahmen in den jeweiligen Betrieben untersuchen. Die Fallstudien zeigen, dass ein zentrales Ziel der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen der Erhalt und Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit (Produkte oder Kosten) ist. Dies kann indirekt die mittel- bis langfristige Beschäftigungssicherung implizieren. Quantitative Beschäftigungseffekte für die Branchen lassen sich aufgrund der dünnen empirischen Basis und der unklaren Beschäftigungswirkungen der Maßnahmen nicht ermitteln. Abgeschätzt werden können lediglich mögliche Kosteneinsparungen durch Energieeffizienzmaßnahmen, die wiederum zum Erhalt oder zur Schaffung von Arbeitsplätzen in der Chemieindustrie und im Bereich Transport und Logistik führen können. Im Bereich Maschinenbau wurden die Produkte untersucht, direkte Kostenersparnisse auf Produzentenseite spielen hierbei keine Rolle.

Kosteneinsparungen sind das zentrale Ziel von Energieeffizienzmaßnahmen in der **Chemiebranche**. Energiekosten machen im Schnitt rund 10 % der Betriebskosten aus (Koordinierungskreis "Chemische Energieforschung" 2007). Bei durchschnittlich 15 % Energieeinsparpotenzial in der Chemiebranche (siehe Abschnitt 7.1.1) liegen die durchschnittlichen Einsparmöglichkeiten bei den Betriebskosten nur bei rund 1,5 %²⁴. Allerdings können die Kostenreduktionen in einzelnen Unternehmen und Bereichen sehr viel höher liegen.

²⁴ Nicht berücksichtigt wurden die für die Erzielung der Einsparungen notwendigen Investitionskosten, so dass die durchschnittlichen tatsächlichen Einsparungen geringer ausfallen dürften.

Laut Aussage der Interviewten in der Chemiebranche sind Energieeffizienzmaßnahmen in der Produktion häufig mit der Umstellung von Prozessen verbunden. Dabei handelt es sich bei den neuen Prozessen meistens um komplexere Vorgänge, für die besser qualifiziertes Personal nötig wird. Gleichzeitig können diese Maßnahmen zum Beschäftigungsabbau bei weniger qualifizierten Jobs führen, da sie mit Automatisierungen verbunden sind. Ob und in welchem Ausmaß energieeffiziente Prozesstechnik zu Entlassungen (vor allem von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mit geringer Qualifikation) oder zu Personalzuwachs (vor allem in den Entwicklungsabteilungen) führt, ob Weiterqualifizierungsmaßnahmen ausreichen und wie letztendlich die Gesamtbilanz ausfällt, lässt sich nicht pauschal beantworten und ist immer von den gegebenen Umständen abhängig. Im Idealfall wird das Personal durch Umschichtung und Weiterqualifikation gehalten und freie Kapazitäten zur Entwicklung und zum Ausbau neuer Geschäftsfelder genutzt. Das entsprechend besser qualifizierte Personal erhält in der Regel auch höhere Gehälter. Neben diesen umfassenden Prozessumstellungen dominieren aber auch in der Chemiebranche weniger umfassende Prozessoptimierungen ohne direkten Einfluss auf die Beschäftigungssituation.

Im **Maschinenbau** wird der internationale Vorsprung der Energieeffizienz der Produkte (Innovation) von der Mehrheit der Befragten vor allem als Schutz vor der Abwanderung in Länder mit geringeren Produktionskosten gesehen. Energieeffizienzmaßnahmen können damit zu höherem Absatz oder zu einer Stabilisierung führen. Gleichzeitig können Energieeffizienzmaßnahmen aber auch zur Beschäftigungsbremse werden, wenn keine Nachfrage nach energieeffizienten Produkten besteht. Bei einer Zunahme von Energieeffizienzmaßnahmen steigt tendenziell der Anteil der Ingenieure an der Gesamtbelegschaft sowie des Personals im Bereich Forschung und Entwicklung. Aber auch der Vertriebsbereich kann durch Energieeffizienzmaßnahmen bei den Produkten steigen, wenn der Beratungsbedarf der Kunden sich erhöht. Die mit den Energieeffizienzmaßnahmen verbundenen Weiterqualifizierungsmaßnahmen und die damit einhergehende höhere Qualifikation werden insbesondere im Maschinenbau als Bonus bei zukünftigen Bewerbungen gesehen. Gleichzeitig wurde für die Maschinenbaubranche ein Mangel an Ingenieuren und qualifizierten Arbeitskräften, welche an der Entwicklung der Produkte arbeiten, als Hemmnis für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen genannt.

Laut Aussage der Unternehmensvertreter sind im **Transportsektor** Energieeffizienzmaßnahmen fast ausschließlich mit der Reduktion von Energiekosten verbunden. Energiekosten machen insbesondere im Fernverkehr mit alleine rund 25 % Kraftstoffkosten einen erheblichen Anteil an der Kostenstruktur aus. Etwas weniger Bedeutung haben sie dagegen im Nahverkehr, in dem die Personalkosten deutlich stärker zu Buche schlagen (s. Kapitel 5.4.1). Bei Einsparpotenzialen von rund 20 % liegen damit die durchschnittlich möglichen Kosteneinsparungen bei rund 5 % und damit deutlich höher als in der chemischen Industrie²⁵. Trotz Berücksichtigung des Vor- und Nachlaufs für die Binnenschifffahrt und den Schienenverkehr sind die Kosten im Straßengüterverkehr sogar 50-100 % höher (PLANCO/ bfg 2007), so dass eine Verlagerung sogar zu Kosteneinsparungen von bis zu 10 % führen kann.

Damit können durch Energieeffizienzmaßnahmen die Kosten erheblich gesenkt werden und somit die Wettbewerbsfähigkeit erhöht und Arbeitsplätze gesichert werden. Im Rahmen von Weiterqualifizierungen (z.B. Fahrerschulungen) sind Energieeffizienzmaßnahmen direkt mit Investitionen in Mitarbeiter/innen verknüpft. Gleichzeitig wurden gerade auch in dieser Branche negative Beschäf-

²⁵ Auch hier wurden keine Investitionskosten berücksichtigt.

tigungseffekte genannt: So kann eine bessere Logistik zur Verkürzung der zurückgelegten Transportstrecken und damit auch Fahrerstunden führen. Auch durch eine Verlagerung von Transportströmen von der Straße auf die Schiene reduziert sich zumindest die Anzahl der Fahrer. Ob diese Verlagerung insgesamt zu einer Verringerung der Zahl der Arbeitsplätze führt konnte im Rahmen der vorliegenden Studien nicht ermittelt werden.

7.3.2 Wirkungsmechanismen in Abhängigkeit von der Art der Energieeffizienzmaßnahmen

Insbesondere die kurzfristige Wirkung von Energieeffizienzmaßnahmen auf die Beschäftigungssituation hängt ganz zentral von der Art der Maßnahme ab. Aufgrund des aufgearbeiteten Wissensstands und der Fallstudienergebnisse wird vorgeschlagen, Energieeffizienzmaßnahmen als Innovationen auf einem Kontinuum von kleineren über größere Prozessoptimierungen bis hin zur Substitution von Prozessen oder sogenannten Sprunginnovationen zu betrachten. Die Einteilung aufgrund des Ausmaßes der Innovation und damit Prozessänderung wird gewählt, da sich die beiden Pole dieser Dimension in zentralen Aspekten unterscheiden. Die daraus abgeleiteten Mechanismen (siehe Abb. 7.1) gelten hauptsächlich für die **Produktion und Dienstleistungen** und damit von den untersuchten Branchen für die Chemie- und Transportbranche.

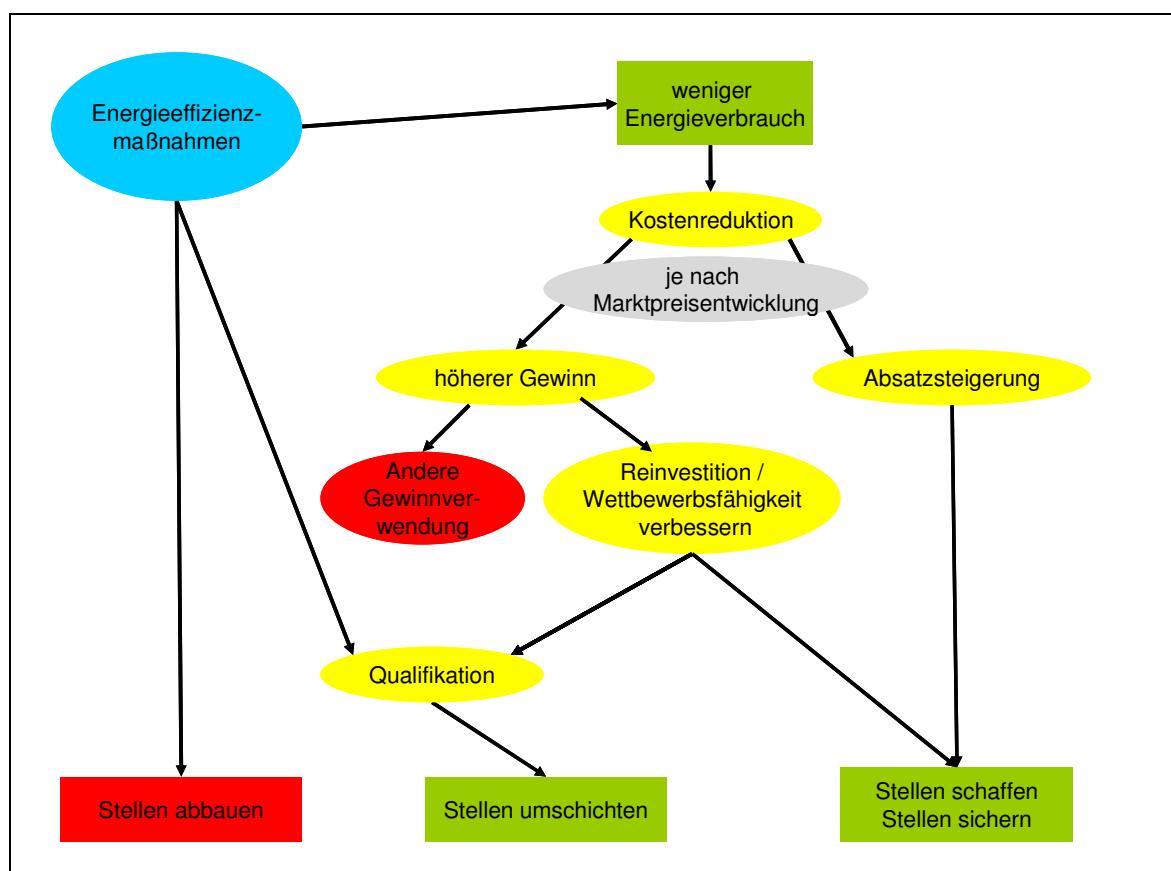


Abb. 7.1: Mögliche Wirkrichtungen von Energieeffizienzmaßnahmen
Eigene Darstellung

Bei der **Optimierung** werden einzelne Stellschrauben eines Prozesses oder einer Dienstleistung verbessert. Dies umfasst fast alle Effizienzsteigerungen bei relativ gleichbleibenden Prozessen, was in den meisten Fällen eine produktionssteigernde Wirkung mit sich bringt. Unter anderem sind dies der Einsatz energieeffizienter Elektromotoren in Pumpen der Chemiebranche, verbrauchsärmere Verbrennungsmotoren in Zugmaschinen, aber auch Abwärmenutzung eines bestehenden Prozesses oder eine verbesserte Auslastung von Sattelzügen durch eine optimierte Logistik. Dabei werden die Hauptkomponenten der Prozesse kaum verändert. Außerdem ist in den meisten Fällen der Optimierungsgrad relativ frei wählbar und kann oft schrittweise erfolgen. Zum Beispiel kann frei zwischen verschiedenen effizienten Elektromotoren entschieden werden, deren Einsatz bis auf den Verbrauch in der Regel keinen Unterschied im Prozess bewirken würde. Unter diese Kategorie fallen die meisten aktuell umgesetzten Energieeffizienzmaßnahmen. Ein Beispiel findet sich im Transportbereich, in dem der Einsatz von sparsameren Zugmaschinen durch eine Fahrerschulung unterstützt werden kann. Es handelt sich hierbei in der Regel um kleinteilige Veränderungen, die (auch zeitlich) relativ unabhängig voneinander durchgeführt werden können. Dadurch lassen sich für eventuell dennoch wegfallende Arbeitsplätze leichter arbeitnehmerfreundliche Lösungen finden.

Wesentlich seltener sind Energieeffizienzmaßnahmen in Form von **Sprunginnovationen** im Sinne einer Prozesssubstitution. Sie beruhen auf dem Einsatz eines anderen Prozesses bzw. einer anderen Technik als der bisher verwendeten. In einem Chemieunternehmen kann dies z.B. den Ersatz eines energieaufwändigen thermischen Prozess durch einen enzymbasierten Prozess bedeuten. Im Transportsektor gehört dazu der Umstieg auf ein anderes Transportmittel. Im Unterschied zur Prozessoptimierung handelt es sich um andere Verfahren und Prozesse, so dass die Auswirkungen auf die Beschäftigung sehr viel umfangreicher ausfallen können. Sprunginnovationen können zum Verlust von Arbeitsplätzen führen, wenn für die neuen Prozesse und Abläufe anderes oder weniger Personal als für die vorherigen benötigt wird. Dabei sind tendenziell eher gering qualifizierte Arbeitskräfte betroffen. Bei Optimierungen wird dagegen wesentlich weniger an den einzelnen Arbeitsplätzen verändert, so dass in vielen Fällen eine Nachschulung oder Weiterqualifikation ausreichend ist.

In Einklang mit den in Kapitel 2.5 gezogenen Schlussfolgerungen ist auch als Ergebnis der Fallstudien festzuhalten, dass bei Energieeffizienzmaßnahmen neben kurzfristigen Arbeitsplatzeinsparungen durch Rationalisierung auch die **längerfristigen Effekte** durch Kostenreduktion und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit berücksichtigt werden müssen. Die Auswirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen auf die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und damit die Sicherheit von Arbeitsplätzen werden grundsätzlich positiv bewertet (vgl. Kapitel 2.5). Allerdings ist die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen nicht direkt mit der Sicherung von Arbeitsplätzen gleichzusetzen. Und welche Wirkungen durch Energiekosten für die Beschäftigten resultieren, hängt nicht zuletzt davon ab, ob aus produktivitätssteigernden und produktionssteigernden Wirkungen sowie Preiseffekten tatsächlich auch Einkommenseffekte und Innovationen in Beschäftigte und Arbeitsplätze resultieren (vgl. HBS 2004).

Im **Maschinenbau** gehen mit erfolgreich vermarkteten Energieeffizienzmaßnahmen an den Produkten eine gesteigerte Nachfrage und somit erst mal eher positive Beschäftigungseffekte einher. Wie die Fallstudie, aber auch andere Untersuchungen (z.B. Henzelmann / Büchele 2009) zeigen, haben energieeffiziente Produkte bereits heute eine gewisse Bedeutung für die Entstehung von Arbeitsplätzen und die Attraktivität der Branche Maschinenbau. Diese Wirkung ist vor allem bei jenen Unternehmen zu erwarten, die ohnehin schon hoch energieeffiziente Produkte und Dienstleistungen anbieten und dadurch ihren Wettbewerbsvorteil halten bzw. ausbauen (vgl. Knigge & Görlich 2005). Dies kann auch im internationalen Vergleich zum Vorteil werden, da laut BMU/UBA (2009) die Innovationstätigkeit der deutschen Maschinenbaubranche insgesamt hoch ist. Durch

fehlende Ressourcen kann das Innovationspotenzial aber ungenutzt bleiben, so dass sich für die Unternehmen, die nicht aktiv werden, genau der gegenteilige Effekt einstellen könnte.

7.4 Beteiligung und Energieeffizienzmaßnahmen

Da **Kosteneinsparungen** aus Energieeffizienzmaßnahmen in den meisten Fällen eine rein monetäre Form annehmen, können sie für verschiedenste Zwecke eingesetzt werden. Um einen Einfluss auf die Verwendung der Einsparungen zu haben sollte es deshalb eine zentrale Aufgabe der Betriebsräte sein, Energieeffizienzmaßnahmen anzuregen und deren Umsetzung zu begleiten. Insbesondere geht es also darum, den Einsatz der durch die Energieeffizienzmaßnahmen gewonnenen Mittel in Investitionen für Mitarbeiter zu lenken und Beschäftigung zu sichern. Mitarbeiterqualifikation ist bereits heute ein bedeutender Faktor für die Effizienzsteigerung insbesondere bei den Produkten im Maschinenbau, aber auch bei Prozessen und Dienstleistungen anderer Branchen. Die Verwendung der erzielten Gewinne in Qualifikationsmaßnahmen kann somit zu einer weiteren Effizienzsteigerung im Unternehmen beitragen. Insbesondere ein proaktives Vorgehen kann den Betriebsräten Beteiligungs- und Mitbestimmungsmöglichkeiten sichern. Zum Beispiel könnte eine Weiterbildungsmaßnahme bezüglich Energieeffizienz durch den Betriebsrat auch der Auslöser für praktische Energieeffizienzmaßnahmen sein.

Die **Beteiligungs- und Mitbestimmungsmöglichkeiten** in den untersuchten Unternehmen stellen sich als sehr heterogen dar. Wichtige Gründe dafür sind die verschiedenen Unternehmensgrößen und Branchen, aber auch die Unternehmenskultur und das Betriebsklima spielen eine entscheidende Rolle. Gleichzeitig zeigen die Fallstudien, dass in den Betrieben eine Vielzahl an Beteiligungsmöglichkeiten bestehen. Angefangen von „kurzen Wegen“ (oft direkt bis zum Geschäftsführer) in kleinen Unternehmen bis hin zu Umwelt- und Energiemanagementsystemen mit einem integrierten Vorschlagswesen in größeren Betrieben bieten sich viele Ansatzpunkte. Ist das Klima von gegenseitigem Verständnis, Vertrauen und dem Willen zur Zusammenarbeit geprägt, so hat der Betriebsrat gute Voraussetzungen für die Initierung und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen.

Wie in der Auswertung der Fallstudien deutlich wird, werden die Beteiligungsmöglichkeiten sehr unterschiedlich genutzt. Die Betriebsräte der befragten Unternehmen spielen bisher im Rahmen der Einführung von Energieeffizienzmaßnahmen keine entscheidende Rolle. Die im Folgenden gezeigten beispielhaften Gründe für diese **geringe Bedeutung des Betriebsrats** sind so vielfältig wie das Untersuchungsfeld:

- Eines der Unternehmen ist bezüglich Energieeffizienzmaßnahmen extrem fortschrittlich und transparent, so dass der Betriebsrat (auch in Kombination mit einer positiven Stellung im Unternehmen) keine Veranlassung sieht, sich korrigierend oder lenkend einzuschalten.
- Weiterhin sind die Ausbildung und die aktuelle bzw. frühere Beschäftigung des Betriebsrats von entscheidender Bedeutung. Die meisten befragten Betriebsräte hatten berufsbedingt wenig Kontakt mit Energieeffizienzmaßnahmen.
- In einem Fall verhinderte der Betriebsrat sogar Vorschläge durch Mitarbeiter/innen zur Kostenreduktion (inklusive Energieeffizienzmaßnahmen), da keine Einigung mit der Geschäftsführung bezüglich eines Entlohnung- bzw. Prämiensystems besteht.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass das Thema Energieeffizienz in den meisten Fällen an anderer Stelle im Unternehmen, wie z.B. in der Entwicklungsabteilung oder beim Umweltteam eine Rolle

spielt. Die Betriebsräte der befragten Unternehmen betrachten das Thema in der Praxis oft nur als ein entferntes Aufgabengebiet. Dies wird begünstigt durch die Haltung der Arbeitgeber, die nach Lauen (2003) häufig Umweltschutzthemen nicht als Handlungsfeld der Betriebsräte sehen.

Außerdem zeigen die Fallstudien, dass die Mitbestimmungsmöglichkeiten bei den Produkten im Maschinenbau eine geringere Rolle spielen als bei Innovationen im Produktionsprozess. Dies entspricht dem Ergebnis von Scholl (im Erscheinen), dass Betriebsräte bei Prozessinnovationen eine bessere gesetzliche Machtbasis und in der Regel ein größeres Know-how als bei Produktinnovationen haben.

7.5 Handlungsempfehlungen

7.5.1 Betriebsräte und Gewerkschaften

Betriebsräte und Beschäftigte besitzen unternehmensspezifische und praxisnahe Fachkenntnisse, die sie insbesondere im Umfeld ihres Arbeitsplatzes befähigen, Energieeffizienzmaßnahmen zu initiieren und umzusetzen, wie Hildebrandt und Schmidt (1999) zeigen. Dies gilt insbesondere für Produktionsprozesse und Dienstleistungen, aber, je nach Unternehmen, auch für die Produkte. So können Beschäftigte und Betriebsräte Energieeffizienzmaßnahmen im Rahmen der im Unternehmen vorhandenen Beteiligungsformen initiieren und umsetzen. Im Rahmen des Projekts Energieeffizienz und Beschäftigung wurde ein **Leitfaden für Betriebsräte und Beschäftigte** entwickelt, der ausführlich deren Beteiligungsmöglichkeiten bei der Initiierung und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen thematisiert sowie mögliche Energieeffizienzmaßnahmen aufzeigt und Hinweise zu weiterführenden Informationen zur Verfügung stellt (Weiβ/Otto 2011). Im Folgenden werden diese nur kurz überblicksartig dargestellt.

Durch die **Identifikation geeigneter Energieeffizienzmaßnahmen** hat der Betriebsrat die Möglichkeit, von Anfang an die Beschäftigungssituation im Auge zu behalten. Um das Thema Energieeffizienz durch Gewerkschaften und Betriebsräte voranzubringen, ist es darüber hinaus zielführend zunächst Bewusstsein im Betriebsrat für das Thema zu schaffen und darüber hinaus Informations- und Dialogprozesse im Unternehmen anzustoßen und zu begleiten. Gerade in Unternehmen mit eher geringem Energieeffizienz-Know-How oder einer eher zögerlichen Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen kann der Betriebsrat nicht nur auf Maßnahmen reagieren und deren Umsetzung begleiten, sondern selber aktiv werden und Energieeffizienzmaßnahmen initiieren. In dieser Situation ist eine durchdachte und strukturierte Einführung des Themas - möglichst unternehmensweit - wichtig. Wenn nötig sollte dabei auf externe Expertise zurückgegriffen werden. Ähnlich wie dies Kristof und Schmitt (2009) für das Thema Ressourceneffizienz darstellen, ist es dabei wichtig, dass die Bedeutung des Themas Energieeffizienz und dessen Verbindung zu den Anliegen der Beschäftigten deutlich gemacht wird sowie das Thema praxisnah und anschaulich dargestellt wird.

Zusammenfassend sind folgende **Handlungsoptionen der Betriebsräte** von besonderer Relevanz:

- Situationsanalysen, externe Beratung
- Information, Qualifizierung bezüglich Energieeffizienzmaßnahmen
- Mitbestimmungsmöglichkeiten (z.B. im Wirtschaftsausschuss)
- Betriebsvereinbarungen

- betriebliches Vorschlagswesen, Umweltmanagementsystem

Des Weiteren kann der Betriebsrat seine Mitbestimmungsmöglichkeiten beispielsweise im Wirtschaftsausschuss nutzen und darauf hinwirken, dass **Kosteneinsparungen**, die durch Energieeffizienzmaßnahmen entstehen, auch im Sinne der Beschäftigten eingesetzt werden. Aber auch die vom Betriebsrat eingebrachten Forderungen nach Energieeffizienzmaßnahmen können eingesetzt werden, um etwa vorhandenen Kostendruck von den Personalkosten zu nehmen. Im Rahmen des Betriebsverfassungsgesetzes ergeben sich entsprechende Handlungsmöglichkeiten der Arbeitnehmervertretung. Insbesondere mit der Reform von 2001 hat Umweltschutz durch die verankerten Mitwirkungsmöglichkeiten als Thema an Bedeutung gewonnen.

Wie oben bereits dargelegt, ist der Zusammenhang zwischen Energieeffizienzmaßnahmen und **Beschäftigungseffekten** sehr stark von der Art der Energieeffizienzmaßnahme, also ob es sich um eine Prozessoptimierung oder eine Sprunginnovation handelt, abhängig. Dennoch sind die Auswirkungen auf die Mitarbeiter/innen durchaus gestaltbar, wobei sich die Rolle des Betriebsrats je nach Art der Energieeffizienzmaßnahme unterschiedlich darstellt:

- Im Rahmen der weit häufigeren **Prozess- oder Produktoptimierungen** kommt es in der Regel kaum zu Veränderungen der vorhandenen Beschäftigungsstruktur. Daneben gibt es auch Sprunginnovationen, deren Auswirkungen auf die Strukturen gering sind. In diesen Fällen kann die Beteiligung der Mitarbeiter vorteilhaft für die Umsetzung der Energieeffizienzmaßnahmen sein, außerdem kann ggf. auf die Verteilung der erwirtschafteten Gewinne Einfluss genommen werden.
- Die selteneren **Sprunginnovationen** sind unter Umständen mit Veränderungen der Beschäftigungssituation im Unternehmen verbunden. Durch die neue Qualität des Prozesses können Arbeitsplätze wegfallen und neue entstehen, bei denen die Qualifikationsanforderungen so weit auseinandergehen, dass Umschulungen diese Kluft nicht schließen können. In diesen Fällen geht es darum, die durch die Innovation gewonnenen Vorteile auch zur Beschäftigungssicherung, z.B. durch Aus- und Aufbau neuer Geschäftsfelder zu nutzen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass für eine angemessene Begleitung und Mitgestaltung von Energieeffizienzmaßnahmen je nach Kenntnisstand des Betriebsrats eine Weiterbildung oder die Einbeziehung externer Expertise sinnvoll sein kann. Dadurch kann der Betriebsrat besser lenkend in die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen eingreifen oder bei anstehenden Maßnahmen ggf. eine andere Priorisierung vorschlagen, um positivere Beschäftigungswirkungen zu erzielen sowie negative einzudämmen oder abzuwenden. Da die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen oft von mehreren Akteuren abhängt, ist in vielen Fällen die **Kooperation** dieser Akteure unerlässlich (vgl. Kristof und Schmitt 2009). In diesem Rahmen spielen Vertrauens- und Misstrauensverhältnisse eine entscheidende Rolle und sollten Berücksichtigung finden, da eine Vielzahl von Bemühungen ohne eine Basis an gegenseitigem Vertrauen zum Scheitern verurteilt ist (vgl. Scholl im Erscheinen).

Dabei spielt das **Information- und Kommunikationsverhalten** im Unternehmen eine entscheidende Rolle. So fand eine aktuelle Studie einen überraschend geringen (Informations-)Austausch bezüglich Innovationen zwischen Betriebsrat und Beschäftigten und schlossen daraus, dass der Betriebsrat entweder das Wissen der Beschäftigten ungenutzt lässt, oder der Betriebsrat sein Ohr bereits dicht an den Beschäftigten hat und sich somit auf einem ähnlichen Erfahrungs- und Wissenstand befindet (Scholl im Erscheinen). Die Antworten der zu Energieeffizienzmaßnahmen be-

fragten Betriebsräte in den Fällen dieser Studie, welche auf eher geringes Know-How bezüglich Energieeffizienz hinweisen, legen den Schluss nahe, dass über dieses Thema kein Austausch mit energieeffizienzbewanderten Kollegen stattgefunden hat.

Die **Gewerkschaften** adressieren Energieeffizienz als Teil ihrer Umweltpolitik und haben sich in der Vergangenheit für die Verbesserung der Beteiligungsrechte in diesem Bereich eingesetzt (vgl. Gebauer et al. 2007). Um die Betriebsräte bei der Initiierung, Umsetzung und Begleitung von Energieeffizienzmaßnahmen zu unterstützen, können sie diese darüber hinaus für das Thema Energieeffizienz sensibilisieren, Informationen zur Verfügung stellen und auf die Chancen, aber auch Risiken, die mit Energieeffizienzmaßnahmen in den Betrieben einher gehen, hinweisen. Ein Beispiel für praktische und umfangreiche Informationen für Betriebsräte, auf einem leicht anderen Gebiet, ist der Leitfaden „Ressourceneffizienz erhöhen und Arbeitsplätze sichern“ für Betriebsräte von Kristof und Schmitt (2009). Weitergehende Möglichkeiten, wie der Abschluss von ökologischen Tarifverträgen, die Beteiligung an Diskussionen zum Thema Nachhaltigkeit in entsprechenden Gremien und die Entwicklung neuer Produktions-, Produkt- und Dienstleistungskonzepte wurden bereits in Kapitel 2.2.1 präsentiert.

7.5.2 Politische Entscheidungsträger und Fördermittelgeber

Als Ansatzpunkte für politische Interventionen wurden im Rahmen der Hemmnisanalyse insbesondere umweltpolitische Instrumente, Maßnahmen zur Erhöhung der Energiepreise und weitere politische Regelungen identifiziert. Welche dieser Instrumente besonders wirkungsvoll sind hängt von dem jeweiligen Unternehmen und seinen Charakteristika ab, so dass ein Zusammenspiel unterschiedlicher Instrumente wohl am ehesten geeignet ist um Energieeffizienzmaßnahmen in unterschiedlichen Unternehmen und Branchen zu fördern.

Im Energiekonzept der Bundesregierung werden auch als zukünftig relevante Instrumente insbesondere **Beratungsangebote** für KMU sowie die **Förderung** der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen genannt (BMWi/BMU 2010). Bereits bisher leisten diese Angebote einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und werden von den teilnehmenden Unternehmen positiv bewertet, wie die Evaluation der Energieberatung im Sonderfonds Energieeffizienz in KMU ergab (Frahm et al. 2010). Allerdings stießen diese bei den in der vorliegenden Studie untersuchten Unternehmen insgesamt eher auf geringe Resonanz. Dies entspricht den Einschätzungen von Regionalpartnern und Energieberatern in der Evaluation, dass das Programm bisher bei den KMU nur mäßig bekannt ist (Frahm et al. 2010). Vereinzelt wurde auch Kritik geäußert, so dass insgesamt aus den Interviews und Fallstudien folgende Kritikpunkte und Empfehlungen abgeleitet werden können:

- In vielen Unternehmen hapert es nach der Beratung an der **Umsetzung**. Als zentrales Hemmnis identifizierte die Evaluation des Energieberatungsförderprogramms der KfW die hohen Investitionskosten. Sinnvoll ist deshalb die bereits jetzt bestehende enge Verknüpfung mit dem ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramm sowie die Möglichkeit, auch für die Planung und Umsetzungsbegleitung im Rahmen dieses Programms Fördergelder zu bekommen. Dennoch scheint die Umsetzung weiterhin ein zentrales Hindernis auch bei bereits beratenen Unternehmen darzustellen, so dass ggf. weitere Anreize zu entwickeln sind um die Unternehmen bei ihrem Schritt „Vom Wissen zum Handeln“ zu unterstützen.
- Ansätze wie der sächsische Gewerbeenergiepass zeigen auf, wie Unternehmen noch stärker in ihrem Weg zur **Durchführung einer Energieberatung** (Suche nach seriösen Beratern, Auswahl der richtigen Beratungsart, Zertifizierung) begleitet werden können.

- Die Förderung sei zu **bürokratisch** und insbesondere die Aufteilung in Initial- und Detailberatung sei in der Praxis nicht immer passend und unübersichtlich. Angesichts der Tatsache, dass viele Unternehmen gleich mit einer Detailberatung starten, andere nur eine Initialberatung nutzen, sollte überprüft werden, ob die Zweiteilung in dieser Form nötig und angemessen ist. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass sowohl die Regionalpartner als auch ein Expertenworkshops im Rahmen der Programmevaluierung die Trennung zwischen Initial- und Detailberatung als sinnvoll erachtet haben (vgl. Frahm 2010).

Nicht zuletzt gilt es die Förderung der Energieberatung zu **verstetigen**, denn nach derzeitigem Stand läuft die Förderung Ende 2011 aus. Hierfür sind die im Energiekonzept genannten Ziele zu konkretisieren und in entsprechende Programme umzusetzen.

Die Ergebnisse der Fallstudien weisen außerdem darauf hin, dass **branchenspezifische Angebote** besonders erfolgreich sind: So haben bei den Unternehmen in der Transportbranche die Förderprogramme zur Anschaffung emissionsarmer Nutzfahrzeuge deutlich mehr Bedeutung als allgemeine Energieeffizienz-Förderprogramme in den drei Branchen. Außerdem haben die Fallstudien gezeigt, dass die Förderinstrumente im Bereich Energieeffizienz im Vergleich zu anderen politischen Instrumenten für die Unternehmen eher eine untergeordnete Bedeutung haben. Dagegen wurden insbesondere **Gesetze und Verordnungen** als wirkungsvolle umweltpolitische Instrumente benannt. Teilweise wurde sogar das Zurückziehen der Politik aus der Umweltgesetzgebung als Hemmnis beklagt. Entsprechend ist zu überlegen, an welcher Stelle „harte“ politische Vorgaben zur Erhöhung der Energieeffizienz notwendig und angemessen sein könnten.

Ein im Rahmen der Ökosteuer genutzter Ansatzpunkt zur Förderung von Energieeffizienz und der Nutzung erneuerbarer Energien ist die **Erhöhung der Energiepreise**. Um Protesten aus der Wirtschaft zu begegnen wurden Rückerstattungsmöglichkeiten eingeführt, die bisher die Wirkung der Ökosteuer für Unternehmen stark einschränkten. Im Energiekonzept der Bundesregierung wird jedoch angekündigt, dass die bestehenden Steuervergünstigungen zukünftig an Energieeinsparungen bzw. das Vorhandensein eines Energiemanagementsystems gekoppelt werden sollen (BMWi/BMU 2010). Angesichts der Umsetzungsproblematik ist fraglich, ob alleine die Forderung nach Energiemanagementsystemen bereits zu Einsparungen führt. Aus umweltpolitischer Sicht wäre deshalb die Reduktion von Steuervergünstigungen sinnvoll, da dadurch Energieeffizienzmaßnahmen auch finanziell attraktiver würden. Allerdings wird gerade aus energieintensiven Industriezweigen die Befürchtung geäußert, dass eine Erhöhung der Energiepreise ggf. nicht zu einer Erhöhung der Energieeffizienz sondern zur Abwanderung der Betriebe in Länder mit niedrigeren Energiepreisen führt (vgl. z.B. VCI et al. 2011). Dies hätte für den Energieverbrauch der Unternehmen ebenso wie für die Beschäftigungssituation in Deutschland negative Effekte zur Folge.

Energieeffizienz-Netzwerke, die bei den teilnehmenden Unternehmen zu erheblichen Energieeinsparungen führen können, sind in den Unternehmen noch wenig bekannt und etabliert. Unter anderem erfordert die Teilnahme an solchen Netzwerken einen nicht unerheblichen Aufwand, so dass fraglich ist ob sich dieses Instrument für Unternehmen, die sich bisher wenig mit dem Thema Energieeffizienz auseinandergesetzt haben, attraktiv ist.

Ein weiteres Handlungsfeld der Politik kann in der Beseitigung **hinderlicher Gesetze und Verordnungen** liegen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese häufig der Umsetzung anderer politischer Ziele (beispielsweise Arbeitnehmerschutz, Lärmschutz oder auch andere Umweltschutzgüter) dienen. Entsprechende Interessenskonflikte müssen deshalb geprüft werden.

7.5.3 Unternehmen

Ein zentrales Argument für die Einführung von Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen in Bezug auf Prozesse und Dienstleistungen stellen die erzielbaren **Kosteneinsparungen** dar. Auch wenn viele Unternehmen nur geringe Einsparpotenziale in ihrem Betrieb sehen, sind aus Beratersicht in fast allen Unternehmen und vor allem KMU noch relevante Einsparpotenziale vorhanden. Eine Reduktion des Energieverbrauchs ist insbesondere auch als Risikominimierung im Falle steigender Energiepreise sinnvoll. Deshalb sollten gerade risikoaverse Unternehmen, die bisher eher an gut funktionierenden Produkten und Abläufen festhalten, hoch motiviert zur Umsetzung von Effizienzmaßnahmen sein. Außerdem besteht für Unternehmen, die ihren Energieverbrauch nicht rechtzeitig senken, die Gefahr, dass dadurch mittelfristig ihre Wettbewerbsfähigkeit leidet. Das letzte Argument gilt auch für energieeffiziente Produkte: Hier stellt die Attraktivität des Produkts und damit die **Wettbewerbsfähigkeit** einen wichtigen Grund für Bemühungen zur Steigerung der Energieeffizienz der Produkte dar.

Um die vorhanden **Einsparpotenziale** und mögliche wirtschaftliche Energieeffizienzmaßnahmen **zu identifizieren** sollten Unternehmen deshalb ihren Energieverbrauch strukturiert erfassen – möglichst im Rahmen von Energie- oder Umweltmanagementsystemen – und Mitarbeiter/innen gezielt im Themenfeld Energieeffizienz weiterbilden. Alternativ oder ergänzend kann ein Energieberater konsultiert werden, der den Unternehmen bei der Identifikation von Maßnahmen sowie bei deren Umsetzung zur Seite stehen kann. Dies empfiehlt sich insbesondere bei komplexeren Maßnahmen(bündeln) sowie in kleinere Unternehmen mit geringem internen Energieeffizienz-know-how. Eine weitere Möglichkeit für Unternehmen, sich mit ihren Energieeffizienzpotenzialen und möglichen Maßnahmen auseinander zu setzen, ist der Erfahrungsaustausch mit anderen Unternehmen und die Nutzung von Branchenkonzepten (siehe Kapitel 2.4.3).

Unterstützung können insbesondere KMU bei der Suche nach geeigneten Energieberatern sowie der Finanzierung der Beratungsleistungen beispielsweise von Energieagenturen und den Industrie- und Handelskammern erhalten (siehe Kapitel 2.4.1). Außerdem gibt es Förderprogramme, die Unternehmen kostengünstige Kredite oder Zuschüsse bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen gewähren (siehe Kapitel 2.4.2).

Nicht zuletzt bietet die **Beteiligung von Mitarbeiter/innen** an der Initiierung und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen auch für die Unternehmen entscheidende Vorteile. Durch Mitarbeiterbeteiligung lässt sich zum einen unternehmensinternes Wissen mobilisieren, zum anderen kann die Einbeziehung auch der Akzeptanzbeschaffung und Motivationsförderung dienen (vgl. HBS / Bertelsmann Stiftung 2004). Darüber hinaus besteht ein positiver Zusammenhang zwischen betrieblicher Beteiligung und der Innovationsfähigkeit von Unternehmen (Askildsen et al. 2006) und Mitarbeiterbeteiligung kann die Markteinführung neuer Produkte positiv beeinflussen (Dilger 2002).

8 Literaturverzeichnis

- AG Verkehrsprognose 2015 (2001): Verkehrsprognose 2015 für die Bundesverkehrswegeplanung; www.bmvbs.de (01.03.2010).
- Allianz pro Schiene (2008): Umweltschonend mobil. Bahn, Auto, Flugzeug, Schiff im Umweltvergleich.
- Askildsen, Jan Erik; Jirjahn, Uwe und Stephan C. Smith (2006): Councils and Environmental Investment: Theory and Evidence from German Panel Data, In: Journal of Economic Behaviour and Organization, Issue 3, July 2006, p. 346-372
- BAG [Bundesamt für Güterverkehr] (2008): Marktbeobachtung Güterverkehr – Jahresbericht 2008.
- BayLfU [Bayrisches Landesamt für Umweltschutz] (2004): Klima schützen, Kosten senken – Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe. www.industrie-energieeffizienz.de (02.11.2009).
- Behr, Arno und Ulfert Onken (2006): Einführung in die technische Chemie. In: Baerns, Manfred; Behr, Arno; Brehm, Axel; Gmehling, Jürgen; Hofmann, Hanns; Onken, Ulfert und Albert Renken (Hrsg.): Technische Chemie; Weinheim
- Branchenenergiekonzepte (2011): Was ist ein Branchenenergiekonzept? www.branchenenergiekonzepte.de (31.03.2011)
- BEK [Bremer Energie-Konsens] (2005): Energieeffizienz in der Logistik. Klima schützen - Kosten senken; Bremen.
- BEK [Bremer Energie-Konsens] (2006): Leitfaden für effiziente Energienutzung im Gewerbe. Klima schützen - Kosten senken. www.industrie-energieeffizienz.de (02.11.2009).
- Berger, Helmut; Bachmann, Gerald; Cremer, Peter; Dechant, Albert; Eisenhut, Thomas; Kollegger, Andres; Passath, Josef und Christoph Tagwerker (2005): Energieeffiziente Technologien und effizienzsteigernde Maßnahmen - Praxiserprobte Anwendungen und Innovationen; Umweltbundesamt Wien.
- BFE [Bundesamt für Energie] (2003): Förderung von Energieeffizienz in Unternehmen. Bern.
- BGL [Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung e.V.] (o.J.): Kostenentwicklung im Güterkraftverkehr. www.bgl-ev.de (15.03.2010).
- Blaschke, Thomas (2010): Darstellung und Bewertung des Sonderfonds Energieeffizienz in KMU. KfW Bankengruppe; Präsentation zum Expertenworkshop „Finanzierung und Förderung von Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen“ am 21.09.2010, Berlin.
- Blessin, Bernd (1998): Innovations- und Umweltmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen. Frankfurt a. M./Berlin/Bern/New York/Paris/Wien: Peter Lang.
- Blume, Lorenz, und Wolfgang Gerstlberger (2007): Determinanten betrieblicher Innovation: Partizipation von Beschäftigten als vernachlässiger Einflussfaktor. Industrielle Beziehungen 14 (3): 223-244.
- BMU/UBA [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit / Umweltbundesamt] (2010): DIN EN 16001: Energiemanagementsysteme in der Praxis - Ein Leitfaden für Unternehmen und Organisationen. Berlin/Dessau
- BMU [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit] (2006): Energieeffizienz - Die intelligente Energiequelle: Tipps für Industrie und Gewerbe; Berlin, www.industrie-energieeffizienz.de (2.11.2009).
- BMU/ver.di [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft] (2007): Umweldienstleistungen. Gute Arbeit für die Zukunft. Gemeinsames Papier von Bundesumweltministerium und ver.di, Dezember 2007. Berlin.
- BMU [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit] 2002: ISO 14001 in Deutschland – Erfahrungsbericht, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- BMVBS [Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung] (2008): Masterplan Güterverkehr und Logistik.
- BMVBS [Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung] (2010): Verkehr in Zahlen 2009/2010; Hamburg.
- BMWi [Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie] (2010): Energie in Deutschland. Trends und Hintergründe zur Energieversorgung. Stand August 2010; www.bmwi.de (28.02.2011).
- BMWi [Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie] (2009): Der Sonderfonds Energieeffizienz in KMU. www.bmwi.de (04.04.2011).

- BMWi/BMU [Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie / Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit] (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung; Stand: September 2010; www.bmu.de.
- Böttger, Gunnar (2011): Sonderfonds Energieeffizienz. In: Sonnenenergie, Nr. 1-2/ 2011, S. 14-15.
- Braun, Sabine und Thomas Löw (2005): Organisatorische Umsetzung von CSR: Vom Umweltmanagement zur Sustainable Corporate Governance. Berlin/München.
- Brehmer, Wolfram und Astrid Ziegler (2009): WSI-Betriebsrätebefragung 2008/09 zu Innovationsfähigkeit, Arbeitsbedingungen und Gesundheit im Betrieb. WSI-Informationsblatt
- CARE+ (2009): Summary Report for a Survey on Energy Efficiency in Chemical SMEs in Italy, Bulgaria and Poland.
- dena [Deutsche Energie-Agentur] (2007): Erfolgsbilanz bei Pumpensystemen: EnergieEffizienz lohnt sich. Ergebnisse der Kampagne „Energieeffiziente Systeme in Industrie und Gewerbe“; www.dena.de.
- dena [Deutsche Energie-Agentur] (2008): Vordenker, Vorreiter, Vorbilder. Hervorragende Beispiele zur Steigerung der Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe. Initiative Energie-Effizienz, www.industrie-energieeffizienz.de (2.11.2009).
- dena [Deutsche Energie-Agentur] (2009a): Energieeffizienz in Druckluftsystemen; www.industrie-energieeffizienz.de (20.1.2010).
- dena [Deutsche Energie-Agentur] (2009b): Ergebnisse einer Umfrage zur Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe. Dezember 2009. Berlin.
- dena [Deutsche Energie-Agentur] (o.J.-a): Infoblätter Druckluftsysteme: Nutzung von Druckluft in Industrie und Gewerbe; www.dena.de (20.1.2010).
- dena [Deutsche Energie-Agentur] (o.J.-b): Infoblätter Fördertechnik: Elektrische Motoren und Antriebsysteme. www.industrie-energieeffizienz.de (20.1.2010).
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2006): Im Blickpunkt: Verkehr in Deutschland 2006.
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2007): Auszug aus Wirtschaft und Statistik.
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2008): Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008; Wiesbaden.
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2009a): Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe, Wiesbaden.
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2009b): Produktionsindex. Deutschland, Statistisches Bundesamt, www.destatis.de (7.12.2009).
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2009c): Produzierendes Gewerbe - Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden 2008; Statistisches Bundesamt Fachserie 4 Reihe 4.1.1, Wiesbaden.
- Destatis [Statistisches Bundesamt] (2009d): Umweltnutzung und Wirtschaft. Bericht zu den umweltökonomischen Gesamtrechnungen; Statistisches Bundesamt Wiesbaden.
- Dilger, Alexander (2002): Ökonomik betrieblicher Mitbestimmung: Die wirtschaftlichen Folgen von Betriebsräten, München /Mehring.
- Dylllick, Thomas und Jost Hamschmidt (2000): Nutzen Managementsysteme? Vom Umwelt- zum Sustainability-Management - Wirksamkeit und Leistung von Umweltmanagementsystemen, IWÖ Diskussionsbeitrag Nr. 82.
- EA.NRW [Energieagentur Nordrhein-Westfalen] (2007): NRW spart Energie. Informationen für Wirtschaft und Verwaltung; Wuppertal, www.industrie-energieeffizienz.de (2.11.2009).
- EA.NRW [Energieagentur Nordrhein-Westfalen] (2011): Unternehmen. Beratung, Contracting. www.energieagentur.nrw.de (10.05.2011)
- Eckert-Kömen, Johanna; Nemarnik, Nenad und Karoline Nieradzik (2009): Chemie: Synthese zwischen Mittelstand und Konzernen. Chemieindustrie 2020; IKB Deutsche Industriebank AG www.ikb.de (23.11.2009).
- Eissen, Marco; Metzger, Jürgen O.; Schmidt, Eberhard und Uwe Schneidewind (2002): 10 Jahre nach Rio – Konzepte zum Beitrag der Chemie zu einer nachhaltigen Entwicklung. In: Angewandte Chemie, Nr. 114, S. 402 – 425.
- EMAS (2009): Wer hat schon EMAS?. www.emas.de. (12.10.2009)
- Ensthaler, Jürgen (1996): Umweltauditgesetz EG-Öko-Audit-Verordnung – Darstellung der Rechtsgrundlagen und Anleitung zur Durchführung eines Öko-Audits, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- FES [Friedrich-Ebert-Stiftung] (2002): Ökologistik. Güterverkehr im Spannungsfeld von Ökonomie und Ökologie. Teil 2. <http://library.fes.de/fulltext/fo-wirtschaft/00338001.htm> (30.11.2009).

- Fichter, Klaus (2000): Beteiligung im betrieblichen Umweltmanagement; [Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB)]: Veröffentlichungsreihe der Querschnittsarbeitsgruppe Arbeit & Ökologie beim Präsidenten des WZB, P00-503; Berlin.
- FinanzGruppe Branchendienst (2008): BranchenReport Maschinenbau. Branche in Kürze; Deutscher Sparkassenverlag.
- Fladerer, Frank (2007): Turbokompressor mit verbessertem Wirkungsgrad - Atlas Copco Kompressoren und Drucklufttechnik. www.maschinenmarkt.vogel.de (10.2.2010).
- FORBA [Forschungs- und Beratungsstelle Arbeitswelt] (2006): Kein Betriebsrat, keine Demokratie im Betrieb? Arbeit und Partizipation in kleinbetrieblichen Strukturen ohne Betriebsrat. Eigenverantwortung und Fremdbestimmung in Software-/IT-Dienstleistungsfirmen und Callcentern. Kurzfassung
- Freimann, Jürgen (1999): Akteursperspektiven im betrieblichen Umweltmanagement; In: Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (ZAU), Jg. 12 (1999), Heft 4, S. 492-506.
- Friedl, Christa (2009): Pumpenbranche geht mit Energieeffizienz gegen die Krise an. www.maschinenmarkt.vogel.de (17.11.2009).
- GDCh [Gesellschaft deutscher Chemiker] (2006): Nachrichten aus der GDCh- Energieinitiative: Potenziale der Chemie für mehr Energieeffizienz in der Zukunft. Berlin, www.gdch.de.
- Gebauer, Jana; Petschow, Ulrich; Hildebrandt, Eckert; Schmidt, Eberhard; Zieschank, Roland und Hans-Jürgen Arlt (Hrsg.) (2007): Beiträge der Gewerkschaften zu einer innovationsorientierten Umweltpolitik. Ein Policy-Paper; [Umweltbundesamt]: UBA-Texte 33/07; Dessau.
- Gerlach, Frank und Astrid Ziegler (2005): Innovationen in Wirtschaft und Gesellschaft. In: WSI-Mitteilungen 3/2005, S. 118-120
- Gerlach, Frank und Astrid Ziegler (2010): Das deutsche Modell auf dem Prüfstand – Innovationen in der Krise. In: WSI-Mitteilungen 2/2010, S. 63-70
- Graichen, Verena, Sabine Gores, et al. (2011): Energieeffizienz in Zahlen. Endbericht. Umweltbundesamt, Dessau
- Grundmann, Martin und Julie Dillmann (2005): Branchenreport Windkraft 2004; HBS [Hans-Böckler-Stiftung]: Arbeitspapier Nr. 99; Düsseldorf.
- Habegger, Anja (2002): Betriebliches Vorschlagswesen im Wandel. Stand der Diskussion und Umsetzung in der Praxis. Arbeitsbericht Nr. 61 des Instituts für Organisation und Personal der Universität Bern, Bern 2002.
- Hammer, Stephan; Schneider, Christian und Rolf Iten (2007): Auswirkungen von Energieeffizienz- Maßnahmen auf Innovation und Beschäftigung. Inputpapier, Energie Trialog Schweiz, Zürich.
- Hamschmidt, Jost (1998): Auswirkungen von Umweltmanagementsystemen nach EMAS und ISO 14001 in Unternehmen. Eine Bestandsaufnahme empirischer Studien. IWÖ-Diskussionsbeitrag. St. Gallen.
- Hamschmidt, Jost (2001): Wirksamkeit von Umweltmanagementsystemen. Stand der Praxis und Entwicklungsperspektiven. St. Gallen.
- Hauschildt, Jürgen (1993): Innovationsmanagement - Determinanten des Innovationserfolges. In Ergebnisse empirischer betriebswirtschaftlicher Forschung, S. 295–326. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- HBS [Hans-Böckler-Stiftung] (2004): Innovation und Beschäftigung - Mitgestalten der Zukunft. Düsseldorf.
- HBS [Hans-Böckler-Stiftung] (2009): Mitbestimmung - Zonen der Ratlosigkeit. Böcklerimpuls 3. http://www.boeckler.de/pdf/impuls_2009_03_4-5.pdf .
- HBS [Hans-Böckler-Stiftung] (Hrsg.) (2009): Innovation und Beschäftigung – Mitgestalten in der Zukunft. Konzepte – Anforderungen – Handlungsansätze für Betriebsräte und Gewerkschaften. Arbeitspapier 81.
- HBS [Hans-Böckler-Stiftung] / Bertelsmann Stiftung (2004): Mitbestimmung für die Zukunft. Ergebnisse und Fazit aus der Arbeit des „Forum Mitbestimmung und Unternehmen“ 1999 – 2003
- Heidelck, Rudolph; Kruse, Horst und Hans-Jürgen Laue (2000): Wärmepumpen in Gewerbe und Industrie - ein Überblick; Informationszentrum Wärmepumpen und Kältetechnik Hannover, www.izw-online.de (11.2.2009).
- Helmrich, Klaus; Bent, Roland und Reinhard Hüppe (2010): Automatisierungsbranche in Deutschland boomt – Niveau von 2008 fast wieder erreicht. www.zvei.org (28.02.2011).
- Hemmelskamp, Jens (1999): Umweltpolitik und technischer Fortschritt; Heidelberg.
- Hennen, Leonhard (2001): Folgen von Umwelt- und Ressourcenschutz für Ausbildung, Qualifikation und Beschäftigung. Vorstudie. TAB, Berlin

- Hennicke, Peter; Ramesohl, Stefan; Ostertag, Katrin; Gruber, Edelgard und Thomas Frahm (1998): Interdisziplinäre Analyse der erfolgreichen Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Industrie, Dienstleistung und Gewerbe. Deutsche Kurzfassung
- Henzelmann, Torsten und Ralph Büchele (2009): Der Beitrag des Maschinen- und Anlagenbaus zur Energieeffizienz. Ergebnisse der Studie vom Oktober 2009., VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau/ Consultants), Roland Berger Strategy www.vdma.de (2.2.2010).
- Hildebrandt, Eckart und Eberhard Schmidt (1999): Arbeitnehmerbeteiligung am Umweltschutz. Die ökologische Erweiterung der industriellen Beziehungen in der Europäischen Union; Berlin.
- Hoppenheitdt, Klaus; Peche, Rene; Tronecker, Dieter; Roth, Udo und Sarah Hottenroth (2004): Entlastungseffekte für die Umwelt durch Substitution konventioneller chemisch-technischer Prozesse und Produkte durch biotechnische Verfahren – vergleichende Analyse; Bayerisches Institut für angewandte Umweltforschung und -Technik - BiFA GmbH, Augsburg.
- Hussy, Walter, Schreier, Margrit und Gerald Echterhoff (2009). Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften - Für Bachelor. Springer.
- IBM [International Business Machines Corp.] (2008): Tickt der Norden grün? Klimaschutz, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit im norddeutschen Mittelstand. Stuttgart/Wien/Zürich.
http://www.05.ibm.com/de/ibm/green/pdf/IBM_Mittelstandsstudie_Gruener_Norden.pdf.
- IFAS [Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen] (2007): Hannover Messe 2007: Fluidtechnik-Trends auf der Leitmesse MDA - Motion, Drive & Automation. O & P. Aachen.
- ifeu [Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH] (2005): Fortschreibung „Daten- und Rechenmodell“: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030 - Zusammenfassung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, UFOPLAN Nr. 204 45 139; ifeu Heidelberg.
- ifeu/ SGKV [Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg; Studiengesellschaft für den kombinierten Verkehr e.V.] (2002): Vergleichende Analyse von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen im Straßengüterverkehr und Kombinierten Verkehr Straße/Schiene; ifeu Heidelberg.
- IHK Schleswig-Holstein [Industrie- und Handelskammer für Schleswig-Holstein] (2007): Energieeffizienz in produzierenden Unternehmen. Hemmnisse, Erfolgsfaktoren, Instrumente; Kiel.
- IHK-MO [Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern] (2011): Energiecoaching - ein kostenfreies Angebot der IHK. www.muenchen.ihk.de (19.04.2011).
- ISI [Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung] (2011): 30 Pilot Netzwerke. <http://30pilot-netzwerke.de>.
- ISI [Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung] (1999): Maßnahmen zur Förderung der rationellen Energienutzung bei elektrischen Antrieben.
- Iten, Rolf; Peter, Martin; Walz, Rainer; Menegale, Sarah. und Martina Blum (2005): Auswirkungen des Umweltschutzes auf BIP, Beschäftigung und Unternehmen. Umwelt- Materialien Nr. 197. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.
- Jirahn, Uwe (2008): Betriebsräte und betriebliche Beschäftigungsentwicklung. Abschlussbericht. Hannover.
- Frahm, Birgit-Jo; Gruber, Edelgard; Mai, Michael und Annette Roser (2010): Evaluation des Förderprogramms „Energieeffizienzberatung“ als eine Komponente des Sonderfonds Energieeffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), Institut für Resourceneffizienz und Energiestrategien GmbH. Karlsruhe.
- Jochem, Eberhard.und Edelgard Gruber (2007): Local learning-networks on energy efficiency in industry- Sucessful initiative in Germany. In: Applied Energy Volume 84, Issues 7-8, July-August 2007, p. 806-816
- De Keulenaer, Hans; Belmans, Ronnie; Blaustein, Edgar ; Chapman, David; De Almeida, Anibal; De Wachter, Bruno und Peter Radgen (2004): Sparsame elektrische Antriebe, Europäisches Kupfer-Institut. Brüssel
- KfW (2005): KfW-Befragung zu den Hemmnissen und Erfolgsfaktoren von Energieeffizienz in Unternehmen; KfW Bankengruppe.
- KfW (2010): Merkblatt Energieeffizienzberatung. www.kfw.de (31.03.2011).
- Klemisch, Herbert (Hrsg.) (1997): Öko-Audit und Partizipation. Die betriebliche Umsetzung von Umweltinformationssystemen in kleinen und mittelständischen Unternehmen; Köln.
- Kless, Sascha und Bernhard Veldhues (2008): Ausgewählte Ergebnisse für kleine und mittlere Unternehmen in Deutschland 2005. In: Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Wirtschaft und Statistik 3/2008; Wiesbaden; S. 225-241.

- Kluge, Norbert; Kollewe, Kathleen und Peter Wilke (1997): Innovation, Participation and Corporate Culture. A European Perspective; University of Rostock; Rostock.
- Knigge, Markus, und Benjamin Görlach (2005): Auswirkungen der ökologischen Steuerreform auf Unternehmen. Band IV des Endberichts für das Vorhaben: „Quantifizierung der Effekte der Ökologischen Steuerreform auf Umwelt, Beschäftigung und Innovation“. Berlin: Ecologic.
- Koordinierungskreis "Chemische Energieforschung" (2007): Energieversorgung der Zukunft – der Beitrag der Chemie. Positionspapier; Frankfurt am Main/Hamburg/Düsseldorf.
- Kriegesmann, Bernd, Kley, Thomas und Sebastian Kublik (2010): Innovationstreiber betrieblicher Mitbestimmung. In: WSI-Mitteilungen 2/2010, S. 71-78
- Kristof, Kora und Martina Schmitt (2009): Ressourceneffizienz erhöhen und Arbeitsplätze sichern; Ein Leitfaden für Betriebsräte; Wuppertal.
- Lauen, Guido (2003): Nachhaltiges Wirtschaften und Partizipation. Die Rolle der Betriebsräte. In: Linne, Gudrun und Michael Schwarz (Hrsg.): Handbuch Nachhaltige Entwicklung: Wie ist nachhaltiges Wirtschaften machbar? Opladen, S. 461-469.
- Leitretter, Siegfried (1999): Betrieblicher Umweltschutz. Analyse und Handlungsempfehlungen. Edition der Hans-Böckler-Stiftung 7.
- Léonardi, Jacques; Baumgartner, Michael und Oliver Krusch (2004): CO₂-Reduktion und Energieeffizienz im Straßengüterverkehr; Max-Planck-Institut für Meteorologie Report Nr. 353.
- Lessner, Armin (2010): Mit Gas Gas geben. In: Erneuerbare Energien, Nr. 3/2010, S. 80/81.
- Löbel, Jürgen; Schröger, Heinz-Albert und Heiko Closhen (2001). Nachhaltige Managementsysteme: sustainable development durch ganzheitliche Führungs- und Organisationssysteme – Vorgehensmodell und Prüflisten. Erich Schmidt Verlag. Berlin.
- Marx, Gerd (o.J.): KfW-Sonderfonds „Energieeffizienz in KMU“, Energieagentur.NRW, Wuppertal.
- Micksch, Christian (2010): Sächsischer Gewerbeenergiepass-Energieeffizienz in Unternehmen. www.saena.de (18.04.2011).
- Möller, Werner (2009): Elektrische Antriebe sind Schlüsselkomponenten. In: Quality Engineering, Nr. 15, S. 54.
- MUFV-RLP [Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz] (2006): Effiziente Energienutzung in kleinen und mittelständischen Unternehmen in Rheinland-Pfalz; Mainz, www.industrie-energieeffizienz.de (2.11.2009).
- N.N. (2008): Im Trio energieeffizienter. Drehzahlgeregelte Schraubenkompressoren. In: Fluid, Nr. 14/2008, S. 28-29.
- N.N. (2009): Ohne Reibung kein Verschleiß - Ölfreie Druckluft mit Quantima-Kompressoren. In: Fluid, Nr. 7/2009, S. 60-62.
- Öko-Institut/ LVS [Lehrstuhl für Verkehrssysteme und –logistik] (2007): Nachhaltige Mobilität durch Innovation im Güterverkehr - Endbericht zum Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Universität Dortmund.
- Pehnt, Martin, Christian Lutz, et al. (2009): Klimaschutz, Energieeffizienz und Beschäftigung. Potenziale und volkswirtschaftliche Effekte einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie für Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin.
- PLANCO/ bfg [PLANCO Consulting GmbH; Bundesanstalt für Gewässerkunde] (2007): Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Bahn und Wasserstraße - Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse; Essen/Koblenz.
- Pleschak, Franz, und Helmut Sabisch (1996): Innovationsmanagement. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Postbieszala, Marc (2011): Sächsischer Gewerbeenergiepass. Workshop EMIX3 am 9.03.2011 in Ostritz. www.emix3.eu (19.04.2011).
- Pries, Ludger und Manfred Wannöffel (o.J.) Mitbestimmung und Innovation im Rahmen des Projektes „Innovative Industrie- und Dienstleistungspolitik“
- Process (2006): Energisch Strom sparen. In der Prozessindustrie sind energiesparende Motoren gefragt. Process-Online, www.process.de.
- Prognos AG (2007): Potenziale für Energieeffizienz und Energieeinsparung im Lichte aktueller Preisentwicklungen. Endbericht 18/06.
- Prognos AG (2010): Rolle und Bedeutung von Energieeffizienz und Energiedienstleistungen in KMU; Endbericht. Berlin
- Rennings, Klaus; Ankele, Kathrin; Hoffmann, Esther; Nill, Jan und Andreas Ziegler (2005): Innovationen durch Umweltmanagement. Empirische Ergebnisse zum EG-Öko-Audit; Heidelberg.

- Richter, Ursula; Holst, Gregor und Walter Krippendorf (2008): Solarindustrie als neues Feld industrieller Qualitätsproduktion – das Beispiel Photovoltaik; OBS-Arbeitsheft 56; Frankfurt/ Main.
- Ritt, Thomas, Helmut Mahringer, Michael Getzner und Oliver Fritz (2000): Umwelt und Beschäftigung: Strategien für eine nachhaltige Entwicklung und deren Auswirkungen auf die Beschäftigung. Wien.
- RWI [Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung] (2010): Energieeffizienz in der energieintensiven Industrie in Deutschland. Essen
- saena [Sächsische Energieagentur GmbH] (2011): Der Sächsische Gewerbeenergiepass. www.saena.de (19.04.2011).
- Saygin, Değer; Patel, Martin K. und Frank Marschieder-Weidemann (2008): Material and energy flows in the chemical sector by Processes and Subsectors. Deutsche Zusammenfassung der Publikation; Statistisches Bundesamt Wiesbaden.
- Schleich, Joachim und Edelgard Gruber (2008): Beyond case studies: Barriers to energy efficiency in commerce and the services sector. In: Energy Economics, Nr. 30, S. 449-464.
- Schlink, Markus; Grabmann, Ilona und Stefan Rausch (2009): Energie-Ressourcen in der chemischen Industrie effektiver nutzen: Energiemanagement senkt die Betriebskosten. elektrotechnik. Das Automatisierungs-Portal, www.elektrotechnik.vogel.de (2.11.2009).
- Schmitt, B., C. Lauterbach und C. Vajen (2009): Solare Prozesswärme. Stand der Technik und Perspektiven; VDI-Wissensforum Heizen und Kühlung mit der Sonne, Ludwigsburg. 06.-07.10.09. <http://solar-publikationen.umwelt-uni-kassel.de> (20.7.2011).
- Scholl, Wolfgang (im Erscheinen): Innovativität durch Mitbestimmung. Abschlussbericht für die Hans-Böckler-Stiftung
- Schreier, Jürgen (2009): Energieeffizienten Systemen gehört die Zukunft. www.maschinenmarkt.vogel.de (18.11.2009).
- Schwarz-Kocher, Martin, Kirner, Eva, Dispan, Jürgen; Jäger, Angela; Richter, Ursula; Seibold, Bettina und Ute Weißfloch (2011): Interessenvertretungen im Innovationsprozess – Der Einfluss von Mitbestimmung und Beschäftigtenbeteiligung auf betriebliche Innovationen. Edition sigma, Berlin
- Seyboth, Marie (2005): 4,5 und Wilke Hauser-Ditz (2005): 6-10: CSR Handlungsfelder für Betriebsräte
- Simon, Karl-Peter (2009): Die Effizienz steigt. Energie sparen im Antrieb – Trends und Entwicklungen. In: Der Konstrukteur, Nr. 06/2009. Statistisches Bundesamt (2010): Umweltnutzung und Wirtschaft - Bericht zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen 2010; www.destatis.de (09.03.2011).
- Staudigl, Rudolf (2008): Rolle der Energieeffizienz bei der Entwicklung Globaler Märkte. Vortrag auf der Tagung Stromeffizienz 2008 am 24.09.2008. www.initiative-energieeffizienz.de (2.11.2009).
- Stracke, Stefan und Heinz Witte (2006): Betriebsratspraxis bei Innovation. Beispiele und Erfahrungen aus der Metallindustrie in der Region Hannover; Arbeitspapier Nr. 5 aus dem Projekt TiM, Universität Rostock.
- Teichert, Volker (1995): Die Bedeutung der Arbeitnehmerbeteiligung für das Öko-Audit. In: Fichter, Klaus (Hrsg.): EG-Öko-Audit-Verordnung. Mit Öko-Controlling zum zertifizierten Umweltmanagementsystem; München/Wien; S. 235-248.
- Teichert, Volker (1996): Umwelt-Audit und Arbeitnehmerbeteiligung - Leitfaden für Betriebs- und Personalräte; Düsseldorf.
- UBA [Umweltbundesamt] (2007): „Peglau-Liste, Umweltökonomie und Umweltmanagement, Umweltmanagementsysteme 2007, Umweltbundesamt, <http://www.umweltbundesamt.de/umweltökonomie/ums-welt.htm>, (07.10.2009).
- UBA [Umweltbundesamt] (2009a): Umweltwirtschaftsbericht – 2009, Umweltbundesamt.
- UBA [Umweltbundesamt] (2009b): Energieeffizienz bei Elektromotoren. http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/2009/pd09-053_energieeffizienz_be_elektromotoren.htm (18.11.2009).
- UGA [Umweltgutachterausschuss] 2009: EMAS aktuell, Geschäftsstelle des Umweltgutachterausschusses, www.emas.de
- UIRR [Internationale Vereinigung der Gesellschaften für den Kombinierten Verkehr Schiene-Strasse] (2003): CO₂-Reduzierung durch kombinierten Verkehr - Kurzfassung; Internationale Vereinigung der Gesellschaften für den Kombinierten Verkehr Schiene-Strasse Brüssel, www.uirr.com (3.12.2009).
- Vahs, Dietmar und Ralf Burmester (2002): Innovationsmanagement: Von der Produktidee zur erfolgreichen Vermarktung. 2. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- VCI [Verband der chemischen Industrie] (2007): Thema: Energieeffizienz. www.vci.de (11.02.2009).
- VCI [Verband der chemischen Industrie] (2008): Chemiewirtschaft in Zahlen Ausgabe 2008; Frankfurt am Main.

- VCI [Verband der chemischen Industrie] (2009a): Auf einen Blick - Chemische Industrie. www.vci.de . (16.09.2009).
- VCI [Verband der chemischen Industrie] (2009b): Energie sparen mit Verfahren und Produkten der Chemie: Wachstum und Energiesatz nachhaltig entkoppelt. www.presseportal.de.
- VCI [Verband der chemischen Industrie] (2009c): Willkommen bei der chemischen Industrie. www.vci.de (7.12.2009).
- VCI [Verband der chemischen Industrie] (2010): Chemiewirtschaft in Zahlen. Ausgabe 2010; Frankfurt am Main.
- VCI / IG BCE / BAVC [Verband der chemischen Industrie; Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie; Bundesarbeitgeberverband Chemie] (2011): Sichere und bezahlbare Energieversorgung für die chemische Industrie in Deutschland. Stellungnahme der Chemieorganisationen zur Energiedebatte
- VDMA [Verband deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.] (2008): Maschinenbau in Zahl und Bild 2008; www.vdma.de (18.11.2009).
- VDMA [Verband deutscher Maschinen und Anlagenbau e.V.] (2009): Volkswirtschaft und Statistik - Maschinenbau in Zahl und Bild 2009, Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
- VDMA [Verband deutscher Maschinen und Anlagenbau e.V.] (2011a): Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau. www.vdma.org (30.06.2011).
- VDMA [Verband deutscher Maschinen und Anlagenbau e.V.] (2011b): VDMA: Wachstumstreiber Maschinenbau. Presseinformation vom 10.02.2011. www.vdma.org (30.06.2011).
- VDMA [Verband deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.] (2011c): Maschinenbau in Zahl und Bild 2011; www.vdma.org (30.06.2011).
- Wagner, Marcus und Stefan Schaltegger (2002): Umweltmanagement in deutschen Unternehmen – Der Stand der aktuellen Praxis, Centre for Sustainability Management, Universität Lüneburg.
- Weigel, Andrea (2010): CARE+: A tool to enhance Energy Efficiency in European SMEs.; 2nd international workshop of the TACEC Programme, Milano
- Weiβ, Julika und Siegmar Otto (2011): Aktiv werden für Energieeffizienz – Ein Leitfaden für Betriebsräte und Beschäftigte. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin
- Ziegler, Astrid (2010): Welche Auswirkungen haben betriebliche Innovationen auf die Beschäftigten? In: WSI-Mitteilungen 2/2010, S. 103-108
- ZVEI [Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.] (2008): Energie intelligent erzeugen, verteilen und nutzen. Weiβbuch Energie-Intelligenz; Frankfurt/M.
- ZVEI [Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.] (2009): Mit Hightech für Umwelt- und Klimaschutz: Der vielfältige Beitrag der Prozessautomation zur Energieeffizienz. Frankfurt am Main. www.zvei.org (2.03.2010)
- ZVEI [Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie] (o.J.): Energieeffiziente Antriebe. www.zvei.org (2.03.2010).

Anhang: Interviewteilnehmer

Kurzportrait der Fallstudien-Unternehmen und Funktion der Interviewten

	Kurzportrait	Funktion Interviewte
1	<p>Branche: Maschinenbau</p> <p>Mitarbeiter: ca. 500</p> <p>Betriebsrat: ja</p> <p>UMS: ja</p> <p>EEM: Verstärkter Einsatz von Frequenzumrichtern zur lastabhängigen Steuerung von Kompressoren</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsrat • Leiter Development Center
2	<p>Branche: Transport</p> <p>Mitarbeiter: ca. 300</p> <p>Betriebsrat: ja</p> <p>UMS: ja</p> <p>EEM: die Gasstapler, welche mit Gasflaschen fahren wurden gegen Stapler mit Tank ausgetauscht und eine Tankstelle errichtet</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Leitung Marketing/Qualität
3	<p>Branche: Transport</p> <p>Mitarbeiter: ca. 100</p> <p>Betriebsrat: nein</p> <p>UMS: ja</p> <p>EEM: Umstellung der Heizung, Energiesparlampen in der Umschlagshalle, Einführung von Fleetboard</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Geschäftsführung
4	<p>Branche: Transport</p> <p>Mitarbeiter: ca. 200</p> <p>Betriebsrat: ja</p> <p>UMS: ja</p> <p>EEM: Zielformulierung und Einkaufsmaßnahmen für Firmen PKW (Reduzierung CO₂ < 140 g/km; PL: Einkaufsspezifikation für Terminalgeräte, Fahrerhandbuch mit Spritsparhinweisen für Frachtführer, Terminalplanungssystem, Service- und Wartungsverträge mit Herstellern von Terminalgeräten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Beauftragter für Personal, Qualität und Umweltschutz
5	<p>Branche: Chemie</p> <p>Mitarbeiter: ca. 200</p> <p>Betriebsrat: ja</p> <p>UMS: ja</p> <p>EEM: verbesserte Produktionstechnik; Optimierung der Druckluft; neues Herstellverfahren für Lacke</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Leiter Qualität und Umweltschutz • Betriebsratsvorsitzender
6	<p>Branche: Maschinenbau</p> <p>Mitarbeiter: ca. 300</p> <p>Betriebsrat: nein</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklungsabteilung

	UMS: ja EEM: Heizungs- / Lüftungsanlagen, Dämmung der Gebäude, elektronisch gesteuerte Verschattungsanlagen	
7	Branche: Maschinenbau Mitarbeiter: ca. 100 Betriebsrat: ja UMS: nein EEM: effiziente Motoren bei den Produkten, aber Fokus Produktion	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsratsvorsitzender • Entwicklungsabteilung
8	Branche: Maschinenbau Mitarbeiter: ca. 700 Betriebsrat: ja UMS: nein EEM: in der Produktion (v.a thermische Prozesse), keine in Bezug auf die Produkte	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsratsvorsitzender

UMS=Umweltmanagementsystem; EEM=Zentrale Energieeffizienzmaßnahmen

Interviewte Experten

- DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V.
Frank Huster
- VCI Nord - Verband der Chemischen Industrie e. V. Landesverband Nord
Güntherstraße 1 - 30519 Hannover
Dr. Jörg Rothermel
- VDMA – Verband deutscher Maschinen- und Anlagenbau
Christoph Singrün
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Dr. Martin Streibel
- ÖKOTEC Energiemanagement GmbH
Roland Berger
- Sächsische Energieagentur - SAENA GmbH
Norbert Kuch

GESCHÄFTSTELLE BERLIN
MAIN OFFICE
Potsdamer Straße 105
10785 Berlin
Telefon: + 49 – 30 – 884 594-0
Fax: + 49 – 30 – 882 54 39

BÜRO HEIDELBERG
HEIDELBERG OFFICE
Bergstraße 7
69120 Heidelberg
Telefon: + 49 – 6221 – 649 16-0
Fax: + 49 – 6221 – 270 60

mailbox@ioew.de
www.ioew.de