

Projekt – Gesamtschau

Ausschöpfung der Potenziale für
Energieeffizienzverbesserung durch integrierte Bedarfs-
Netzwerke in Gewerbe- und Industriestandorten, bei
Bestand und Neuansiedlung

E. Heyden, J. Lambauer, U. Fahl

Gefördert durch:



Baden-Württemberg
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
Baden-Württemberg



LUDWIGSBURG

Projektbeschreibung

Vorhandene Gewerbe- und Industriestandorte sind zu unterschiedlichen Zeiten entstanden und historisch gewachsen. Jedes Unternehmen optimiert individuell und damit isoliert von seinen Nachbarn nach den jeweils geltenden gesetzlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen seinen Umgang mit Energie. Dabei ist nicht immer die Sachkenntnis über die technischen Möglichkeiten einer effizienten Energiebereitstellung und über Förderprogramme vorhanden. Eine ganzheitliche Betrachtung des Energiebedarfs und seiner Deckung über die Firmengrenzen hinweg lässt Einsparpotenziale vermuten. Dies gilt sowohl für bestehende Standorte als auch für Neuansiedlungen von Industrie- und Gewerbebetrieben. Im Rahmen des Projektes „Ausschöpfung der Potenziale für Energieeffizienzverbesserung durch integrierte Bedarfs-Netzwerke in Gewerbe- und Industriestandorten, bei Bestand und Neuansiedlung“ werden an bestehenden Gewerbe- und Industriestandorten integrierte Netzwerke gebildet. Dabei haben sich mit dem Industriepark in Achern (acht Unternehmen, unter der Bezeichnung „EnergiePakt Achern“) und einem Industriegebiet im Westen Ludwigsburgs mit zehn Unternehmen bereits zwei Netzwerke verbindlich für eine exemplarische Umsetzung zusammengefunden. Am Anfang der Untersuchungen steht die umfassende Analyse des Energiebedarfs und der bestehenden Energieversorgungssysteme aller Unternehmen am Standort. Einsparpotenziale werden identifiziert und mögliche Effizienzverbesserungen untersucht. Durch die Zusammenführung der Analysen aller Unternehmen am Standort können sich Synergieeffekte ergeben (vermutlich vor allem im Bereich der zentralen Wärme- und ggf. auch Stromerzeugung), deren Implikationen in Diskussion mit allen Beteiligten genauer untersucht werden. Im Rahmen eines Effizienzpaktes werden ggf. gemeinsame Einsparziele formuliert und dazu in allen Feldern des Energieeinsatzes Erfahrungen ausgetauscht. Alle Schritte werden durch einen kompetenten Energieberater begleitet und moderiert. Zu speziellen Themengebieten werden moderierte und mit externen Fachleuten bestückte Workshops organisiert, die Anstöße für weitere Maßnahmen geben.

Projektleitung:**Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung,
Universität Stuttgart**

Dr. Ulrich Fahl
Heißbrühlstr. 49a
70565 Stuttgart
E-Mail: Ulrich.Fahl@ier.uni-stuttgart.de
Tel. 0711-685-878-30
Fax: 0711-685-878-73
www.ier.uni-stuttgart.de

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Informationszentrum Energie
Harald Höflich
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart
E-Mail: harald.hoeflich@um.bwl.de
Tel. 0711-123-2667
Fax: 0711-123-2064
www.um.baden-wuerttemberg.de

Stadt Achern

Wirtschaftsförderung
Bernd Steurer
Rathausplatz 1
77855 Achern
E-Mail: Bernd.Steurer@achern.de
Tel. 07841/642-1181
Fax: 07841/642-3181
www.achern.de

Stadt Ludwigsburg

Referat Nachhaltige Stadtentwicklung
Frank Steinert
Wilhelmstraße 1
71638 Ludwigsburg
E-Mail: f.steinert@ludwigsburg.de
Telefon: 07141/910-2168
Telefax: 07141/910-3099

Partner:

Bregler + Bregler Architekten + Ingenieure

Silverpappelweg 26, 70597 Stuttgart

EnEffPlus

Otto-Weddigen-Straße 15, 70839 Gerlingen

www.eneff-plus.de

Inekon

Ingenieurbüro für Energieeffizienz

Nobelstr. 15, 70569 Stuttgart

www.inekon.de

Meyer Engineering GmbH

Bachstrasse 32, 70563 Stuttgart

<http://www.meyer-engineering.de>

Süwag Energie AG

Bismarckstr. 2, 71634 Ludwigsburg

www.suewag.de

Beteiligte Unternehmen:

EnergiePakt Achern:

Gefi Möbelfabrikation

Gerhard Springmann GmbH

Franz Hubert Lott GmbH & Co. KG

KASTO Maschinenbau GmbH & Co. KG

Ortenauklinikum Achern

Schwarzwaldfleisch GmbH

Stadtverwaltung Achern

Vollkornbäckerei Wüst

Modellgebiet Weststadt Ludwigsburg:

BERU AG

Druckhaus Götz GmbH

Wäscherei Forstenhäusler GmbH

Gebr. Lotter KG

Gleason-Pfauter Maschinenfabrik GmbH

Hünersdorff GmbH

Nestle Deutschland AG, Werk Ludwigsburg

Stadtwerke Ludwigsburg GmbH

Technische Dienste Ludwigsburg

W & W Service GmbH

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
TABELLENVERZEICHNIS.....	IV
KURZFASSUNG	VI
1 EINLEITUNG	1
1.1 HINTERGRUND UND ZIELE	1
1.2 PROJEKTVORSTELLUNG	2
1.3 VORGEHENSWEISE.....	3
1.4 ENERGIEPAKT ACHERN	4
1.5 MODELLGEBIET WESTSTADT.....	6
2 AUSGANGSSITUATION UND ERGEBNISSE DER BERATUNGEN.....	9
2.1 ENERGIEPAKT ACHERN	9
2.1.1 <i>Initialberatungen</i>	10
2.1.2 <i>Detailberatungen</i>	15
2.1.3 <i>Gesamtsituation und Einsparziel</i>	17
2.2 MODELLGEBIET WESTSTADT.....	18
2.2.1 <i>Initialberatungen</i>	19
2.2.2 <i>Detailberatungen</i>	22
2.2.3 <i>Gesamtsituation und Einsparziel</i>	25
2.3 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE UND BEWERTUNG.....	26
3 UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN UNTERNEHMENSÜBERGREIFENDER MAßNAHMEN.....	28
3.1 PRINZIP UNTERNEHMENSÜBERGREIFENDER MAßNAHMEN	28
3.1.1 <i>Unternehmensübergreifende Abwärmenutzung</i>	28
3.1.2 <i>Gemeinsames Verteilernetz</i>	29
3.1.3 <i>Gemeinsame Energieerzeugungsanlagen</i>	31
3.2 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN	34
3.3 DATENERHEBUNG UND MAßNAHMENIDENTIFIKATION.....	38
3.3.1 <i>Achern</i>	38
3.3.2 <i>Ludwigsburg</i>	41
3.4 TECHNISCHE UND WIRTSCHAFTLICHE BEWERTUNG	56
3.4.1 <i>Achern</i>	56
3.4.2 <i>Ludwigsburg</i>	57
<i>Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeitsrechnung zur Einspeisung in ein Fernwärmenetz</i>	67
3.5 HEMMNISSE UND MÖGLICHKEITEN ZU DEREN ABBAU	70
3.5.1 <i>Wirtschaftliche Hemmnisse</i>	70
3.5.2 <i>Hemmnisse in den Bereichen Personal und Kommunikation</i>	75
3.5.3 <i>Organisatorische Hemmnisse</i>	76
3.5.4 <i>Technische Grenzen</i>	77

4	UMSETZUNG DER MAßNAHMEN UND ÜBERPRÜFUNG DER EINSPARZIELE.....	79
4.1	BEREITS UMGESETZTE MAßNAHMEN.....	79
4.2	ERFOLGSKONTROLLE DER EINSPARZIELE.....	80
4.2.1	<i>Achern</i>	80
4.2.2	<i>Ludwigsburg</i>	83
5	LESSONS LEARNED – ZUKÜNFTIGER FORSCHUNGSBEDARF	88
5.1	BESTEHENDE STANDORTE.....	88
5.2	ENTSTEHENDE STANDORTE	91
6	ZUSAMMENFASSUNG.....	93
7	LITERATUR	94

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1.1:	GEOGRAFISCHE ÜBERSICHT DES ENERGIEPAKT ACHERN.....	6
ABBILDUNG 1.2:	GEOGRAFISCHE ÜBERSICHT DES MODELLGEBIETS WESTSTADT	7
ABBILDUNG 2.1:	ENERGIEVERBRAUCH DER UNTERNEHMEN IN ACHERN IM JAHR IN 2008.....	11
ABBILDUNG 2.2:	ENERGIEMIX DER TEILNEHMENDEN UNTERNEHMEN IN ACHERN IN 2008	11
ABBILDUNG 2.3:	ENERGIEKOSTEN PRO UMSATZ IN 2008 IN ACHERN.....	12
ABBILDUNG 2.4:	WICHTIGE OPTIMIERUNGSMAßNAHMEN IM ENERGIEPAKT ACHERN	15
ABBILDUNG 2.5:	MÖGLICHE WÄRMEABNEHMER (GRÜN) FÜR DAS UNTERNEHMEN A E (ROT)	17
ABBILDUNG 2.6:	ENERGIEVERBRAUCH DER TEILNEHMENDEN UNTERNEHMEN IN LUDWIGSBURG IN 2008.....	19
ABBILDUNG 2.7:	ENERGIEMIX DER TEILNEHMENDEN UNTERNEHMEN IN LUDWIGSBURG IN 2008	20
ABBILDUNG 2.8:	ENERGIEKOSTEN PRO UMSATZ IN 2008 IN LUDWIGSBURG	20
ABBILDUNG 2.9:	WICHTIGE OPTIMIERUNGSMAßNAHMEN IM MODELLGEBIET WESTSTADT	22
ABBILDUNG 3.1:	VERLAUF DES MAXIMAL- UND DURCHSCHNITTSENERGIEBEDARFS EINES KMU (BEISPIELHAFT)	30
ABBILDUNG 3.2:	MÖGLICHE NETZFORMEN FÜR VERTEILERNETZE	31
ABBILDUNG 3.3:	LEISTUNGSBEZOGENE PREISE VON GROßWASSERRAUMKESSELN /EPROPLAN 2009/.....	32
ABBILDUNG 3.4:	VERLÄUFE DES ENERGIEBEDARFS VON DREI FIRMEN (BEISPIELHAFT).....	33
ABBILDUNG 3.5:	BEISPIELHAFTER DURCHSCHNITTLICHER BEDARF IM NETZ EINES UNTERNEHMENS	33
ABBILDUNG 3.6:	ENTFERNUNG ZWISCHEN BIOGAS-ANLAGE UND UNTERNEHMEN A D.....	41
ABBILDUNG 3.7:	ENTFERNUNGSMODELL AM BEISPIEL DES MODELLGEBIETS WESTSTADT	42
ABBILDUNG 3.8:	TEMPERATURVERLAUF DER ABLUFT EINES RÖSTERS (NR. 3) AN EINEM DURCHSCHNITTLICHEN TAG - UNTERNEHMEN L E.....	49
ABBILDUNG 3.9:	TEMPERATURVERLAUF DER ABLUFT VON SPRÜHTURM D – UNTERNEHMEN L E	50
ABBILDUNG 3.10:	PROZESSSCHEMA ABWÄRMENUTZUNG SPRÜHTÜRME /ENGELMANN 2011/	51
ABBILDUNG 3.11:	ENTFERNUNGSMODELL AM BEISPIEL DES MODELLGEBIETS WESTSTADT.....	58
ABBILDUNG 3.12:	ZUSAMMENFASSUNG DER ERLÖSE DER RELEVANTEN PROZESSE	68
ABBILDUNG 3.13:	ZUSAMMENFASSUNG DER STATISCHEN (LINKS) UND DYNAMISCHEN AMORTISATIONSZEITEN (RECHTS) DER RELEVANTEN PROZESSE	69
ABBILDUNG 4.1:	BEREINIGTE ENTWICKLUNG DES ENERGIEBEDARFS FÜR AUSGEWÄHLTE UNTERNEHMEN IN ACHERN VON 2008 BIS 2010	81
ABBILDUNG 4.2:	BEREINIGTE ENTWICKLUNG DES EINSPARZIELS ENERGIEVERBRAUCH PRO UMSATZ DER IN ACHERN TEILNEHMENDEN UNTERNEHMEN VON 2008 BIS 2010.....	82
ABBILDUNG 4.3:	BEREINIGTE ENTWICKLUNG DES ENERGIEBEDARFS FÜR AUSGEWÄHLTE UNTERNEHMEN IN LUDWIGSBURG VON 2008 BIS 2010	84
ABBILDUNG 4.4:	BEREINIGTE ENTWICKLUNG DES EINSPARZIELS ENERGIEVERBRAUCH PRO MANNSTUNDE DER IN LUDWIGSBURG TEILNEHMENDEN UNTERNEHMEN VON 2008 BIS 2010.....	85
ABBILDUNG 4.5:	BEREINIGTE ENTWICKLUNG DES EINSPARZIELS CO ₂ -EMISSIONEN PRO MANNSTUNDE DER IN LUDWIGSBURG TEILNEHMENDEN UNTERNEHMEN VON 2008 BIS 2010	86

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1.1:	AM ENERGIEPAKT ACHERN TEILNEHMENDE UNTERNEHMEN (STAND 2009).....	5
TABELLE 1.2:	AM MODELLGEBIET WESTSTADT TEILNEHMENDE UNTERNEHMEN (STAND 2009)	7
TABELLE 2.1:	ÜBERSICHT ZU DEN WORKSHOPS DES ENERGIEPAKT ACHERN	10
TABELLE 2.2:	ÜBERSICHT ÜBER IN DEN INITIALBERATUNGEN VORGESCHLAGENEN MAßNAHMEN IM ENERGIE-PAKT ACHERN	14
TABELLE 2.3:	ÜBERSICHT ZU DEN WORKSHOPS DES MODELLGEBIETES WESTSTADT	18
TABELLE 2.4:	ÜBERSICHT ÜBER VERSCHIEDENE IN DEN INITIALBERATUNGEN VORGESCHLAGENE MAßNAHMEN IM MODELLGEBIET WESTSTADT	21
TABELLE 3.1:	ÜBERSICHT ÜBER VERWENDBARE ABWÄRMEQUELLEN	29
TABELLE 3.2:	ÜBERSICHT ÜBER DEN MINDESTANTEIL ERNEUERBARER ENERGIE GEMÄß ERNEUERBARE- ENERGIEN WÄRMEGESETZ /JURIS 2012/	35
TABELLE 3.3:	FÖRDERUNG NACH DEM KWKG /JURIS 2012/	36
TABELLE 3.4:	FÖRDERUNG NACH DEM EEG AB 2011 /BDEW 2011/	37
TABELLE 3.5:	BETRIEBSZEITEN DER ZWEI BETRACHTETEN UNTERNEHMEN	39
TABELLE 3.6:	ENERGIEVERBRAUCH DER LEISTUNGSSTÄRKSTEN ANLAGEN DES UNTERNEHMENS L A /ENEffPLUS 2009A/	43
TABELLE 3.7:	DATENBASIS DER DRUCKLUFTERZEUGUNG – UNTERNEHMEN L E.....	47
TABELLE 3.8:	DATENBASIS DER SPRÜHTÜRME – UNTERNEHMEN L E.....	50
TABELLE 3.9:	SPEZIFISCHER ENERGIEVERBRAUCH AUSGEWÄHLTER FERTIGUNGSVERFAHREN [kWh/MA*A].....	52
TABELLE 3.10:	ÜBERSICHT ÜBER MÖGLICHE WÄRMEABNEHMER INNERHALB DER TEILNEHMERSCHAFT LB	54
TABELLE 3.11:	ZUSAMMENFASSUNG DER ERMITTELTEN ABWÄRMEPOTENZIALE.....	55
TABELLE 3.12:	ANNAHMEN ZUM WÄRMEVERBRAUCH DER UNTERNEHMEN L H UND L C.....	55
TABELLE 3.13:	GEGENÜBERSTELLUNG UNTERSCHIEDLICHER KWK-KONZEPTE FÜR DIE UNTERNEHMEN L H UND L C	56
TABELLE 3.14:	WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG UNTERSCHIEDLICHER NUTZUNGSVARIANTEN FÜR EINE GEMEINSAME ENERGIEERZEUGUNG DER UNTERNEHMEN L H UND L C	58
TABELLE 3.15:	ÜBERTRAGBARE WÄRMEMENGEN DER JEWEILIGEN ÜBERBETRIEBLICHEN KOOPERATION [MWh/A].....	58
TABELLE 3.16:	ÜBERTRAGBARE LEISTUNGS- [kW/M] UND ENERGIEDICHTE DER JEWEILIGEN ÜBERBETRIEBLICHEN KOOPERATION [MWh/M*A]	59
TABELLE 3.17:	GESCHÄTZTE INVESTITIONSKOSTEN [T €], GESPART E ENERGIE [MWh/A] UND RESULTIERENDE AMORTISATIONSZEITEN [A] DER JEWEILIGEN ÜBERBETRIEBLICHEN ABWÄRMENUTZUNGSKOOPERATION.....	60
TABELLE 3.18:	ERGEBNIS DER WIRTSCHAFTLICHKEITSRECHNUNG FÜR DIE KÄLTEMASCHINEN (90 °C).....	62
TABELLE 3.19:	ERGEBNIS DER WIRTSCHAFTLICHKEITSRECHNUNG FÜR DIE RÖSTER	63
TABELLE 3.20:	PROZESSPARAMETER, AUF DENEN DIE BERECHNUNG EINES MÖGLICHEN WÄRMETAUSCHERS DER SPRÜHTÜRME BERUHT	64
TABELLE 3.21:	ERGEBNIS DER WIRTSCHAFTLICHKEITSRECHNUNG FÜR EINE ABWÄRMENUTZUNG DER SPRÜHTÜRME (90 °C)	64
TABELLE 3.22:	PROZESSPARAMETER, AUF DENEN DIE BERECHNUNG EINES MÖGLICHEN WÄRMETAUSCHERS DER ZÜNDSPULENPRODUKTION BERUHT	66

TABELLE 3.23:	ERGEBNIS DER WIRTSCHAFTLICHKEITSRECHNUNG FÜR DIE ZÜNDSPULENPRODUKTION (90 °C).....	67
TABELLE 3.24:	GRUNDFORMEN DES CONTRACTINGS UND GÄNGIGE SYNONYME.....	74
TABELLE 4.1:	PROZENTUALER ANTEIL DER UNTERNEHMEN IN ACHERN AM GESAMTENERGIEVERBRAUCH IN 2008	81
TABELLE 4.2:	PROZENTUALER ANTEIL DER UNTERNEHMEN IN ACHERN AM GESAMTUMSATZ IN 2008	83
TABELLE 4.3:	PROZENTUALER ANTEIL DER UNTERNEHMEN IN LUDWIGSBURG AM GESAMTENERGIEVERBRAUCH IN 2008.....	84
TABELLE 4.4:	PROZENTUALER ANTEIL DER UNTERNEHMEN IN LUDWIGSBURG AN DEN GESAMT-CO ₂ -EMISSIONEN IN 2008.....	87

Kurzfassung

„Baden-Württemberg steht vor großen Herausforderungen: Das Megathema Klimawandel, die Ressourcenverknappung, die Gefährdung der Biodiversität, Globalisierungsfolgen, die Verschuldung der öffentlichen Haushalte sowie der demografische Wandel sind Entwicklungen, die unsere Gesellschaft umwälzen werden. Wir müssen uns unserer Verantwortung stellen und intensiv über das Morgen nachdenken, wenn wir unsere Zukunft aktiv mitgestalten wollen. Dies wollen wir jetzt mit einer umfassenden Nachhaltigkeitsstrategie für das Land in Angriff nehmen“ /Oettinger 2007/. Vor diesem Hintergrund wurde seitens des Landes Baden-Württemberg 2007 die Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württemberg entwickelt. Ein Schwerpunkt im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie ist es, die Implementierung energieeffizienter Technologien im produzierenden sowie im Dienstleistungsgewerbe voran zu treiben. Dies soll basierend auf Pilotprojekten, anhand derer die Wirtschaftlichkeit bestimmter Maßnahmen validiert und anschließend publiziert wird, erreicht werden.

Ein vielversprechendes Format zur Schaffung solcher Leuchtturmprojekte sind Energieeffizienznetzwerke. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden zwei Effizienznetzwerke gegründet. Die Teilnehmerschaft der Industriegebiete in Achern und Ludwigsburg setzte sich aus acht, bzw. zehn Unternehmen unterschiedlichster Branchen und Größe zusammen. Als Einsparziel wurde in Achern ein Minus von 2 % des Energieverbrauchs, bezogen auf den Umsatz, in Ludwigsburg 4 % des Energieverbrauchs pro geleisteter Mannstunde vereinbart. Bei Effizienznetzwerken treffen sich die teilnehmenden Unternehmen regelmäßig, tauschen Erfahrungen aus, bekommen Information in Form von spezifischen Fachvorträgen und können jederzeit auf einen Ansprechpartner zurück greifen. Neben diesen Treffen stellt ein zweistufiges Beratungsprogramm für die Unternehmen die tragende Säule solcher Projekte dar. In einer ersten sog. Initialberatung wird mittels einer Begehung durch den Berater das Unternehmen in der Breite untersucht und Potenziale in verschiedenen Bereichen wie Beleuchtung, Klimatisierung, Druckluftversorgung, etc. sowie möglicherweise aus Abwärme gewinnbare Nutzwärme identifiziert. Eine tiefer gehende Analyse der einzelnen Technologien oder allgemeiner Punkte (z. B. Öffnungszeiten von Hallentoren, Regelmechanismen o. Ä.) ist im Rahmen einer solchen, zwei Beratertage umfassenden, Untersuchung jedoch nicht möglich. Hierzu können die Unternehmen eine Detailberatung anfordern und so eine Maßnahme anhand sechs weiterer Beratertage energetisch und wirtschaftlich genau bewerten lassen. Im Idealfall erfolgt im Anschluss die Übergabe an ein Fachunternehmen, welches die Maßnahme umsetzt. Neben der Optimierung einzelner Unternehmen hinsichtlich des Energieverbrauchs hat das Projekt „Ausschöpfung der Potenziale für Effizienzverbesserungen durch integrierte Bedarfs-Netzwerke in Gewerbe- und Industriestandorten, bei Bestand und Neuansiedlung“ das Ziel, unternehmensübergreifende Maßnahmen, die zur Steigerung der Energieeffizienz mehrerer Unternehmen bzw. eines gesamten Gewerbe- und Industriegebietes beitragen, zu

identifizieren. Beispiele für entsprechende unternehmensübergreifende Maßnahmen sind eine gemeinsame Energieversorgung oder die unternehmensübergreifende Nutzung von Abwärme.

Es zeigt sich, dass zwar der Gesamtenergieverbrauch über die Projektlaufzeit in Achern um 13 % verringert werden konnte, die Kennzahl Energieverbrauch pro Umsatz allerdings um 36 % zunahm. Dies ist primär der Tatsache geschuldet, dass ein Unternehmen, welches aufgrund seines hohen Energieverbrauchs, bei gleichzeitigem Umsatzeinbruch, die positive Entwicklung der anderen Teilnehmer überlagert. In Ludwigsburg nahm der Gesamtenergieverbrauch um 1,2 %, bezogen auf die geleisteten Mannstunden um 2,9 %, zu. Neben der schlechten gesamtwirtschaftlichen Lage der Jahre 2008/09 und unvollständiger Rückmeldung, insbesondere von wirtschaftlichen Daten, seitens der Unternehmen ist die Ursache für das Ergebnis hauptsächlich in dem Umstand zu suchen, dass identifizierte Maßnahmen erst nach Ablauf des zeitlichen Projekthorizonts umgesetzt werden bzw. die Auswirkungen von Maßnahmen erst nach einiger Zeit messbar sind.

1 Einleitung

Energiesparendes Wirtschaften ist ein zentraler Wettbewerbsfaktor. Je nach Branche kann der Energieverbrauch einen wesentlichen Anteil an den Betriebs- und Produktionskosten ausmachen. Gleichzeitig wurde gerade in Branchen, die sich durch einen niedrigen Energieverbrauch auszeichnen, die Optimierung der energetischen Vorgänge lange Zeit vernachlässigt. Berücksichtigt man die langfristig steigenden Energiepreise, so wird deutlich, dass es in allen Branchen und Firmengrößen noch erhebliches Einsparpotenzial geben muss. Allerdings werden Maßnahmen zur Senkung der Energiekosten, wie eine Steigerung der Energieeffizienz von Prozessen oder Gebäuden, Installation eines Energiemanagementsystems oder dem Bau neuer Energieanlagen häufig nur firmenintern durchgeführt. Maßnahmen über Firmengrenzen hinaus werden dagegen selten untersucht. Gerade die Betrachtung kompletter Gewerbegebiete eröffnet Möglichkeiten, durch die neue Einsparpotenziale erschlossen werden können. Je nach räumlicher Nähe können alle Energieformen wirtschaftlich übertragen werden. Es können sich dadurch wirtschaftlichere Erzeugungsanlagen ergeben und eine Überlagerung der Bedarfsstrukturen kann die Anforderungen an die Energieerzeugung optimieren.

Im Folgenden werden die Hintergründe, Ziele sowie die Vorgehensweise des Forschungsvorhabens dargestellt. In Kapitel 1.4 und 1.5 folgt die Darstellung der beiden Effizienznetzwerke.

1.1 Hintergrund und Ziele

Es gibt eine Vielzahl möglicher Maßnahmen die Energieeffizienz zu erhöhen, entsprechend sind auch die auslösende Motivation und die Rahmenbedingungen sehr unterschiedlich. Allerdings ist allen möglichen Projekten zu Eigen, dass diese indirekt eine Senkung der Gesamtkosten zur Folge haben müssen. Dies ist das Ziel jeder Firma und nur wenn alle Beteiligten Kostenvorteile haben, lassen sich verschiedene Firmen zur Zusammenarbeit bewegen. Für die Allgemeinheit positive Folgen, wie eine Senkung des Ausstoßes klimawirksamer Gase, sind wünschenswert, werden in den meisten Fällen jedoch nur umgesetzt, wenn die Kosten nicht wesentlich über denen der Alternativen liegen. Teilweise führen Firmen trotz höherer Kosten die umweltfreundlicheren Maßnahmen durch, um ihr Ansehen in der Öffentlichkeit zu erhöhen, da mit der Umsetzung solcher Maßnahmen auch ein positives Firmenimage verbunden ist. Dieses wiederum kann die Menge an verkauften Waren positiv beeinflussen, allerdings ist der Zusammenhang nur schwer quantifizierbar. Hier kommt es auch auf die Firmenphilosophie an, aber viele Hersteller von Endprodukten investieren deswegen sowohl in die Verringerung ihres Schadstoffausstoßes, als auch in die Bekanntheit dieses Umstandes. Wie schwierig diese Kommunikation mit der Öffentlichkeit ist, zeigt der Begriff des Greenwashing, mit dem Kampagnen bezeichnet werden, die die Umweltfreundlichkeit eines Unternehmens übertrieben positiv darstellen /Jackisch 2009/. Vor diesem Hintergrund wurden die

Energieeffizientische, deren Ziel die Minderung des betrieblichen Energiebedarfs durch unternehmensinterne aber auch durch unternehmensübergreifende Maßnahmen ist, gegründet. Gerade unternehmensübergreifende Maßnahmen, wie z. B. eine gemeinsame Energieerzeugung bzw. die betriebsübergreifende Abwärmenutzung, stellen Potenziale zur Energieeffizienzsteigerung dar, die bisher kaum bzw. nicht betrachtet werden.

1.2 Projektvorstellung

Vorhandene Gewerbe- und Industriestandorte sind zu unterschiedlichen Zeiten entstanden und historisch gewachsen. Jedes Unternehmen optimiert individuell und damit isoliert von seinen Nachbarn nach den jeweils geltenden gesetzlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen seinen Umgang mit Energie. Dabei ist nicht immer die Sachkenntnis über die technischen Möglichkeiten einer effizienten Energiebereitstellung und über Förderprogramme vorhanden. Eine ganzheitliche Betrachtung des Energiebedarfs und seiner Deckung über die Firmengrenzen hinweg lässt Einsparpotenziale vermuten. Dies gilt sowohl für bestehende Standorte als auch für Neuansiedlungen von Industrie- und Gewerbebetrieben. Im Rahmen des Projektes „Ausschöpfung der Potenziale für Energieeffizienzverbesserung durch integrierte Bedarfs-Netzwerke in Gewerbe- und Industriestandorten, bei Bestand und Neuansiedlung“ werden an bestehenden Gewerbe- und Industriestandorten integrierte Netzwerke gebildet. Dabei haben sich mit dem Industriepark in Achern (acht Unternehmen, unter der Bezeichnung „EnergiePakt Achern“) und einem Industriegebiet im Westen Ludwigsburgs („Modellgebiet Weststadt“) mit zehn Unternehmen zwei Netzwerke verbindlich für eine exemplarische Umsetzung zusammengefunden.

Im Rahmen der Effizientische werden gemeinsame Einsparziele formuliert und dazu in allen Feldern des Energieeinsatzes Erfahrungen ausgetauscht. Zu speziellen Themengebieten werden moderierte und mit externen Fachleuten bestückte Workshops organisiert, die Anstöße für weitere Maßnahmen geben. Erfahrungen von anderen Effizienznetzwerken (z. B. „Energieeffizientisch Hohenlohe“ und „EnBW Netzwerk Energieeffizienz“) zeigen, dass an Netzwerken beteiligte Unternehmen schneller und effektiver Effizienzverbesserungen erschließen und umsetzen.

Am Anfang der Untersuchungen steht eine Initialberatung mit einer umfassenden Analyse des Energiebedarfs und der bestehenden Energieversorgungssysteme des jeweiligen Teilnehmers. Einsparpotenziale werden identifiziert und mögliche Effizienzverbesserungen untersucht. Durch die Zusammenführung der Analysen aller Unternehmen am Standort können sich Synergieeffekte ergeben, deren Implikationen in Diskussion mit allen Beteiligten genauer untersucht werden. Beispielsweise kann eine bestehende und für das Unternehmen bisher überdimensionierte Heizungsanlage zur Versorgung eines weiteren Unternehmens genutzt werden, wodurch sich die Effizienz der Anlage, aufgrund einer höheren Auslastung, steigern lässt. In vielen Unternehmen fallen Abwärmeströme auf einem intern nicht nutzbaren Tempe-

returnniveau an. Durch die Zusammenführung der Analysen eines gesamten Gebietes kann z. B. ein benachbartes Unternehmen identifiziert werden, welches als Abnehmer für die zur Verfügung stehende Abwärme in Frage kommt.

Im Rahmen eines Effizienzpaktes werden gemeinsame Einsparziele formuliert und dazu in allen Feldern des Energieeinsatzes Erfahrungen ausgetauscht. Alle Schritte werden durch das Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart begleitet und moderiert.

Die zwei Pilotvorhaben des Projekts „Ausschöpfung der Potenziale für Energieeffizienzverbesserung durch integrierte Bedarfs-Netzwerke in Gewerbe- und Industriestandorten“ werden durch das Informationszentrum Energie, welches zu Projektbeginn im Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, gegen Ende im Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg angesiedelt ist, mit betreut. Das Projekt wird vom Land Baden-Württemberg im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie durch das ehemalige Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, durch das Programm Klimaschutz Plus des ehemaligen Umweltministeriums Baden-Württemberg, durch die Städte Achern und Ludwigsburg sowie der Süwag Energie AG unterstützt. Die Idee stammt aus einer Projektgruppe im Wirtschaftsministerium, die mehrere Projekte zu dem Thema „Reduzierung des Energieverbrauchs in Haushalt, Industrie und Gewerbe“ erarbeitete und in die Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württemberg einbrachte.

1.3 Vorgehensweise

Am Anfang der Untersuchungen steht die Initialberatung, welche eine umfassende Analyse des Energiebedarfs und der bestehenden Energieversorgungssysteme jedes einzelnen Unternehmens beinhaltet. Einsparpotenziale können identifiziert und mögliche Effizienzverbesserungen untersucht werden. Durch die Zusammenführung der Analysen aller Unternehmen am Standort können sich Synergieeffekte ergeben (vor allem im Bereich der zentralen und unternehmensübergreifenden Wärme- und ggf. auch Stromerzeugung), deren Implikationen in Diskussion mit allen Beteiligten genauer untersucht werden. Nur durch die Erfassung energierelevanter Informationen wie z. B. betriebstechnische Daten der Energieerzeugungs- und Produktionsanlagen, zeitliche Verläufe des Energiebedarfs bzw. von Abwärmeströmen, wird die Bewertung und Analyse von unternehmensübergreifenden Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz möglich.

Im Rahmen der ersten Beratungen (Initialberatung) aufgezeigte Maßnahmen können, sofern von den Unternehmen gewünscht, mittels einer anschließenden Detailberatung genauer betrachtet werden. Dies beinhaltet auch das Einholen von Angeboten entsprechender Handwerksbetriebe. Die Unternehmen werden hinsichtlich der in den Initial- und Detailberatungen vorgeschlagenen Umsetzungsprojekte beraten, wobei jedoch davon ausgegangen wird, dass die Finanzierung dieser Investitionen entweder von den Unternehmen selbst getragen wird, mo-

tiviert durch die aufgezeigte win-win-Situation, oder bei innovativen Konzepten, insbesondere bei betriebsübergreifenden Maßnahmen, entsprechende Förderprogramme in Anspruch genommen werden. Hinweise zu solchen Förderprogrammen werden durch das Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart bzw. dem Informationszentrum Energie bereitgestellt.

Die Teilnehmer dieser Netzwerke treffen sich mehrmals pro Jahr. Im Rahmen von Workshops, bei denen bisher Erreichtes reflektiert und das weitere Vorgehen besprochen wird, finden jeweils Vorträge, auch externer Dozenten, zu verschiedenen, teilweise von den Unternehmen vorgeschlagenen Themen der betrieblichen Energieeffizienz, statt. Durch in diese Veranstaltungen eingebundene Betriebsbegehungen sind ein Erfahrungsaustausch der Teilnehmer untereinander und eine Sensibilisierung hinsichtlich eines effizienten Energieeinsatzes gewährleistet. Alle Schritte werden durch das IER begleitet und moderiert. Die Zielsetzung und Ergebnisse werden evaluiert, auf ihre Übertragbarkeit auf andere Industrie- und Gewerbestandorte hin überprüft und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Darauf aufbauend werden weitere Treffen moderiert, eine Zwischenbilanz nach einem weiteren Projektjahr erstellt (Zielpfadbeobachtung) und schließlich eine Schlussbilanz mit einer Abschlussdokumentation erstellt.

1.4 EnergiePakt Achern

Die Lage der Stadt mit sehr guter Infrastruktur, mit Anbindung an die Autobahn und kurzen Wegen in das Nachbarland Frankreich machen den Standort Achern attraktiv für Unternehmen. Hinzu kommt, dass Achern durch eine aktive Wirtschaftspolitik, die Erschließung von Gewerbeflächen und die Umwandlung des ehemaligen Militärgeländes in Gewerbeflächen viel dazu beigetragen hat, Firmen und Unternehmen eine Ansiedlung zu ermöglichen.

Achern ist über die Anschlussstelle Achern an der Bundesautobahn 5 Karlsruhe–Basel und mit der B 3, die durch das Stadtgebiet führt, gut an das deutsche und französische Fernstraßennetz angebunden. Außerdem besitzt Achern einen Bahnhof an der Bahnlinie Karlsruhe–Basel. Dieser ist auch Anfangspunkt der Achertalbahn nach Ottenhöfen und der Stadtbahnlinie S4 der Albtal-Verkehrs-Gesellschaft nach Heilbronn über Baden-Baden und Karlsruhe. Den öffentlichen Personennahverkehr bedienen mehrere Buslinien. Neben diesen wirtschaftlichen Faktoren möchte Achern auch gegenüber Arbeitnehmern durch sein intaktes, ländliches Umfeld mit hohem Freizeit- und Wohnwert sowie einem regen Kulturleben punkten.

Die Neuansiedlung von Gewerbe und Industrie geht zügig voran, so dass der Wirtschaftsstandort Achern und das Mittelzentrum in der Ortenau eine weitere Aufwertung erfährt. Diese kommt der Stadt und den Menschen in der Region zu Gute, denn in der Stadt und in den Stadtteilen sind in den Sparten Handwerk, Handel, Gewerbe, Dienstleistung und Industrie rund 11.000 versicherungspflichtige Arbeitsplätze vorhanden, viele davon entstanden

erst in jüngerer Zeit. Ein Schwerpunkt der Wirtschaftspolitik lag bisher auf der Ansiedlung mittelständischer Unternehmen und dies soll auch weiterhin der Fall sein, denn ein guter Branchenmix aus produzierenden Unternehmen und im Dienstleistungsbereich tätigen Firmen garantiert den Erfolg. Im produzierenden Bereich liegt der Schwerpunkt im Maschinenbau und der Metallverarbeitung, während auf die Gesamtstadt bezogen im Dienstleistungsbereich mit rund 60 % Prozent die meisten Arbeitsplätze zu verzeichnen sind. Neben der Vorkhaltung von Flächenreserven für die Neuansiedelung, Umsiedelung und Erweiterung von Betrieben ist die Stadt bestrebt, das Serviceangebot kontinuierlich zu verbessern. Am Energiepakt Achern waren zu Beginn die in **Tabelle 1.1** dargestellten Unternehmen beteiligt.

Tabelle 1.1: Am EnergiePakt Achern teilnehmende Unternehmen (Stand 2009)

Branche	Unternehmen
Kartonage	Lott Feinpappe GmbH & Co. KG
Sondermaschinenbau	Springmann GmbH
Maschinenbau	KASTO Maschinenbau GmbH&Co. KG
Lebensmittel	Schwarzwaldfleisch GmbH
Krankenhaus	Ortenau Klinikum
Verwaltung	Schul- und Hallenareal Oberachern
Bäckerei	Vollkornbäckerei Wüst
Möbelfabrikation	Gefi – Gerhard Fischer e.K.

In **Abbildung 1.1** ist die geografische Lage der am EnergiePakt Achern beteiligten Unternehmen abgebildet. Es zeigt sich, dass die Entfernung zwischen den einzelnen Unternehmen teilweise sehr groß ist. Hinsichtlich möglicher unternehmensübergreifender Maßnahmen und der damit verbundenen notwendigen örtlichen Nähe lassen sich daher drei Cluster benennen:

- Gefi – Gerhard Fischer e.K. - Vollkornbäckerei Wüst
- Springmann GmbH - Schwarzwaldfleisch GmbH
- Schul- und Hallenareal Oberachern - Lott Feinpappe GmbH & Co. KG

In 2010 schied die Firma Lott Feinpappe GmbH & Co. KG aufgrund ihrer Insolvenz aus dem Projekt aus. Bereits in der Vorbereitungsphase des Projektes zog das Unternehmen Phönix Metall GmbH, aufgrund einer wirtschaftlich bedingten Standortverlagerung, seine Beteiligung am Projekt zurück. Die Teilnahme des Produktionsstandortes der I-O Europe Glasfabrik wurde sowohl durch die Stadt Achern, das IER (Universität Stuttgart) als auch durch das Land forciert. Eine Teilnahme am Projekt erfolgte jedoch aufgrund einer negativen Entscheidung der schweizerischen Hauptverwaltung des Konzerns nicht.



Abbildung 1.1: Geografische Übersicht des EnergiePakt Achern

1.5 Modellgebiet Weststadt

Ludwigsburg befindet sich, eingebunden in die wirtschaftsstarke Region Stuttgart, in zentraler Lage in Europa. Der Standort verfügt über gute Verkehrsanbindungen über Straße (zwei Autobahnanschlussstellen), Schiene (mehrer Industriegleisanschlüsse) und Wasser (Anlegestelle Lastenschiffahrt). Der Flughafen Stuttgart ist in nur 30 Minuten zu erreichen. Die Region Stuttgart und damit auch Ludwigsburg verfügen aufgrund der großen Zahl an Bildungseinrichtungen über eine hohe Anzahl hochqualifizierter Arbeitnehmer. Ludwigsburg gehört zu einer der wirtschaftsstärksten Regionen in Europa. In Kombination mit der guten Verkehrsanbindung und der hohen Lebensqualität ist Ludwigsburg ein attraktiver Standort für Unternehmen. Von Gewerbeobjekten inmitten der lebendigen barocken Innenstadt, über Standorte in den Stadtteilen bis hin zu den traditionell industriell geprägten Gewerbegebieten im Westen der Stadt findet sich alles, was ein Unternehmer für seinen Erfolg benötigt. Unternehmen aller Größenordnungen, viele davon weltweit tätig, haben hier ihren Sitz. Weltkonzerne und Kleinbetriebe, Industrie- und Handwerksunternehmen, Dienstleister und Zulieferer

rer, Old und New Economy sind gleichermaßen vertreten. Synergieeffekte, die sich durch die räumliche Nähe zwischen den Unternehmen ergeben, stärken die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts. Ludwigsburg ist ein pulsierender und prosperierender Wirtschaftsstandort, an dem sich ein breites Spektrum verschiedener Berufszweige etabliert hat. Geprägt wird das Wirtschaftsleben im Wesentlichen von fünf Säulen: Automobilzulieferer, Maschinenbau, Finanzdienstleister, Softwareentwicklung Film- und Medien. Einer der großen Arbeitgeber der Stadt ist zudem der Handel. In Hinblick auf eine Zukunftsorientierung wird durch Ansiedlung von forschungs- und technologieintensiven Industriezweigen, vor allem aus dem Bereich Energie, Ökodesign und Green Industrie ein weiteres Standbein aufgebaut. Die Teilnehmer des Modellgebiets Weststadt lassen sich den in **Tabelle 1.2** dargestellten Branchen zuordnen. Auch in Ludwigsburg zeigte die Wirtschafts- und Finanzkrise zu Beginn des Projektes Ihre Auswirkungen. Der in der Weststadt ansässige Produktionsstandort der GETRAG Getriebe- und Zahnradfabrik Hermann Hagenmeyer GmbH & Cie KG kündigte seine Teilnahme am Modellgebiet Weststadt, da die Produktionskapazität am Standort verringert wurde.

Tabelle 1.2: Am Modellgebiet Weststadt teilnehmende Unternehmen (Stand 2009)

Branche	Unternehmen
Wäscherei	Forstenhäusler
Kunststoff verarbeitend	Hünersdorff GmbH
Maschinenbau	Gleason-Pfauter Maschinenfabrik GmbH
Nahrungsmittel	Nestlé Deutschland AG
Dienstleistungen	W&W Service GmbH
	Technische Dienste Ludwigsburg
	Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim GmbH
Druckerei	Druckhaus Götz GmbH
Großhandel	Gebr. Lotter KG
Automobilzulieferer	BERU AG

Die geografische Lage der teilnehmenden Unternehmen am Modellgebiet Weststadt ist in **Abbildung 1.2** dargestellt.



Abbildung 1.2: Geografische Übersicht des Modellgebiets Weststadt

Auch hier lassen sich hinsichtlich möglicher unternehmensübergreifender Maßnahmen aufgrund der örtlichen Nähe besonders geeignete Cluster bilden:

- BERU AG - Gebr. Lotter KG
- Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim GmbH - Technische Dienste Ludwigsburg
- Druckhaus Götz GmbH - Gleason-Pfauter Maschinenfabrik GmbH - Forstehäusler

2 Ausgangssituation und Ergebnisse der Beratungen

Bereits in der Anfangsphase der beiden Projekte zeichneten sich aufgrund der Finanz- und Wirtschaftskrise unsichere Rahmenbedingungen ab.

Die Suche nach teilnehmenden Unternehmen gestaltete sich trotz der umfassenden Bemühungen der Wirtschaftsförderung der Stadt Achern als sehr schwierig und der EnergiePakt Achern musste bereits zu Beginn das Ausscheiden eines Teilnehmers hinnehmen. Darüber hinaus sind, wie in **Abbildung 1.1** zu sehen, die Unternehmen in Achern örtlich teilweise sehr weit voneinander entfernt, wodurch betriebsübergreifende Maßnahmen prinzipiell schwerer realisierbar werden.

Auch die Suche nach Teilnehmern in Ludwigsburg gestaltete sich ähnlich schwierig wie in Achern und konnte nur durch die Unterstützung der Stadt Ludwigsburg und der Wirtschaftsförderung positiv abgeschlossen werden. Auch in Ludwigsburg musste das Ausscheiden eines Teilnehmers vor Beginn des Modellgebiets Weststadt hingenommen werden. Hinsichtlich der örtlichen Nähe war die Ausgangslage in Ludwigsburg, wie aus **Abbildung 1.2** ersichtlich ist, besser als dies in Achern der Fall war.

2.1 EnergiePakt Achern

In Kapitel 2.1.1 erfolgt die zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Initialberatungen. Dieser Beratungsschritt war für alle teilnehmenden Unternehmen obligatorisch und er hatte zum Ziel, eine Bestandsaufnahme hinsichtlich des Energieverbrauchs, den Erzeugungsanlagen und den wichtigsten Produktionsprozessen der Unternehmen zu erstellen. Darüber hinaus erfolgte für alle Unternehmen bereits in diesem Schritt die Erstellung eines Maßnahmenkatalogs, welcher besonders aussichtsreiche Effizienzmaßnahmen sowie eine erste Abschätzung der wirtschaftlichen Umsetzung beinhaltet. Auf Basis der Initialberatungen hatten die Unternehmen die Möglichkeit, eine vertiefte, mehrere Tage umfassende Detailberatung in Anspruch zu nehmen. Die Ergebnisse der Detailberatungen für den EnergiePakt Achern sind in Kapitel 2.1.2 dargestellt. In Kapitel 0 wird die Gesamtsituation und das Einsparziel des EnergiePakt Acherns erläutert und zusammengefasst.

Im Rahmen des Projektes fanden mehrere Treffen des EnergiePakt Achern statt und es wurden in Form von Vorträgen durch am Projekt beteiligte Berater sowie durch externe Referenten eine Vielzahl an Themen vorgestellt und mit den Unternehmen diskutiert (siehe **Tabelle 2.1**). Am 21. Juni 2011 wurde im Sonnenzentrum in Rottenburg-Oberndorf eine gemeinsame Abschlussveranstaltung zusammen mit dem Modellgebiet Weststadt durchgeführt.

Tabelle 2.1: Übersicht zu den Workshops des EnergiePakt Achern

Termin	Inhalte und Vorträge
10. Juni 2009	Kick-Off-Workshop Lastmanagement, Energieeffizienz als Wettbewerbsvorteil - Förderprogramme
16. Dezember 2009	Aktuelle Situation der Unternehmen im EnergiePakt Achern, Darstellung möglicher Einsparpotenziale Energiekonzept Baden-Württemberg, gesetzliche Rahmenbedingungen und Änderungen bei Förderprogrammen
17. März 2010	Feedbackrunde, weiteres Vorgehen, Abstimmung über gemeinsames Einsparziel Energiemanagement und Energiedatenerfassung, Optimierte Anlagentechnik - Warum Wunsch und Wirklichkeit auseinanderklaffen
24. Juni 2010	Stand der Detailberatungen, Überprüfung der Einsparungen, unternehmensübergreifende Maßnahmen Effiziente Beleuchtung: Besseres Licht mit weniger Strom, Energieeffiziente Produktionshallen
25. November 2010	Auswertung der Energiedaten 2009, Stand der Detailberatungen, unternehmensübergreifende Maßnahmen Blockheizkraftwerke, Einsparpotentiale von industriellen Druckluftanlagen
14. April 2011	Feedbackrunde, Stand der Beratungen, Diskussion zu „Energiesparendes Wirtschaften in mittelständischen Unternehmen – Erwartungen, Angebot und Probleme“ Elektrische Antriebe in Unternehmen
21. Juli 2011	Gemeinsamer Abschluss-Workshop mit den Teilnehmern des Modellgebietes Weststadt, Zusammenfassung und Ergebnisse in den beiden Modellprojekten Solarenergie nutzen - aber wie

2.1.1 Initialberatungen

Der Erarbeitung von technischen und organisatorischen Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs in den Unternehmen steht die Erfassung des energetischen Ist-Zustandes der Teilnehmer voran (siehe **Abbildung 2.1**). Dies geschah im Rahmen der Initialberatungen, welche durch verschiedene Beratungsunternehmen und dem IER durchgeführt wurden. In Achern belief sich der Gesamtenergieverbrauch in Summe über die 8 beteiligten Unternehmen im Basisjahr 2008 auf 50.990 MWh, was Energiekosten in Höhe von 3,16 Millionen Euro und CO₂-Emissionen von 18,3 t/a¹ mit sich bringt. Der mittlere Energieverbrauch der Teilnehmer betrug 6,4 MWh. Hierbei ist zu beachten, dass dieser Wert aufgrund seiner geringen Aussagekraft für eine erste, pauschale Abschätzung des Einsparpotenzials nicht herangezogen werden kann. Weiterhin wurde, wie in **Abbildung 2.2** dargestellt, die Zusammensetzung des Energieträgerverbrauchs ermittelt. „Sonstiges“ bezeichnet in **Abbildung 2.2** die energetische Nutzung von Produktionsabfällen mittels Verbrennung.

¹ Ermittelt anhand der Emissionsfaktoren nach DIN 4701

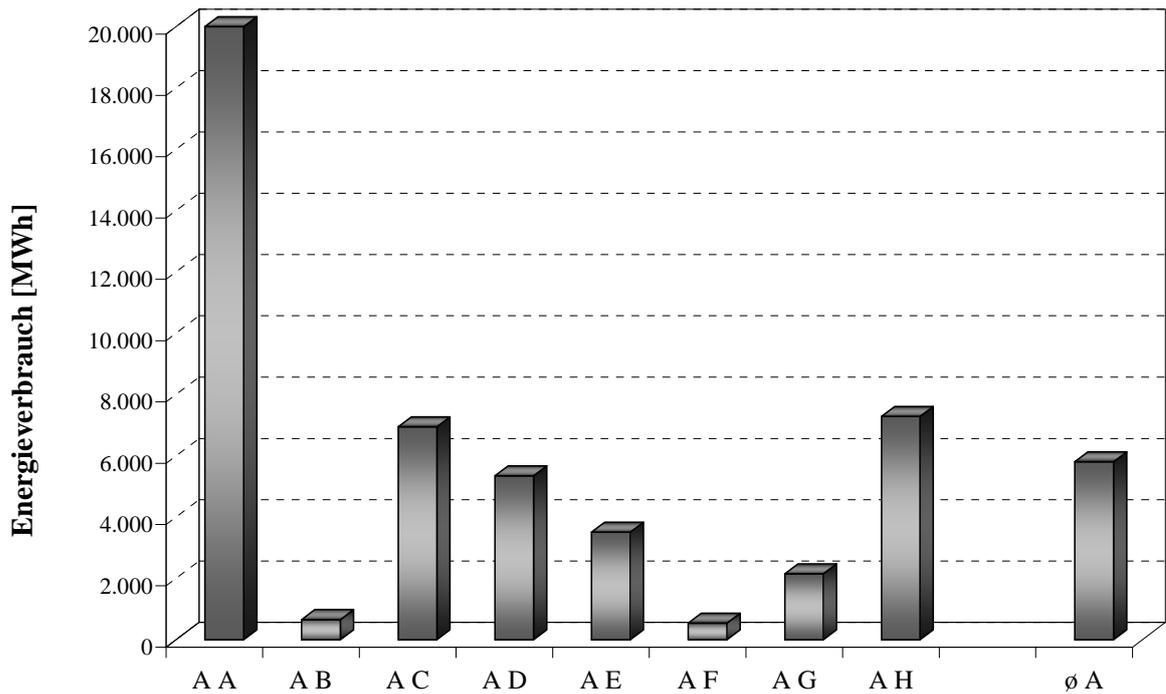


Abbildung 2.1: Energieverbrauch der Unternehmen in Achern im Jahr in 2008

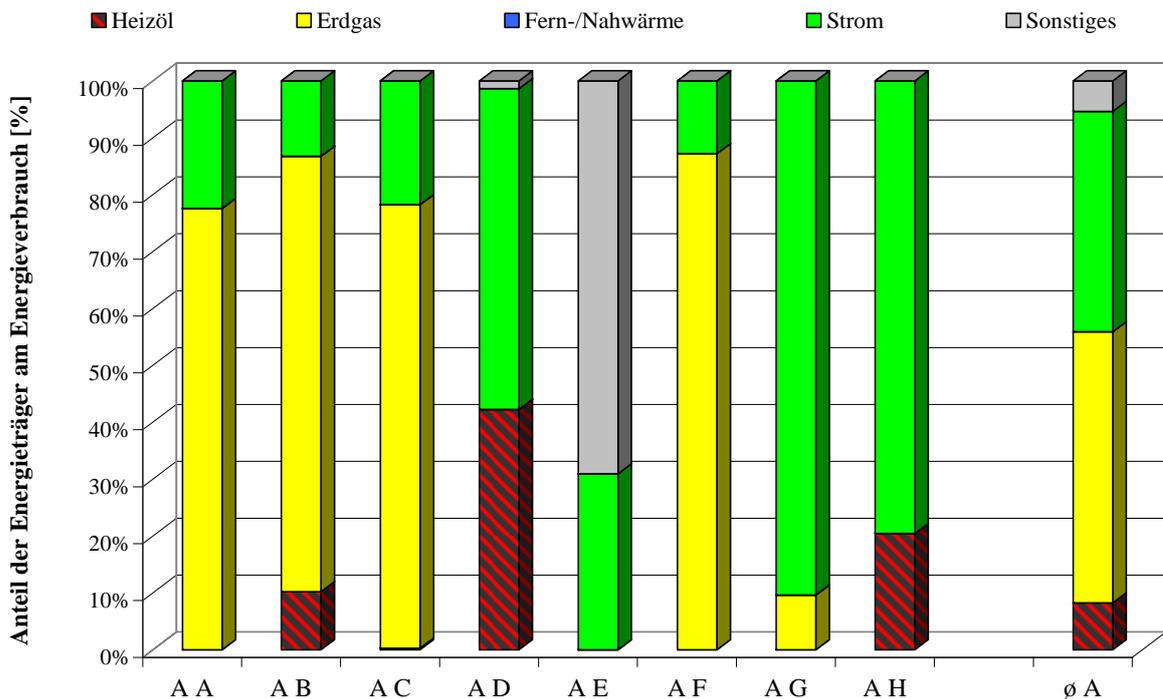


Abbildung 2.2: Energiemix der teilnehmenden Unternehmen in Achern in 2008

Es sind starke Unterschiede in der Zusammensetzung der eingesetzten Energieträger bei den verschiedenen Unternehmen zu erkennen. Hauptursachen hierfür sind Unterschiede im Brennstoffeinsatz zur Wärmebereitstellung sowie unterschiedliche, branchenspezifische Prozesse.

Um die Relevanz der Energiekosten für die einzelnen Unternehmen zu ermitteln, wurde der Umsatz der Unternehmen abgefragt und die Energiekosten auf den Umsatz bezogen (siehe **Abbildung 2.3**). Auch hier sind deutliche, in der Energieintensivität der verschiedenen Branchen begründete Unterschiede zu erkennen. Neben dem Umsatz erfolgte eine Erfassung weiterer Werte wie der Mitarbeiterzahl und der Nutzfläche. Die daraus gebildeten Kennzahlen sollen in der Projektdurchführung und Auswertung die Vergleichbarkeit der Jahresverbräuche mit ihren unterschiedlichen Mitarbeiter- und Produktionszahlen gewährleisten.

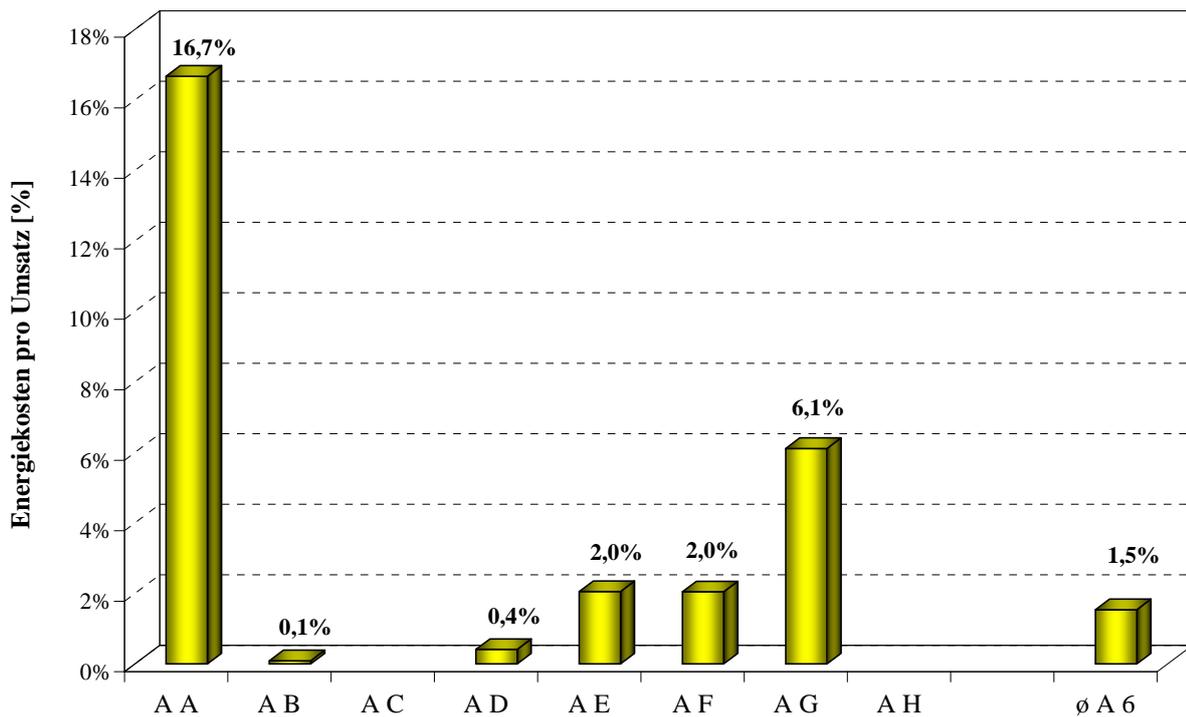


Abbildung 2.3: Energiekosten pro Umsatz in 2008 in Achern

Im Rahmen der Initialberatungen konnte eine Vielzahl an Optimierungsmöglichkeiten innerhalb der Betriebe identifiziert werden. Ein großes Einsparpotenzial liegt in der Optimierung vorhandener Systeme und Anlagen. Dies betrifft beispielsweise Heizungsanlagen, Lüftungsanlagen aber auch die Erzeugung von Druckluft bzw. Prozesswärme. Erste Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz sind beispielweise die Erneuerung der Heizungspumpen bzw. die Installation von bedarfsgeregelten Heizungspumpen. Neben investiven Maßnahmen sind auch Veränderungen in den Unternehmen aufgezeigt worden, die den Energieverbrauch ohne Kapitaleinsatz reduzieren können. Durch eine automatische Total-Abschaltung der Wärmeerzeugungsanlagen zu Zeiten ohne Wärmebedarf kann der Energieverbrauch ohne Investitionen schnell und effektiv gesenkt werden. Die Überprüfung der Heizungsanlage hinsichtlich der aktuellen Nutzung kann sehr oft zu erheblichen Einsparungen führen. Bei den Unternehmen im EnergiePakt Achern sind dadurch Einsparungen von mehreren tausend Euro möglich. Zusätzliche Potenziale ergeben sich laut den Untersuchungen bei den Beleuch-

tungsanlagen der Unternehmen und in der Überprüfung der vorhandenen Energielieferverträge (teilweise Einsparungen über 4.000 € pro Jahr möglich). Ein auch für kleinere Unternehmen lohnenswertes Thema ist der Einsatz eines Energie- bzw. Lastmanagementsystems, um kurzfristige Spitzenwerte beim Strom- und/oder Gasbezug zu vermeiden und dadurch die Kosten zu senken. Des Weiteren kann sich bei Unternehmen mit einem Fuhrpark ein Spritsparkurs für die Fahrer schnell lohnen. Dabei sind Einsparungen von über 1.000 € im Jahr möglich.

Insgesamt stellt die Erfassung des Energiebedarfs einen wichtigen Punkt zur Steigerung der Energieeffizienz dar. Der Großteil der Unternehmen erfasst nur den gesamten Energieverbrauch. Um Einsparpotenziale auffinden und umsetzen zu können, ist jedoch eine prozessspezifisch bzw. nutzungsspezifisch aufgeschlüsselte Erfassung der benötigten Energiemengen notwendig.

Zusammengefasst konnten nach Abschluss der Initialberatungen den Firmen die in **Tabelle 2.2** aufgelisteten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz vorgeschlagen werden. Einige der hier aufgeführten Maßnahmen wurden von den jeweiligen Unternehmen, teils unterstützt durch die Berater, direkt umgesetzt, oder sind in der Umsetzung begriffen. Mit höherem Aufwand verbundene Vorschläge wurden zu Kenntnis genommen und teilweise Angebote von entsprechenden Handwerksbetrieben in Auftrag gegeben.

Abbildung 2.4 fasst die wichtigsten, im Rahmen der Initialberatungen erfassten Optimierungsmaßnahmen zusammen. Es zeigt sich, dass neben den Querschnittstechnologien (Beleuchtung, Druckluft) die Optimierung der Heizungsanlage einen großen Stellenwert einnimmt. Darüber hinaus wird deutlich, dass gerade auch die Erfassung der Energiedaten und -verbräuche eine unabdingbare Voraussetzung darstellt, um Effizienzpotenziale aufzudecken und zu heben.

Nach der Initialberatung konnten die Unternehmen entscheiden, ob sie eine weiterführende, umfassende Detailberatung in Anspruch nehmen möchten. Diese weiterführenden Detailberatungen basierten auf den Ergebnissen der Initialberatungen und ermöglichen eine detaillierte Untersuchung und Wirtschaftlichkeitsanalyse ausgewählter Maßnahmen. Dabei wurden durch die Berater entsprechende Angebote eingeholt, um detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchführen zu können. Im EnergiePakt Achern entschieden sich 2 Unternehmen für eine umfassende Detailberatung im Umfang von 6 Beratertagen. Die Ergebnisse sind in Kapitel 2.1.2 zusammengefasst.

Tabelle 2.2: Übersicht über in den Initialberatungen vorgeschlagenen Maßnahmen im Energie-Pakt Achern

Maßnahme	Einsparung		Anteil am Energieverbrauch	Anteil an Energiekosten	Investition
	Energie [kWh/a]	Energiekosten [€/a]			
Beleuchtung	62.400	7.360	1,8 %	6,0 %	mittel ²
Abschaltung der Heizungspumpen	4.300	400	0,5 %	0,5 %	gering
Optimierung der Heizungsanlage	35.300	2.400	1,6 %	0,8 %	gering
Erneuerung der Heizungsanlage	184.600	1.200	2,5 %	0,2 %	mittel - hoch
Energiedaten-managementsystem	76.000 - 500.000	8.600 - 7.000	2,2 % - 2,5 %	7,0 % - 0,6 %	mittel - hoch
Lastspitzenoptimierung		500		0,4 %	gering - mittel
Optimierung der Kälteanlage	71.500	5.000	1,0 %	1,0 %	gering (-mittel)
Optimierung der Vakuumpumpen	57.200	4.000	0,8 %	0,8 %	gering (-mittel)
Wärmerückgewinnung bei Druckluftkompressoren	17.000	1.900	0,5 %	1,6 %	gering - mittel
Optimierung der Lüftungsanlage	425.000	64.800	6,1 %	10,0 %	gering
Abwärmenutzung	81.000	4.700	15,0 %	12,2 %	mittel – hoch
Vertragsprüfung	17.700	1.000	1,0 %	1,0 %	gering
Eigenstromerzeugung /-nutzung		4.500		0,4 %	gering
Installation PV-Anlage	109.000	9.700	3,1 %	7,9 %	hoch
Einsatz eines BHKW		11.000		2,2 %	mittel - hoch
Summe	1.141.000 - 1.641.000	127.060 - 134.060	2,5 % - 3,5 %	4,0 % - 4,2 %	

² Aktuelle Kosten für LED-Beleuchtung relativ hoch, zukünftig wird eine deutliche Preisreduktion erwartet

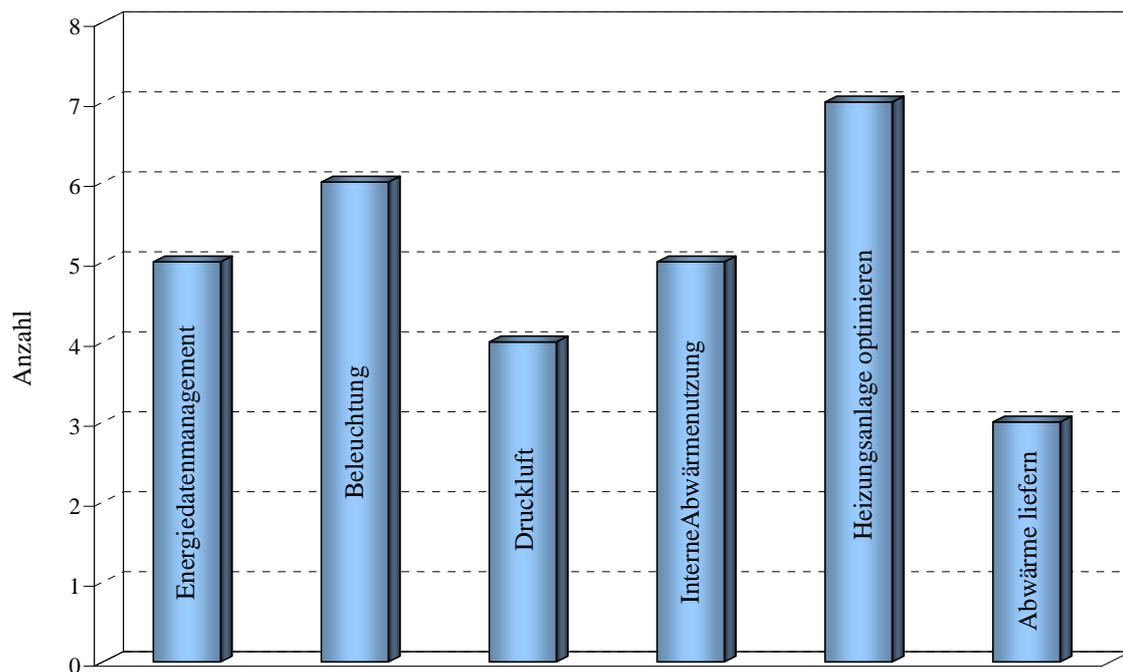


Abbildung 2.4: Wichtige Optimierungsmaßnahmen im EnergiePakt Achern

2.1.2 Detailberatungen

Im Rahmen von umfassenden Detailberatungen wurde, aufbauend auf den Ergebnissen der Initialberatungen, bei zwei Unternehmen im EnergiePakt Achern weiterführende Untersuchungen und Wirtschaftlichkeitsanalysen zu effizienzsteigernden Maßnahmen durchgeführt.

Unternehmen A D

Die Detailberatung beim Unternehmen A D umfasste neben einem umfangreichen Messprogramm, welches sowohl Gebäude als auch Systeme (z. B. Lüftung) beinhaltete, auch die Schaffung einer Grundlage für ein Energiemonitoring-System. Um die Verbrauchsstruktur des gesamten Standortes zu bewerten, wurden mit einer mobilen Messung über einen Zeitraum von insgesamt 4 Monaten die verschiedensten Verbraucher und Verbrauchergruppen nacheinander gemessen. Die Waschanlage innerhalb eines betrachteten Gebäudes beispielsweise verursacht bei Betrieb starke Leistungsspitzen. Die Anlage kann bei Betrieb zu Zeiten starker Auslastung der Produktion kostenrelevante Leistungsspitzen verursachen. Eine Vermeidung des Einschaltens zu solchen Zeiten würde als einfache organisatorische Maßnahme, idealerweise gekoppelt mit einer automatischen Maximumüberwachungsanlage, eine Einsparung in Höhe von 3.000 - 4.000 € pro Jahr bewirken. Hierbei handelt es sich jedoch nur um eine Kosten- und nicht um eine Energieeinsparung, da lediglich eine Verlagerung der Betriebszeit stattfindet.

Der Energiebedarf der Druckluftanlage als betrachtetes gebäudeübergreifendes System wurde über sechs Wochen gemessen. Es zeigte sich, dass außerhalb der Betriebszeit nur ein

geringer Druckluftbedarf besteht. Die beiden vorhandenen Kompressoren schalten jedoch nicht ab, sondern gehen in den Standby-Betrieb und verursachen eine Grundlast von ca. 14 kW. Der Einbau eines kleinen Kompressors, der ausschließlich den Bedarf am Wochenende abdeckt, würde ein Einsparpotenzial von 25.000 - 30.000 kWh/a bzw. von 4.000 € pro Jahr bewirken.

Unternehmen A E

Die Detailberatung der Firma A E beinhaltet, neben einer Untersuchung des Absaugsystems und der Traglast des Daches, eine Messung des Restholzbestands aus der Produktion. Energetisch birgt der Anteil, der zur Deckung des Heizbedarfs eingesetzt wird, im Vergleich zum Anteil zur Deckung des Strombedarfs ein wesentlich größeres Einsparpotenzial. Da die Kosten für den Brennstoff Holz aus Abfällen, die schon über die Möbelproduktion finanziert wurden, gleich Null sind, besteht für das Unternehmen z. Zt. kein Handlungsbedarf, um den Heizenergieverbrauch zu reduzieren. Sobald das Holz oder die Wärme vermarktet werden könnten, kann hier auch ein neuer Anreiz zur Hebung von Einsparpotenzialen der Wärmeenergie geschaffen werden. Vor diesem Hintergrund wurden folgende Varianten für das nicht für Heizzwecke benötigte Restholz im Rahmen der Detailberatung näher untersucht und miteinander verglichen:

1. Lieferung an benachbarte Unternehmen in Form von Wärme oder Holz
2. Stromerzeugung mittels KWK³-Anlage

Der zeitliche Verlauf an verfügbarem Restholz wurde durch den Einbau eines Wärmemengenzählers und händisches Abschätzen ermittelt. Parallel wurde das Umfeld der Firma A E hinsichtlich potenzieller Abnehmer untersucht. Die grundsätzlich in Frage kommenden Unternehmen sind in **Abbildung 2.5** dargestellt.

Bedingt durch den harten Winter 2010/2011 stellte sich jedoch heraus, dass die Menge Restholz, welche die Schreinerei einem eventuellen Abnehmer vertraglich zusichern kann, den buchhalterischen und logistischen Aufwand nicht rechtfertigen würde. Eine Nutzung bei gleichzeitiger Stromerzeugung in einem neu installierten BHKW⁴ würde zwar eine Energieeinsparung in Höhe von ca. 1.050 MWh/a bedeuten, jedoch eine hohe Investition in diese Technologie erfordern, weswegen eine Umsetzung in naher Zukunft ausgeschlossen werden kann.

Eine Untersuchung der Traglast der Dachkonstruktion hinsichtlich einer Nutzung durch eine PV-Anlage ergab, dass diese ausreichend ist, um auf den südlich ausgerichteten Teil ei-

³ Kraft-Wärme-Kopplung, gemeinsame Erzeugung von Strom und Wärme

⁴ Block-Heiz-Kraftwerk

ne Photovoltaikanlage, bestehend aus Dünnschichtmodulen ($< 20 \text{ kg/m}^2$), errichten zu können.



Abbildung 2.5: Mögliche Wärmeabnehmer (grün) für das Unternehmen A E (rot)

Anhand mobiler Messgeräte wurden über längere Zeiträume Messungen an den einzelnen Verbrauchern des Absaugsystems vorgenommen. Es wurde anschließend aus den gemessenen Verbrauchsdaten ermittelt, dass die Betriebsweise der Lüfter im Absaugungssystem durch eine bedarfsorientierte Automatik optimiert werden kann. Hierbei kann zunächst der Leerlaufbetrieb reduziert werden. In einem weiteren Schritt kann die Drehzahl der Lüfter geregelt betrieben und so eine Gesamteinsparung in Höhe von ca. 3.900 €/a erreicht werden.

2.1.3 Gesamtsituation und Einsparziel

Nachdem im Rahmen der Initialberatungen für den EnergiePakt Achern in Summe ein mögliches Einsparpotenzial durch allgemeine Maßnahmen von 595 MWh/a, was 1,3 % des Gesamtenergieverbrauchs entspricht, und 524 MWh/a durch Abwärmenutzung (inkl. Wärmerückgewinnung), was 1,1 % des Gesamtenergieverbrauchs entspricht, ermittelt wurde, einigten sich die teilnehmenden Unternehmen auf das gemeinsame Einsparziel in Höhe von 2 % bis 2011 in Bezug auf das Basisjahr 2008. Dieser Wert kam nicht zuletzt aufgrund der teilweise wirtschaftlich angespannten Situation und möglicher daraus resultierender Verzögerungen bei der Maßnahmenumsetzung einiger Teilnehmer zustande. Bei einem weiteren Treffen

wurde entschieden, dass man aufgrund von Fluktuationen im Betrieb (Kurzarbeit) nicht den absoluten Verbrauch als Kenngröße verwenden sollte, sondern den auf den Umsatz bezogenen Verbrauch.

2.2 Modellgebiet Weststadt

In Anlehnung an die Vorgehensweise beim EnergiePakt Achern werden in Kapitel 2.2.1 die Ergebnisse der Initialberatungen zusammenfassend dargestellt. Im Modellgebiet Weststadt entschieden sich 6 der 10 teilnehmenden Unternehmen nach den Ergebnissen der Initialberatung für eine weiterführende Detailberatung. Die dabei ermittelten Maßnahmen und Effizienzpotenziale sind in Kapitel 2.2.2 aufgeführt. In Kapitel 2.2.3 wird die Gesamtsituation und das Einsparziel erläutert und zusammengefasst.

Auch im Rahmen des Modellgebiets Weststadt fanden mehrere Workshops mit Vorträgen statt. Eine Übersicht stellt **Tabelle 2.3** dar.

Tabelle 2.3: Übersicht zu den Workshops des Modellgebietes Weststadt

Termin	Inhalte und Vorträge
16. Juni 2009	Kick-Off-Workshop Lastmanagement, Energieeffizienz als Wettbewerbsvorteil - Förderprogramme
8. Dezember 2009	Aktuelle Situation der Unternehmen im Modellgebiet Weststadt, Darstellung möglicher Einsparpotenziale, Abstimmung eines gemeinsamen Einsparzieles, unternehmensübergreifende Maßnahmen Energiestrategie der Stadt Ludwigsburg - Maßnahmen und Aktivitäten Energiekonzept Baden-Württemberg, gesetzliche Rahmenbedingungen und Änderungen bei Förderprogrammen
30. April 2010	Feedbackrunde, weiteres Vorgehen, Abstimmung über gemeinsames Einsparziel Energiemanagement und Energiedatenerfassung, Optimierte Anlagentechnik - Warum Wunsch und Wirklichkeit auseinanderklaffen
23. September 2010	Diskussion realisierter Einsparungen, Erste Ergebnisse der Detailberatungen, unternehmensübergreifende Maßnahmen Motivation und Möglichkeiten das Management von Effizienzmaßnahmen zu überzeugen
7. April 2011	Auswertung der Energiedaten 2009, Stand der Detailberatungen, Feedbackrunde Betriebliches Mobilitätsmanagement EN 16001 „Energiemanagement“
21. Juli 2011	Gemeinsamer Abschluss-Workshop mit den Teilnehmern des EnergiePakt Achern, Zusammenfassung und Ergebnisse in den beiden Modellprojekten Solarenergie nutzen - aber wie

2.2.1 Initialberatungen

Nach der Erhebung der Energiesituation der teilnehmenden Unternehmen mithilfe eines Fragebogens fanden im Frühjahr 2009 die Initialberatungen bei den Unternehmen statt. Aufgrund der wirtschaftlichen Situation in 2009/2010 verzögerte sich die Durchführung der Initialberatungen teilweise und auch die Prioritäten lagen bei einigen Unternehmen weniger in der Verbesserung der Energieeffizienz. Im Rahmen des ersten Workshops konnten die teilnehmenden Unternehmen jedoch davon überzeugt werden, weiterhin aktiv am Projekt teilzunehmen. Wie in Achern erfolgten eine Erfassung des Ist-Zustandes und die Erfassung diverser wirtschaftlicher und produktionstechnischer Richtgrößen.

Wie bei dem Modellgebiet in Achern sind die Teilnehmer in Ludwigsburg unter anderem hinsichtlich ihres Energieverbrauchs sehr heterogen. Der Gesamtenergieverbrauch der teilnehmenden Unternehmen belief sich in 2008 auf insgesamt 65.274 MWh, wobei der mittlere Verbrauch 8.159 MWh betrug (siehe **Abbildung 2.6**). Die daraus resultierenden Kosten beliefen sich im selben Jahr auf 4,79 Millionen Euro und die CO₂-Emissionen auf 15.418 t.

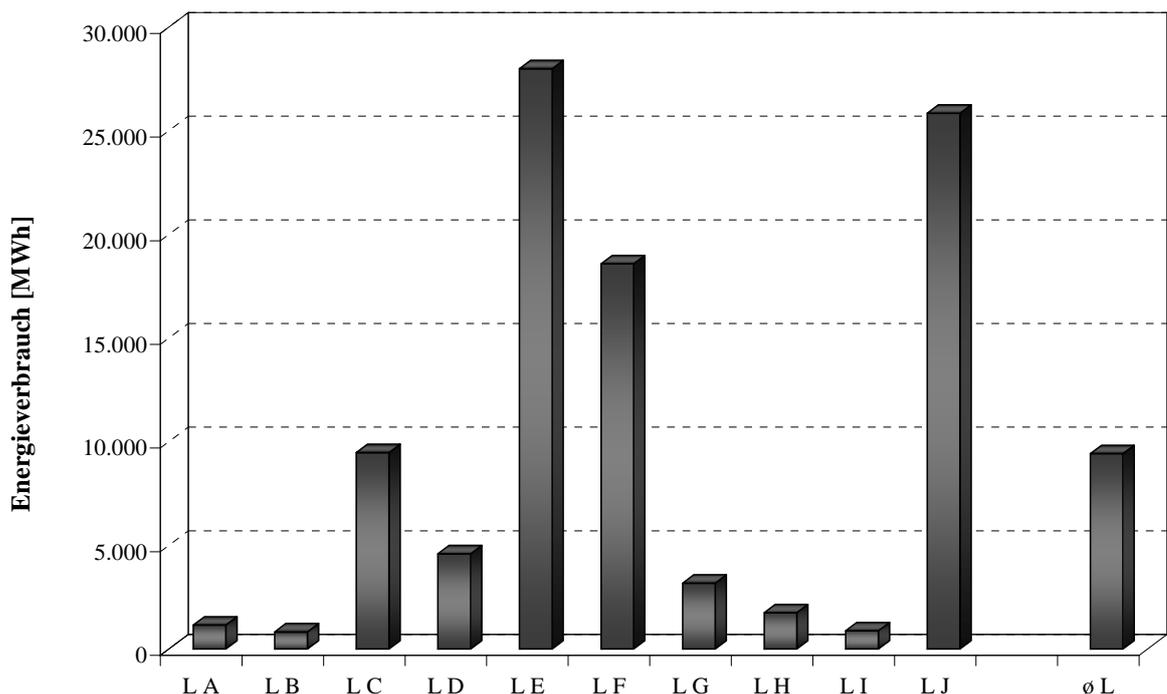


Abbildung 2.6: Energieverbrauch der teilnehmenden Unternehmen in Ludwigsburg in 2008

Wie **Abbildung 2.7** entnommen werden kann, zeigt sich eine, im Vergleich zu Achern eher vom Stromverbrauch dominierte Verbrauchsstruktur. Bezieht man die Energiekosten auf den Umsatz, erhält man das in **Abbildung 2.8** dargestellte Ergebnis. Es zeigen sich auch hier deutliche Unterschiede hinsichtlich der Bedeutung der Energiekosten für die einzelnen Unternehmen.

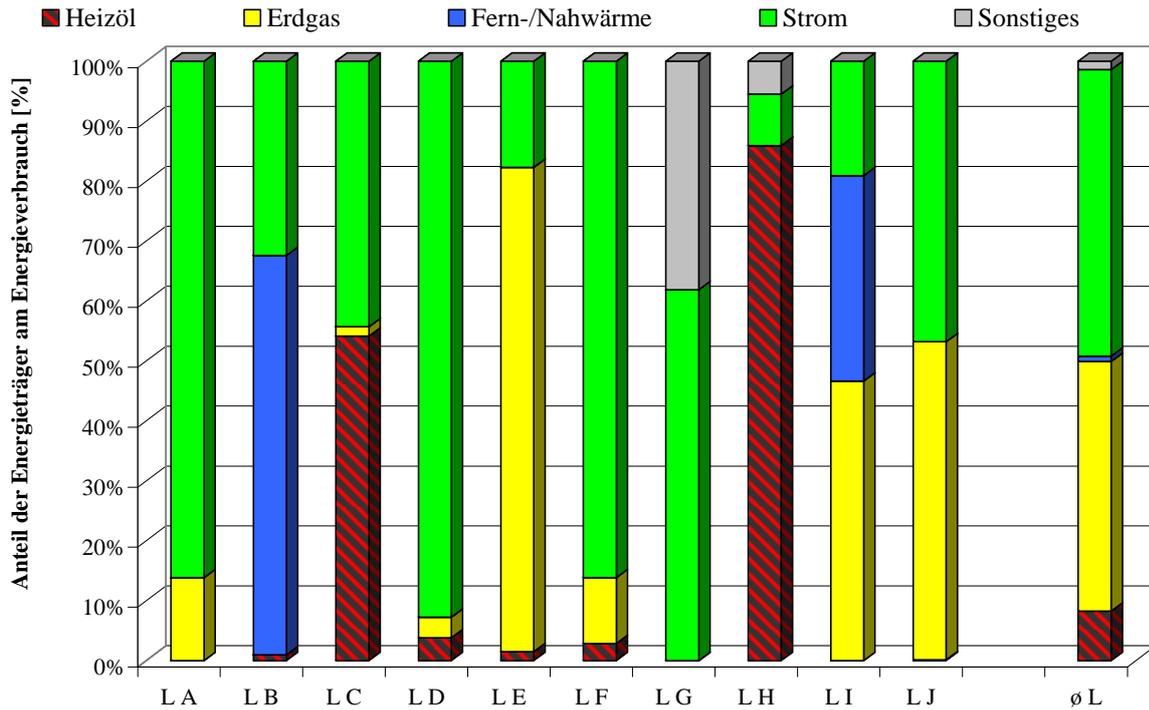


Abbildung 2.7: Energiemix der teilnehmenden Unternehmen in Ludwigsburg in 2008

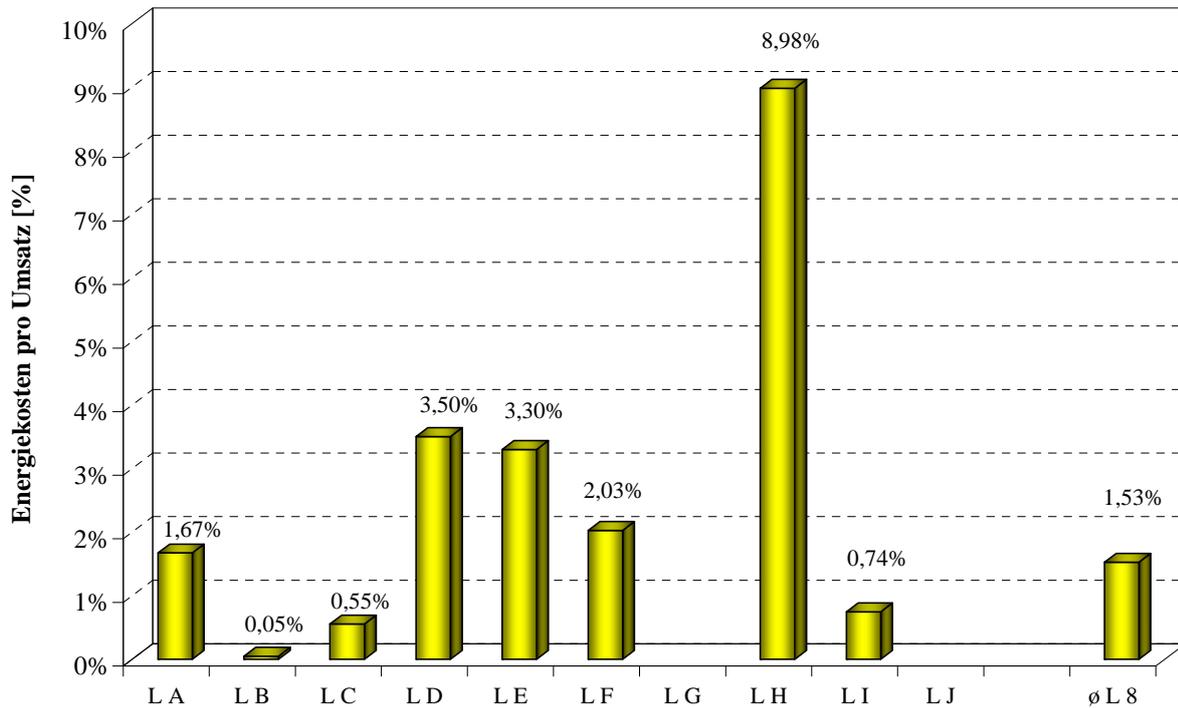


Abbildung 2.8: Energiekosten pro Umsatz in 2008 in Ludwigsburg

Wie am Standort Achern wurden auch in Ludwigsburg verschiedene Maßnahmen von den jeweiligen Unternehmen, teils unterstützt durch die Berater, direkt umgesetzt, oder sind in der Umsetzung begriffen. Die einzelnen Maßnahmen des Modellgebiets Weststadt sind in **Tabelle 2.4** zusammengefasst.

Tabelle 2.4: Übersicht über verschiedene in den Initialberatungen vorgeschlagene Maßnahmen im Modellgebiet Weststadt

Maßnahme	Einsparung		Anteil am Energieverbrauch	Anteil an Energiekosten	Investition
	Energie [kWh/a]	Energiekosten [€a]			
Beleuchtung	2.500 - 2.800	240 - 160	0,3 % - 0,2 %	0,3 % - 0,2 %	mittel
Abschaltung der Heizungspumpen	4.300	400	0,5 %	0,5 %	gering
Optimierung der Heizkreise	87.100 - 107.500	8.100 - 10.000	9,9 % - 12,2 %	9,9 % - 12,2 %	gering
Energieträgerwechsel Heizungsanlage	2.600	150	0,2 %	0,2 %	mittel - hoch
Energiedaten-managementsystem	58.000 - 505.000	3.800 - 33.600	0,6 % - 5,0 %	0,5 % - 5,0 %	mittel - hoch
Optimierung der Heizungsanlage	158.000	8.600	3,4 %	1,8 %	mittel - hoch
Wärmerückgewinnung bei Druckluftkompressoren	155.000	9.200	1,6 %	1,1 %	gering - mittel
Abwärmenutzung 1	99.900 - 1.666.000	12.000 - 200.000	2,2 % - 36,2 %	2,4 % - 40,8 %	mittel - hoch
Abwärmenutzung 2	864.000	40.000	4,6 %	2,3 %	mittel - hoch
Abwärmenutzung 3	1.143.000	67.200	12,1 %	8,0 %	mittel - hoch
Abwärmenutzung 4	35.400 - 106.200	2.000 - 6.000	2,0 % - 6,1 %	2,0 % - 6,1 %	mittel
Optimierung der Druckluftversorgung	42.000 - 84.000	5.000 - 10.000	0,9 % - 1,8 %	1,0 % - 2,0 %	mittel
Dämmung der Produktionshalle	56.000	6.700	0,6 %	0,8 %	hoch
Vertragsprüfung	17.700	1.000	1,0 %	1,0 %	gering
Sprintsarkurs	21.200	1.200	1,2 %	1,2 %	gering
Austausch des Eingangstors	201.000	11.800	2,1 %	1,4 %	mittel
Summe	2.947.700 - 5.094.300	181.540 - 405.860	4,3 % - 7,4 %	3,8 % - 8,5 %	

Abbildung 2.9 fasst die wichtigsten, im Rahmen der Initialberatungen erfassten Optimierungsmaßnahmen für das Modellgebiet Weststadt zusammen. Es zeigt sich, dass, ähnlich wie in Achern, neben der Querschnittstechnologie Beleuchtung die Erfassung der Energiedaten und -verbräuche eine unabdingbare Voraussetzung darstellt, um Effizienzpotenziale aufzudecken und zu heben. Weitere wichtige Maßnahmen stellen die Nutzung von Abwärme (intern) und die Optimierung der bestehenden Heizungsanlagen dar.

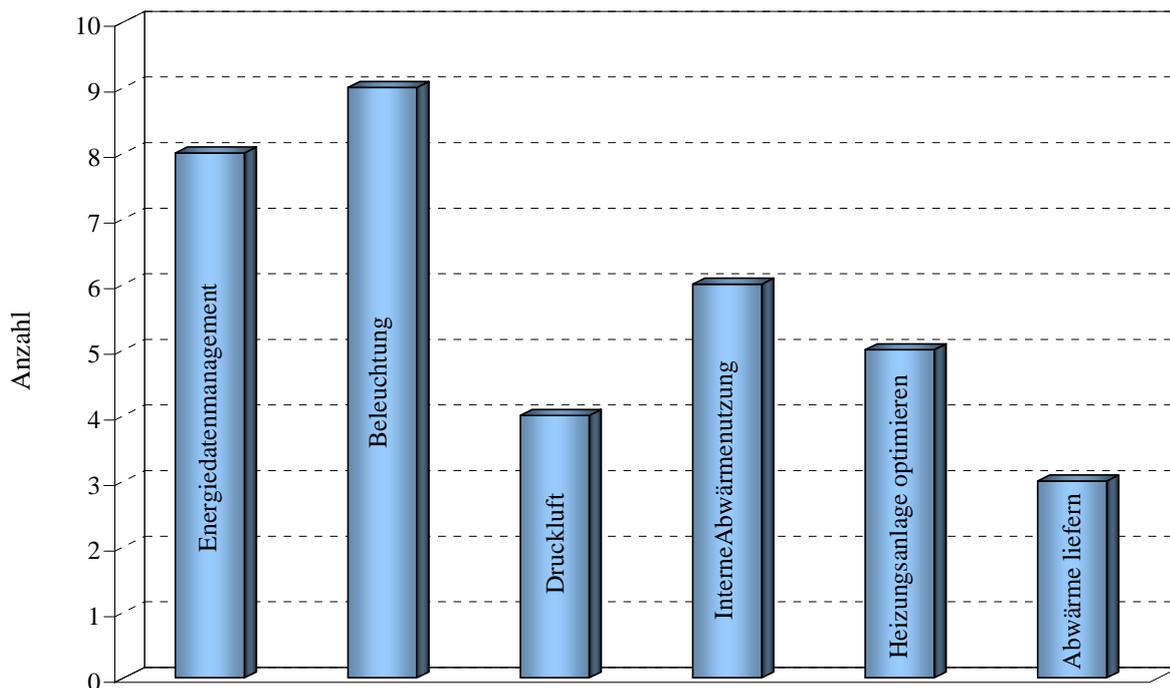


Abbildung 2.9: Wichtige Optimierungsmaßnahmen im Modellgebiet Weststadt

2.2.2 Detailberatungen

In Anschluss an die Initialberatungen entschieden sich im Modellgebiet Weststadt 6 der 10 teilnehmenden Unternehmen für weiterführende Analysen und Bewertungen im Rahmen der Detailberatungen.

Unternehmen L B

Vor dem Hintergrund, dass das Unternehmen L B eine möglichst genaue und strukturierte Erfassung und Aufbereitung seiner Energieverbräuche anstrebt, wurde diese Aufgabenstellung innerhalb der Detailberatung bearbeitet. Nach der Definition von Kriterien an ein solches System wurden seitens des zuständigen Beraters zunächst die bereits existierenden Messpunkte innerhalb des Betriebs erfasst. Um sich einen Überblick über den Markt von Energiedatenerfassungssystemen (EDM-Systemen) machen zu können, wurden die vorhandenen Produkte der verschiedenen Anbieter miteinander verglichen und ihre Vor- und Nachteile ausführlich gegeneinander abgewogen. Nach diesen Schritten blieben drei Systeme in der engeren Auswahl, von denen sich das Unternehmen eines auswählte und den, auf ein Gebäude beschränkten, Testbetrieb eingerichtet hat. Es konnte festgestellt werden, dass das System zuverlässig arbeitet und es soll im Laufe der Zeit in weiteren Gebäuden eingesetzt werden.

Unternehmen L C

Beim Unternehmen L C wurden in Hinblick auf die Einführung eines Energiedatenmanagementsystems der Ist-Zustand des Energieverbrauchs einer Reihe von Einzelverbrauchern gemessen und ein Soll-Konzept erarbeitet. Als Ergebnis lässt sich feststellen, dass mit der Optimierung des Heizungssystems ein erhebliches Einsparpotenzial verbunden ist. Darüber hinaus ist das Heizungssystem relativ alt und in einem sanierungsbedürftigen Zustand.

Über den Heizwärmebedarf hinaus zeichnet sich das Unternehmen durch einen hohen Stromverbrauch aus, weshalb es als lohnenswert betrachtet wurde, auch den Stromverbrauch genauer unter die Lupe zu nehmen. Zunächst wurde deshalb untersucht, wie das interne Stromnetz strukturiert ist. Als Nächstes wurden die Verläufe der gesamten Einspeisung analysiert, um weitere Anhaltspunkte zur Identifizierung energieintensiver Verbraucher zu erhalten. Hierbei wurden ein verzögertes Absinken und der Verbleib des Verbrauchs auf relativ hohem Niveau nach Betriebsschluss festgestellt. Für den Fall einer Identifikation und Hebung der für diesen Effekt verantwortlichen innerbetrieblichen Ursachen und Prozesse wurde ein Einsparpotenzial in Höhe von ca. 20.700 €/a ermittelt. Weitere Messungen zur detaillierten Ermittlung der Grundlast ergaben eine mögliche Einsparung von ca. 56.000 €/a für eine Absenkung auf das Niveau des Vorjahres.

Über längere Zeiträume durchgeführte weitere Messungen der verschiedenen Werksabschnitte, die Optimierung im Bereich der Querschnittstechnologien und die Untersuchung der Machbarkeit eines firmeninternen BHKWs ergaben, dass eine Optimierung der Werkshallen-Klimaanlagen Einsparungen in Höhe von ca. 21.000 €/a bewirken würde und eine Renovierung der Heizungsanlage ca. 47.000 €/jährlich. Eine Nutzung von warmer Abluft der Druckluft-Kompressoren würde Heizenergie im Wert von ca. 9.700 €/a sparen.

Unternehmen L E

Das Unternehmen L E entschloss sich, den in der Initialberatung aufgezeigten Punkt der Druckluftherzeugung und -leitung untersuchen zu lassen. Mit dem Ziel, den Energieverbrauch dieser Querschnittstechnologie zu senken, wurden Durchflussmessungen durchgeführt und das Verhältnis von Last- zu Leerlauf ermittelt. Es zeigte sich, dass ein neues, den Einzelsteuerungen übergeordnetes Steuerungssystem nicht korrekt arbeitete, was häufige Schaltvorgänge und damit ein nicht optimales Lastverhalten der Druckluftanlage verursachte. Durch Korrektur dieses Fehlers und einer aus den Durchflussmengen abgeleiteten optimierten Ansteuerung konnte der Energieverbrauch um ca. 200 kWh/a gesenkt werden. Dies entspricht einer Senkung von etwa 10 %, bzw. 5.100 €/a, welche unmittelbar aus dieser Maßnahme resultiert. Dieses Ergebnis überzeugte die Firmenleitung und es konnten eine Reihe an weiteren Maßnahmen, insbesondere im Bereich Wärmerückgewinnung, angestoßen werden, deren Ge-

samtinvestitionsvolumen sich auf etwa eine Million Euro beläuft und Einsparungen von ca. 300 MWh/a vermuten lassen.

Unternehmen L H

Ziel der Detailberatung des Unternehmens L H war, wie bei den meisten Teilnehmern, eine weitergehende Betrachtung inklusive Wirtschaftlichkeitsrechnung der vorgeschlagenen Verbesserungsmaßnahmen. Zunächst konnte ohne technischen Aufwand durch Verhandlungen mit dem Stromanbieter die Stromkosten jährlich um ca. 1.000 € gesenkt werden. Mehrere kleine Einsparungen in Höhe einiger hundert Euro konnten in den Bereichen Heizung und Beleuchtung identifiziert werden. Messungen des Verbrauchsverlaufs der Druckluftanlage ermöglichten es, Aussagen über mehrere Möglichkeiten der Optimierung zu treffen:

- Ersatz eines 43 Jahre alten Kolbenkompressors. Dies würde jedoch eine hohe Investitionssumme bei gleichzeitigen jährlichen Einsparungen von gerade 340 €/a bedeuten
- Eine Reduktion von Leckagen auf ein realistisches Maß würde die Stromkosten um ca. 920 €/a senken
- Reduzierungen des Arbeitsdrucks bedingen immer eine geringere Schalthäufigkeit des Kompressors. Eine Absenkung des Maximaldrucks von 9,5 auf 7,7 bar wird empfohlen. Die verknüpfte Kosteneinsparung kann jedoch nicht zuverlässig benannt werden.

Die Installation einer Wärmerückgewinnung in der Heißdampfereitungsanlage birgt ein Einsparpotenzial von ca. 4.100 €/a bei einer Investitionssumme von ca. 11.800 € und wird somit empfohlen. Der Einsatz einer Wärmerückgewinnung aus der Abluft der verschiedenen Maschinen würde sich nach 2,2 Jahren amortisieren (statische Amortisation), allerdings ist die Abluft stark verunreinigt. Durch den daher notwendigen Filter wird sich die Amortisation dieser Maßnahme jedoch nur geringfügig verlängern.

Unternehmen L I

Nachdem durch die Initialberatung in den Bereichen Heizanlage, Beleuchtung, Straßenbeheizung und der Druckluftkompressoren Potenziale zur Reduzierung des Energiebedarfes identifiziert wurden, diente die Detailberatung der genaueren Spezifizierung. Basierend auf Temperaturmessungen in verschiedenen Räumlichkeiten konnten konkrete Maßnahmen zur Senkung der eingesetzten Heizenergie in Höhe von ca. 8.200 €/a abgeleitet werden. Neben der Heizung wurde die Lüftung des Material- und Fahrzeugbereichs messtechnisch erfasst und bewertet. Eine einfach umzusetzende Maßnahme würde hier eine Einsparung von einigen hundert Euro bewirken. Verbesserungen der Druckluftkompressoren, Hallentore und Leitungsisolierungen würden jeweils ebenfalls einige hundert Euro jährlich einsparen. Eine Mo-

dernisierung der Beleuchtung birgt ein Einsparpotenzial von ca. 5.300 €/a. Eine Prüfung der Lieferverträge ergab eine mögliche Einsparung in Höhe von ca. 5.500 €/a durch einen Anbieterwechsel für Wärme.

Unternehmen L J

Auch der Gebäudekomplex des Unternehmens L J wurde basierend auf der Initialberatung detaillierter betrachtet. Zu Beginn wurde eine mögliche Optimierung von Druckluftverteilung und Klimatisierung aufgrund der neu gewonnenen Daten als nicht relevant bewertet. Eine Sanierung der Gebäudefassade konnte aufgrund der Komplexität nicht im Rahmen der Detailberatung untersucht werden. Durch einen einfachen Vergleich des Ist-Zustands mit dem Durchschnitt ähnlicher Bürogebäude in Deutschland konnte jedoch ein Einsparpotenzial von 38 % benannt werden. Eine Bearbeitung des Zustandes mit Hilfe spezialisierter Unternehmen wird empfohlen.

Potenziell nutzbare Abwärmepotenziale wurden im Rechenzentrum, den Kältekompressoren und der Druckluftanlage erkannt und bewertet. Eine Kopplung von Wärmerückgewinnung aus der Abluft des Rechenzentrums mit einer Wärmepumpe wurde überschlägig mit einer jährlichen Einsparung von etwa 28.000 € bewertet. Eine Anhebung der Abwärmetemperatur der Kältekompressoren mittels Wärmepumpe und anschließender Nutzung im Heizsystem würde eine jährliche Einsparung in Höhe von ca. 17.900 € bewirken. Eine Verwendung der Druckluftkompressorabwärme im Heizsystem ist hingegen nicht wirtschaftlich darstellbar. Eine direkte Nutzung der Abluft im Belüftungssystem während der Winterzeit würde jährlich Energie im Wert von 3.800 € bei geringen Investitionskosten, einsparen.

Temperaturmessungen über mehrere Tage offenbarten eine Überheizung weiter Teile der Büroräume. Eine Absenkung auf 21,5 - 22 °C würde eine Verminderung der Heizkosten um ca. 14.000 €/a bewirken. Auf diesen Messungen basierend wurde darüber hinaus eine Absenkung der Stütztemperatur in der Nacht und am Wochenende auf 14 °C mit einem Einsparpotenzial in Höhe von ca. 27.000 €/a bewertet. Eine Abschaltung von Teilen der Heizanlage in den Sommermonaten würde bei einem Zeitrahmen von drei Monaten eine Einsparung von ca. 32.000 € bedeuten. Unter Annahme entsprechender Randbedingungen ist bei der Beleuchtung mit einer installierten Gesamtleistung von etwa einem MW ein jährliches Einsparpotenzial von über 13.000 € zu heben, aufgrund der hohen Investitionskosten beläuft sich die Amortisationszeit hierbei allerdings auf über fünf Jahre.

2.2.3 Gesamtsituation und Einsparziel

Auf Basis der Initialberatungen wurde für das Modellgebiet Weststadt in Ludwigsburg ein allgemeines Einsparpotenzial von 650 bis 1.160 MWh/a, was etwa 1,0 bis 1,7 % des Gesamtenergieverbrauchs in 2008 entspricht, ermittelt. Durch Abwärmenutzung als betriebsübergreifende Maßnahme läge ein weiteres Einsparpotenzial in Höhe von 2.297 bis 3.934 MWh/a

(3,4 - 5,7 %) vor. Auch hier entschieden sich die Teilnehmer für ein unter dem Möglichen liegendes Ziel in Höhe von 4 %. Dies ist vor allem der ungewissen Investitionssituation vieler mittelständischer Unternehmen geschuldet. Außerdem soll so die Zielerreichung auch bei Ausstieg eines Unternehmens aus dem Projekt gewährleistet sein. Nach längerer Diskussion einigte man sich des Weiteren als Zielkenngröße auf den Energieeinsatz pro aufgewendete Mannstunde.

2.3 Zusammenfassung der Ergebnisse und Bewertung

Nicht nur die Suche nach teilnehmenden Unternehmen für die beiden Modellprojekte in Achern (EnergiePakt Achern) und Ludwigsburg (Modellgebiet Weststadt) gestaltete sich schwierig, auch die aktive Zusammenarbeit mit den Unternehmen im Verlauf des Projektes bedurfte der Unterstützung durch die Projektbeteiligten und die Auftraggeber. Nachdem jedoch erste Ergebnisse vorlagen, konnte die Mehrzahl der Teilnehmer von den Möglichkeiten, Energie einzusparen, überzeugt werden. Netzwerkübergreifende Maßnahmen sind z. B. die Optimierung der Beleuchtung, der Einsatz von geregelten Heizungspumpen, die Optimierung der Heizungsanlage, die Wärmerückgewinnung der Druckluftkompressoren sowie die Nutzung von Abwärme oder die Prüfung der Energieverträge. Bei allen Unternehmen konnte die Bedeutung der Energieverbrauchserfassung aufgezeigt werden. 8 der am Ende insgesamt 17 Unternehmen nahmen die Detailberatung in Anspruch und einige Unternehmen beschäftigten sich mit in den Initialberatungen identifizierte Maßnahmen unternehmensintern ohne Unterstützung durch den Beraterkreis weiter. Einige Unternehmen, die zumindest innerhalb der Projektlaufzeit, keine Verbesserungsmaßnahmen umsetzten oder begannen, gaben die Rückmeldung, dass sie durch die Ergebnisse der Initialberatungen eine bessere Diskussionsgrundlage gegenüber Vorgesetzten zum Thema Energieeffizienzmaßnahmen erhalten hätten.

Von allen teilnehmenden Unternehmen wurden die gemeinsamen Workshops, die neben Vorträgen und Informationen über den Stand des Projektes in der Regel auch eine Begehung des Unternehmens, bei dem das Treffen statt fand, beinhalteten, als sehr positiv und informativ angesehen. Gerade der Informationsaustausch mit anderen Unternehmen und die schnelle Bereitstellung von Informationen zu „Energithemen“ wurden als sehr hilfreich bewertet.

Als allgemeines Ergebnis zu den Beratungen kann festgehalten werden, dass die Erwartungshaltung der Unternehmen hinsichtlich der Ergebnisse einer ersten Beratungsstufe nicht immer erfüllt werden konnte. In seltenen Fällen wurde ein unzureichendes branchenspezifisches Wissen der Berater angemerkt. Auch der Notwendigkeit Messungen durchzuführen, standen einige Unternehmen zu Beginn eher skeptisch gegenüber. Die Inhalte und Ergebnisse der Detailberatungen zeigen jedoch sehr deutlich, dass die Erfassung von Messwerten eine elementare Grundlage für die Bewertung von Effizienzmaßnahmen darstellt. Es konnte gezeigt werden, dass, als in der Initialberatung aussichtsreich identifizierte Maßnahmen, nach der Durchführung von Verbrauchsmessungen als weniger bedeutend eingestuft werden konn-

ten. Andererseits wurden durch Verbrauchsmessungen teilweise andere Einsparpotenziale erst sichtbar und konnten entsprechend gehoben werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Thematik Energie bei den meisten Unternehmen eine untergeordnete Rolle spielt und die Aktivität der Umsetzung von Effizienzverbesserungen sehr stark personenbezogen ist. Die Bedeutung des Themas Energie in einem Unternehmen steht nicht immer mit den damit verbundenen Kosten in Relation. Innerhalb der beiden Netzwerke variierte die Kennzahl „Anteil der Energiekosten am Umsatz“ im Ausgangsjahr 2008 zwischen 0,05 und 16,7 %.

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit von entsprechenden Maßnahmen wird häufig noch immer die Amortisationszeit als ausschlaggebende Entscheidungsgrundlage genannt, wodurch die Umsetzung gerade von Energieeffizienzmaßnahmen teilweise verhindert wird. Es zeigte sich jedoch auch, dass durch das Projekt eine deutliche Verbesserung der Sensibilität der Unternehmen zu diesem Thema erreicht werden konnte. Einige Unternehmen beschäftigen sich in großem Maße über das Projekt hinaus mit Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und investieren in beträchtlichem Umfang in neue Erzeugungs- und Produktionsanlagen.

Betrachtet man die Energierägerstruktur der beteiligten Unternehmen im Jahr 2008 in den beiden Netzwerken, so zeigt sich eine deutliche Dominanz der Strom- und Gasnutzung. Dabei variiert der Stromanteil am Gesamtenergieverbrauch zwischen 39 und 48 % bei Gas entsprechend zwischen 42 und 48 %. Bei beiden Netzwerken werden ca. 8 % des Energiebedarfs noch durch Heizöl bereitgestellt. Andere Energieträger, wie z. B. Fernwärme, fallen kaum ins Gewicht.

3 Umsetzungsmöglichkeiten unternehmensübergreifender Maßnahmen

Neben den aufgezeigten unternehmensspezifischen Maßnahmen werden verschiedene betriebsübergreifende Maßnahmen im Folgenden anhand der beiden Modellgebiete beispielhaft dargestellt. Aufgrund der Datengrundlage musste bei einigen Betrachtungen auf Annahmen zurückgegriffen werden. Um unterschiedliche Möglichkeiten analysieren zu können, wurden Lastgänge aus der einschlägigen Literatur seitens der entsprechenden Branchenverbände sowie Verbräuche weit verbreiteter Maschinentypen der jeweiligen Branche mit den vorliegenden Daten kombiniert. Am Standort Ludwigsburg konnten so mehrere mögliche Maßnahmen mit einem relativ hohen Detailgrad identifiziert werden. In Achern war dies aufgrund der größeren Entfernungen und schwierigeren wirtschaftlichen Situation der Teilnehmer nur sehr eingeschränkt möglich. Hier beschränken sich die Kooperationsmöglichkeiten auf zwei Unternehmen, die sich in relativer Nähe zu einander befinden.

3.1 Prinzip unternehmensübergreifender Maßnahmen

Bevor Möglichkeiten unternehmensübergreifender Maßnahmen innerhalb der beiden Modellgebiete identifiziert und bewertet werden, sollen die diesen Maßnahmen (unternehmensübergreifende Abwärmenutzung, Installation eines gemeinsamen Verteilnetzes sowie gemeinsame Energieerzeugung) zugrundeliegenden Prinzipien zunächst unter Kapitel 3.1.1 bis 3.1.3 erläutert werden.

3.1.1 Unternehmensübergreifende Abwärmenutzung

An beiden Standorten wurde hinsichtlich der Ermittlung von betriebsübergreifenden Abwärmenutzungsmöglichkeiten die nachfolgend erläuterte Vorgehensweise angewandt:

- Ermittlung detaillierter Informationen zum Energiebedarf (Menge, zeitlicher Verlauf)
- Ermittlung von Abwärmequellen (Menge, zeitlicher Verlauf)
- Erstellung eines Entfernungsmodells
- Energetisch- und kostenoptimierte Zuordnung

Die Machbarkeit einer Abwärmenutzung über Firmengrenzen hinweg hängt signifikant von den Eigenschaften der Abwärmequelle und denen des Wärmeverbrauchers ab. **Tabelle 3.1** stellt beispielhaft eine Übersicht der verwendbaren Abwärmequellen am Beispiel von Ludwigsburg zusammen. Dabei bestimmt die Menge an verfügbarer Wärme den Nutzen, d. h. die später erzielbare Vergütung. Die Maximallast bestimmt die erforderliche Größe der Anlagen, um die Wärmeabfuhr zu gewährleisten, und die Volllaststunden sind ein Maß dafür, wie gleichmäßig das Angebot ist.

Es muss hier jedoch beachtet werden, dass aufgrund der Datengrundlage auf branchenspezifische Energieverbräuche und Lastgänge zurückgegriffen wurde. Daher haben die weiteren Ergebnisse der Betrachtung lediglich beispielhaften Charakter und für erfolversprechende Anwendungsfälle muss eine detaillierte Untersuchung der tatsächlichen Verbräuche, Lastgänge, etc. erfolgen.

Tabelle 3.1: Übersicht über verwendbare Abwärmequellen

Bezeichnung	T [°C]	\dot{V} [m ³ /h]	t [h/a]	Q [kWh/a]	Medium
L D - Kühlung	45	-	-	3.612.000	Wasser
L E - Kompressoren	50	11.200	3.600	376.000	Wasser
L E - Röster	168	4.918	4.700	746.000	Luft
L E - Sprühturm C 1	53	13.500	4.500	624.000	Luft
L E - Sprühturm D 1	53	13.500	4.500	624.000	Luft
L E - Sprühturm C 2	110,5	7.953	4.500	808.000	Luft
L E - Sprühturm D 2	110,5	7.953	4.500	808.000	Luft
L F - Kühlung	22 – 28	-	-	2.900.000	Wasser
L F - Zündspulen	72	4.343	7.200	450.000	Wasser

Ist die Charakteristik der Abwärmequellen bekannt, muss im nächsten Schritt die Nutzung der Abwärme geprüft werden. Für eine erste Überprüfung kommt aufgrund von Erfahrungswerten bei der Durchführung von entsprechenden Planungen ein Bedarf mit folgenden Rahmenbedingungen und Eigenschaften in Frage:

- Die Temperatur des Bedarfs liegt ca. 20 K unter der des Angebots
- Das Verhältnis aus übertragener Wärme und der Entfernung sollte über 2 MWh_{th}/m*a liegen (vgl. /Rutschmann 2005/)

Paare aus Angebot und Nachfrage, die sich nach diesen Vorgaben finden lassen, sollten detailliert untersucht werden.

3.1.2 Gemeinsames Verteilernetz

Der Hauptnutzen eines gemeinsamen Verteilernetzes liegt in der Möglichkeit, gemeinsam Erzeugungsanlagen für die jeweilige Energieform zu betreiben. Wird dagegen die dezentrale Erzeugung beibehalten, steigt vor Allem die Ausfallsicherheit des Netzes. Die einzelnen Erzeugungsanlagen sind so ausgelegt, dass sie den Maximalbedarf der jeweiligen Firma decken können, dieser wird jedoch nur selten benötigt. Die meiste Zeit steht also Leistung zur Verfügung, die verwendet werden kann, um Bedarf bei anderen Firmen zu decken. Sollte bei einer Firma die Erzeugungsanlage ausfallen oder zu Wartungszwecken abgeschaltet werden, kann bei ausreichender Zahl an teilnehmenden Firmen mit der zu Verfügung stehenden Überschussleistung problemlos der Bedarf einer Firma komplett gedeckt werden.

Abbildung 3.1 zeigt einen beispielhaften Verlauf der Energieproduktion einer einzelnen Firma. Der Maximalbedarf der Firma beträgt 7,5 MW, dies ist also auch die Auslegungsleis-

tung der Energieerzeugungsanlagen. Bei einem Minimalbedarf von 3 MW heißt das, dass bis zu 4,5 MW an Leistungskapazität für andere Firmen zur Verfügung stehen. Da der Durchschnittsbedarf 5 MW beträgt, sind im Mittel 2,5 MW verfügbar. Sind genügend Firmen am Netz beteiligt, addieren sich diese freien Kapazitäten zur Reserveleistung des Netzes.

Zusätzlich steigt die Flexibilität bei der Wahl der Energieträger. Normalerweise sind in einem solchen Verbund für die meisten Energieträger Erzeugungsanlagen vorhanden. Indem man wählt, welche Anlagen abgeschaltet werden, kann man die Anteile der verschiedenen verwendeten Energieträger im Energiemix des Verbundes ändern. Je höher die Schwankungen der Verbräuche in den einzelnen Firmen sind, desto höher ist der Unterschied zwischen Durchschnittsbedarf im Netz und Auslegungsleistung der Erzeugung. Diese Differenz ist die Leistung, die ohne gemeinsames Netz als Reserve vorgehalten werden müsste, und die bei Einführung des Netzes zur Beeinflussung des Energiemix zur Verfügung steht. Je höher die Schwankungen im Energiebedarf der einzelnen Firmen sind, desto besser lässt sich der tatsächlich verwendete Energiemix beeinflussen. Außerdem lässt sich die Effizienz der Energieerzeugung im Gesamtnetz steigern. Die meisten Anlagen haben den höchsten Wirkungsgrad im Auslegungspunkt /Centrax 2010/.

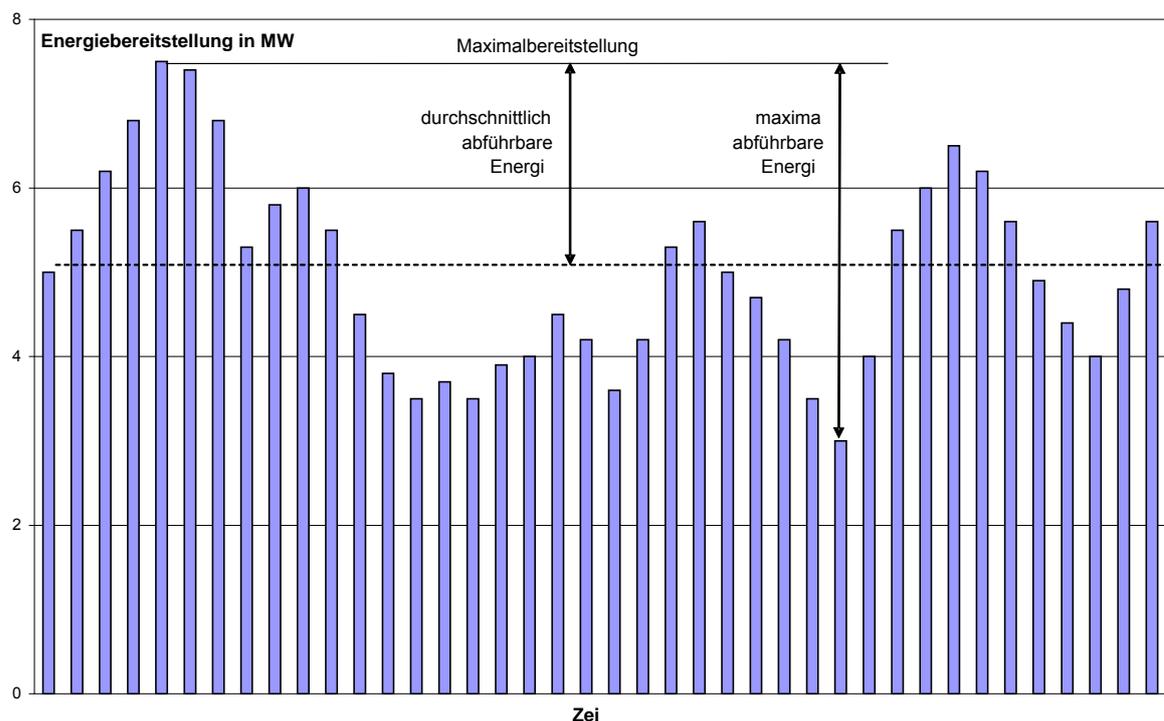


Abbildung 3.1: Verlauf des Maximal- und Durchschnittsenergiebedarfs eines KMU (beispielhaft)

Wenn nun mehrere Erzeugungsanlagen verbunden sind, kann man die meisten Anlagen in diesem optimalen Betriebspunkt betreiben, und muss sich nicht nach dem Bedarf richten. Schwankungen im Bedarf werden nur durch Leistungsänderungen der letzten zugeschalteten Anlage berücksichtigt. Allerdings sind zusätzlich Bedarfsspitzen häufiger, da der Bedarf mehrerer Firmen sich überlagert und die meisten Spitzen im Bedarf der einzelnen Firmen

sich auch im Gesamtbedarf zeigen. Die Anforderungen an die Lastwechselgeschwindigkeit der Anlagen können dadurch steigen.

Hinsichtlich der Netzstruktur unterscheidet man zwischen den in **Abbildung 3.2** dargestellten Formen, dem Strahlennetz, dem Ringnetz und dem Maschennetz.

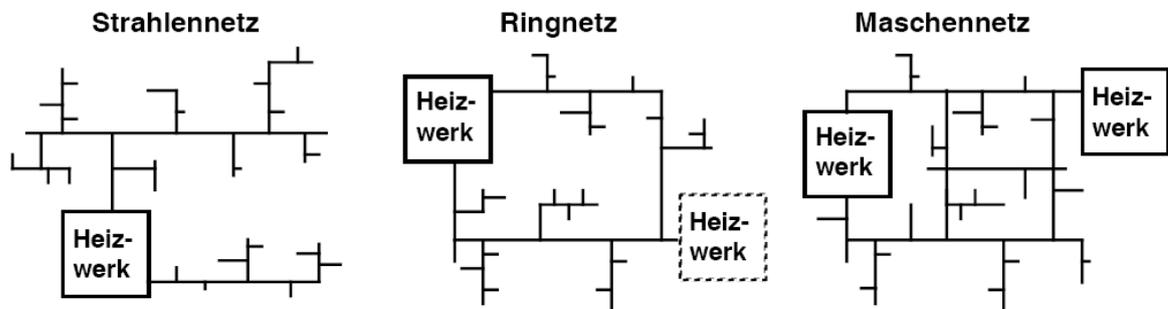


Abbildung 3.2: Mögliche Netzformen für Verteilernetze

3.1.3 Gemeinsame Energieerzeugungsanlagen

Besonders groß ist der Nutzen, wenn man auch eine gemeinsame Energieerzeugung einführt. Einige Vorteile ergeben sich dabei direkt durch die gestiegene Größe, andere durch die größere Anzahl dahinter stehender und versorgter Firmen. Der Hauptvorteil, der sich durch die Größe ergibt, nennt sich Economy of Scale. Der Preis der meisten Anlagen setzt sich zusammen aus einem Teil, der proportional zur Leistung der Anlage ist, sowie aus einem leistungsunabhängigen Teil für Geräte und Leistungen, die in jedem Fall benötigt werden. Bei größeren Anlagen bleibt der Anteil an leistungsunabhängigen Kosten konstant, verteilt sich allerdings auf eine größere Leistung. Das bedeutet, dass größere Anlagen im Normalfall geringere Kosten pro Nutzenergie haben. Wenn die benötigte Nutzenergie gleich bleibt, sinken also die Erzeugungskosten. Allerdings steigt der Bedarf durch Übertragungsverluste, weswegen der Nutzen einer gemeinsamen Erzeugung in jedem Fall detailliert überprüft werden muss. **Abbildung 3.3** zeigt dies am Beispiel von Großwasserraumkesseln mit Flüssig- oder Gasfeuerung. Hierfür wurden Angebote von Kesselherstellern im Verlauf mehrerer Jahre gesammelt und mit einem Inflationssatz von 1,5 % auf das Jahr 2009 bezogen. Hierbei ist deutlich der sinkende spezifische Preis bei steigender Größe zu sehen /Eproplan 2009/. Ein weiterer technischer Nutzen liegt darin, dass größere Anlagen meist die höheren Wirkungsgrade haben /ASUE 2006/.

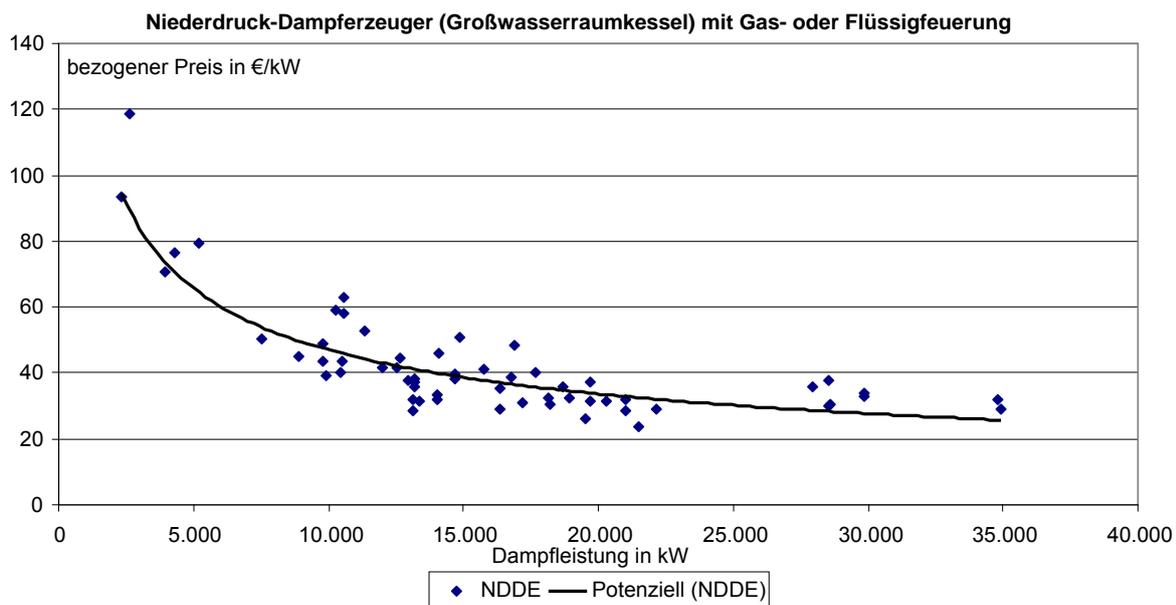


Abbildung 3.3: Leistungsbezogene Preise von Großwasserraumkesseln /Eproplan 2009/

Oft lassen sich auch bei größeren Anlagen bessere Techniken verwenden. So kann z. B. bei Wärmeerzeugungsanlagen eine bessere Abgasreinigung verwendet werden. Dies liegt zum Einen daran, dass es oft eine Untergrenze bei der Größe gibt, ab der die Nutzung einer Technik erst sinnvoll wird. Zum Anderen kann bei größeren Anlagen auch eher Geld für eine bessere Technik ausgegeben werden, das durch die Economy of Scale frei geworden ist. Außerdem gilt die Economy of Scale auch für Erweiterungen, sodass derselbe Nutzen bei größeren Anlagen mit weniger Kosten erreicht werden kann als bei mehreren kleineren Anlagen. Weitere Vorteile kommen aus der Überlagerung der Bedarfsverläufe mehrerer Firmen. Das senkt bei Erfüllen derselben Anforderungen die Investitionskosten. **Abbildung 3.4** zeigt exemplarisch Verläufe des Energiebedarfs von drei Firmen, die jeweils mindestens 3 MW und maximal 7,5 MW benötigen. Entsprechend müssen die Energieerzeugungsanlagen der einzelnen Firmen zusammen 22,5 MW Leistung haben. In **Abbildung 3.5** ist der gemeinsame Verlauf dargestellt. Hier beträgt der maximale Bedarf und damit die nötige Leistung der Energieerzeugungsanlagen 17,3 MW, es können also 5,2 MW an Erzeugungskapazität eingespart werden. Außerdem gibt es weniger Zeiten, in denen der Bedarf unter die Mindestproduktionsmenge der Erzeugungsanlage fällt, die Anlage muss seltener neu angefahren werden. Dies reduziert den Verschleiß und erhöht damit die Lebensdauer der Anlage. Außerdem verbraucht jedes Anfahren Energie, die nicht in Nutzenergie überführt wird.

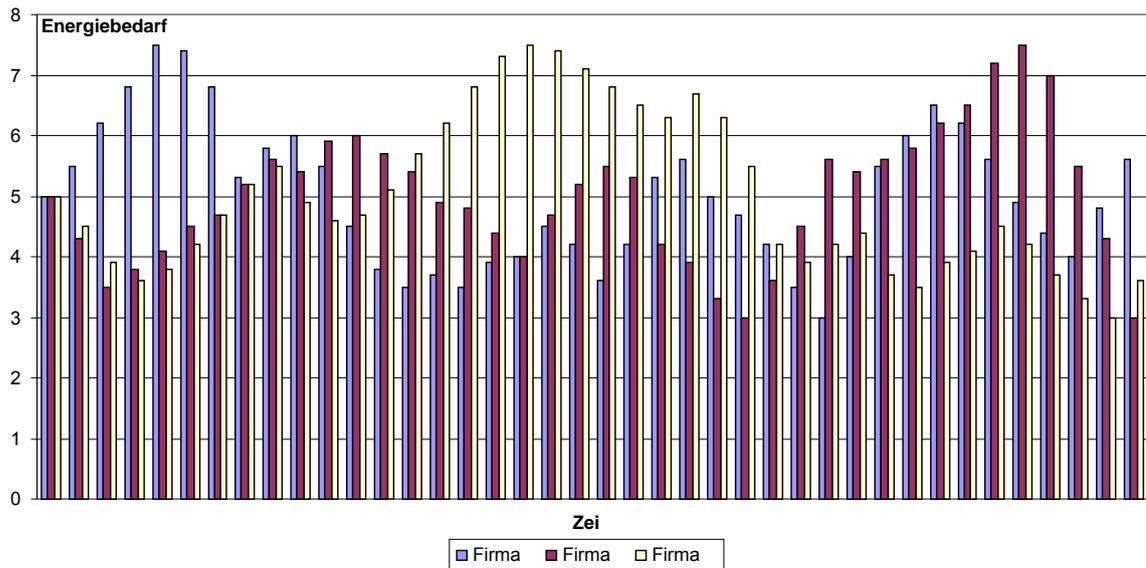


Abbildung 3.4: Verläufe des Energiebedarfs von drei Firmen (beispielhaft)

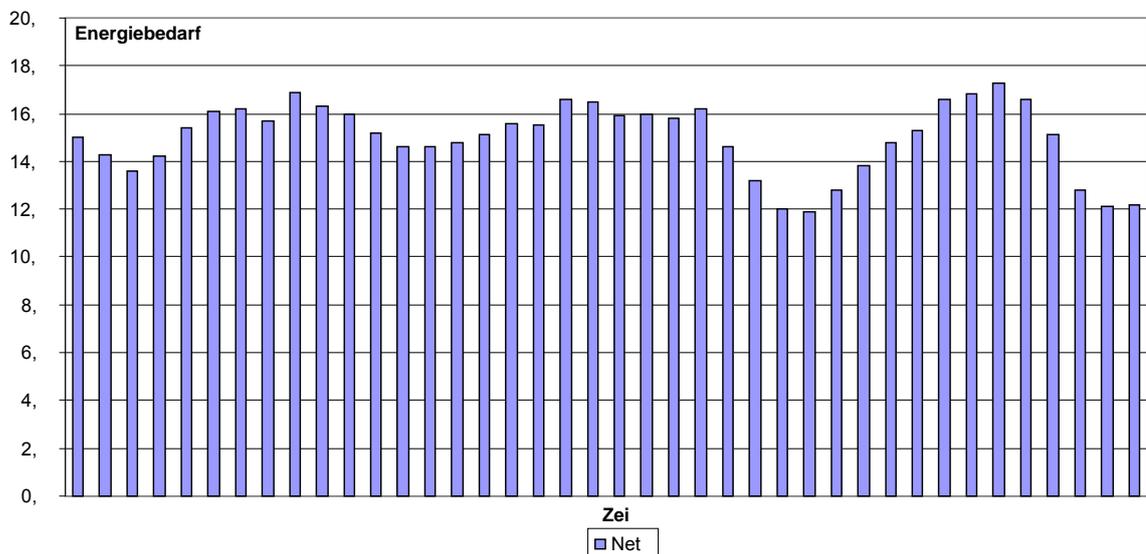


Abbildung 3.5: Beispielhafter durchschnittlicher Bedarf im Netz eines Unternehmens

Sowohl in Achern als auch in Ludwigsburg wurde die Möglichkeit einer gemeinsamen Wärmeerzeugung näher betrachtet. In Ludwigsburg gestaltet sich aufgrund der Größe des Industriegebietes und der dichten Bebauung ein direkter Wärmeaustausch zwischen den Unternehmen schwierig. Da es jedoch durch die Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim Überlegungen gibt, das Fernwärmenetz im Bereich des Modellgebiets zu erweitern, wird eine mögliche Einspeisung von innerbetrieblich nicht nutzbarer Abwärme in ein zukünftig bestehendes Fernwärmenetz untersucht.

3.2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Zahlreiche Gesetze und Vorschriften können je nach Projekt Einfluss auf energietechnische Projekte haben. Besonders im Bereich der Vorschriften gibt es eine unübersichtliche Vielzahl, die teilweise noch ergänzt werden von technischen Regeln, die häufig nicht von staatlichen Einrichtungen sondern von Industrieverbänden aufgestellt werden. Diese sind damit zwar nicht rechtlich vorgeschrieben, allerdings verweisen einige Gesetze auf den „aktuellen Stand der Technik“, so z. B. auch das Arbeitsschutzgesetz und die Betriebssicherheitsverordnung /Juris 2012/, die immer dann anzuwenden sind, wenn Arbeitnehmer im jeweiligen Bereich tätig sind. Durch die europäische Gesetzgebung kam der Begriff der „Besten Verfügbaren Technik“ (BVT) hinzu, der aber dem aktuellen Stand der Technik weitgehend entspricht /BMU 2009/.

Der Stand der Technik ist entsprechend dem Bundes-Immissionsschutzgesetz der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zum Erreichen der Zielsetzung des jeweiligen Gesetzes gesichert erscheinen lässt. Er muss sich allerdings nicht in der Praxis bewährt haben /Hansmann 2009/. Dabei muss die Verhältnismäßigkeit zwischen Aufwand und Nutzen gewahrt bleiben, also muss die Maßnahme zumindest für die Mehrheit einer Branche wirtschaftlich machbar sein. Dieser Stand der Technik wird auch wesentlich von den technischen Regeln der entsprechenden Wirtschaftsverbände mitbestimmt, die dadurch im Normalfall zu berücksichtigen sind. Die Beste Verfügbare Technik dagegen wird von eigenen technischen Arbeitsgruppen regelmäßig in sogenannten BVT-Merkblättern veröffentlicht /BMU 2009/.

Im Folgenden soll auf wesentliche Vorschriften und Gesetze eingegangen werden. Diese lassen sich in drei Bereiche unterteilen: Das Baurecht, das Umweltrecht und das Sicherheitsrecht. Diese müssen bei den meisten Energieerzeugungsanlagen berücksichtigt werden. Außerdem gibt es noch Gesetze, die direkt die Wirtschaftlichkeit von energietechnischen Anlagen beeinflussen. Da das im Baurecht angesiedelte Gesetz zur Energieeinsparung und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz für dieses Projekt von besonderer Bedeutung sind, soll ihr Inhalt nachfolgend kurz erläutert werden. In Hinblick auf eine gemeinsame Nutzung von BHKW-Anlagen durch verschiedene Unternehmen wird außerdem auf das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz eingegangen und die Bedeutung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes erläutert. Wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hat auch die Höhe der zu entrichtenden Steuer. Diese wird vor Allem durch die Verbrauchssteuern bestimmt, die auf die Energieträger erhoben werden. Die Höhe der Beträge wird im Energiesteuergesetz und im Stromsteuergesetz festgelegt.

Energieeinsparungsgesetz

Der Wärmeschutz ist Teil mehrerer Gesetze und auf ihnen basierender Vorschriften. So gilt im Fall von beheizten oder gekühlten Gebäuden das Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden, kurz Energieeinsparungsgesetz, sowie die darauf basierende, besser bekannte Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, kurz Energieeinsparverordnung /Juris 2012/. Diese Verordnung begrenzt bei Neubauten, sowohl von Wohn-, wie auch von Nichtwohngebäuden, den Energieverbrauch, indem für verschiedene Gebäudetypen jeweils ein maximal erlaubter rechnerischer Primärenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser festgelegt wird /Juris 2012/. Dadurch, dass Primärenergie als relevante Größe gewählt wurde, kommen sowohl Wärmedämmung zum Reduzieren der Wärmeverluste als auch bessere Anlagentechnik zum Reduzieren der Umwandlungsverluste in Frage, um die Vorschrift einzuhalten.

Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

Ebenfalls wichtig im Bereich des Wärmeschutzes ist das Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich, kurz Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz. Dieses schreibt für die meisten beheizten oder gekühlten Gebäude sowie für Prozesswärme vor, ein Mindestanteil an Energie aus erneuerbaren Quellen bei der Deckung des Energiebedarfs vor und gilt seit 1. Januar 2009. Die Höhe des Anteils hängt von der verwendeten erneuerbaren Quelle ab (vgl. **Tabelle 3.2**).

Tabelle 3.2: Übersicht über den Mindestanteil Erneuerbarer Energie gemäß Erneuerbare-Energien Wärmegesetz /Juris 2012/

Energiequelle	Sonnenenergie	Gasförmige Biomasse	Feste oder flüssige Biomasse	Geothermie und Umweltwärme
Mindestanteil	15 %	30 %	50 %	50 %

Während es sich beim EEG-Wärmegesetz um ein Gesetz auf Bundesebene handelt, beinhaltet es zwei Unterbereiche, in denen die Bundesländer spezifische Regelungen festlegen können. Hierbei handelt es sich um, gegenüber der Bundesvorgabe, höhere Pflichtanteile bei der Nutzung von Solarthermie und die Wirksamkeit für Bestandsbauten, wie sie bis 2009 in Baden-Württemberg im Landesrecht verankert war und im EEG-Wärmegesetz weiterbesteht.

Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz gilt für Strom, der mit Anlagen auf Basis von Steinkohle, Braunkohle, Abfall, Abwärme, Biomasse, gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen bereitgestellt wird. Als KWK-Strom gilt dabei der Teil des Stroms, der physikalisch unmittelbar mit der Erzeugung von Nutzwärme gekoppelt ist. Wird ein Teil der Abwärme aus der Stromer-

zeugung nicht durch die Anlage zur Nutzung der Abwärme geleitet, gilt nur der Anteil des Stroms als KWK-Strom, der dem Anteil der genutzten Wärme an der gesamten Abwärme entspricht. Wenn also ein Drittel der Restwärme nach der Stromerzeugung ungenutzt abgeführt wird, gelten zwei Drittel des Stroms als KWK-Strom. Die Abwärme, die nach der Abfuhr der Nutzwärme nicht mehr genutzt werden kann, zählt dabei zum Anteil, der den KWK-Strom bestimmt /Juris 2012/.

Neben den verhandelten Preisen, die mindestens dem durchschnittlichen Preis für Grundlaststrom an der Strombörse EEX in den letzten vier Quartalen entsprechen müssen, kommen noch zwei weitere Größen dazu. Zum Einen die Netznutzungsentgelte, da die Netze durch die dezentrale Einspeisung durch diese KWK-Anlage weniger belastet werden. Zum Anderen muss ein gesetzlich festgelegter Zuschlag gezahlt werden, dieser variiert je nach Größe, Alter und Effizienz der Anlage. **Tabelle 3.3** zeigt die Höhe der Zuschläge, wobei auch für größere Anlagen bis zu entsprechenden Leistungen die genannten Zuschläge erhalten. Das bedeutet, dass eine Anlage mit 100 kW Leistung bei Nennlast einen durchschnittlichen Zuschlag von 3,605 ct/kWh erhält.

Tabelle 3.3: Förderung nach dem KWKG /Juris 2012/

Zuschlag in ct/kWh	Neuanlagen ab 2002	Modernisierte Anlagen ab 2005
Bis 50 kW _{el}	5,11	5,11
50 kW bis 2 MW _{el}	2,1	2,1
Über 2MW _{el}	Keine Förderung	1,5

Erneuerbare-Energien-Gesetz

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz gilt für Strom aus Wasserkraft einschließlich der Wellen-, Gezeiten-, Salzgradienten- und Strömungsenergie, für Strom aus Windenergie, solare Strahlungsenergie, Geothermie, Energie aus Biomasse einschließlich Biogas, Deponiegas, Grubengas und Klärgas sowie aus dem biologisch abbaubaren Anteil von Abfällen aus Haushalten und Industrie. Für diese Energieträger sind jeweils Vergütungssätze festgelegt worden, die teilweise auch nach Größe, Alter und Aufstellungsort variieren. Zusätzlich sinken die Vergütungssätze jährlich um einen Prozentsatz, der ebenfalls je nach Energiequelle variiert. Eine Übersicht über diese Werte ist in Tabelle 3.4 dargestellt. Finanziert wird diese Vergütung über eine Umlage auf den gesamten verbrauchten Strom /Juris 2012/. Die Höhe der Umlage beträgt 2011 3,53 ct/kWh /EnBW 2011/.

Tabelle 3.4: Förderung nach dem EEG ab 2011 /BDEW 2011/

Energieerzeugung	Vergütung [ct/kWh]
Liquiditätsreserve	0,291
Photovoltaik	1,783
Wind Onshore	0,628
Wind Offshore	0,033
Biomasse	0,777
Wasserkraft, Gase, Geothermie	0,018

Zum 1. Januar 2012 tritt eine weitere Novellierung des EEG in Kraft. Mit ihr gehen, in Hinblick auf eine Anwendung in industriellem Umfeld, einige Änderungen einher. So wird zusätzlich zur Marktprämie die bedarfsgerechte Stromerzeugung aus Biogas mit einer Flexibilitätsprämie angereizt. Hiermit werden Investitionen in größere Generatoren und Gasspeicher ermöglicht, die nötig sind, um die Stromerzeugung aus Biomasse entsprechend der Nachfrage zeitlich um bis zu 12 Stunden zu verschieben. Darüber hinaus können alle Anlagenbetreiber von erneuerbaren Energien ihren Strom selbst vermarkten. Hierfür verzichten die Betreiber auf ihren festen Vergütungsanspruch nach dem EEG und vermarkten ihren Strom stattdessen selbst, sei es durch Lieferverträge oder an der Strombörse. Neben dem Verkaufserlös erhält der Betreiber eine Marktprämie. Sie ergibt sich als Differenz zwischen der jeweiligen EEG-Einspeisevergütung und dem durchschnittlichen Börsenstrompreis. Änderungen der Vergütungen verschiedener erneuerbarer Technologien sind ebenfalls enthalten, so sinkt z. B. die Vergütung für kleine Biomasseanlagen (mit Ausnahme kleiner Gülleanlagen). /BMU11/

Energiesteuergesetz

Das Energiesteuergesetz gilt für die meisten Mineralölerzeugnisse, Kohle, sowie für Erdgas und andere gasförmige Kohlenwasserstoffe. Dabei sind auch zahlreiche Ausnahmen und Minderungsregelungen festgelegt. So wird der Steuersatz für Biokraft- und Bioheizstoffe reduziert, wobei die Steuer bis 2013 nach und nach fast bis auf den Steuersatz für entsprechende Mineralölerzeugnisse angehoben wird. Ebenso gilt ein reduzierter Steuersatz für die Nutzung bei der Stromherstellung unter 2 MW_e, darüber wird die Energiesteuer ganz erlassen. Bei der Herstellung von KWK-Strom in Gasturbinen oder Verbrennungsmotoren gilt ebenfalls der reduzierte Steuersatz, sofern der Jahresnutzungsgrad über 60 % beträgt. Dies gilt auch für den Energieträgeranteil, der zur Wärmeerzeugung genutzt wird. Bei KWK-Anlagen mit einem Jahresnutzungsgrad von über 70 % wird die Steuer ganz erlassen, und zwar wieder auch für den zur Wärmeerzeugung genutzten Anteil /Juris 2012/.

Stromsteuergesetz

Bei der Nutzung von Strom ist die Stromsteuer von 20,50 €/MWh zu entrichten. Dabei ist Strom aus erneuerbaren Energieträgern von der Steuer befreit, wenn er aus einem ausschließlich aus solchen Energieträgern gespeisten Netz oder einer entsprechenden Leitung entnom-

men wird. Klärschlamm und Grubengas gelten hierbei nicht als erneuerbare Energieträger. Zusätzlich ist Strom aus Anlagen mit einer Nennleistung von bis zu 2 MW steuerfrei, wenn er vom Anlagenbetreiber in einem räumlichen Zusammenhang zur Entnahmestelle geleistet wird /Juris 2012/. Wichtig ist ebenfalls die Reduzierung der Steuer für das produzierende Gewerbe auf 12,30 €/MWh. Dabei ist allerdings eine Grundmenge von 25 MWh pro Jahr nicht steuerbegünstigt. Einige technische Prozesse sind komplett von der Steuer befreit, im Einzelnen die Elektrolyse, die Metallverarbeitung, die Herstellung von Glaswaren und keramischen Erzeugnissen sowie chemische Reduktionsverfahren /Juris 2012/.

3.3 Datenerhebung und Maßnahmenidentifikation

Der Identifikation von effizienzsteigernden Maßnahmen voraus geht, neben der Sichtung von rechtlichen Rahmenbedingungen, immer eine Erhebung der Verbrauchsdaten. Ist dies geschehen, so können aus der so gewonnenen Datenbasis im Anschluss, z. B. durch Bildung von Kennzahlen oder Dauerlinien, fallspezifische Maßnahmen abgeleitet werden.

3.3.1 Achern

Basierend auf den Erfahrungen des Industriegebiets in Ludwigsburg hinsichtlich der Kosten für den leitungsgebundenen Wärmeaustausch in bebautem Gebiet über größere Distanzen (siehe Kapitel 3.3.2), lag der Schwerpunkt in Achern auf der Betrachtung einer (teilweise) nicht leitungsgebundenen, betriebsübergreifenden Maßnahme. Dies liegt nicht zuletzt an der starken Zerstreung der Teilnehmer an diesem Standort (siehe Abbildung 1.1), was zu überbrückende Entfernungen von über einem Kilometer zur Folge hatte. Ein weiterer, sich negativ auf den Projektverlauf auswirkender Faktor war die wirtschaftliche Situation einiger Teilnehmer, so musste nach Abschluss der Initialberatungen eine Firma Insolvenz anmelden. Ein weiterer Teilnehmer, der wie das insolvent gegangene Unternehmen über große Nutzungspotenziale im Bereich Abwärme verfügte und zentral gelegen war, nahm nicht aktiv am Projektverlauf teil. Es wurde hier zwar eine Initialberatung durchgeführt, die, im Alter der Anlage begründeten, umfangreichen, sowohl betriebseigenen wie auch betriebsübergreifenden Optimierungsmöglichkeiten beschrieb, eine weitere Teilnahme in Form von Besuchen der angebotenen Workshops blieb jedoch aus (siehe Kapitel 3.5). Ein weiterer möglicher Teilnehmer mit energieintensiven Prozessen erhielt die Genehmigung für eine Teilnahme durch die Konzernleitung im Ausland nicht.

Vor diesem Hintergrund fand eine Fokussierung auf zwei Kooperationen zwischen jeweils zwei Unternehmen, bzw. in einem Fall, einem Unternehmen und dem Inhaber einer externen Biogasanlage, statt. Bei den zwei, etwa 270 m auseinander gelegenen, Unternehmen handelt es sich um Unternehmen A E und Unternehmen A F (siehe Abbildung 2.5). Letzteres

verfügt bereits über eine BHKW-Anlage, Unternehmen A E heizt mit ihren Holzabfällen und um eine Entsorgung dieser Abfälle zu gewährleisten, wird die Heizung meist deutlich über dem eigentlichen Wärmebedarf des Unternehmens betrieben. Mit dieser Ausgangssituation bieten sich mehrere Kooperationsmöglichkeiten, die, wie auch die Kooperation zwischen einer externen Biogasanlage und einem Projektteilnehmer, in Kapitel 3.3.1 erläutert werden sollen.

Gemeinsame Wärmeerzeugung bei Unternehmen A F

Eine Möglichkeit der kooperativen Nutzung eines Heizsystems sieht vor, dass Unternehmen A E ihre Heizung außer Betrieb nimmt, die Holzabfälle komplett Unternehmen A F zur Verfügung stellt und im Gegenzug von diesem mit Wärme versorgt wird. Die mit Holz betreibbare Heizungsanlage des Unternehmens A E besitzt eine Leistung von 700 kW und einen Pufferspeicher von 2.750 l. Neben der Versorgung der Heizung aus diesem Kessel erfolgt auch die gesamte Warmwasserbereitung durch diese Anlage.

In Unternehmen A F werden zwei Erdgas-BHKWs betrieben (5,5 kW elektrisch und 12,5 kW thermisch), über die 75 MWh Strom in 2008 in das öffentliche Netz eingespeist wurden. Neben der Stromerzeugung erfolgt auch die Warmwasserbereitung mittels dieser Anlagen. In Hinblick auf eine gemeinsame Versorgung beider Unternehmen durch die vorhandene BHKW-Anlage müssen zunächst die Jahresbedarfe betrachtet werden.

Tabelle 3.5: Betriebszeiten der zwei betrachteten Unternehmen

		Betriebszeiten
Bäckerei		14.00 - 2.00
	Bistro	8.00 - 15.00
	Kommission	22.00 - 6.00
	Produktion	7.30 - 10.30
Schreinerei		6.00 - 22.00

Tabelle 3.5 zeigt, in welche funktionellen Einheiten die Partnerbetriebe hierbei unterteilt werden können. Der Strombedarf des Unternehmens A F beläuft sich auf ca. 70 MWh/a, wobei 75 MWh/a durch das BHKW erzeugt werden.

Hinsichtlich einer gemeinsamen Wärmeerzeugung ergeben sich Potenziale relevanter Größe. Der Wärmebedarf von Unternehmen A E belief sich in 2008 auf 24,2 MWh, der des Unternehmens A F auf 17,5 MWh.

Gemeinsame Wärmeerzeugung bei Unternehmen A E

Eine alternative Möglichkeit der Kooperation zwischen diesen zwei Unternehmen besteht in der Wärmeerzeugung direkt am Ort der Brennstoffherzeugung bei Unternehmen A E. Aus den

unterschiedlichen Branchen der zwei Unternehmen resultiert (siehe Tabelle 3.9) eine geringe zeitliche Überlagerung der Betriebsabläufe, insbesondere hinsichtlich der wärmeintensiven Prozesse. Eventuell wäre eine Versorgung beider Unternehmen durch die Heizanlage von Unternehmen A E aufgrund der zeitlich verschobenen Lastgänge der Unternehmen ohne Neudimensionierung der Anlage möglich. Zur Finanzierung der dazu nötigen Nahwärmeleitung könnte Anlagen – Contracting eine mögliche Lösung darstellen. In dem Fall würde der Contractor das Netz planen, bauen und finanzieren und bekäme neben dem fixen Leistungspreis, einen Arbeitspreis pro gelieferte Wärmemenge. Alternativ kann auch die beschriebene Mischform zwischen Energieliefer – Contracting und Energiespar – Contracting zur Finanzierung genutzt werden. Um zu überprüfen, ob dieses Projekt wirtschaftlich ist, müssen die Kosten für die Wärmeleitung genau bestimmt werden. Falls Unternehmen A F ein Hack-schnitzel – BHKW installiert, kann diese Investition ebenfalls mittels Energieliefer – Contracting oder der Mischform finanziert werden. Die angenommene Einsparung von 90 % entspricht einer Energiemenge von $2.422 \cdot 0,9 \text{ MWh/a} = 2.179 \text{ MWh/a}$. Da der Wärmebedarf von Unternehmen A F nur 410 MWh/a beträgt, reicht diese Energie auch unter Berücksichtigung von Netzverlusten deutlich aus, um deren Wärmebedarf zu decken.

Da sich die BHKW-Anlage von Unternehmen A F jedoch in einwandfreiem Zustand noch nicht abgeschrieben ist, kommt diese betriebsübergreifende Maßnahme, trotz ihres hohen Potenzials, hier nicht in Frage.

Integration einer externen Biogas-Anlage

Im Rahmen eines Treffens des EnergiePakts Achern kam zur Sprache, dass in der Nähe des Unternehmens A D eine Biogasanlage auf einem örtlich nahen Aussiedlerhof existiert und der hiesige Landwirt einen Abnehmer für sein erzeugtes Biogas sucht. Über das IER wurde der Kontakt zur Süwag Energie AG hergestellt und eine erste Grobabschätzung der Kooperationsmöglichkeiten vorgenommen. Basierend auf der Initialberatung des Unternehmens A D als, aufgrund der exponierten Lage einzigen, potenziellen Abnehmer wurde die Heizkesselanlage als mögliche substituierbare Versorgungstechnik identifiziert. Der (außentemperaturabhängige) Heizwärmebedarf in Höhe von ca. 3.000 MWh könnte mittels eines Biogas-BHKWs (mit 5000 Volllaststunden jährlich und evtl. entsprechender Speichermöglichkeit) mit einer thermischen Leistung von 150 kW zu 25 % gedeckt werden. Abbildung 3.9 zeigt die räumliche Lage der Biogasanlage und Unternehmen A D zueinander.



Abbildung 3.6: Entfernung zwischen Biogas-Anlage und Unternehmen A D

3.3.2 Ludwigsburg

Im Vergleich zum Modellprojekt in Achern zeichnet sich das Teilnehmerfeld in Ludwigsburg durch größere Unternehmen des produzierenden Gewerbes aus. Aufgrund der Größe des Industriegebietes gestaltet sich ein direkter Austausch von Wärme zwischen Unternehmen auch hier schwierig. Da die Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim ein Fernwärmenetz in diesem Gebiet planen, könnte jedoch eine Einspeisung von innerbetrieblich nicht nutzbarer Abwärme in Frage kommen. Nach einer Prüfung verschiedener Möglichkeiten der überbetrieblichen Abwärmenutzung wurde vor diesem Hintergrund entschieden, dass eine Nutzung des Fernwärmenetzes als Wärmesenke über das größte Energieeinsparpotenzial, bezogen auf das Modellgebiet, verfügt. Aufgrund der geplanten Vorlauftemperatur in Höhe von $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ werden bei den Abwärmeströmen hohe Temperaturen benötigt, um für diese implizite Art der überbetrieblichen Nutzung in Frage zu kommen. Grundsätzlich wäre auch eine Einspeisung in den Rücklauf bei einer geplanten Temperatur von $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ möglich. Diese Möglichkeiten werden, neben der Möglichkeit von gemeinsam genutzten dezentralen Erzeugungsanlagen und der unternehmensübergreifenden Abwärmenutzung, im Folgenden, nach Abschluss der Datenerhebung, betrachtet.

Datenerhebung

Im Modellgebiet Weststadt beteiligen sich zehn Unternehmen am Ludwigsburger Netzwerk. Einige zeichnen sich allerdings durch nichtthermische Verfahren oder Bürokomplexe aus. Im Folgenden werden die Abwärmepotenziale der fünf Unternehmen des produzierenden Gewerbes, deren Prozesse aufgrund der Initial- und Detailberatungen sowie gemäß Branchenkennzahlen einen Überschuss an Abwärme vermuten lassen, bewertet. Dabei werden die Unternehmen zunächst analog zur Klassifikation der Wirtschaftszweige durch das Statistische

Bundesamt /Destatis 2008/ geordnet. Es folgt eine allgemeine Beschreibung der jeweiligen Branche und im Anschluss die detaillierte Abschätzung des Abwärmepotenzials der einzelnen Unternehmen. Da die Transportkosten von Wärme direkt mit der Entfernung der einzelnen Unternehmen zueinander korrespondieren, erfolgt zunächst die Erfassung dieser Werte in **Abbildung 3.7**.

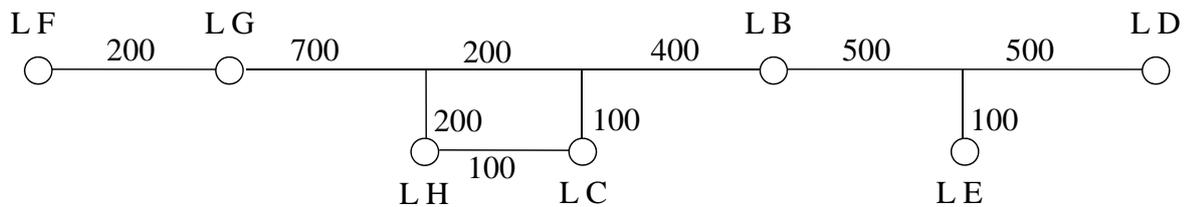


Abbildung 3.7: Entfernungsmodell am Beispiel des Modellgebiets Weststadt

Unternehmen L A

Unternehmen L A gehört zur Branche "Drucken a. n. g." der Oberklasse "Herstellung von Druckerzeugnissen". Die dominierenden Druckverfahren in der Druckindustrie sind Illustrationstiefdruck, Offsetdruck, Digitaldruck und Siebdruck. Um vom Inputmaterial (Papier, Karton oder Pappe) zum finalen Druckerzeugnis zu gelangen, sind vier Bearbeitungsschritte notwendig. Die Bearbeitungsschritte sind Vorstufe, Druckformherstellung, Druck und Verarbeitung. Während dem Bearbeitungsprozess werden Energie, Wasser, Fotomaterial, Druckfarben oder Hilfsstoffe je nach Bedarf zugeführt. Dabei fallen Abwasser, Abfall und Abluft an /Thorn 2003/. Sowohl die Druckmaschinen selbst, mit ihren Trocknern, Reibern, Duktoren, Kühlwalzen, Antriebsmotoren etc., als auch die zahlreichen Druckperipheriegerä- te, wie z. B. Feuchtmittelaufbereitung, Druck- und Saugluftversorgung, benötigen große Mengen elektrischer Energie. Einen Großteil davon geben sie prozessbedingt wieder als Wärme an die Umgebung ab. Eingebundene UV/IR-Trockner oder Kompressoren erzeugen höhere Temperaturen als beispielsweise Feuchtmittelaufbereitungsanlagen /Quint 2011/.

Unternehmen L A stellt Bücher, Zeitschriften, Kataloge, Prospekte, Flyer, Display- Aufsteller, Landkarten, Stadtpläne, Mailings und Plakate in DIN-A0 bis City-Light-Format her. Jährlich werden 77,5 Mio. Drucke durchgeführt. Der Energieverbrauch des Unternehmens im Jahr 2009 betrug 1.261 MWh Strom und 92 MWh Erdgas. Es erfolgt kein Einsatz von Prozesswärme in der Produktion. Daten zur Leistung, den Betriebsstunden und dem daraus resultierenden Energieverbrauch der leistungsstärksten Produktionsanlagen sind in **Tabelle 3.6** dargestellt. Die Daten für die Betriebsstunden basieren auf branchenüblichen Wer- ten und sind somit nur eingeschränkt belastbar. Da die Maschine während der Betriebszeit nicht immer mit voller Auslastung betrieben wird, ergibt sich eine Reduktion des Energie- verbrauchs. Insgesamt kann man somit davon ausgehen, dass der in **Tabelle 3.6** ermittelte

Energieverbrauch für die einzelnen Maschinen durchschnittlich um 37 % zu hoch ist /EnEffPlus 2009a/.

Tabelle 3.6: Energieverbrauch der leistungsstärksten Anlagen des Unternehmens L A /EnEffPlus 2009a/.

Maschine	kW		h/a	kWh/a	h/d
manroland 905 - VIII	101,20		4.250	430.100	17,0
manroland 904 - VI	72,45		4.097	296.828	16,4
manroland 904 - VII	80,50		4.057	326.589	16,2
manroland 705 – DirectDrive - IIIb	116,15	nur Maschine	5.420	629.533	21,7
	28,98	nur Trockner		0	0,0
		Summe	17.824	1.683.049	18,0

Bei der Produktion werden die Druckprodukte in mehreren Vorstufen vorbereitet. Dazu gehören beispielsweise die Satzerstellung / Textverarbeitung, Bildbearbeitung, digitale Bogenmontage und der Aufbau von Stanzformen. Danach wird der eigentliche Offsetdruck mit verschiedenen Bogenoffsetmaschinen ausgeführt. Bei einer erweiterten Nutzung der Abwärme aus den Produktionsmaschinen wurde das Energieeinsparpotenzial in der Initialberatung mit 92 MWh abgeschätzt /EnEffPlus 2009a/.

Bei Unternehmen L A sind der Bogen-Offset-Druck und die Druckplattenstraße inklusive Einbrennofen potenziell relevante Prozesse zur Abwärmenutzung. Der Bogen-Offset-Druck wird durch drei Maschinen mit einer Leistungsaufnahme von 145 kW, 140 kW und 176 kW durchgeführt. Die Betriebszeit beträgt ca. 4600 bis 5500 Stunden pro Jahr. Für die Druckplattenstraße liegen keine Daten zur Leistungsaufnahme vor. Die Betriebszeit schwankt zwischen 8 und 16 Stunden pro Tag. Bei beiden Prozessen entsteht Abwärme in Form von Abluft. Das Temperaturniveau und der Volumenstrom der Abluft sind unbekannt. Im Sommer wird die Abwärme über Abluftrohre an die Umgebung abgegeben. Im Winter wird die Abluft jedoch durch das Öffnen eines Ventils in die Druckerei geleitet und dort zu Heizzwecken eingesetzt. Das Unternehmen könnte daher ausschließlich im Sommer Abwärme in das Nahwärmenetz einspeisen. In dieser Jahreszeit fällt jedoch der Bedarf im Netz geringer aus als im Winter, sodass eine Nutzung der Abluft von Unternehmen L A ausschließlich in dieser Jahreszeit nicht von Interesse ist.

Unternehmen L C

Unternehmen L C ist dem Sektor Maschinenbau zuzuordnen. Die Energiebedarfsstruktur dieser Branche hängt im Wesentlichen von den eingesetzten Produktionsverfahren ab. Es lassen sich gemäß DIN 8580 sechs Hauptgruppen der Fertigungsverfahren unterscheiden:

- Urformen (z. B. Formen, Gießen)
- Umformen (z. B. Biegen, Richten, Walzen, Schmieden)
- Trennen (z. B. Bohren, Drehen, Fräsen, Schleifen)

- Fügen (z. B. Schrauben, Keilen, Nieten, Löten, Schweißen)
- Beschichten (z. B. Galvanisieren, Lackieren)
- Stoffeigenschaftänderung (z. B. Wärmebehandeln, Härten, Glühen)

Entsprechend gestalten sich die Einsparmöglichkeiten. Insbesondere bei Fertigungsverfahren der Verfahrensgruppen Beschichten und Stoffeigenschaftänderung bestehen in der Regel hohe Wärmerückgewinnungspotenziale. Unternehmen L C ist der führende Hersteller von Maschinen und Werkzeugen für die Herstellung, Bearbeitung und Prüfung von Zahnrädern. Jährlich werden ca. 190 Sondermaschinen gefertigt. Im Jahr 2009 wurde eine Initialberatung durchgeführt, um die Energieeffizienz des Unternehmens zu verbessern. Der Produktionsprozess umfasst Teileanlieferung, Montage, Endprüfung und Auslieferung. Im Jahr 2008 betrug der Energieverbrauch 4.197 MWh Strom, 5.511,07 MWh (570.000 l) Heizöl und 150,83 MWh (14.452 m³) Erdgas. In der Produktion kommt keine Prozesswärme zum Einsatz. Der Stromverbrauch ist direkt von den Produktionsanlagen und damit vom Durchsatz der zu produzierenden Sondermaschinen abhängig. Während der Produktion ist eine konstante Hallentemperatur erforderlich. Die Produktion erfolgt werktags im Dreischichtbetrieb an 24 Stunden pro Tag. Am Wochenende wird samstags in einer Frühschicht von 6:00 Uhr bis 12:00 Uhr gearbeitet. Es gibt keine Betriebsferien oder feststehenden Ferienzeiten /EnEffPlus 2009c/.

Eine Möglichkeit zur Abwärmenutzung ergibt sich bei den Druckluftkompressoren. Ihr Energieverbrauch liegt bei 258.286 kWh pro Jahr. Bei einem Nutzungsfaktor des Wärmetauschers von 60 % können davon ca. 155.000 kWh zurück gewonnen werden. Die Abwärme beträgt maximal 27 kWh pro Testlauf. Insgesamt gibt es ungefähr 50 solcher Testläufe pro Jahr. Die Abwärme beträgt somit circa 1.350 kWh pro Jahr. Im Winter wird die freiwerdende Energie zur Beheizung der Nebenhallen eingesetzt. Da die freiwerdende Abwärmemenge für eine externe Nutzung zu gering ist und im Winter intern genutzt wird, ist der Prozess für eine Einspeisung in ein Nahwärmenetz, bzw. eine unternehmensübergreifende Kooperation, nicht geeignet.

Unternehmen L D

Unternehmen L D gehört zur Gruppe "Herstellung von Verpackungsmitteln aus Kunststoffen". Unter den zahlreichen Herstellungsverfahren zur Produktion von Kunststoffartikeln haben sich insbesondere Spritzgießen, Extrusion, Blasformen, Tiefziehen, Warmformen und Pressen durchgesetzt. Die meisten dieser Verfahren sind sehr energieintensiv. Insbesondere wird im großen Maße Strom eingesetzt. In der Produktion der Kunststoff verarbeitenden Industrie wird elektrische Energie in mechanischen Produktionsprozessen, bei Transportvorgängen, beim Mischen und Mahlen, bei Abfüll- und Verpackungsvorgängen, zur Erzeugung von Druckluft, sowie für Lüftung und Beleuchtung eingesetzt. Die bei der Herstellung eines Kunststoffprodukts in großem Umfang benötigte thermische Energie wird häufig ebenfalls

mittels Strom erzeugt. Die einzelnen Bearbeitungsschritte bei der Herstellung von Kunststoffwaren können in die folgenden Klassen eingeteilt werden:

- mechanische Grundprozesse (z. B. Zerkleinern, Granulieren, Mischen, Plastifizieren, Formen)
- thermische Grundprozesse (z. B. Spritzgießen, Extrudieren, Heizen und Kühlen während der formgebenden Verarbeitung der Kunststoffe, Trocknen)
- spezielle Grundprozesse (z. B. die verschiedenen Prozesse zur Beschichtung und Veredlung von Kunststoffen)
- sonstige Grundprozesse (z. B. Prozessschritte aus den Bereichen Lagerung und Verpackung)

Prozesskennzahlen, wie etwa der Energieverbrauch in kWh pro kg Produkt, sind in der Literatur nur wenige zu finden /Trautmann 2002/. Neben einer prozess- und verfahrenstechnischen Weiterentwicklung der Maschinen in der kunststoffverarbeitenden Industrie können auch integrierte Versorgungskonzepte, wie z. B. die Abwärmenutzung mittels Wärmepumpen, zu einer Steigerung der Energieeffizienz führen. So kann beispielsweise die Abwärme der Produktionsanlagen zu einer Vorwärmung des Materials genutzt werden /Trautmann 2002/. Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz stellt anhand des Beispiels der Fränkischen Rohrwerke mögliche Abwärmeströme in der Kunststoff verarbeitenden Industrie mit ihren Nutzungsmöglichkeiten vor /LfU 2002/. Bei der Druckluftherzeugung fällt darüber hinaus eine erhebliche Wärmeleistung an, die per Luft- oder Wasserkühlung der Kompressoren abgeführt werden kann.

Im Jahr 2009 wurde bei Unternehmen L D eine Initialberatung zur Optimierung des Energieverbrauchs durchgeführt. Mit Hilfe von rund 40 Spritzguss- und Blasformmaschinen werden in dem Unternehmen verschiedene Kunststoffartikel wie Benzinkanister, Werkzeugkisten, Kleinteilmagazine etc. gefertigt. Jährlich werden ungefähr 1,5 Mio. Kanister und 1,5 Mio. Sichtboxen gefertigt. Der Jahresgesamtenergieverbrauch im Werk Ludwigsburg des Unternehmens betrug im Jahr 2008 4.263 MWh Strom, 175 MWh Heizöl und 159 MWh Erdgas. Nach einer Schätzung des Produktionsleiters werden ca. 30 % des Stromverbrauchs zur Prozesswärmeerzeugung eingesetzt. Dies entspricht 1.279 MWh. Insgesamt betrug der Energieverbrauch für Prozesswärme im Jahr 2008 somit 1.613 MWh. Das Unternehmen verfügt insgesamt über 16 Spritzmaschinen. Die durchschnittliche Stromstärke dieser Maschinen beträgt 44 A, die Leistung 26 kW /EnEffPlus 2009b/. Des Weiteren verfügt das Unternehmen über 17 Blasmaschinen. Hier beträgt die durchschnittliche Stromstärke 49 A, die durchschnittliche Leistung 31 kW. Zum Betrieb der Spritzmaschinen wird vorwiegend Strom eingesetzt. Abwärme, die bei der Kühlung des Hydraulikkreislaufs der Spritzmaschinen anfällt, kann weiter verwendet werden.

Unternehmen L D verfügt über zwei für die Abwärmenutzung potenziell relevante Prozesse. Abwärme fällt beim Abkühlen der Kunststoffartikel und der Maschinenhydraulik,

sowie bei der Druckluftversorgung des Kompressors an. Die Betriebszeit beträgt 24 Stunden pro Tag an sechs Tagen pro Woche. Somit ergibt sich eine Betriebszeit von 7.344 Stunden pro Jahr. Zur Kühlung der Systemprozesse wird eine Kühlmaschine bei 90 bis 100 % Auslastung betrieben. In Spitzenzeiten im Sommer sind beide Maschinen zu 70 bis 80 % ausgelastet. Zur Berechnung der Abwärmepotenziale wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- im Sommer (17 Wochen) werden beide Maschinen mit jeweils 75 % Auslastung betrieben
- im restlichen Jahr (34 Wochen) wird eine Maschine mit 95 % Auslastung betrieben

Somit ergibt sich im Sommer eine Abwärmemenge in Höhe von 1.593.648 kWh, im restlichen Jahr in Höhe von 2.018.621 kWh. Die insgesamt anfallende Abwärmemenge liegt demnach bei 3.612.269 kWh pro Jahr. Die Abwärmetemperatur des Kühlwassers beträgt 45 °C. Insbesondere im Sommer strebt das Unternehmen eine Abgabe der Abwärme an, da sie während diesem Zeitraum nicht intern genutzt werden kann. Im restlichen Jahr wird die Abwärme intern zur Beheizung der Produktion genutzt. Der Einsatz einer Wärmepumpe, um die Wärmeenergie auf ein höheres Temperaturniveau zu bringen und somit für Heizaufgaben besser nutzbar zu machen, ist geplant.

Der zweite potenziell relevante Prozess betrifft den Druckluftkompressor. Dieser verfügt über eine Abwärmeleistung von 50 kW. Abwärme fällt in Form von Kühlwasser bei einer Temperatur von 70 bis 80 °C an. Die jährliche Betriebszeit der Druckluftversorgung beträgt ebenfalls 7.344 Stunden pro Jahr. Insgesamt ergibt sich somit ein jährliches Abwärmepotenzial in Höhe von 367.200 kWh. Da diese Abwärme jedoch das ganze Jahr über im Betrieb genutzt wird, ist keine Abgabe an die Nahwärmeversorgung, bzw. an Kooperationspartner möglich.

Unternehmen L E

Unternehmen L E kann der Branche "Verarbeitung von Kaffee und Tee, Herstellung von Kaffee-Ersatz" zugeordnet werden. Die eingesetzte Primärenergie in der Nahrungsmittellindustrie kann anhand des jeweiligen erzeugten Produkts unterschieden werden. Sind die Produkte leicht verderblich, ist Kälte zur Konservierung die Hauptnutzenergie. Sie wird überwiegend elektrisch zur Verfügung gestellt. Werden dagegen thermische Bearbeitungsschritte bei der Produktherstellung benötigt, dominiert der Wärmebedarf. Diese Wärme wird meist bei höheren Temperaturen benötigt und über Brennstoffe, in der Regel über Erdgas, bereitgestellt. In beiden Fällen steht Abwärme zur Verfügung. Diese kann sowohl firmenintern als auch firmenübergreifend genutzt werden /Baumann 2011/.

2009 wurde bei Unternehmen L E eine Initialberatung durchgeführt, in deren Zuge Energieverbräuche und -einsparpotenziale aufgezeigt wurden. Das Unternehmen produzierte im Jahr 2007 10.227 t Kaffeemittel und Kaffemixgetränke. Davon entfallen 69 % auf Weizen-

Röstprodukte (40 Artikel), 27 % auf löslichen Kaffee (8 Artikel) und 4 % auf Malz- und Schokoladenpulver (1 Artikel). Im selben Jahr betrug der Energieverbrauch 2.456,52 kWh/t. Im Jahr 2008 wurden im Unternehmen 424 MWh Heizöl, 4.952 MWh Strom und 22.624 MWh Erdgas verbraucht. Der gesamte Wärmebedarf betrug somit 23.049 MWh. Davon wurden geschätzt 21.234 MWh zur Prozesswärmeerzeugung eingesetzt /Inekon 2009a/. Unternehmen L E verfügt über drei Bereiche, bei denen verwertbare Abwärme anfällt: Kompressoren, Röstöfen und Sprühtürme. Im Folgenden wird für jeden dieser drei Bereiche das nutzbare Abwärmepotenzial dargestellt.

Kompressoren

Die Druckluftherzeugung ist der zweitgrößte Stromverbraucher des Unternehmens. Die Erzeugung findet durch einen Schrauben- und drei Kolbenkompressoren statt. Alle Kompressoren werden mit Wasser gekühlt. Der Schraubenkompressor und der kleine Kolbenkompressor decken die Grundlast sowie kleine Spitzenlasten ab. Die beiden übrigen Kolbenkompressoren werden für Spitzenlasten, Anlaufvorgänge und zur Redundanz benötigt. **Tabelle 3.7** enthält Daten zum Volumenstrom, der Lastleistung und der Leerlaufleistung der einzelnen Kompressoren. Die Daten für Lastbetrieb und die Leerlaufzeit wurden durch Messungen am 17. März 2010 ermittelt.

Tabelle 3.7: Datenbasis der Druckluftherzeugung – Unternehmen L E

	Volumenstrom [m³/min]	Lastleistung [kW]	Leerlaufleistung [kW]	Lastbetrieb [h/d]	Leerlaufzeit [h/d]
Schraubenkompressor	16,0	110	21	16,00	8,00
Kolbenkompressor 1	12,0	71	9	0,11	0,76
Kolbenkompressor 2	12,0	71	9	0,03	0,50
Kolbenkompressor 3	7,7	55	8	1,63	2,43

Über 93 % des Energieverbrauchs für Druckluft entfallen auf den Schraubenkompressor. Daher wird im Folgenden lediglich der Schraubenkompressor als mögliche Abwärmequelle betrachtet. Die Kolbenkompressoren eignen sich aufgrund ihrer geringen Last- und Leerlaufzeiten nicht für eine Abwärmenutzung. Maximal 94 % der dem Schraubenkompressor zugeführten elektrischen Energie stehen in Form von Warmluft für eine weitere Nutzung zu Verfügung. 4 % der elektrischen Energie verbleiben als Restwärme in der Druckluft und 2 % gehen durch Wärmestrahlung an die Umgebungsluft verloren. Bei Nutzung von Wasser als Kühlmedium in Verbindung mit einem Wärmetauscher beträgt die nutzbare Energie ca. 70 % des eingesetzten Stroms.

Der Energieverbrauch des Schraubenkompressors wurde durch Optimierung des Steuerungssystems bereits reduziert. Es wird erwartet, dass der Energieverbrauch des Schraubenkompressors durch diese Maßnahme auf 480.000 kWh pro Jahr sinkt /Assmann 2010/. Das

maximale Abwärmepotenzial beträgt somit 451.200 kWh bei Nutzung der Warmluft, 336.000 kWh bei Nutzung von Wasser.

Für die Abschätzung des Abwärmepotenzials der Druckluftherzeugung wurde der Kompressor Kaeser DSD 202 als Referenz verwendet, da der bestehende Kompressor zukünftig ersetzt wird. Die nutzbare Warmluftmenge wird bei diesem Kompressor mit bis zu 14.000 Nm³/h bei einer Temperatur von ca. 50 °C angegeben /Kaeser 2011/. Die Effizienz des neuen Kompressors ist höher als die des bestehenden Schraubenkompressors. Für die Berechnung des Abwärmepotenzials wird daher davon ausgegangen, dass der neue Kompressor während der Nutzungszeit mit durchschnittlich 80 % Leistung betrieben wird /Assmann 2010/. Der während der Nutzungszeit durchschnittlich verfügbare Volumenstrom verringert sich somit um 20 % auf 11.200 Nm³/h. Die Betriebszeit der Druckluft beträgt 16 Stunden pro Tag an sechs Tagen pro Woche /Assmann 2010/. Unter Berücksichtigung von Betriebsferien, Stillstandszeiten und Feiertagen wurde für dieses Unternehmen eine jährliche Betriebszeit von 37,5 Wochen und somit eine jährliche Betriebszeit von 3600 Stunden angenommen.

Die jährliche Abwärmemenge der Druckluft berechnet sich also zu 376.247 kWh bei einer Temperatur von 50 °C.

Röster

Das Unternehmen verfügt über zwei sich in Betrieb befindliche Röster. Die Produktion erfolgt im Zweischichtbetrieb montags bis freitags zwischen 6:00 und 22:00 Uhr und die Röster werden im Batch-Betrieb gefahren. Der Röster wird bei Durchführung eines Röstvorgangs zunächst mit dem zu röstenden Medium (z. B. Gerste) gefüllt. Nach dem Schließen der Rösttrommel wird diese von 50 °C auf 215 °C aufgeheizt. Bei Aktivierung einer zusätzlichen Röststufe kann eine weitere Temperaturerhöhung auf 225 °C erfolgen. Anschließend wird die Rösttrommel mittels Wassereindüsung von ca. 270 l Wasser auf 140 °C abgekühlt und entleert. Der Röstvorgang dauert ca. 90 min und die Wassereindüsung ca. 15 min.

Das Unternehmen verfügt über einen TagAnalyzer zur Messung des Temperaturniveaus der Abluft der Röster. Die mittlere Temperatur der Abluft im Verlauf eines durchschnittlichen Tages betrug 83 °C. Der Temperaturverlauf der Abluft von Röster Nr. 3 ist beispielhaft in **Abbildung 3.8** dargestellt. An diesem Tag wurden 8 Röstvorgänge durchgeführt. Während der aktiven Nutzung zwischen 6:30 Uhr und 21:45 Uhr betrug die durchschnittliche Ablufttemperatur 170 °C und der gemessene Volumenstrom betrug 5.442 Nm³/h /Inekon 2011/.

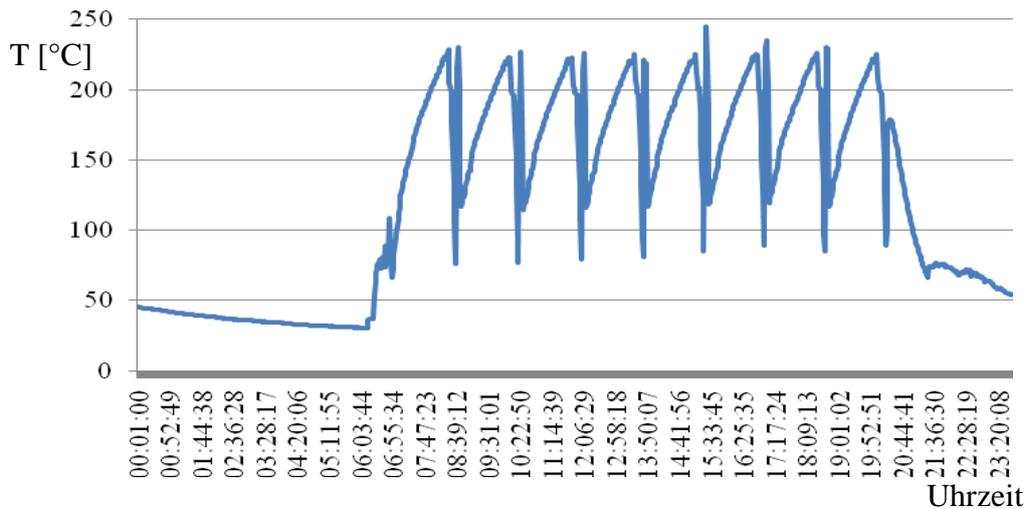


Abbildung 3.8: Temperaturverlauf der Abluft eines Rösters (Nr. 3) an einem durchschnittlichen Tag - Unternehmen L E

Der dargestellte Tag ist nach einer Auswertung der verfügbaren Daten charakteristisch für den Betrieb der Röstöfen und wurde deshalb ausgewählt. Im Einzelfall kann es jedoch zu Abweichungen kommen. Im Folgenden werden beide Röster gemeinsam betrachtet, da ihre Abluft problemlos zusammengeführt werden kann. Bei beiden Röstöfen wird angenommen, dass ausschließlich die Abwärme während der aktiven Nutzungszeit verwendet wird. Diese beträgt an den ausgewählten Tagen 8 h bei Röster 2 und 15 h 15 min bei Röster 3. Entsprechend dieser Nutzungszeit wurden das Temperaturniveau und der Volumenstrom gewichtet. Der durchschnittliche Volumenstrom beträgt somit $4.918 \text{ Nm}^3/\text{h}$, die durchschnittliche Temperatur $168 \text{ }^\circ\text{C}$. Bei einer Produktion an fünf Tagen pro Woche in 37,5 Wochen pro Jahr ergibt sich demnach eine jährliche Betriebszeit von 4.700 Stunden. Die jährliche Abwärmemenge der Röster berechnet sich zu 746.249 kWh bei einer Temperatur von $168 \text{ }^\circ\text{C}$. Aufgrund der oben dargestellten zyklischen Fahrweise der Röster wird für eine Nutzung der Abwärme der Einsatz eines Wärmespeichers benötigt.

Sprühtürme

Unternehmen L E verfügt insgesamt über vier Sprühtürme (A, B, C, D) zur Erzeugung der Instantpulver-Produkte. Davon sind lediglich die Türme C und D in Betrieb. Die Produktion der Sprühtrocknung beginnt montags um 13 Uhr und endet samstags ebenfalls gegen 13 Uhr. Am Wochenende werden die Türme gereinigt. Unter Berücksichtigung von Betriebsferien im Sommer und Stillständen aufgrund von Feiertagen ergibt sich eine Nutzungszeit von 4.500 Betriebsstunden pro Jahr. Der Temperaturverlauf der Abluft aus Sprühturm D ist in **Abbildung 3.9** beispielhaft dargestellt /Inekon 2011/. Die Temperatur beträgt während der Betriebszeit nahezu durchgehend $115 \text{ }^\circ\text{C}$.

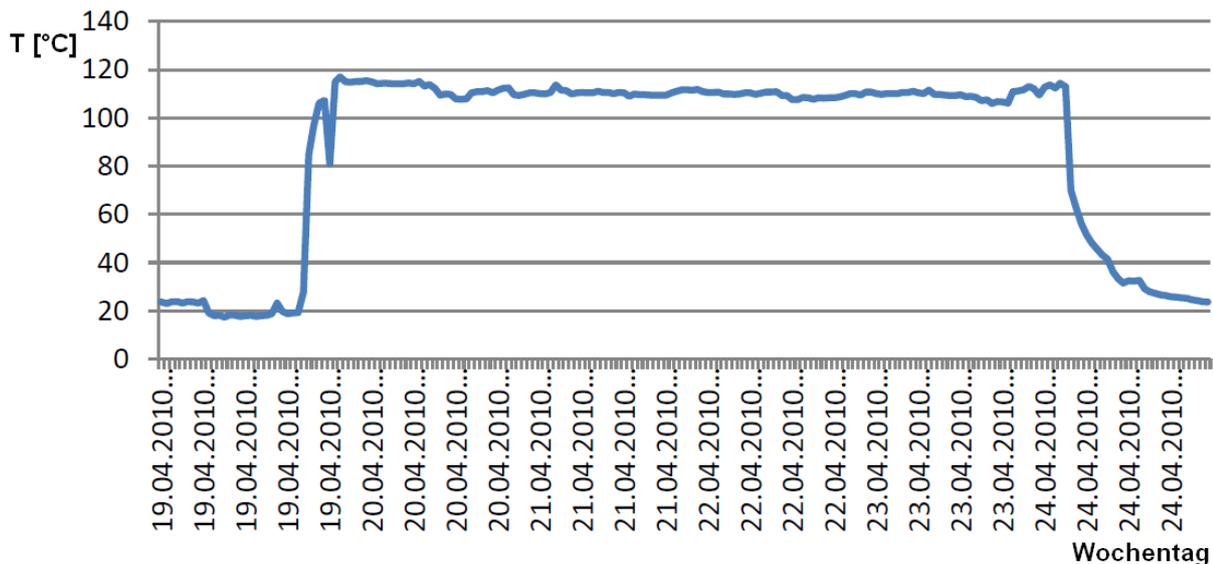


Abbildung 3.9: Temperaturverlauf der Abluft von Sprühturm D – Unternehmen L E

Die verfügbare Datenbasis der Stoffströme der beiden Sprühtürme ist in **Tabelle 3.8** zusammengefasst.

Tabelle 3.8: Datenbasis der Sprühtürme – Unternehmen L E

	Turm C	Turm D
Nutzungszeit	4.500 h/a	4.500 h/a
Extrakt		
Pulver (Extrakt)	370 kg/h	490 kg/h
Wasser (Extrakt)	950 kg/h	880 kg/h
Abluft		
Abluft-Temperatur vor Reinigung	104 °C	103 °C
Abluft-Volumenstrom	13.500 Nm ³ /h	14.080 Nm ³ /h
Wasserdampf	96 g/Nm ³	104 g/Nm ³
Pulver-Konzentration	60 mg/Nm ³	55 mg/Nm ³
Zuluft		
Zuluft-Volumenstrom	10.500 Nm ³ /h	10.500 Nm ³ /h
Zuluft-Temperatur	35 °C	35 °C

Im Zuge des Modellprojekts Weststadt und aufgrund der Ergebnisse der Initialberatung führt das Unternehmen weitere Projekte zur Steigerung der Energieeffizienz durch. So wird der Sprühtrocknungsprozess ab 2012 in zwei Schritten modifiziert, um den Energieverbrauch zu reduzieren. Ab 2012 wird die Abluft der Sprühtürme prozessintern für die Zulufterwärmung mittels Rotationswärmetauscher verwendet. 2013 erfolgt der Einsatz von Mikrogasturbinen (MGT) zur weiteren Temperaturerhöhung des Zuluftstroms nach Durchlauf des Rotationswärmetauschers. Das Prozessschema nach Durchführung dieser beiden Modifikationen ist in **Abbildung 3.10** dargestellt.

Da nicht zu erwarten ist, dass das geplante Nahwärmenetz in der Ludwigsburger Weststadt vor 2013 fertig gestellt ist, wird im Folgenden ausschließlich das modifizierte Prozessschema auf Abwärmenutzungspotenziale untersucht, welches sowohl für Sprühturm C als

auch für Sprühturm D umgesetzt wird. Die im Folgenden dargestellten Abwärmemengen gelten für einen Sprühturm. Bei der Ermittlung des Abwärmepotenzials müssen die dargestellten Abwärme-Volumenströme daher verdoppelt werden.

Im Rotationswärmetauscher wird die Abluft von 104 °C auf 64 °C herunter gekühlt. Aufgrund der erhöhten Pulverkonzentration in der Abluft muss diese nach Durchlauf des Rotationswärmetauschers gereinigt werden. Dabei sinkt die Abgastemperatur auf ca. 53 °C. Der Abgas-Volumenstrom nach dem Venturi-Wäscher ergibt sich zu 13.500 Nm³/h. Das Abgas ist vollständig mit Wasserdampf gesättigt und steht zur weiteren Nutzung zur Verfügung. Die jährliche Abwärmemenge eines Sprühturms nach dem Venturi-Wäscher berechnet sich bei einer jährlichen Betriebszeit von 4.500 Stunden zu 623.580 kWh. Nach dem Rotationswärmetauscher wird die Zuluft in einem weiteren Wärmetauscher (Economiser) zusätzlich erwärmt. Im Economiser fällt Abgas mit einer Temperatur von 110,5 °C und einem Volumenstrom von 7.953 Nm³/h an. Dieses Abgas kann im Nahwärmenetz genutzt werden. Die jährliche Abwärmemenge nach dem Economiser berechnet sich unter Verwendung der jährlichen Betriebszeit von 4.500 Stunden zu 808.096 kWh.

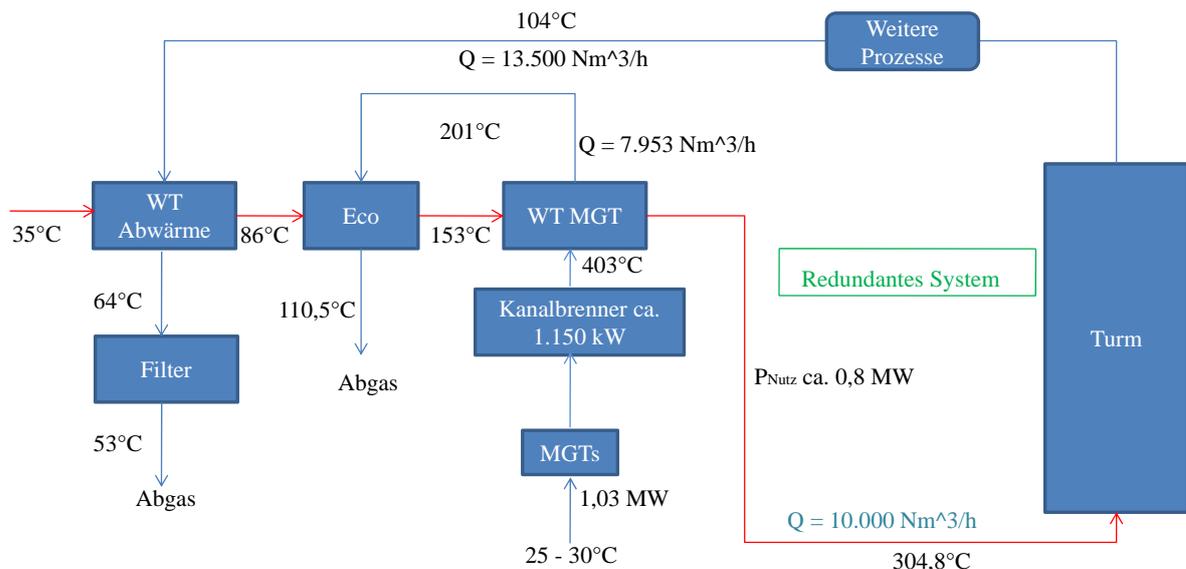


Abbildung 3.10: Prozessschema Abwärmennutzung Sprühtürme /Engelmann 2011/

Unternehmen L F

Unternehmen L F entwickelt und fertigt elektrische Ausrüstungen. Um den Energieverbrauch von Unternehmen der Metall- und Elektroindustrie vergleichbar zu machen, existieren entsprechende Kennzahlen. Diese geben einen Anhaltspunkt zum jährlichen Energieverbrauch eines Unternehmens in Abhängigkeit des schwerpunktmäßig eingesetzten Fertigungsverfahrens und der Mitarbeiterzahl. Für die Bildung der Kennzahlen wurden möglichst repräsentative Betriebe ausgewählt. Zwischen einzelnen Betrieben und Fertigungsverfahren gibt es dennoch starke Schwankungen, sodass die Kennzahlen lediglich eine erste Ausgangsbasis für

eine erste Beurteilung der betrieblichen Ausgangssituation bilden. Die ermittelten Kennzahlen sind in **Tabelle 3.9** dargestellt. Umformende, trennende und beschichtende Fertigungsverfahren nutzen schwerpunktmäßig Strom als Energieträger. Urformende, fügende und stoffeigenschaftändernde Fertigungsverfahren nutzen sowohl Strom als auch Gas /Daun 2003/.

Tabelle 3.9: Spezifischer Energieverbrauch ausgewählter Fertigungsverfahren [kWh/MA*a]

Mitarbeiter	Urformen	Umformen	Trennen	Fügen	Beschichten	Stoffeigenschaftsänderung
50	-	-	10.000	1.150	-	12.000
100	23.000	7.000	7.500	950	3.500	10.000
200	21.000	6.000	6.700	850	2.500	8.500
300	19.000	5.500	5.000	750	2.100	7.500
400	18.000	5.000	4.000	700	1.900	7.000
500	17.000	4.300	3.500	650	1.700	6.500
1000	15.000	3.500	2.000	550	1.100	5.500
1500	13.000	2.700	-	450	800	-

Im Jahr 2009 wurde für das Unternehmen L F eine Initialberatung durchgeführt, sodass nähere Informationen über den Energieverbrauch und die Einsparpotenziale des Unternehmens zur Verfügung stehen. Die Hauptprodukte des Unternehmens sind Glühkerzen (Stückzahl ca. 30 Mio. im Jahr 2007). Nebenprodukte sind Zündspulen (Stückzahl ca. 1,4 Mio. im Jahr 2007), sowie Sensoren, Stecker und Anschlussteile (Stückzahl ca. 12 Mio. im Jahr 2007) /Inekon 2009b/. Der Jahresgesamtennergieverbrauch des Unternehmens betrug im Jahr 2007 16.008 MWh Strom, 531 MWh Heizöl und 2.044 MWh Erdgas. Zur Wärmeerzeugung wurden demnach 2.575 MWh verwendet /Inekon 2009b/. Die Produktion erfolgt werktags im Dreischichtbetrieb an 24 Stunden pro Tag durch insgesamt ca. 900 Mitarbeiter (ca. 500 direkt in der Produktion und ca. 400 in der Verwaltung). Am Wochenende wird im Zweischichtbetrieb von 6:00 Uhr bis 14:00 Uhr und von 14:00 Uhr bis 22:00 Uhr gearbeitet. Im Herbst werden dabei Glühkerzen überproduziert, um die verstärkte Nachfrage im Frühjahr ausgleichen zu können /Inekon 2009b/. Der Produktionsprozess des Unternehmens kann in die folgenden Einzelprozesse unterteilt werden:

- Glührohrfertigung
- Körperfertigung
- Glühkerzenfertigung
- Steckerfertigung
- Wicklerei
- Zündspulenfertigung
- Prüfstand

Bei der Glührohrfertigung wird zunächst das Stangenmaterial auf die benötigte Länge gekürzt. Hierfür stehen sieben Maschinen mit einer elektrischen Leistung von je 2,5 kW zur Verfügung. Die Rohteile werden an sieben Maschinen reduziert und an vier Maschinen zur Formgebung geprägt. Es folgt der Transfer zur Montage über die Auswaschanlage zur Reinigung der Glührohre. Im letzten Schritt erfolgt die Endfertigung bzw. Montage.

Die Körperfertigung wird unterteilt in Endmontage und Vorbereitung zum Einbau in den Motor. Die komplette Fertigung findet über drei Anlagen mit einer installierten Leistung von je 50 kW statt.

Die Glühkerzenfertigung verfügt über einen Primär- und einen Sekundärkreislauf zur Kühlung. Die Abwärme der Maschinen wird über Kühltürme abgeführt. Einige Maschinen nutzen zusätzliche Kühlaggregate.

Die Steckerfertigung wird unterteilt in Widerstandswicklung, Spritzerei und Endmontage. Die Spritzerei verfügt über eine installierte Leistung von 200 bis 240 kW. Die Kühlung erfolgt ebenfalls über die Kühltürme. Zu Widerstandswicklung und Endmontage liegen keine näheren Daten vor.

Bei der Zündspulenfertigung wird zwischen Modellfertigung und Serienfertigung unterschieden. Die Modellfertigung erfolgt einzeln von Hand. Bei der Serienfertigung entsteht ein Abluftstrom in Höhe von 20.000 bis 28.000 m³/h. Sie wird in die folgenden Einzelprozesse unterteilt:

1. Vormontage
2. Plasmaanlage
3. Vorwärmeofen (100 – 110 °C)
4. Gießanlage mit Vakuumpumpe
5. Gelierofen (80 – 90 °C)
6. Nachvergussanlage
7. Aushärteofen (130 °C)

Jede Maschine dieser Fertigungslinie verfügt über einen primären Kühlkreislauf mit Öl als Kühlmedium. Bei Bedarf können die Maschinen an den zentralen bzw. sekundären Kühlwasserkreislauf angeschlossen werden. Die Vorlauftemperatur liegt dabei zwischen 20 und 26 °C, die Rücklauftemperatur zwischen 25 und 30 °C /Inekon 2009b/. Bei der Kühlung der Produktionsanlagen fällt Abwärme in Form von Kühlwasser an. Die jährlich anfallende Abwärmemenge beträgt 2.940.000 kWh. Die Temperatur liegt in Abhängigkeit von Produktionsauslastung und Außentemperatur zwischen 22 und 28 °C.

Der zweite potenziell für eine inner- oder außerbetriebliche Nutzung relevante Prozess betrifft die Abwärme der Kompressoren. Hier sind im Unternehmen bereits seit mehreren Jahren Kompressoren mit Wärmerückgewinnung vorhanden. Die anfallende Abwärme wird

intern genutzt. Daher wurden keine Messungen durchgeführt und der Prozess nicht weiter verfolgt.

Der dritte potenziell für eine inner- oder außerbetriebliche Nutzung relevante Prozess ist die Abwärme aus Vorwärm-, Vergieß-, und Aushärteöfen der Zündspulenproduktion. Hier ist bei einer möglichen Abwärmenutzung das Problem, dass die Abluft Epoxidharz belastet ist, sodass die Systeme verkleben können. Es wurden dennoch Messungen durchgeführt. Der gemessene Volumenstrom beträgt $4.343 \text{ Nm}^3/\text{h}$ bei einer Temperatur von 72 °C . Das Unternehmen produziert an sechs Tagen pro Woche in 50 Wochen im Jahr. Damit ergibt sich eine Betriebszeit von 7.200 Stunden und es ergibt sich eine jährliche Abwärmemenge der Zündspulenproduktion von 449.893 kWh.

Optionen potenziell umsetzbarer Maßnahmen

Von den insgesamt zehn teilnehmenden Unternehmen des Modellgebiets Weststadt verfügen fünf über keine thermischen Prozesse, da sie dem GHD-Sektor angehören. Aufgrund der Tatsache, dass die am Modellgebiet teilnehmenden Unternehmen über die gesamte Weststadt verstreut liegen und damit die Transportkosten der Wärme der Wirtschaftlichkeit von einfachen Kooperationen zwischen Unternehmen entgegen stehen (vgl. Kapitel 3) vor dem Hintergrund, dass eine Erschließung dieses Gebiets mittels eines Fernwärmenetzes angestrebt wird, bietet sich hier eine Mischform verschiedener unternehmensübergreifender Maßnahmen an. Die Einspeisung von sowohl Abwärme als auch dezentral (mittels Kraft-Wärme-Kopplung) generierter Wärme in dieses Netz bietet die Möglichkeit möglichst viele Teilnehmer individuell einbinden zu können.

Unternehmensübergreifende Abwärmenutzung

Neben den Wärmelieferanten, die **Tabelle 3.11** entnommen werden können, stellt **Tabelle 3.10** beispielhaft ausgewählte Wärmeabnehmer für das Modellgebiet Weststadt zusammen. Damit wird deutlich, dass die Lieferfirma L D aufgrund der zu geringen Temperatur für eine direkte Nutzung der Abwärme nicht in Frage kommt. Auch die Nutzung der Abwärme von L F1 für L E scheidet unter den oben genannten Kriterien aus.

Tabelle 3.10: Übersicht über mögliche Wärmeabnehmer innerhalb der Teilnehmerschaft LB

Abnehmer	Wärmeträger	Temperatur [°C]	Menge [MWh]	Maximallast [kW _{th}]	Volllaststunden [h]
L B	Wasser	60	1270	840	1500
L C	Wasser	60	5700	3800	1500
L E	Wasser	70	1400	1000	1400
L F	Wasser	70	1200	700	1700
L G	Wasser	60	1300	1100	1200

Einspeisung von Prozessabwärme in ein Fernwärmenetz

Drei der fünf untersuchten Unternehmen mit thermischen Prozessen verfügen über Abwärme, die für eine Einspeisung in das Nahwärmenetz potenziell relevant sein könnte. Hierbei fallen sechs Prozesse bei Unternehmen L E an, zwei bei Unternehmen L F und einer bei Unternehmen L D. **Tabelle 3.11** fasst die ermittelten Abwärmepotenziale zusammen.

Tabelle 3.11: Zusammenfassung der ermittelten Abwärmepotenziale

Bezeichnung	T [°C]	\dot{V} [m ³ /h]	t [h/a]	Q [kWh/a]	Medium
L D - Kühlung	45	-	-	3.612.000	Wasser
L E - Kompressoren	50	11.200	3.600	376.000	Wasser
L E - Röster	168	4.918	4.700	746.000	Luft
L E - Sprühturm C 1	53	13.500	4.500	624.000	Luft
L E - Sprühturm D 1	53	13.500	4.500	624.000	Luft
L E - Sprühturm C 2	110,5	7.953	4.500	808.000	Luft
L E - Sprühturm D 2	110,5	7.953	4.500	808.000	Luft
L F - Kühlung	22 – 28	-	-	2.900.000	Wasser
L F - Zündspulen	72	4.343	7.200	450.000	Wasser

Gemeinsame Wärmeerzeugung

Im Modellgebiet Weststadt wird eine mögliche gemeinsame Energieerzeugung für die Unternehmen L C und L H untersucht. Wie aus **Abbildung 3.7** hervorgeht, ist die zu überwindende Distanz bei diesen beiden Unternehmen am geringsten. **Tabelle 3.12** stellt die Prozessparameter zum Wärmeverbrauch der beiden Unternehmen dar.

Tabelle 3.12: Annahmen zum Wärmeverbrauch der Unternehmen L H und L C

	Wärmeträger	Temperatur [°C]	Energie [MWh]	Maximallast [kW]	Volllaststunden [h]
L C	Wasser	60	5700	3800	1500
L H	Dampf	120	1500	950	1500

Es wird davon ausgegangen, dass die Erzeugungsanlage bei der Firma L C errichtet wird. Soll die Anlage zur Kraft-Wärme-Kopplung genutzt werden, ist eine möglichst hohe Auslastung wichtig. Dafür ist es hilfreich, einen Reservekessel für Spitzenlasten zur Verfügung zu haben. Es bietet sich daher an, einen der bestehenden Kessel der Firmen zu nutzen (Firma L H: 0,95 MW_{th}; Firma L C zwei mal 1,9 MW_{th}). Die daraus resultierenden Varianten sind in **Tabelle 3.13** dargestellt. Für die weiteren Betrachtungen wird aufgrund der höheren Volllaststunden der Kessel des Unternehmens L C als Reserve- und Spitzenlastkessel verwendet.

Tabelle 3.13: Gegenüberstellung unterschiedlicher KWK-Konzepte für die Unternehmen L H und L C

	Gemeinsamer Bedarf	Nutzung Kessel Firma L C	Nutzung Kessel Firma L H
MW _{th} max	3,6	13,6	2,7
MWh _{th}	7.200	5.500	6.900
Volllaststunden	2.000	3.400	2.600

Es werden drei Varianten beispielhaft untersucht. Bei der Variante 1 kommt eine Gasturbine (GTS) sowie ein Abhitzeessel (AHK) zum Einsatz. Aufgrund der geringen Volllaststundenzahl wird eine möglichst kleine Turbine gewählt und bei Bedarf kann die Leistung durch eine Zusatzfeuerung im AHK erhöht werden, da die Kosten der Zusatzfeuerung deutlich unter der einer Turbine liegen. Dabei hat die Turbine eine Leistung von 1.440 kW_{th} und 610 kW_{el}. Bei der 2. Variante wird ein Großwasserraumkessel (GWK) mit einer Dampfturbine (DTS) kombiniert. Zur Vergleichbarkeit wird eine Turbine mit einer Leistung von 650 kW_{el} verwendet und der GWK leistet 1.400 kW_{th}. Als 3. Variante wird der Einsatz eines Blockheizkraftwerks (BHKW), welches Dampf und Heißwasser getrennt erzeugt, untersucht. Das verwendete BHKW kann mit einem Abgasdampferzeuger kombiniert werden, der ca. 500 kW_{Dampf} als Satttdampf bei 10 bar liefern kann. Diese Kombination stellt eine Gesamtleistung von 1.540 kW_{th} bei einem thermischen Wirkungsgrad von 45,2 % zur Verfügung. Die elektrische Leistung beträgt 1.400 kW_{el} bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 41,4 %. Damit beträgt der Gesamtwirkungsgrad bei Nennlast 86,6 %.

3.4 Technische und wirtschaftliche Bewertung

Während Ludwigsburg mit seiner, im Vergleich zu Achern, großen und energieintensiven Teilnehmerschaft über eine Vielzahl an überbetrieblichen Maßnahmen verfügt, wurden in Achern zwei mögliche Maßnahmen identifiziert, allerdings konnten beide nach einer einfachen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nicht weiter verfolgt werden. Die Gründe für den Ausschluss dieser zwei Maßnahmen sowie eine ausführliche Bewertung der Kooperationsmöglichkeiten in Ludwigsburg werden in den nachfolgenden zwei Unterkapiteln behandelt.

3.4.1 Achern

Nachdem die Option einer gemeinsamen Wärmeerzeugung bei Unternehmen A E, aufgrund des Umstands, dass die Heizungsanlage von Unternehmen A C ihre Abschreibungsdauer noch nicht erreicht hat und sich in einwandfreien technischem Zustand befindet und eine Ausbetriebnahme nicht infrage kommt, bereits im Rahmen der Datenerhebung verworfen wurde, existieren noch zwei Möglichkeiten einer überbetrieblichen Kooperation. Dies sind die gemeinsame Nutzung der Heizungsanlage des Unternehmen A C durch Unternehmen A C und A E sowie die Nutzung von extern erzeugtem Biogas bei Unternehmen A D.

Gemeinsame Wärmeerzeugung bei Unternehmen A F

Ein Betrieb der Anlage über den täglichen Zeitraum, in dem in mindestens einem Betrieb gearbeitet wird (20 Stunden), hätte (unter Berücksichtigung der Tatsache, dass außer von 10.30 - 12.30 Uhr samstags in Unternehmen A F keine Wochenendarbeit stattfindet) einen kumulierten jährlichen Wärmebedarf von 132,6 MWh zur Folge. Es zeigte sich, dass eine Deckung des Wärmebedarfs grundsätzlich komplett über die bestehende BHKWs von Unternehmen A F gewährleistet werden könnte. Inwieweit ein ausschließlicher Betrieb der BHKWs mit den Holzabfällen von Unternehmen A E möglich ist, wurde im Rahmen einer Detailuntersuchung ermittelt. Es zeigte sich, dass im Falle eines harten Winters, die anfallende Menge an Holzabfällen nicht ausreicht, um den Bedarf beider Unternehmen jederzeit sicher decken zu können.

Integration einer externen Biogas-Anlage

Bei einer Verwendung des in der externen Biogasanlage erzeugten Gases im Heizsystem von Unternehmen A D könnte Heizöl im Wert von ca. 70.000 € pro Jahr eingespart werden. Der (außentemperaturabhängige) Heizwärmebedarf in Höhe von ca. 1.000 MWh könnte mittels Biogas-BHKW mit einer thermischen Leistung von 150 kW entsprechend zu 70 % gedeckt werden. Dem gegenüber stehen die hohen Investitionskosten für die Gasleitung (Länge ca. 2,5km – siehe **Abbildung 3.6**), des Satelliten-BHKWs, die Einbindung etc. Darüber hinaus könnte die Hälfte des Jahres das Biogas nicht für die Wärmeerzeugung genutzt werden. Aufgrund dieser Faktoren und dem Umstand, dass Unternehmen A D alle Personal- und Finanzressourcen für den Neubau eines Gebäudes benötigt, wurde unternehmensseitig entschieden, diese Option nicht weiter zu verfolgen.

3.4.2 Ludwigsburg

Im Vergleich zum Energiepakt Achern ergaben sich im Modellgebiet Weststadt aus der Datenerhebung deutlich mehr Optionen unternehmensübergreifender Maßnahmen. Neben einer gemeinsamen Erzeugungsanlage kommen auch Kooperationen bei der Abwärmenutzung sowie eine Einspeisung von Abwärme in ein zentrales Fernwärmenetz infrage.

Gemeinsame Wärmeerzeugung

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer gemeinsamen Erzeugungsanlage der Unternehmen L H und L C sind in **Tabelle 3.14** dargestellt. Es zeigt sich, dass aufgrund der hohen Stromproduktion verbunden mit den geringsten Investitionskosten der Einsatz eines BHKW Vorteile bietet. Insgesamt zeigt diese erste Abschätzung jedoch auch, dass die resultierenden Amortisationszeiten deutlich über den für produzierende Unternehmen akzeptablen Werten liegen. Da diese Kooperationsmöglichkeit von allen aufgrund des geringen räumli-

chen Abstandes der Unternehmen zueinander die vielversprechenste darstellt, kann auf eine Betrachtung weiterer Möglichkeiten einer gemeinsamen Erzeugung verzichtet werden.

Tabelle 3.14: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterschiedlicher Nutzungsvarianten für eine gemeinsame Energieerzeugung der Unternehmen L H und L C

Varianten	Jährl.Stromproduktion [MWh]	Investitionskosten [Mio. €]	Jährl. Betriebskosten [€/a]	Amortisationszeit [a]
Grundfall			390500	
1	2200	1,92	263200	12,6
2	2300	1,52	249600	10,8
3	5000	1,61	209000	8,8

Unternehmensübergreifende Abwärmenutzung

Um zu ermitteln, welche Kooperationsmöglichkeiten nach den Energiewerten über das höchste Potenzial verfügen, wurde für jedes potenzielles Abwärmequellen und –senkenpaar die pro Jahr übertragbare Wärmemenge abgeschätzt. Die kooperationspartnerspezifischen Leistungen sind in **Tabelle 3.15** aufgeführt.

Tabelle 3.15: Übertragbare Wärmemengen der jeweiligen überbetrieblichen Kooperation [MWh/a]

von nach	L E1	L E2	L F1	L F2
L B	1.100	1.100	1.200	250
L C	2.300	2.000	3.000	260
L E				260
L F	1.000	1.000		
L G	1.100	1.100	1.200	250

Neben der energetischen Machbarkeit ist auch der Aufwand, der für diesen Nutzen betrieben werden muss, zu betrachten. Dazu wird die Entfernung der verschiedenen Übertragungswege bewertet. Sowohl der Preis der Anlage als auch die Verluste werden wesentlich von der Länge der Leitungen mitbestimmt. Die Entfernung zwischen den beteiligten Firmen stellt damit einen entscheidenden Einflussfaktor dar. Die geografische Vereinfachung, die den Entfernungen zugrunde liegt, ist in **Abbildung 3.11** dargestellt.

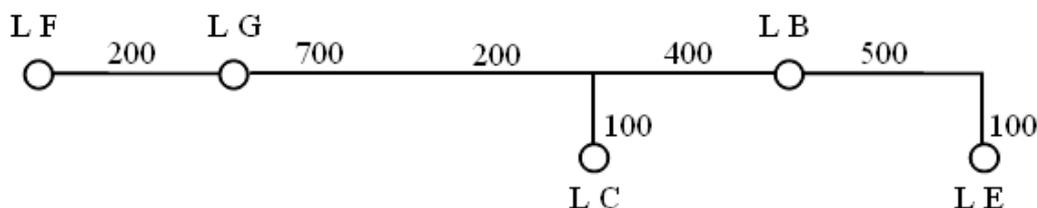


Abbildung 3.11: Entfernungsmodell am Beispiel des Modellgebiets Weststadt

Zur überschlägigen Bewertung der Wirtschaftlichkeit werden aufgrund von Erfahrungswerten bei der Planung entsprechender Projekte zwei Größen verwendet /Rutschmann 2005/: die Leistungsdichte (die maximal übertragbare Leistung pro Länge) und die übertragene Energie pro Länge und Jahr. Dabei sollte sowohl die Leistungsdichte über 1 kW pro Meter Leitungslänge liegen als auch die übertragene Energie über 2 MWh pro Meter Leitungslänge und Jahr betragen. Die entsprechenden Werte für die betrachteten Kombinationen sind in **Tabelle 3.16** dargestellt. Der erste Wert gibt die übertragbare Leistungsdichte in kW/m und der zweite Wert die übertragbare Energiedichte in MWh/m*a an. Dabei zeigt sich, dass die Quelle L F1 nach dieser ersten Bewertung mehrere Wärmenutzer günstig beliefern könnte. Sowohl die Lieferung von L F1 nach L C oder L G als auch L E1 nach L C entspricht nach dieser ersten überschlägigen Bewertung den Erfahrungswerten für entsprechende Projekte.

Eine Übersicht über die abgeschätzten Kosten, eingesparten Energie sowie sind die entsprechenden Amortisationszeiten sind in

Tabelle 3.177 gegeben. Entscheidender Faktor ist die Leitungslänge, wodurch die Kosten und dadurch die Amortisationszeiten durch z. B. gleichzeitige Verlegung mehrerer Leitungen um bis zu 30 % sinken können.

Tabelle 3.16: Übertragbare Leistungs- [kW/m] und Energiedichte der jeweiligen überbetrieblichen Kooperation [MWh/m*a]

von nach	L E1		L E2		L F1		L F2	
	kW/ m	MWh/ m*a	kW/ m	MWh/ m*a	kW/ m	MWh/ m*a	kW/ m	MWh/ m*a
L B	0,94	1,75	0,94	1,75	0,38	0,79	0,05	0,17
L C	0,62	2,09	0,54	1,83	1,28	2,54	0,06	0,22
L E							0,04	0,12
L F	0,15	0,48	0,15	0,48				
L G	0,33	0,60	0,31	0,60	3,12	6,17	0,37	1,27

Es zeigt sich, dass eine Versorgung von Firma L G durch den Prozess L F1 mit Amortisationszeiten von 2 Jahren und die Versorgung von Unternehmen L B durch die Prozesse L E1 bzw. L E2 mit Amortisationszeiten von 4 Jahren verbunden wäre (vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**7). Obwohl dies akzeptabel erscheint, gilt in vielen mittelständischen Unternehmen die Vorgabe, dass eine Maßnahme sich innerhalb bzw. unter zwei Jahren amortisieren muss, was so auch von den am Forschungsprojekt beteiligten Unternehmen bestätigt wurde.

Tabelle 3.17: Geschätzte Investitionskosten [T €], gesparte Energie [MWh/a] und resultierende Amortisationszeiten [a] der jeweiligen überbetrieblichen Abwärmenutzungskooperation

	L E1			L E2			L F1			L F2		
	T€	MWh/a	a	T€	MWh/a	a	T€	MWh/a	a	T€	MWh/a	a
LB	490	1.100	4	500	1.100	4	960	1.200	7	670	250	22
LC	820	2.300	6	810	2.000	7	990	3.000	6	550	260	38
LE										910	260	77
LF	1.100	1.000	26	1.100	1.000	26						
LG	1.300	1.100	23	1310	1.100	23	150	1.200	2	150	250	12

Die Wirtschaftlichkeit einer punktuellen Kooperation zwischen Teilnehmern des Modellgebiets Weststadt ist somit in den meisten Fällen nicht gegeben. Ein größeres Potenzial verspricht die Einspeisung von Abwärme in ein Fernwärmenetz. Sollte das Fernwärmenetz entgegen der Planung nicht eingeführt werden, so sollten die entsprechenden Unternehmen die Möglichkeit einer direkten Kooperation erneut prüfen.

Einspeisung in ein Fernwärmenetz

Für die verschiedenen Abwärmeströme wird im Folgenden die technische Realisierbarkeit ihrer Erschließung über den Anschluss an das Nahwärmenetz überprüft und die Wirtschaftlichkeit untersucht. Das Nahwärmenetz in der Ludwigsburger Weststadt wird eine geplante Vorlauftemperatur von 110 °C und eine Rücklauftemperatur von 55 °C aufweisen. Die Abwärme kann sowohl in den Vorlauf, als auch in den Rücklauf des Nahwärmenetzes eingespeist werden. Bei einer Einspeisung in den Vorlauf beträgt die benötigte Temperatur 110 °C. Das Temperaturniveau für eine Einspeisung in den Rücklauf wurde mit 90 °C abgeschätzt. Die Vergütung für die Einspeisung von industrieller Abwärme in das Fernwärmenetz muss im Einzelfall direkt zwischen dem betroffenen Unternehmen und den Stadtwerken Ludwigsburg-Kornwestheim verhandelt werden. Unter Berücksichtigung des Preises der Fernwärme für Endkunden von 6,83 Cent/kWh /SWLB 2011/ wird angenommen, dass mögliche Vergütungen zwischen 0,5 Cent/kWh und 4 Cent/kWh liegen. Eine Vergütung von 0,5 Cent/kWh wurde als Untergrenze für die Wirtschaftlichkeit der durch die Unternehmen durchzuführenden Investitionen angenommen. Eine Vergütung von 4 Cent/kWh wurde als Obergrenze gewählt, da nicht erwartet wird, dass sich ansonsten die Investitionen in das Nahwärmenetz für die Stadtwerke bezahlt machen. Im Einzelnen wurde die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit im Folgenden für Vergütungen von 0,5 Cent/kWh, 1 Cent/kWh, 2 Cent/kWh und 4 Cent/kWh durchgeführt.

Für den Betrieb von Wärmetauschern und Wärmepumpen wird Strom benötigt. Der Strompreis für Industriekunden in Ludwigsburg beträgt 18,56 Cent/kWh /SWLBK 2011/. Für ein derartiges Verhältnis zwischen Fernwärme- und Strompreis ist ein wirtschaftlicher Ein-

satz einer Wärmepumpe nicht möglich. Viele Stromanbieter bieten jedoch reduzierte Wärmepumpentarife an. Auf der Homepage der Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim konnte ein solcher Tarif allerdings nicht gefunden werden. Im Folgenden wird daher für den Betrieb der Wärmepumpe mit dem durchschnittlichen Strompreis für Industrie in Deutschland, der nach /BMWi 2011/ ermittelt wurde, gerechnet. Dieser beträgt 9,18 Cent/kWh.

Unternehmen L D

Wie **Tabelle 3.11** entnommen werden kann, beläuft sich die Temperatur der Kühlmaschinenabwärme auf ca. 45 °C. Unternehmen L D verfügt über zwei Kältemaschinen mit einer Abwärmeleistung von jeweils 434 kW. Im Winter wird eine Maschine mit 90 bis 100 % Auslastung betrieben, im Sommer sind beide Maschinen zu 70 bis 80 % ausgelastet. Die Temperatur beträgt 45 °C, die jährliche Betriebszeit des Unternehmens 7.344 Stunden. Im Winter wird die Abwärme intern zu Heizecken genutzt.

Um eine Wärmepumpe wirtschaftlich betreiben zu können, ist eine möglichst hohe Auslastung der Wärmepumpe bei möglichst langer Betriebszeit notwendig. Für das Unternehmen gilt es daher abzuschätzen, wie viel Abwärme intern benötigt wird, und wie viel Abwärme das ganze Jahr über konstant in das Nahwärmenetz eingespeist werden kann. In Abhängigkeit davon ändert sich die Dimensionierung der einzusetzenden Wärmepumpe. Im Folgenden kann nur eine Annahme für die einzuspeisende Abwärmemenge getroffen werden, anhand dieser eine exemplarische Berechnung der Amortisationszeit durchgeführt wird. Es wird angenommen, dass 50 % der im Winter anfallenden Abwärme extern genutzt werden können. Die Auslastung der das ganze Jahr über betriebenen Maschine wurde mit durchgehend 95 % angesetzt. Dies ergibt eine einzuspeisende Abwärmeleistung in Höhe von 206 kW. Durch Multiplikation der einzuspeisenden Abwärmeleistung mit der jährlichen Betriebszeit wurde die einzuspeisende Abwärmemenge zu 1.512.864 kWh pro Jahr berechnet. Bei einer Temperaturerhöhung von 45 auf 110 °C durch die Wärmepumpe wird von einem COP von 2,0 ausgegangen. Wie bereits erwähnt, stellen entsprechende Hochtemperaturwärmepumpen aktuell noch Prototypen dar. Es wird daher von einem Preis für die hier verwendete Wärmepumpe von 180.000 € ausgegangen. Die Installationskosten der Wärmepumpe wurden mit 10 % der Anschaffungskosten für die Wärmepumpe angenommen. Die Rohrverlegungskosten werden mit 280 €/m angenommen und die benötigte Leitungslänge wird mit 30 m abgeschätzt. Der Erlös durch die Installation der Wärmepumpe setzt sich zusammen aus der verhandelten Vergütung für die eingespeiste Energiemenge abzüglich Energie- und Wartungskosten der Wärmepumpe. Durch die große Temperaturerhöhung sinkt der COP deutlich und ein wirtschaftlicher Betrieb der Wärmepumpe ist nicht gegeben, da selbst bei einer Vergütung von 4 Cent pro kWh keine (positiven) jährlichen Erlöse erwirtschaftet werden können.

Daher wurde im zweiten Schritt untersucht, inwiefern sich die Amortisationszeit verändert, wenn die erforderliche Temperatur verringert wird, sodass die Abwärme in den Rück-

lauf des Nahwärmenetzes eingespeist werden kann. Dafür wurde die zu erzielende Temperatur der Wärmepumpe von 110 °C auf 90 °C reduziert. Es wird angenommen, dass sich der COP dadurch auf 2,8 erhöhen lässt. Alle anderen Werte wurden im Vergleich zur ersten Berechnung für eine Anhebung auf 110 °C nicht verändert. Das Ergebnis ist in **Tabelle 3.18** dargestellt. In diesem Fall ist bei einer Vergütung von 4 Cent pro kWh eine Investition in die Wärmepumpe rentabel, nach dynamischer Amortisationsrechnung beträgt die Amortisationszeit 3,3 Jahre.

Tabelle 3.18: Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung für die Kältemaschinen (90 °C)

Vergütung [Cent/kWh]	jährlicher Erlös [€a]	statische Amortisationszeit [a]	dynamische Amortisationszeit [a]
0,5	-34.213	-	-
1	-26.648	-	-
2	-11.520	-	-
4	18.738	2,9	3,3

Unternehmen L E

Wie in **Tabelle 3.11** gezeigt, wird bei Unternehmen L E die Abwärmenutzung für die Prozesse Kompressoren, Röstern und Sprühtürmen jeweils untersucht. Bei Betrachtung der Temperaturniveaus und Volumenströme der verschiedenen Prozesse wird deutlich, dass insbesondere die Röster für eine Einspeisung in das Nahwärmenetz geeignet sind.

Röster

Die beiden Röster verfügen zusammen über einen durchschnittlichen Volumenstrom von 4.918 Nm³/h bei einer durchschnittlichen Temperatur von 168 °C. Die jährliche Betriebszeit beträgt 4.700 Stunden. Für die Nutzung der Abwärme der Röster wird der Einsatz eines Wärmetauschers untersucht. Es handelt sich dabei um einen Luft-Wasser-Wärmetauscher. Die Luft tritt mit den oben genannten Daten in den Wärmetauscher ein und erwärmt das Heizmittel, in diesem Fall das Wasser des Nahwärmenetzes, von 55 auf 110 °C. Die Luftaustrittstemperatur beträgt 70 °C. Der zu erwärmende Volumenstrom des Wassers wurde zu 2,78 m³/h berechnet. Damit ergibt sich die jährlich in das Nahwärmenetz eingespeiste Energiemenge zu ca. 823.000 kWh.

Die Investitionskosten für eine Nutzung der Abwärme der Röster setzen sich zusammen aus den Anschaffungs- und Installationskosten für den Wärmetauscher, sowie den fälligen Rohrverlegungskosten. Die Anschaffungskosten für den Wärmetauscher betragen 7.160 € zuzüglich 19 % Mehrwertsteuer. Die Installationskosten des Wärmetauschers wurden mit 10 % der Anschaffungskosten abgeschätzt. Die Rohrverlegungskosten werden mit 338 € m angenommen. Die benötigte Leitungslänge bis zur Unternehmensgrenze beträgt 38 m. Insgesamt berechnen sich die Investitionskosten somit zu ca. 23.000 €. Der zusätzliche Stromver-

brauch wird als ein achtzigstel der eingespeisten Energiemenge angenommen. Die jährlichen Wartungskosten werden mit 5 % der Anschaffungskosten für den Wärmetauscher abgeschätzt.

Das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung (vgl.

Tabelle 3.19) zeigt, dass eine Nutzung der Abwärme in Abhängigkeit von der verhandelten Vergütung wirtschaftlich sein kann. Für alle betrachteten Vergütungen ergibt sich ein positiver Erlös.

Tabelle 3.19: Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung für die Röster

Vergütung [Cent/kWh]	jährlicher Erlös [€a]	statische Amortisationszeit [a]	dynamische Amortisationszeit [a]
0,5	1.779	12,49	20,08
1	5.892	3,77	4,28
2	14.119	1,57	1,68
4	30.573	0,73	0,76

Strom- und Wartungskosten des Wärmetauschers bleiben unabhängig von der verhandelten Vergütung konstant. Daher steigt der Erlös bei einer Erhöhung der Vergütung überproportional an. Allerdings erschwert die diskontinuierliche Arbeitsweise der Röster mit wechselnden Prozessparametern eine Abwärmenutzung erheblich. Eventuell wird der Einsatz eines Wärmespeichers notwendig. Dies kann zu einer Veränderung des Preises für den Wärmetauscher führen und muss vor einer tatsächlichen Realisierung geprüft werden. Ein Wärmetauscherhersteller rechnet dadurch jedoch nur mit einer geringfügigen Erhöhung der Investitionskosten.

Sprühtürme

Bei den Sprühtürmen gibt es zwei für eine überbetriebliche Nutzung potenziell relevante Prozesse: den Abwärmestrom nach dem Economiser und den Abwärmestrom nach dem Venturi-Wäscher. Beide werden im Folgenden näher untersucht. Die Rohrnetzkosten werden bei dem Abwärmestrom nach dem Economiser berücksichtigt, da dessen Nutzung aufgrund des höheren Temperaturniveaus wahrscheinlicher ist.

Abwärmestrom nach dem Economiser

Jeder der beiden sich im Betrieb befindlichen Sprühtürme verfügt nach dem Economiser über einen Volumenstrom von $7.953 \text{ Nm}^3/\text{h}$ bei einer Temperatur von $110,5 \text{ °C}$. Bei Einsatz eines Wärmetauschers kann damit das Wasser des Nahwärmenetzes von 55 °C auf 90 °C erwärmt werden. Es werden zwei Anwendungsfälle betrachtet. Zunächst wird die Nutzung der Abwärme der Sprühtürme mittels Wärmetauscher für eine Einspeisung in den Rücklauf des Nahwärmenetzes mit einem Temperaturniveau von 90 °C analysiert. Im zweiten Schritt wird der Einsatz einer Wärmepumpe nach dem Durchlauf des Wärmetauschers untersucht, um das Temperaturniveau des Vorlaufs von 110 °C zu erreichen.

Die beiden Sprühtürme stehen direkt nebeneinander. Ihre Betriebszeiten sind weitgehend identisch. Der Einsatz eines großen Wärmetauschers, der für einen Volumenstrom von 16.000 Nm³/h ausgelegt ist und somit die Abwärme beider Sprühtürme übertragen kann, ist wirtschaftlich sinnvoller als der Einsatz zweier kleiner Wärmetauscher, die jeweils die Abwärme eines Sprühturms bedienen können. Daher wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die Abluft der beiden Sprühtürme nach dem Economiser zusammengeführt und von einem Wärmetauscher an das Wasser des Nahwärmenetzes übertragen wird. Die Auslegung des Wärmetauschers wurde zusammen mit dem Wärmedurchgangskoeffizient abgeschätzt. Die verwendeten Größen sind in **Tabelle 3.20** dargestellt.

Tabelle 3.20: Prozessparameter, auf denen die Berechnung eines möglichen Wärmetauschers der Sprühtürme beruht

Parameter	Wert	Einheit
Eintrittstemperatur Abgas	110,5	°C
Eintrittstemperatur Wasser	55	°C
Austrittstemperatur Wasser	90	°C
Wärmekapazität Luft bei T = 110 °C	1,013	kJ/(kg*K)
Dichte Luft bei T = 110 °C	0,9096	kg/m ³
Wärmekapazität Wasser bei T = 55 °C	4,181	kJ/(kg*K)
Abgas-Normvolumenstrom	15.906	Nm ³ /h
Wärmedurchgangskoeffizient	70	W/(m ² *K)
Wärmetauscherfläche	150	m ²

Daraus ergibt sich ein Volumenstrom des Wassers von 4,32 m³/h und die Luftaustrittstemperatur liegt bei 68 °C. Die jährlich in das Nahwärmenetz eingespeiste Energiemenge berechnet sich zu 778.356 kWh, wobei das Temperaturniveau beträgt 90 °C und die Energie somit für eine Einspeisung in den Rücklauf des Nahwärmenetzes geeignet ist.

Die Anschaffungskosten für den Wärmetauscher wurden abgeschätzt. Es zeigt sich, dass eine Verdopplung des Volumenstroms zu einer Preiserhöhung um circa 50 % führt. Unter Berücksichtigung der Kosten für den bei den Röstern angefragten Wärmetauscher wurden die Kosten für diesen Wärmetauscher mit 14.320 € zuzüglich Mehrwertsteuer veranschlagt. Die Installationskosten des Wärmetauschers wurden mit 10 % der Anschaffungskosten abgeschätzt. Die Rohrverlegungskosten werden mit 282 €/m angesetzt und die benötigte Leitungslänge bis zu den Röstöfen beträgt 20 m. Insgesamt summieren sich die Investitionskosten auf ca. 25.000 €. Das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung ist in **Tabelle 3.21** dargestellt.

Tabelle 3.21: Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung für eine Abwärmenutzung der Sprühtürme (90 °C)

Vergütung [Cent/kWh]	jährlicher Erlös [€/a]	statische Amortisationszeit [a]	dynamische Amortisationszeit [a]
0,5	1.234	19,76	90,79
1	5.126	4,76	5,57
2	12.909	1,89	2,03
4	28.476	0,86	0,90

Es wird deutlich, dass eine Nutzung der Abwärme in Abhängigkeit von der verhandelten Vergütung wirtschaftlich sein kann. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die Wärme auf diesem Temperaturniveau nicht in den Vorlauf, sondern nur in den Rücklauf des Nahwärmenetzes eingespeist werden kann, sodass die zu erwartende Vergütung niedriger ausfallen dürfte als bei den Röstern.

Im zweiten Schritt wird der Einsatz einer Wärmepumpe untersucht. Diese wird hinter den oben berechneten Wärmetauscher installiert und erwärmt das 90 °C warme Wasser weiter bis auf die Vorlauftemperatur des Nahwärmenetzes von 110 °C. Die benötigte Leistung der Wärmepumpe beträgt 173 kW. Sie wurde mit Hilfe des Energiestroms nach dem Wärmetauscher in Höhe von 778.356 kWh pro Jahr und der Betriebszeit von 4.500 Stunden pro abgeschätzt. Für den gegebenen Temperaturhub wird von einem realisierbaren COP von 3 ausgegangen. Da es sich bei einer hierfür benötigten Hochtemperaturwärmepumpe um eine Pilotanlage handelt, werden die Investitionskosten in Abstimmung mit einem Hersteller mit 150.000 € abgeschätzt. Die Investitionskosten für das Gesamtsystem belaufen sich somit auf ca. 190.000 €. Sie setzen sich zusammen aus den Investitionskosten für Wärmetauscher, Wärmepumpe und Leitungen. Die Investitionskosten für die Wärmepumpe setzen sich aus Anschaffungs- und Installationskosten, wobei diese mit 10 % der Investitionskosten angenommen werden, zusammen. Die jährlichen Wartungskosten der Wärmepumpe wurden analog zum Wärmetauscher mit 5 % der Anschaffungskosten angesetzt. Die betrachteten Betriebs- und Wartungskosten des Wärmetauschers wurden analog zu oben angenommen. Wie beim Einsatz einer Hochtemperaturwärmepumpe bei Unternehmen L D bewirken die damit verbundenen hohen Kosten keine jährlichen Erlöse, auch bei einer Vergütung in Höhe von 4 Cent pro eingespeister kWh, so dass diese Option wirtschaftlich nicht in Frage kommt.

Geht man von einer zukünftigen Marktreife dieser Technologie und damit einer Anpassung der Preise an das gegenwärtige Niveau im Temperaturbereich < 70 °C aus, so würden sich die Investitionskosten auf ca. 35.000 € und der COP auf ca. 4,0 belaufen. Dies würde einen positiven jährlichen Erlös (bei 4 Cent pro kWh) in Höhe von etwa 1.000 € bedeuten.

Unternehmen L F

Tabelle 3.11 entsprechend beträgt die jährlich verfügbare Energiemenge des Kühlwassers bei Unternehmen L F 2.940.000 kWh. Die Temperatur liegt in Abhängigkeit von Produktionsauslastung und Außentemperatur zwischen 22 und 28 °C. Bei einer Anhebung auf 90 °C würde dies einen COP von 2,39 bewirken. Damit lässt sich das benötigte Temperaturniveau nicht wirtschaftlich erreichen.

Die Abwärme aus Vorwärm-, Vergieß-, und Aushärteöfen der Zündspulenproduktion verfügt über einen Volumenstrom von 4.343 Nm³/h bei einer Temperatur von 72 °C. Die Betriebszeit beträgt 7.200 Stunden. Die Berechnung und die Abschätzung der Kosten des Wär-

metauschers wurden analog zum Abwärmestrom des Economisers der Sprühtürme von Unternehmen L E durchgeführt. Die verwendeten Werte sind in **Tabelle 3.22** dargestellt. Da das Temperaturniveau der Abwärme geringer als beim Economiser vor den Sprühtürmen ist, wurden die Werte für Wärmedurchgangskoeffizient und Wärmetauscherfläche angepasst. Mit Hilfe dieser Annahmen konnte der Wärmetauscher ausgelegt werden. Der Volumenstrom des Wassers beträgt $3,43 \text{ m}^3/\text{h}$ und die Luftaustrittstemperatur $55,67 \text{ }^\circ\text{C}$. Die jährlich verfügbare Energiemenge berechnet sich zu 141.289 kWh gegenüber der Rücklaufstemperatur des Nahwärmenetzes. Das Temperaturniveau beträgt $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Da die Energie auf diesem Temperaturniveau nicht für eine Einspeisung in das Nahwärmenetz geeignet ist, wird auch hier der Einsatz einer Wärmepumpe untersucht.

Tabelle 3.22: Prozessparameter, auf denen die Berechnung eines möglichen Wärmetauschers der Zündspulenproduktion beruht

Parameter	Wert	Einheit
Eintrittstemperatur Abgas	72	$^\circ\text{C}$
Eintrittstemperatur Wasser	55	$^\circ\text{C}$
Austrittstemperatur Wasser	60	$^\circ\text{C}$
Wärmekapazität Luft bei $T = 80 \text{ }^\circ\text{C}$	1,010	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
Dichte Luft bei $T = 80 \text{ }^\circ\text{C}$	0,9862	kg/m^3
Wärmekapazität Wasser bei $T = 55 \text{ }^\circ\text{C}$	4,181	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
Abgas-Normvolumenstrom	4343	Nm^3/h
Wärmedurchgangskoeffizient	50	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Wärmetauscherfläche	100	m^2

Die Wärmepumpe erwärmt das Wasser von 60 auf $110 \text{ }^\circ\text{C}$. Mit Hilfe des Energiestroms nach dem Wärmetauscher in Höhe von 141.289 kWh und der Betriebszeit von 7.200 Stunden pro Jahr wurde die benötigte Leistung der Wärmepumpe berechnet. Sie beträgt $19,6 \text{ kW}$. Für die benötigte Leistung wurde eine ausreichend leistungsstarke Wärmepumpe mit einer Leistung von 20 kW gewählt. Die Investitionskosten betragen ca. 30.000 € . Der COP wurde mit $3,0$ angenommen.

Die Investitionskosten für den Wärmetauscher wurden mit denselben Annahmen wie beim Economiser vor den Sprühtürmen mit 3.580 € zuzüglich Mehrwertsteuer abgeschätzt. Die Installationskosten des Wärmetauschers und der Wärmepumpe wurden erneut mit 10% der Investitionskosten angenommen. Die Rohrverlegungskosten werden mit 280 €/m und die benötigte Leitungslänge mit 30 m abgeschätzt. Der Erlös wurde ebenfalls analog zum Economiser berechnet. Wie bei den Unternehmen L D und L E zeigt sich, dass die mit dem Einsatz einer Hochtemperaturwärmepumpe verbundenen Kosten die Unwirtschaftlichkeit einer solchen Maßnahme bedeuten.

Geht man, wie zuvor, von einer Weiterentwicklung und Etablierung der Hochtemperaturtechnik aus, so würde dies mittel- bis langfristig eine Reduktion der Investitionskosten auf ca. 10.000 € bewirken. Durch die ebenfalls sinkenden Betriebs- und Wartungskosten würde sich

bei einer Vergütung von 4 Cent pro kWh ein positiver jährlicher Erlös in Höhe von einigen hundert Euro ergeben.

In einem zweiten Schritt wird die Nutzung der Abwärme für eine Einspeisung in den Rücklauf des Nahwärmenetzes auf einem Temperaturniveau von 90 °C untersucht. In diesem Fall wird von einem erhöhten COP der Wärmepumpe von 3,8 ausgegangen. Das Ergebnis der Rechnung ist in **Tabelle 3.23** dargestellt. In diesem Fall lassen sich zwar positive jährliche Erlöse bei einer Vergütung von 4 Cent pro kWh erzielen, jedoch ist keine wirtschaftliche Nutzung möglich, da die Amortisationszeit den von den Unternehmen geforderten Zeiträumen deutlich übersteigt.

Tabelle 3.23: Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung für die Zündspulenproduktion (90 °C)

Vergütung [Cent/kWh]	jährlicher Erlös [€a]	statische Amortisationszeit [a]	dynamische Amortisationszeit [a]
0,5	-3.720	-	-
1	-3.013	-	-
2	-1.600	-	-
4	1.225	21,4	26,8

Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeitsrechnung zur Einspeisung in ein Fernwärmenetz

Insgesamt wurden vier Prozesse ermittelt, für die das Potenzial einer technischen Realisierbarkeit der Nutzung im Nahwärmenetz gegeben ist. Die wirtschaftliche Realisierung der Prozesse ist von der verhandelten Vergütung je eingespeister kWh abhängig. Die Zusammenfassung des ermittelten Erlöses bei Realisierung der vorgestellten Projekte ist in **Abbildung 3.12** dargestellt. Die Projekte sind im Detail:

- L D: Anhebung der Abwärme von Kühlmaschinen über eine Wärmepumpe auf 90 °C
- L E1: Abwärme der Sprühtürme bei 90 °C
- L E2: Abwärme der Röster bei 110 °C
- L F: Anhebung der Abwärme von Kühlmaschinen über eine Wärmepumpe auf 90 °C

Bei den Kältemaschinen von Unternehmen L D ergibt sich ausschließlich bei einer Vergütung von 4 Cent/kWh sich ein positiver Erlös. Für alle angenommenen Vergütungen ergibt sich bei den Röstern von Unternehmen L E ein positiver Erlös.

Bei einer Vergütung von 2 und 4 Cent/kWh wird empfohlen, das Projekt durchzuführen.

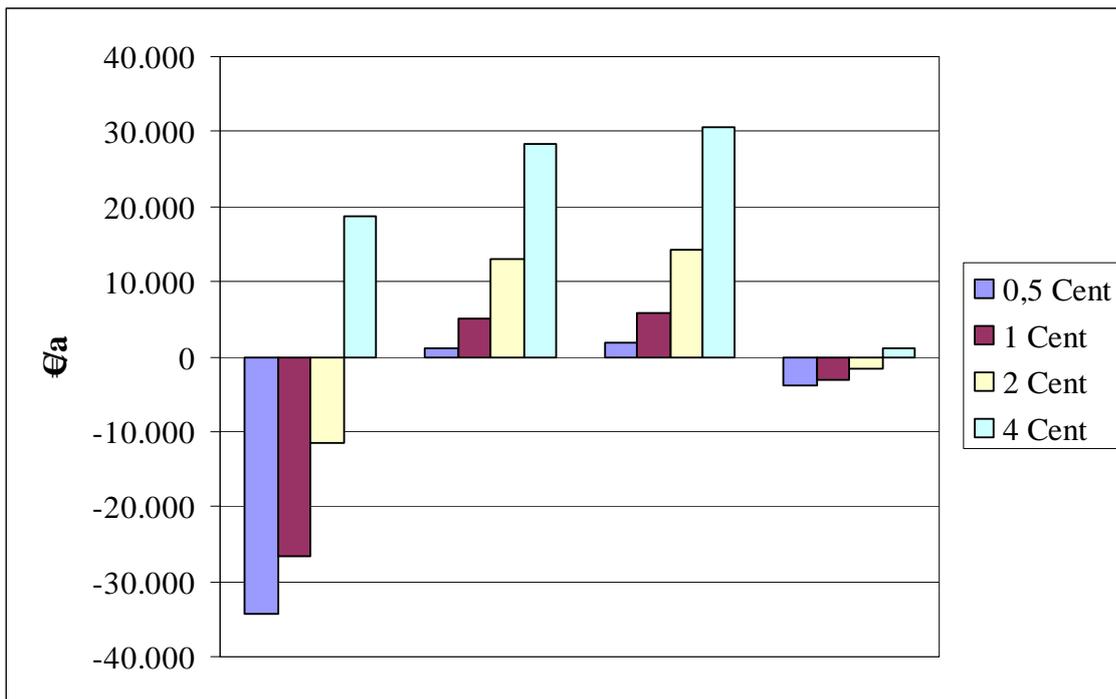


Abbildung 3.12: Zusammenfassung der Erlöse der relevanten Prozesse

Bei einer Nutzung der Abwärme der Zündspulenproduktion von Unternehmen L F ist ebenfalls der Einsatz einer Wärmepumpe notwendig. Ausschließlich bei einer Vergütung von 4 Cent/kWh ergibt einen positiven Erlös. Dieser ist im Vergleich zu den Investitionskosten jedoch so gering, dass sich eine Nutzung der Abwärme nicht wirtschaftlich darstellen lässt.

Die sich daraus in Abhängigkeit von den Investitionskosten jeweils ergebenden statischen und dynamischen Amortisationszeiten sind in **Abbildung 3.13** abgebildet.

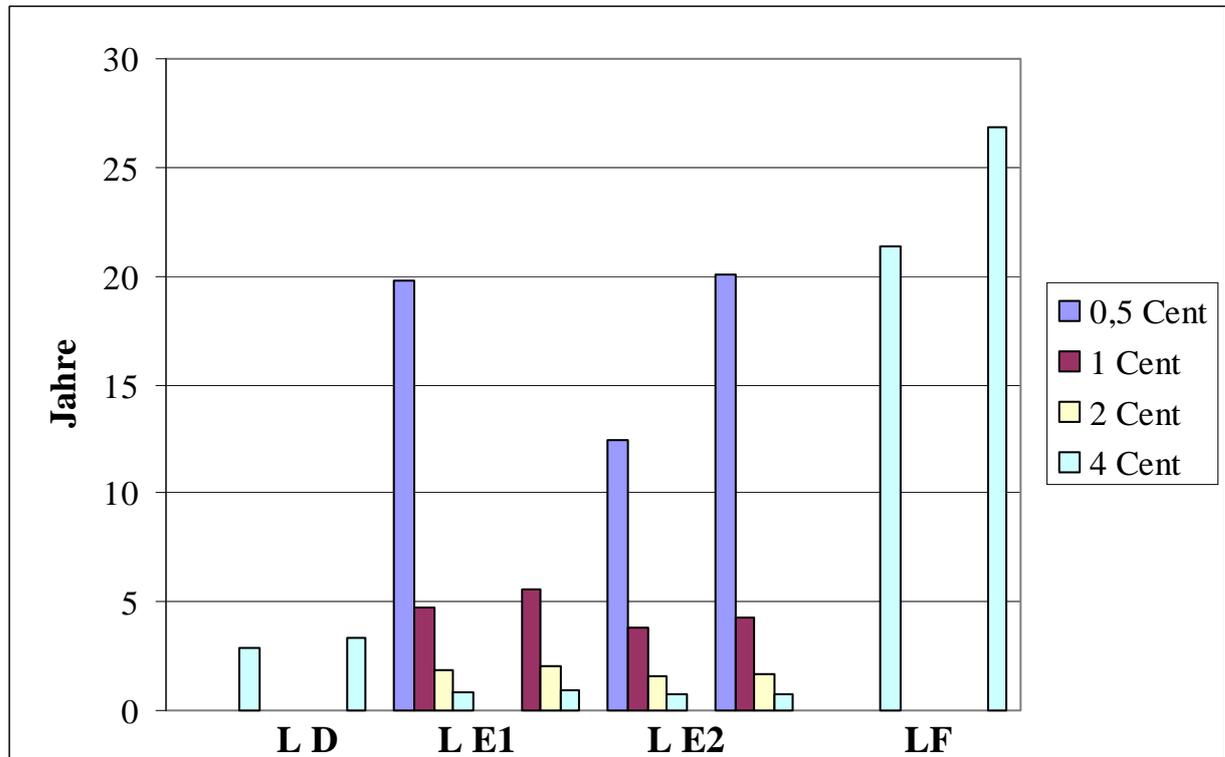


Abbildung 3.13: Zusammenfassung der statischen (links) und dynamischen Amortisationszeiten (rechts) der relevanten Prozesse

Bei Vergütungen von 2 und 4 Cent/kWh sind die Amortisationszeiten bei Unternehmen L E im im Bereich von unter 3 Jahren, bei 1 Cent/kWh liegen sie bei ungefähr 5 Jahren und bei 0,5 Cent/kWh deutlich im unakzeptablen Bereich.

Grundsätzlich kommen somit momentan keine Maßnahmen in Frage die eine Hochtemperaturwärmepumpe benötigen. Wirtschaftlich darstellbar ist somit nur eine Einspeisung in den Rücklauf des Nahwärmenetzes. Der Grund hierfür ist der prototypenhafte Charakter einer für eine Einspeisung in den Vorlauf notwendigen Wärmepumpe und die daraus resultierenden hohen Investitions-, Betriebs-, und Wartungskosten. In den im vorherigen Unterkapitel durchgeführten Einzeluntersuchungen wurde deshalb auch das Szenario untersucht, in dessen Rahmen solche Wärmepumpen zukünftig in Serienproduktion hergestellt werden können und die Kosten den heutigen einer Normaltemperaturwärmepumpe entsprechen. Die Wirtschaftlichkeit ist jedoch fraglich und sollte, nicht zuletzt aufgrund bis zu diesem Zeitpunkt statt findenden Veränderungen der Produktion, gegebenenfalls geprüft werden.

3.5 Hemmnisse und Möglichkeiten zu deren Abbau

Trotz aller Vorteile werden viele effizienzsteigernde Maßnahmen nicht durchgeführt oder verschoben. Besonders in den Bereichen Information und Finanzen treten zahlreiche Barrieren auf, wobei die Probleme bei den Informationen meist schnell zu beheben sind, während finanzielle Probleme oft das Ende eines Projektes bedeuten, zumindest bis sich die Rahmenbedingungen geändert haben. Die technische Machbarkeit lässt sich in der Regel schnell überprüfen.

3.5.1 Wirtschaftliche Hemmnisse

Wie bereits beschrieben, ist die wesentliche Voraussetzung für die Rentabilität eines Projektes, dass die vermiedenen Kosten oder gestiegenen Einnahmen höher liegen als die zusätzlichen Ausgaben einschließlich eventuell nötiger Zinsen, um Ausgaben und Einnahmen bzw. vermiedene Kosten auf dasselbe Jahr zu beziehen. Darüber hinaus legen die meisten Firmen weitere Vorgaben zur Wirtschaftlichkeit fest, wobei bereits die Wahl, welche Größe vorgegeben wird, wesentlichen Einfluss auf die Vorteilhaftigkeit von Investitionen hat. Hierbei gibt es statische und dynamische Verfahren, wobei die statischen einfacher zu bestimmen sind, aber bei komplexeren Vergleichen schnell zu wenig Aussagekraft aufweisen und daher nur als Hilfsmittel oder als erste Einschätzung verwendet werden sollten. Dagegen lohnt sich der Mehraufwand bei dynamischen Rechnungen zumeist.

Am häufigsten vorgegeben werden eine Amortisationszeit, die sowohl statisch als auch dynamisch sein kann, ein Kapitalwert bzw. darauf basierend ein Interner Zinsfuß, die beide dynamisch sind, oder eine statisch berechnete Rentabilität.

Bei der dynamischen Amortisationsrechnung wird die Zeit bestimmt, die nötig ist, bis die Rückflüsse eines Projektes die Anschaffungskosten decken, unter Berücksichtigung der kalkulatorischen Zinsen. Zu diesem Zeitpunkt halten sich also Erlös und Kosten die Waage, der Gewinn ist also genau Null. Diese Betrachtung berücksichtigt allerdings nicht die Zeit, nachdem eine Investition abgezahlt ist. Bei der Kapitalwertmethode wird die gesamte Lebensdauer einer Investition betrachtet. Hierzu werden sämtliche Kapitalflüsse im Zusammenhang mit dem Projekt auf den Beginn der Investition abgezinst /Kruschwitz 2007/.

$$K = -I + \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (3.1)$$

mit:

K: Kapitalwert

I: Investitionssumme

T: Investitionslaufzeit

C: Ausgaben und Erlöse

i: Kalkulationszinssatz

Liegt der Kapitalwert über Null, ist das Projekt rentabel und die Verzinsung des Kapitals liegt über dem kalkulatorischen Zinssatz. Kritisch ist hier zum Einen die Höhe des gewählten Zinssatzes, der auch einen Risikozuschlag enthalten muss, um mit den Zinsen des Kapitalmarktes vergleichbar zu sein.

Formal auf der Kapitalwertmethode basiert die Methode des internen Zinsfußes. Hierbei wird der Zinssatz berechnet, bei dem der Kapitalwert eines Projektes genau Null beträgt. Wird eigenes Kapital verwendet, entspricht der interne Zinsfuß im weiteren Sinne der Verzinsung des Eigenkapitals. Bei fremdem Kapital bildet die Differenz zwischen internen und kalkulatorischen Zinssatz den Gewinn der Firma. Diese Methode hat allerdings einige Schwachstellen. Sie eignet sich wenig, um Projekte mit verschiedener Höhe und Dauer zu vergleichen, da z. B. bei unterschiedlichen Investitionssummen das Projekt mit dem höchsten internen Zinsfuß nur dann am sinnvollsten ist, wenn eventuell übrig bleibende Finanzmittel zum gleichem Zinssatz anderweitig angelegt werden können. Ansonsten zehrt die schlechte Anlegbarkeit des nicht in das Projekt eingebrachten Kapitals den Vorteil wieder auf. Außerdem liefert die Methode keinen eindeutigen Wert, wenn mehr als ein Vorzeichenwechsel in den Geldflüssen auftaucht, wenn also Auszahlungen nicht komplett am Anfang oder Ende der Investition erfolgen /Kruschwitz 2007/.

Kostenbewertung

Durch Unbundling und Outsourcing ergibt sich bei vielen größeren Firmen eine sehr kleinteilige Kostenbetrachtungsstruktur. Unbundling, oder auf Deutsch „Entflechtung“ beschreibt die Herstellung oder Stärkung der Unabhängigkeit zwischen verschiedenen Geschäftsfeldern einer Firma. Outsourcing bezeichnet die Abgabe von Unternehmensaufgaben und -strukturen an Drittunternehmen /Bacher 2000/. Bei der Entflechtung kann es passieren, dass Kosten und Nutzen möglicher Maßnahmen auf verschiedene Bereiche aufgeteilt werden /Schmid 2003/. Sind beide Bereiche noch Teil derselben Firma, lässt sich mit entsprechenden Änderungen in der Abrechnung die Wirtschaftlichkeit des Projekts für alle beteiligten Abteilungen erreichen und das Projekt kann umgesetzt werden. Dies nennt man Intracting. Handelt es sich aber wegen Outsourcing bei Investor und Nutznießer um verschiedene Firmen, kann es passieren, dass die Investition nicht im Interesse des Investors liegt, da dessen Einnahmen sinken würden. Er wird deshalb vermutlich versuchen, die Maßnahme zu behindern.

Finanzierung

Problematisch ist auch oft die geringe Eigenkapitalausstattung von Firmen /Schmid 2003/. Banken stellen solchen Firmen weniger Kredite und diese zu schlechteren Konditionen zur Verfügung, was mögliche Investitionen erheblich einschränkt. Dies kann eine Konkurrenzsituation zu anderen Investitionen erzeugen /Leven 2003/. Beim Vergleich unterschiedlicher

Maßnahmen hängt die Rangfolge wesentlich von der Berechnungsmethode und den Anforderungen des Managements ab. Welches Projekt rentabler ist, wird also auch wesentlich von den internen Prozessen der Firmen mitbestimmt. Zusätzlich haben gerade kleinere Firmen eine Abneigung gegen die Aufnahme von Krediten, selbst wenn diese sinnvoll wären /Schmid 2003/. Aus diesem Grund werden teilweise Projekte, die sinnvoll sind, in allen Berechnungen empfohlen werden und für die alle Voraussetzungen erfüllt sind, trotzdem nicht umgesetzt.

Neben der Wirtschaftlichkeit, die vom jeweiligen Projekt abhängt, ist es somit wichtig, eine gesicherte Finanzierung zu haben. Im Normalfall werden Projekte nicht komplett über Eigenkapital abgedeckt, weswegen fremde Geldgeber dazugenommen werden müssen, die je nach Umsetzung verschiedene Vorteile davon haben können. Idealerweise wird dabei auch geklärt, wer für steigende Kosten während der Umsetzung aufkommt. Bei der Beschaffung dieses zusätzlichen Kapitals gibt es grundsätzlich vier Möglichkeiten:

- Staatliche Zuschüsse
 - Des Bundes
 - Der Länder
 - Der Kommunen
- Kredite
 - Staatliche, zinsvergünstigte Kredite
 - Bankkredite
- Projektbeteiligung
 - Gesellschaft
 - Fonds
- Projektabgabe
 - Contracting
 - Leasing

Staatliche Zuschüsse

Staatliche Zuschüsse sind meist an die Anschaffung eines bestimmten Anlagentyps gebunden und verkürzen so ggf. die Amortisationszeit. Zusätzlich gibt es aber auch staatliche Programme zur Förderung besonderer Projekte. Dabei gibt es für die meisten erneuerbaren Energien Zuschüsse zu den Investitionskosten, aber auch für besonders innovative oder sparsame Anlagen. Auch Maßnahmen zur Senkung des Energiebedarfs werden teilweise gefördert. Dabei gibt es zahlreiche Programme und fördernde Einrichtungen, die auch ständigen Veränderungen unterliegen. Stellvertretend sei hier die KfW Bankengruppe genannt, früher Kreditanstalt für Wiederaufbau, die in diversen Programmen zinsvergünstigte Kredite vergibt und besondere Vorhaben fördert. Allerdings haben die meisten dieser Programme ein begrenztes Budget, weswegen eine Beantragung dieser Gelder möglichst frühzeitig erfolgen sollte. Ne-

ben direkt wirkenden Zuschüssen gibt es auch Zulagen, die keine direkte Förderung darstellen, sondern steuerlich wirksam werden, also die zu zahlenden Steuern der Firma reduzieren, z. B. eine Zertifizierung nach ISO 50001. /Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2005/

Kredite

Der Großteil des nötigen Kapitals wird in der Regel aus anderen Quellen gedeckt. Dabei stellen Kredite die wichtigste Möglichkeit dar. Ansonsten sind die Hausbanken beteiligter Unternehmen Hauptansprechpartner für Kredite. Diese können falls nötig auch Kredite anderer Banken weitergeben /Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2005/. Bei Krediten bleibt der wesentliche Teil des Risikos aber auch mögliche Gewinne beim Ausführenden, da die Bank einen festen Zinssatz für ihre Kredite verlangt. Allerdings kann es je nach Projekt und Beteiligten trotzdem einen Risikozuschlag geben, mit dem die Bank die Möglichkeit absichert, dass das Projekt komplett ausfällt und der Kredit verloren ist. Deswegen und aufgrund der Notwendigkeit der Bank, Gewinne zu machen, liegt der Zinssatz der Kredite für Endkunden immer über dem Basiszinssatz der Europäischen Zentralbank, zu dem Banken selbst Kredite erhalten können.

Projektbeteiligung

Der dritte Bereich der Finanzierung besteht aus der Beteiligung weiterer Geldgeber. Üblicherweise wird dazu zur Beschränkung der Haftung eine eigene Gesellschaft gegründet, die je nach Projekt verschiedene Rechtsformen annehmen kann. Die Gesellschaft gilt als juristische Person und kann dementsprechend alle mit dem Projekt im Zusammenhang stehenden Vereinbarungen treffen. Die Geldgeber werden Gesellschafter der neuen Gesellschaft. Dementsprechend haften sie höchstens bis zu ihrer Investitionssumme für Verluste, die besonders in der Startphase eines Projektes auftreten können. Allerdings wirken sich die Verluste bei der Steuererklärung steuermindernd aus. Gleichzeitig werden Gewinne entsprechend der Höhe der Einlagen auf die Gesellschafter verteilt /Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2005/. Wird eine größere Zahl an Beteiligten angestrebt, ist die Fondsfinanzierung eine interessante Möglichkeit. Dabei sammelt ein Fonds Finanzmittel von verschiedenen Anlegern, und wird dafür Gesellschafter. Der Fonds kann wiederum verschiedene Rechtsformen (z. B. Gesellschaft oder Genossenschaft) annehmen /Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2005/.

Projektübergabe

Es ist auch möglich, das Projekt nicht selbst durchzuführen, sondern es ganz oder teilweise abzugeben. Teilweise kann dies bedeuten, dass ab einem gewissen Zeitpunkt, z.B. bei abgeschlossener Planung, das Projekt auf einen anderen Träger übergeht, oder dass nur Teile der Aufgaben übergeben werden, aber andere bei dem betreffenden Initiator bleiben. Weit verbreitet sind dabei die Formen des Contracting und des Leasing.

Contracting als relativ junge aber innovative Möglichkeit hat, im Gegensatz zu den anderen, konventionellen Finanzierungsmodellen, noch keine Anwendung in breiter Fläche erfahren. Beim Contracting wird die Aufgabe der Energiebereitstellung und Energielieferung auf einen Dritten übertragen. Der sogenannte Contractor trägt die Verantwortung und arbeitet auf eigene Rechnung. Dabei treten beispielsweise Wärme, Kälte, Strom und Druckluft als Energieformen auf /DIN 8930-5/. In der Literatur existieren eine Vielzahl an Synonymen für die existierenden vier Grundformen des Contractings (**Tabelle 3.24**). Dies sorgt bei Unternehmen, welche sich das erste Mal mit Contracting beschäftigen zunächst oft für Verwirrung und bewirkt ein vorzeitiges Ende der Bemühungen.

Tabelle 3.24: Grundformen des Contractings und gängige Synonyme

Energiespar-Contracting	Energieliefer-Contracting	Betriebsführungs-Contracting	Finanzierungs-Contracting
Einspar-Contracting	Anlagen-Contracting	Technisches Anlagenmanagement	Third-Party-Financing
Energieeinspar-Contracting	Nutzenergie-Lieferung	Technisches Facility-Management	Leasing
Performance-Contracting	Wärmelieferung		
	Energie-Contracting		

Das Grundprinzip des Contractings wurde bereits von dem schottischen Erfinder James Watt praktiziert. James Watt hat die Dampfmaschine folgendermaßen angeboten: „Wir werden Ihnen kostenlos eine Dampfmaschine überlassen. Wir werden diese installieren und für fünf Jahre den Kundendienst übernehmen. Wir garantieren Ihnen, dass die Kohle für die Maschine weniger kostet, als Sie gegenwärtig an Futter (Energie) für die Pferde aufwenden müssen, die die gleiche Arbeit tun. Und alles, was wir von Ihnen verlangen, ist, dass Sie uns ein Drittel des Geldes geben, das Sie sparen.“ (James Watt, 1736 – 1819) /Kramer 2006/. Dieses Prinzip liegt auch dem modernen Energie-Contracting zugrunde. Betriebsübergreifende Modelle befinden sich in der Phase von Pilotprojekten. Heute sind fast ausschließlich Contracting – Verträge zwischen einem Contractor und einem einzelnen Contracting–Nehmer umgesetzt worden. Neben Energie–Contracting–Modellen sind in der letzten Zeit auch einige Nicht – energetische Contracting–Modelle entstanden. Zum Beispiel existieren Modelle für die Hausmüllentsorgung, für das Recycling von Abwasser oder sogar für eine intelligente Schwimmbadfiltersteuerung /NRW 2007/.

Beim Leasing gehört die Anlage ebenfalls einem Investor, der sie errichtet und finanziert. Der Leasinggeber überlässt die Anlage dem Nutzer, der sie betreibt und das damit verbundene Risiko trägt. Er zahlt außerdem dem Leasing-Geber Raten, die rechtlich eine Sonderform von Mietraten sind. Außerdem erhält er am Ende der Leasing-Laufzeit ein Vorkaufsrecht an der Anlage /Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2005/.

Externe Kosten

Ein grundsätzliches Problem bei der Finanzierung von Energiespar- und Umweltschutzmaßnahmen liegt darin, dass externe Kosten nicht im Energiepreis eingeschlossen sind /Schmid 2003/. Nach /Krewitt 2006/ sind technische externe Effekte „unmittelbare Auswirkungen der ökonomischen Aktivitäten eines Wirtschaftssubjektes (Unternehmen, private und öffentliche Haushalte) auf die Produktions- oder Konsummöglichkeiten anderer Wirtschaftssubjekte, ohne dass eine adäquate Kompensation erfolgt. Je nach Wirkungsrichtung lassen sich positive externe Effekte (externe Nutzen) und negative externe Effekte (externe Kosten) unterscheiden“. Externe Kosten bezeichnen also Auswirkungen einer Maßnahme, für die niemand, bzw. die Öffentlichkeit zahlt. Diese Kosten werden deswegen nicht in Entscheidungen von Firmen berücksichtigt. Volkswirtschaftlich gesehen sind sie eine Ursache für Marktversagen und können staatliche Interventionen notwendig werden lassen. Wenn externe Kosten bei Entscheidungen berücksichtigt werden, wird jede Umweltschutz- oder Energieeinsparmaßnahme in dem Maße rentabel, wie sie auch unternehmerisch sinnvoll ist. Maßnahmen, die bei ganzheitlicher Betrachtung inklusive externer Kosten unrentabel sind, verursachen insgesamt mehr Kosten als Nutzen und sollten damit gar nicht umgesetzt werden. Die meisten Maßnahmen zur Energieeinsparung würden aber deutlich rentabel werden.

3.5.2 Hemmnisse in den Bereichen Personal und Kommunikation

Alle Projekte benötigen Initiative, die in den meisten Fällen von einer Person, dem Initiator ausgeht. Dieser muss von dem Projekt überzeugt sein, da gerade zu Beginn oft gegen Widerstände oder einfach die Trägheit der Firma angekämpft werden muss. Um diese Überzeugung zu erlangen, aber auch um über Argumente anderen gegenüber zu verfügen, sind ausreichende Informationen eine Grundvoraussetzung /Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2007/.

Die meisten Firmen konzentrieren sich auf ihr Kerngeschäft /Wirtschaftswoche 2009/, weshalb der Bereich Energie bei vielen Firmen eher stiefmütterlich behandelt wird. Oft wird nur die für den laufenden Betrieb nötige Personalkapazität bei Energie- und Umweltfragen vorgehalten /Leven 2003/. Dies hat eine vollständige Auslastung der zuständigen Personen durch Verwaltung und Erhaltung des Bestandes zur Folge. Sie haben weder Zeit, sich über Möglichkeiten zu informieren, noch ein vielversprechendes Projekt voranzutreiben /Schmid 2003/. Gerade bei größeren Firmen ist oft die Zuständigkeit unklar oder auf verschiedene Abteilungen verteilt. Die Durchführung solcher Projekte wird deswegen teilweise zum Spielball machtpolitischer Interessen innerhalb der Firma, was Projekte verzögern oder beenden kann. Auch kann ein gestiegener Personalaufwand ein Projekt unrentabel machen. Bei verteilter Zuständigkeit werden oft Arbeitsgemeinschaften gebildet /Müller 2005/. Da diese oft nicht die Hauptarbeit der Teilnehmenden sind, bleiben dabei Projekte liegen oder werden nicht ab-

geschlossen. Ein explizit benannter Projektleiter mit entsprechenden Kompetenzen und Entscheidungsspielraum kann diesem Zustand entgegen wirken.

Kommunikation

In der Regel sind notwendige Informationen aufgrund der Kurzlebigkeit von aktuellem Wissen sowohl bei Einzelpersonen als auch bei Firmen nicht vorhanden /Schmid 2003/. Aus diesem Grund haben Firmen bzw. mögliche Initiatoren oft keinen ausreichenden Überblick über den Energiemarkt und es fehlt das Wissen über bürokratische und rechtliche Randbedingungen /Leven 2003/. Auch die Unsicherheit, wie sich Energiepreise zukünftig entwickeln, schreckt viele Firmen ab /Schmid 2003/. Gleichzeitig wird angenommen, dass die Informationsbeschaffung mit hohem Aufwand verbunden ist /Leven 2003/. Diese Vermutung basiert vor Allem auf der Komplexität des Themenbereiches und teilweise auf schlechten Erfahrungen in der Vergangenheit. Mit der steigenden Bedeutung des Themas Energie wurden immer mehr Beratungsfirmen gegründet, die darauf spezialisiert sind, die komplizierten Rahmenbedingungen zu kennen und individuell auf jede Firma anzuwenden. Trotzdem ergreifen viele Firmen nicht die Initiative, obwohl sie lohnende Projekte umsetzen könnten.

Viele Firmen verhalten sich zurückhaltend, wenn es um den Einsatz von Techniken geht, die nicht zu ihrem Kerngeschäft gehören /Leven 2003/. Sie sind nicht sicher, ob sie die Informationen korrekt bewertet haben oder ob versteckte Kosten auf sie zukommen, z. B. durch aufwändigeren Betrieb aufgrund unerfahrenen Personals oder nichtvorhergesehener Wartungskosten. Zusätzlich können während der Durchführung eines Projektes weitere Schwierigkeiten im Bereich der Information auftreten. Vor allem die Kommunikation zwischen den Beteiligten kann dazu führen, dass fehlerhafte Informationen verwendet werden. Dies kann unerwünschte Ergebnisse zur Folge haben, was in der Unrentabilität des Projektes enden kann.

3.5.3 Organisatorische Hemmnisse

Unternehmensübergreifende Projekte bedeuten immer die Notwendigkeit, mehrere Organisationsstrukturen zu berücksichtigen. Dadurch, dass Entscheidungen von mehreren Stellen innerhalb der verschiedenen beteiligten Unternehmen bewilligt werden müssen, kann es zu zeitlichen Verzögerungen kommen. Dies gilt es von vornherein bei der Projektentwicklung zu bedenken.

Zeitlicher Rahmen

Zunächst beeinflusst der zeitliche Aufwand auf mehreren Wegen die Finanzierung. Zum Einen sind die Kosten meist an einen Termin oder einen kurzen Zeitraum während der Errichtung gebunden, während der Nutzen über die Nutzungszeit verteilt anfällt. Je langlebiger eine

Anlage ist, desto länger produziert sie Nutzen und erhöht damit den Gewinn. Zum Anderen werden auch die Kosten für Kredite wesentlich vom Faktor Zeit beeinflusst, da die Höhe der Zinsen von der vorgesehenen Laufdauer abhängt und da die Zinsen jährlich anfallen, erhöht eine längere Laufzeit die Kosten wesentlich.

Ablaufplanung

Zusätzlich gibt es bei allen Projekten, die bauliche Änderungen beinhalten, eine Phase, in der die alte mit der neuen Anlagentechnik verbunden wird. In dieser Phase besteht nicht das übliche Energieangebot, deswegen muss in dieser Phase oft die Geschäftstätigkeit eingeschränkt werden, was Umsatz und Gewinn der gesamten Firma reduziert. Gleichzeitig brauchen viele Schritte langen Vorlauf, gerade größere Geräte, wie sie bei energietechnischen Anlagen oft benötigt werden, können Bestellzeiten von vielen Monaten haben. Bei all dem muss beachtet werden, dass betriebsübergreifende Maßnahmen wesentlich mehr Abstimmung benötigen, da hier mehrere Firmen beteiligt sind, welche die Planung auf ihre eigenen Bedürfnisse hin überprüfen müssen. Dies muss von Anfang an bei der Terminplanung berücksichtigt werden.

Unsicherheiten

Problematisch ist, dass bei allen Betrachtungen von Abläufen und Dauern mit Größen gerechnet werden muss, die noch nicht feststehen und deshalb abgeschätzt werden müssen /Schmid 2003/. Erfahrung kann hier helfen, trotzdem ist immer ein umsichtiges Vorgehen bei der Bewertung von Maßnahmen nötig, und letzten Endes wird immer auch eine gewisse Risikobereitschaft der Firmen benötigt. Um das Risiko abschätzen zu können, bietet sich eine Sensitivitätsanalyse an, bei der überprüft wird, welchen Einfluss die Veränderung einer Größe auf die Wirtschaftlichkeit des Projektes hat. So kann dargestellt werden, welchen Effekt z. B. steigende oder fallende Kapitalzinsen auf das Projekt haben. Sinnvollerweise wird diese Analyse nur für die Einflussfaktoren durchgeführt, die als relevant eingeschätzt werden. Durch eine solche Analyse kann man schnell Worst-Case-Szenarien erstellen und erkennen, welche Größen möglichst genau ermittelt werden müssen. Dazu können eventuell auch Voruntersuchungen in Auftrag gegeben werden.

3.5.4 Technische Grenzen

Allgemein gilt, dass bei jedem umfangreichen Projekt ein erfahrener Planer notwendig ist. Hier sollen im Bereich mit dem größten Potenzial einer betriebsübergreifender Anwendung, der Abwärmenutzung, einige wesentliche Grenzen aufgezeigt werden. Soll nicht benötigte Wärme über größere Strecken transportiert werden, müssen dabei teure Nahwärmeleitungen verwendet werden und es treten Verluste auf. Bei größeren Röhren steigt der Querschnitt

schneller als der Umfang, außerdem ist bei größeren Rohren eine höhere Strömungsgeschwindigkeit möglich /Fraunhofer Umsicht 1998/. Da die übertragene Leistung proportional zum transportierten Volumen ist, steigt die übertragene Leistung schneller als die Verluste, weshalb größere Rohre effizienter sind. Dabei fällt natürlich auch der Verlauf der Leitung ins Gewicht. Sind Höhenunterschiede zu überwinden, steigen die Betriebskosten aufgrund nötiger Pumpenenergie, sind Straßen zu überbrücken, steigen die Baukosten. In beiden Fällen ist eine entsprechend höhere Leistungsdichte erforderlich.

Soll die Wärme in einem Nahwärmenetz zur Beheizung von Wohnhäusern genutzt werden, ist auch die Zusammensetzung des entsprechenden Gebietes relevant. Bei Neubaugebieten sollte der Wärmebedarf als erster Richtwert über 250 MWh pro Hektar und Jahr liegen /Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2007/.

Abschließend kann gesagt werden, dass in allen drei Hauptprojktbereichen (Finanzierung, Organisation, Kommunikation) eine Vielzahl an Hemmnissen existieren. Diese können meist jedoch durch vorausschauende Projektplanung und intensiver Informationssuche (z. B. über Fördermöglichkeiten), ggf. unter Konsultation externer Expertise, überwunden werden.

4 Umsetzung der Maßnahmen und Überprüfung der Einsparziele

Nachdem im Rahmen der Initial- und Detailberatungen verschiedene betriebsinterne und übergreifende Maßnahmen identifiziert werden konnten, wurden diese unternehmensseitig in der Regel mit zeitlichem Versatz umgesetzt. Diesem zeitlichen Versatz, insbesondere bei großvolumigeren Projekten, ist es geschuldet, dass eine belastbare Aussage über die Entwicklung der Energieverbräuche nur schwer getroffen werden kann. Nach einer Auflistung der, während der Projektaufzeit (bis Herbst 2011), umgesetzten Maßnahmen unter Kapitel 4.1 wird, trotz der Problematik des zeitlichen Versatzes, eine Aus- und Bewertung der Verbrauchsentwicklung der zwei Schwesterprojekte unter Kapitel 4.2 durchgeführt.

4.1 Bereits umgesetzte Maßnahmen

Betriebseigene, technische Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs beschränken sich meist auf die Beschaffung effizienterer Produktionsmittel, einer Verbesserung der Gebäudedämmung und die Umstellung von Verfahren oder Verbesserungen im Bereich der Querschnittstechnologien wie Beleuchtung, Lüftung, Druckluft und Heizung.

Die in den Initial- und Detailberatungen ausgesprochenen Empfehlungen wurden den Unternehmen präsentiert. Diesen oblag nach Vorlage des Berichtes der Initiativberatung die Maßnahmenumsetzung hinsichtlich der betriebsinternen Vorschläge, wobei sie im Bedarfsfall den zuständigen Berater zur Unterstützung konsultieren konnten. Im laufenden Betrieb umsetzbare Vorschläge, wie die kontinuierliche Modernisierung von Vorschaltgeräten, wurden von den meisten Teilnehmern unmittelbar aufgegriffen und in den Betriebsablauf integriert. Aufgrund der zum Zeitpunkt der Initialberatung den Mittelstand erfassenden Wirtschaftskrise und der damit verbundenen Verschiebungen des unternehmerischen Handelns der Teilnehmer traten hier Verzögerungen auf. Größere betriebsübergreifende wie auch – interne Maßnahmen wurden bei den Unternehmen, die bei sich (Beratungs-)bedarf sahen, mittels Detailuntersuchungen der nächsten Projektphase betrachtet. Hierbei wurden Angebote ansässiger Handwerker zu konkreten Lösungen eingeholt und hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet.

Achern

Da sich die Teilnehmerschaft in Achern überwiegend durch Betriebe mit weniger als 50 Mitarbeitern auszeichnet, beschränken sich die umgesetzten Maßnahmen zumeist auf Querschnittstechnologien:

- Überprüfung des Druckluftnetzes auf Leckagen
- Aufbau eines Energiedatenmanagementsystems
- Modernisierung der Beleuchtungstechnik

- Optimierung der Heizungsregelung
- Durchführung von detaillierten Verbrauchsmessungen
- Abschluss eines neuen Gasvertrages
- Modernisierung des BHKW

Eine mehrfache Umsetzung hier aufgezählter Punkte ist möglich.

Ludwigsburg

Da sich Ludwigsburg, im Gegensatz zu Achern, durch größere mittelständische Unternehmen auszeichnet, wurden hier mehr Maßnahmen, die über die Querschnittstechnologien hinaus gehen, umgesetzt:

- Optimierter Einsatz von Kältemaschinen
- Aufbau eines Energiedatenmanagementsystems
- Modernisierung der Beleuchtungstechnik
- Installation eines Spitzenlast-Druckluftkompressors mit Wärmerückgewinnung
- Erweiterung des Warmwasserspeichervolumens
- Installation von Bewegungsmeldern
- Optimierung der zentralen Regelungstechnik
- Anschaffung energieeffizienter IT

Eine mehrfache Umsetzung aufgezählter Punkte ist auch hier möglich. Es zeigt sich, dass insbesondere das Thema „Energie(daten)management“ für größere Unternehmen von gesteigertem Interesse ist. Es kann auch begründet davon ausgegangen werden, dass die im Rahmen der Detailberatungen ermittelten Maßnahmen aufgrund der zumeist günstigen Amortisationszeiten eine positive Umsetzungsentscheidung erfahren. Basierend auf den Ergebnissen des Modellgebiets Weststadt wurde in Hinblick auf die Umsetzung von innovativen Maßnahmen ein Projektantrag auf europäischer Ebene durch die Kommune gestellt.

4.2 Erfolgskontrolle der Einsparziele

Wie in Kapitel 2 beschrieben, zeichnen sich die zwei Schwesterprojekte durch unterschiedliche Einsparziele aus. Im Folgenden werden diese Ziele beschrieben, ihr Erreichungsgrad ermittelt und ggf. Ursachen für Abweichungen aufgezeigt.

4.2.1 Achern

Aufgrund der sich abzeichnenden wirtschaftlichen Lage und der geringen Energieintensität der meisten Teilnehmer einigte man sich auf eine Zielgröße für die Einsparung in Höhe von 2

Prozent des Gesamtenergieverbrauchs bezogen auf den Unternehmensumsatz im Jahr 2010 bezogen auf 2008 als Basisjahr. So sollten Schwankungen des Energiebedarfs aufgrund variierender Wirtschaftszahlen berücksichtigt werden. Von ursprünglich acht teilnehmenden Unternehmen reduzierte sich die Zahl aufgrund eines Konkurses auf sieben. Bei drei dieser Unternehmen gestaltete sich die Kommunikation von aktuellen Verbräuchen und wirtschaftlicher Daten schwierig, so dass der Energiepakt Achern nachfolgend nur anhand von vier Unternehmen ausgewertet werden kann (vgl. **Abbildung 4.1**). Diese vier Unternehmen waren sehr aktiv und trugen konstruktiv zur Entwicklung der Energietische und des Gesamtprojekts bei. So kann der Energiepakt Achern eine absolute Einsparung in Höhe von 13 Prozent gegenüber dem Jahr 2008 verzeichnen.

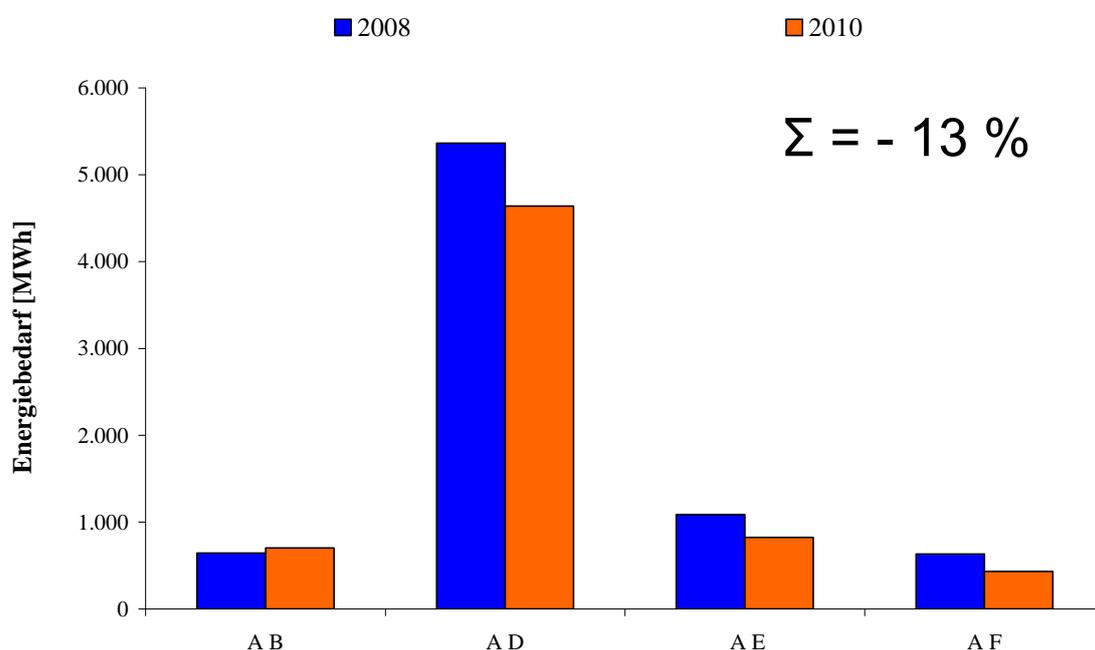


Abbildung 4.1: Bereinigte Entwicklung des Energiebedarfs für ausgewählte Unternehmen in Achern von 2008 bis 2010

Betrachtet man die Gewichtung der einzelnen Unternehmen, so wird deutlich, woher diese hohe prozentuale Einsparung rührt (vgl. **Tabelle 4.1**).

Tabelle 4.1: Prozentualer Anteil der Unternehmen in Achern am Gesamtenergieverbrauch in 2008

Unternehmen	Prozentualer Anteil am Gesamtenergieverbrauch 2008 [%]
A B	8,3
A D	69,5
A E	14,1
A F	8,1

Während die Unternehmen A B, A E und A F über einen etwa vergleichbar hohen Verbrauch verfügen, ist Unternehmen A D alleine für etwa drei Viertel des Gesamtenergieverbrauchs verantwortlich. Dieses Unternehmen erweiterte sein Gebäude um einen modern gedämmten und betriebenen Neubau, so dass die notwendige Bereinigung des Energieverbrauchs um die Gebäudegrundfläche zu einer Verminderung des Energiebedarfs in Höhe von etwa 13 % führt. Da neben Unternehmen A D auch die Unternehmen A E und A F einen Rückgang ihres Energieverbrauchs, aufgrund der Umsetzung von im Rahmen der Initial- und Detailberatungen empfohlenen Maßnahmen, von 14 bzw. 31,5 % verzeichnen, konnte die leichte Zunahme bei Unternehmen eins in Höhe von etwa 9 % ausgeglichen werden. Betrachtet man nun das eigentliche Einsparziel „Energieverbrauch pro Umsatz“, so ergibt sich ein gänzlich anderes Bild (**Abbildung 4.2**).

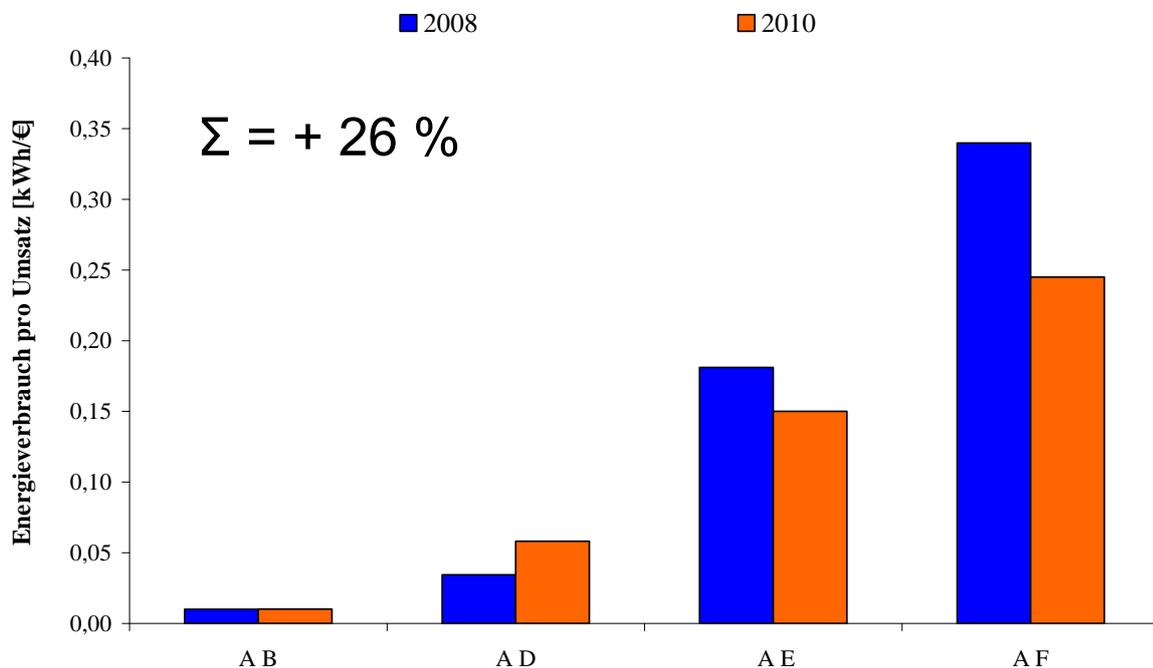


Abbildung 4.2: Bereinigte Entwicklung des Einsparziels Energieverbrauch pro Umsatz der in A-chen teilnehmenden Unternehmen von 2008 bis 2010

Ein überproportionaler Umsatzeinbruch bei Unternehmen A D bewirkt, aufgrund des Gewichts dieses Unternehmens (Tabellen 4.1 und 4.2), eine Zunahme des spezifischen Energieverbrauchs des Gesamtprojekts in Höhe von ca. 26 %, obwohl Unternehmen A B beim Energieverbrauch pro Umsatz keine Veränderung und die Unternehmen A E und A F ein Minus von etwa 17 bzw. 28 % zu verzeichnen haben.

Tabelle 4.2: Prozentualer Anteil der Unternehmen in Achern am Gesamtumsatz in 2008

Unternehmen	Prozentualer Anteil am Gesamtumsatz 2008 [%]
A B	28,1
A D	68,4
A E	2,6
A F	0,8

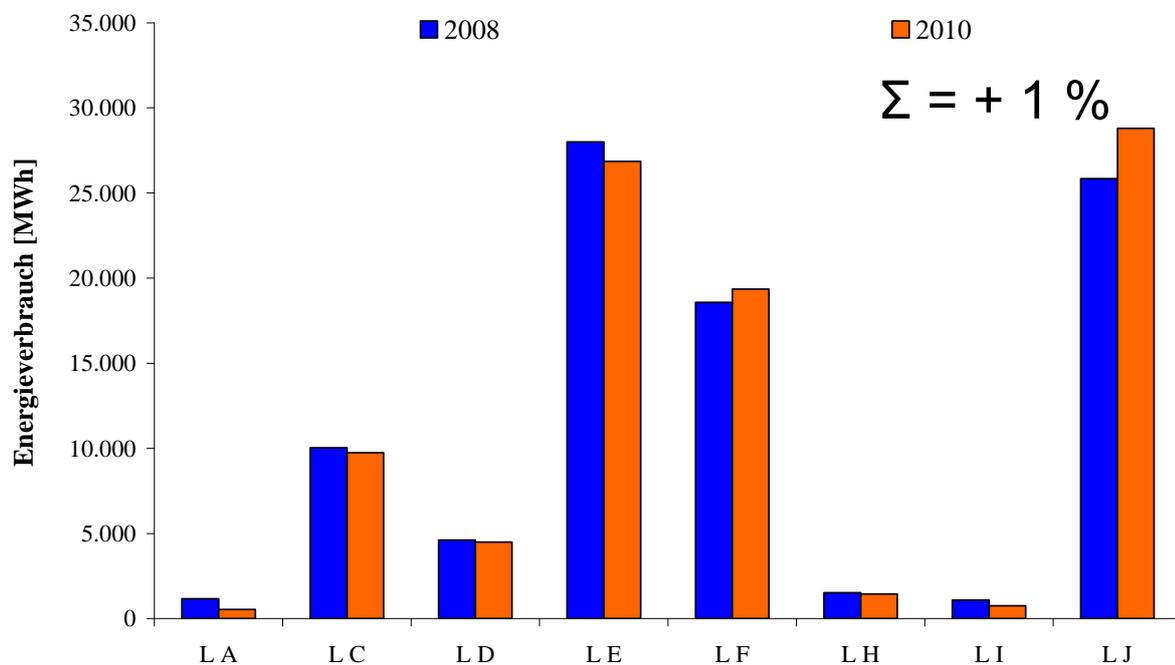
Eine abschließende, eindeutige Bewertung des Energiepakts Achern kann aus den zuvor genannten Gründen nicht getroffen werden. Einige Teilnehmer setzten empfohlene Maßnahmen schnell um, gaben stets Rückmeldung über den aktuellen Stand und konnten ihren Verbrauch so signifikant senken. Neben der Insolvenz eines Unternehmens und dem Umsatzeinbruch bei gleichzeitiger räumlicher Expansion eines weiteren Teilnehmers, beeinflusst die mangelnde Rückmeldebereitschaft der restlichen Teilnehmer, auch nach mehrmaliger Kontaktierung, das Ergebnis negativ, so dass es nicht den Anspruch der Vollständigkeit erfüllen oder als repräsentativ angesehen werden kann. Es zeigt sich jedoch auch, dass durch die Teilnahme am Projekt bei einigen Unternehmen teilweise beträchtliche Einsparungen realisiert werden konnten und darüber hinaus diese Unternehmen ihre Mitarbeiter und Führungskräfte für das Thema Energie sensibilisiert werden konnten.

4.2.2 Ludwigsburg

In Ludwigsburg wurde zusammen mit den Teilnehmern die Kennwerte „kWh pro Mannstunde“ und „CO₂-Emission pro Mannstunde“ als Zielgrößen festgelegt. Begründet wurde dies mit der zum damaligen Zeitpunkt angewandten Kurzarbeit. Als Einsparziel wurden jeweils 4% in Bezug auf 2008 als Basisjahr vereinbart. Von zehn teilnehmenden Unternehmen meldeten auch nach mehrmaliger Kontaktaufnahme nur acht einen vollständig ausgefüllten Abfragebogen zurück. Da die Schätzung fehlender Angaben die Belastbarkeit der Auswertung beeinflussen würde, wird der Verlauf anhand dieser acht Teilnehmer beurteilt. Eine Bereinigung der Werte auf Basis der Gebäudegrundfläche erfolgte bei Unternehmen L I, da das Unternehmen um einen Anbau erweitert wurde und dadurch die Vergleichbarkeit der Werte nicht mehr gewährleistet war. Um die Kennzahlen vollständig bewerten zu können, werden zusätzliche Informationen wie die Gesamtverbräuche, inklusive der resultierenden Gewichtung der Teilnehmer, benötigt (vgl. **Tabelle 4.3** und **Abbildung 4.3**). Es zeigt sich, dass von acht Teilnehmern lediglich zwei eine Zunahme ihres absoluten Energieverbrauchs zu verzeichnen haben. Entsprechend kann die Gewichtung der Unternehmen abgeleitet werden.

Tabelle 4.3: Prozentualer Anteil der Unternehmen in Ludwigsburg am Gesamtenergieverbrauch in 2008

Unternehmen	Prozentualer Anteil am Gesamtenergieverbrauch 2008 [%]
L A	1,3
L C	11,0
L D	5,1
L E	30,8
L F	20,5
L H	1,7
L I	1,2
L J	28,4

**Abbildung 4.3:** Bereinigte Entwicklung des Energiebedarfs für ausgewählte Unternehmen in Ludwigsburg von 2008 bis 2010

Fast 80 % des Energieverbrauchs fällt bei drei der acht Unternehmen an. Da die einzigen zwei Unternehmen, welche Ihren Verbrauch nicht senken konnten, zu diesen drei gehören, ergibt sich für den Gesamtverbrauch 2010 in Relation zu 2008 eine Zunahme in Höhe von etwa einem Prozent. Bezieht man die Verbräuche auf die geleisteten Mannstunden, ergibt sich eine ähnliche Entwicklung (vgl. **Abbildung 4.4**).

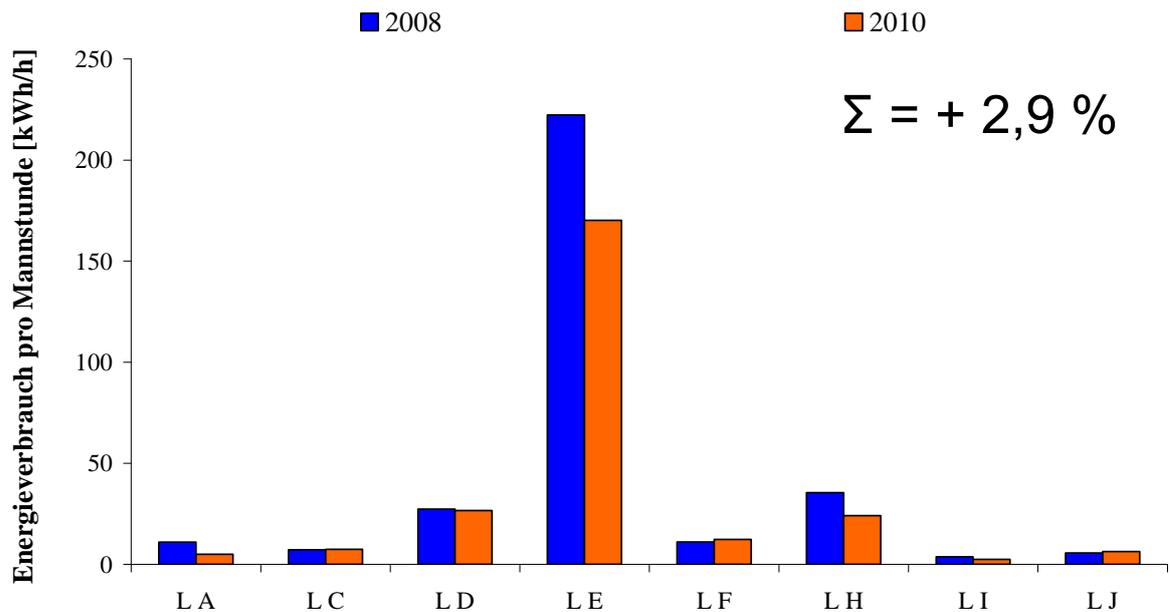


Abbildung 4.4: Bereinigte Entwicklung des Einsparziels Energieverbrauch pro Mannstunde der in Ludwigsburg teilnehmenden Unternehmen von 2008 bis 2010

Die Entwicklung in Höhe von + 2,9 % liegt am gesteigerten Energieverbrauch der energieintensivsten Teilnehmer bei einer gleichzeitigen Verminderung der insgesamt geleisteten Mannstunden in Höhe von 1,6 %. Obwohl fünf der acht Teilnehmer ihre Energienachfrage pro Mannstunde zumeist stark senken konnten (z. B. Unternehmen L A um 55 %), wurde das gemeinsame Einsparziel nicht erreicht. Als Gründe hierfür können, neben der unvollständigen Rückmeldungszahl der Teilnehmer, verschiedene Umstände auf Unternehmensebene identifiziert werden. So erfolgte meist zunächst eine Umsetzung von Maßnahmen mit geringen Kosten. Wirksamere und oft mit höheren Einsparungen verbundene Maßnahmen werden erst nach dem positiven Verlauf erster, günstigerer Investitionen getätigt. Dies bewirkt, dass Maßnahmen, welche nach dem Verlauf der Projektzeit umgesetzt werden, nicht mehr in das Ergebnis einfließen können.

Gerade in Ludwigsburg wurden bei den Hauptenergiekonsumenten, Unternehmen L E und L J, im Rahmen der Detailberatungen Möglichkeiten zur Einsparung im mehreren tausend Euro Bereich identifiziert und näher untersucht. Die Umsetzung dieser, mit hohen Investitionskosten verbundenen Projekte, ist bereits weit fortgeschritten und sie werden nach den Schätzung der Berater, z. B. bei Unternehmen L E nach einer Investitionssumme in Höhe von etwa einer Million Euro eine jährliche Einsparung in Höhe von ca. 300.000 kWh bewirken. Diese durch das Projekt angestoßenen Einsparungen können aufgrund des zeitlichen Versatzes zwischen Vorschlag und Auswertung nicht berücksichtigt werden. Ebenso können Änderungen in der Unternehmenspolitik (z. B. Integration von Umweltzielen oder Fortbildungsmaßnahmen für Mitarbeiter), initiiert durch eine Projektteilnahme bzw. durch eine erfahrene Beratungsleistung, sowohl schwer bewertet wie auch aufgrund der zeitlich versetzten Wirksamkeit nicht eingerechnet werden.

Analog zum ersten Kennwert „kWh pro Mannstunde“ zeichnet sich der zweite Kennwert „CO₂ pro Mannstunde“ durch eine leichte Zunahme aus (vgl. **Abbildung 4.5**).

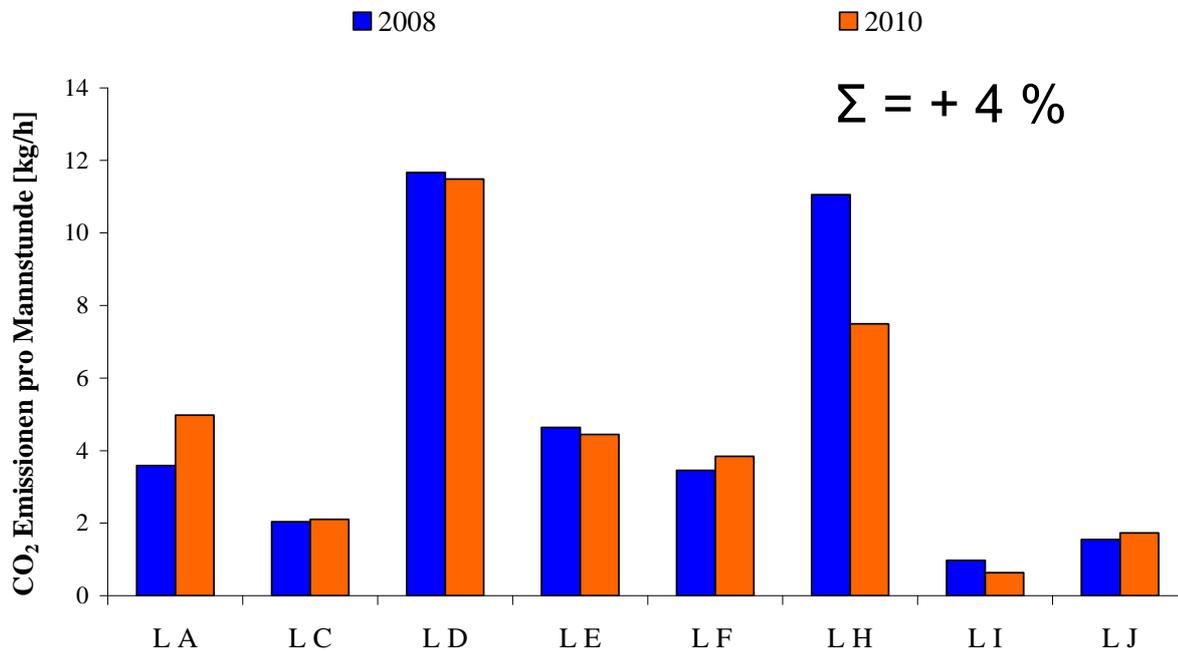


Abbildung 4.5: Bereinigte Entwicklung des Einsparziels CO₂-Emissionen pro Mannstunde der in Ludwigsburg teilnehmenden Unternehmen von 2008 bis 2010

Da die mittels verschiedener Energieträger betriebenen Produktionsprozesse unterschiedliche CO₂-Emissionsfaktoren besitzen, kommt es zu leichten Abweichungen im Vergleich zur pro geleisteter Mannstunde genutzten Energiemenge. Die Gewichtung der Unternehmen anhand Ihrer CO₂-Emissionen ist in **Tabelle 4.4** dargestellt. So kann die Zunahme der spezifischen Werte in Höhe von 4 % durch die starke Gewichtung der Unternehmen L E, L F und L J erklärt werden. Sucht man nach unternehmensspezifischen Gründen für diese Erhöhung, so sind dies im Fall von Unternehmen L E eine große beheizte Unternehmensfläche und bei Unternehmen L F das Ende der Kurzarbeit (deren Beginn von Entlassungen begleitet wurde) in Kombination mit noch nicht getätigten Neueinstellungen, so dass weniger Mannstunden als vor der Kurzarbeit anfielen und weniger Maßnahmen umgesetzt werden konnten.

Tabelle 4.4: Prozentualer Anteil der Unternehmen in Ludwigsburg an den Gesamt-CO₂-Emissionen in 2008

Unternehmen	Prozentualer Anteil an den Gesamt-CO₂-Emissionen in 2008 [%]
L A	1,5
L C	10,9
L D	7,5
L E	27,9
L F	22,3
L H	1,8
L I	1,1
L J	27,0

5 Lessons Learned – zukünftiger Forschungsbedarf

Da die teilnehmenden Unternehmen in den zwei betrachteten Modellgebieten den unterschiedlichsten Branchen angehören, sind die gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse auf ähnlich heterogene Industriestandorte anwendbar. Während zu betriebsinternen Optimierungspotenzialen verschiedener Techniken kontinuierlich Forschung betrieben wird und so aktuelle Literatur (IT, Kältetechnik, Kompressoren, etc.) verfügbar ist, stellt sich die Situation bei betriebsübergreifenden Maßnahmen gegenteilig dar. Hinsichtlich zukünftiger Forschungsvorhaben auf dem Gebiet der betriebsübergreifenden, effizienzsteigernden Maßnahmen wird auf Basis der im Rahmen dieses Projektes gewonnenen Erfahrungen zwischen bestehenden und neu zu planenden Industriegebieten unterschieden.

5.1 Bestehende Standorte

Innerhalb der Betriebsgrenzen des jeweiligen teilnehmenden Unternehmens zeigte sich, wie wichtig ein strukturiertes Energiemanagement für kontinuierliche Verbesserungsprozesse beim Energieverbrauch ist. Hierfür existieren bereits einige Ansätze, diese tragen meist jedoch den spezifischen Charakteristika kleinerer und mittlerer Unternehmen des produzierenden Gewerbes ungenügend Rechnung. Da in einem solchen Unternehmen die Wege in der Regel vergleichsweise kurz sind, Investitionsentscheidungen mangels Erfahrungen dafür umso stärker von externer Expertise abhängen, bieten mehrstufige Beratungskonzepte einen guten Ansatzpunkt für Verbesserungen. Ein standardisiertes Vorgehen (z. B. auf Basis von Branchenkonzepten oder Checklisten) ist hierbei aus Unternehmenssicht, in Hinblick auf die Belastbarkeit der empfohlenen Maßnahmen, von besonderem Interesse.

In Hinblick auf unternehmensübergreifende Maßnahmen zeigte sich in beiden Gebieten, dass aufgrund der punktuellen Verteilung der Teilnehmer ein leitungsgebundener Austausch von Wärme zwar technisch, aber meist nicht wirtschaftlich betrieben werden kann. Dies führt zu der Erkenntnis, dass alle in einem Industriegebiet ansässigen Firmen an einem Effizienznetzwerk teilnehmen sollten, um eine deutlich gesteigerte Anzahl von wirtschaftlich machbaren Maßnahmen zu ermöglichen. Weiterhin hat sich gezeigt, dass Unternehmen von betriebsübergreifenden Maßnahmen aufgrund vermeintlicher Planungsunsicherheit Abstand halten und in Hinblick auf die betriebliche Unabhängigkeit auf den eigenen Betrieb begrenzte Maßnahmen bevorzugen.

Für zukünftige, ganzheitliche Optimierungen von bestehenden Industriestandorten ist aus diesem Grund eine entsprechende Vorgehensweise für den Fall einer Insolvenz eines teilnehmenden Unternehmens zu im Vorfeld zu bedenken, eine für alle Teilnehmer wirtschaftlich sinnvolle Lösung zu erarbeiten und diese den Unternehmen bereits zu Beginn zu präsen-

tieren. Dies sollte eine Senkung der unternehmensseitigen Hemmnisse bei der Umsetzung betriebsübergreifender Maßnahmen bewirken.

In diesem Zusammenhang wären vorab geführte Gespräche mit eventuellen Contracting-Anbietern oder deren Integration in das Projekt zu überlegen. Stadtwerke, welche auf dem heutigen Energiemarkt meist aktiv nach neuen Geschäftsfeldern suchen, wären mit ihren Kompetenzen in der Energietechnik und Kenntnis lokaler Gegebenheiten prädestiniert für diese Rolle. Eine aufgrund von Planungsunsicherheit ablehnende Haltung von Teilnehmern kann so mit der Präsentation einer bereits angedachten Contracting-Lösung begegnet werden. Eine Erweiterung des im Rahmen dieses Projektes angedachten Energieliefer-Contractings um ein Energiespar-Contracting oder Betriebsführungs-Contracting ist denkbar. Allen diesen Modellen ist die Übertragung einer oder mehrerer betrieblicher Aufgaben auf ein externes Dienstleistungsunternehmen gemein. Im Gegensatz zu konventionellen Contracting-Projekten, die lediglich zwischen einem Unternehmen und einem Contractor stattfinden, sind betriebsübergreifende Projekte sowohl in der Planung als auch in der späteren Betriebsführung deutlich komplexer. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, Experten mit der Umsetzung zu beauftragen. Contracting-Unternehmen besitzen dieses Fachwissen und sind daher geeignete Partner. Der Contractor sorgt außerdem für die Bereitstellung der finanziellen Mittel. Ferner stellt die Umsetzung eines solchen Vorhabens einige organisatorische Schwierigkeiten dar, die ohne einen unabhängigen Vermittler nur schwer überwindbar sind. Diese Aufgabe kann z.B. ein universitäres Institut zusammen mit der Gemeinde übernehmen, indem die notwendigen Rahmenbedingungen identifiziert und geschaffen werden.

Da die Umsetzungsentscheidungen von internen wie auch externen Maßnahmen bei den meisten Unternehmen durch einfache Amortisationsrechnung in Kombination mit der Anforderung einer geringen Amortisationszeit an Maßnahmen geschieht, werden viele, sich erst nach drei bis fünf Jahren rentierende, Maßnahmen wider der Vorschläge des zuständigen technischen Personals nicht ergriffen. Diese, für das Facility Management zuständigen Personen, bestätigten bei den Workshops, dass sie neben einem Zugewinn an Wissen durch die Beratungsberichte eine Argumentationshilfe für effizienzerhöhende Maßnahmen gegenüber ihren Vorgesetzten erhalten haben. Die auf Basis solcher Umstände umgesetzten Maßnahmen lassen sich jedoch kaum dem Projekt zuordnen, zumal sie nicht über die Betriebsgrenzen hinaus wirken.

Nach einer Projektlaufzeit von etwa zwei Jahren wurde die Zufriedenheit der Teilnehmer anhand eines Fragebogens ermittelt. Dieser gliederte sich in einen allgemeinen und einen unternehmensspezifischen Teil. Ersterer zielt darauf ab die Zufriedenheit der Teilnehmer mit den einzelnen Komponenten des Projektes zu erfassen, während in Letzterem abgefragt wird, inwieweit die in den verschiedenen Beratungsphasen vorgeschlagenen Maßnahmen umgesetzt werden (sollen). Es zeigte sich, dass die Treffen und die in deren Rahmen gehaltenen Vorträge durchgehend sehr positiv bewertet wurden und viele Teilnehmer Ideen für Ihr Un-

ternehmen mitnehmen konnten. Die Qualität der Beratungen füllt das gesamte Spektrum aus. Zu etwa gleichen Teilen waren die Teilnehmer sehr, durchschnittlich und unzufrieden mit der Leistung des für sie zuständigen Beraters. Da die meisten Berater für mehrere Unternehmen zuständig waren und keine Muster in den Bewertungen erkennbar sind, liegt der Schluss nahe, dass die Unzufriedenheiten auf unterschiedliche Erwartungshaltungen der Beteiligten zurückzuführen sind. Die aufgezeigten möglichen Maßnahmen wollten die Unternehmen meist allein angehen, für die (Initial-)Beraterleistung zur Identifikation der (teilweise branchenspezifischen) Maßnahmen wurden jedoch Berater mit branchenspezifischen Referenzen gewünscht. Der Anteil an Unternehmen, die dabei auf die Hilfe der Berater zurück greifen wollten, war sehr gering. Zum Zeitpunkt der Evaluation waren die meisten Maßnahmen noch nicht konkret angegangen worden (Kapitel 4.1).

Für zukünftige Projekte konnten anhand des Projektverlaufs eine Vielzahl an Erfahrungen gewonnen werden (siehe auch Kapitel 3.5).

- 1) Zunächst sollte ein standardisierter Fragebogen von den Berater zusammen mit dem im jeweiligen Unternehmen für Energiefragen zuständigen Person durchgegangen werden. Je umfangreicher ein solcher Fragebogen gestaltet wird, desto eher lassen sich Einsparmöglichkeiten in den verschiedenen Unternehmensbereichen identifizieren. Eine Vorgehensweise angelehnt an die DIN 16001 wäre denkbar. Um einen besonderen Anreiz für Firmen in zukünftigen Projekten zu schaffen, wäre es darüber hinaus evtl. möglich, eine Zertifizierung aller Projektteilnehmer nach dieser Norm in den Projektablauf zu integrieren, inkl. einer klaren Kommunikation bereits vor Projektstart.
- 2) Neben der Evaluierung „weicher“ Faktoren durch einen Fragebogen sind Messungen der zeitlichen Verläufe der Hauptverbraucher aller Teilnehmer unerlässlich, da nur so sowohl unternehmensinterne wie auch unternehmensübergreifende Maßnahmen identifiziert werden können. Belastbare Messdaten bieten den Energieverantwortlichen auch eine Argumentationsbasis gegenüber ihren Vorgesetzten in Hinblick auf Investitionskosten für energiesparende Techniken. Bei den Messungen selbst muss der Erhebungszeitraum ebenso vorgegeben sein wie der Auswertalgorithmus. Unterschiedliche Techniken bewirken Verunsicherungen aller Beteiligten hinsichtlich der Belastbarkeit der Daten. Für konkrete Prognosen möglicher unternehmensübergreifenden Maßnahmen ist die lückenlose Erfassung und Dokumentation aller relevanten Prozesse inklusive deren Lastgänge sinnvoll.
- 3) Die zugrunde liegende Methodik sollte einheitlich auf alle Teilnehmer angewendet werden (können), woraus eine höhere Transparenz resultieren würde und eventuelle Fehler leichter als solche erkennbar wären. Dies wurde zu Beginn des Projektes zwar praktiziert, jedoch wichen einzelne Berater davon ab. Alle teilnehmenden Berater sollten an der Konzeption einer solchen Vorlage beteiligt und verpflichtet werden,

diese auch anzuwenden, so dass Abweichungen von dieser Vorgabe aufgrund individueller Erfahrungen der Berater im Vorfeld ausgeschlossen werden können. Dieses Vorgehen bringt zunächst einen gesteigerten Aufwand in der Vorbereitungsphase mit sich, in der Auswertung ist es durch die breitere Datenbasis dann aber möglich, Maßnahmen zuverlässiger zu identifizieren. Auch der Aufwand in der Beratungsphase läge aufgrund des gesteigerten Aufwandes deutlich höher, da die Leistungen aller größeren Einzelverbraucher (entweder durch Recherche der Leistungsdaten oder portable Messgeräte) erfasst werden müssten.

- 4) Neben den zuvor erläuterten Verbesserungen des Kontaktes zwischen Beratern und Unternehmen konnten auch Verbesserungsmöglichkeiten zwischen Organisator und Unternehmen identifiziert werden. So müssten sich die Unternehmen idealerweise gleich zu Beginn des Projektes dazu verpflichten, die Fristen zur Rückgabe von Fragebögen oder der jährlichen Energieverbräuche im späteren Projektverlauf einzuhalten. Dies würde für die Organisatoren einen deutlich verminderten Aufwand bei besserer Datenlage bedeuten. Nur so kann der Ist-Zustand des Projektes zuverlässig erfasst und bewertet werden.
- 5) Um Rahmenbedingungen mit signifikanten Auswirkungen auf die Teilnehmer (z. B. Weltwirtschaftskrise) besser berücksichtigen zu können, wäre die Verfolgung eines weichen Faktors „Aktuelle Relevanz energietechnischer Energiefragen“ parallel zur Entwicklung der Endenergieverbräuche denkbar. Hiermit könnte eine Bereinigung der verzerrten Werte erfolgen.

5.2 Entstehende Standorte

Wie im vorherigen Abschnitt erläutert, sollten zukünftige Projekte zu unternehmensübergreifenden, den Energieverbrauch mindernden Maßnahmen an Standorten mit hoher Teilnehmerdichte stattfinden, da dies zum einen die Anzahl an wirtschaftlich umsetzbaren Maßnahmen erhöht und zum anderen Ausfälle von Firmen nicht so schwer wiegen wie in Gebieten mit einer geringeren Teilnehmerdichte. Der Idealfall wäre ein sich in der Planung befindendes Industriegebiet, da man in diesem Fall die Möglichkeit hätte, Unternehmen entsprechend ihrer Branche und dem damit verknüpften, charakteristischen Verbrauch zueinander anzusiedeln. Voraussetzung hierfür wäre ein sog. Energiekataster, welches eine optimale Zuordnung von Energiequellen und –senken erlauben würde, z. B. die Ansiedlung einer Gießerei in zentraler Lage in einem Umfeld, das sich durch einen Wärmebedarf mit Temperaturen von über 100 °C auszeichnet (z. B. Lackieranlagen).

Ein solches Projekt ist mit der Fertigstellung jedoch nicht abgeschlossen. Auch nach dem Bau eines Gebietes gilt es, den sich im Wandel befindlichen Produktionslinien sowie dem Zuzug von weiteren Unternehmen Rechnung zu tragen. Hierzu wäre eine Erfassung der Veränderungen (Energiebedarf, -verbrauch, Lastverlauf, etc.) in definierten Abständen unerläss-

lich. Eine zentrale, unabhängig betriebene Energieversorgung, z. B. durch einen Anlagen-Contractor, welcher die Energie in ein Ringnetz, welches ebenfalls dem Transport von Abwärme der Unternehmen dient, einspeist, könnte den Energieverbrauch eines solchen Gebietes reduzieren. Für den Fall, dass eine solche Lösung zu teuer wäre, käme auch die Speicherung der Abwärme in mobilen Wärmespeichern infrage /IER 2009/. Diese könnten dann flexibel auf der Straße an den Ort der Nachfrage transportiert werden.

Ein Umstand, der unabhängig vom Projektverlauf sehr positiv anzusehen ist, stellt die mediale Präsenz des Projektes dar. Die Vorstellung der Projekte in lokalen Medien stieß bei den Teilnehmern auf positive Resonanz. Dies sollte bei zukünftigen Projekten verstärkt werden, da hierdurch für die teilnehmenden Unternehmen ein weiterer, allerdings kaum messbarer Wettbewerbsvorteil entsteht. Die Tatsache, dass örtliche Unternehmen an einem solchen, auf einer Verbesserung bestehender Anlagen ausgelegten Programm teilnehmen, kann einen Leuchtturmeffekt haben und so eine Sensibilisierung breiterer Bevölkerungsschichten wie auch anderer Unternehmen für solche Maßnahmen bewirken. Es kann angenommen werden, dass die Wahrnehmung hierbei direkt mit steigender Prominenz der teilnehmenden Firmen zunimmt. Wird ein solches Vorhaben offen in einem Betrieb kommuniziert, kann dies eine Sensibilisierung der Beschäftigten zur Folge haben und so auch in den privaten Bereich transportiert werden.

6 Zusammenfassung

Entsprechend der im Vorfeld geplanten Durchführung wurden in den zwei Untersuchungsgebieten zunächst alle in Frage kommenden Unternehmen über das Projekt informiert und zur Beteiligung eingeladen. Der zu diesem Zeitpunkt herrschenden, allgemeinen Wirtschaftskrise ist es geschuldet, dass sich pro Standort nur eine geringe Zahl an Firmen zu einer Teilnahme bereit erklärte. Die Tatsache, dass diese innerhalb des jeweiligen Gebiets teilweise weit zerstreut lagen, ließ von Anfang an eine Einschränkung der möglichen, betriebsübergreifenden Maßnahmen vermuten. Ungeachtet dessen hat sich das gewählte Vorgehen, welches insbesondere in Ludwigsburg angewandt wurde, als konsistent erwiesen und kann als Grundlage für zukünftige Projekte ähnlichen Charakters angesehen werden.

Neben der technischen Seite, in Form der Initial- und Detailberatungen, fanden regelmäßige Treffen, die sog. „Effizienztische“ statt. Im Rahmen dieser Termine erfolgte ein durch das IER Stuttgart moderierter Erfahrungsaustausch sowie Vorträge externer Experten statt. Die behandelten Themen wurden teilweise von den Teilnehmern vorgeschlagen. Diese Effizienztische wurden durch Beiträge in Radio und lokalen Printmedien gesellschaftlich wahrgenommen, so dass die Kenntnis, dass Energieeinsparungen neben dem direkten verminderten Einsatz von Brennstoffen auch indirekt durch Erhöhung der Effizienz erreicht werden können, in das Bewusstsein eines breiteren Publikums gerückt werden konnte.

Rückblickend konnten anhand des Projektverlaufes, neben der Erarbeitung einer Vielzahl an technischen Lösungen zur Minderung des Energieverbrauchs durch hauptsächlich betriebsinterne aber auch mögliche betriebsübergreifende Aktivitäten, eine Vielzahl an Erfahrungen für zukünftige Projekte auf diesem Gebiet gesammelt werden.

Das Forschungsprojekt zeigt, dass in den untersuchten Gewerbegebieten eine Vielzahl von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz identifiziert und eine mögliche Umsetzung angestoßen werden konnte. Jeder Schritt (Analyse, Bewertung, Empfehlung von Maßnahmen und Umsetzung) zur Zielerreichung benötigt jedoch ausreichend Zeit. Gleiches gilt für eine die realen Umsetzungsprozesse berücksichtigende Zielwertverfolgung über den eigentlichen Projektzeitraum hinaus. Die für das Thema „Energie“ zuständigen Personen bestätigen, dass sie neben einem Zugewinn an Wissen durch das Projekt eine Argumentationshilfe für effizienzsteigernde Maßnahmen gegenüber ihren Vorgesetzten erhalten. Insgesamt stellen die Erfassung des Energieverbrauchs und dessen zeitlicher Verlauf eine wichtige Voraussetzung zur Steigerung der Energieeffizienz und zur möglichen Umsetzung von unternehmensinternen und -übergreifenden Maßnahmen dar. Hemmnisse hinsichtlich längerer Amortisationszeiten im Bereich der gemeinsamen und unternehmensübergreifenden Energieversorgung könnten durch Contracting-Modelle und eine gezielte Planung und Ansiedlung der einzelnen Unternehmen reduziert werden.

7 Literatur

/Assmann 2010/

D. Assmann: Optimierung der Druckluftstation unter Einsatz einer Abwärmenutzung bei der Nestlé AG Werk Ludwigsburg. Projektarbeit Energiemanager IHK. Herausgegeben von Eurem. Stuttgart 2010

/ASUE 2006/

Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch: Gasturbinen – Kenndaten – Referenzen, Verlag rationeller Erdgaseinsatz, Kaiserslautern 2006

/Bacher 2000/

M. R. Bacher: Outsourcing als strategische Marketingentscheidung. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 2000

/Baumann 2011/

F.-M. Baumann: Rationelle Energienutzung in der Ernährungsindustrie. Herausgegeben von Landesinitiative Zukunftsenergien NRW. Düsseldorf, zuletzt geprüft am 03.08.2011

/BDEW 2011/

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.: EEG-Umlage 2011 und 2012: Aufteilung nach Energieträgern, Onlineressource, 2011

/BMU 2009/

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Homepage, Aufgerufen am 17.05.2010

/BMWi 2011/

BMWi: Internationaler Energiepreisvergleich für Industrie. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. EUROSTAT. Berlin 2011

/Centrax 2010/

Centrax: Nominal CX-300 Performance, Angebot EGP3873-2b vom 16.04.2010

/Daun 2003/

T. Daun, R. Schön, U. Pasquale: Rationelle Energienutzung in der Metallindustrie, Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden 2003

/DeStatis 2008/

DeStatis: Klassifikation der Wirtschaftszweige. Mit Erläuterungen. Herausgegeben von Statistisches Bundesamt DeStatis. Unter Mitarbeit von Gnos, Roland. Wiesbaden, 2008

/DIN 2009/

Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN): DIN EN 16001:2009 Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung; Deutsche Fassung, Berlin 2009

/DIN 8930-5/

Deutsche Norm: Kälteanlagen und Wärmepumpen, Terminologie, Teil 5: Contracting, NormCD-Stand 2009-03

/EnBW 2009b/

EnBW Gas GmbH: Preisbestimmungen EnBW ErdgasFlex Midi, Stand: 01.07.2009, Onlineveröffentlichung

/EnEffPlus 2009a/

EnEffPlus: Bericht zur Initialberatung im Rahmen des Projekts "Ausschöpfung der Potenziale für Energieeffizienzverbesserung durch integrierte Bedarfs-Netzwerke in Gewerbe- und Industriestandorten bei Bestand und Neuansiedlung". Unter Mitarbeit von Walde, Matthias; Jungjohann, Norbert, 2009

/EnEffPlus 2009b/

EnEffPlus: Bericht zur Initialberatung im Rahmen des Projekts "Ausschöpfung der Potenziale für Energieeffizienzverbesserung durch integrierte Bedarfs-Netzwerke in Gewerbe- und Industriestandorten bei Bestand und Neuansiedlung". Unter Mitarbeit von Walde, Matthias; Jungjohann, Norbert, 2009

/EnEffPlus 2009c/

EnEffPlus (2009): Bericht zur Initialberatung im Rahmen des Projekts "Ausschöpfung der Potenziale für Energieeffizienzverbesserung durch integrierte Bedarfs-Netzwerke in Gewerbe- und Industriestandorten bei Bestand und Neuansiedlung". Unternehmen 26. Unter Mitarbeit von Walde, Matthias; Jungjohann, Norbert, 2009

/Engelmann 2011/

D. Engelmann, M. Mutz: Wirtschaftlicher Einsatz von Mikrogasturbinen bei hohen Prozesstemperaturen. Ingenieurbüro für Energieeffizienz INEKON. Stuttgart 2011

/Eproplan 2009/

Eproplan: Größenbezogene Investitionskosten, 2009

/Erdgas Südwest 2009/

Erdgas Südwest GmbH: Preisblatt für die Lieferung von natürlichgas plus, Stand: 01.07.2009, Onlineveröffentlichung

/Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2005/

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: Leitfaden Biotechnologie – Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen, Gülzow 2005

/Fraunhofer IPA 2009/

Fraunhofer IPA: Energiemanagementsysteme, Leitfaden zur Umsetzung, 2009

/Fraunhofer ISE 2008/

Fraunhofer ISE: Energiemanagementsysteme (EMS), Onlineveröffentlichung, Stand: 30.05.2008

/Fraunhofer Umsicht 1998/

Fraunhofer Umsicht: Leitfaden Nahwärme, Fraunhofer IRB Verlag, Oberhausen 1998

/Geibel 2010/

D. Geibel, R. Geipel, C. Hardt, M. Landau, J. Reekers, M. Vogel: Ein Jahr Testbetrieb: Multifunktionale Photovoltaik-Stromrichter in Industrienetzen, 25. Symposium Photovoltaische Solarenergie, 03.-05. März 2010, Bad Staffelstein

/Gewerbeaufsicht 2010/

Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg: Onlineveröffentlichung, <http://www.gaa.badenwuerttemberg.de>, Tübingen, aufgerufen am 04.05.2010

/Hansmann 2009/

K. Hansmann: Bundesimmissionsschutzgesetz, Textsammlung mit Einführung und Erläuterungen, 27. Auflage, Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden 2009

/Hornberger 2009/

M. Hornberger: Den Energieeinsatz in der Produktion optimieren, in: Intelligenter produzieren, Die Wissensplattform für das technische Management, VDMA Verlag, Ausgabe 2009/5

/IER 2009/

M. Ohl, M. Blesl, U. Fahl: Ganzheitliche Bewertung innovativer thermischer Speicherkonzepte für Baden-Württemberg auf Basis branchen- und betriebspezifischer Wärmebedarfsstrukturen. Stuttgart, 2009

/INEKON 2011/

INEKON: Datenbasis Nestlé Werk Ludwigsburg. Dekra-Messbericht, Daten Tag-Analyser. Unter Mitarbeit von Engelmann, D. Ludwigsburg 2011

/INEKON 2009a/

INEKON: Bericht zur Initialberatung im Rahmen des Projekts "Ausschöpfung der Potenziale für Energieeffizienzverbesserung durch integrierte Bedarfs-Netzwerke in Gewerbe- und Industriestandorten bei Bestand und Neuansiedlung". Unter Mitarbeit von Engelmann, D.; Meyer, J.

/INEKON 2009b/

INEKON: Bericht zur Initialberatung im Rahmen des Projekts "Ausschöpfung der Potenziale für Energieeffizienzverbesserung durch integrierte Bedarfs-Netzwerke in Gewerbe- und Industriestandorten bei Bestand und Neuansiedlung". Unter Mitarbeit von Engelmann, D.; Meyer, J.

/Jackisch 2009/

S. Jackisch: Greenwashing: Das Märchen vom grünen Riesen, Artikel in Spiegel Online, Stand: 17.12.2009

/Juris 2012/

Juris: Onlineveröffentlichung, www.juris.de, Saarbrücken, aufgerufen am 25.01.2012

/Kaeser 2011/

Kaeser Kompressoren: Wärmerückgewinnung. Serie PTG, SWT. Coburg. Online verfügbar unter www.kaeser.com, zuletzt geprüft am 15.08.2011

/Klöffel 2008/

M. Klöffel: Management Development in kleinen und mittleren Unternehmen, Diplomarbeit, GRIN Verlag, Norderstedt 2008

/Kramer 2006/

D. Kramer: Energieeinsparung im Mietwohnsektor durch Wärme-Contracting, 2006

/Krewitt 2006/

W. Krewitt, B. Schlomann: Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern, Gutachten im Rahmen von Beratungsleistungen für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stuttgart 2006

/Kruschwitz 2007/

L. Kruschwitz: Investitionsrechnung, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München 2007

/Leven 2003/

B. Leven, E. Thöne: Rationelle Energieanwendung durch interne Maßnahmen, Stuttgart 2003, in: VDI-Berichte 1767

/LfU 2002/

LfU: CO₂-Minderung durch rationelle Energienutzung in der Kunststoffverarbeitenden Industrie. Augsburg: Bayrisches Landesamt für Umweltschutz, 2002

/Müller 2005/

H. Müller: Struktur- und Managementaspekte bei der Anwendung integrierter Energiesysteme, Wismar 2005, in: Betriebliches Energiemanagement 2005, BTU Forschungshefte Energie

/NRW 2007/

NRW spart Energie. Contracting: Energieeffizienztechnologien ermöglichen. Ein Leitfaden der Energie Agentur NRW, S. 12, 15, 2. überarbeitete Auflage 2007

/Oettinger 2007/

H. G. Oettinger, Rede bei der Auftaktveranstaltung der Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württemberg - "Jetzt das Morgen gestalten" am 03. März 2007, Stuttgart, www.nachhaltigkeitsstrategie.de

/Quint 2011/

Quint sdi GmbH (Ed.): Energierückgewinnung im Druckprozess. Hochmoderne Systeme zur wassergebundenen Wärmeabfuhr und Energierückgewinnung für Druckmaschinen, Hesseneck-Kailbach 2011

/Rutschmann 2005/

C. Rutschmann. Fernwärme als Brücke zwischen Waldwirtschaft und Energienachfrage. Vortrag bei der 4. Tagung „Fernwärme auf neuen Wegen“, World Trade Center Zürich 2005

/Schmid 2003/

C. Schmid: Energiequerschnittstechniken – Einsparpotentiale, Hemmnisse und Maßnahmen zu ihrer Erschließung, Karlsruhe 2003, in: VDI-Berichte 1767

/SWLb 2011/

Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim: Homepage Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim. Ludwigsburg. Online verfügbar unter www.swlb.de, zuletzt geprüft am 11.10.2011

/Thorn 2003/

T. Thorn: Umweltkennzahlen und Benchmarking in der Druck- und Medienindustrie. Herausgegeben von Bundesverband Druck und Medien. Hamburg 2008

/Trautmann 2002/

A. Trautmann, J. Meyer, S. Herpertz: Leitfaden rationelle Energienutzung in der Kunststoff verarbeitenden Industrie, Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden 2002

/Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2007/

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Referat 44: Nahwärmekonzepte: Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbare Energien, Stuttgart 2007

/Wirtschaftswoche 2009/

J. Leendertse: Kerngeschäft als Erfolgsfaktor für Unternehmen, Wirtschaftswoche, Onlineveröffentlichung, Stand: 03.01.2009