

Wirtschaftliche Machbarkeitsstudie für eine pelletbefeuerte Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung

Masterarbeit
von
Karl Maier

Technische Universität Graz

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie

O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Ulrich Bauer

Graz, im März 2013

In Kooperation mit:

KWB – Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH



EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

.....

date

.....

(signature)

Kurzfassung

Im Zuge des Innovationsprozesses stellt sich für jedes Unternehmen die Frage, ob es wirtschaftlich sinnvoll ist, eine Produktidee zu realisieren und auf dem Markt einzuführen. So steht das Unternehmen KWB – Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH vor der Entscheidung, eine pelletbefeuerte Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung (Mikro-KWK) zu entwickeln und in ihr Produktsortiment aufzunehmen, was nicht unerhebliche Kosten bei Entwicklung, Markt- und Serieneinführung verursachen würde. Informationen zu Marktpotenzial und Absatzzahlen stehen nur begrenzt zur Verfügung. Darüber hinaus ist unklar, ob ein Kunde wirtschaftlichen Nutzen aus einem solchen Gerät ziehen kann. Ziel und Inhalt dieser Arbeit ist es daher, die Wirtschaftlichkeit dieses Produktes für Kunden und Unternehmen zu überprüfen, sowie die Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren, wie z.B. Brennstoff- und Strompreise, auf die Wirtschaftlichkeit von Mikro-KWKs zu untersuchen.

Im Rahmen einer als Sekundärliteraturrecherche durchgeführten Absatzmarktanalyse werden alle Länder, in denen KWB tätig ist, zu ihrer Attraktivität bezüglich Mikro-KWK-Systemen hin untersucht. Danach wird für den deutschen Markt eine Detailanalyse vorgenommen, mit der dessen Marktpotenzial, Marktvolumen und ein möglicher Marktanteil angegeben werden. Aufbauend auf der Untersuchung des Marktes wird eine Wirtschaftlichkeitsanalyse für eine Produkteinführung aus Sicht von KWB durchgeführt. Im Rahmen einer weiteren Analyse wird die Wirtschaftlichkeit aus Kundensicht betrachtet, dabei wird die Mikro-KWK einerseits mit einem konventionellen Heizsystem und andererseits mit anderen Mikro-KWKs bezüglich ihrer Gesamtkosten verglichen und deren Einflussfaktoren näher untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass zwar großes Marktpotenzial für Mikro-KWKs vorhanden ist, jedoch die aktuellen Verkaufszahlen noch gering sind und eine Produkteinführung zum jetzigen Zeitpunkt nicht empfehlenswert ist. Aus Kundensicht kann eine pelletbefeuerte Mikro-KWK in Gebäuden mit hohem Wärme- und Strombedarf wirtschaftlich betrieben werden, allerdings ist man von geförderten Einspeisetarifen abhängig. Bei einer technisch verbesserten Ausführung des Produkts würde sich die Wirtschaftlichkeit auch ohne Förderungen positiv gestalten. Die Empfehlung lautet daher, einerseits die Marktentwicklung zu beobachten, andererseits die technische Machbarkeit dieser verbesserten Ausführung zu prüfen.

Abstract

In the process of innovation every enterprise faces the problem to decide whether to realize a product idea and introduce it into the market, or not, based on economic considerations. In the case of the company “KWB - Kraft und Wärme aus Biomasse” the decision, if a pellet powered micro-CHP unit should be developed and added to their product range, has to be made. It has to be taken into account that the process of development, start of series production and market launch would cause considerable cost. Additionally, there’s only few information available about the market volume and sales quantity. From the consumer’s point of view, the economic benefits of acquiring such a micro-CHP unit are also uncertain. The objective of this work is to analyze the economic viability of this product for the company and also for the customer. Additionally, the influence of surrounding conditions, such as prices for fuel and electricity, shall be examined.

The markets of all countries, in which KWB is operating, are investigated regarding their attractiveness for micro-CHP systems by carrying out a secondary literature research. Then, the German market is investigated in a more detailed analysis to identify the market potential, market volume and a possible market share. Based on the results, a profitability analysis for the implementation of the new product is carried out from the perspective of the company. In order to cover also the perspective of the end-users, another analysis investigates the profitability of such a micro-CHP unit compared to a conventional space heating system as well as to other micro-CHP systems and also examines the impact of influencing factors.

The results show a great market potential, however, the actual sales numbers are low and thus, the introduction of such a product into the market is currently not recommended. From an end-user’s perspective, in buildings with high heat and current demand the use of such a pellet powered micro-CHP system can be economically advantageous, but depends on government-funded feed-in tariffs. In the case of a technically improved model of the product, profitability without such raised tariffs can be achieved. Therefore, the recommendation is on one hand to observe the market development and on the other hand to investigate the technical feasibility of such an improved model.

Vorwort

Mein erstes und größtes ‚Danke‘ gilt meinen Eltern, die es mir ermöglicht haben, ohne finanziellen Druck meine Studien zu absolvieren, sowie meiner gesamten Familie für die erhaltene Unterstützung.

Für die aufgewendete Zeit und Geduld bei der Betreuung dieser Arbeit möchte ich mich weiters bei meinen Betreuern, Dipl. Ing. Martin Marchner und Dr. Alexander Weissinger, bedanken.

Ebenfalls möchte ich an dieser Stelle allen Menschen, die ich in meiner Studienzzeit kennengelernt habe und die diese mit mir geteilt haben, danken und ihnen alles Gute für die Zukunft wünschen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation und Ziele	1
1.2	Aufgabenstellung	2
1.2.1	Abgrenzung des Untersuchungsbereichs	2
1.2.2	Definition eines Untersuchungsdesigns.....	2
1.2.3	Marktanalyse.....	2
1.2.4	Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des neuen Produkts.....	3
1.2.5	Ermittlung der erforderlichen Produkteigenschaften als Basis für einen Entwicklungsauftrag	3
1.2.6	Ableitung einer klar nachvollziehbaren Handlungsempfehlung.....	3
1.2.7	Definition von Werkzeugen für wirtschaftliche Machbarkeitsstudien	4
1.3	Untersuchungsbereich	4
1.4	Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	4
2	Theoretische Grundlagen der Arbeit	6
2.1	Marktforschung und Wirtschaftlichkeitsanalysen im Innovationsprozess	6
2.2	Theorie zu Marktforschung.....	7
2.2.1	Strategische Analyse des Absatzmarktes.....	12
2.3	Theorie zu Wirtschaftlichkeitsanalysen.....	16
2.3.1	Investitionsrechnung	16
2.3.2	Kostenrechnung.....	20
3	Praktische Problemlösung	24
3.1	Einführung Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungssysteme	24
3.1.1	Wichtige technische Parameter und Begriffe bei Mikro-KWKs.....	27
3.1.2	Mikro-KWK Technologien.....	28
3.1.3	Produktinformation zu pelletbefuerter Mikro-KWK	29
3.2	Marktanalyse.....	30
3.2.1	Mitbewerberanalyse	31
3.2.2	Absatzmarktsegmentierung.....	35
3.2.3	Bewertung der Attraktivität der für KWB relevanten Absatzmärkte	38
3.2.4	Detailanalyse des deutschen Absatzmarktes	47
3.3	Wirtschaftlichkeitsanalyse Endkunde	55
3.3.1	Grundlagen, Methodik und Annahmen	56

3.3.2	Wirtschaftlichkeitsvergleich mit einer Pelletheizung.....	65
3.3.3	Wirtschaftlichkeitsvergleich mit anderen KWKs.....	78
3.3.4	Ableitung erforderlicher Produkteigenschaften und Rahmenbedingungen.....	89
3.4	Wirtschaftlichkeitsanalyse Unternehmen KWB.....	93
3.4.1	Grundlagen, Methodik und Annahmen.....	94
3.4.2	Ergebnisse und Erkenntnisse.....	97
3.5	Handlungsempfehlung für KWB.....	100
3.6	Grundlegende Herangehensweise von KWB bei wirtschaftlichen Machbarkeitsstudien	101
4	Zusammenfassung und Ausblick.....	104
4.1	Ergebnisse seitens des Marktes.....	105
4.2	Ergebnisse seitens des Kunden.....	105
4.3	Ergebnisse seitens des Unternehmens KWB.....	106
	Literaturverzeichnis.....	107
	Abbildungsverzeichnis.....	115
	Tabellenverzeichnis.....	117
	Abkürzungsverzeichnis.....	118
	Anhang.....	120

1 Einleitung

Im Rahmen eines Innovationsprozesses stehen Unternehmen immer wieder vor der wichtigen Entscheidung, ob die Idee für ein neues Produkt weiterverfolgt, dieses Produkt entwickelt und letztendlich in den Markt eingeführt werden oder ob die Idee wieder verworfen werden soll. Jedes neue – vor allem komplexere – Produkt verursacht nicht unerhebliche Kosten in seiner Entwicklung, Markt- und Serieneinführung sowie im weiteren Produktlebenszyklus, gleichzeitig stellen solche Innovationen ein großes Erfolgspotenzial dar. Es stellt sich also immer wieder die Frage, für welche Produkte es wirtschaftlich sinnvoll ist, sie in das Produktsortiment aufzunehmen, insbesondere wenn diese nicht im Kernkompetenzbereich des Unternehmens liegen.

1.1 Ausgangssituation und Ziele

Das Unternehmen KWB – Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH ist ein führender Anbieter im Bereich erneuerbarer Energien, das Kerngeschäft besteht aus Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Biomasseheizungen in Österreich und Europa, darüber hinaus werden aber auch andere Produkte im Zusammenhang mit Heizungssystemen angeboten. KWB steht vor der Entscheidung, ob die Produktidee einer Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung (Mikro-KWK) in Kombination mit einer Biomasseheizung aus wirtschaftlicher Sicht vielversprechend ist und ob diese Idee realisiert werden soll. Das Produkt würde von KWB entwickelt werden, wobei eine oder mehrere Schlüsselkomponenten von einem Lieferanten zugekauft und das Produkt über bestehende Partner (z.B. Installateure) abgesetzt werden würde. Weiters ist die Nachfrageseite von besonderem Interesse für das Unternehmen. Es ist noch unklar, ob ausreichende Nachfrage nach einer solchen Mikro-KWK besteht und wie sich dieser Markt gestaltet. Das Ziel der Masterarbeit ist es, eine Entscheidungsgrundlage für den Start der Produktentwicklung einer Mikro-KWK zu liefern. In diesem Zusammenhang ergeben sich die folgenden Teilziele:

- Definition der Einsatzmöglichkeiten und Grenzen im Einsatz des neuen Produkts
- Erhebung des Marktpotentials bzw. Marktvolumens und Ableitung eines möglichen Marktanteils, weiters Durchführung einer Mitbewerbsanalyse
- Bestimmung der Wirtschaftlichkeit für das Unternehmen KWB und den Endkunden
- Ermittlung der erforderlichen Produkteigenschaften als Basis für einen Entwicklungsauftrag
- Ableitung einer nachvollziehbaren Handlungsempfehlung für das Produkt
- Definition eines grundlegenden Modells für die Vorgehensweise einer solchen Machbarkeitsstudie bzw. Marktanalyse, um KWB die Möglichkeit zu bieten, bei zukünftigen Produktideen auf eine Methodik für die Entscheidung über Produktentwicklungen zurückzugreifen.

1.2 Aufgabenstellung

Aus den in Abschnitt 1.1 beschriebenen Zielen ergeben sich die folgenden Aufgabenstellungen:

1.2.1 Abgrenzung des Untersuchungsbereichs

Im Vorfeld ist der Untersuchungsbereich abzugrenzen, wobei das Hauptaugenmerk auf der Definition der Anwendungsmöglichkeiten von Mikro-KWKs liegt. Eine Marktsegmentierung ist vorzunehmen, um den Gesamtmarkt gezielt nach verschiedenen Segmenten bzw. Teilmärkten untersuchen zu können. Zusätzlich zu den Anwendungsmöglichkeiten sind auch die geographischen Märkte zu bestimmen und etwaige andere Segmentierungskriterien in Betracht zu ziehen. Schließlich sollen auch die Grenzen im Einsatz der Mikro-KWK-Systeme aufgezeigt werden.

1.2.2 Definition eines Untersuchungsdesigns

Für die Bestimmung des Marktpotentials und der Wirtschaftlichkeit des neuen Produkts ist die Auswahl eines geeigneten Untersuchungsdesigns vorzunehmen. Dieses bezieht sich auf die Methodik der Marktanalyse und die Auswahl der Werkzeuge aus der Finanzwirtschaft bzw. Investitionsrechnung.

1.2.3 Marktanalyse

Mittels einer fundierten Marktanalyse sollen das Marktpotential, das Marktvolumen und ein möglicher Marktanteil ermittelt werden. Die Marktanalyse setzt sich aus folgenden Aufgabenstellungen zusammen:

- Analyse und Beschreibung des Gesamtmarktes:
Zunächst wird mittels Sekundärforschung der Gesamtmarkt der Mikro-KWKs aller Länder untersucht, um die Entwicklungen, Trends und Marktstrukturen sichtbar zu machen und einen groben Überblick über den Zielmarkt zu erhalten.
- Analyse der Marktsegmente des deutschen Mikro-KWK-Markts:
Im zweiten Schritt werden die Teilmärkte bzw. Marktsegmente des deutschen Marktes im Detail betrachtet und detaillierte Informationen über den Absatzmarkt gesammelt. Der deutsche Markt wird hierbei als repräsentativ für Europa angesehen, d.h. die Schätzwerte der Absatzzahlen für die restlichen Länder werden, ausgehend von den Werten für Deutschland, mittels entsprechender Faktoren berechnet.

- **Mitbewerberanalyse:**
Im Rahmen einer Mitbewerberanalyse ist zu untersuchen, welche Unternehmen und Technologien direkt und indirekt mit der KWB-Technologie konkurrieren.

1.2.4 Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des neuen Produkts

Die Wirtschaftlichkeit des Mikro-KWK-Systems ist aus zwei verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten:

- **Wirtschaftlichkeit für den Betreiber des Mikro-KWK-Systems:**
Als Ergebnis soll dem Endkunden die Rentabilität eines Mikro-KWK-Systems aus Biomasse-Basis im Vergleich zu einem herkömmlichen Heizungssystem aufgezeigt werden können.
- **Wirtschaftlichkeit für das Unternehmen:**
Durch die Ergebnisse der Marktanalyse ist eine Absatzprognose vorzunehmen, um Rückschlüsse auf die Wirtschaftlichkeit des Mikro-KWK-Systems zu ermöglichen. Dazu ist auch die Erhebung der Kosten sowohl während der Produktentwicklung und Markteinführung, als auch während des weiteren Lebenszyklus erforderlich. Durch Berechnung geeigneter finanzieller Indikatoren ist eine Gesamtbeurteilung der Wirtschaftlichkeit vorzunehmen.

1.2.5 Ermittlung der erforderlichen Produkteigenschaften als Basis für einen Entwicklungsauftrag

Des Weiteren ist zu ermitteln, welche Eigenschaften das Mikro-KWK-System aufweisen muss, um am Markt erfolgreich sein zu können. Dabei sind sowohl technische Eigenschaften festzulegen als auch weitere Faktoren wie beispielsweise erzielbare Marktpreise (maximaler Verkaufspreis) und Wartungskosten. Dies soll die Basis für ein Lastenheft für die Produktentwicklung darstellen.

1.2.6 Ableitung einer klar nachvollziehbaren Handlungsempfehlung

Auf Basis der Ergebnisse der gerade genannten Aufgabenstellungen ist eine Handlungsempfehlung für das Unternehmen abzugeben. Diese Handlungsempfehlung soll eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die Produktentwicklung des betreffenden Mikro-KWK-Systems liefern.

1.2.7 Definition von Werkzeugen für wirtschaftliche Machbarkeitsstudien

Als weitere Schlussfolgerung der Analyse des neuen Produkts ist eine grundlegende und praxisgerechte Vorgehensweise für zukünftige wirtschaftliche Machbarkeitsstudien im Unternehmen zu definieren. Die wichtigsten Schritte bzw. die Methodik der Analyse sind in allgemeiner Form darzustellen, damit in Zukunft bei KWB bei anstehenden Entscheidungen über Produktentwicklungen darauf zurückgegriffen werden kann.

1.3 Untersuchungsbereich

Alle Untersuchungen werden ausschließlich für den Leistungsbereich bis einschließlich 5 kW_{el} von KWK-Systemen durchgeführt. Der Untersuchungsbereich erstreckt sich auf sämtliche Anwendungsgebiete, die am Markt möglich sind. Die geographische Abgrenzung bezieht sich auf alle Märkte, in denen KWB tätig ist: Österreich, Deutschland, Frankreich, Slowenien, Italien, Schweiz, England, Nordirland, Irland, Belgien und Spanien.

1.4 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

In Abschnitt 2 werden die theoretischen Grundlagen, auf denen die praktische Problemlösung fußt, erläutert. Dabei wird vor allem auf die Themen Marktforschung, Investitionsrechnung und Kostenrechnung eingegangen. Abschnitt 3 beschäftigt sich danach mit der praktischen Problemlösung. Nach einer allgemeinen Einführung über technische und wirtschaftliche Aspekte von Mikro-KWKs wird das Konzept von KWB zur pelletbefeuerter Mikro-KWK, die Gegenstand dieser Arbeit ist, näher erläutert. Bei der darauf folgenden Marktanalyse wird zuerst eine Mitbewerberanalyse durchgeführt, danach werden die Absatzmärkte näher untersucht, deren Ziel zum einen ist, eine geographische Abgrenzung attraktiver Märkte zu treffen, zum anderen Marktpotenzial und Marktvolumen zu erheben und letztlich eine mögliche Absatzstückzahl zu prognostizieren. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen aus Kundensicht in Abschnitt 3.3 wird das Konzept der pelletbefeuerter Mikro-KWK auf seine Wirtschaftlichkeit hin untersucht, zum einen wird es hinsichtlich seiner Gesamtkosten über die gesamte Nutzungsdauer gesehen mit jenen einer Pelletheizung der Firma KWB verglichen, zum anderen wird anhand von Vergleichen mit konkurrierenden Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungen die Konkurrenzfähigkeit einer solchen Pellet-KWK untersucht. Anhand der erhaltenen Ergebnisse und gewonnenen Erkenntnisse werden danach die erforderlichen Produkteigenschaften und Rahmenbedingungen abgeleitet. Auf Basis der im Zuge der Absatzmarktanalyse erhobenen, prognostizierten Absatzstückzahl wird in Abschnitt 3.4 eine Wirtschaftlichkeitsanalyse aus Sicht von KWB durchgeführt. Damit soll erörtert werden, ob die Entwicklung und Markteinführung des betrachteten Produkts für das Unternehmen aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist oder nicht.

Die Handlungsempfehlung an die Geschäftsführung von KWB wird in Abschnitt 3.5 abgegeben und die grundlegende Herangehensweise für zukünftige wirtschaftliche Machbarkeitsstudien bei KWB in Abschnitt 3.6 dargelegt.

2 Theoretische Grundlagen der Arbeit

Dieser Teil der Arbeit beschäftigt sich mit den theoretischen Grundlagen zu Marktforschung und Wirtschaftlichkeitsanalysen sowie deren Nutzen innerhalb des Innovationsprozesses. Dafür wird zuerst der Innovationsbegriff definiert und abgegrenzt und darauf aufbauend werden die Werkzeuge, mit der die praktische Problemlösung in Angriff genommen wurde, erklärt.

2.1 Marktforschung und Wirtschaftlichkeitsanalysen im Innovationsprozess

Das Umfeld, in dem Unternehmen ihre Wettbewerbsvorteile entwickeln und erhalten müssen, wird durch zunehmenden internationalen Wettbewerb und beschleunigten technologischen Wandel gekennzeichnet. Diese zunehmende externe Dynamik erfordert von den Unternehmen die Fähigkeit zur schnellen Anpassung und die stetige Erneuerung des Produkt- und Dienstleistungsangebots. Angesichts dieser Rahmenbedingungen wird Innovationsmanagement als zentrale erfolgskritische Komponente unternehmerischen Handelns angesehen¹.

Für den Begriff Innovation existieren vielfältige Definitionen, prinzipiell steht der Begriff der Innovation für etwas „Neuartiges“, dies kann sich auf Produkte, Verfahren, Vertragsformen, Vertriebswege, Werbeaussagen und auch Corporate Identity beziehen². Hauschildt und Salomo (2011) verwenden die folgende Aussage als Basis der Definition des Innovationsbegriffs: „Innovationen sind qualitativ neuartige Produkte oder Verfahren, die sich gegenüber einem Vergleichszustand „merklich“ – wie auch immer das zu bestimmen ist, unterscheiden.“³ Es wird weiters explizit darauf hingewiesen, dass die Neuartigkeit wahrnehmbar sein muss. Die verschiedenen Arten dieser Neuartigkeit werden anhand der folgenden *Dimensionen der Innovation* beschrieben:⁴

- Inhaltliche Dimension: Was ist neu?
- Intensitätsdimension: Wie neu?
- Subjektive Dimension: Neu für wen?
- Prozessuale Dimension: Wo beginnt, wo endet die Neuerung?
- Normative Dimension: Ist neu gleich erfolgreich?

Ein weiteres Merkmal, das mit dem Wort Innovation verbunden ist, ist der wirtschaftliche Erfolg. Dies ist ein Unterscheidungsmerkmal zwischen Invention und Innovation, damit eine Erfindung als Innovation gilt, muss sie sich auf dem Markt oder im innerbetrieblichen Einsatz

¹ Vgl. HAUSCHILD, J.; SALOMO, S. (2011), Vorwort

² Vgl. HAUSCHILD, J.; SALOMO, S. (2011), S. 3 f.

³ HAUSCHILD, J.; SALOMO, S. (2011), S. 4

⁴ Vgl. HAUSCHILD, J.; SALOMO, S. (2011), S. 5

bewähren⁵. Dies ist allerdings im Innovationsprozess problematisch, da im Vorhinein nicht gesichert ist, ob eine Erfindung letztendlich auch am Markt erfolgreich sein wird. Laut Brockhoff (1992) gilt daher: „Liegt eine Erfindung vor und verspricht sie wirtschaftlichen Erfolg, so werden Investitionen für die Fertigungsvorbereitung und die Markterschließung erforderlich, Produktion und Marketing müssen in Gang gesetzt werden. Kann damit die Einführung auf dem Markt erreicht werden oder ein neues Verfahren eingesetzt werden, so spricht man von einer Produktinnovation oder einer Prozessinnovation.“⁶ Als Kriterium dient hier also, inwiefern eine Produkt- oder Prozessidee im Vorhinein als erfolgsversprechend im wirtschaftlichen Sinn eingestuft wird. Hier muss also der Innovationsmanager (oder der entsprechende Entscheidungsträger) die Chancen einer erfolgreichen Umsetzung einschätzen können. Im konkreten Fall dieser Arbeit handelt es sich beim fraglichen Innovationsobjekt um ein für das Unternehmen KWB neuartiges Produkt, welches allerdings von anderen Unternehmen bereits am Markt eingeführt wurde (subjektive Innovationsdimension). Um die Erfolgsaussichten einer möglichen Markteinführung einschätzen zu können, stellt die Theorie Werkzeuge für die Marktforschung zur Verfügung, um die Nachfrageseite für ein solches Produkt untersuchen zu können. Darauf aufbauend können dann anhand eines geschätzten Marktes Wirtschaftlichkeitsanalysen angestellt werden. Die theoretischen Grundlagen dieser beiden Themengebiete werden in den Unterkapiteln 2.2 und 2.2.1 näher behandelt.

Der praktische Teil dieser Diplomarbeit beschäftigt sich mit einer Produktinnovation im subjektiven Sinn, für das Unternehmen KWB ist das Produkt in dieser Form neu (obwohl bereits in der Vergangenheit Erfahrungen mit einer Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung gemacht wurden), jedoch ist am Markt bereits eine Vielzahl an (mit fossilen Brennstoffen befeuerten) Mikro-KWKs erhältlich, darunter auch eine pelletbefeuerte Mikro-KWK.

2.2 Theorie zu Marktforschung

Um Unternehmer und Führungskräfte in Unternehmen die nötige Grundlage für deren Entscheidungen zu bieten, müssen diese mit entscheidungsrelevanten Informationen versorgt werden. Dieser Informationswirtschaft kommt daher eine bedeutende Rolle zu. Altobelli (2011) gliedert die zu beschaffenden Informationen grob in

- Umweltinformationen und
- Unternehmensinformationen.⁷

Während der Punkt Unternehmensinformationen Aussagen über die Stärken und Schwächen des Unternehmens im Allgemeinen und in Bezug auf konkrete Problemstellungen im Speziellen trifft, beschreibt der Begriff Umweltinformationen hier das

⁵ Vgl. HAUSCHILDT, J.; SALOMO, S. (2011), S. 5

⁶ BROCKHOFF, K. (1992), S. 28

⁷ FANTAPIÉ ALTOBELLI, C. (2011), S. 1

Umfeld, in dem das Unternehmen auf den einzelnen Märkten agiert. Dies können Informationen über die globale Umwelt sein, wie z.B. Informationen über die verschiedenen ökonomischen, sozio-demographischen, technologischen, politisch-rechtlichen sowie geographisch-infrastrukturelle Rahmenbedingungen. Diese beschreiben die allgemeine Situation einer Volkswirtschaft und sind daher branchenunabhängig. Spezifische Informationen zu Branchenstruktur und Unternehmensmärkten (Beschaffungs- bzw. Absatzmärkte) sind hingegen nur für die in der Branche tätigen Unternehmen relevant. Von besonderer Bedeutung für die Informationsbeschaffung sind Informationen über die Abnehmer, z.B. Informationen über die Beschaffenheit und Größe der Marktsegmente, Bedarfsintensität, Bedürfnisstruktur und Kaufkraft.⁸

Der Begriff der Marktforschung umfasst die Bereitstellung relevanter Informationen des Marktes, er wird von Altobelli (2011) folgendermaßen definiert:

„Marktforschung ist die systematische und zielgerichtete Sammlung, Aufbereitung, Auswertung und Interpretation von Informationen über Märkte und Marktbeeinflussungsmöglichkeiten als Grundlage von Marketingentscheidungen.“⁹

Weiters wird das Ziel der Marktforschung folgendermaßen beschrieben:

„Ziel der Marktforschung ist die zeitgerechte Bereitstellung entscheidungsrelevanter Informationen für die Entscheidungsträger unter Berücksichtigung finanzieller, personeller, zeitlicher und rechtlicher Restriktionen.“¹⁰

Abzugrenzen ist der Begriff der Marktforschung von der Marketingforschung; während sich erstere mit Beschaffungs- und Absatzmarktforschung beschäftigt, umfasst die Marketingforschung neben der Absatzmarktforschung auch die Analyse von nichtmarktlichen Umweltinformationen (beispielsweise politische-rechtliche oder soziokulturelle Aspekte) sowie unternehmensinternen Informationen. Die Beschaffungsmarktforschung ist nicht Bestandteil der Marketingforschung. Dies wird in Abbildung 1 dargestellt.

Marktforschung			
Marktinformationen		Umweltinformationen	Interne Informationen
Beschaffungsmarktforschung	Absatzmarktforschung		
Marketingforschung			

Abbildung 1: Unterscheidung zwischen Marketing- und Marktforschung¹¹

⁸ Vgl. FANTAPIÉ ALTOBELLI, C. (2011), S. 3

⁹ FANTAPIÉ ALTOBELLI, C. (2011), S. 4

¹⁰ FANTAPIÉ ALTOBELLI, C. (2011), S. 5

¹¹ Vgl. PEPELS, W. (1995), S. 143

Formen der Marktforschung

Nachfolgend soll ein kurzer Überblick über die verschiedenen Kriterien, nach denen Marktforschung klassifiziert werden kann, gegeben werden.

Formen der Marktforschung	
Bezugszeitraum	<ul style="list-style-type: none"> • Einmalige Erhebung (Querschnitt - analysen) • Mehrmalige Erhebung (Längsschnitt - analysen)
Untersuchte Märkte	<ul style="list-style-type: none"> • Beschaffungsmarktforschung • Absatzmarktforschung • Finanzmarktforschung • Arbeitsmarktforschung
Form der Informationsgewinnung	<ul style="list-style-type: none"> • Primärforschung • Sekundärforschung
Erhebungsmethode	<ul style="list-style-type: none"> • Befragung • Beobachtung
Untersuchte Marketinginstrumente	<ul style="list-style-type: none"> • Produktforschung • Preisforschung • Kommunikationsforschung • Vertriebsforschung
Untersuchte Marktteilnehmer	<ul style="list-style-type: none"> • Konsumentenforschung • Konkurrenzforschung • Absatzmittlerforschung
Methodischer Ansatz	<ul style="list-style-type: none"> • Quantitative Marktforschung • Qualitative Marktforschung
Träger der Marktforschung	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebliche Marktforschung • Institutsmarktforschung
Ort der Messung	<ul style="list-style-type: none"> • Laborforschung • Feldforschung
Räumlicher Geltungsbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Nationale Marktforschung • Internationale Marktforschung

Tabelle 1: Formen der Marktforschung¹²

¹² Vgl. FANTAPIÉ ALTOBELLI, C. (2011), S. 5

Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale werden im Folgenden kurz beschrieben.

Bezugszeitraum:

Bei einmaliger Erhebung wird der Status quo zu einem bestimmten Zeitpunkt bestimmt (Querschnittstudie), bei mehrmaligen Erhebungen können Entwicklungen im Zeitverlauf beschrieben werden (Längsschnittstudie).

Untersuchte Märkte:

Bei den untersuchten Märkten kann zwischen Beschaffungsmarktforschung, Absatzmarktforschung, Finanzmarktforschung und Arbeitsmarktforschung differenziert werden.

Form der Informationsgewinnung:

Je nachdem, ob die verwendeten Daten selbst erhoben oder bereits vorhandene Daten analysiert werden (die für einen ähnlichen oder auch für einen anderen Zweck gesammelt wurden), spricht man entweder von Primär- (ersteres) oder Sekundärforschung (letzteres).

Methodischer Ansatz:

Nach der Art der Messung werden qualitative und quantitative Marktforschung unterschieden. Während qualitative Untersuchungen eher explorativen Charakter haben und nur Tendenzaussagen erlauben, können mit quantitativen Untersuchungen repräsentative Aussagen über die Grundgesamtheit erhalten werden.

Räumlicher Geltungsbereich:

Mit Bezug auf die räumliche Dimension wird zwischen nationaler und internationaler Marktforschung unterschieden.

Prozess der Marktforschung:

Ein idealtypischer Ablauf eines Marktforschungsprozesses wird in Abbildung 2 dargestellt. Dabei wird in einem ersten Schritt das Forschungsproblem formuliert und darauf aufbauend das Forschungsziel abgeleitet. In diesem Schritt wird das vorliegende Problem möglichst exakt definiert und abgegrenzt. Weiters wird in diesem Schritt auch der konkrete Informationsbedarf festgestellt. Unter Umständen kann hier eine Voruntersuchung vonnöten sein, um größere Klarheit über die zu untersuchenden Sachverhalte zu erhalten.¹³ Im folgenden Schritt soll das Untersuchungsdesign festgelegt werden. Darunter versteht man konkret welcher grundlegende Forschungsansatz gewählt wird, welche Informationsquellen und Erhebungsmethoden verwendet werden und welche Variablen mit welchen Methoden gemessen werden sollen. Beim Forschungsansatz unterscheidet man explorative, deskriptive und kausale Studien, welche man wählt, hängt vor allem von den Forschungszielen ab. Als Informationsquellen können sowohl Primär- als auch

¹³ Vgl. BEREKOVEN, L., ECKERT W., ELLENRIEDER P. (2009), S. 32

Sekundärquellen erschlossen werden. Die Entscheidung darüber bedarf der Abwägung zwischen zu erwartender Datenqualität einerseits und voraussichtlichem Kosten- und Zeitaufwand andererseits. Einerseits ist die Sekundärforschung in der Regel weniger zeit- und kostenintensiv, allerdings kann es sein, dass die gewonnenen Daten nicht den gewünschten Detaillierungsgrad aufweisen, weil sie zum Zweck der Beantwortung eines anderen Forschungsproblems erhoben wurden oder weil sie schlicht veraltet sind. Nachdem das Untersuchungsdesign festgelegt wurde, werden im darauffolgenden Schritt die gewünschten Daten mit den gewählten Methoden erhoben und aufbereitet, analysiert und interpretiert. Die erhaltenen Informationen bzw. die gewonnenen Erkenntnisse werden anschließend dokumentiert (z.B. in Form eines schriftlichen Berichts) und üblicherweise in Form einer Präsentation für die entsprechenden Personen (Auftraggeber) aufbereitet. Weiters können im Rahmen dieser Präsentation etwaige Missverständnisse und Unklarheiten bezüglich der Interpretation der Ergebnisse beseitigt werden. In einem letzten Schritt wird kontrolliert, ob die Forschungsziele auch erreicht wurden. Auch sei angemerkt, dass zwischen den einzelnen Schritten des beschriebenen Ablaufs Rückkoppelungen bestehen können und der Prozess in der Praxis unternehmens- oder problembedingten Modifizierungen unterliegen kann.¹⁴

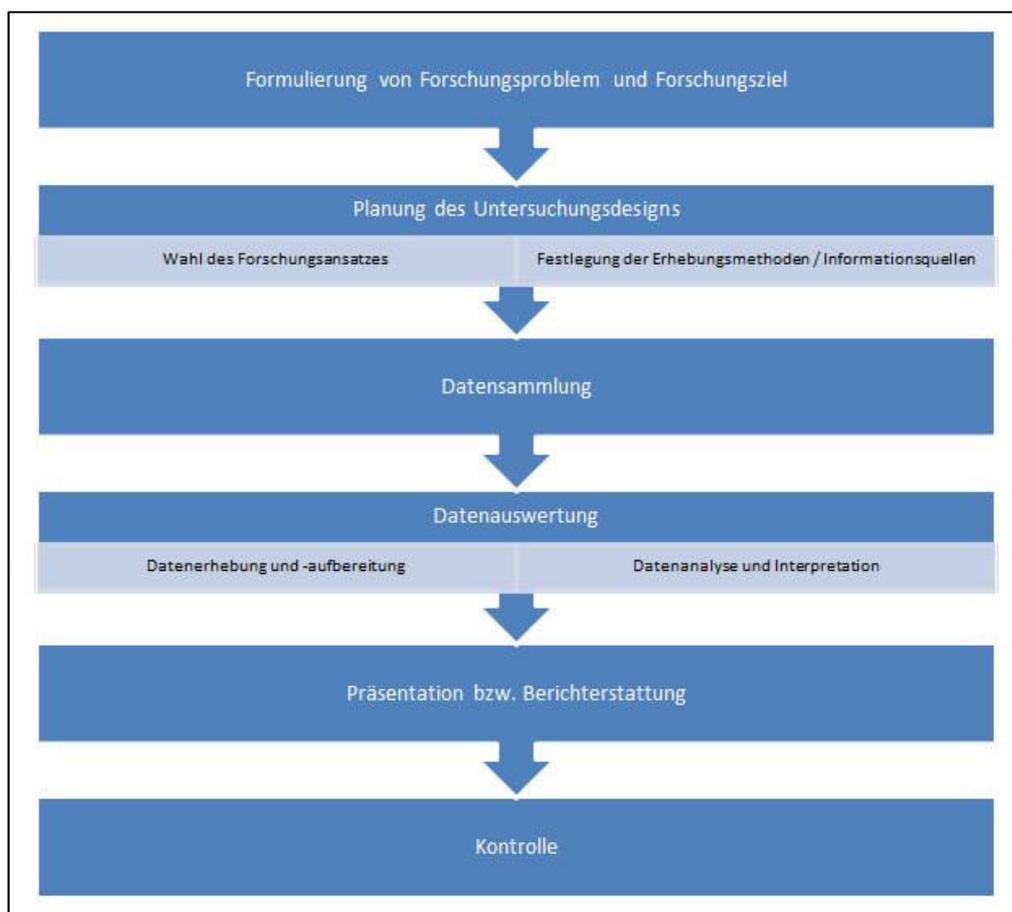


Abbildung 2: Typischer Prozess der Marktforschung¹⁵

¹⁴ Vgl. BEREKOVEN, L., ECKERT W., ELLENRIEDER P. (2009), S. 33

¹⁵ In Anlehnung an FANTAPIÉ ALTOBELLI, C. (2011), S. 16

Für die praktische Problemlösung wird vor allem auf die deskriptive Analyse von Sekundärdaten wie statistische Datenbanken, wissenschaftliche Artikel zu Gebäudebestand u. -alter, Art der Beheizung, Energieverbrauch u.Ä., zurückgegriffen.

2.2.1 Strategische Analyse des Absatzmarktes

Wie bereits erwähnt, kann Marktforschung in die Bereiche Beschaffungsmarktforschung, Absatzmarktforschung, Finanzmarktforschung und Arbeitsmarktforschung unterteilt werden. Dabei wird der Absatzmarktforschung meist die größte Bedeutung zugemessen. Den Absatzmarkt systematisch analysieren zu können ist die Segmentierung des Marktes meist sinnvoll.

Marktsegmentierung

Da die potenziellen Kunden des gesamten Absatzmarktes im Allgemeinen keine homogene Einheit bilden, sondern sich in vielerlei Hinsicht unterscheiden, ist es oft zweckmäßig, den Markt, d.h., die Menge der potenziellen Kunden, die den Markt bilden, in Kundengruppen zu unterteilen, zu segmentieren.¹⁶ Winkelmann (2006) definiert Marktsegmentierung folgendermaßen:¹⁷

„Marktsegmentierung umfasst alle Maßnahmen, um

- (1) Käufer mit gleichartigen oder zumindest ähnlichen Merkmalen und Verhaltenseigenschaften zu definierten Gruppen, den Marktsegmenten, zusammenzufassen (Clusterbildung),
- (2) Aus den Marktsegmenten Zielgruppen herauszufiltern
- (3) Und Marketing- und Vertriebsaktionen auf Zielkunden hin auszurichten.“

Die im ersten Punkt angesprochenen Merkmale und Verhaltenseigenschaften können auch Zielgruppenmerkmale genannt werden, diese können wie folgt unterteilt werden:

- Demographische Merkmale (Geschlecht, Alter, Herkunftsland, Wohnsituation, etc.)
- Sozialökonomische Merkmale (Haushaltsgröße, Beruf, Einkommen, etc.)
- Psychographische Merkmale (Persönlichkeit, Hobbys, Neigungen, Präferenzen, etc.)
- Merkmale des Kaufverhaltens (Einkaufszeiten, Konsumschwerpunkte, Markenbewusstsein, etc.)

Diese Liste kann im technischen Geschäft um betriebswirtschaftliche, rechtliche und technische Zielgruppenmerkmale erweitert werden.

¹⁶ Vgl. KOTLER, P., KELLER, K. L., BLIEMEL, F. (2007), S. 357

¹⁷ WINKELMANN, P., (2006), S. 18

Der Markt kann anhand nur eines oder durch die Kombination mehrerer Merkmale segmentiert werden, im ersteren Fall liegt einstufige Marktsegmentierung vor, den letzteren Fall nennt man mehrstufige Marktsegmentierung. Dabei kann die Segmentierung schrittweise (sukzessive Segmentierung) oder gleichzeitig (simultane Segmentierung) vorgenommen werden.¹⁸

Im Fall von Investitionsgütern und im konkreten Fall einer Mikro-KWK sind psychographische Merkmale weniger geeignet, auch die meisten demographischen Merkmale wie Geschlecht oder Alter eignen sich hier nicht für die Marktsegmentierung. Daher wird eine sukzessive Marktsegmentierung anhand anderer, geeigneter Kriterien vorgenommen, beginnend mit der geographischen Abgrenzung der Märkte. Das Resultat sind die nationalen Märkte der einzelnen Länder, die Teilmärkte. Durch weitere, schrittweise Unterteilung dieser Teilmärkte soll die Größe des möglichen Absatzmarktes für Mikro-KWKs erhoben werden.

Marktpotenzial, Marktvolumen und Marktanteil

Um mögliche Absatzzahlen für einen spezifischen Markt abschätzen zu können, wird oft der Begriff des Marktpotenzials verwendet. Gemäß Winkelmann (2006) umfasst das Marktpotenzial das gesamte mögliche Absatzvolumen (für ein Produkt oder eine Dienstleistung) auf diesem Markt, auch wenn es im Moment noch nicht ausgeschöpft wird, der Begriff des Marktvolumens beschreibt dagegen die Summe der aktuellen Absatzvolumina aller Wettbewerber, also die tatsächlich abgesetzte Menge. Die Differenz dazwischen wird als „freies Potenzial“ bezeichnet. Der Marktanteil (Gesamtmarktanteil) dagegen ist das Verhältnis des eigenen Absatzvolumens im Verhältnis zum Marktvolumen. Marktpotenziale und -volumina können Stück- oder auch in Umsatzzahlen gemessen werden, im zweiten Fall können zeitliche Preisschwankungen oder Preisunterschiede zwischen Mitbewerbern die Werte verfälschen.¹⁹

¹⁸ Vgl. PEPELS, W. (2007), S. 10f.

¹⁹ Vgl. WINKELMANN, P. (2006), S. 67

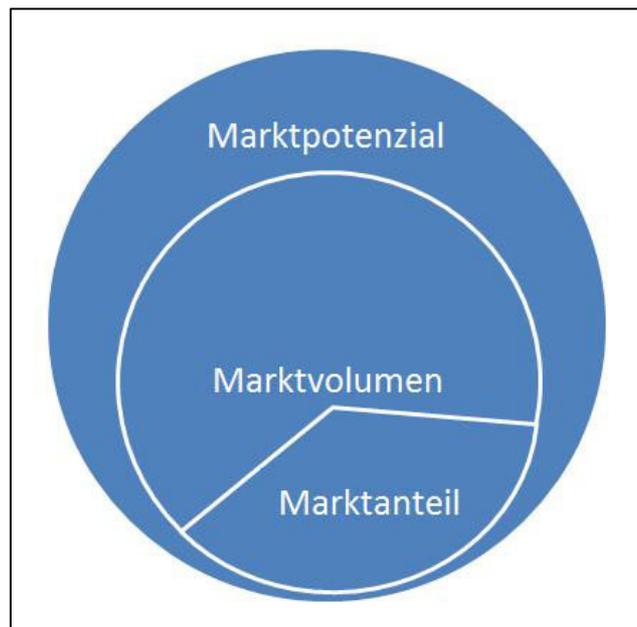


Abbildung 3: Marktpotenzial, Marktvolumen und Marktanteil²⁰

Im praktischen Teil der Arbeit wird das Marktpotenzial für eine pelletbefeuerte Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung erhoben, das Marktvolumen anhand vorliegender Daten abgeschätzt und ein möglicher Marktanteil abgeleitet. Anhand der so erhaltenen (prognostizierten) Verkaufszahlen wird dann die Wirtschaftlichkeitsanalyse aus Sicht des Unternehmens KWB durchgeführt.

Portfoliomethode:

Der mittlerweile vor allem bei größeren Unternehmen bestens etablierte Portfolio-Begriff gehört zu den sog. geschlossenen Planungsmethoden innerhalb der strategischen Planung eines Unternehmens. Die geschlossenen unterscheiden sich von den sog. offenen Planungsmethoden dadurch, dass sie nicht nur Leitlinien für Vorgehensweisen anbieten, sondern zugleich auch eine Lösung sowie Empfehlungen zu Maßnahmen liefern.²¹ Nach Winkelmann (2006) ist die Leitidee jene einer strategisch-ganzheitlichen Optimierung aller geschäftlichen Aktivitäten, durch zeichnen einer „Landkarte des Marktgeschehens“. Dabei werden sog. Planungseinheiten eines Unternehmens anhand zweier Größen/Indikatoren (je nach Portfoliomethode unterschiedlich) klassifiziert und in eine zweidimensionale Matrix eingetragen. Eine Planungseinheit (auch strategische Geschäftseinheiten, SGE, genannt) umfasst ein einzelnes oder mehrere verwandte Geschäftsfelder, für die getrennt vom Rest des Unternehmens eigene Planungen erstellt werden können.²² Eine der bekanntesten Portfoliomethoden ist das Marktattraktivitäts-Wettbewerbsstärke-Portfolio, das von General Electric in Zusammenarbeit mit McKinsey entwickelt wurde. Diese wird in Abbildung 4

²⁰ In Anlehnung an: WINKELMANN, P. (2006), S. 67

²¹ Vgl. WINKELMANN, P. (2006), S. 68

²² Vgl. KOTLER, P., KELLER, K. L., BLIEMEL, F. (2007), S. 96

schematisch dargestellt. Der auf die y-Achse aufgetragene Indikator „Marktattraktivität“ umfasst hier eine Vielzahl von Kriterien wie z.B. Marktgröße, Marktwachstum, Wettbewerbsintensität, etc., die Größe „Wettbewerbsstärke“ spiegelt die Position des Unternehmens im Wettbewerb wieder, hier werden ebenfalls mehrere Faktoren wie beispielsweise Marktanteil, Wachstum des Marktanteils, Markenimage, etc., berücksichtigt. Für beide Indikatoren kann unternehmensindividuell ein Kriterienkatalog angelegt werden, die einzelnen Kriterien werden anhand eines Punktesystems bewertet, weiters werden die Kriterien je nach Wichtigkeit und Einfluss, gewichtet.²³

Für jede Position einer SGE innerhalb der Matrix gibt es eine zugehörige Leitstrategie, auch Normstrategie genannt. Grob unterscheidet man drei Strategietypen:

1. Investitions- und Wachstumsstrategien (Felder der Mittelbindung)
2. Abschöpfungs- oder Desinvestitionsstrategien (Felder der Mittelfreisetzung) und
3. selektive Strategien

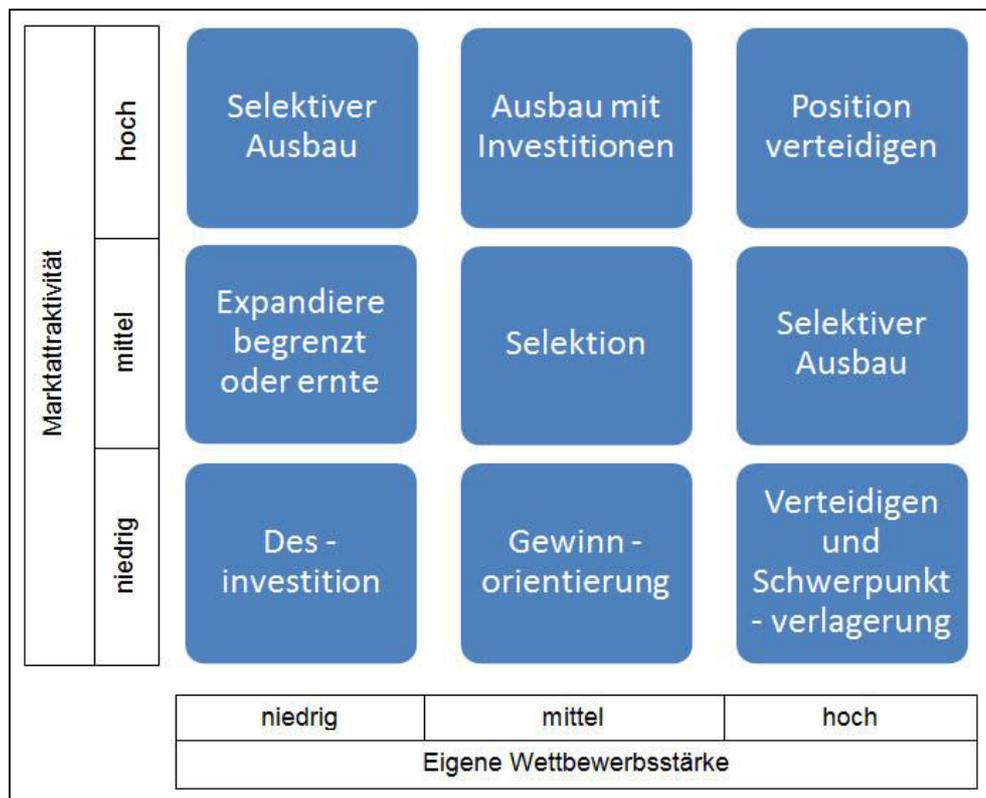


Abbildung 4: Marktattraktivitäts-Wettbewerbsstärke-Portfolio²⁴

In Abschnitt 3.2.3 wird das Marktattraktivitäts-Wettbewerbsstärke-Portfolio verwendet, um die verschiedenen europäischen Mikro-KWK-Märkte darzustellen, die konkrete Vorgehensweise im praktischen Fall wird dort beschrieben.

²³ Vgl. KOTLER, P., KELLER, K. L., BLIEMEL, F. (2007), S. 99 f.

²⁴ Eigene Darstellung, vgl. KOTLER, P., KELLER, K. L., BLIEMEL, F. (2007), S. 100

2.3 Theorie zu Wirtschaftlichkeitsanalysen

Der Begriff Wirtschaftlichkeit beschreibt im Allgemeinen die Effizienz im Sinne der Kosten-Nutzen-Relation, sie bezeichnet die Wirkungskraft der Handlungsweise bzw. die Leistungsfähigkeit des Mitteleinsatzes. Wirtschaftlichkeit wird als Verhältnis von Aufwand zu Ertrag ausgedrückt:²⁵

$$\text{Wirtschaftlichkeit} = \frac{\text{Ertrag}}{\text{Aufwand}} \cdot 100$$

Um nun diese Effizienz des Mitteleinsatzes einer Innovation prognostizieren und messen zu können, sind Wirtschaftlichkeitsanalysen erforderlich. In diesem Kapitel werden daher ausgewählte Methoden der Investitionsrechnung und der Kostenrechnung vorgestellt.

2.3.1 Investitionsrechnung

Die Investitionsrechnung ist ein Werkzeug der Investitionsplanung. Gegenstand der Investitionsplanung sind die Optimierung der Investitionsentscheidung, die Realisierung des Investitionsprojekts und die Kontrolle des Investitionsobjekts. Ihr kommt eine große Bedeutung zu, weil Investitionsentscheidungen i. d. R. mit hohem Kapitaleinsatz und langfristiger Kapitalbindung verbunden sind. Mit dem Versuch, die zukünftigen Folgen einer Investition abschätzen zu können, soll die Gefahr einer Fehlinvestition verringert werden.²⁶ Wöhe (2010) beschreibt die Aufgabe der Investitionsrechnung folgendermaßen:

„Die Investitionsrechnung hat die Aufgabe, die finanziellen Wirkungen einer geplanten Investition so zu prognostizieren und die dabei gewonnenen monetären Daten so zu verdichten, dass eine zielkonforme Investitionsentscheidung getroffen werden kann.“²⁷

Prinzipiell werden zwei Investitionsrechnungsmethoden unterschieden: dynamische und statische Verfahren. Bei den statischen Verfahren werden Kosten und Leistungen oder Aufwendungen und Erträge als Rechnungselemente verwendet, während bei den dynamischen Verfahren Ein- u. Auszahlungen als Rechnungselemente überwiegen. Ein weiterer Unterschied ist, dass bei dynamischen Verfahren im Gegensatz zu den statischen die zeitlichen Unterschiede im Anfall der Rechnungsgrößen berücksichtigt werden.²⁸ Abbildung 5 gibt einen Überblick über die verschiedenen Investitionsrechnungsverfahren.

²⁵ Vgl. EICHHORN, P. (2005), S. S 163-164

²⁶ Vgl. WÖHE, G., DÖRING, U., (2010), S. 524-525

²⁷ WÖHE, G., DÖRING, U., (2010), S. 527

²⁸ DÄUMLER, K.-D., (2003), S. 26

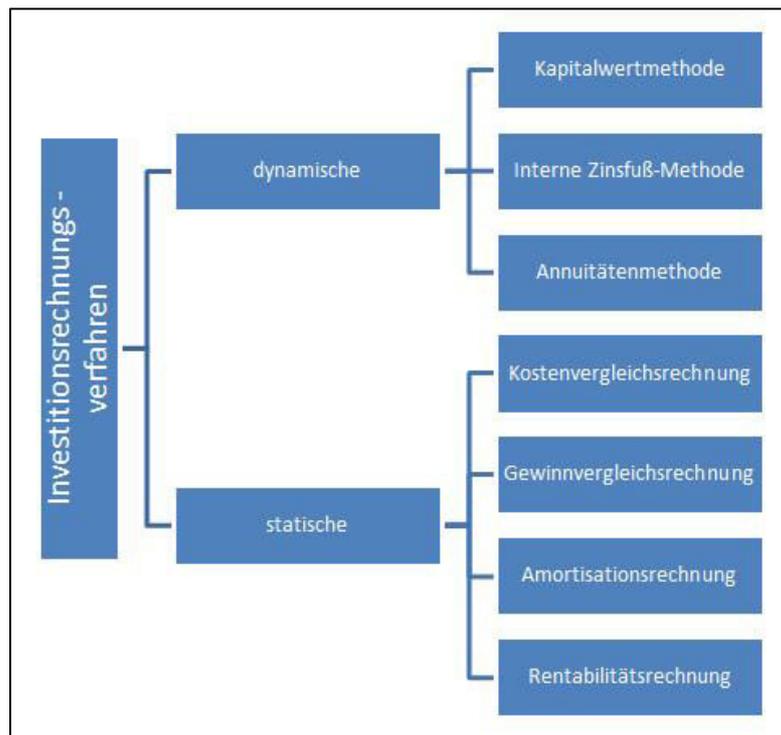


Abbildung 5: Überblick Investitionsrechnungsverfahren²⁹

Da im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur die Kapitalwertmethode und die Annuitätenmethode angewendet wurden, konzentrieren sich die folgenden Ausführungen ausschließlich auf diese Methoden.

Allgemeines zu den dynamischen Methoden der Investitionsrechnung

Wie bereits erwähnt, werden bei dynamischen Verfahren Ein- u. Auszahlungen, unter Berücksichtigung ihres Anfallszeitpunkts, als Rechnungselemente verwendet. Wird nun die Berechnung im Nachhinein zur Kontrolle des Investitionsobjekts durchgeführt, werden die tatsächlich realisierten Zahlungen verwendet. Wird die Investitionsrechnung jedoch vor der Investitionsentscheidung durchgeführt, müssen folgende Werte prognostiziert werden:³⁰

- die Anschaffungsauszahlung: I_0
- die Einzahlungen zum Zeitpunkt t : E_t
- die Auszahlungen zum Zeitpunkt t : A_t
- die Nutzungsdauer: n
- den Liquidationserlös der Anlage am Ende der Nutzungsdauer: L_n
- den kalkulatorischen Zinssatz: i

²⁹ In Anlehnung an: DÄUMLER, K.-D., (2003), S. 27

³⁰ Vgl. WÖHE, G., DÖRING, U., (2010), S. 536

Wie bereits erwähnt, berücksichtigen die dynamischen Investitionsrechnungsverfahren den Zeitpunkt des Anfalls der Ein- u. Auszahlungen. Durch Auf- und Abzinsen auf einen einheitlichen Zeitpunkt werden Zahlungen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen, vergleichbar gemacht.³¹

Kapitalwertmethode

Die Kapitalwertmethode ist das gängigste Verfahren zur Beurteilung von Investitionsobjekten. Die Entscheidungsvariable, der Kapitalwert C_0 , ergibt sich aus dem Barwert der dem Investitionsobjekt zurechenbaren Einzahlungen und Auszahlungen und errechnet sich nach folgender Formel:

$$C_0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n (E_t - A_t) \cdot (1+i)^{-t} + L_n(1+i)^{-n}$$

Wenn nun der berechnete Kapitalwert positiv ist, ist die Investition für den Investor vorteilhaft, ist er negativ, wird der Investor die Investition unterlassen, da sie ihm eine Verzinsung unter dem Wert des kalkulatorischen Zinssatzes bietet, bei $C_0 = 0$ ist er entscheidungsindifferent. Vergleicht man mehrere mögliche Investitionsobjekte, ist jenes mit dem größten Kapitalwert zu wählen.³²

Annuitätenmethode

Die Annuitätenmethode rechnet den auf t_0 bezogenen Betrag C_0 um in eine gleichbleibende nachschüssige Periodenzahlung a , die als Annuität (Rente) bezeichnet wird. Die Annuität wird mit Hilfe der Formel

$$a = C_0 \cdot \text{KWF}$$

mit

$$\text{KWF} = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

berechnet, wobei KWF den sog. Kapitalwiedergewinnungsfaktor bezeichnet.³³

Wird eine Einzelinvestition betrachtet, gilt die Investition als vorteilhaft wenn $a > 0$. Stehen mehrere Investitionsobjekte zur Auswahl, ist jene mit der höchsten Annuität zu wählen, insofern diese positiv ist. Rangentscheidungen nach der Annuitätenmethode, einheitliche Nutzungsdauer vorausgesetzt, führen zum gleichen Ergebnis wie die Kapitalwertmethode.³⁴

³¹ Vgl. WÖHE, G., DÖRING, U., (2010), S. 538

³² Vgl. DÄUMLER, K.-D., (2003), S. 75-76

³³ Vgl. DÄUMLER, K.-D. (2003), S. 155

³⁴ Vgl. WÖHE, G., DÖRING, U. (2010), S. 546

Dynamische Amortisationsrechnung

Als zusätzliches Entscheidungskriterium bei Investitionen wird oft auch die Amortisationszeit herangezogen. Allgemein formuliert ist die Amortisationszeit die Zeitdauer (in Jahren angegeben), die man benötigt, um den Kapitaleinsatz einer Investition (Anschaffungskosten, ggf. um den Restwert vermindert) aus den Rückflüssen (Nettoeinzahlungen, in anderen Worten Einnahmeüberschüssen) wiederzugewinnen.³⁵ Sie sollte jedoch nicht als alleiniges Entscheidungskriterium bei Investitionen herangezogen werden, da eine Investition trotz längerer Amortisationsdauer vorteilhafter sein kann als eine Alternative mit kürzerer Amortisationszeit. Außerdem birgt die ausschließliche Anwendung dieser Methode die Gefahr, kurzfristige Investitionen gegenüber langfristigen zu bevorzugen.³⁶

Bei der dynamischen Investitionsrechnung ist der Amortisationszeitraum „... als derjenige [Zeitraum, Anm. d. Verf.] definiert, innerhalb dessen sich das in Höhe des Kalkulationszinssatzes verzinste ursprünglich eingesetzte Kapital durch entsprechende Rückflüsse wiedergewonnen wird.“³⁷

Dieser Zeitraum ist mathematisch wie folgt definiert:

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{E_t - A_t}{(1+i)^t}$$

Praktisch wird die dynamische Amortisationszeit im Kumulationsverfahren ermittelt. Dabei werden die Barwerte der Rückflüsse solange kumuliert, bis sie den ursprünglichen Kapitaleinsatz vollständig abdecken.³⁸

Im praktischen Teil der vorliegenden Arbeit wird die Wirtschaftlichkeit der zu untersuchenden Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung mit Hilfe der beschriebenen Methoden untersucht, zum einen wird mit Hilfe der dynamischen Amortisationsrechnung untersucht, ob sich die Mehrinvestition einer Mikro-KWK gegenüber einer reinen Pelletheizung lohnt, zum anderen wird die Wirtschaftlichkeit dieser Mikro-KWK gegenüber anderen, mit fossilen Brennstoffen betriebenen Konkurrenz-KWKs mit Hilfe der Kapitalwertmethode untersucht. Zusätzlich, um die anfallenden Kosten in Form jährlicher Durchschnittskosten darzustellen, wird für beide Fälle auch die Annuitätenmethode angewandt.

³⁵ Vgl. DÄUMLER, K.-D. (2003), S. 189

³⁶ Vgl. DÄUMLER, K.-D. (2003), S. 195-196

³⁷ BESTMANN, U. et al. (2001), S. 449

³⁸ Vgl. BESTMANN, U. et al. (2001), S. 449

2.3.2 Kostenrechnung

Die Kostenrechnung kann als ein Informationssystem des betrieblichen Rechnungswesens aufgefasst werden, das drei Grundfunktionen umfasst.³⁹

- Ermittlungs- u. Dokumentationsfunktion
- Prognose- u. Planungsfunktion
- Kontrollfunktion

Neben der Ermittlung und Kontrolle der Kosten und des Erfolges (Ermittlungs- u. Kontrollfunktion) wird der Prognose- u. Planungsfunktion der Kostenrechnung steigende Bedeutung zugeschrieben. Die Kostenrechnung soll durch den Ausbau zur Planungsrechnung ausreichende Informationen für den betrieblichen Entscheidungsprozess liefern.⁴⁰ Die Rechenelemente der Kostenrechnung sind die Kategorien Kosten und Leistungen, wobei unter Kosten der in Geldeinheiten bewertete Güter- und Dienstleistungsverzehr zur Erstellung und Verwertung (Absatz) betrieblicher Leistungen zu verstehen ist. Der Begriff Leistung umfasst diejenigen, ebenfalls bewerteten, von einem Unternehmen geschaffenen Problemlösungen (Sachgüter und Dienstleistungen), deren Erzeugung dem Betriebszweck entspricht.⁴¹

Gemäß Bestmann (2001) sollte die Kostenrechnung so gestaltet sein, dass sie die für die unternehmerischen Entscheidungsprozesse erforderlichen Kosteninformationen liefern kann. Dabei kann man grob zwischen Vollkostenrechnung und Teilkostenrechnungsverfahren unterscheiden. Bezüglich Kostenbegriff und Kostenerfassung unterscheiden sich diese beiden Rechnungsarten nicht, jedoch sehr wohl bei der Verteilung bzw. Zurechnung der Kosten auf die Kostenträger. Bei der Vollkostenrechnung werden sämtliche Kosten (also auch Gemein- und Fixkosten), die im Unternehmen anfallen, in ihrer vollen Höhe auf die Kostenträger verteilt, was in mehrfacher Weise gegen das Verursachungsprinzip verstößt. Die Teilkostenrechnung beruht dagegen auf der Überlegung, dass den Kostenträgern nur Teile der Gesamtkosten zugeordnet werden können, die verbleibenden Kosten, müssen letztlich aus den Erlösen aller Produkte gedeckt werden. Entscheidend für die Beurteilung eines Kostenträgers ist daher sein Deckungsbeitrag, der, solange positiv, zur Deckung der Fixkosten und daher zur Verbesserung des Betriebsergebnisses beiträgt.⁴² Während die einstufige Deckungsbeitragsrechnung die gesamten Fixkosten eines Unternehmens als homogenen Block behandelt, gibt die mehrstufige Deckungsbeitragsrechnung mit ihrem stufenweisen Aufbau die Möglichkeit zur differenzierten Beurteilung von Produktions- oder Innovationsalternativen. Dabei wird der Fixkostenblock folgendermaßen aufgespalten:⁴³

³⁹ Vgl. BESTMANN, U. et al. (2001), S. 597 f.

⁴⁰ Vgl. BESTMANN, U. et al. (2001), S. 599

⁴¹ Vgl. BESTMANN, U. et al. (2001), S. 606 ff.

⁴² Vgl. BESTMANN, U. et al. (2001), S. 641 ff.

⁴³ Vgl. WÖHE, G., DÖRING, U. (2010), S. 985 f.

1. Produkt-Fixkosten:
Werden von einer Produktart verursacht und können dieser zugeordnet werden (z.B. Abschreibungen für produktspezifische Spezialmaschinen)
2. Produktgruppen-Fixkosten:
Werden von einer Erzeugnisgruppe verursacht (z.B. Abschreibung für entsprechende Lagerhalle)
3. Bereichs-Fixkosten:
Gemeinsame Fixkosten eines Bereichs (z.B. Forschungs- und Entwicklungskosten in der Pharmasparte eines Chemie-Konzerns)
4. Unternehmens-Fixkosten: Restfixkosten, die sich den unteren Hierarchieebenen eines Unternehmens nicht zuordnen lassen (z.B. Personalkosten der Unternehmensleitung)

Mehrstufige Deckungsbeitragsrechnung						
Unternehmensbereiche	X		Y			Insgesamt
Produktgruppen	I		II	III		
Produktarten	1	2	3	4	5	
Umsatzerlöse						
-variable Kosten Produktart						
Deckungsbeitrag I						
-fixe Kosten Produktart						
Deckungsbeitrag II						
-fixe Kosten Produktgruppe						
Deckungsbeitrag III						
-fixe Kosten U.-bereich						
Deckungsbeitrag IV						
-fixe Kosten Unternehmen						
Betriebsergebnis						

Tabelle 2: Aufbau der mehrstufigen Deckungsbeitragsrechnung⁴⁴

Der prinzipielle Aufbau der mehrstufigen Deckungsbeitragsrechnung wird in Tabelle 2 gezeigt. Die Aufspaltung der Fixkosten und die Einführung der verschiedenen Deckungsbeiträge liefern einen höheren Informationsgehalt im Vergleich zur einstufigen Deckungsbeitragsrechnung, es kann genauer abgeleitet werden, an welcher Stelle Maßnahmen ergriffen werden müssen, um das Betriebsergebnis zu verbessern.⁴⁵ Die Teilkostenrechnung kann besonders in wirtschaftlich schwierigen Zeiten wertvolle

⁴⁴ In Anlehnung an WÖHE, G., DÖRING, U. (2010), S. 985

⁴⁵ Vgl. FRIEDL, B. (2010), S. 331

Informationen liefern, da sich mit ihr Preisuntergrenzen für einzelne Produkte bestimmen lassen.⁴⁶

Break-Even-Analyse:

Die Entwicklung und Markteinführung neuer Produkte verursacht in einem Unternehmen hohe Kosten. Daher ist abzuwägen, ob die zu erwartenden Erlöse diese Kosten übersteigen. Die große Schwierigkeit dabei liegt darin, die Absatzmengen mit ausreichender Sicherheit zu schätzen. Oft ist es einfacher, abzuschätzen, ob eine gewisse Mindestabsatzmenge erreicht werden kann oder nicht. Ab welcher Absatzmenge die Erlöse des Produktes deren verursachte Kosten übersteigen, wird mit der Break-Even-Analyse errechnet, sie gibt damit also an, ab welcher Stückzahl Überschüsse erwirtschaftet werden.

Dabei werden die Gesamtkosten aus der Summe der fixen und variablen Kosten berechnet, die Erlöse ergeben sich aus der Multiplikation von Menge und dem durchschnittlichen erwarteten Verkaufspreis. Subtrahiert man vom Erlös einer verkauften Einheit die von ihr verursachten variablen Kosten, erhält man den Deckungsbeitrag dieser verkauften Einheit. Wie viel Einheiten verkauft werden müssen, damit der Deckungsbeitrag die gesamten Fixkosten abdeckt, wird mit der Formel

$$x_{BE} = \frac{K_f}{p - k_v}$$

berechnet, wobei x_{BE} der Break-Even-Stückzahl, K_f den Fixkosten, p dem Preis und k_v den variablen Kosten entspricht.⁴⁷

Kritisch zu bewerten sind die Prämissen der Break-Even-Analyse, zum einen wird unterstellt, dass die Produktion dem Absatz entspricht (keine Lagerhaltung) und die variablen Kosten linear mit der Absatzmenge steigen. Darüber hinaus finden sprungfixe Kosten keine Berücksichtigung.⁴⁸

Die Vorteile der Break-Even-Analyse liegen in ihrer Einfachheit und Verständlichkeit, allerdings verführt die Einfachheit der Datenbeschaffung zu schnellen und wenig differenzierten Schätzungen, dabei hängt das Ergebnis der Analyse jedoch von der Qualität der Daten ab.⁴⁹

⁴⁶ Vgl. BESTMANN, U. et al. (2001), S. 654

⁴⁷ Vgl. BLEIBER, R. (2007), S. 110 f.

⁴⁸ Vgl. EICHHORN, P. (2005), S. 332

⁴⁹ Vgl. BLEIBER, R. (2007), S. 113

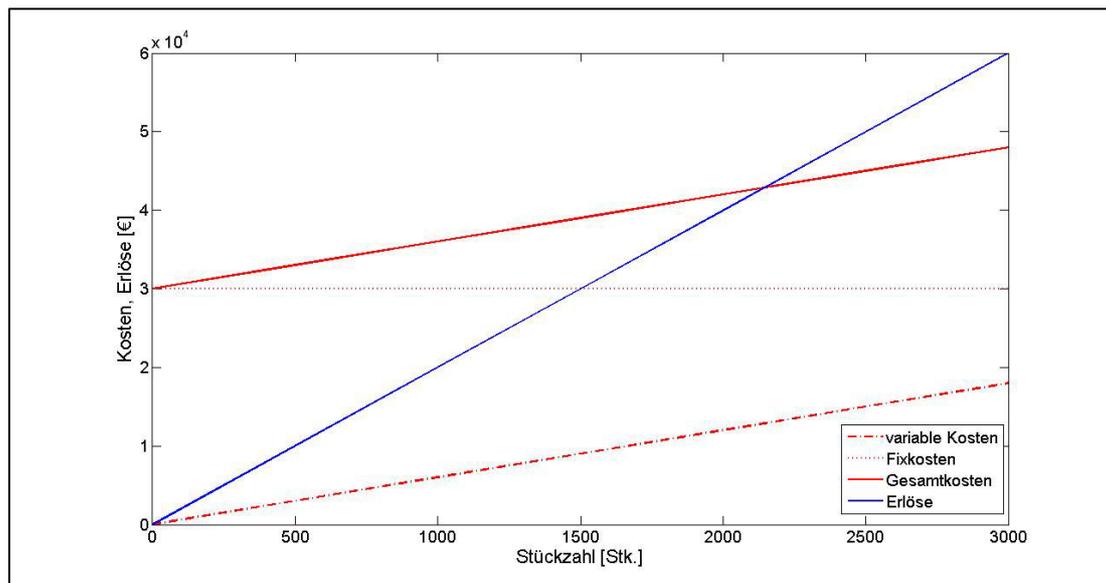
Abbildung 6: Break-Even-Analyse graphisch⁵⁰

Abbildung 6 illustriert die Break-Even-Analyse, die x-Achse beschreibt die Stückzahl, während Kosten und Erlöse auf der Ordinatennachse aufgetragen werden. An der Stelle, an der sich die Erlös- mit der Gesamtkostenkurve schneiden, liegt der Break-Even-Punkt.

Im praktischen Teil dieser Arbeit wird eine Break-Even-Analyse für das zu entwickelnde Produkt durchgeführt, um die Mindestabsatzstückzahl zu einem bestimmten Preis zu bestimmen, allerdings werden dort sämtliche im Produktlebenszyklus auftretende Kosten und Erlöse des Produkts sowie deren Struktur des zeitlichen Anfallens (durch Auf- und Abzinsen) berücksichtigt, was die Ermittlung des Break-Even-Punkts nach der oben gezeigten Formel unmöglich macht. Jedoch bleiben die Grundüberlegungen zur Break-Even-Analyse auch trotz der mathematisch anders durchgeführten Berechnung bestehen.

⁵⁰ Eigene Darstellung, in Anlehnung an SELCHERT, F. W. (2002), S. 293

3 Praktische Problemlösung

Dieser Abschnitt gibt zuerst eine allgemeine Einführung zu Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungssystemen mit einer kurzen Erläuterung des Funktionsprinzips und verschiedenen Arten der Ausführung. Danach wird die Produktidee einer pelletbefeuerten Mikro-KWK, welche im Rahmen dieser Arbeit bearbeitet werden soll, genauer vorgestellt. Im Rahmen einer Marktanalyse (Abschnitt 3.2) werden zum einen direkte und indirekte Mitbewerberprodukte erfasst, zum anderen werden die Absatzmärkte des Unternehmens KWB durchleuchtet. Dabei wird der Absatzmarkt zuerst segmentiert, analysiert und die für KWK-Anwendungen attraktivsten europäischen Märkte herausgefiltert. Im Rahmen einer Detailanalyse des deutschen KWK-Marktes werden danach Marktpotenzial und Marktvolumen erhoben und durch Ableitung eines möglichen Marktanteils von KWB eine Absatzstückzahl geschätzt. Die Wirtschaftlichkeit für den Endkunden wird in Abschnitt 3.3 erforscht, auf Basis der Ergebnisse wird anschließend beschrieben, welche Eigenschaften die Mikro-KWK besitzen muss, um dem Endkunden aus wirtschaftlicher Sicht Nutzen zu bieten. Abschnitt 3.4 evaluiert die wirtschaftliche Erfolgsaussicht einer Produktentwicklung und Markteinführung auf Basis der prognostizierten Absatzstückzahlen, die Erkenntnisse und Resultate der Arbeit werden schließlich in Form einer Handlungsempfehlung an die Geschäftsführung von KWB in Abschnitt 3.5 zusammengefasst.

3.1 Einführung Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungssysteme

Der Begriff Kraft-Wärme-Kopplung (manchmal auch Wärme-Kraft-Kopplung genannt) beschreibt die gleichzeitige Gewinnung von elektrischer Energie und nutzbarer thermischer Energie, die üblicherweise zum Zwecke der Heizung von Gebäuden verwendet wird. Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungssysteme decken den kleinsten Leistungsbereich innerhalb der KWK-Systeme ab. Es gibt keine einheitliche Definition, ab welcher Leistungsgrenze von Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungssystemen zu sprechen ist. Man verwendet zur Abgrenzung maximale erzeugte Leistung des KWK-Systems, die Spanne der Leistungsabgrenzungen verschiedener Literaturstellen liegt jedoch zwischen 1 und 50 kW_{el}.⁵¹ Einen Anhaltspunkt liefert der Titel der „Liste der förderfähigen KWK-Anlagen bis einschließlich 20kW_{el}“ deutschen Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), hier wird der angesprochene Leistungsbereich als Mini-KWK bezeichnet.⁵² Diese Abgrenzung von Mini- zu Mikro-KWKs impliziert, dass das Leistungssegment von Mikro-KWKs nach dem Verständnis der BAFA noch niedriger anzusetzen ist. Man kann unter Mikro-KWKs auch einfach jene KWK-Systeme verstehen, deren Einsatz in durchschnittlichen Ein- und Mehrfamilienhäusern technisch sinnvoll ist und sie somit von Mini-KWKs (die Leistungsklasse bis 20 kW_{el}), die für deutlich größere Gebäude konzipiert und ausgelegt sind, abgrenzen. In diesem Zusammenhang wird als Richtwert eine Leistung von 1-2 kW_{el}

⁵¹ Vgl. ENERGY ECONOMICS GROUP, TU Wien (2010), S. 31 f.

⁵² Vgl. BUNDESAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE (2012), Titelblatt

genannt.⁵³ Für diese Diplomarbeit wurde als Abgrenzungskriterium eine maximale Leistung von 5 kW_{el} definiert, diese Definition wird in dieser Arbeit durchgehend verwendet.

Allen Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungssystemen ist gemein, dass sie gleichzeitig Nutzwärme und Strom erzeugen, man könnte sie salopp als „stromerzeugende Heizung“ bezeichnen. Durch die gleichzeitige Gewinnung von thermischer und elektrischer Energie sind sehr hohe Gesamtwirkungsgrade möglich, die gegenüber der getrennten erhebliche Primärenergieeinsparungen ermöglichen. Gegenüber einem Referenzsystem für die getrennte Erzeugung, dargestellt durch die neueste (effizienteste) Technik sowohl im Kraftwerks- als auch im Heizungsbereich, wurde eine 17,9 %ige Primärenergieeinsparung ermittelt. In einem anderen Vergleich wurden die CO₂-Emissionseinsparungen gemessen, (als Referenzsystem der Stromerzeugung diente hier der deutschlandweite Strommix, als Referenzsystem der Heizung der Heizungsbestand) wurde je nach untersuchtem Mikro-KWK-System Einsparungen zwischen 22 und 31 % gemessen.⁵⁴ Nachdem private Haushalte in etwa ein Viertel der Endenergienutzung Deutschlands ausmachen, wovon der überwiegende Teil für die Bereitstellung von Raumwärme (ca. 71 %) und die Warmwasserbereitung (ca. 12 %) verwendet wird⁵⁵, sind die Einsparpotenziale schon allein im Wohnsektor enorm.

KWK-Systemen insgesamt wird eine große Bedeutung im Zuge der sog. Energiewende zugemessen, so hat sich das deutsche Umweltministerium zum Ziel gesetzt, den Stromanteil aus KWK-Anlagen (sämtliche Leistungsklassen zusammen) an der Gesamtstromproduktion bis zum Jahr 2020 auf 25 % zu erhöhen, dies entspricht einer Verdoppelung des jetzigen Anteils.⁵⁶ Auch wird intensiv daran geforscht, inwiefern man eine große Anzahl an Mikro-KWK-Anlagen fernsteuern könnte, sodass diese wie ein sog. virtuelles Kraftwerk wirken, ein Konzept dezentraler Stromerzeugung.⁵⁷

Abbildung 7 zeigt, wie ein Mikro-KWK-System in einem Haushalt genutzt werden kann. Die abgebildete Mikro-KWK (hier als „Strom erzeugende Heizung“ bezeichnet) wird in der Grafik mit Erdgas befeuert, das Prinzip ist aber unabhängig von der Art des Brennstoffs für alle Mikro-KWKs dasselbe. Die vom Gerät erzeugte Wärme wird für Raumheizung und Warmwasseraufbereitung verwendet, der dabei erzeugte Strom kann entweder zur Eigenverbrauchsdeckung verwendet werden oder, wenn kein Eigenstromverbrauch anfällt oder die Stromproduktion des KWKs den Eigenstrombedarf übersteigt, gegen Entgelt ins öffentliche Netz eingespeist werden. Im letzteren Fall kann der KWK-Betreiber den eingespeisten Strom verkaufen, in Deutschland ist das jeweilige Energieversorgungsunternehmen sogar gesetzlich zur Stromabnahme und –vergütung verpflichtet⁵⁸.

⁵³ Vgl. REUTLINGEN RESEARCH INSTITUTE (2012), S. 3

⁵⁴ Vgl. VON ROON, S. (2009), S. 5 f.

⁵⁵ Vgl. ENERGIEINNOVATION (2012), S. 2

⁵⁶ Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2012), S. 18

⁵⁷ Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2012), S. 23

⁵⁸ Vgl. § 4 Abs. 1 und 2 KWKG. (2012)

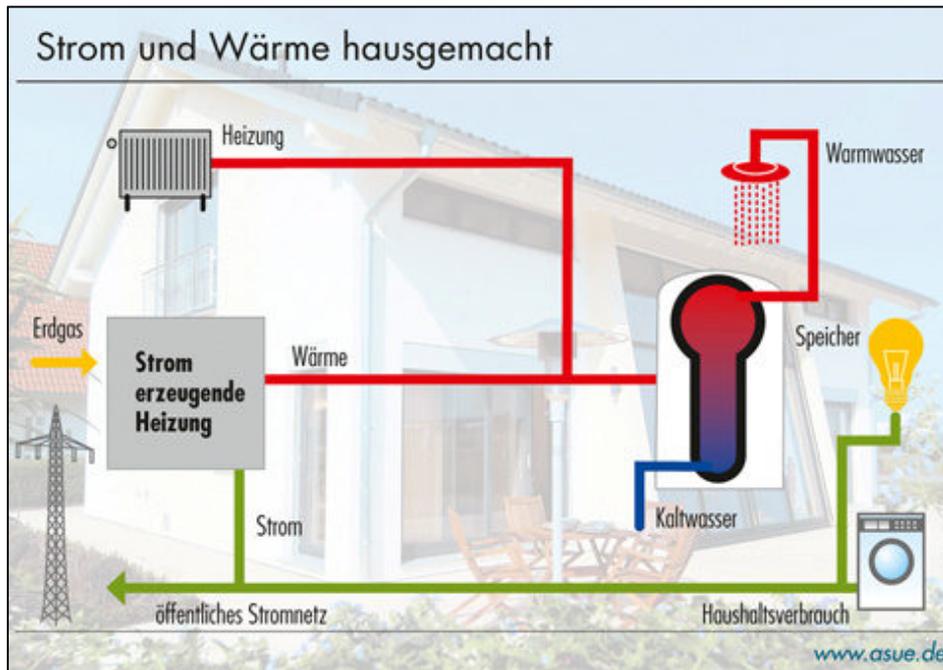


Abbildung 7: Anwendung einer Mikro-KWK in einem Haushalt⁵⁹

Für Mikro-KWK-Systeme besteht außerdem die Möglichkeit, Förderungen und Investitionszuschüsse seitens des Staates zu erhalten. Diese umfassen einerseits Einspeiseförderungen, andererseits Investitionszuschüsse bei der Anschaffung des Geräts. Diese Fördermaßnahmen, die zur schnellen Markt-Diffusion von Mikro-KWK-Anlagen beitragen sollen, gibt es in jedem Land der EU, allerdings gibt es große Unterschiede in Art und Höhe der Förderung, teilweise gibt es sogar innerhalb eines Landes regionale Unterschiede. Bei den geförderten Einspeisetarifen bekommt der Betreiber der Mikro-KWK für eingespeiste elektrische Energie entweder eine gesetzlich festgelegte Vergütung pro Kilowattstunde oder eine Bonuszahlung (ebenfalls pro Kilowattstunde), die zum ausgehandelten Verkaufspreis mit dem zuständigen Energieversorgungsunternehmen hinzuaddiert wird. In manchen Ländern werden anstelle oder auch zusätzlich dazu noch Anreize in Form von Investitionszuschüssen gewährt.

Der große Vorteil von Mikro-KWKs gegenüber konventionellen Heizsystemen liegt in der Möglichkeit der zusätzlichen Stromerzeugung und der damit einhergehenden Steigerung der Energieeffizienz, jedoch ist der Betrieb nur dann sinnvoll, wenn die anfallende Wärme auch genutzt werden kann. Ohne Wärmebedarf ist die Erzeugung von Strom mit Mikro-KWKs aus wirtschaftlicher Sicht sinnlos, da, bedingt durch den geringen elektrischen Wirkungsgrad, die Kosten der Stromerzeugung pro Kilowattstunde höher sind als die zu erwartenden Erlöse oder Einsparungen. Daher kann nur in dem Ausmaß Strom erzeugt werden, in dem auch die anfallende Wärme sinnvoll genutzt werden kann.

Mikro-KWKs können prinzipiell in jedem Gebäude, in dem Wärmebedarf anfällt, betrieben werden, für wirtschaftlich sinnvollen Betrieb sind jedoch infolge der derzeitigen Investitionskosten hohe Laufzeiten (als Faustformel wird u.a. die Zahl 5000 Stunden jährlich

⁵⁹ ASUE WEBPAGE

genannt)⁶⁰ vonnöten, daher eignen sie sich vor allem für Gebäude mit relativ hohem Wärmebedarf, also entweder in thermisch schlecht isolierten Altbauten oder aber größeren Gebäuden innerhalb ihres Leistungsbereichs. Es gilt als Faustformel: Je länger das Gerät in Betrieb ist und Strom erzeugt (der dann verkauft oder selbst genutzt werden kann), desto wirtschaftlicher für den Betreiber.⁶⁰ In den kälteren Monaten wird der Großteil der Wärme für die Heizung der Räumlichkeiten gebraucht, während in den Sommermonaten im Normalfall nur Wärmebedarf für die Warmwasseraufbereitung anfällt. Viele Geräte werden so ausgelegt, dass sie nur die Grundlast des Wärmebedarfs abdecken, um eine möglichst hohe Anzahl an Betriebsstunden zu erreichen, der darüber hinaus anfallende Wärmebedarf (Bedarfsspitzen) wird mit einem Spitzenlastkessel abgedeckt.

Durch die Nutzung eines Heizwasserspeichers (Pufferspeicher) können (Wärme-) Nachfrageschwankungen bis zu einem gewissen Grad aufgefangen werden, dies verhindert auch den schnelleren Verschleiß von Teilen durch häufige Ein- und Ausschaltvorgänge. Außerdem kann durch diesen Pufferspeicher der Wärme- und Stromverbrauch zeitlich entkoppelt werden, was die Möglichkeit bietet, Strom zu den Zeitpunkten zu erzeugen, an denen auch Eigenstrombedarf anfällt (oder zu den Zeiten, in denen der eingespeiste Strom besser vergütet wird).⁶¹ Dies ist besonders aus wirtschaftlicher Sicht reizvoll, da, wie auch in dieser Arbeit gezeigt wird, die Eigenbedarfsdeckung für den wirtschaftlichen Betrieb einen entscheidenden Faktor darstellt. Zusätzlich besteht prinzipiell auch die Möglichkeit, Mikro-KWKs mit einer Absorptionskälteanlage zu kombinieren, man spricht in diesem Fall von Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung. Dadurch besteht die Möglichkeit, entsprechenden Kühlbedarf vorausgesetzt, die Auslastung der Anlage vor allem in den Sommermonaten zu steigern.⁶²

3.1.1 Wichtige technische Parameter und Begriffe bei Mikro-KWKs

Nachfolgend werden einige Begriffe, die in dieser Arbeit verwendet werden, kurz vorgestellt. Die Definitionen dafür wurden der VDI-Richtlinie 4656 „Planung und Dimensionierung von Mikro-KWK-Anlagen“ entnommen.⁶³

Brennstoffleistung:

Die Brennstoffleistung bezeichnet die der Anlage in Form von Brennstoff zugeführte Energie pro Zeiteinheit.

Elektrischer, thermischer Wirkungsgrad, Gesamtwirkungsgrad:

Der thermische Wirkungsgrad ist das Verhältnis der erzeugten thermischen Nutzwärmeleistung zur Brennstoffleistung, analog dazu ist der elektrische Wirkungsgrad das Verhältnis der erzeugten elektrischen Leistung zur Brennstoffleistung der Gesamtanlage. Weiters ist der elektrische Netto-Wirkungsgrad das Verhältnis aus erzeugter elektrischer

⁶⁰ Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2005), S. 20

⁶¹ Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2005), S. 28

⁶² Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2005), S. 20

⁶³ VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2011), S. 3 f.

Leistung nach Abzug des Eigenstrombedarfs des Mikro-KWK-Systems zur Brennstoffleistung.

Der Gesamtwirkungsgrad errechnet sich schließlich aus der Summe von thermischem und elektrischem Wirkungsgrad des Mikro-KWK-Geräts.

Modulierendes KWK-Gerät:

Bezeichnet ein Gerät, in dem die Möglichkeit gegeben ist, die elektrische und thermische Leistungsabgabe der elektrischen oder (eher der Regelfall) thermischen Last anzupassen, in anderen Worten, ein Gerät, dass seine Wärmeabgabe im Betrieb reduzieren kann, dabei sinkt allerdings in aller Regel auch die produzierte elektrische Leistung.

3.1.2 Mikro-KWK Technologien

Wie bereits erwähnt, ist allen Kraft-Wärme-Kopplungssystemen gemein, dass sie Nutzwärme und Strom erzeugen, jedoch gibt es in Bezug auf die Funktionsweise und den Aufbau große Unterschiede. Prinzipiell stehen die folgenden Mikro-KWK Technologien zur Verfügung:

- Verbrennungsmotor
- Mikrogasturbine
- Stirling-Motor
- Dampfmotor
- ORC-Prozess
- Brennstoffzelle

Die Verbrennungsmotortechnologie ist durch die jahrelange Entwicklung in der Automobilindustrie ausgereift und auch als stationäre Anlage zur Energieumwandlung weit verbreitet (Dieselaggregat). Bei der Anwendung als Kraft-Wärme-Kopplung wird mit Hilfe von Wärmetauschern (auch Abgas- und Schmierölwärmetauschern) die thermische Energie des Verbrennungsmotors nutzbar gemacht, der Motor selbst treibt einen Generator an, der den gewünschten Strom erzeugt. Durch die Nähe zum Automobilsektor liegen für diese Technologie auch Erfahrungen im Bereich der Lebensdauer und Wartung vor.⁶⁴ Ein Nachteil dieser Technologie ist die Lärmentwicklung, auch wenn diese durch entsprechende Dämmung möglichst in Grenzen gehalten wird. Der Vorteil dieses Aufbaus gegenüber externen Motoren wie der Stirling- oder der Dampfmotortechnologie ist jedoch, dass der elektrische Wirkungsgrad deutlich höher ist, man kann also bei gleicher Wärmeproduktion mehr elektrischen Strom erzeugen (dies wird durch die Stromkennzahl, das Verhältnis von produzierter elektrischer Leistung zur Wärmeleistung, ausgedrückt).

Stirling- und Dampfmotortechnologien haben dagegen einen prinzipiell anderen Aufbau: In diesem Fall handelt es sich meist um eine Heizungsanlage im klassischen Sinn, an die ein zusätzliches Element, der Motor, gekoppelt ist, welcher mit Hilfe der thermischen Energie

⁶⁴ Vgl. ENERGY ECONOMICS GROUP, TU Wien (2010), S. 40

angetrieben wird. Diese Technologie kann als marktreif bezeichnet werden, jedoch sind Dampfmaschinen im Gegensatz zu Verbrennungsmotoren im KWK-Bereich bisher wenig verbreitet.

Ebenso wie Dampfmaschinen können Stirlingmotoren prinzipiell von jeder Wärmequelle angetrieben werden, jedoch überwiegen bisher gasbetriebene Varianten (alle vier Stirling-KWKs, die auf der Liste der förderfähigen Geräte der BAFA enthalten sind, sind allesamt gasbetrieben, siehe Tabelle 3).

Bei KWK-Anlagen mit ORC-Prozess erschwert die mit der geringen Temperatur der Antriebswärme verbundene Abnahme des Wirkungsgrades den möglichen Markteintritt, der genaue Marktstatus der einzigen gefundenen Mikro-KWK mit dieser Technologie ist unklar.⁶⁴ Für die Mikrogasturbinentechnologie wurden ebenfalls keine Produkte im Leistungsbereich unter 5 kW_{el} am Markt gefunden.

Brennstoffzellen unterscheiden sich zu den bisher vorgestellten Technologien dadurch, dass sie elektrische Energie ohne den Zwischenschritt der Umwandlung in mechanische Energie gewinnen können. Weiters besitzen sie aufgrund ihrer vergleichsweise hohen Stromkennzahl den Vorteil, elektrische Energie auch bei gleichzeitiger geringer Wärmeproduktion liefern zu können (ermöglicht längere Laufzeiten auch bei geringem Wärmebedarf).⁶⁵ Jedoch sind die Anschaffungskosten für ein derartiges System derzeit noch sehr hoch, es wurden bei der Recherche aber schon drei am europäischen Markt verfügbare Geräte gefunden. In Japan sind Mikro-KWKs auf Brennstoffzellenbasis trotz der hohen Kosten kommerziell sehr erfolgreich, die Verkaufszahlen übersteigen dort jene der Verbrennungsmotortechnologien deutlich und liegen bei mehreren zehntausend verkauften Stück jährlich⁶⁶.

Darüber hinaus gibt es noch weitere Technologien, wie z.B. eine neue Art der Solarzelle, die auch im Bereich der langwelligen Wärmestrahlung funktioniert. Dabei wird ein Brenner mit diesen Solarzellen umgeben und erhält dadurch Wärme und Strom.

Eine weitere Möglichkeit ist die Anwendung von thermo-elektrischen Generatoren in Kombination mit Heizungssystemen. Ein thermo-elektrischer Generator wandelt durch Thermoelektrizität (Seebeck-Effekt) Wärme in elektrische Energie um⁶⁷, dieses Prinzip kann verwendet werden, um aus der in Heizsystemen generierten Wärme zusätzlich Strom zu erzeugen. Diese und auch weitere Ideen sind jedoch noch nicht im Feldtest erprobt, sodass es noch einige Zeit dauern wird, bis diese Produkte die Marktreife erlangen.⁶⁸

3.1.3 Produktinformation zu pelletbefeuerter Mikro-KWK

Die Produktidee von KWB besteht darin, eine Mikro-KWK auf Basis einer Pelletheizung auf den Markt zu bringen. Ein diesbezügliches Konzept liegt bereits vor. Da das Kerngeschäft von KWB im Heizungsbau liegt, kann das Unternehmen auf jahrelange Erfahrungen zurückgreifen, bereits entwickelte und seriengefertigte Kessel können als Basis für den Entwicklungsauftrag dienen. Der Generator würde von einem Dampfmaschine angetrieben

⁶⁵ CERAMIC FUEL CELLS (2012)

⁶⁶ Vgl. DELTA EE (2012b), S. 8

⁶⁷ Vgl. HESSELBACH, J. (2012), S. 252

⁶⁸ Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2005), S. 18 f.

werden, diese Komponente würde von einem Lieferanten zugekauft werden. In der Vergangenheit wurde im Unternehmen bereits das Mikro-KWK-Konzept mit Stirlingmotortechnologie evaluiert und ein Prototyp erstellt. Dieses Konzept wurde allerdings aus techno-ökonomischen Gründen nicht weiter verfolgt.

Das bestehende Konzept sieht die pelletbefeuerte Mikro-KWK als Gesamtsystem vor, aus technischer Sicht erscheint es schwer möglich, eine Nachrüstlösung für bereits bestehende KWB-Pelletheizungsbesitzer zu entwerfen. Dieses Gesamtsystem besteht aus einem modifizierten Pelletkessel des Typs „Easyfire“ und der erwähnten Dampfmotor-/Generatorkombination. Aus Einfachheitsgründen wird der Teil des Systems, der für die Stromerzeugung zuständig ist, in dieser Arbeit als KWK-Modul bezeichnet. Das Konzept sieht vor, dass prinzipiell alle Kessel des Typs „Easyfire“, deren Leistungsbereich sich von 8 bis 35 kW_{th} erstreckt, mit der KWK-Funktionalität ausgestattet werden können. Das Konzept der Aufspaltung in Grundlast- und Spitzenlastkessel, wie in Punkt 3.1 erwähnt, ist aus einfach ersichtlichen Gründen nicht möglich. Erstens würde der Einsatz eines Spitzenlastkessels erfordern, dass dieser gegebenenfalls auch kurze Lastspitzen abdecken kann (kann aufgrund der relativ langen Anlaufzeit einer Pelletkessels nicht gewährleistet werden) und zweitens wäre ein System mit zwei parallelen Kesseln schlicht zu teuer. Daher muss die KWK dahingehend ausgelegt sein, auch die im Winter auftretenden Spitzenlasten abdecken zu können, bei geringeren Lasten kann die erzeugte thermische Leistung (was gleichzeitig zwangsläufig auch zu einer Reduktion der erzeugten elektrischen Leistung führt) reduziert werden (modulierendes KWK) oder aber, im Betrieb bei Nennleistung, die Wärme in einem Puffer zwischengespeichert werden. Mit Hilfe des Puffers können zusätzlich auch kurz auftretende Spitzenlasten abgefedert werden.

3.2 Marktanalyse

In diesem Abschnitt wird zuerst untersucht, welche Unternehmen mit ihren Produkten direkt oder indirekt mit einer pelletbefeuerten Mikro-KWK konkurrieren, danach wird untersucht, für welche Anwendungsmöglichkeiten ein solches Produkt prinzipiell einsetzbar ist, jedoch werden noch keine Abgrenzungen in Bezug auf die geplante Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung von KWB getroffen. Entsprechend der Einsatzmöglichkeiten wird eine erste, grobe Marktsegmentierung durchgeführt. Anhand dieser Marktsegmente werden sämtliche Länder, in denen KWB tätig ist, auf ihre Absatzmarktattraktivität im Hinblick auf Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungen untersucht, ebenso wird die Wettbewerbsstärke des Unternehmens in diesen Ländern erhoben. Die Ergebnisse werden dann in Form eines Marktattraktivitäts-Wettbewerbsstärken-Portfolios dargestellt.

Danach wird die Segmentierung des Absatzmarktes verfeinert, es werden die technischen Eigenschaften und Leistungsgrenzen der Gerätes berücksichtigt, um eine Detailanalyse durchführen zu können, auf Basis derer Marktpotenzial, Marktvolumen und eine prognostizierte Absatzzahl abgeleitet werden. Zur Vereinfachung und um den zeitlichen Aufwand zu begrenzen wird diese Detailanalyse nur für den deutschen Markt durchgeführt und die Ergebnisse mit Hilfe geeigneter Umrechnungsfaktoren auf den gesamteuropäischen

Markt hochgerechnet. Deutschland wurde für die Detailanalyse ausgewählt da der deutsche Markt den mit Abstand größten und wichtigsten Mikro-KWK Absatzmarkt darstellt (dies wird in diesem Abschnitt ebenfalls aufgezeigt).

3.2.1 Mitbewerberanalyse

Für jedes Unternehmen ist es wichtig zu wissen, mit welchen Produkten und Herstellern man im direkten Wettbewerb steht und welche anderen Produkte möglicherweise eine Gefahr für den Absatzmarkt darstellen, weil sie dieselbe Funktion erfüllen (Substitutionsprodukte).

Im vorliegenden Fall können als direkte Konkurrenten sämtliche Mikro-KWK-Hersteller im europäischen Markt identifiziert werden. Um einen Überblick über Hersteller, Geräte, deren verwendete Technologien und Leistungsbereich zu schaffen, wurde eine Sekundärliteraturrecherche (größtenteils durch Recherche im Internet) durchgeführt, deren Resultate in Form einer Liste sämtlicher gefundener Geräte mit den erwähnten Informationen in Tabelle 3 dargestellt sind, die verwendeten Abkürzungen werden folgend kurz aufgelistet:

VM ... Verbrennungsmotor

EG ... Erdgas

FG ... Flüssiggas

BG ... Biogas

KG ... Klärgas

Es ist zu beachten, dass einige der aufgelisteten Geräte die für diese Arbeit definierte Obergrenze von 5 kW_{el} überschreiten, allerdings wurden sie dennoch in die Liste aufgenommen, da ihre thermische Leistung in einem ähnlichen Bereich liegt wie die zu untersuchende KWK dieser Arbeit, daher könnten sie in den selben Gebäuden eingesetzt werden und sind daher als Konkurrenzprodukte zu betrachten.

	Hersteller	Produktname	Technologie	Brennstoff	Pel [kW]	Pth [kW]
	AISIN Seiki	GECC 46 A2	VM	EG, FG	0,3 - 4,6	11,7
	Baxi Innotech	Gamma 1.0	Brennstoffzelle	EG	1	1,7
	Brötje	EcoGen WGS	Stirling	Gas	1	5,5
	Button Energy	Bison Powerblock	Dampfmaschine	Pellets	0,3 - 2,0	3 - 16
	Ceramic Fuel Cells	BlueGen	Brennstoffzelle	EG, FG, BG, KG	0,5 - 1,5	0,3 - 0,54
		Gennex	Brennstoffzelle	Gas	0,5 - 2	0,3 - 1
	Cleanergy	CleanGen C9G	Stirling	EG, FG, BG, KG	2,0 - 9,0	8 – 25
	Cogenon	CO 65KU	VM	EG, FG, Heiz- & Pflanzenöl	6,50	
	EC Power	XRGI	VM	EG, FG	4,0 - 13,0	17 – 29
	Energiewerkstatt	ASV 14/32	VM	EG, FG, BG, KG	14,0	32
	Efficient Home Energy S.L., Whisbergen	WhisperGen EU1DE	Stirling	EG	1,00	7,5
	ETZ	Muscetier	VM	EG, FG	7,5 / 30	15 / 63
	Exoes*	?	ORC-Prozess	Pellets	3,0	50
	Giese	Energator/GBxx	VM	EG, FG, Heizöl, Rapsdiesel	4,0 / 20	8,7 / 45
	Green Energy Solutions	green one/two	VM	EG, FG, Heizöl	2,5 - 6,5	12 – 16
	Hexis	Galileo 1000N	Brennstoffzelle	EG	1	1,8
	Honda***	Ecowill	VM	Gas	1,0	3,3
	Hoval****	?	Stirling	Pellets	1	50
	Inhouse Engineering / RBZ*	inhouse 5000	Brennstoffzelle	EG	1 – 5	2 – 10
	Intelli Production	Heimkraftwerk VEG 1.2	VM	EG	2,6	6,5
	Kirsch HomeEnergy	microBHKW L4.12	VM	EG, FG	4,0	12,8
	Kraftwerk	Mephisto G16+/G20+	VM	EG, FG, BG, KG	16 / 20	35,3 / 46,7
	KW Energie	KWE (Serie)	VM	EG, FG, Heizöl, Rapsöl	7,5 - 20	18 - 41,5
	KW Energie	Smartblock	VM	EG, FG	7,5	23
	lion Energy	powerblock gas	Dampfmaschine	EG, FG	0,3 - 2	3 - 16
	ÖkoFEN***	Pellematic Smart_e	Stirling	Pellets	1	14
	Proennis	primus 1.4	VM	EG, FG	3,8	10
	Rape Energy / Hörstrupp & Vogt	DAE/DAF/DAH/DAR 7500	VM	EG, FG, Heizöl, Rapsöl	7,5 / 7,4	19,1 / 14,7
	Reindl	BK07/H	VM	Heizöl	6,3	14,5
	Remeha B.V.	eVita 25s	Stirling	Gas	1,0	5
	RMB/Energie	neoTower (Serie)	VM	EG, FG	5 – 20	13 - 45
	Ritter Energie-Umwelttechnik	Moduwatt	?	Gas	1,0	5,5
	SenerTec	Dachs Stirling SE	Stirling	EG, FG	1	3 - 23,8
	SenerTec	Dachs G5.5 (F5.5)	VM	EG, FG, Heizöl, Rapsöl	5,5	12,8
	simple-Energie	SE-12/28	VM	EG, FG	7 - 12	23,7
	Steinecke	elcon 8 / 15	VM	EG	8,4 / 13,3	23,3 / 31,4
	Stirling Systems	SEM	Stirling	?	1,2	5
	Sunmachine	/	Stirling	Pellets, EG, FG	1, 5 - 3	4,5 - 10,5
	Tedom / Höfler Blockheizkraftwerke	Micro T7AP	VM	EG, FG	7,0	18
	Vaillant, (PowerPlus Technologies)	ecoPower 1.0/ 3.0 / 4.7	VM	EG, FG	1 / 3 / 4,7	2,5 / 8 / 12,3
	Viessmann, ESS	Vitobloc 200 EM-5 / Vitotwin 300-W	VM	EG	5,5 / 1	13,5 / 3,6 - 26
	Wätas	EPS 4	VM	EG, FG	3,0	
	Wolf Heiztechnik, K+S	GTK 7	VM	EG, BG, KG	7,5	17,2
	Yanmar Energy System	CP5WG	VM	EG	4,6	9,9

*noch nicht am Markt

**im Feldtest – Stadium

****Marktsituation unklar (Projekt eventuell eingestellt)

auf der Förderliste des Bundesamtes f. Wirtschaft & Ausführungskontrolle (BAFA, Stand: 7.8.2012)

Unternehmen in Konkurs

Tabelle 3: Auflistung von Mikro-KWK Herstellern

Es wurden 40 KWK-Hersteller im Leistungssegment unter 5 kW_{el} gefunden, drei davon mussten jedoch bereits Konkurs anmelden. Die große Mehrheit der Geräte ist mit einer Verbrennungsmotortechnologie ausgestattet, die gefundenen Verbrennungsmotorgeräte werden fast ausschließlich mit Gas betrieben. Aufgrund der großen Anzahl der angebotenen Mitbewerberprodukte wird an dieser Stelle darauf verzichtet, auf jedes Gerät einzeln einzugehen, stattdessen werden kurz einige wichtige Geräte vorgestellt. Die angegebenen Verkaufspreise sind Bruttopreise und beziehen sich, falls nicht anders angegeben, auf das Produkt ohne Pufferspeicher.

3.2.1.1 Senertec Dachs (Serie)

Die Produktreihe „Dachs“ der Firma Senertec ist in Europa Marktführer mit etwa 20.000 verkauften Einheiten (Stand 2009)⁶⁹, 2.000 davon allein im Jahr 2009 nur in Deutschland.⁷⁰ Die Produktreihe unterteilt sich zum einen in verbrennungsmotorbasierte Technologien mit den Produktbezeichnungen G5.5, G5.0 Low NOx, F5.5 und HR 5.3, die sich bezüglich des zu verwendenden Brennstoffs unterscheiden, zum anderen wird auch ein Gerät mit Stirlingmotortechnologie (Dachs Stirling SE) angeboten. Während die verbrennungsmotorbasierten Geräte aufgrund ihrer relativ hohen thermischen Leistung ohne Spitzenlastkessel auskommen, verfügt der Dachs Stirling SE über einen solchen. Im Grundlastbetrieb kann das Gerät die thermische Leistung zwischen 3 und 5,8 kW variieren, im Bedarfsfall können durch den Spitzenlastkessel zusätzliche 18 kW zugeschaltet werden. Die Produkte mit Verbrennungsmotor können eine max. Ausgangsleistung von 5 - 5,5 kW_{el} erzeugen, beim Stirling SE dagegen ist diese auf 1 kW_{el} begrenzt.⁷¹ Als Nachteil der VM-Dachs-Produkte kann angeführt werden, dass diese keine Modulationsmöglichkeit bieten und daher nur in Objekten mit großem Wärmebedarf sinnvoll eingesetzt werden können. Der Preis für die VM-Varianten liegt je nach Modell zwischen 21.000 und 21.500 €, das Modell Stirling SE kostet 17.200 €.⁷²

3.2.1.2 Vaillant ecoPower (Serie)

Diese Produktreihe unterteilt sich in die Varianten ecoPower 1.0, ecoPower 3.0 und ecoPower 4.7 und bezeichnet dabei gleich die jeweilige maximale elektrische Ausgangsleistung. Wie bei Senertec kommt auch hier die Verbrennungsmotortechnologie (gasbetrieben) zum Einsatz, jedoch liegt hier die maximale thermische Ausgangsleistung zwischen 2,5 kW (ecoPower 1.0) und 12,3 kW (ecoPower 4.7) mit der Möglichkeit, diese je nach Bedarf zu drosseln, um die erzeugte thermische Leistung dem aktuellen Wärmebedarf anzupassen. Dies macht diese Geräte deutlich attraktiver für den Einsatz in kleinen Gebäuden, in denen kein allzu großer Wärmebedarf anfällt. Der Preis liegt je nach Modell zwischen 13.200 und 19.600 €.⁷³

⁶⁹ Vgl. VON ROON, S. (2009), S. 2

⁷⁰ Vgl. MICRO-CHP FEATURE (2009), S. 60

⁷¹ Vgl. SENERTEC

⁷² Vgl. BHKW PRINZ

⁷³ Vgl. RAATSCHEN HEIZUNG, S. 5

3.2.1.3 Viessmann Vitotwin 300-W

Wie die bereits vorgestellten Geräte verwendet auch dieses Gerät Gas als Brennstoff, hier Erdgas, jedoch verwendet der Vitotwin 300-W einen Stirlingmotor, um den Generator anzutreiben. Wie schon der Dachs Stirling SE entspricht diese KWK vom Aufbau her einer klassischen Heizung und hat daher eine vergleichsweise geringe elektrische Ausgangsleistung (ca. 1 kW). Er verfügt standardmäßig über einen integrierten Spitzenlastkessel und wird mit 750 l Pufferspeicher um 17.400 € verkauft.⁷⁴

3.2.1.4 Honda Ecowill

Der Honda Ecowill wurde speziell für kleine Haushalte entwickelt, er deckt das unterste Leistungssegment mit einer maximalen Wärmeleistung von 3,3 kW ab, er ist daher nur für Objekte mit sehr geringem Wärmebedarf geeignet. Dieses Verbrennungsmotorgerät verfügt standardmäßig über keinen Spitzenlastkessel, seine Ausgangsleistung beträgt etwa 1 kW_{el.}. In Japan erfreut sich der Ecowill großer Beliebtheit, bis 2010 wurden insgesamt über 100.000 Stück abgesetzt.⁷⁵ Dies verdeutlicht das Potenzial von Mikro-KWKs im Wohnbereich. Als direktes Konkurrenzprodukt zur geplanten Kraft-Wärme-Kopplung von KWB ist dieses Gerät dennoch nicht zu sehen, da der Einsatzbereich für Pelletkessel in Gebäuden mit deutlich größerem Wärmebedarf zu suchen ist. Das Gerät, das bisher nur in Japan und den USA erhältlich ist, wird in Japan ohne Pufferspeicher um etwa 5600 € verkauft.⁷⁶

3.2.1.5 Button Energy Bison Powerblock

Der Bison Powerblock verwendet als pelletbefeuerte Mikro-KWK nicht nur dieselbe Technologie (Dampfmotor) und denselben Brennstoff wie die geplante Mikro-KWK, sondern liegt auch im selben Leistungsbereich. Er verfügt über keinen Spitzenlastkessel, kann seine thermische Leistung gegebenenfalls von 16 kW auf 3 kW reduzieren, um sich der Heizlast des Gebäudes anzupassen. Dementsprechend variiert die elektrische Ausgangsleistung zwischen 0,3 und 2 kW. Vom Hersteller werden die Einsatzgebiete Ein- und Mehrfamilienhäuser, sowie Wohnungen ab 200 m² Grundfläche sowie im gewerblichen Bereich kleine Hotels, Kleingewerbe, Heime, Schulen und Kindergärten angegeben.⁷⁷ Der Verkaufspreis liegt bei etwa 19.800 €.⁷⁸

3.2.1.6 ÖkoFEN Pellematic Smart_e

Ebenfalls ein direktes Konkurrenzprodukt ist der Pellematic Smart_e der Firma ÖkoFEN. Mit einer maximalen thermischen Leistung bewegt sich diese KWK mit Stirlingmotor ebenfalls im Bereich des Bison Powerblock, die max. elektrische Ausgangsleistung ist jedoch mit 1 kW

⁷⁴ Vgl. RAATSCHEN HEIZUNG, S. 6

⁷⁵ Vgl. GAS RESEARCH CONFERENCE (2011), S. 4

⁷⁶ Vgl. ASUE, S. 6

⁷⁷ Vgl. BUTTON ENERGY

⁷⁸ Vgl. ENERGIEPLATTFORM

deutlich geringer. Der Pellematic Smart_e befindet sich derzeit noch im Feldtest, am 5. Dezember 2012 ging die erste Feldtestanlage ans Netz.⁷⁹

3.2.1.7 Exoès

Das französische Unternehmen Exoès verfügt über eine auf ORC-Technologie basierende Motor-/Generatoreinheit namens SHAPE (Sustainable Heat and Power Engine), die, je nach Modell, zwischen 1 und 100 kW_{el} erzeugen kann.⁸⁰ Auf der Homepage des Unternehmens ist unter den angebotenen Produkten auch eine Mikro-KWK auf Biomassebasis zu finden, allerdings wird diese nicht näher beschrieben. Ob es sich hierbei um ein Serienprodukt handelt oder ob diese als individuell angefertigte Lösung implementiert werden müsste, ist unklar. Auch unter den auf der Website beschriebenen bereits realisierten Projekten findet sich kein solches System.

3.2.1.8 Substitutionsprodukte

Neben konkurrierenden Mikro-KWK-Produkten als direkte Mitbewerber sind zusätzlich noch sog. Substitutionsprodukte zu erwähnen, welche denselben Nutzen haben, also die gleichzeitige Bereitstellung von Nutzwärme und elektrischer Energie. Zwar trifft dieses Kriterium auf herkömmliche Heizungssysteme nicht zu da diese keine Elektrizität erzeugen, allerdings sind sie dennoch als Substitutionsprodukt zu sehen. Übersteigen die Kosten für ein Mikro-KWK die Kosten für ein konventionelles Heizungssystem plus Strombezug aus dem Netz, wird der Endkunde geneigt sein, sich für die zweite Option zu entscheiden. Je nachdem, wie sich die Wirtschaftlichkeit von Mikro-KWKs gestaltet, sind neben Gas-, Öl-, Pellet-, Stückholz- und Fernwärmeheizungen prinzipiell auch neuere Wärmegewinnungskonzepte wie Solarenergie und Wärmepumpe als indirekte Konkurrenz zu sehen. Im Zuge der Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Endkunden in Abschnitt 3.3 wird die Wirtschaftlichkeit der pelletbefeuerten KWK nicht nur gegenüber verschiedenen anderen Mikro-KWKs, sondern auch gegenüber einer Pelletheizung evaluiert.

3.2.2 Absatzmarktsegmentierung

Eine Voraussetzung für den sinnvollen Betrieb von Mikro-KWKs ist das Vorhandensein von Wärmebedarf, ist keine solche Wärmesenke vorhanden, macht der Betrieb eines solchen Geräts sowohl aus ökologischer als auch wirtschaftlicher Sicht keinen Sinn. Daher ist, ohne Segmentierung, prinzipiell jedes Gebäude mit Wärmebedarf als potenzielles Anwendungsgebiet zu sehen. Abbildung 8 illustriert den Niedrigtemperatur-Wärmebedarf der 27 Länder der Europäischen Union nach Sektoren. Unter Niedrigtemperaturwärme versteht man Temperaturen von weniger als 200 °C.⁸¹ Es ist ersichtlich, dass der größte Teil des Wärmebedarfs, ganze 61 %, im Haushaltssektor anfallen, der Großteil davon wird für

⁷⁹ Vgl. ÖKOFEN

⁸⁰ Vgl. EXOÈS

⁸¹ Vgl. TU WIEN (2009), S. 36

Raumheizung und Warmwasseraufbereitung verwendet.⁸² Die restlichen 39 % verteilen sich zu fast gleichen Teilen auf den Industrie- und den Gewerbe- u. Dienstleistungssektor. Für die Anwendung im Industriesektor sind Mikro-KWKs aufgrund ihrer geringen Leistung ungeeignet, ihr Anwendungsbereich reduziert sich also grundsätzlich auf die Bereiche Wohnsektor und Gewerbesektor.

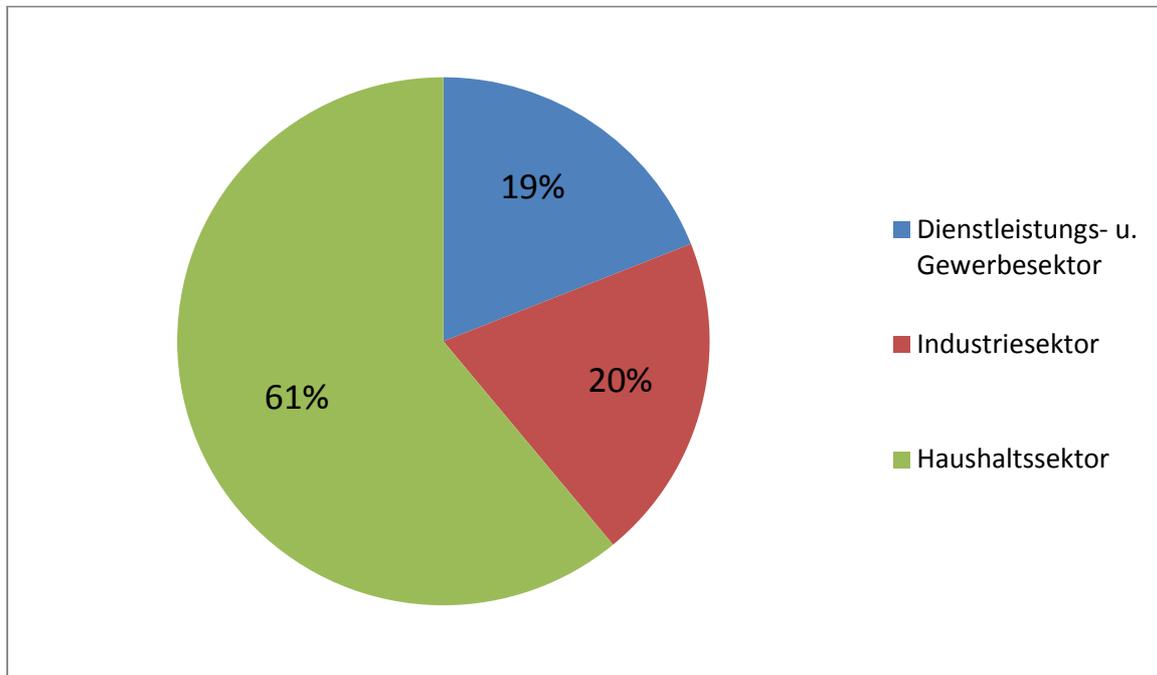


Abbildung 8: Wärmebedarf (< 200 °C) in EU nach Sektoren⁸³

In einer Broschüre des deutschen Bundesamtes für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) werden folgende potenziellen Einsatzgebiete für Mikro-KWK-Technologien aufgelistet:⁸⁴

- Größere Ein- und Zweifamilienhäuser
- Mehrfamilienhäuser
- Nahwärmeversorgung von Reihenhäusern
- Hotels und Gaststätten
- Gewerbebetriebe (Supermärkte, Bäckereien, etc...)
- Hallenbäder
- Sportstätten oder Schulen mit Sporteinrichtungen
- Krankenhäuser und Altenheime
- Büro- und Verwaltungsgebäude

Hallenbäder, Schulen und Krankenhäuser werden aufgrund ihres hohen Energiebedarfs, der den Leistungsbereich von Mikro-KWKs deutlich übersteigt, von dieser Liste gestrichen. Die

⁸² Vgl. TU WIEN (2009), S. 16

⁸³ In Anlehnung an ESTIF (2009), S. 7

⁸⁴ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, S. 27

ersten drei Punkte der Liste umfassen den Wohnsektor, die restlichen Einsatzgebiete werden grob in die Kategorie „Nichtwohngebäude“ eingeteilt. Die Segmentierung der Wohngebäude wird in Anlehnung der Kategorisierung, welche das deutsche Statistikkamt verwendet, durchgeführt. Dieses unterteilt den Bestand an Wohngebäuden folgendermaßen:

- Einfamilienhäuser
- Zweifamilienhäuser
- Gebäude mit 3-6 Wohneinheiten
- Gebäude mit 7-12 Wohneinheiten
- Gebäude mit 13-20 Wohneinheiten
- Gebäude mit mehr als 20 Wohneinheiten

Gebäude mit 20 Wohnungen und mehr übersteigen den Leistungsbereich eines Mikro-KWKs und entfallen daher, die restlichen Gebäudetypen stellen jeweils ein Marktsegment im Teilmarkt „Wohngebäude“ dar. Analog dazu wird auch der Nichtwohngebäudesektor in Segmente aufgeteilt. Eine mögliche Unterteilung des Bestands von beheizten Nichtwohngebäuden ist wie folgt:

Bildungsgebäude, Büro- u. Verwaltungsgebäude, Fabrikgebäude, Werkstattgebäude, Heilbehandlungsgebäude, Handelsgebäude, Lagerhallen, Sporthallen, Schwimmhallen, Kulturgebäude und Beherbergungs- und Gastronomiegebäude.⁸⁵ Nach Entfernung der für Mikro-KWKs nicht relevanten Gebäudetypen und einer zusätzlichen Unterteilung der Beherbergungs- u. Gastronomiegebäude in „Pensionen und Gasthöfe“ und „Gaststätten“ erhält man die folgende Segmentierung des Teilmarkts „Nichtwohngebäude“:

- Büro- u. Verwaltungsgebäude
- Werkstattgebäude
- Handelsgebäude
- Pensionen und Gasthöfe
- Gaststätten

Das Ergebnis der Segmentierung des Absatzmarktes wird zusammenfassend in Abbildung 9 dargestellt.

⁸⁵ Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2011), S. 23



Abbildung 9: Ergebnis der Marktsegmentierung

3.2.3 Bewertung der Attraktivität der für KWB relevanten Absatzmärkte

In diesem Abschnitt soll nun die Attraktivität der Absatzmärkte der verschiedenen Länder, in denen KWB tätig ist, im Hinblick auf Mikro-KWK-Produkte untersucht werden. Dazu wird ein Marktattraktivitäts-Wettbewerbsstärke-Portfolio erstellt.

3.2.3.1 Marktattraktivität

Die Marktattraktivität wird für jedes Land anhand von 4 Faktoren bewertet. Für jedes Land werden diese Faktoren untersucht und danach mit Hilfe von Ordinalzahlen zwischen 1 und 4 bewertet (wobei 1 die schlechteste und 4 die beste Bewertung darstellt), das arithmetische Mittel dieser vier Faktoren gibt die Gesamtmarktattraktivität des jeweiligen Landes an. Die vier Faktoren sind:

- Attraktivität Wohngebäudesektor
- Attraktivität Gewerbesektor
- Strompreisniveau (Einkaufspreis) des jeweiligen Landes
- Zusätzliche Attraktivität durch Förderungen

Wie im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsanalyse für den Endkunden in Kapitel 3.3 gezeigt wird, stellt das Strompreisniveau einen wesentlichen Faktor für die Wirtschaftlichkeit von KWK-Geräten dar. Dabei ist im Speziellen der Einkaufspreis gemeint. Ist der Strom für den Kunden teuer, lohnt es sich eher, mit Hilfe eines KWK-Geräts diesen selbst herzustellen. Ist der Strompreis jedoch sehr niedrig, sind auch die entsprechenden Einsparungen des Kunden gering. Im Folgenden werden diese Faktoren genauer erklärt. Für Wohngebäude- und Gewerbesektor liefert die in Abschnitt 3.2.1.1 vorgenommene Segmentierung Anhaltspunkte über Anwendungsgebiete, allerdings wäre die Durchführung einer detaillierten Analyse dieser Marktsegmente für sämtliche Länder zu aufwendig, es wird nochmals auf die Vorgehensweise, Deutschland als Modellmarkt für die Detailanalyse zu verwenden, verwiesen.

Attraktivität Wohngebäudesektor:

Die Berechnung der Attraktivität des Wohngebäudesektors wird folgendermaßen durchgeführt:

	Anzahl der Wohnungen im Land⁸⁶
x	Durchschn. Energiebedarf f. Heizen u. Warmwasser pro Wohnung ⁸⁷
x	% der Einfamilien- u. Doppelhäuser in ländlichem Gebiet ⁸⁸
x	% der Wohneinheiten, die vor 1980 gebaut wurden ⁸⁹
=	Attraktivität des Wohngebäudesektors

Um den generellen Energiebedarf für Heizen und Warmwasser zu erhalten, wird die Gesamtanzahl der Wohnungen des Landes (in Tausend angegeben) mit dem durchschnittlichen Energiebedarf für Heizen und Warmwasser pro Wohnung (angegeben in Tonnen Öleinheiten/Wohnung) multipliziert. Das Produkt wird mit dem prozentuellen Anteil an Einfamilien- und Doppelhäusern in ländlichem Gebiet multipliziert, da das Marktpotenzial für Pelletheizungen vor allem in freistehenden Häusern in ländlichem Gebiet zu finden ist. Weiters sind, wie bereits erwähnt, besonders ältere, thermisch schlecht isolierte Gebäude besonders interessant für Mikro-KWKs. Um dies zu berücksichtigen, wird der erhaltene Wert mit dem prozentuellen Anteil der Wohneinheiten (WE), die vor 1980 gebaut wurden, multipliziert. Diese Jahreszahl wurde gewählt, da ab Ende der Siebzigerjahre vielerorts gesetzliche Vorschriften bezüglich baulicher Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs eingeführt wurden, z.B. in Deutschland die Wärmeschutzverordnung (1. WSchV, trat im November 1977 in Kraft)⁹⁰. Das Ergebnis der Multiplikation wird dann in eine Ordinalzahl umgewandelt. Dazu wird der Bereich zwischen dem Wert für das Land mit dem wertmäßig höchsten Ergebnis und jenem mit dem niedrigsten Wert in vier gleich große

⁸⁶ Vgl. DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (2010), Wert für Schweiz anhand Ö umgerechnet, S. 60

⁸⁷ Vgl. ADEME ODYSSEE INDICATORS

⁸⁸ Vgl. EUROSTAT, Datensatz: ilc_lvho01, siehe Anhang

⁸⁹ Vgl. DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (2010), S. 54

⁹⁰ Vgl. VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2011), S. 26

Teilbereiche unterteilt. Tabelle 4 zeigt die Umrechnungsfaktoren, die dazu verwendet wurden. Die Einheit ist dabei toe, Tonnen Öläquivalent, beziehungsweise ktoe, Kilotonnen Öläquivalent, eine Maßeinheit für Energieverbrauch.

Attraktivität Wohnsektor	
< 3.197 ktoe	1 Punkt
3.197 – 6.005 ktoe:	2 Punkte
6.006 – 8.812 ktoe:	3 Punkte
> 8.812 ktoe:	4 Punkte

Tabelle 4: Umrechnungsfaktoren Attraktivität Wohnsektor

Attraktivität Gewerbesektor:

Für den Gewerbesektor liegen Absolutwerte des Energieverbrauchs für Heizen und Warmwasser (in TJ) vor, diese werden als Indikatoren für die Attraktivität des Gewerbesektors verwendet, daher ist nur eine Umwandlung in Ordinalzahlen nötig. Die Umrechnungstabelle wird in Tabelle 5 dargestellt.

Attraktivität Gewerbesektor	
< 198.729 TJ (= 4.747 ktoe):	1 Punkt
198.730 – 374.762 TJ (= 4.747 – 8.951 ktoe):	2 Punkte
374.763 – 550.795 TJ (= 8.951 – 13.155 ktoe):	3 Punkte
> 550.796 TJ (= 13.155 ktoe):	4 Punkte

Tabelle 5: Umrechnungsfaktoren Attraktivität Gewerbesektor

Strompreisniveau (Einkaufspreis) des jeweiligen Landes:

Hier wurde der Einkaufsstrompreis inklusive sämtlicher Steuern für einen Privathaushalt mit einem Verbrauch zwischen 5.000 und 15.000 kWh herangezogen.⁹¹ Wieder geschieht die Umwandlung in Ordinalzahlen durch Unterteilung des Bereichs zwischen dem Land mit dem höchsten und demjenigen mit dem niedrigsten Preis in gleiche Teile.

⁹¹ Vgl. EUROSTAT, Datensatz: nrg_pc_204, siehe Anhang

Attraktivität Strompreisniveau	
< 16,52 €ct/kWh	1 Punkt
16,53 - 20,06 €ct/kWh	2 Punkte
20,07 - 23,59 €ct/kWh	3 Punkte
> 23,60 €ct/kWh	4 Punkte

Tabelle 6: Umrechnungsfaktoren Attraktivität Strompreisniveau

Zusätzliche Attraktivität durch Förderungen:

Hier wird zuerst die Höhe der Förderungen des Einspeisetarifs für ein pelletbefeuertes Mikro-KWK als Kriterium herangezogen, allerdings gestaltet sich die Vergleichbarkeit teilweise schwierig, da sich die Förderungen nicht nur hinsichtlich ihrer Höhe unterscheiden. So bekommt der Betreiber einer Mikro-KWK beispielsweise in Deutschland und Großbritannien für jede erzeugte kWh elektrischen Stroms eine Bonuszahlung, unabhängig davon, ob er diesen Strom selbst verbraucht hat (Eigenbedarfsabdeckung) oder ob er ihn ins Netz eingespeist hat. In anderen Ländern hingegen wird nur tatsächlich eingespeister Strom auch vergütet (z.B. in Österreich). Weiters hängt die Höhe der Einspeiseförderungen in manchen Ländern an anderen Kriterien, wie beispielsweise der Art des verwendeten Brennstoffs oder dem Anschluss der KWK an bestehende Wärmenetze ab. In Fällen, in denen die genaue zu erwartende Höhe des Zuschusses unklar ist, wird die Spanne der möglichen Werte angegeben. Zusätzlich gewähren manche Länder Investitionszuschüsse bei der Anschaffung eines solchen Geräts, zum Teil sind diese Regelungen aber nicht landesweit einheitlich, sondern variieren innerhalb des Landes. Daher ist eine Abschätzung ausschließlich anhand der Höhe der Förderungen nicht möglich, es wurde mittels Vergleich der gesamten Fördersituation und Rahmenbedingungen eine Bewertung mittels Ordinalzahlen erstellt.

Eine Anmerkung zum geförderten Einspeisetarif in Deutschland: Für pelletbetriebene KWKs besteht nach dem Erneuerbaren Energiegesetz (EEG) die Möglichkeit, eine Förderung in der Höhe von 14,3 €ct/kWh_{el} zu erhalten⁹², jedoch gilt diese Regelung nur für die eingespeiste Strommenge. Die Förderung nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) hingegen beträgt zwar nur 5,41 €ct/kWh, diese wird jedoch für jede erzeugte kWh_{el} ausgezahlt⁹³. Für eine Mikro-KWK wie das geplante Gerät von KWB, das in der Leistungsklasse von etwa 1 kW_{el} anzusiedeln ist, ist die Inanspruchnahme der Förderung nach dem KWKG deutlich attraktiver. Daher wurde der Wert von 5,41 €ct/kWh in

Tabelle 7 in Klammern hinzugefügt.

Tabelle 7 zeigt die Berechnung der Attraktivität der einzelnen Faktoren wie beschrieben sowie deren Umrechnung in Ordinalzahlen und zuletzt das Ergebnis der Berechnung der Marktattraktivität der ausgewählten Länder.

⁹² Vgl. § 27, Abs. 1, EEG (2012)

⁹³ Vgl. § 7, Abs. 1, KWKG (2012)

Land	WE	WB	% EFH/DH	% v. 1980	Attr. WS	Pkt.	WB Gewerbe	Pkt.	Förderungen	Pkt.	Strompreis	Pkt.	Land	Marktattraktivität
Deutschland	39268	1,17	0,298	0,743	10172,55	4	726828	4	14,3 (5,41)	4	24,66	4	GER	4,00
Belgien	5043	1,35	0,416	0,792	2243,06	1	104200	1	min. 2	1	19,34	2	BEL	1,25
Spanien	25129	0,37	0,273	0,707	1794,56	1	292490 ³	1	7,03 - 17,16	2	16,65	1	ESP	1,25
Frankreich	31264	1,06	0,481	0,729	11620,45	4	447667	3	min. 12,05	3	12,99	1	FRA	2,75
Italien	27269	0,83	0,375	0,797	6764,52	2	376325	3	28,00	4	27,12	4	ITA	3,25
Österreich	3598	1,33	0,487	0,666	1552,09	1	71515	1	14,98	3	17,85	2	AUT	1,75
Slowenien	798	1,05	0,63	0,738	389,57	1	22696 ²	1	18,57 – 24,63	4	14,04	1	SLO	1,75
Großbritannien	23500	1,04	0,327	0,768	6137,76	2	561200	4	15,77 + 5,68	4	14,89	1	GB	2,75
Schweiz	3408 ¹	1,16	0,326	0,662	853,17	1	85254	1	17,20	3	14,86	1	CH	1,50
Irland	1251	1,19	0,655	0,475	463,17	1	52200	1	14,00	3	18,89	2	IRL	1,75

Legende:

WE ... Wohneinheiten [in Tausend]

WB ... durchschnittlicher Wärmebedarf pro Wohneinheit [in Tonnen Öl-Äquivalent]

% EFH / DH ... prozentueller Anteil der Einfamilien-/Doppelhäuser in ländlichem Gebiet

% v. 1980 ... prozentueller Anteil der Wohneinheiten, die vor 1980 gebaut wurden

Attr. WS ... Attraktivität Wohnsektor, Ergebnis der Multiplikation der vorhergehenden Werte

WB Gewerbe ... Wärmebedarf für Heizen und Warmwasser im Gewerbesektor [in TJ]

Förderungen ... Höhe der Einspeiseförderung [in €/kWh_{el}]Strompreis ... Strompreinsniveau [in €/kWh_{el}]

Pkt ... vergebene Punkte für die jeweiligen Faktoren

 Zahlenwert, der für die Umwandlung in Ordinalzahlen verwendet wurde

 Zugeordnete Ordinalzahlen zum jeweiligen Zahlenwert

 Gesamtbewertung Marktattraktivität des jeweiligen Landes

¹ geschätzt mit d. Wert Österreichs und Verhältnis d. Einwohnerzahl

² geschätzt mit d. Wert Irlands und Verhältnis d. Einwohnerzahl

³ geschätzt mit d. Wert Italiens und Verhältnis d. Einwohnerzahl
Tabelle 7: Berechnung der Marktattraktivität der betrachteten Länder⁹⁴

⁹⁴ DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (2010), S. 60 und S. 54; ADEME ODYSSEE INDICATORS; EUROSTAT, Datensätze: ilc_lvho01 und nrg_pc_204, siehe Anhang; EUROPEAN COMMISSION, EUROSTAT (2002), S. 14ff; SWISS FEDERAL INSTITUTES OF TECHNOLOGY (2005), S. 4; AEA ENERGY & ENVIRONMENT (2008), S. 49; VERBAND SCHWEIZER ELEKTRIZITÄTSUNTERNEHMEN (2012)

Durch die Herangehensweise bedingt weisen die großen, einwohnerreichen Länder, entsprechenden Wärmebedarf vorausgesetzt, eine hohe Marktattraktivität gegenüber einwohnerärmeren Ländern auf. Dies erscheint einleuchtend, da eine hohe Einwohnerzahl im Allgemeinen auch auf ein hohes Absatzpotenzial hinweist. Dennoch scheint doch etwas überraschend Italien bei der Marktattraktivität an zweiter Stelle auf. Bei näherer Betrachtung der Berechnung sieht man, dass der durchschnittliche Energiebedarf pro Wohnung für Heizen und Warmwasser in Italien (0,83 toe/Wohnung) nur 29 % unter dem Wert für Deutschland (1,17 toe/Wohnung) liegt. Dies kann zum einen daran liegen, dass die Bevölkerungsdichte im vergleichsweise kalten nördlichen Teil deutlich höher ist als in den mediterranen Regionen im Süden, zum anderen könnte das Ergebnis auch auf vergleichsweise wenig fortgeschrittene Maßnahmen bei der thermischen Sanierung von Gebäuden hinweisen. Die weiteren Faktoren, die die Attraktivität des italienischen Marktes positiv beeinflussen, sind zum einen der hohe Strompreis (der höchste aller betrachteten Märkte), zum anderen die vergleichsweise hohe Förderung von Strom aus Biomasse. Als weitaus attraktivster Markt wird Deutschland identifiziert, danach folgen hinter dem bereits beschriebenen italienischen der französische und der britische Markt. Beide weisen hohen Wärmebedarf auf, jedoch verringert der geringe Strompreis in beiden Fällen die Marktattraktivität. Österreich, Belgien, Slowenien, Irland und die Schweiz besitzen zwar aufgrund ihrer geringen Einwohnerzahl eine geringe Marktattraktivität, allerdings ist der Wärmebedarf pro Gebäude vergleichsweise hoch, was gute Bedingungen für den wirtschaftlichen Betrieb von Mikro-KWKs darstellt. Spanien schließlich bildet trotz seiner Größe aufgrund fehlenden Wärmebedarfs das Schlusslicht

3.2.3.2 Wettbewerbsstärke

Die zweite Dimension des Marktattraktivitäts-Wettbewerbsstärke-Portfolios bewertet die Geschäftsfeldstärke des Unternehmens in den verschiedenen Ländern. Die Wettbewerbsstärke wird dabei in Anlehnung an eine bereits durchgeführte Magisterarbeit innerhalb der KWB anhand von vier gewichteten Faktoren bewertet:⁹⁵

- Marktvolumen Biomasseheizungen (in Stück), Gewicht: 0,3
- Marktanteil (in %), Gewicht: 0,1
- Anteil Bestelleingänge / Bestelleingänge gesamt (in %), Gewicht: 0,4
- Anteil erzeugter Primärenergie aus Biomasse / Primärenergieerzeugung gesamt (in %), Gewicht: 0,2

Das Marktvolumen und der Anteil der erzeugten Primärenergie aus Biomasse an der gesamten Primärenergieerzeugung sind dabei ein Maß für die generelle Geschäftsstärke von Heizungssystemen auf Biomassebasis im jeweiligen Land, während sich der Marktanteil direkt auf die relative Stärke des Unternehmens KWB im Vergleich zur Konkurrenz bezieht. Der prozentuelle Anteil der Bestelleingänge des jeweiligen Landes an der Gesamtanzahl der

⁹⁵ Vgl. MAIERHOFER, B. (2012), S. 51

Bestelleingänge von KWB gesamt ist ein Maß für die Wichtigkeit des jeweiligen Marktes für das Unternehmen. Die Werte für jedes Land werden in Tabelle 8 dargestellt, die Werte konnten mit Ausnahme des Anteils der Biomasse-Primärenergieproduktion an der Gesamtprimärenergieerzeugung größtenteils von der erwähnten Arbeit übernommen werden, einzig der Wert des britischen Marktvolumens wurde neu geschätzt. Es ist zu beachten, dass nur für den deutschen und den österreichischen Markt tatsächliche Zahlen zum Marktvolumen vorliegen, die restlichen Werte wurden abgeschätzt.

	Markt - Volumen [Stk.]	BE 2011 [Stk.]	Anteil BE / BE-Gesamt [%]	Marktanteil [%]	Biomasse- / Gesamtenergie- produktion [%]
Deutschland	13295	2102	45	14	19,6
Belgien	1500	101	2,2	6,7	11,8
Spanien	1000	62	1,3	8	18,2
Frankreich	5000	387	8,3	7,7	10,7
Italien	2000	174	3,7	9	20,2
Österreich	18561	1528	32,7	10	41,8
Slowenien	1000	116	2,5	11,6	16,6
Großbritannien	1500	16	0,3	5	2,7
Schweiz	1500	172	3,7	11,5	12,4
Irland	100	9	0,2	10	16,2

Tabelle 8: Faktoren für die Bewertung der Wettbewerbsstärke⁹⁶

Es ist ersichtlich, dass Österreich und Deutschland die Länder mit dem mit Abstand größten Absatz an Biomasseheizungssystemen sind. Dies spiegelt sich auch am Anteil der Bestelleingänge dieser beiden Länder gemessen an den gesamten Bestelleingängen wider. Ein weiterer, nicht zu vernachlässigender Markt ist diesbezüglich der französische, dieser stellt immerhin 8,3 % der Bestelleingänge im Unternehmen dar. Beim Anteil der produzierten Biomasse an der Gesamtenergieproduktion nimmt Österreich eine Ausnahmestellung ein, dieser liegt mit 41,8 % mehr als doppelt so hoch als bei jedem anderen der betrachteten Länder, aber auch Deutschland, Spanien, Italien, Slowenien und Irland weisen hier Werte zwischen 15 und 20 % auf. In dieser Kategorie liegt Frankreich am vorletzten Platz, in Großbritannien macht die Biomasseproduktion gar nur 2,7 % der Gesamtenergieproduktion aus. Mit 14 % verfügt KWB in Deutschland über ihren höchsten Marktanteil, auch in Slowenien, Irland, der Schweiz liegt dieser Wert über 10 %, in Österreich bei genau diesem Wert.

Die Werte in Tabelle 8 werden nun wieder jeweils in Ordinalzahlen umgewandelt, die für die Umrechnung verwendeten Faktoren werden in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

⁹⁶ EUROSTAT, Datensätze: nrg_1071a und nrg_100a, siehe Anhang; In Anlehnung an MAIERHOFER, B. (2012), S. 51; Unternehmensinterne Informationen KWB

Marktvolumen	
< 1.000 Stück	1 Punkt
1.000 – 4.999 Stück	2 Punkte
5.000 – 9.999 Stück	3 Punkte
> 10.000 Stück	4 Punkte

Tabelle 9: Umrechnungsfaktoren Marktvolumen

Marktanteil, Anteil Bestellmenge	
< 1 %	1 Punkt
1 – 4,9 %	2 Punkte
5 – 10 %	3 Punkte
> 10 %	4 Punkte

Tabelle 10: Umrechnungsfaktoren Marktanteil und Anteil Bestellmenge

Anteil Biomasse- an Gesamtenergieproduktion	
< 10 %	1 Punkt
10 – 14,9 %	2 Punkte
15 – 20 %	3 Punkte
> 20 %	4 Punkte

Tabelle 11: Umrechnungsfaktoren Anteil Biomasseproduktion

Die auf Ordinalzahlen umgewandelten Faktoren werden, wie vorhin erwähnt, noch zusätzlich gewichtet, das gewichtete arithmetische Mittel ergibt die Gesamtbewertung bezüglich der Wettbewerbsstärke. Dies wird in Tabelle 12 dargestellt.

Land	Marktvolumen [Stk.]	Marktanteil [%]	Anteil BE [%]	Anteil Biomasse [%]	Gesamtbewertung
Gewichtung	0,3	0,1	0,4	0,2	
Deutschland	4	4	4	3	3,8
Belgien	2	3	2	2	2,1
Spanien	2	3	1	3	1,9
Frankreich	3	3	3	2	2,8
Italien	2	3	2	4	2,5
Österreich	4	4	4	4	4
Slowenien	2	4	2	3	2,4
Großbritannien	2	3	1	1	1,5
Schweiz	2	4	2	2	2,2
Irland	1	3	1	3	1,6

Tabelle 12: Berechnung der Wettbewerbsstärke der betrachteten Länder⁹⁷

Fasst man nun die Bewertung der Marktattraktivität aus Tabelle 7 und die der Wettbewerbsstärke aus Tabelle 12 in ein Diagramm zusammen und trägt die Marktattraktivität auf die x-Achse sowie die Wettbewerbsstärke auf die y-Achse auf, so erhält man das in Abbildung 10 dargestellte Portfolio.

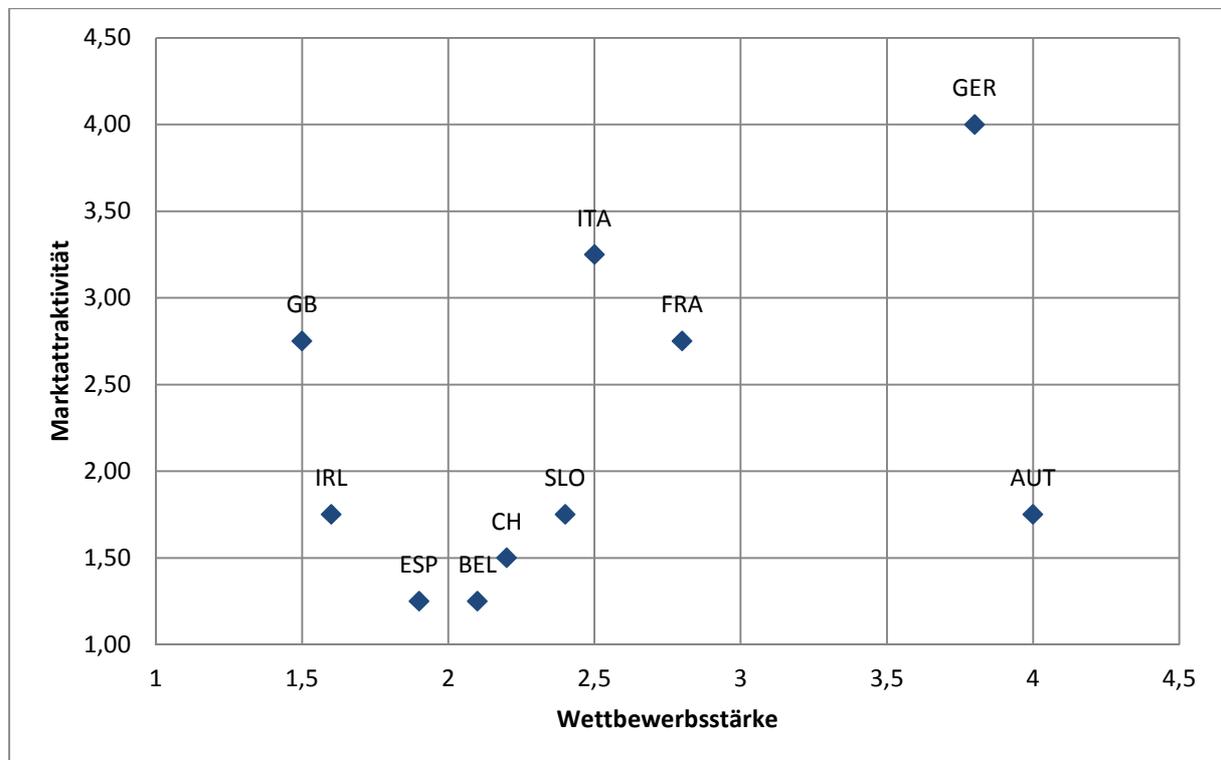


Abbildung 10: Marktattraktivitäts – Geschäftsstärke – Portfolio der untersuchten Länder

⁹⁷ In Anlehnung an MAIERHOFER, B. (2012), S. 53

Die Länder im Portfolio können prinzipiell in vier Gruppen eingeteilt werden, wobei Deutschland und Österreich jeweils eine „Gruppe“ mit nur einem Land bilden. Spanien, Irland, Belgien, Slowenien und die Schweiz befinden sich links unten, besitzen daher geringe Marktattraktivität und Wettbewerbsstärke und werden im Folgenden nicht näher betrachtet. Die Attraktivität des österreichischen Marktes ist u.a. aufgrund seines geringen Potenzials und des nicht allzu hohen Strompreisniveaus ebenfalls begrenzt, jedoch ist auf diesem Markt die Geschäftsfeldstärke KWB am stärksten ausgeprägt, was einen Markteintritt mit einem neuen Produkt erleichtern würde. Italien und Frankreich sind Märkte mit mittlerer bis hoher Attraktivität bei mittlerer Wettbewerbsstärke, hier könnte versucht werden, mit der Einführung der Mikro-KWK die Wettbewerbsstärke noch weiter zu erhöhen. Großbritannien weist die gleiche Marktattraktivität wie Frankreich auf, jedoch ist die Wettbewerbsstärke der KWB in diesem Markt gering. Im Fall von Deutschland verfügt KWB über eine hohe Wettbewerbsstärke, zum anderen ist die Marktattraktivität die mit Abstand größte aller untersuchten Märkte. Der deutsche Markt befindet sich im rechten oberen Bereich des Portfolios, das Hauptaugenmerk von KWB bei der möglichen Einführung eines Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungssystems sollte auf diesem Markt liegen.

3.2.4 Detailanalyse des deutschen Absatzmarktes

In diesem Abschnitt wird der deutsche Absatzmarkt anhand der in Punkt 3.2.1.1 erarbeiteten Segmentierung näher betrachtet, das Marktpotenzial dieses Marktes wird bestimmt. Danach wird gezeigt, in wie vielen Gebäuden die geplante Mikro-KWK von KWB auch wirtschaftlich, d.h. mit geringeren Gesamtkosten als eine Pelletheizung, betrieben werden kann. Danach wird das Marktvolumen für pelletbefeuerte Mikro-KWKs abgeschätzt und ein möglicher Marktanteil angegeben, woraus sich eine prognostizierte Absatzstückzahl ergibt, mit der in Abschnitt 3.4 die Wirtschaftlichkeit aus Sicht von KWB berechnet wird.

Für die Bestimmung des Marktpotenzials wird folgendermaßen vorgegangen: Ausgehend vom Gesamtbestand der jeweiligen Gebäudekategorie werden zuerst alle Gebäude ausgeschieden, die außerhalb des Leistungsbereichs der Mikro-KWK liegen. Wie bereits in Abschnitt 3.1.3 erwähnt, sieht das Konzept von KWB vor, dass prinzipiell alle Pelletkessel des Typs „Easyfire“ (thermische Leistung je nach Modell zwischen 8 und 35 kW) mit der KWK-Funktionalität ausgestattet werden können, das bedeutet für den vorliegenden Fall, dass alle Gebäude, für die zur Wärmebedarfsdeckung $35 \text{ kW}_{\text{th}}$ nicht ausreichend sind, ausgeschieden werden. In einem weiteren Schritt werden sämtliche Gebäude, die über einen Fernwärme- oder Gasheizungsanschluss verfügen, ausgeschieden, da Bewohner dieser Gebäude erfahrungsgemäß wenig dazu neigen, auf eine Biomasseheizung zu wechseln. Die übrigbleibenden Gebäude stellen das Marktpotenzial dar.

Die Frage, ob die jeweiligen Gebäude mit einer Heizleistung von 35 kW zufriedenstellend beheizt werden können, wurde mit Hilfe eines Simulationsprogrammes beantwortet. Dieses Programm der VDI Richtlinie 4656 „Planung und Dimensionierung von Mikro-Kraft-Wärme-

Kopplungsanlagen“ simuliert anhand von Wärme- und Stromtageslastgängen den Betrieb einer Mikro-KWK über ein ganzes Jahr. Dabei ist es im Programm möglich, Gebäudetyp, -alter, und -fläche anzugeben. Die dadurch erzeugten Wärmelastgänge sind Referenzlastprofile der VDI 4655 „Referenzlastprofile von Ein- und Mehrfamilienhäusern für den Einsatz von KWK-Anlagen“ und stellen Erfahrungswerte für ein solches Gebäude dar. Treten dabei temporär Unterdeckungen des Pufferspeichers auf, wird dies im Programm angezeigt. Somit kann mit dem Werkzeug überprüft werden, ob eine bestimmte Heizungsleistung für das Gebäude ausreichend ist. Das Programm bzw. der Ablauf der Simulation wird in Abschnitt 3.3 näher erklärt.

3.2.4.1 Erhebung des Marktpotenzials im Teilmarkt Wohngebäude

Zum Wohngebäudebestand liegen in Deutschland sehr detaillierte statistische Daten vor, diese beinhalten neben Anzahl, Alter und Größe auch die Art der Beheizung der Gebäude bzw. Wohnungen. Teilweise werden diese Daten auch kombiniert in Tabellenform dargestellt, beispielsweise kann man aus den Tabellen auslesen, wieviele der in den 70er Jahren erbauten Einfamilienhäuser zwischen 100 und 120 m² groß sind. Anhand dieser Daten wird die folgende sukzessive Segmentierung vorgenommen.

Wie in Tabelle 13 ersichtlich, stellen Einfamilienhäuser mit über 10,6 Millionen bewohnten Gebäuden das mit Abstand größte Segment innerhalb des Teilmarkts Wohnungsgebäude dar, gefolgt von den Zweifamilienhäuser, von denen ebenfalls über 3,3 Millionen erfasst sind. Die mit MFH bezeichneten Mehrfamilienhäuser (die Zahl nach der Abkürzung gibt die Anzahl der Wohneinheiten bzw. deren Spanne an) machen nur einen vergleichsweise kleinen Teil am Gesamtgebäudebestand aus, jedoch liegt ihre Zahl ebenfalls bei über 2,5 Millionen.

Segment	Bestand	Kriterium	techn. machbar	Kriterium	Marktpotenzial
Einfamilienhäuser	10643000	keine	10643000	60.6 % Gas-/Fernheizung	4193342
Zweifamilienhäuser	3305000*	keine	3305000	52.8 % Gas-/Fernheizung	1559960
MFH 3 – 6	1684000*	nach 1979; 50 % davor	1099222	72.8 % Gas-/Fernheizung	298988
MFH 7 – 12	788000*	nach 1990	78947	84.3 % Gas-/Fernheizung	12395
MFH 13 – 20	99000*	nach 2000	3152	81.8 % Gas-/Fernheizung	574
Summe	16519000		15129321		6065259

*Werte sind in der Statistik in Wohnungen angegeben, daher bei Zweifamilienhäuser Division des gefundenen Werts durch 2; bei MFH 3-6 Division durch 4,5; Rest analog

Tabelle 13: Erhebung des Marktpotenzials im Teilmarkt Wohngebäude⁹⁸

Ein- und Zweifamilienhäuser stellen aus technischer Sicht kein Problem dar, ihr Wärmebedarf kann mit der erzeugten Wärmeleistung gedeckt werden, daher entspricht die Anzahl der Gebäude in der Spalte „technisch machbar“ dem Gesamtbestand an bewohnten

⁹⁸ Eigene Darstellung, vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT (2012), S. 69 ff.

Gebäuden. Zwar gibt es sicherlich Einfamilienhäuser, die über eine beheizte Fläche von vielen hundert m² verfügen und die daher den Leistungsbereich übersteigen, jedoch werden solche Ausnahmen in der Statistik nicht gesondert erfasst und es kann daher auch kein prozentueller Anteil angegeben werden. Es wird für diese Arbeit jedoch davon ausgegangen, dass die Zahl derartiger Gebäude vergleichsweise sehr gering ist und diese vernachlässigt werden können, ohne das Ergebnis grob zu verfälschen. Um das Marktpotenzial dieser beiden Segmente zu erhalten, werden dann jene Gebäude, die über Gas- bzw. Fernheizungsanschluss verfügen, ausgeschlossen, dies betrifft 60,6 % der Einfamilien- und 52,8 % der Zweifamilienhäuser. Damit ergibt sich ein gemeinsames Marktpotenzial dieser beiden Segmente zusammen von rund 5,75 Millionen Häusern. Im Falle der Kategorie der Mehrfamilienhäuser zwischen 3 und 6 Wohneinheiten stellt sich die Frage nach der technischen Machbarkeit der adäquaten Wärmebereitstellung etwas schwieriger. Da in diesem Segment Gebäude mit unterschiedlicher Anzahl an Wohneinheiten zusammengefasst sind, ist die genaue Evaluierung mittels Simulation nur eingeschränkt möglich. Es wurde festgestellt, dass sämtliche Gebäude, die nach 1979 gebaut wurden, wärmetechnisch versorgt werden können. Für jene Objekte, die davor erbaut wurden, hängt dies von der Größe des Gebäudes ab, der technisch machbare Anteil wurde auf 50 % geschätzt. Nach Abzug des 72,8 %-igen Anteils der Gebäude mit Gas- oder Fernwärmeanschluss ergibt sich ein Marktpotenzial von knapp 300.000 Einheiten. Bei den größeren Mehrfamilienhäusern kann nur der Anteil der relativ modernen Gebäude wärmetechnisch versorgt werden, auch wird ein großer Teil gas- oder fernwärmeversorgt. Das resultierende Marktpotenzial liegt nur bei etwa 13.000 Gebäuden.

3.2.4.2 Erhebung des Marktpotenzials im Teilmarkt Gewerbe

Im Gegensatz zu den Wohngebäuden ist der Bestand an Nichtwohngebäuden relativ schlecht erfasst, es konnten kaum Informationen zu Gebäudegröße und -alter gefunden werden. Daher wird aufgrund anderer Faktoren, wie beispielsweise der Mitarbeiteranzahl von Betrieben, versucht, auf die Größe (und damit auf den Wärmebedarf) des Gebäudes zu schließen.

Die Gesamtanzahl der Nichtwohngebäude liegt bei etwa 1,7 Millionen Gebäuden, diese Zahl schließt sowohl gewerbliche Gebäude als auch Bauten, die einem kommunalen oder sozialen Zweck dienen, ein.⁹⁹ In Abschnitt 3.2.1.1 wurde anhand möglicher Einsatzgebiete für Mikro-KWKs eine Marktsegmentierung erstellt, welche im Teilmarkt Nichtwohngebäude die folgenden Segmente umfasst:

⁹⁹ Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2012)

- Büro- und Verwaltungsgebäude
- Werkstattgebäude
- Handelsgebäude
- Pensionen und Gasthöfe
- Gaststätten

Auf diese Segmente wird nachfolgend näher eingegangen. Die Anzahl der Büro- und Verwaltungsgebäude beläuft sich einer Schätzung des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zufolge auf 189.000.¹⁰⁰ Die Zahl der Werkstattgebäude wird mit 412.643 angegeben.¹⁰¹ Welche dieser Gebäude nun im Leistungsbereich einer Mikro-KWK liegen, kann nur mit Hilfe der Anzahl der Mitarbeiter (MA) der Betriebe geschätzt werden. Dabei ist die Einteilung der Größenklassen, in der die Betriebe statistisch erfasst wurden, relativ grob. In den ersten beiden betrachteten Segmenten, Büro- / Verwaltungsgebäude und Werkstattgebäude, ist die Einteilung folgendermaßen: <10 Mitarbeiter, 10-49 MA, 50-249 MA und > 250 MA. In einer Erhebung über den Energieverbrauch des Gewerbesektors wurde der durchschnittliche Energiebedarf pro Mitarbeiter in Bürogebäuden mit 6.930 kWh pro Jahr angegeben.¹⁰² Von diesem Wert ausgehend kann es als gesichert angenommen werden, dass Bürogebäude mit weniger als 10 Beschäftigten von einem Mikro-KWK beheizt werden können. Konservativ angesetzt wird die Klasse bis 49 Mitarbeiter als zu groß verworfen, für das Segment der Werkstattgebäude gilt das Gleiche. Im Segment der Handelsgebäude wird der Großhandel aus Wärmebedarfsgründen nicht behandelt, die Anzahl aller Gebäude im Einzelhandel beläuft sich auf 463.888.¹⁰³ Da der durchschnittliche Energiebedarf pro Mitarbeiter im Einzelhandel fast das Doppelte des entsprechenden Wertes für Büro- und Verwaltungsgebäude beträgt¹⁰⁴ und für den Einzelhandel auch die Anzahl der Betriebe mit weniger als 6 Mitarbeitern statistisch erfasst ist, wird diese Mitarbeiterzahl als Ausschlusskriterium für die technische Machbarkeit verwendet. Analog wird mit den ebenfalls energiebedarfsintensiven Gastronomie- und Beherbergungsstätten verfahren.

Segment	Gesamt	Kriterium	techn. machbar	Kriterium	Marktpotenzial
Büro- u. Verwaltungsgebäude	189.000	< 10 MA	144.396*	73.2 % Gas-/Fernheizung	38.698
Werkstattgebäude	412.643	< 10 MA	367.007	55.6 % Gas-/Fernheizung	162.951
Handelsgebäude	463.888	< 6 MA	240.533	70 % Gas-/Fernheizung	72.160
Pensionen und Gasthöfe	16.046	< 6 MA	9.783	67.7 % Gas-/Fernheizung	3.160
Gaststätten	129.858	< 6 MA	74.679	67.7 % Gas-/Fernheizung	24.121
Summe	1.211.435		836.398		301.090

*Prozentueller Anteil der Büro- u. Verwaltungsgebäude mit weniger als 10 Mitarbeiter konnte für Deutschland nicht herausgefunden werden, daher wurde der Wert von Österreich angenommen¹⁰⁵

Tabelle 14: Erhebung des Marktpotenzials im Teilmarkt Nichtwohngebäude¹⁰⁶

¹⁰⁰ Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2011), S. 102

¹⁰¹ Vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT (2009)

¹⁰² Vgl. FRAUNHOFER (2009), S. 89

¹⁰³ Vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT (2010a)

¹⁰⁴ Vgl. FRAUNHOFER (2009), S. 99

¹⁰⁵ Vgl. STATISTIK AUSTRIA (2011), S. 16

Schon durch das Ausschließen der Gebäude mit zu hohem Wärmebedarf reduziert sich die Zahl der Gebäude beträchtlich, vom Gesamtbestand von über 1,2 Millionen auf etwas mehr als 830.000. Werden von dieser Zahl dann noch diejenigen Gebäude mit Fern- oder Gasheizungsanschluss abgezogen, ergibt sich das Marktpotenzial des Teilmarktes Nichtwohngebäude auf knapp über 300.000. Das entspricht in etwa einem Zwanzigstel des Marktpotenzials im Wohngebäudesektor.

Marktpotenzial Deutschland:	
• Teilmarkt Wohngebäude:	6.065.259 Gebäude
• Teilmarkt Nichtwohngebäude:	301.090 Gebäude
• Gesamt:	6.366.349 Gebäude

Tabelle 15: Zusammenfassung Ergebnis Marktpotenzialerhebung Deutschland

Das gesamte Marktpotenzial ergibt sich aus der Summe der Ergebnisse der Teilmärkte (Tabelle 13 und Tabelle 14) und beträgt etwas mehr als 6,36 Millionen Gebäude.

3.2.4.3 Marktpotenzial für rentablen Betrieb aus Kundensicht

Tabelle 15 zeigt, dass die betrachtete pelletbefeuerte Mikro-KWK prinzipiell in über 6,36 Millionen Gebäuden einsetzbar ist. Dabei stellt sich die interessante Frage, in wie vielen dieser Gebäude der Einsatz dieses Geräts aus wirtschaftlicher Sicht auch sinnvoll ist. Dies soll im Folgenden beantwortet werden.

Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit wirft unmittelbar die nächste Frage auf, was denn unter Wirtschaftlichkeit zu verstehen sei und gegenüber welchem Vergleichssystem diese Wirtschaftlichkeit evaluiert werden soll. Für die durchgeführte Analyse wurde festgelegt, als Vergleichsobjekt eine Easyfire-Pelletheizung heranzuziehen. Kann das KWK-System innerhalb seiner angenommenen Lebensdauer die zusätzlichen Investitionskosten gegenüber einer Pelletheizung amortisieren, gilt es als wirtschaftlich, da für den Kunden ein Zusatznutzen darstellbar ist. Da, wie später in Abschnitt 3.3 gezeigt wird, das betrachtete Mikro-KWK-System wirtschaftlich durchaus konkurrenzfähig gegenüber anderen Mitbewerberprodukten (andere Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungen) ist, kann dieses Kriterium als angemessener Maßstab für die Wirtschaftlichkeit des Systems angenommen werden.

Auf die Wirtschaftlichkeitsanalyse und deren Vorgehensweisen und Annahmen wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen und stattdessen auf Abschnitt 3.3 verwiesen, jedoch

¹⁰⁶ Eigene Darstellung, vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2011), S. 102; STATISTISCHES BUNDESAMT (2009); FRAUNHOFER (2009), S. 99; STATISTISCHES BUNDESAMT (2010a); STATISTISCHES BUNDESAMT (2010b); FRAUNHOFER (2011), S. 36

werden die für die hier durchgeführte Analyse relevanten Resultate kurz zusammengefasst und vorweggenommen.

Die betrachtete Mikro-KWK kann wirtschaftlich betrieben werden in

- Einfamilienhäusern mit min. 4 Personen und einem Wärmebedarf von mindestens 50.000 kWh jährlich
- Zweifamilienhäusern mit min. 5 Personen und einem Wärmebedarf von mindestens 45.000 kWh jährlich
- Mehrfamilienhäusern ab einem Wärmebedarf von mindestens 35.000 kWh jährlich.

Wie bereits erwähnt, liegen für den deutschen Wohnsektor detaillierte statistische Daten vor, unter anderem die Kombination aus Gebäudetyp, -alter und -größe. Weiters kann der Wärmebedarf für eine bestimmte Gebäudeklasse (beispielsweise Zweifamilienhaus, Baujahr 1980, 200m²) mit Hilfe der VDI 4655 „Referenzlastprofile von Ein- und Mehrfamilienhäusern für den Einsatz von KWK-Anlagen“ abgeschätzt werden. Mit diesen Richtwerten kann für jede Gebäudeklasse aus den Aufzeichnungen des Gebäudebestandes der zugehörige Schätzwert des Wärmebedarfs bestimmt und damit eine Aussage über die Anzahl der Wohnobjekte, in denen die Kraft-Wärme-Kopplung wirtschaftlich betrieben werden kann, gemacht werden. Ein Problem ergibt sich hier durch die sehr spärlichen Daten zu durchgeführten thermischen Sanierungsarbeiten im Wohnsektor, es konnte nur herausgefunden werden, dass an 9 Millionen Wohneinheiten bereits thermische Sanierungen durchgeführt wurden, jedoch ohne Informationen darüber, wann diese durchgeführt wurden und was genau gemacht wurde.¹⁰⁷ Gemessen am gesamten Wohnungsbestand (36,089 Millionen WE¹⁰⁸) stellen diese sanierten Wohneinheiten einen Anteil von 24,94 % dar. Da sie in der Statistik aber dennoch nur anhand ihres Baujahres klassifiziert aufscheinen und nicht ersichtlich ist, welche Einheiten bereits saniert wurden (und wann) und welche nicht, erschwert dies die Abschätzung, in welchen Gebäuden ein wirtschaftlicher Betrieb möglich ist, erheblich. Es wurde daher angenommen, dass sich die 24,94 % sanierter Gebäude gleichmäßig auf sämtliche Gebäudeklassen aufteilen und es wurde weiters die konservative Annahme getroffen, dass in keinem dieser sanierten Gebäude ein wirtschaftlicher Betrieb möglich sei. Daher werden vom Marktpotenzial jedes Segments pauschal diese 24,94 % als Anteil bereits sanierter Wohnungen abgezogen.

¹⁰⁷ Vgl. OECD (2012), S. 10

¹⁰⁸ Vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT (2012), S. 24

Segment	Marktpotential	Kriterium	wirtschaftlich sinnvoll
Einfamilienhäuser	4.193.342	Min. 4 Personen, $Q_{th} > 50.000$ kWh	56.689*
Zweifamilienhäuser	1.559.960	Min. 5 Personen, $Q_{th} > 45.000$ kWh	432.191**
MFH 3 – 6	298.988	$Q_{th} > 35.000$ kWh	128.255
MFH 7 – 12	12.395	$Q_{th} > 35.000$ kWh	9.303
MFH 13 – 20	574	$Q_{th} > 35.000$ kWh	574
Summe	6.065.259		618.013

*Gesamtanteil an Haushalten mit 4 und mehr Personen (12,8%) für Einfamilienhäuser übernommen¹⁰⁹

**Annahme: In der Hälfte der Zweifamilienhäuser leben mehr als 4 Personen

Tabelle 16: Herleitung Marktpotenzial für rentablen Betrieb¹¹⁰

Ausgehend vom bereits erhobenen Marktpotenzial des Wohngebäudesektors (Tabelle 13) wird mit Hilfe der statistischen Daten die Verteilung der Gebäude in Bezug auf ihre Gebäudeklasse (siehe Beispiel oben) bestimmt. Dann wird mit Hilfe der VDI 4655 der Wärmebedarf dieser Gebäudeklasse abgeschätzt und bestimmt, ob der Wärmebedarf ausreichend für den aus ökonomischer Sicht sinnvollen Einsatz der Mikro-KWK ist. In Fall der Ein- und Zweifamilienhäuser kommt als zusätzliches Kriterium noch die Anzahl der Personen, die im Haushalt leben, hinzu. Dies zielt auf den Jahresstromverbrauch ab, der ebenfalls erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hat. Hier wurden zwei Annahmen getroffen: Es konnte nicht erhoben werden, wie hoch der Anteil der Einfamilienhäuser mit mindestens 4 Personen ist, sehr wohl jedoch der Anteil der Haushalte mit mindestens 4 Personen gemessen an der Zahl der Haushalte insgesamt. Daher wurde dieser Wert für Einfamilienhäuser übernommen. Im Falle der Zweifamilienhäuser gestaltet sich das Problem ähnlich, hier wurde angenommen, dass in der Hälfte der Zweifamilienhäuser mehr als 4 Personen leben.

Das Ergebnis zeigt, dass die betrachtete Mikro-KWK in über 600.000 Wohngebäuden in Deutschland wirtschaftlich betrieben werden kann, den Großteil davon stellen Zweifamilienhäuser dar, gefolgt von der Kategorie der Mehrfamilienhäuser zwischen 3 und 6 Wohneinheiten. In noch größeren Mehrfamilienhäusern ist zwar der prozentuelle Anteil der Objekte, in denen wirtschaftlicher Betrieb erwartet werden kann, vergleichsweise viel höher, allerdings ist die Zahl dieser Gebäude deutlich geringer als im Fall von Ein- und Zweifamilienhäusern.

Abbildung 11 zeigt zusammenfassend die Herleitung und die Ergebnisse für Marktpotenzial und das später eingeführte „Marktpotenzial für wirtschaftlich sinnvollen Betrieb“.

¹⁰⁹ Vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT (2011)

¹¹⁰ Eigene Darstellung, vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT (2012), S. 50 f.

	Wohngebäude	Gewerbesektor
Gebäudebestand gesamt	16.590.000	1.211.435
- techn. nicht machbar (zu groß)	1.460.679	365.037
- Gebäude mit Fernwärme- bzw. Gasheizung	9.064.062	535.308
= <u>Marktpotenzial</u>	6.065.259	301090*
- sanierte Gebäude	1.512.675	
- KWK-Betrieb unwirtschaftlich	3.903.748	
= <u>Marktpotenzial</u> (wirtsch. sinnvoll)	648.836	

Abbildung 11: Zusammenfassung Marktpotenzialerhebung

*Da sich mit dem erwähnten Simulationsprogramm der VDI Richtlinie 4656 der Betrieb von Mikro-KWKs nur in Wohngebäuden simulieren lässt, konnte die Erhebung des „Marktpotenzials für wirtschaftlich sinnvollen Betrieb“ nur für diesen Teilmarkt durchgeführt werden. Der Gewerbesektor stellt somit ein im Folgenden nicht näher betrachtetes, zusätzliches Marktpotenzial dar.

3.2.4.4 Abschätzung Marktvolumen und Marktanteil

Es wurde gerade gezeigt, dass der Einsatz einer pelletbefeuerten Mikro-KWK in über 600.000 Gebäuden innerhalb Deutschlands auch aus ökonomischer Sicht sinnvoll ist, allerdings gibt dieses Marktpotenzial keinerlei Auskunft darüber, wieviele solcher Geräte tatsächlich abgesetzt werden.

Zu Verkaufszahlen von Mikro-KWKs im Allgemeinen (also auch, oder besser gesagt, vor allem mit fossilen Brennstoffen befeuerte Geräte) gibt es Aufzeichnungen, zur Anzahl von verkauften biomassebefeuerten Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungen dagegen gibt es keine offizielle Statistik, es kann daher nur eine Abschätzung zu den Verkaufszahlen dieses Marktes getroffen werden.

Im Jahr 2011 betrug der weltweite Umsatz des Mikro-KWK-Marktes ($< 5\text{kW}_{el}$) 466 Mill. €¹¹¹, eine Steigerung von 38,7 % gegenüber dem Vorjahr, in dem es noch 336 Mill. € (23.300 Stück) gewesen waren¹¹². Rechnet man die 23.300 Stück des Vorjahres über die Umsatzsteigerung hoch, ergibt dies eine Anzahl von 32.318 verkauften Einheiten für 2011. Der Anteil der Länder der Europäischen Union betrug dabei rund ein Fünftel des weltweiten Marktes, mit ca. 6.600 verkauften Einheiten. Der Markt der Nicht-EU-Länder, auf den fast 80 % entfallen, wird praktisch allein durch Japan dargestellt (ca. 98 %)¹¹³. Deutschland stellt innerhalb der EU mit ca. 3000 verkauften Geräten den weitaus größten Absatzmarkt für Mikro-KWKs dar (macht also ca. 45 % des Marktes innerhalb der EU aus).¹¹⁴

Bei einer jährlichen Anzahl von Heizungsinstallationen von 640.000¹¹⁵ (in Deutschland) haben also Mikro-KWKs einen Anteil von in etwa 0,5 %. Geht man nun von der Annahme aus, dass sich dieses Verhältnis auch im Segment der Biomasseheizungen widerspiegelt, kann damit eine Einschätzung zu den verkauften Biomasse-Mikro-KWK-Geräten getroffen werden. Das Marktvolumen für Biomasseheizungen (in Deutschland) beträgt 19.500 verkaufte Einheiten (Stand 2011). Nimmt man also an, dass davon 0,5 % Mikro-KWK-Anlagen sind, erhält man gerundet ein Marktvolumen von 100 Stück pro Jahr in Deutschland.

Das Gesamtmarktvolumen innerhalb der EU wird (Deutschland macht 45 % des Gesamtmarktes aus) demnach mit 222 Stück pro Jahr angenommen.

Bei einem prognostizierten Marktanteil von 20 % wären damit Verkaufszahlen von 45 Stück pro Jahr anzunehmen.

3.3 Wirtschaftlichkeitsanalyse Endkunde

In diesem Abschnitt wird eine Wirtschaftlichkeitsanalyse aus Sicht des Endkunden durchgeführt, dabei werden die Kosten der pelletbefeuerten Mikro-KWK zum einen mit denen einer Pelletheizung, zum anderen mit denen verschiedener Konkurrenz-KWKs verglichen. Die Kostenberechnung wird mit Hilfe der in Abschnitt 2.3.1 vorgestellten Kapitalwertmethode durchgeführt, für die Gegenüberstellung von Pelletheizung und der betrachteten Mikro-KWK werden die Ergebnisse in Form einer dynamischen Amortisationsrechnung dargestellt.

Im Folgenden werden zuerst Methodik und grundsätzliche Annahmen erklärt, danach werden Ergebnisse und Erkenntnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse gezeigt, zum einen im Vergleich zu einer Pelletheizung ohne KWK-Funktionalität, zum anderen im Vergleich zu anderen, mit fossilen Brennstoffen betriebenen Geräten.

¹¹¹ Vgl. DELTA EE (2012a), S. 3

¹¹² Vgl. DELTA EE (2011), S. 2

¹¹³ Vgl. DELTA EE (2012a), S. 3

¹¹⁴ Vgl. DELTA EE (2012b), S. 5

¹¹⁵ Vgl. VERHEYEN, O. (2011), S. 59

3.3.1 Grundlagen, Methodik und Annahmen

Nachfolgend wird zuerst das Simulationsprogramm, das die Basis für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen darstellt, im Detail vorgestellt, danach wird auf die getroffenen Annahmen bezüglich der Berechnung näher eingegangen. Der angenommene Endkunde dieser Analyse ist eine Privatperson, die eine Mikro-KWK in seinem Wohnobjekt betreibt. Die Marktanalyse wurde für den gesamten Leistungsbereich, der durch Kessel des Typs Easyfire abgedeckt werden kann, durchgeführt. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse dagegen wird aus praktischen Gründen nur für ein Modell durchgeführt, nämlich jenes mit 15 kW_{th}.

3.3.1.1 Simulationstool VDI 4546

Als Grundlage der Wirtschaftlichkeitsanalyse dient ein Simulationsprogramm des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI), das auf der Richtlinie VDI 4546 „Planung und Dimensionierung von Mikro-KWK-Anlagen“ basiert. Dieses Programm simuliert den Betrieb von Mikro-KWKs in Wohngebäuden anhand der Wärme- und Stromtageslastgänge des jeweiligen Objekts und gibt als Ergebnis verschiedene technische Parameter zurück, auf deren Basis die Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt wurde. Abbildung 12 gibt einen schematischen Überblick über den Ablauf der Simulation.

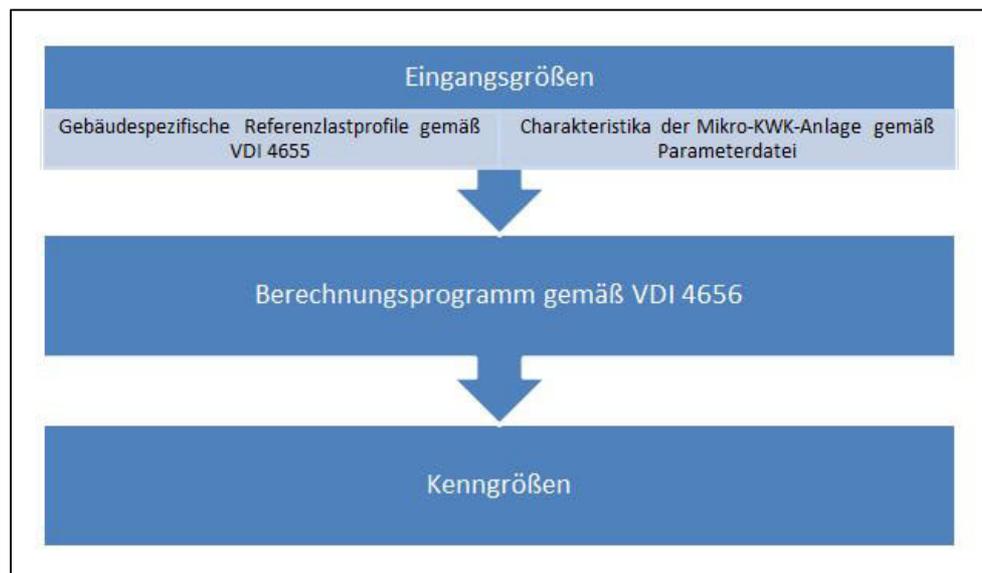


Abbildung 12: Überblick Simulationsprogramm VDI 4656¹¹⁶

¹¹⁶ Eigene Darstellung, in Anlehnung an E.ON (2011), S. 8

Nachfolgend werden einige der wichtigsten Kenngrößen aufgelistet:

- Betriebsstunden
- Vollbenutzungsstunden
- Anzahl Startvorgänge
- erzeugte Strommenge
- eigengenutzte Strommenge
- eingespeiste Strommenge
- Brennstoffverbrauch
- thermische Unterdeckung des Pufferspeichers

Da im allgemeinen Kraft-Wärme-Kopplungen und Heizungen in ihrer Leistung gedrosselt werden können, wenn der anfallende Wärmebedarf deutlich unter der Nennleistung des Gerätes liegt, ist es zweckmäßig, anstatt der Betriebsstunden, die die gesamte Zeitdauer angibt, die das Gerät tatsächlich in Betrieb gewesen wäre, die Vollbenutzungsstunden zur Beurteilung der Auslastung des Geräts heranzuziehen. Die Vollbenutzungsstunden geben hierbei die Zeit an, die das Gerät benötigt, um bei Nennleistung dieselbe Energiemenge zu produzieren¹¹⁷ (im Unternehmen KWB werden die Vollbenutzungsstunden auch als Volllastäquivalent bezeichnet). Mit Hilfe der Anzahl der Startvorgänge ist ersichtlich, ob die Heizung nicht eventuell leistungsmäßig für das ausgewählte Gebäude überdimensioniert ist. Eine hohe Anzahl von Startvorgängen führt neben erhöhten an- und Abfahrverlusten zu einer verkürzten Gerätelebensdauer und sollte daher vermieden werden.¹¹⁸ Ist die Leistung der Heizungs- oder KWK-Anlage für das ausgewählte Gebäude zu gering und die Anlage kann zu irgendeinem Zeitpunkt des simulierten Jahres den Wärmebedarf des Gebäudes nicht decken und es tritt daher eine Unterdeckung des Wärmespeichers (auch Pufferspeicher genannt) auf, so wird dies ebenfalls vom Programm angezeigt.

Anhand der Parameter Brennstoffverbrauch, eingespeiste und eigengenutzte Strommenge kann man die jeweiligen Kosten und Erlöse bzw. Einsparungen, die innerhalb des simulierten Jahres durch den Betrieb der Heizungs-/KWK-Anlage entstanden sind, berechnen. Es wird angenommen, dass dieses Referenzjahr stellvertretend für alle Jahre während der Nutzungsdauer ist. Daher unterscheiden sich die ergebenden Kosten und Erlöse der verschiedenen Jahre nur aufgrund des Einflusses ihres zeitlichen Anfalls (Berücksichtigung durch den kalkulatorischen Zinssatz).

Referenzlastprofile:

Wie bereits erwähnt, wird ein ganzes Jahr anhand von Tageslastgängen des Wärme- und Stromverlaufs simuliert, bestehend aus durchgehenden Jahresmessdaten erstellt, unterteilt in 365 Tage mit den zugehörigen Tageslastgängen. Wenn für ein spezifisches Wohnobjekt diese Daten zur Verfügung stehen (gemessen wurden), können diese ins Programm geladen werden und die Simulation kann für dieses spezifische Gebäude durchgeführt werden. Stehen solche Messdaten nicht zur Verfügung oder will man gezielt, wie in diesem Fall, ein

¹¹⁷ Vgl. VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2009), S. 45

¹¹⁸ Vgl. VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2011), S. 13

möglichst stellvertretendes Beispiel zu einem bestimmten Gebäudetyp simulieren, stellt das Programm Referenzmessdaten auf Basis der VDI 4655 "Referenzlastprofile von Ein- und Mehrfamilienhäusern für den Einsatz von KWK-Anlagen" zur Verfügung. Um ein Jahr simulieren zu können wurden dafür 10 sogenannte „Typtagkategorien“ definiert, diese werden in Tabelle 17 dargestellt.

Jahreszeit	Werktag W		Sonntag S	
	Heiter H	Bewölkt B	Heiter H	Bewölkt B
Übergang Ü	ÜWH	ÜWB	ÜSH	ÜSB
Sommer S	SWX		SSX	
Winter W	WWH	WWB	WSH	WSB

Tabelle 17: Überblick Typtagkategorien¹¹⁹

Das Programm unterscheidet also 10 verschiedene Typen von Tagen, wobei für jeden dieser 10 Typen ein Referenzlastprofil sowohl bezüglich des Wärme- als auch des Strombedarfs zur Verfügung steht. Das Tool unterscheidet innerhalb Deutschlands 15 verschiedene Klimazonen, je nachdem, wo genau in Deutschland sich das zu simulierende Gebäude befindet (dies muss vom Benutzer im Programm angegeben werden), wird durch entsprechende Aneinanderreihung der verschiedenen Typtage ein gewisses Klima simuliert. Für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Simulationen wurde durchgehend eine bestimmte Klimazone verwendet. Diese Klimazone („schwäbisch-fränkisches Stufenland, Alpenvorland“) liegt bezüglich des nötigen Heizbedarfs im Mittelfeld der erwähnten fünfzehn Klimazonen, sie repräsentiert sozusagen das „durchschnittliche deutsche Klima“.

Modell der Mikro-KWK:

Wie in Abbildung 12 gezeigt, muss, um eine Mikro-KWK- oder eine Heizungsanlage mit diesem Programm simulieren zu können, ein entsprechendes Modell des Gerätes erstellt und in Form einer Parameterdatei ins Programm eingelesen werden. Dabei sind nicht nur die sog. statischen Parameter des Geräts, also beispielsweise sein elektrischer oder thermischer Wirkungsgrad bei Teil- und Volllast, sondern auch die dynamischen Parameter, wie z.B. das Anfahrverhalten (Verlauf der thermischen und elektrischen Leistungsaufnahme bzw. -abgabe während des Einschalt- und Anlaufvorgangs) anzugeben. Abbildung 13 zeigt das Anfahrverhalten für das erstellte Modell der pelletbefeuerten Mikro-KWK. Der zeitliche Verlauf der thermischen Leistungsabgabe während des Anlaufvorgangs wurde anhand von zur Verfügung gestellten Messdaten modelliert, der Verlauf der elektrischen Leistungsaufnahme u. -abgabe wurde mit Hilfe von KWB-internen Erfahrungswerten modelliert. Die rote Linie in der Abbildung zeigt den Verlauf der elektrischen Leistungsaufnahme bzw. -abgabe, die grüne Linie dagegen den der thermischen Leistungsabgabe. Die kurze Spitze der thermischen Ausgangsleistung knapp vor der 1000

¹¹⁹ In Anlehnung an E.ON (2011), S. 8

Sekunden - Marke erklärt sich dadurch, dass während des Zündvorgangs die Wasserpumpe des Geräts noch ausgeschaltet ist. Wenn sich diese einschaltet, fließt das bereits erhitzte Wasser los und bildet die dargestellte Spitze.

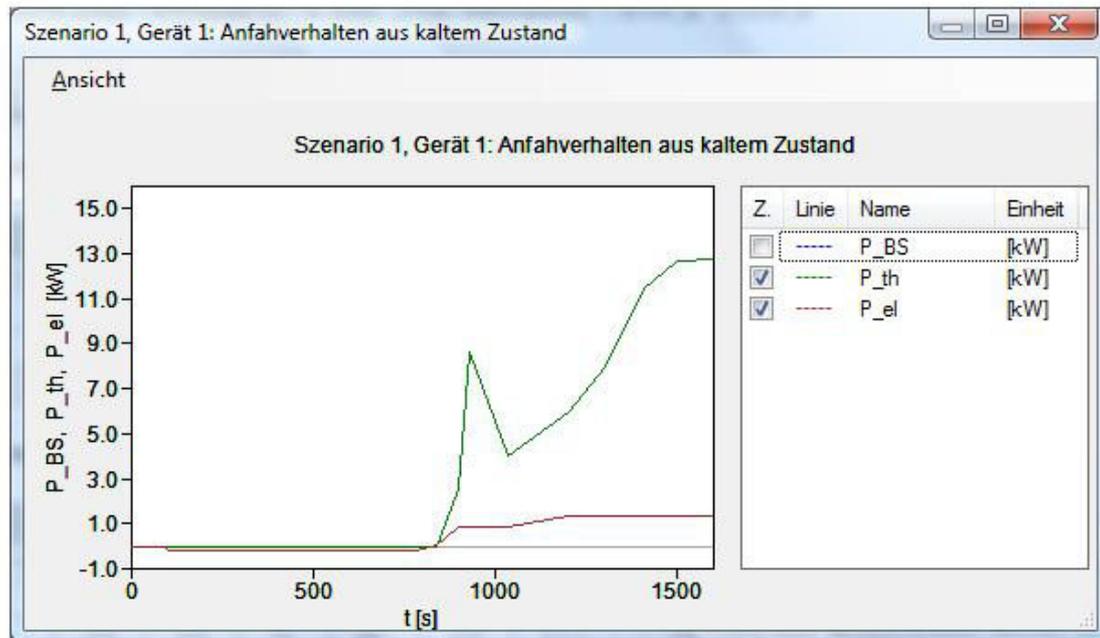


Abbildung 13: Anfahrverhalten der Mikro-KWK

Es wurden drei verschiedene Modelle für die pelletbefeuerte Mikro-KWK erstellt, diese unterscheiden sich nur hinsichtlich ihres elektrischen Wirkungsgrades (Näheres dazu im Abschnitt zur Methodik). Um die Wirtschaftlichkeit der Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung mit der einer Pelletheizung vergleichen zu können, wurde auch eine solche Heizung modelliert. Einige Modelle von Mitbewerbergeräten werden bereits im Programm mitgeliefert und konnten daher verwendet werden, um den entsprechenden Wirtschaftlichkeitsvergleich anstellen zu können.

Betriebsarten:

Prinzipiell können Mikro-KWKs im Simulationsprogramm auf zwei verschiedene Arten betrieben werden, man unterscheidet die

- wärmegeführte und die
- stromgeführte Betriebsweise.

Im ersteren Fall wird die Anlage dann eingeschaltet, wenn Wärmebedarf anfällt, im letzteren Fall bestimmt der momentane Strombedarf darüber, zu welchen Zeitpunkten die Anlage läuft, unabhängig davon, ob die erzeugte Wärme gebraucht wird oder nicht. Darüber hinaus gibt es noch eine dritte Betriebsart, welche eine Mischung aus den beiden genannten Betriebsmodi darstellt. In dieser wärmegeführten, stromoptimierten Betriebsweise entscheidet zwar grundsätzlich der Wärmebedarf über die maximal erzeugbare

Wärmemenge und damit auch Strommenge (das Gerät wird also nicht im Hochsommer Wärme erzeugen, nur weil gerade Strombedarf anfällt), allerdings wird (Pufferspeicher vorausgesetzt) der Einschaltzeitpunkt so gewählt, dass sich die Stromproduktion des Geräts mit dem zeitlichen Anfall des Strombedarfs deckt und so möglichst viel des Eigenstrombedarfs abgedeckt werden kann.¹²⁰ Die produzierte Wärme wird währenddessen im Puffer gespeichert und kann zu einem späteren Zeitpunkt für Heizzwecke oder die Warmwasseraufbereitung genutzt werden.

Das Simulationsprogramm stellt leider nur die Möglichkeit der Simulation einer der beiden oben angeführten Betriebsweisen zur Verfügung, daher wurde die wärmegeführte Variante gewählt. Es sei jedoch angemerkt, dass die Simulationsergebnisse, die die Basis der Wirtschaftlichkeitsberechnungen darstellen, damit tendenziell eine geringere Stromeigenbedarfsabdeckung als prinzipiell möglich anzeigen. Damit könnte sich im realen Fall des Betriebs einer Mikro-KWK die Wirtschaftlichkeit aufgrund höherer Einsparungen etwas besser darstellen als in der Simulation.

3.3.1.2 Methodik der Wirtschaftlichkeitsanalyse

Wie bereits erwähnt, wird für den Vergleich der Wirtschaftlichkeit der geplanten Mikro-KWK mit einer Pelletheizung jeweils das 15 kW - Modell herangezogen, für den Vergleich wird eine dynamische Amortisationsrechnung bezüglich der zusätzlichen Investitionskosten durchgeführt. In anderen Worten, es wird untersucht, ob die Erlöse der Stromeinspeisung und die Einsparungen durch Stromeigenbedarfsdeckung die zusätzlichen Investitionskosten (und höheren Betriebskosten) gegenüber der Pelletheizung innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer übersteigen und wenn ja, wie lange es dauert, bis dieser Zeitpunkt erreicht ist. Für den Vergleich mit den verschiedenen Mitbewerber-Geräten wird der Zeitverlauf der Gesamtkosten (reduziert um die erzielten Erlöse und Einsparungen) eines jeden Geräts über die angenommene Nutzungsdauer angezeigt, die kumulierten Gesamtkosten am Ende dieser Zeitspanne werden als Maß für die Wirtschaftlichkeit herangezogen.

Nachfolgend ein kurzer Überblick über die getroffenen Annahmen:

- Nutzungsdauer KWK-Modul bzw. KWK-Anlage: 10 Jahre
- Nutzungsdauer Pelletkessel: 20 Jahre
- wärmegeführte Betriebsweise, mit Pufferspeicher (gilt für alle Geräte)
- Bruttopreis für KWK-Modul (zusätzlicher Preis zum Pelletkessel): 4.000 €
- Brennstoff- u. Strompreise sowie Einspeisetarife: aktuelle Werte Deutschland
- kalk. Zinssatz: 3 %

¹²⁰ Vgl. PIELKE, M.; WISSING, C.; KURRAT, M. (2008), S. 3

Die Annahme der Nutzungsdauer eines KWK-Geräts mit 10 Jahren ist konservativ, viele Quellen gehen auch von einer Nutzungsdauer von 15 Jahren aus¹²¹, andere unterscheiden die Lebensdauer je nach verwendeter Technologie¹²² und wieder andere geben als vorsichtig angesetzten Wert eine Dauer von mindestens 10 Jahren an¹²³. Jedoch gibt es im Leistungsbereich der Mikro-KWKs noch kaum Erfahrungswerte und es kann keine genaue Aussage dazu gemacht werden, daher wurde die Entscheidung getroffen, tendenziell vom schlechteren Fall auszugehen. Zum Punkt der Strompreise ist anzumerken, dass der deutsche Strompreis im europäischen Vergleich sehr hoch ist, was der Wirtschaftlichkeit von Mikro-KWKs zugutekommt, weil dadurch jede Kilowattstunde an eingespartem Strombezug zu einer vergleichsweise hohen Einsparung von Kosten führt.

Da Fördermaßnahmen in Form von staatlichen Investitionszuschüssen relativ schnell wieder zurückgezogen werden können, wurde entschieden, dass in dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung keine solchen Zuschüsse berücksichtigt werden. Im Falle der Einspeiseförderung, die in Deutschland jedem Betreiber für die Dauer von 10 Jahren zusteht, wurde entschieden, die Wirtschaftlichkeitsberechnung einmal mit und einem ohne die Einspeiseförderung nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) durchzuführen. Wie bereits in Abschnitt 3.2.3 ausgeführt, ist diese Förderung für die geplante Mikro-KWK attraktiver als jene nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), obwohl die Höhe der Förderung mit 5,41 €/kWh niedriger ist¹²⁴. Allerdings wird der Bonus auch für eigengenutzten Strom ausgezahlt¹²⁵, was im Fall der pelletbefeuerten Mikro-KWK lukrativer ist als die Auszahlung von 14,3 €/kWh für eingespeisten Strom¹²⁶ nach dem EEG.

Wie bereits erwähnt, wurden für die Brennstoff- und Strompreise sowie Einspeisetarife die aktuellen Werte für Deutschland herangezogen, in Tabelle 18 werden diese in Form einer kleinen Übersicht dargestellt. Laut § 4, Absatz 3 des KWKG, kann der eingespeiste Strom mit dem durchschnittlichen Preis für Grundlaststrom des vorangegangenen Quartals an der Leipziger Strombörse EEX vergütet werden¹²⁷. Dieser betrug im 3. Quartal 2012 4,352 Cent pro Kilowattstunde.¹²⁸ Der angesprochene Bonus für jede erzeugte Kilowattstunde Strom beträgt 5,41 Cent pro Kilowattstunde (KWK-Bonus nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz). Die Summe aus Grundvergütung und KWK-Bonus ergibt die geförderte Einspeisevergütung. Weiters bekommt man für jede eingespeiste Kilowattstunde vom Energieversorgungsunternehmen eine Vergütung für vermiedene Netznutzungsentgelte, diese wurde mit 1 Cent angenommen.¹²⁹ Da der Strom-Einkaufspreis vom jährlichen Verbrauch abhängt, wurde dies auch für die Berechnung übernommen, die Werte stellen den Durchschnittswert der deutschen Stromanbieter dar.¹³⁰ Die für Gas und Heizöl entrichtete

¹²¹ Vgl. VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2012), S. 22

¹²² Vgl. ENERGY ECONOMICS GROUP, TU WIEN (2010), S. 47

¹²³ Vgl. E.ON

¹²⁴ Vgl. § 7, Abs. 1, KWKG (2012)

¹²⁵ Vgl. § 4, Abs. 3a, KWKG (2012)

¹²⁶ Vgl. § 27, Abs. 1, EEG (2012)

¹²⁷ Vgl. § 4, Abs. 3, KWKG (2012)

¹²⁸ Vgl. EUROPEAN ENERGY EXCHANGE

¹²⁹ Vgl. TU MÜNCHEN (2011), S. 5

¹³⁰ Vgl. EUROSTAT (2012) nrg_pc_204

Energiesteuer kann bei Mikro-KWKs wieder zurückerstattet werden (0,55 Cent/kWh bei Erdgas, 0,212 Cent/kWh bei Heizöl extraleicht)¹³¹, bei den angegebenen Preisen für diese Energieträger ist die Energiesteuer bereits abgezogen.

KWK-Bonus	[€ct/kWh]	5,41
Vermiedenes Netznutzungsentgelt	[€ct/kWh]	1
Einspeisevergütung (ohne Förderung)	[€ct/kWh]	4,352
Einspeisevergütung (mit Förderung nach KWK-G)	[€ct/kWh]	9,762
Einkaufspreis Strom (5.000 kWh < jährl. Stromverbrauch < 15.000 kWh)	[€ct/kWh]	24,66
Einkaufspreis Strom (jährl. Stromverbrauch >= 15.000 kWh)	[€ct/kWh]	23,74
Brennstoffkosten Pellets	[€ct/kWh]	4,93
Brennstoffkosten Erdgas	[€ct/kWh]	6,27
Brennstoffkosten Heizöl EL	[€ct/kWh]	8,87

Tabelle 18: Verwendete Brennstoff- u. Strompreise sowie Einspeisetarife für die Wirtschaftlichkeitsrechnung¹³²

Ein wichtiger Faktor für den wirtschaftlichen Betrieb von Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungen ist deren elektrischer Wirkungsgrad, je mehr Elektrizität bei gegebener Wärmelast erzeugt werden kann, umso höher die Erträge bzw. Einsparungen. Da KWB jedoch noch nicht über ein solches Gerät verfügt, sondern bisher nur das Konzept besteht, kann noch nicht mit Gewissheit gesagt werden, über welchen Wirkungsgrad die Anlage letztlich verfügen wird, was einen zusätzlichen Unsicherheitsfaktor in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung darstellt. Es wird davon ausgegangen, dass das Gerät gemäß dem vorliegenden Konzept einen elektrischen Nettowirkungsgrad (erzeugte Strommenge minus Eigenverbrauch des Geräts) von 8 % erreichen wird. Um die Auswirkungen einer möglichen Abweichung von diesem Wert abschätzen zu können, wurden zusätzlich zwei Modelle erstellt und simuliert. Eines davon stellt den „worst case“ aus technischer Sicht dar und verfügt über einen elektrischen Wirkungsgrad von nur 6%, das Modell des „best case“ erzeugt dagegen formt 10 % der Brennstoffleistung in elektrische Energie um. Diese drei Modelle werden in aufsteigender Reihenfolge nun durchnummeriert, das „worst case“-Modell wird als KWK 1 bezeichnet, das des „average case“ als KWK 2 und das Modell des optimistischen Falles als KWK 3. Alle drei Modelle können bei Bedarf ihre thermische Leistung auf bis zu 50 % der Maximalleistung reduzieren (modulierender Betrieb). In diesem Fall (Leistungsabgabe 50 % d. Maximalleistung) wurde ein Abfall des elektrischen Wirkungsgrades von 1 % modelliert. In Abbildung 14 werden die drei verschiedenen Modelle mit ihren elektrischen und thermischen Wirkungsgraden und den entsprechenden Absolutwerten ebenso dargestellt wie die Pelletheizung, die als Vergleichsobjekt dient.

¹³¹ Vgl. ENERGIEAGENTUR FREIBURG

¹³² Vgl. EUROPEAN ENERGY EXCHANGE, TU MÜNCHEN (2011), S. 5, EUROSTAT, Datensatz: nrg_pc_204, siehe Anhang, DEPV

	KWK 1	KWK 2	KWK 3	Easyfire 15 kW
η_{th} [%]*	80,5	80,5	80,5	94,3
P_{th} [kW]	12,8	12,8	12,8	15,0
η_{el} [%]	6,0	8,0	10,0	
P_{el} [kW]	1,04	1,36	1,68	

*angegebene Werte gültig bei Nennlast

Abbildung 14: Übersicht Leistungen und Wirkungsgrade KWKs und Easyfire

Es ist ersichtlich, dass die KWK-Modelle über einen deutlich reduzierten thermischen Wirkungsgrad verfügen. Dies liegt vor allem daran, dass das Dampfmodul für seinen Betrieb Wärmeenergie aus dem Kessel entzieht, um daraus über den Umweg der Umwandlung in Bewegungsenergie letztlich elektrische Energie zu erzeugen. Diese entzogene Wärmeenergie steht demnach nicht mehr als Nutzwärme am Ausgang der Heizung zur Verfügung und reduziert damit den thermischen Wirkungsgrad der Anlage. Man könnte nun einwenden, dass der thermische Wirkungsgrad der reinen Pelletheizung den Gesamtwirkungsgrad (Summe aus elektrischem und thermischem Wirkungsgrad) der Mikro-KWK-Anlagen übersteigt, also die Energieeffizienz der Kraft-Wärme-Kopplungssysteme niedriger ist. Jedoch wurde der Strom, der im Falle einer Pelletheizung aus dem Netz bezogen werden muss, ebenfalls verlustbehaftet erzeugt, sodass die Mikro-KWKs in Summe doch eine beträchtliche Energieeffizienzsteigerung aufweisen.

Ein weiterer wichtiger Punkt bezüglich der Methodik betrifft die Auswahl der Gebäude, in denen die Anlagen simuliert wurden. Grundsätzlich hängt der Betrieb und daran gekoppelt die Wirtschaftlichkeit vom Gebäude ab, in dem das Gerät betrieben wird. Weil aber jedes Wohnobjekt seine eigenen Charakteristika bezüglich Wärme- und Stromlastverlauf aufweist, müsste theoretisch für jedes Objekt eine eigene Simulation durchgeführt werden. Da dies praktisch nicht durchführbar ist, wurden experimentell die für die Wirtschaftlichkeit bedeutendsten Einflussfaktoren herausgefiltert und eine Klassifizierung entsprechend dieser Faktoren vorgenommen.

In den durchgeführten Experimenten zeigte sich, dass die Wirtschaftlichkeit der Mikro-KWKs durch zwei dominante Faktoren geprägt wird, dies sind

- der jährliche Wärmebedarf und
- der jährliche Strombedarf.

Der Wärmebedarf gibt die Laufzeit vor, die das Gerät in Betrieb ist und damit auch die erzeugte Strommenge. Je höher der jährliche Strombedarf, umso höher wird bei gegebenem Wärmebedarf (gegebener Laufzeit) die Eigenbedarfsdeckung in Relation zur gesamten produzierten Strommenge ausfallen. Da der Einkaufspreis für Strom speziell im Fall von Privathaushalten deutlich höher ist als der Einspeisetarif, der im Fall der Einspeisung ins

Netz bezogen wird, überwiegt die Höhe der Einsparung durch Eigenbedarfsdeckung bei weitem die des Ertrages der Einspeisung. Daher ist es für den Betreiber der Mikro-KWK viel lukrativer, seinen Eigenbedarf zu decken als ins Netz einzuspeisen. Damit gilt: Je höher die Eigenbedarfsdeckung, desto wirtschaftlicher der Betrieb.

Werden nun die simulierten Wohnobjekte entsprechend dieser beiden Faktoren geordnet, ergibt sich eine Wärmebedarfs-/Strombedarfs-Matrix, deren Anwendung verallgemeinerbare Resultate erlaubt. Will man also eine Einschätzung über die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes einer Mikro-KWK in einem konkreten Wohnobjekt treffen, genügt es, den jährlichen Wärme- und Strombedarf zu ermitteln und die Position dieses Wohnobjektes in der Matrix zu bestimmen. Da für die einzelnen Elemente der Matrix die Wirtschaftlichkeit bekannt ist, gibt die Position Auskunft über den wirtschaftlich sinnvollen Einsatz.

jährlicher Wärmebedarf [kWh]					
jährlicher Strombedarf [kWh]		20k	30k	40k	50k
	5k	EFH 3 Pers. 1990	EFH 3 Pers. 1975	EFH 3 Pers. 1975	EFH 3 Pers. 1960
	9k	EFH 5 Pers. 2000	EFH 5 Pers. 1990	EFH 5 Pers. 1980	EFH 5 Pers. 1960
	15k	MFH 5 WE 2005	MFH 5 WE 1990	MFH 5 WE 1990	MFH 5 WE 1990
	21k	MFH 7 WE 2005	MFH 7 WE 2000	MFH 7 WE 1990	MFH 7 WE 1990

Abbildung 15: Wärmebedarfs-/Strombedarfsmatrix

Diese Matrix inklusive ihrer Elemente, der simulierten Wohnobjekte, wird in Abbildung 15 gezeigt. Horizontal sind die Gebäude anhand ihres Wärmebedarfs aufsteigend geordnet, vertikal anhand ihres Strombedarfs. Das Objekt der ersten Zeile ist ein Einfamilienhaus mit 3 darin lebenden Personen, je nach Position entlang der horizontalen Achse variiert das Baujahr beziehungsweise die Größe des Gebäudes, was sich in unterschiedlich großem Wärmebedarf niederschlägt. Die Größe des Gebäudes wurde dabei so angepasst, dass der jährliche Wärmebedarf dem gewünschten Matrixwert entspricht. Wird die Anzahl der im Haushalt lebenden Personen auf fünf erhöht, ergibt sich ein höherer Strombedarf. Die Angaben bezüglich des Strombedarfs in Abhängigkeit der im Gebäude lebenden Personen wurden dem Anhang der VDI 4656 entnommen. Die dritte und vierte Zeile der Matrix

bestehen jeweils aus einem Mehrfamilienhaus mit 5 bzw. 7 Wohneinheiten, was sich in unterschiedlichem Strombedarf niederschlägt, wiederum mit variierendem Wärmebedarf. Je weiter unten rechts sich ein Wohnobjekt in dieser Matrix befindet, umso wirtschaftlicher ist der Einsatz der Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung im Vergleich zu einem herkömmlichen Heizungssystem.

3.3.2 Wirtschaftlichkeitsvergleich mit einer Pelletheizung

Im Zuge dieser Berechnungen wird angenommen, dass es sich aus Sicht des Endkunden um einen Erstkauf einer Pelletheizung (oder Mikro-KWK) handelt, daher müssen neben den Anschaffungskosten des Kessels auch weitere Kosten, wie beispielsweise jene für die Lagerung der Pellets, einkalkuliert werden. Die verwendeten Werte werden in Tabelle 19 aufgelistet.

Gerätname		KWB KWK	KWB Easyfire 15 kW
Anschaffungskosten Heizanlage	[€]	17.144	17.144
Anschaffungskosten Pufferspeicher	[€]	2.390	2.390
Anschaffungskosten KWK-Modul	[€]	4.000	0
Installationskosten	[€]	2.080	1.900
Förderung Kessel	[€]	0	0
Förderung KWK – Modul	[€]	0	
Kosten f. Wartungsvertrag	[€/a]	384	192
sonstige betriebsgeb. Kosten (Instandhaltung, etc.)	[%/a]	2	2

Tabelle 19: Verwendete Werte für den Wirtschaftlichkeitsvergleich mit Pelletheizung

Die Anschaffungskosten der Heizanlage umfassen neben den Kosten eines Kessels des Typs Easyfire 15 kW inklusive Sauganlage (11.913,60 € brutto), Rücklaufanhebung (2.715,60 €) und Heizkreisgruppe (1.034,40 €) auch jene, die den Lagerraum betreffen (in Summe 1.480,80 €)¹³³. Die Summe ergibt die zum Punkt „Anschaffungskosten Heizanlage“ zusammengefassten Kosten. Wie bereits in Abschnitt 3.3.1 beschrieben, werden die zusätzlichen Anschaffungskosten für die Anlage mit KWK-Funktionalität mit 4.000 € angenommen. Dem Pufferspeicher (750 l Fassungsvermögen), der in beiden Systemen zur Anwendung kommt, wurde ein Preis von 2.390 € zugeschrieben. Die Installationskosten für Montage und Erneuerung der Umwälzpumpen wurden mit 1.900 € angenommen¹³⁴, im Falle des Mikro-KWK-Systems fallen zusätzlich 180 € für Kauf und Montage zweier Stromzähler an (einer direkt an den Generatorklemmen der KWK um die erzeugte Strommenge zu zählen, der andere für die eingespeiste Strommenge). Staatliche Investitionszuschüsse werden, wie bereits erwähnt, nicht berücksichtigt. Die jährlichen Kosten für einen Wartungsvertrag betragen für eine Pelletheizung 192 €¹³⁵, im Falle des KWK-Systems wird vom Doppelten ausgegangen. Der Wartungsvertrag umfasst auch den Ersatz von

¹³³ Unternehmensinterne Information, Listenpreise inkl. 20% MWSt.

¹³⁴ CERVENI, M. (2012), S. 17

¹³⁵ Unternehmensinterne Information

Verschleißteilen, darüber hinausgehende, zusätzlich auftretende Kosten bezüglich der Instandhaltung der Anlage werden in Anlehnung an andere Kostenvergleiche mit 2 % der Investitionssumme der Anlage (Heizanlage plus gegebenenfalls KWK-Modul, ohne Pufferspeicher) berücksichtigt¹³⁶, was sich im Fall der Mikro-KWK-Anlage mit 423 €, im Fall der Pelletheizung mit 343 € niederschlägt. Die jährlichen Kosten für den Rauchfangkehrer werden mit 94,64 €, die Kosten pro Pelletslieferung mit 26 € veranschlagt¹³⁷.

3.3.2.1 Ergebnisse für Einfamilienhaus mit 3 Personen, Baujahr 1960 (ME 1-4)

In einem von 3 Personen bewohnten, 1960 erbauten Einfamilienhaus mit einer beheizten Fläche von 162 m² (Matrixelement (ME) 1-4 in der Wärmebedarfs-/Strombedarfsmatrix in Abbildung 15) ergibt der Kostenvergleich der beiden Systeme das in Abbildung 16 gezeigte Bild. Um die Übersichtlichkeit zu verbessern, wird nicht der Gesamtkostenverlauf der beiden Anlagen gegenübergestellt, sondern wie bereits in Abschnitt 3.3.1 beschrieben, eine dynamische Amortisationsrechnung bezüglich der zusätzlichen Investitionskosten der KWK-Anlage dargestellt. Es wird also untersucht, ob die Erlöse der Stromeinspeisung und die Einsparungen durch Stromeigenbedarfsdeckung die zusätzlichen Investitionskosten (und höheren Betriebskosten) gegenüber der Pelletheizung innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer übersteigen und wenn ja, wie lange es dauert, bis dieser Zeitpunkt erreicht ist. Der Kapitalwert zum Anschaffungszeitpunkt beträgt daher -4.180€ (Kosten des KWK-Moduls plus die zusätzlichen Investitionskosten für die Stromzähler) und verringert sich im Zeitverlauf. Es wird der Fall des geförderten Einspeisetarifs betrachtet. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die Geräte mit den Bezeichnungen KWK 1, 2 und 3 jeweils aus technischer Sicht „worst case“, „average case“, und „best case“ darstellen.

¹³⁶ VERBUNDNETZ GAS AG, S. 11

¹³⁷ CERVENI, M. (2012), S. 19

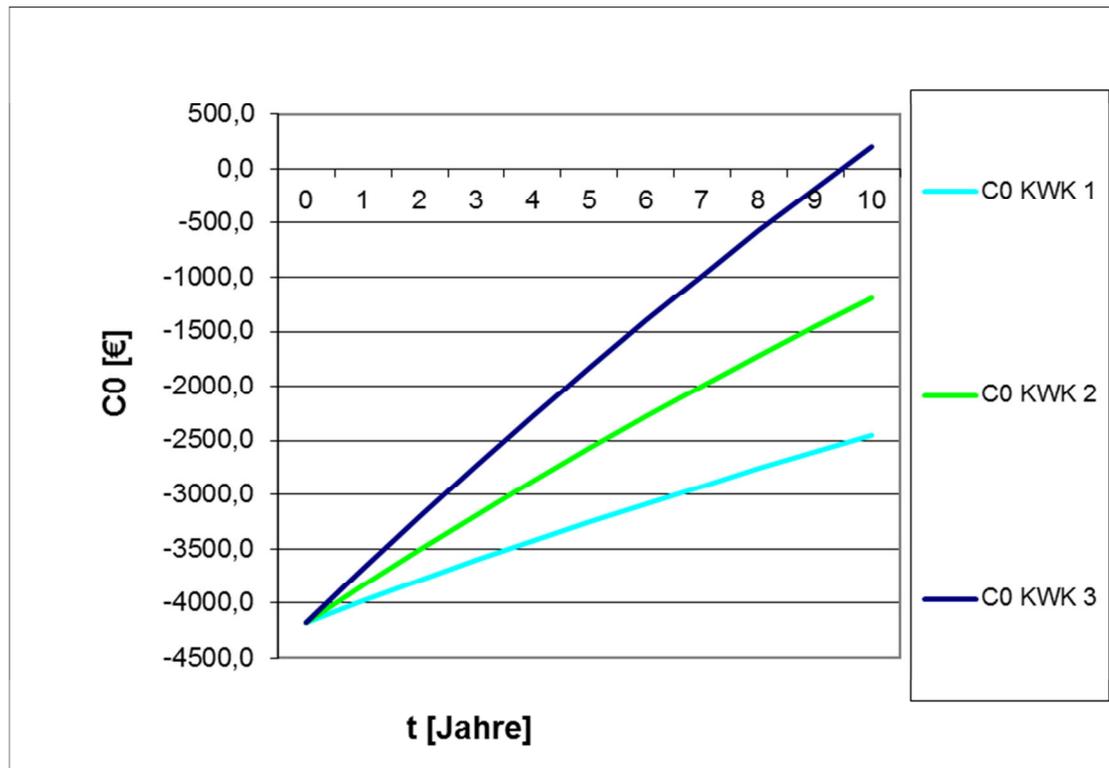


Abbildung 16: Amortisationszeit EFH, 3 Personen, BJ 1960, 162 m² (ME 1-4); Betrachtung mit Einspeiseförderung

Es ist ersichtlich, dass sich nur KWK 3, also das Gerät mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 10 % innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 10 Jahren amortisieren kann (Amortisationszeit: 9,5 Jahre), das „average case“ - Gerät KWK 2 (8 % Netto-Wirkungsgrad), das als Referenz dient, kann die Zusatzinvestition nicht amortisieren, nach zehn Jahren liegt der Kapitalwert noch immer mit über tausend Euro im negativen Bereich, das „worst case“ - Gerät (KWK 3) erlangt nicht einmal die Hälfte der zusätzlichen Investition wieder.

Dieses Szenario stellt innerhalb Klasse der Einfamilienhäuser mit 3 Personen bereits dasjenige mit der maximalen Wärmelast von 50.000 kWh pro Jahr dar (siehe Abbildung 15), also ist in solchen Gebäuden trotz Einspeiseförderung auch bei hoher Wärmelast kein wirtschaftlich sinnvoller Betrieb (mit geringeren Kosten als eine Pelletheizung) der betrachteten Mikro-KWK möglich. Die KWK-Geräte erreichen innerhalb des simulierten Jahres einen Wert von 4.975 Vollbenutzungsstunden, der Anteil des erzeugten Stromes, der zur Eigenbedarfsabdeckung verwendet wurde, liegt im Falle des Referenzgeräts (KWK 2) bei 52%. Für Gebäude mit noch höherem Wärmebedarf ist die betrachtete KWK nicht mehr in der Lage, das Wohnobjekt jederzeit ausreichend mit Wärme zu versorgen, auch wenn die höhere jährliche Laufzeit rein rechnerisch zu höheren Erträgen führen würde.

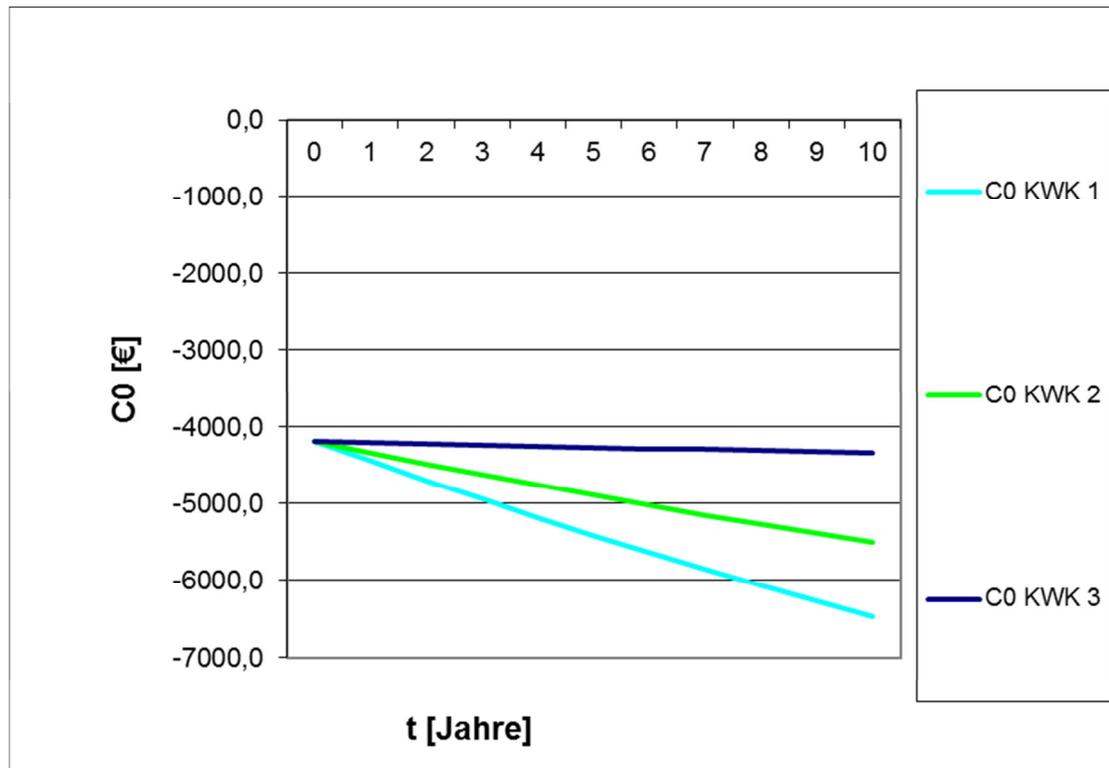


Abbildung 17: Amortisationszeit EFH, 3 Pers., BJ 1960, 162 m² (ME 1-4) bei ausschließlicher Einspeisung des erzeugten Stromes; Betrachtung mit Einspeiseförderung

Speist man die gesamte erzeugte elektrische Energie ins Netz ein und lässt sie vergüten, weist das Gerät im Betrieb also eine Stromeigenbedarfsdeckung von 0 % auf, ergibt sich der in Abbildung 17 dargestellte Kurvenverlauf. Für jedes der drei betrachteten KWK-Systeme ist der Kapitalwert sogar noch niedriger als zum Investitionszeitpunkt, die zusätzlichen Wartungs- und Brennstoffkosten im Vergleich zur Pelletheizung überwiegen also die Verkaufserlöse. Es sei extra darauf hingewiesen, dass in diesem Szenario der geförderte Einspeisetarif verwendet wurde, es ist also keinesfalls lukrativ, eine solche Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung zu betreiben, wenn der Strom nicht selbst verwendet werden kann. Die Wirtschaftlichkeit einer Mikro-KWK ergibt sich hauptsächlich durch die Deckung des Eigenbedarfs an elektrischer Energie. Der Grund dafür liegt (wie bereits in Abschnitt 3.3.1 erwähnt) daran, dass der Einkaufspreis für eine kWh Strom (für dieses Gebäude: 24,66 €ct) deutlich höher ist als der geförderte Einspeisetarif (10,762 €ct/kWh, vermiedene Netznutzungsentgelte bereits inkludiert). Der Wert der resultierenden Einsparung in Form vermiedener Kosten für den Stromeinkauf ist also mehr als doppelt so hoch als der Wert der Erträge im Falle der Stromeinspeisung. Daraus resultiert die bereits mehrfach erwähnte Grundaussage: „Je höher die Stromeigenbedarfsabdeckung, desto wirtschaftlicher der Betrieb der KWK“.

3.3.2.2 Ergebnisse für Einfamilienhaus mit 5 Personen, Baujahr 1960 (ME 2-4)

Durch höhere Stromeigenbedarfsdeckung wird der Betrieb der Mikro-KWK wirtschaftlich interessanter für den Endkunden, leben 5 anstatt 3 Personen im Haushalt, die im täglichen Leben Strom verbrauchen, so ist also zu erwarten, dass die höhere Einsparungen durch vermiedenen Strombezug vom Energieversorgungsunternehmen die Wirtschaftlichkeit des Kraft-Wärme-Kopplungssystems positiv beeinflussen. Wieder beträgt der jährliche Wärmebedarf des Einfamilienhauses 50.000 kWh, allerdings liegt diesmal der jährliche Strombedarf aufgrund der zusätzlichen zwei Personen im Haus um 2.500 kWh höher.

(Da die zwei zusätzlichen Personen auch zusätzlichen Wärmebedarf in Form von Warmwasser verursachen, wurde die beheizte Fläche des Gebäudes leicht reduziert, damit die jährliche Wärmelast wiederum exakt 50.000 kWh beträgt.)

In diesem Fall sind die Amortisationszeiten von KWK 2 und 3 kürzer als die angenommene Nutzungsdauer, über 10 Jahre betrachtet sind die kumulierten Gesamtkosten für die Mikro-KWK also niedriger als für eine Pelletheizung. Während KWK 3 schon nach 6 Jahren die zusätzlichen Investitionskosten amortisiert hat, ist dies jedoch beim Referenzgerät KWK 2 erst nach 8,7 Jahren der Fall, erst in den letzten eineinhalb Betriebsjahren werden somit tatsächlich Gesamtkosten gegenüber einer Pelletheizung eingespart. Im Fall der KWK 1 ist wiederum auch in diesem Szenario keine Amortisation innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer möglich. Die Anzahl der Vollbenutzungsstunden liegt für jedes der Mikro-KWK-Systeme bei 4.960 Stunden, ganze 73,4 % der von KWK 2 erzeugten elektrischen Energie werden zur Deckung des Eigenbedarfs verwendet.

Im Falle der Betrachtung ohne Einspeiseförderung weisen alle KWK-Systeme eine Amortisationsdauer von über 10 Jahren auf. Für die anderen untersuchten Einfamilienhäuser mit 5 Personen liegen die Amortisationszeiten des Referenzgerätes immer über der Maximalgrenze von 10 Jahren, KWK 3 erreicht im Fall einer jährlichen Wärmelast von 40.000 kWh (Matrixelement 2-3) immerhin 8 Jahre.

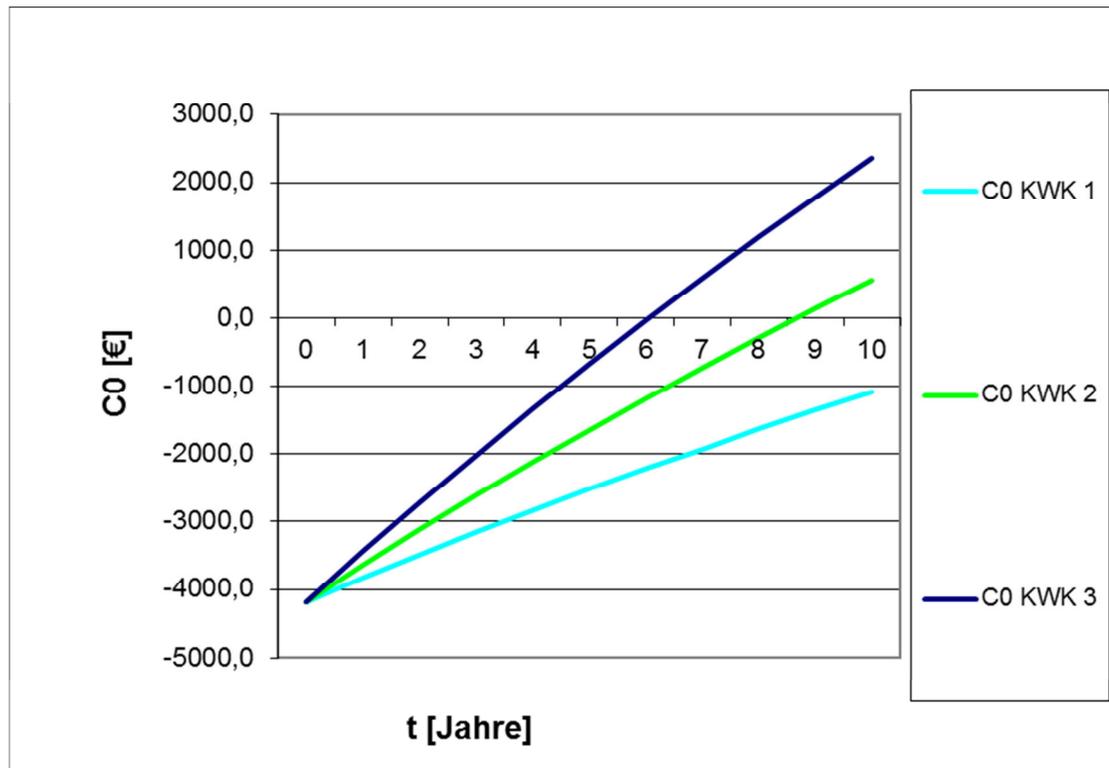


Abbildung 18: Amortisationszeit EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m² (ME 2-4); Betrachtung mit Einspeiseförderung

In Abbildung 18 ist der große Einfluss des elektrischen Wirkungsgrades der Mikro-KWK ersichtlich. Die drei dargestellten Geräte unterscheiden sich einzig und allein in diesem Parameter, eine Verbesserung von 8 auf 10 % resultiert in einer Verringerung der Amortisationszeit von rund 2,5 Jahren.

Es stellt sich nun die Frage, welche anderen Faktoren entscheidenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung haben. Zu diesem Zweck wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, es werden Faktoren wie beispielsweise der Pelletpreis (allg. Brennstoffkosten) oder der Einspeisetarif variiert und deren Einfluss auf die Amortisationszeit untersucht. Dabei wird unterstellt, dass sämtliche andere Faktoren konstant bleiben, was in der Praxis eine eher unrealistische Annahme ist. Dennoch gibt die Analyse wichtige Einblicke darüber, welche Rahmenbedingungen dem wirtschaftlichen Betrieb von Mikro-KWKs zu Gute kommen und unter welchen Umständen der Betrieb aus wirtschaftlicher Sicht wenig sinnvoll ist.

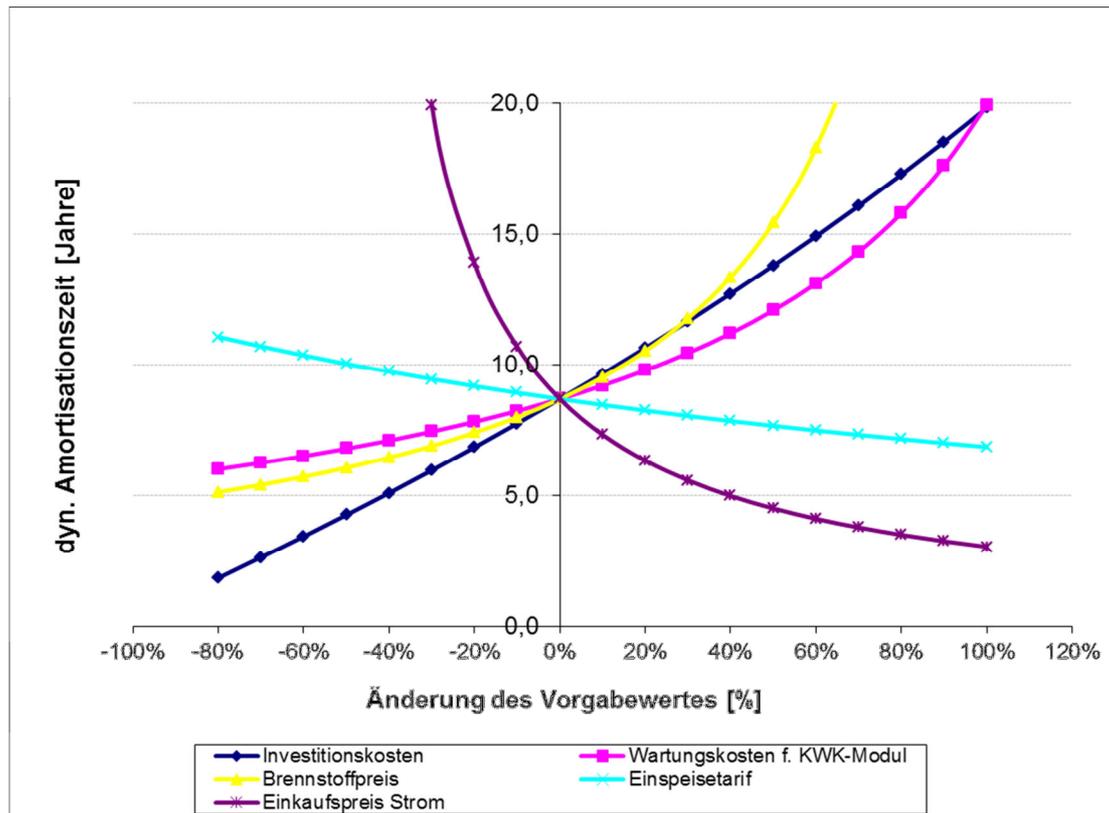


Abbildung 19: Sensitivitätsanalyse KWK 2 im Szenario EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m² (ME 2-4)

Auf der x-Achse wird nun der jeweils ausgewählte Parameter variiert, die Veränderung wird in Prozent des jeweiligen Ausgangswertes (siehe Tabelle 18 und Tabelle 19) angegeben, auf der y-Achse wird die resultierende Amortisationszeit aufgetragen.

Es ist ersichtlich, dass die Höhe des Stromeinkaufspreises den größten Einfluss auf das Ergebnis hat, schon eine Verringerung dieses Wertes um nur 10 % führt zu einer Erhöhung der Amortisationszeit auf über zehn Jahre, eine Verringerung um 20 % sogar zu einer Amortisationszeit von fast vierzehn Jahren. Eine Erhöhung des Einkaufspreises für Strom um 20 % resultiert dagegen in einer Zeitspanne von 6,3 Jahren, innerhalb derer sich die Mikro-KWK abzahlt.

Die starke Abhängigkeit vom Preis des eingekauften Stroms ist eine sehr wichtige Erkenntnis, da die Strompreisniveaus von Land zu Land stark variieren. Es ist zu beachten, dass die in der Wirtschaftlichkeitsanalyse betrachteten Annahmen bezüglich Strompreis vom vom Preisniveau Deutschlands ausgehen. Der durchschnittliche Strompreis für Privatabnehmer ist in Deutschland jedoch einer der höchsten in der gesamten EU, nur in Italien liegen die Preise noch höher. In allen anderen Ländern liegt das Preisniveau zumindest 20 % darunter, teilweise sogar bis 47 % (Frankreich)¹³⁸. Diese Erkenntnis legt nahe, dass der wirtschaftliche Betrieb von Mikro-KWKs bei aktuellen Strompreisen nur in Deutschland und Italien, dank großzügiger Förderungen auch in Großbritannien, möglich ist.

¹³⁸ EUROSTAT, Datensatz: nrg_pc_204, siehe Anhang

Ein annähernd linearer Zusammenhang ist bezüglich der Investitionskosten (hiermit sind die zusätzlichen Kosten für das KWK-Modul gemeint) zu erkennen, ein geringerer Verkaufspreis führt zu schnellerer, ein höherer zu langsamerer Amortisation. Eine Erhöhung des Pelletpreises ist ebenfalls der Wirtschaftlichkeit der KWK abträglich, dies ist darin begründet, dass, wie bereits in 3.3.1 erwähnt, der Brennstoffbedarf der Mikro-KWK höher ist als die der Pelletheizung. Steigt somit der Preis dieses Brennstoffs, erhöhen sich die Kosten der KWK-Lösung in einem höheren Ausmaß als dies bei der reinen Heizung der Fall ist. Ähnlich verhält es sich mit den jährlichen Wartungs- und Instandhaltungskosten, da die Mikro-KWK-Anlage aufgrund des zusätzlichen Aufwands für das KWK-Modul höhere Kosten verursacht, führt eine prozentuelle Erhöhung dieser Kosten zu einer Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur Pelletheizung. Umgekehrt führt eine Reduzierung dieser Kosten zu einer deutlichen Verbesserung der Wirtschaftlichkeit zugunsten der Kraft-Wärme-Kopplung. Der Einspeisetarif dagegen hat von allen untersuchten Parametern den geringsten Einfluss, was auch daran liegt, dass im betrachteten Szenario nur ein geringer Teil der erzeugten elektrischen Energie ins Netz eingespeist wird (26,6 %) und daher eine prozentuelle Erhöhung dieser Vergütung nur geringen Einfluss auf das Ergebnis hat.

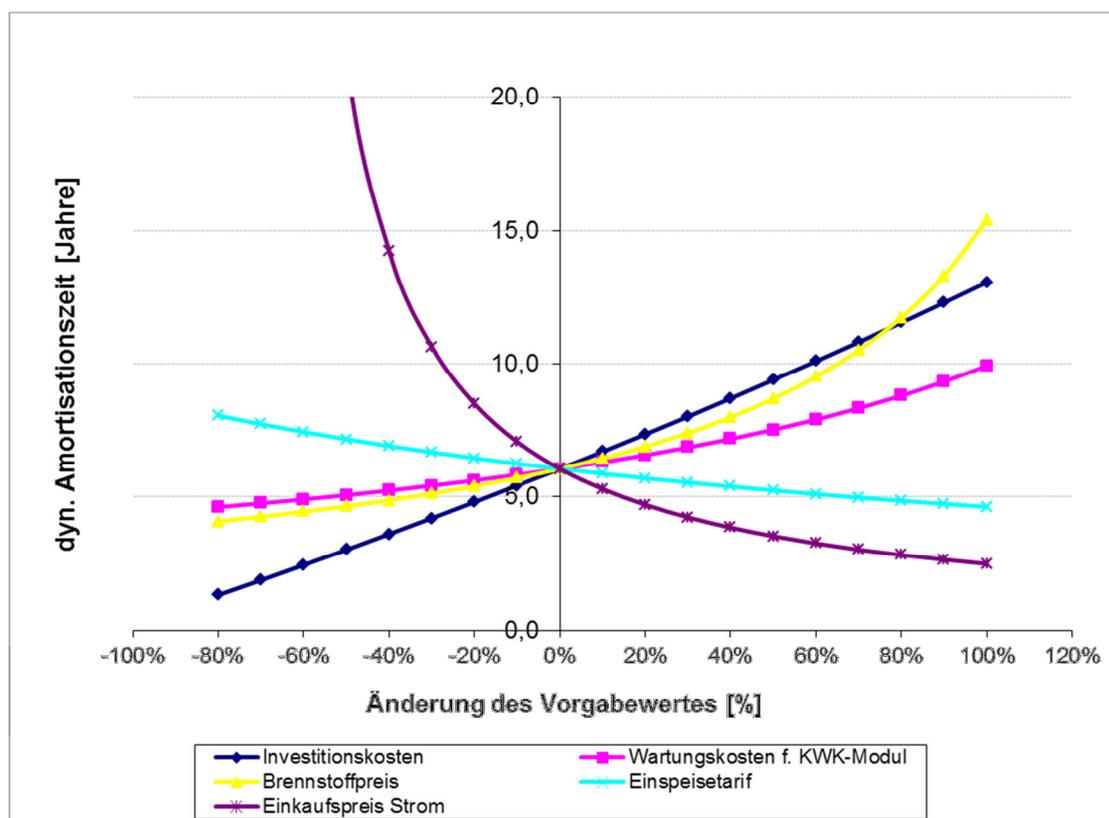


Abbildung 20: Sensitivitätsanalyse KWK 3 im Szenario EFH,5 Personen, BJ 1960, 158 m² (ME 2-4)

Abbildung 20 zeigt das Ergebnis der Sensitivitätsanalyse für die KWK 3. Ausgehend von der deutlich niedrigeren Amortisationszeit von 6 Jahren ergeben sich qualitativ die gleichen Verläufe, d.h., reiht man die verschiedenen Faktoren nach ihrer Einflussstärke, ergibt sich das gleiche Bild wie zuvor. Jedoch sieht man, dass aufgrund der deutlich höheren Erträge

bzw. Einsparungen der Einfluss höherer Brennstoff- oder Wartungskosten deutlich geringer ist. Um dieselbe Amortisationsdauer wie die KWK 2 (8,7 Jahre) zu erhalten, kann der Preis für das KWK-Modul um 40 % (1.600 €) erhöht werden, für den Endkunden wäre also ein Gerät mit einem elektrischen Netto-Wirkungsgrad von 10 % solange vorteilhafter, als der zusätzliche Preis unter dem angegebenen Wert liegt. Daher wären aus KWB-Sicht höhere Herstellkosten, um den Wirkungsgrad zu steigern, gerechtfertigt.

3.3.2.3 Ergebnisse für Mehrfamilienhaus mit 5 Wohneinheiten, Baujahr 1990 (ME 3-3)

Im Folgenden wird nun ein Mehrfamilienhaus mit 5 Wohneinheiten betrachtet, das mit 40.000 kWh einen geringeren jährlichen Wärmebedarf als die vorhin betrachteten Einfamilienhäuser hat. Da dieses Wohnobjekt jedoch aufgrund der höheren Anzahl an Personen im Gebäude auch einen deutlich höheren Stromverbrauch aufweist (15.000 kWh/a), ähneln die Ergebnisse jenen des vorhin betrachteten Einfamilienhauses mit 5 Personen. Wieder ist mit der Variante KWK 3 die Zeitdauer der Amortisation auf 5,5 Jahre beschränkt, während sie für Variante 2 bei fast neun Jahren liegt und bei KWK 1 wieder über der angenommenen Nutzungsdauer liegt. Innerhalb des simulierten Jahres erreichen die Geräte einen Wert von 3.190 Vollbenutzungsstunden, 85,7 % der erzeugten Energie werden im Gebäude verbraucht. Es sei jedoch angemerkt, dass in Mehrfamilienhäusern die Frage, wer die Anschaffungskosten der Anlage trägt und wie der Strombezug des eigenerzeugten Stroms innerhalb des Gebäudes abgerechnet wird, ein mögliches Hindernis darstellt und Kunden vom Kauf einer Mikro-KWK abhält. Auf diese Problematik wird in Abschnitt 3.3.4.5 näher eingegangen.

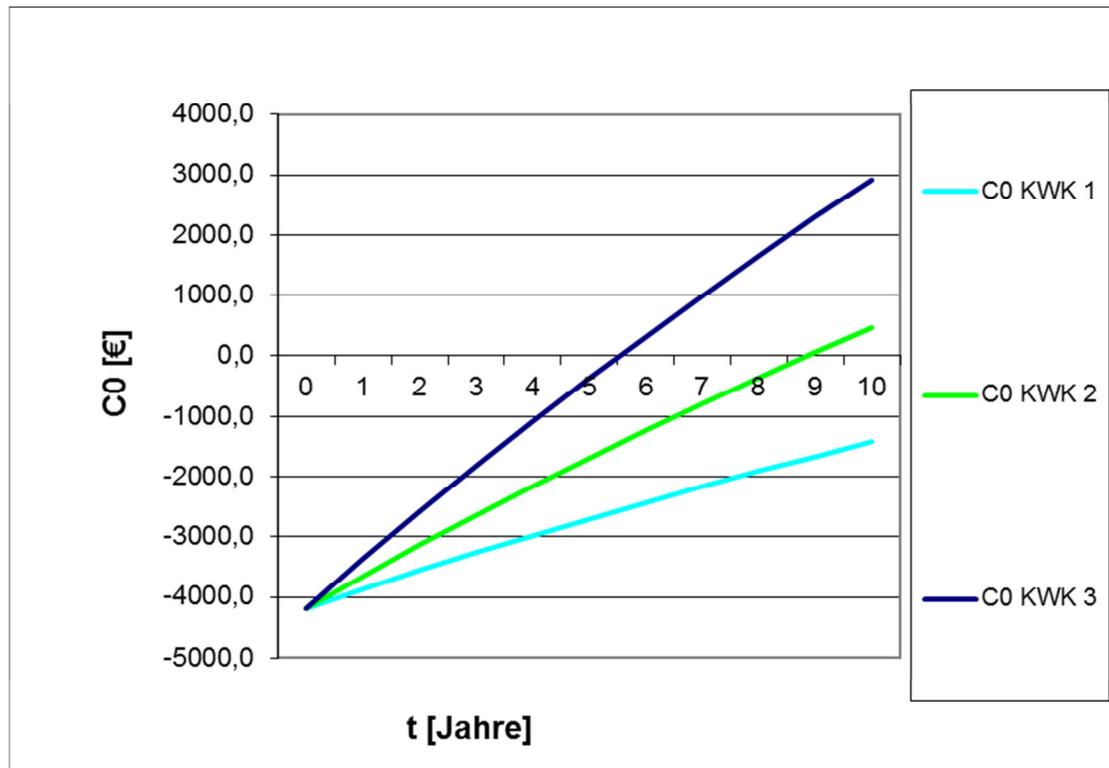


Abbildung 21: Amortisationszeit MFH, 5 Wohneinheiten, BJ 1990, 412 m² (ME 3-3);
Betrachtung mit Einspeiseförderung

3.3.2.4 Ergebnisse für Mehrfamilienhaus mit 5 Wohneinheiten, Baujahr 1990 (ME 3-4)

Bei höherer Wärmelast gestaltet sich die Wirtschaftlichkeit der betrachteten KWKs noch besser, dies wird in Abbildung 22 illustriert. Die Amortisationszeiten gegenüber der Pelletheizung bewegen sich nun zwischen 4 (KWK 3) und etwas über 10 Jahre (KWK 2), das Referenzgerät zahlt seine zusätzlichen Investitionskosten innerhalb von 6 Jahren ab. Die Vollbenutzungsstunden liegen wiederum bei 3.973 h/a und fast 95 % der erzeugten Strommenge werden durch Eigenbedarf genutzt.

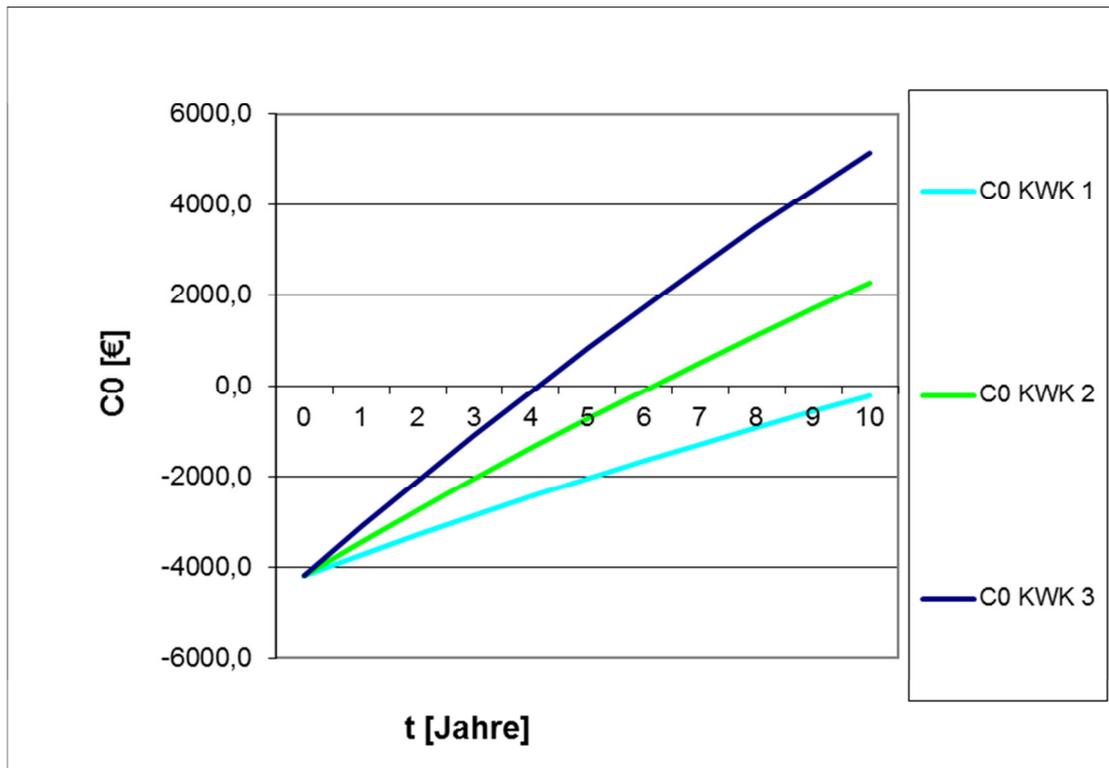


Abbildung 22: Amortisationszeit MFH, 5 Wohneinheiten, BJ 1990, 530 m² (ME 3-4); Betrachtung mit Einspeiseförderung

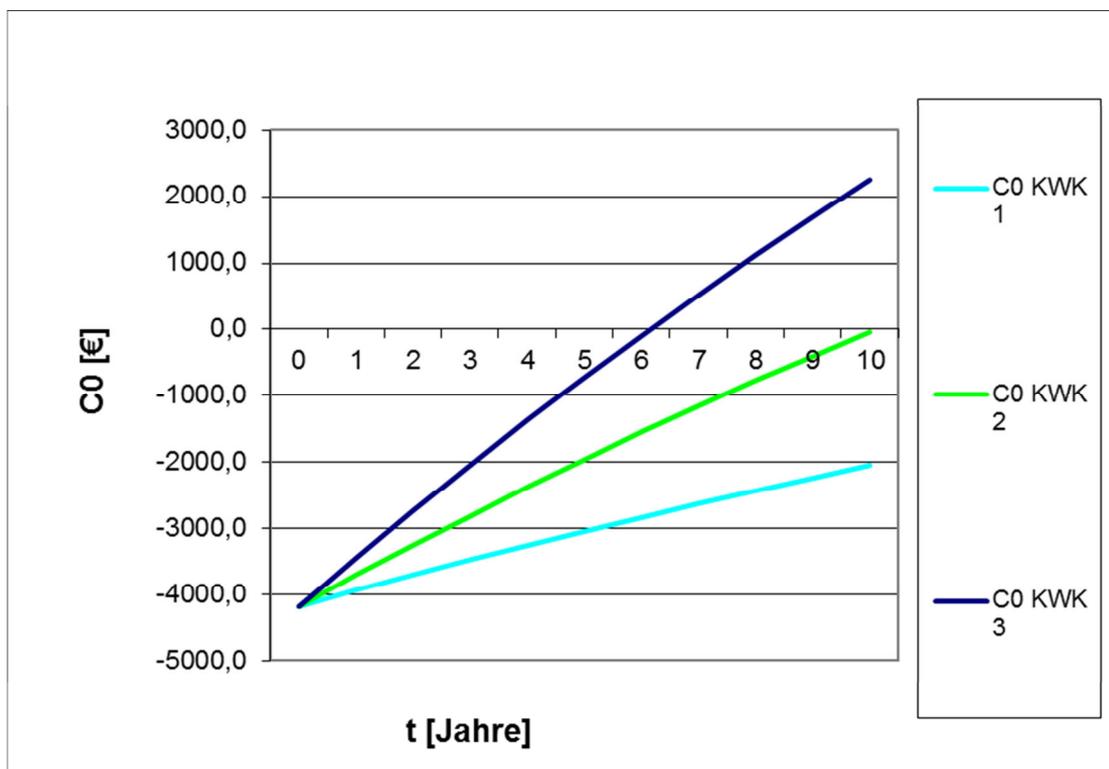


Abbildung 23: Amortisationszeit MFH, 5 Wohneinheiten, BJ 1990, 506 m² (ME 3-4); Betrachtung ohne Einspeiseförderung

Alle bisher betrachteten Szenarios wurden mit dem geförderten Einspeisetarif (inkl. Bonus auch für eigengenutzten Strom) betrachtet, Abbildung 23 zeigt die Kurvenverläufe bei Betrachtung ohne Einspeiseförderung. Es ist ersichtlich, dass das Referenzgerät immerhin die zusätzlichen Kosten innerhalb seiner Nutzungsdauer wiedergewinnt, das Gerät mit 10 % elektrischem Nettowirkungsgrad dagegen kann sich innerhalb von 6,2 Jahren amortisieren.

3.3.2.5 Ergebnisse für Mehrfamilienhaus mit 7 Wohneinheiten, Baujahr 1990 (ME 4-4)

Berücksichtigt man den Anteil an eigengenutzter Strommenge von 95 % im vorherigen Szenario, so erscheint es einleuchtend, dass eine weitere Erhöhung des Strombedarfs zu keiner erwähnenswerten weiteren Verbesserung der Wirtschaftlichkeit führt. Die resultierenden Kurven sind praktisch ident mit jenen in Abbildung 22 und Abbildung 23, daher wird auf deren Darstellung verzichtet.

3.3.2.6 Übersicht der Wirtschaftlichkeit der Mikro-KWK im Vergleich zu einer Pelletheizung in verschiedenen Gebäudetypen

Im Zuge der vorgenommenen Untersuchung wurde die Wirtschaftlichkeit der Mikro-KWK gegenüber einer Pelletheizung analysiert. Diese stellt sich in Abhängigkeit des betrachteten Gebäudes, in dem diese Mikro-KWK betrieben wird, sehr unterschiedlich dar. Um einen kurzen Überblick zu schaffen, wird in Abbildung 24 die schon aus Abschnitt 3.3.1 bekannte Wärmebedarfs-/Strombedarfsmatrix mit den verschiedenen Gebäudetypen als Matrixelemente dargestellt. Nun werden allerdings sämtliche Gebäude, in denen das Referenzgerät, die KWK 2, nicht wirtschaftlich betrieben werden kann, grau gezeichnet. Wie bereits in Abschnitt 3.2.4 erläutert, wird die Wirtschaftlichkeit anhand des Vergleichs mit der Pelletheizung gemessen. Kann das KWK-System innerhalb seiner angenommenen Lebensdauer die zusätzlichen Investitionskosten gegenüber der Pelletheizung amortisieren, gilt es als wirtschaftlich, ansonsten nicht. Dabei werden hier die Resultate des Referenzgerätes KWK 2 bei geförderten Einspeisetarifen dargestellt.

Für Gebäude mit einem jährlichen Wärmebedarf von 30.000 kWh oder weniger ist kein wirtschaftlich sinnvoller Betrieb der untersuchten Mikro-KWK möglich. Für Wohnobjekte mit geringem Strombedarf ist im Allgemeinen aufgrund der geringen Stromeigenbedarfsdeckung ebenfalls die Anschaffung einer solchen Mikro-KWK nicht anzuraten. Als grobe Grenze können hier 8.000 kWh jährlich angegeben werden, allerdings sind dazu entsprechend hohe Laufzeiten, verursacht durch hohen Wärmebedarf, erforderlich. Die Wirtschaftlichkeit in Mehrfamilienhäusern stellt sich aufgrund des hohen Strombedarfs vergleichsweise gut dar, dennoch liegt der nötige Wärmebedarf bei etwa 35.000 kWh jährlich. Allerdings wird bisher

der Einsatz von Mikro-KWKs in Mehrfamilienhäusern durch ungünstige Rahmenbedingungen erschwert, siehe dazu Abschnitt 3.3.4.5.

jährlicher Wärmebedarf [kWh]					
jährlicher Strombedarf [kWh]		20k	30k	40k	50k
	5k	EFH 3 Pers. 1990	EFH 3 Pers. 1975	EFH 3 Pers. 1975	EFH 3 Pers. 1960
	9k	EFH 5 Pers. 2000	EFH 5 Pers. 1990	EFH 5 Pers. 1980	EFH 5 Pers. 1960
	15k	MFH 5 WE 2005	MFH 5 WE 1990	MFH 5 WE 1990	MFH 5 WE 1990
	21k	MFH 7 WE 2005	MFH 7 WE 2000	MFH 7 WE 1990	MFH 7 WE 1990

Abbildung 24: Übersicht Wirtschaftlichkeit d. Mikro-KWK anhand der Wärmebedarfs-/Strombedarfsmatrix

Nachfolgend werden die Anforderungen für Gebäude, in denen die Mikro-KWK wirtschaftlich sinnvoll betrieben werden kann, nochmals zusammengefasst:

Die betrachtete Mikro-KWK (betrachtetes Gerät: KWK 2) kann unter den aktuellen Rahmenbedingungen und Annahmen (Brennstoff-, und Strompreise, Wartungskosten, Einspeiseförderung, etc.) wirtschaftlich betrieben werden in

- Einfamilienhäusern mit min. 4 Personen (oder min. 7.000 kWh) und einem Wärmebedarf von mindestens 50.000 kWh jährlich
- Zweifamilienhäusern mit min. 5 Personen (oder min. 8.750 kWh) und einem Wärmebedarf von mindestens 45.000 kWh jährlich
- Mehrfamilienhäusern ab einem Wärmebedarf von mindestens 35.000 kWh jährlich.

3.3.3 Wirtschaftlichkeitsvergleich mit anderen KWKs

In diesem Vergleich wird für den Endkunden der Kauf einer Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung angenommen, wobei verschiedene Geräte hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit in Form ihres Gesamtkostenverlaufs mittels der Kapitalwertmethode untersucht werden. Dabei werden wie zuvor in Abschnitt 3.3.2 Einsparungen durch Stromeigenbedarfsdeckung als Erlös gewertet und wie die Einspeiseerlöse von den Kosten subtrahiert. Da im Zuge der Absatzmarktanalyse Gebäude mit bestehendem Gasanschluss vom Marktpotenzial ausgeschlossen wurden, muss für diese Untersuchung angenommen werden, dass das jeweilige Gebäude noch über keinen solchen Anschluss verfügt, dem Endkunden also im Falle der Anschaffung einer mit Gas betriebenen Mikro-KWK zusätzliche Investitionskosten für die Herstellung eines Gasanschlusses entstehen.

Als Vergleichsobjekte dienen einige der bereits in der Mitbewerberanalyse in Abschnitt 3.2.1 vorgestellten Mikro-KWK-Geräte, nämlich

- Senertec Dachs HR 5.3 Brennwert
- Vaillant ecoPower 4.7 und
- Viessmann Vitotwin 300-W.

Eine kurze Übersicht über die wichtigsten technischen Daten dieser Geräte und die entstehenden Kosten wird in Tabelle 20 geboten. Die Geräte Vitotwin 300-W und ecoPower 4.7 werden mit Gas betrieben, um auch die Wirtschaftlichkeit eines Öl-betriebenen Gerätes evaluieren zu können, wurde von den verschiedenen zur Auswahl stehenden Dachs-Modellen das Gerät HR 5.3 ausgewählt. Bezüglich ihrer maximalen thermischen Leistung liegen die beiden Verbrennungsmotorgeräte Dachs HR 5-3 und ecoPower 4.7 im selben Bereich wie die pelletbefeuerte Mikro-KWK, der Vitotwin 300-W dagegen verfügt über eine deutlich niedrigere Maximalleistung und deckt den darüber hinausgehenden Wärmebedarf mit Hilfe eines Spitzenlastkessels. Durch die Auslegung der Mikro-KWK auf eine niedrigere thermische Last wird die Laufzeit erhöht und damit die Stromproduktion maximiert. Der ecoPower 4.7 kann seine Wärmeproduktion bei geringer Last auf bis zu 4 kW_{th} reduzieren und erreicht dadurch ebenfalls hohe Laufzeiten. Der Dachs HR 5.3 dagegen bietet keine Möglichkeit der Modulierung der thermischen Leistung, er verfügt also nur über die Betriebszustände „ein“ (also Wärmeproduktion mit $11,9 \text{ kW}$) und „aus“. Dies reduziert die Laufzeit und damit die Stromeigenbedarfsabdeckung, da das Gerät immer nur für relativ kurze Zeit eingeschaltet ist. Die erzeugte Strommenge der Geräte mit Verbrennungsmotortechnologie ist jedoch um ein Vielfaches höher als beim Vitotwin 300-W und auch der pelletbefeuerten KWK.

	Dachs HR 5.3 Brennwert	ecoPower 4.7	Vitotwin 300-W
Brennstoff	Heizöl extraleicht	Erdgas	Erdgas
Technologie	Verbrennungsmotor	Verbrennungsmotor	Stirlingmotor
Spitzenlastkessel	Nein	Nein	Ja
max. therm. Leistung [kW]	11,9	12,5	6 (+20)
max. el. Leistung [kW]	5,3	4,7	1
Anschaffungskosten KWK [€]	22.313	19.610	15.000
Anschaffungskosten Pufferspeicher [€]	2.390	2.390	2.390
Installationskosten [€]	2.080	2.080	2.080
Anschlusskosten [€]	0	1.920	1.920
Kosten Wartung [€/a]	825	1.200	245
sonst. betriebsgeb. Kosten (Instandhaltung) [€/a]	0	0	300

Tabelle 20: Übersicht technische Daten Vergleichs-Mikro-KWKs¹³⁹

Wie bereits erwähnt, müssen bei der Anschaffung einer erdgasbetriebenen Mikro-KWK zusätzlich die Investitionskosten für den entsprechenden Gasanschluss miteingerechnet werden, diese werden mit 1.920 € angegeben¹⁴⁰. Die Angabe der Wartungs- u. Instandhaltungskosten stellt eine gewisse Schwierigkeit dar, weil nur von Senertec dazu Daten angegeben werden. Generell liegen diesbezüglich nur wenige Erfahrungswerte vor. Vollwartungsverträge von Firmen werden größtenteils individuell ausgehandelt, daher gibt es keine offiziellen Preislisten dazu, jedoch konnten Werte direkt von Betreibern von Mikro-KWKs erfragt werden. Eine Möglichkeit ist, diese jährlich anfallenden Kosten anhand der Richtlinie VDI 2067 „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“ abzuschätzen, jedoch sind die dort angegebenen Werte auf Blockheizkraftwerke im Allgemeinen bezogen, nicht speziell auf Mikro-KWKs und führen zu sehr hohen, unplausiblen Werten. In der Richtlinie werden die jährlichen Wartungskosten mit 2 %, die Instandhaltungskosten mit 6 % der Investitionssumme angegeben¹⁴¹, was am Beispiel des Dachs HR 5.3 jährlichen Kosten von 1.785 € entsprechen würde. In einer anderen Berechnung zur Wirtschaftlichkeit des Dachs wird von Kosten in der Höhe von 825 € ausgegangen¹⁴². Dies erscheint plausibler, da die Firma Senertec selbst auf ihrer Webseite die Höhe der Kosten mit 3,6 €/kWh_{el} angibt¹⁴³, was bei 4.300 Betriebsstunden (Wert aus der Simulation) 820 € ergibt.

¹³⁹ Eigene Darstellung, vgl. SENERTEC PREISLISTE (2012), S. 1; RAATSCHEN HEIZUNG, S. 5; CERVENI, M. (2012), S. 17;

¹⁴⁰ Vgl. CERVENI, M. (2012), S. 17

¹⁴¹ Vgl. VDI 2067 (2012), S. 22

¹⁴² Vgl. BUND DER ENERGIEVERBRAUCHER

¹⁴³ Vgl. SENERTEC

Wie schon erwähnt, bieten manche Unternehmen auch Vollwartungsverträge an, die sämtliche Kosten bezüglich Wartung und Instandhaltung abdecken, für den ecoPower 4.7 gibt es einen solchen Vertrag um 1.200 €/Jahr (Angabe eines Betreibers), dieser Wert wurde für die Berechnungen übernommen. Im Fall des Vitotwin 300-W konnten auch auf Nachfrage bei der Firma keine Wartungskosten erhoben werden, daher wird der Wartungsvertrag einer anderen gasbetriebenen Kraft-Wärme-Kopplung mit Stirlingmotor, einem WhisperGEN (7 kW_{th}, 1kW_{el}) als Richtwert verwendet, dieser kostet 245 € pro Jahr (ebenfalls Betreiberangabe). Weil dieser Vertrag aber nicht sämtliche eventuell anfallenden Kosten abdeckt (kein Vollwartungsvertrag), werden wie bei der pelletbefeuerter Mikro-KWK die zusätzlichen jährlichen Kosten mit 2 % d. Investitionssumme des Geräts angegeben. Die gesamten Wartungs- und Instandhaltungskosten des Vitotwin 300-W liegen mit 545 € deutlich unter jenen der Verbrennungsmotor-Geräte, da der Stirlingmotor deutlich weniger wartungsintensiv scheint. Es ist zu erwähnen, dass die Sensitivität der Ergebnisse des Wirtschaftlichkeitsvergleichs bezüglich der Wartungs- und Instandhaltungskosten relativ gering ist, sodass diese Unsicherheit über die anfallenden Wartungs- und Instandhaltungskosten keinen großen Einfluss auf das Endergebnis hat.

3.3.3.1 Ergebnisse für Einfamilienhaus mit 5 Personen, Baujahr 1960 (ME 2-4)

Da im Zuge des Wirtschaftlichkeitsvergleichs mit der Pelletheizung in Abschnitt 3.3.2 festgestellt wurde, dass der Betrieb der pelletbefeuerter Mikro-KWK nur in Gebäuden mit hohem Wärme- und relativ hohem Strombedarf wirtschaftlich ist, werden für den Vergleich hier nur diese Gebäude betrachtet. Weiters wird auf die Darstellung des Ergebnisses des KWK 1 - Geräts verzichtet, da sich dieses in keinem der betrachteten Szenarien gegenüber der Pelletheizung amortisieren konnte.

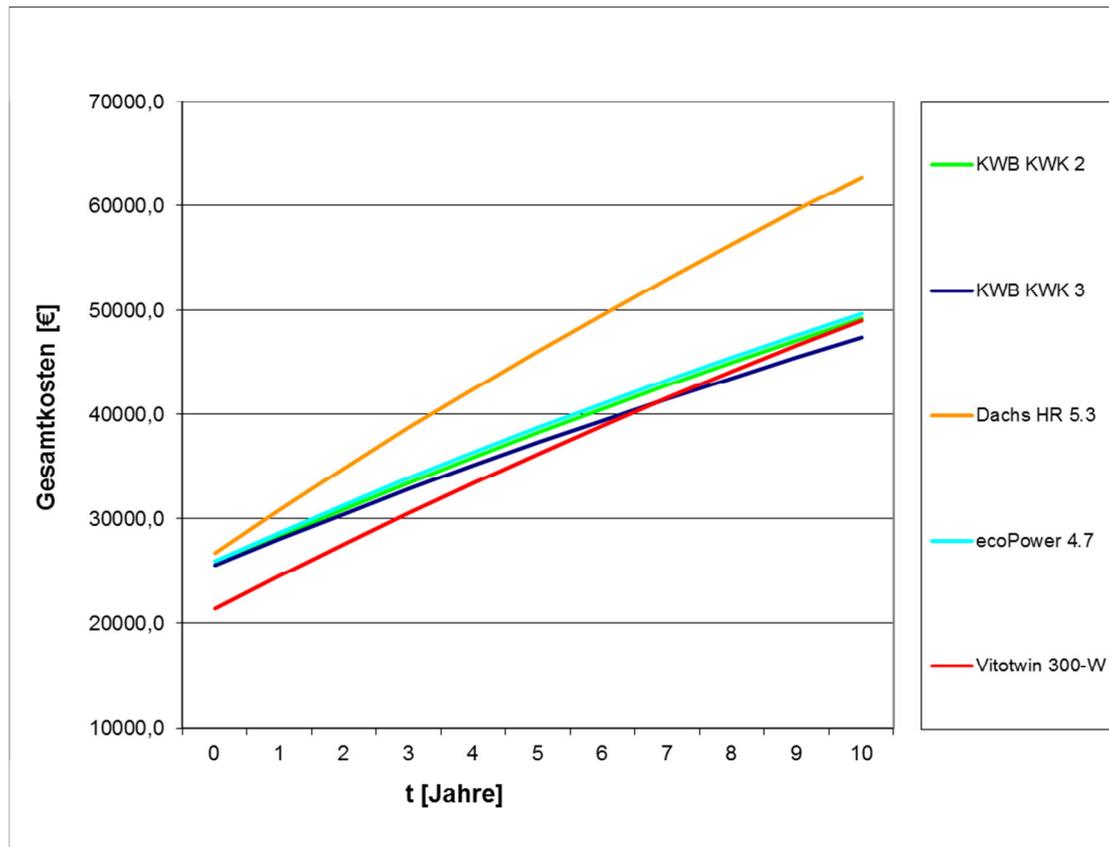


Abbildung 25: Gesamtkostenverlauf in EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m² (ME 2-4); Betrachtung mit Einspeiseförderung

Es lässt sich erkennen, dass prinzipiell beide pelletbefeueren Geräte (hier als KWB KWK 2 und 3 bezeichnet) konkurrenzfähig sind, KWK 2 weist am Ende der angenommenen Nutzungsdauer im Vergleich zu den Konkurrenzgeräten also geringere (Dachs HR 5.3, ecoPower 4.7) oder annähernd gleiche (Vitotwin 300-W) Gesamtkosten auf, KWK 3 sogar die geringsten von allen. Die Kurve des Vitotwin 300-W steigt schneller als die der pelletbefeueren KWKs, was an den höheren Brennstoffkosten (Gaspreis) liegt, wodurch im Lauf der Nutzungsdauer auch den Kostenvorteil aufgrund der geringeren Investitionskosten aufgehoben wird. Anhand der Kurve des ecoPower 4.7 ist ersichtlich, dass dieses Gerät aufgrund seiner vielfach höheren Stromproduktion auch höhere Erträge generieren kann, die die höheren Brennstoffkosten aufwiegen, dadurch verläuft die Kurve fast parallel zu jener der KWK 2. In diesem Szenario weisen die beiden gasbetriebenen KWK-Geräte ähnliche Gesamtkosten am Ende der Nutzungsdauer auf. Beim ölbetriebenen Dachs HR 5.3 sind die Brennstoffkosten noch höher, was im steilsten Anstieg unter allen betrachteten Kurven und zu den höchsten Gesamtkosten führt.

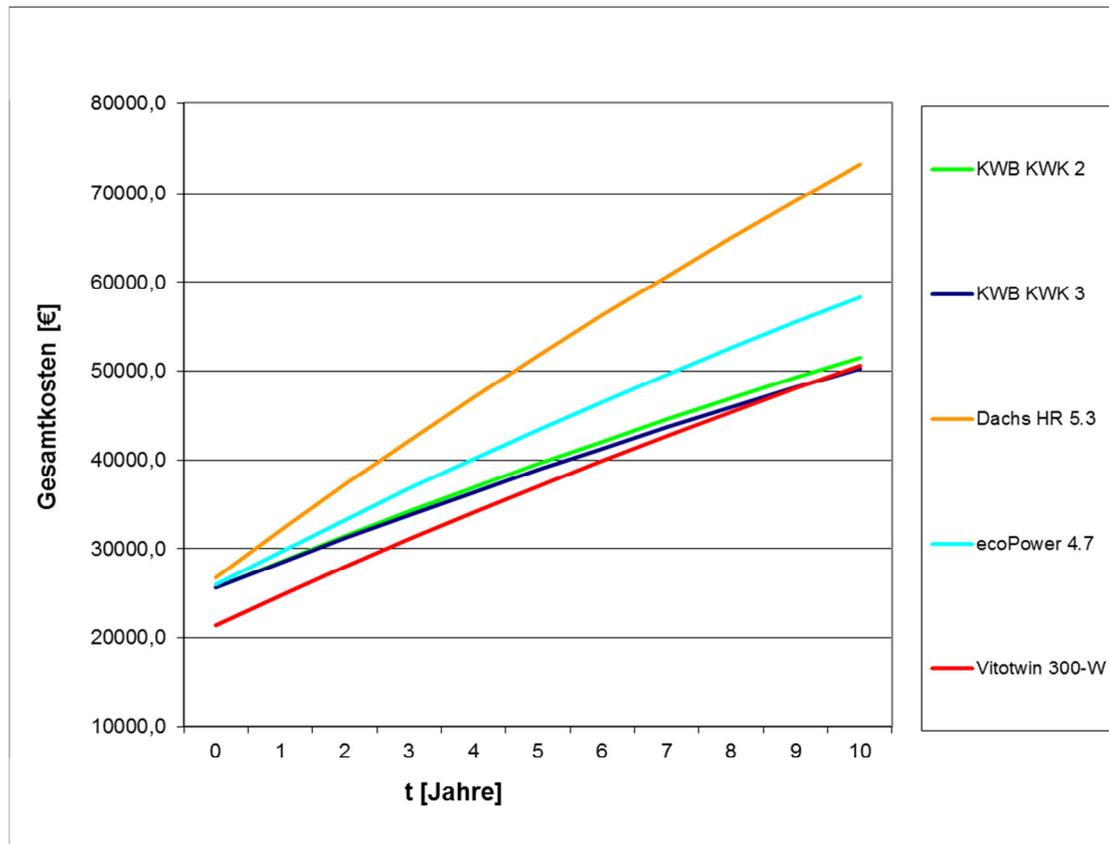


Abbildung 26: Gesamtkostenverlauf in EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m² (ME 2-4); Betrachtung ohne Einspeiseförderung

Abbildung 26 zeigt die Ergebnisse des Wirtschaftlichkeitsvergleichs im selben Wohnobjekt im Szenario ohne geförderte Einspeisetarife. Die Erträge aller KWKs fallen geringer aus, wodurch sich die geringeren Investitionskosten des Vitotwin 300-W bis zum Ende der Nutzungsdauer stärker auswirken, allerdings sind wieder beide betrachteten KWB KWKs durchaus konkurrenzfähig. Die geringeren Einspeisetarife gehen vor allem zu Lasten der beiden Geräte mit Verbrennungsmotortechnologie, die deutlich mehr Strom als die Stirling- und Dampfmotorgeräte produzieren, die kumulierten Gesamtkosten liegen zwischen 8.600 € (ecoPower) und 10.400 € (Dachs) höher als im Szenario mit Förderung. Bei den anderen Geräten lässt sich kein derart großer Unterschied feststellen, was einerseits daran liegt, dass die produzierte Strommenge um ein Vielfaches kleiner ist und andererseits daran, dass sie aufgrund der geringen Stromproduktion ihre Erträge größtenteils durch Deckung des Stromeigenbedarfs erzielen und diese durch das Wegfallen der Förderungen nicht so stark reduziert werden. Die Einsparung pro kWh eigengedecktem Stromverbrauch liegt im geförderten Szenario bei 30,07 €ct, bei Wegfall der Förderung immerhin noch bei 24,66 €ct, dagegen reduziert sich der Ertrag pro eingespeister kWh von 10,762 €ct auf 5,352 €ct (Einspeisetarif plus vermiedene Netznutzungsentgelte), was ein Minus von 45,2 % darstellt.

Der Einfluss des Einspeisetarifs auf die Gesamtkosten wird in Abbildung 27 in Form einer Sensitivitätsanalyse näher gezeigt, die Kosten werden unter Berücksichtigung von Zinsen auf die Nutzungsdauer verteilt und in Form jährlich anfallender Durchschnittskosten

(Annuitäten) dargestellt. Die Berechnung der Annuitäten wurde im Zuge der Theorie zu Investitionsrechnungen in Abschnitt 2.3.1 erläutert. Aus Übersichtlichkeitsgründen wird nur eines der KWB KWKs dargestellt, da KWK 2 die Referenz, den technischen „average case“ darstellt, wird das Ergebnis für dieses Gerät gezeigt.

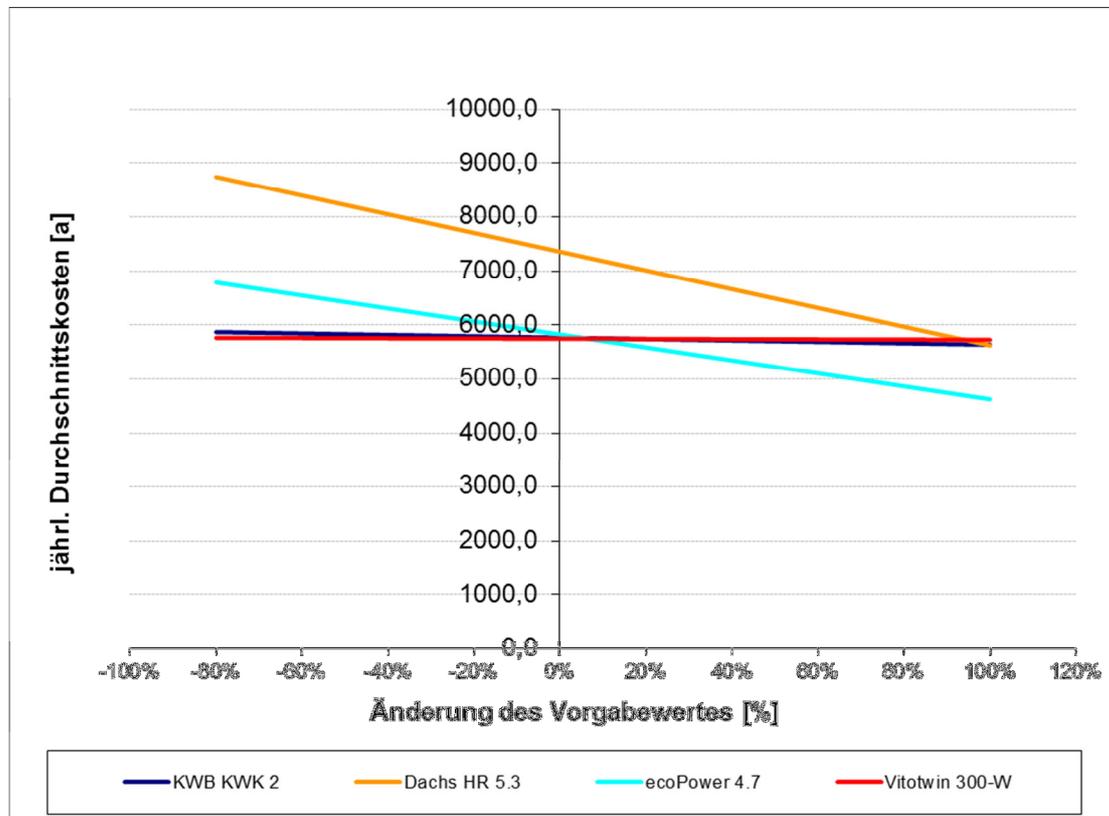


Abbildung 27: Sensitivitätsanalyse Einspeisetarif in EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m² (ME 2-4)

Es ist ersichtlich, dass eine Änderung des Einspeisetarifs praktisch keinen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der KWB KWK hat, ebenso auf die des Vitotwin, jedoch sehr wohl auf die Geräte mit Verbrennungsmotortechnologie. Bei Verdopplung des Einspeisetarifs (ausgehend vom geförderten Tarif) würden die jährlichen Durchschnittskosten des Dachs auf jenes der pelletbefeuerten KWK sinken, umgekehrt sorgt eine geringere Vergütung des eingespeisten Stroms bei den verbrennungsmotorbasierten KWKs für eine deutliche Erhöhung ihrer Kosten. Den Einfluss einer Änderung des Stromeinkaufspreises dagegen zeigt Abbildung 28. Ein höherer Preis führt bei allen betrachteten Geräten zu höheren Erträgen und damit zu sinkenden jährlichen Durchschnittskosten, jedoch kommt dieser Effekt bei den Verbrennungsmotor-Geräten aufgrund ihrer größeren elektrischen Leistung stärker zum Tragen als bei den Stirling- und Dampfmotorgeräten. Eine Erhöhung des Preises würde die jährlichen Durchschnittskosten des ecoPower 4.7 unter jene des KWB KWK 2 sinken lassen. Im Vergleich zum Vitotwin 300-W würden sich für das KWK 2 steigende Preise leicht positiv auswirken.

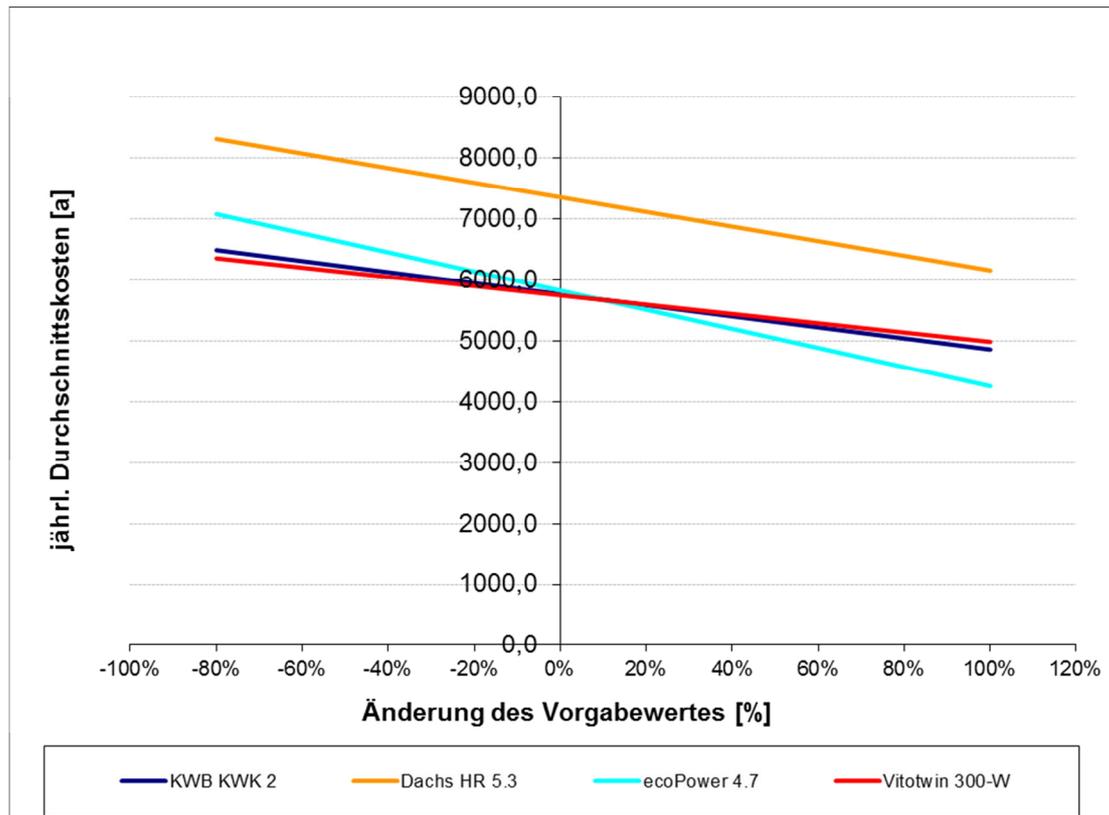


Abbildung 28: Sensitivitätsanalyse Stromeinkaufspreis in EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m² (ME 2-4)

In einer weiteren Sensitivitätsanalyse wird schließlich der Einfluss einer Änderung der Brennstoffkosten auf die Gesamtkosten der verschiedenen Anlagen dargestellt. Eine Erhöhung um einen bestimmten Prozentsatz führt bei der pelletbefeuerten KWK zu einem geringeren Anstieg der jährlichen Durchschnittskosten, da der Ausgangspreis bei Pellets niedriger ist als bei den anderen Brennstoffen. Man beachte, dass hier wieder ein konservatives Szenario dargestellt wird, dem eine 1:1-Preiskopplung zwischen Öl-, Gas- und Pelletpreis zugrunde liegt, was in der Realität nicht der Fall ist. Geht man dagegen von steigenden Energiepreisen für Öl und Gas bei annähernd konstantem Pelletpreis aus, steigt der Kostenvorteil der Pellet-KWK schnell an.

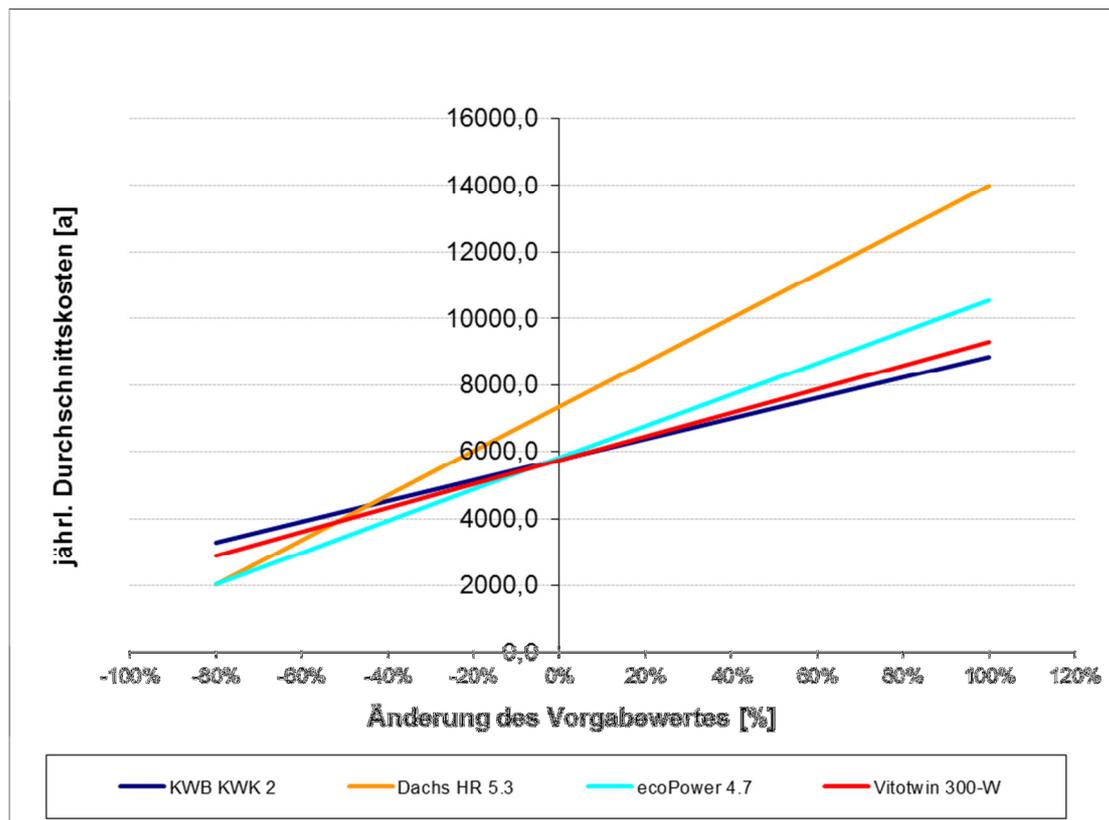


Abbildung 29: Sensitivitätsanalyse Brennstoffkosten in EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m² (ME 2-4)

3.3.3.2 Ergebnisse für Mehrfamilienhaus mit 5 Wohneinheiten, Baujahr 1990 (ME 3-4)

Wird der Vergleich der verschiedenen Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im schon bekannten Mehrfamilienhaus mit 5 Wohneinheiten und 50.000 kWh jährlichem Wärmebedarf durchgeführt, macht sich der größeren Stromeigenbedarf bzw. dessen Abdeckung durch die Geräte in Form deutlich geringerer Gesamtkosten über die Nutzungsdauer bemerkbar. Die kumulierten Gesamtkosten des KWK 2 reduzieren sich gegenüber des vorhin betrachteten Einfamilienhauses um 1.650 €, die des KWK 3 um gut 2.700 €. Die höhere Stromproduktion führt bei den Verbrennungsmotorgeräten zu deutlich größeren Kosteneinsparungen, im Fall des Dachs HR 5.3 sind es 4.600 €, beim ecoPower 4.7 sogar 6.650 €. Mit dieser Verbesserung ist der ecoPower für diesen Gebäudetyp das wirtschaftlichste aller betrachteten Geräte, gefolgt von der KWK 3 - Variante des pelletbefeuerten Geräts. Das Referenzgerät dagegen weist im Vergleich zu den beiden schon deutlich höhere Kosten auf, der Dachs bleibt trotz der Kosteneinsparung im Vergleich zum Szenario davor das teuerste Gerät. Der Grund, warum die Kosteneinsparung beim ecoPower um über zweitausend Euro größer ausfällt als beim Dachs, liegt in der Fähigkeit zur Modulation, der Reduktion seiner thermischen Leistung begründet. Dadurch erreicht der ecoPower mehr Betriebsstunden, in

denen er den Strombedarf der Haushalte decken kann, während der Dachs zwar über ein gesamtes Jahr gesehen 20 % mehr Strom erzeugt, dieser jedoch „geblockt“ erzeugt wird und nur zu einem relativ geringen Teil (36 %) zur Deckung des Eigenstrombedarfs der Haushalte beiträgt, beim ecoPower ist dies deutlich mehr (58 %).

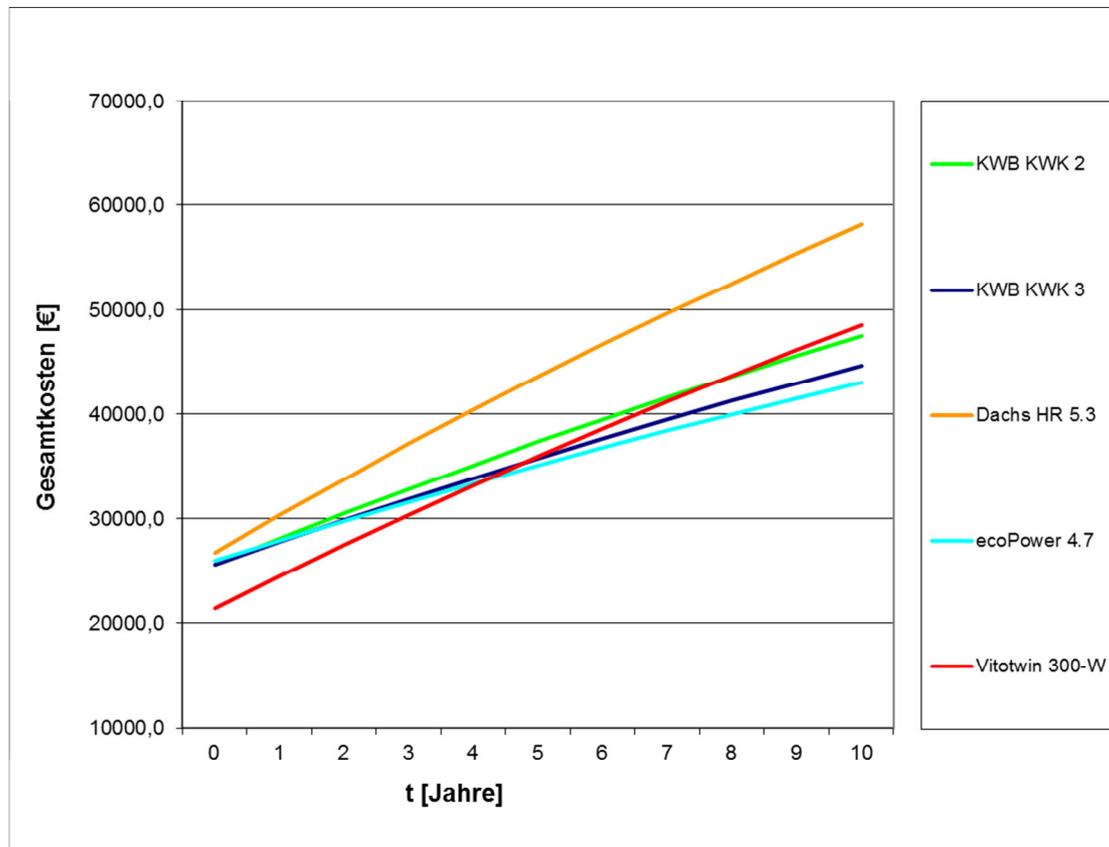


Abbildung 30: Gesamtkostenverlauf in MFH, 5 Wohneinheiten, BJ 1990, 530 m² (ME 3-4); Betrachtung mit Einspeiseförderung

Betrachtet man die Kostenverläufe im Szenario ohne Einspeiseförderung in Abbildung 31, so sind wiederum die pelletbefeuerten Mikro-KWKs diejenigen Geräte mit den geringsten über die Nutzungsdauer aufsummierten Gesamtkosten. Vergleicht man die Kostenkurven der verschiedenen Anlagen im geförderten und nicht-geförderten Szenario, so offenbart sich ein interessanter Aspekt: Die Einspeiseförderung kommt eher Verbrennungsmotortechnologien, also Geräten, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, zugute. Die Wirtschaftlichkeit einer Mikro-KWK, die mit Biomasse befeuert wird und die vom prinzipiellen Aufbau her gezwungenermaßen eine klassische Heizanlage mit zusätzlicher Stromerzeugereinheit darstellt, wird durch diese Art der Förderung verhältnismäßig gering verbessert.

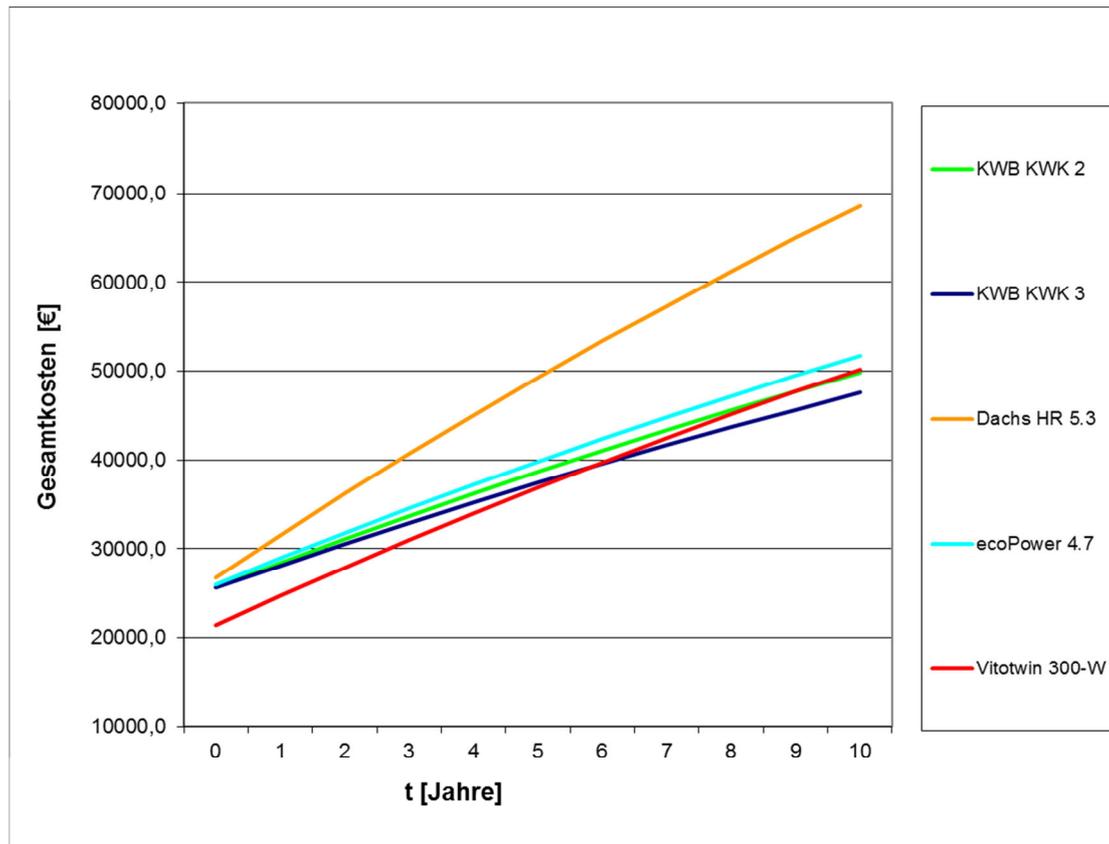


Abbildung 31: Gesamtkostenverlauf in MFH, 5 Wohneinheiten, BJ 1990, 530 m² (ME 3-4); Betrachtung ohne Einspeiseförderung

3.3.3.3 Ergebnisse für Mehrfamilienhaus mit 7 Wohneinheiten, Baujahr 1990 (ME 4-4)

Im geförderten Szenario verringern sich die Gesamtkosten des ecoPower 4.7 um weitere 4.700 € gegenüber dem Mehrfamilienhaus mit 5 Wohneinheiten, damit ist dieses Gerät im betrachteten Gebäude das mit Abstand kostengünstigste bezüglich seiner Gesamtkosten. Die kumulierten Gesamtkosten von KWK 3 liegen um fast 6.000 € höher, die von KWK 2, das wieder mit dem Vitotwin 300-W gleichaufliegt, um mehr als 9.000 €.

Man kann daraus den Schluss ziehen, dass, geförderte Einspeisetarife vorausgesetzt, in Gebäuden mit großem Strombedarf (Mehrfamilienhäuser oder auch Gewerbebetriebe) gasbetriebene Verbrennungsmotor-KWKs wie der ecoPower einen deutlichen Kostenvorteil gegenüber einer pelletbefeuerten Mikro-KWK bieten. Dieser Kostenvorteil steht und fällt jedoch mit der Gewährung von Förderungen bei den Einspeisetarifen. Abbildung 33 zeigt die Kurvenverläufe bei Betrachtung ohne geförderte Einspeisetarife, in diesem Fall deckt sich der Kostenverlauf des KWK 3 mit jenem des ecoPower und auch die Mehrkosten des KWK 2 gegenüber dem ecoPower-Gerät reduzieren sich von über 9.000 € im geförderten Szenario auf 2.700 € ohne Förderung.

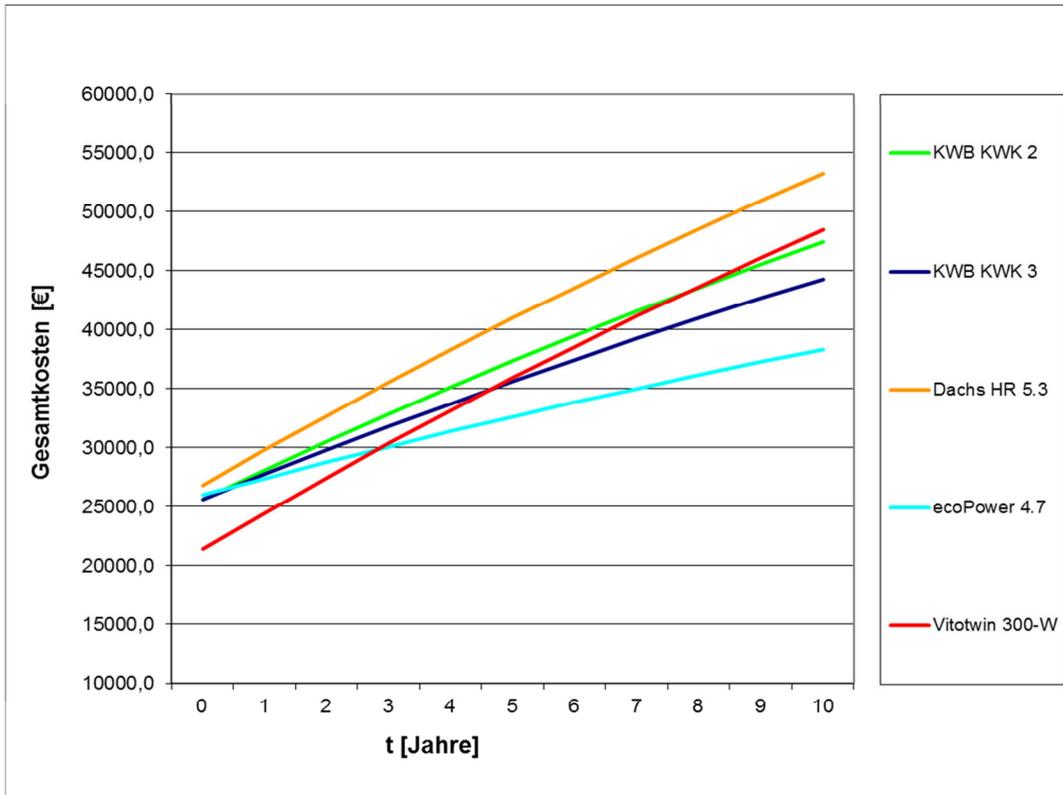


Abbildung 32: Gesamtkostenverlauf in MFH, 7 Wohneinheiten, BJ 1990, 506 m² (ME 4-4); Betrachtung mit Einspeiseförderung

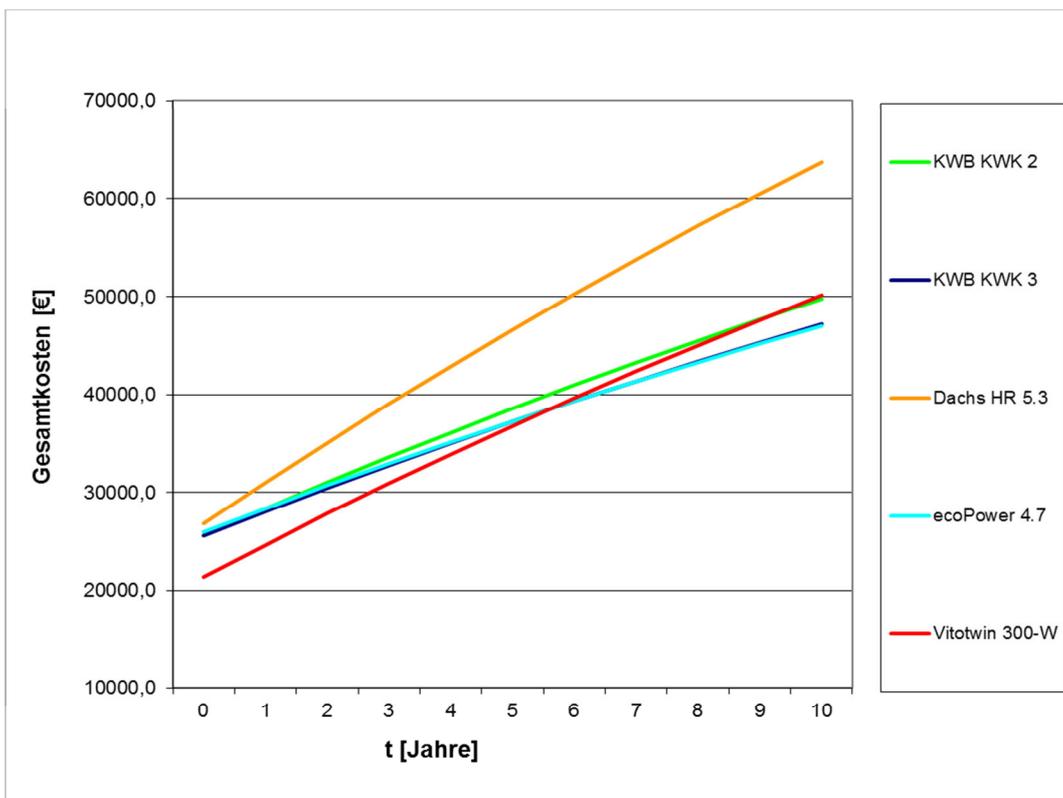


Abbildung 33: Gesamtkostenverlauf in MFH, 7 Wohneinheiten, BJ 1990, 506 m² (ME 4-4); Betrachtung ohne Einspeiseförderung

3.3.4 Ableitung erforderlicher Produkteigenschaften und Rahmenbedingungen

Dieser Abschnitt beschäftigt sich damit, auf Basis der durch die Wirtschaftlichkeitsanalysen aus Kundensicht gewonnenen Erkenntnisse erforderliche Eigenschaften abzuleiten, die die pelletbefeuerte Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung besitzen sollte, um sich am Markt gegen Konkurrenzprodukte durchsetzen zu können. Das Mikro-KWK-Gerät soll also dem Endkunden erkennbaren Nutzen, konkret ausgedrückt, einen Kostenvorteil gegenüber einer herkömmlichen Heizung bieten und gleichzeitig über die gesamte Nutzungsdauer gesehen kostenmäßig günstiger (oder zumindest gleich günstig) als vergleichbare Konkurrenzprodukte sein.

3.3.4.1 Elektrischer Wirkungsgrad

Anhand der Resultate kann man davon ausgehen, dass sich das Gerät bei einem elektrischen (Netto-)Wirkungsgrad von 6 % auch geförderten Einspeisetarifen nicht gegenüber einer Pelletheizung amortisieren kann, unabhängig vom Gebäude, in dem es betrieben wird.

Bei einem Wirkungsgrad von 8 % kann die Mikro-KWK die zusätzlichen Investitionskosten gegenüber der Pelletheizung amortisieren, jedoch hängt diese Wirtschaftlichkeit von Förderungen ab, bei Betrachtung ohne geförderte Einspeisetarife ist eine Amortisation der zusätzlichen Kosten nur in Mehrfamilienhäusern oder Gebäuden mit hohem Strombedarf möglich.

Wenn technisch machbar sollte im Falle einer Produktentwicklung daher ein Wirkungsgrad von 10 % angestrebt werden, ein solches Gerät würde nicht nur im geförderten Szenario Amortisationszeiten von 4 (in Mehrfamilienhäusern) bis 6 (in Einfamilienhäusern mit entsprechendem Strombedarf) Jahren erzielen, sondern auch ohne Förderungen zumindest in Mehrfamilienhäusern geringere Kosten als eine Pelletheizung aufweisen (Amortisationszeiten von ca. 6 Jahren möglich). Wie gezeigt wurde, rechtfertigen die zusätzlichen Erträge sogar einen um 40 % (1.600 €) höheren Anschaffungspreis (Verkaufspreis aus KWB-Sicht) für den Endkunden, dies gilt auch für den Fall der Betrachtung ohne Förderung. Kann also ein Gerät mit 10 % Nettowirkungsgrad aus technischer Sicht realisiert werden und lassen die dadurch entstehenden zusätzlichen Entwicklungskosten und Herstellungskosten einen Verkaufspreis von weniger als 5.600 € (+40 % zum angenommenen Verkaufspreis) zu, bringt dieses Gerät dem Kunden größeren Nutzen als die angenommene Referenzvariante mit 8 % elektrischem Wirkungsgrad.

3.3.4.2 Modulierender Betrieb als wichtige Geräteeigenschaft

In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurde ersichtlich, dass die Eigenschaft, die thermische Leistung bei Bedarf reduzieren zu können, zu längeren Laufzeiten, höherer Stromeigenbedarfsabdeckung und damit verbesserter Wirtschaftlichkeit führt. Es sollte im Rahmen einer Entwicklung also angestrebt werden, zumindest Teillastbetrieb bis zu 50 % der Nennleistung zu ermöglichen. Aus ökonomischer Sicht ist eine Betriebsweise sinnvoll, bei der die thermische Leistungsproduktion der Anlage so gewählt wird, dass immer gerade der Eigenstrombedarf des Gebäudes gedeckt wird; liegt dieser zum betrachteten Zeitpunkt niedriger als die Stromproduktion, so sollte die Anlage die Leistung reduzieren und auf diese Art über einen längeren Zeitraum den niedrigen Eigenstrombedarf decken anstatt kurz im Vollastbetrieb viel Strom (und Wärme) zu erzeugen und den Überschuss ins Netz einzuspeisen. Dabei können aus wirtschaftlicher Sicht auch Effizienzeinbußen wegen des (möglicherweise) sinkenden Wirkungsgrades bei Teillast in Kauf genommen werden, eine kWh Strom zur Eigenbedarfsdeckung schlägt sich mit 30,07 Cent zu Buche (ohne Förderung: 24,66 Cent), eine eingespeiste kWh dagegen nur mit 10,76 Cent (ohne Förderung: 5,35 Cent).

Es sei zu den angeführten Überlegungen angemerkt, dass der Wärmebedarf prinzipiell den Rahmen des gesamten Betriebs der Mikro-KWK vorgibt, ohne Wärmebedarf ist die Stromerzeugung sinnlos, weil nicht wirtschaftlich. Die Überlegungen gelten in Fällen, bei denen die Möglichkeit besteht, den anfallenden Wärmebedarf entweder durch kurzen Vollastbetrieb oder aber durch längeren Teillastbetrieb zu decken.

3.3.4.3 Preis

Bei den durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurde angenommen, dass das Mikro-KWK-Gerät für den Endkunden 4.000 € mehr kostet als ein eine Pelletheizung des Typs Easyfire 15 kW mit gleicher Leistung, sich also der Bruttoverkaufspreis für KWK-Gerät mit Sauganlage beim Kunden mit 15.913,6 € niederschlägt. Dieser Preis kann für den Kunden als akzeptabel angesehen werden, besonders wenn man sich die Ergebnisse des Wirtschaftlichkeitsvergleichs mit anderen Mikro-KWKs in Erinnerung ruft.

Auch gegenüber der Pelletheizung ist es in den entsprechenden Szenarien möglich, diese zusätzlichen Kosten innerhalb der angenommenen Lebensdauer des Geräts zu amortisieren und darüber hinaus Einsparungen zu erzielen, jedoch sind die Amortisationszeiten, besonders in Einfamilienhäusern relativ lang. Ein niedrigerer Verkaufspreis führt beim Kunden zu kürzeren Amortisationszeiten, jedoch muss aus Sicht von KWB abgewogen werden, ob ein niedrigerer Verkaufspreis möglich ist.

Im Falle der Realisierung eines Modells mit höherem elektrischen Nettowirkungsgrad als die als Referenz verwendeten 8 % kann der Preis auch höher angesetzt werden, wie bereits unter Punkt „Elektrischer Wirkungsgrad“ beschrieben.

3.3.4.4 Strompreis

Eine weitere wichtige Erkenntnis der Wirtschaftlichkeitsanalyse ist, dass hohe Strompreise die Wirtschaftlichkeit von Mikro-KWKs im Vergleich zu herkömmlichen Heizungssystemen stark verbessern. Vor allem der Preis pro bezogene Kilowattstunde, also der Stromeinkaufspreis aus Endkundensicht, hat sehr großen Einfluss. Je höher dieser Preis, umso größer ist die Einsparung bei Deckung des Strombedarfs des Haushalts oder Gebäudes durch eigenerzeugten KWK-Strom, liegt der Preis jedoch auf niedrigem Niveau, ist die Einsparung gegenüber einem konventionellen Heizungssystem gering und rechtfertigt gegebenenfalls nicht die höheren Anschaffungskosten für eine Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung. Nachfolgend werden in Tabelle 21 die Durchschnittspreise der betrachteten Länder für eine Kilowattstunde Elektrizität angegeben. Zusätzlich wird der jeweilige Preis in Prozent zum deutschen Wert, für den die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen durchgeführt wurden, dargestellt. Die angegebenen Preise beziehen sich auf nicht-gewerbliche Kunden mit einem jährlichen Strombedarf zwischen 5.000 und 15.000 kWh und werden inklusive aller Steuern angegeben.

Land	Einkaufspreis Strom [€/kWh] inkl. aller Steuern für jährl. Verbrauch 5.000 < Q _{el} < 15.000 kWh	im Verhältnis zu Deutschland [%]
Deutschland	0,2466	
Belgien	0,1934	-21,6
Frankreich	0,1299	-47,3
Irland	0,1889	-23,4
Italien	0,2712	+10,0
Österreich	0,1785	-27,6
Schweiz	0,1486	-39,7
Slowenien	0,1404	-43,1
Spanien	0,1665	-32,5
Großbritannien	0,1489	-39,6

Tabelle 21: Übersicht Strompreise der verschiedenen Länder für Privatabnehmer¹⁴⁴

Mit den obigen Werten und den Erkenntnissen der Sensitivitätsanalyse bezüglich des Einkaufstrompreises in Abschnitt 3.3.2 wird ersichtlich, dass sich für den Endkunden die Anschaffung einer pelletbefeuerten Mikro-KWK in nur zwei der betrachteten Länder rentiert, nämlich Deutschland und Italien. Großbritannien (UK) stellt einen Sonderfall dar, hier ist der wirtschaftlich sinnvolle Betrieb von Mikro-KWKs nur durch die sehr hohen Förderung möglich. Dabei wird, ähnlich wie in Deutschland, auch eigengenutzte Elektrizität mit Bonuszahlungen unterstützt, ohne diese Förderungen ist der wirtschaftlich sinnvolle Einsatz einer Mikro-KWK nicht möglich.

Die obigen Ausführungen beziehen sich wieder auf ein Gerät mit 8 % elektrischem Wirkungsgrad, im Falle der Realisierung eines Geräts mit höherem Wirkungsgrad wird auf

¹⁴⁴ Eigene Darstellung, vgl. EUROSTAT, Datensatz: nrg_pc_204, siehe Anhang, VERBAND SCHWEIZERISCHER ELEKTRIZITÄTSUNTERNEHMEN (2012)

die im Punkt „Elektrischer Wirkungsgrad“ beschriebene verbesserte Wirtschaftlichkeit verwiesen.

3.3.4.5 Rahmenbedingungen in Mehrfamilienhäusern (Deutschland)

In Mehrfamilienhäusern ist der Betrieb einer Mikro-KWK aus wirtschaftlicher Sicht vielversprechend, allerdings stellt sich die Frage, wer die Anschaffungs- und Investitionskosten trägt und wie der Strombezug des eigenerzeugten Stroms innerhalb des Gebäudes abgerechnet wird. Die hier vorgestellten Möglichkeiten und rechtlichen Rahmenbedingungen gelten für Deutschland. Prinzipiell sind zwei Möglichkeiten denkbar¹⁴⁵:

- Eigenversorgung einer Mieter-GbR (Gesellschaft bürgerlichen Rechts)
- Eigentümer liefert Strom und Wärme

Im ersten Fall betreiben die Mieter (oder Eigentümer) eine Kraft-Wärme-Kopplung und versorgen sich selbst mit Wärme und Strom. Dazu bilden sie eine Gesellschaft bürgerlichen Rechts (GbR), der Gesellschaftsvertrag regelt Vertretung nach außen, die Kostentragung und den Ein- und Austritt aus der Gesellschaft, genauso wie den Verkauf der überschüssigen Strommenge. Jeder Mieter/Eigentümer kann für die Deckung des Strombedarfs, der über die von der KWK erzeugte Menge hinausgeht, einen Stromliefervertrag mit einem Energieversorgungsunternehmen seiner Wahl abschließen, wie das üblicherweise in Mietwohnungen der Fall ist. Diese Variante erfordert im Falle von Mietern selbstverständlich das Einverständnis des Eigentümers, außerdem müssen sich die Mieter/Eigentümer über die Errichtung der Mikro-KWK einig sein.

Im zweiten Fall errichtet und betreibt der Eigentümer des Gebäudes die Mikro-KWK und liefert den erzeugten Strom (und die erzeugte Wärme) an die Mieter. Dabei handelt es sich aus Sicht der Mieter um einen Vollversorgungsvertrag, d.h., der Eigentümer schließt mit einem Stromlieferanten einen Zusatz- und Reservestromliefervertrag ab, um auch dann Strom liefern zu können, wenn die von der KWK-Anlage erzeugte Strommenge nicht ausreicht oder wegen Wartungs- oder Reparaturarbeiten gar keinen Strom erzeugt¹⁴⁶.

Dieser Vertrag besteht in diesem Fall jedoch nur zwischen dem Eigentümer und dem Energieversorgungsunternehmen, für die Mieter besteht keine Möglichkeit, sich ihren Stromlieferanten auszusuchen.

Soll einzelnen Mietern, die auf die KWK-Stromversorgung verzichten und ihren Strom auf herkömmlichen Weg von einem Stromlieferanten beziehen wollen, diese Möglichkeit gewährt werden, kann das sog. „Summenzählermodell“ angewandt werden. Hierbei ist der Eigentümer mit seinem Summenzähler der einzige Netzanschlussnutzer des Gebäudes. Der für ihn maßgebliche Zählwert an zusätzlichem Zusatz- und Reservestrom ergibt sich aus

¹⁴⁵ Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2009), S. 15 ff.

¹⁴⁶ Vgl. BACHOR, A. et al. (2010), S. 49

dem abgelesenen Zählwert am Bezugszähler abzüglich der Summe der einzelnen Unterzähler der Wohnungen, die nicht von der Mikro-KWK versorgt werden. Diese Wohnungen rechnen dann wie gewohnt ihren Stromverbrauch mit dem Energieversorgungsunternehmen ab¹⁴⁷.

Eine weitere Option besteht darin, die Stromversorgung mittels Kraft-Wärme-Kopplung als Nebenleistung des Vermieters in den Mietvertrag aufzunehmen und die anfallenden Stromkosten als Betriebskosten abzurechnen. Dies erfordert im Fall von bestehenden Mietverträgen aber das Einverständnis der Mieter, nur im Falle von Neuvermietungen ist es möglich, dies im Mietvertrag vorab zu vereinbaren¹⁴⁸.

Es besteht auch die Möglichkeit, dass ein sog. Contractor Anschaffung und Betrieb der Mikro-KWK übernimmt und sich vertraglich zur Versorgung des Gebäudes mit Wärme und Strom verpflichtet¹⁴⁹, in diesem Fall übernimmt er die Rolle des Eigentümers, es gelten entsprechend die im zweiten Punkt angeführten Überlegungen.

Obwohl Mehrfamilienhäuser aufgrund ihres Wärme- und Strombedarfs für den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungen geradezu prädestiniert sind, stehen ihrem verstärkten Einsatz in solchen Gebäuden recht komplizierte Rahmenbedingungen bezüglich der Abrechnung des erzeugten Stromes im Weg. Eine mögliche Vereinfachung seitens des Gesetzgebers wäre, die punktuelle Änderung bestehender Mietverträge zuzulassen, um Eigentümern die Möglichkeit zu geben, neben den Kosten für Wärme die Stromkosten der Mieter als Betriebskosten abzurechnen. Hier könnte KWB in Absprache und Kooperation mit anderen Herstellern von Kraft-Wärme-Kopplungen versuchen, den Gesetzgeber auf dieses Problem aufmerksam zu machen und gegebenenfalls zu Änderungen der bestehenden Regelungen zu bewegen.

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse Unternehmen KWB

In diesem Abschnitt die Wirtschaftlichkeit einer Produktentwicklung und –einführung aus Sicht des Unternehmens KWB betrachtet. Dabei wird versucht, sämtliche im Produktlebenszyklus auftretenden Kosten und Erlöse zu berücksichtigen und, ausgehend von der in Abschnitt 3.2.4 geschätzten Absatzstückzahl berechnet, ob die Realisierung des Konzepts der Mikro-KWK für KWB finanziell lukrativ ist. Dabei wird die Kapitalwertmethode verwendet, um die zeitliche Struktur des Anfalls von Kosten und Erträgen zu berücksichtigen. Weiters wird untersucht, welche Stückzahl verkaufter Einheiten zu welchem Preis notwendig ist, um die vom Produkt verursachten Kosten innerhalb eines gewählten Zeitraumes zu amortisieren.

¹⁴⁷ Vgl. BACHOR, A. et al. (2010), S. 50

¹⁴⁸ Vgl. VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2010), S. 50

¹⁴⁹ Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2009), S. 19

3.4.1 Grundlagen, Methodik und Annahmen

Die hier durchgeführte Analyse wird auf Basis der Adaptierung eines bereits bestehenden Excel-Tools zur Berechnung aller im Lebenszyklus anfallenden Kosten und Erlöse durchgeführt. Dabei stehen die Werte für den Pelletkessel Easyfire bereits als Basis der Berechnung zur Verfügung. Die zusätzlichen Kosten und Erlöse, die durch das Gesamtsystem der Mikro-KWK entstehen, wurden in Absprache mit den zuständigen Personen im Unternehmen abgeschätzt. Die genaue Datengrundlage mit sämtlichen Werten und Zwischenergebnissen können Anhang 1 entnommen werden.

Im Gegensatz zur Wirtschaftlichkeitsanalyse aus Endkundensicht schließt diese Untersuchung wieder alle Modelle des Typs Easyfire ein, es wird also davon ausgegangen, dass die verschiedenen Leistungsgrößen des Easyfire mit der KWK-Funktionalität ausgestattet werden können.

Wie bereits erwähnt, erfasst das Berechnungsprogramm alle Kosten und Erlöse über den gesamten Produktlebenszyklus der Mikro-KWK, dieser unterteilt sich in

- Vorlaufphase
- Marktphase und
- Nachlaufphase.

Zur Vorlaufphase gehören die Produktfindung, Produktentwicklung, die Markteinführung und Serieneinführung, die Dauer der Vorlaufphase wird für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Mikro-KWK mit 4 Jahren, die Dauer der Marktphase mit 8 Jahren und die Dauer der Nachlaufphase mit 15 Jahren angegeben.

Im Programm werden Gewinn bzw. Verlust durch eine 4-stufige Deckungsbeitragsrechnung ermittelt, deren Aufbau in Abbildung 34 dargestellt ist. Dabei werden vom Umsatz Schritt für Schritt die Kosten des Wareneinsatzes, die Fertigungskosten, die produktfixen Kosten und die Fixkosten abgezogen. Die produktfixen Kosten beinhalten die anfallenden Kosten für Produktfindung und –entwicklung, Markt- und Serieneinführung sowie die Kosten der Serienbetreuung. Der Fixkosten-Block umfasst sämtliche fixen Kosten, die nicht oder nur sehr schwer einem bestimmten Produkt zugerechnet werden können.

Umsatz – Wareneinsatz
= DB 1
DB 1 – Fertigungskosten
= DB 2
DB 2 – produktfixe Kosten
= DB 3
sDB 3 – Fixkosten
Gewinn

Abbildung 34: Deckungsbeitragsrechnung bei KWB¹⁵⁰

Nachdem der Deckungsbeitrag 3 neben dem Wareneinsatz, den Fertigungskosten auch die produktfixen Kosten umfasst, sind alle durch das Produkt unmittelbar verursachten Kosten im DB 3 enthalten, es wurde daher die Entscheidung getroffen, diesen als Erfolgskriterium der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung heranzuziehen.

Für den Verkaufspreis wird der bereits in der Wirtschaftlichkeitsanalyse aus Endkundensicht verwendete Wert von 4.000 € für die KWK-Funktionalität angenommen, der sich zum Preis des Kessels mit Sauganlage (11.913,6 €) hinzuaddiert. Nachdem in der hier betrachteten Wirtschaftlichkeitsberechnung Kessel mit unterschiedlicher Leistung verkauft werden, variiert der Verkaufspreis des Kessels (es werden die Listenpreise der einzelnen Modelle hergenommen), für das KWK-Modul wird jedoch der Preis als konstant angenommen.

Eine weitere Annahme betrifft die Herstellkosten des Geräts: Wieder können für den Kessel die Erfahrungswerte des Easyfire verwendet werden, die durch die zusätzliche KWK-Funktionalität erwachsenden zusätzlichen Herstellkosten können aber nur grob abgeschätzt werden, in Absprache mit den zuständigen Personen im Unternehmen wurden diese mit einem Drittel des zusätzlichen Ziel-Verkaufspreises, also $4.000 \text{ €} / 3 = 1.333 \text{ €}$ angenommen.

Der Zeitaufwand für die Produktentwicklung, zusätzliche Entwicklungskosten für Material u.Ä., Entwicklung der Absatzzahlen im Zeitverlauf und die Vertriebskosten sind Faktoren, die nur abgeschätzt werden können. Wieder wurden die zuständigen Mitarbeiter um eine Abschätzung bezüglich der Werte gebeten. Um eine Risikoabschätzung zu erhalten, werden drei Szenarios, „worst“, „average“ und „best case“, erstellt. Diese unterscheiden sich hinsichtlich ihres Optimismus bezüglich der genannten Faktoren. Diese drei Szenarios werden in Tabelle 22 dargestellt.

¹⁵⁰ Unternehmensinterne Informationen

	Vertriebskosten/- provisionen	Stunden Produktentwicklung	zusätzl. Produktentw. kosten	kalk. Zinssatz
BestCase	30 %	12.000 h	50.000 €	5 %
AverageCase	43 %	15.000 h	75.000 €	8 %
WorstCase	50 %	18.000 h	100.000 €	11 %

Tabelle 22: Übersicht Szenarios „worst“, „average“ und „best case“¹⁵¹

Da KWB ihre Produkte nicht direkt an den Endkunden verkauft, sondern diese über Installateure und ähnliche Betriebe absetzt, müssen diese am Erlös der verkauften Einheiten beteiligt werden, der Anteil wird, je nach Szenario, zwischen 30 und 50 % angenommen. Die Kosten für die Arbeitsstunden, die für die Produktentwicklung aufgewendet werden, sowie die darüber hinaus anfallenden Produktentwicklungskosten (für Material, Brennstoffe, etc.) werden ebenfalls je nach Szenario mit den in der Tabelle angegebenen Werten angenommen. Dabei sei angemerkt, dass diese beiden Faktoren im Gegensatz zu den Faktoren Vertriebskosten und verwendetem kalkulatorischer Zinssatz eher geringen Einfluss auf das Endergebnis haben. Für die Berechnung der Barwerte werden die im Unternehmen üblichen Werte für den kalkulatorischen Zinssatz angenommen.

Für die angenommene Absatzstückzahl im ersten Jahr der Marktphase werden die in Abschnitt 3.2.4 ermittelten 45 Stück verwendet. Es kann an dieser Stelle vorausgeschickt werden, dass bei Absatzzahlen in dieser Größenordnung das Ergebnis der Wirtschaftlichkeit aus Sicht von KWB in jedem Fall negativ ist. Das geschätzte Marktvolumen ist sehr gering im Vergleich zum Marktpotenzial und bei aktuell realistischen Absatzzahlen wie die angenommenen 45 Stück sollte daher vorerst von einer Entwicklung und Markteinführung Abstand genommen werden. Dennoch besteht die Möglichkeit hoher zukünftiger Marktwachstumsraten, besonders angesichts der Tatsache, dass eine solche pelletbefeuerte Mikro-KWK aus Kundensicht durchaus konkurrenzfähig mit gas- und ölbetriebenen Mikro-KWKs ist und jährlich allein in der EU Tausende dieser Geräte verkauft werden. Es wird empfohlen, den Markt der mit fossilen Brennstoffen befeuerten Mikro-KWKs zu beobachten und als Indikator zu verwenden.

¹⁵¹ Unternehmensinterne Informationen

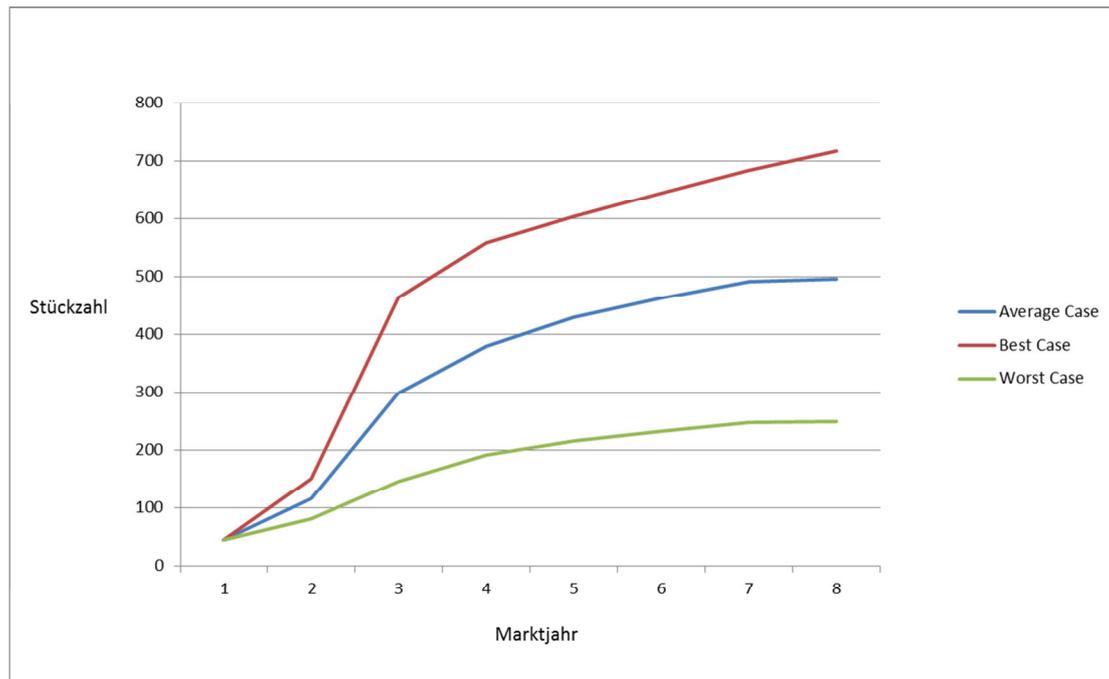


Abbildung 35: Verlauf der Absatzzahlen in den verschiedenen Szenarien

In Abbildung 35 werden die Verläufe der Absatzzahlen in den verschiedenen Szenarien dargestellt. Im „average case“ steigen die Verkaufszahlen innerhalb der ersten 3 Jahre auf 300 Stück/Jahr, danach verlangsamt sich das Wachstum und die Verkaufszahlen erreichen bis zum Ende der Marktphase 500 Stück pro Jahr. Das „worst case“ - Szenario zeigt qualitativ denselben Verlauf, allerdings werden in diesem Fall bis zum Ende der Marktphase nur 250 Stück/Jahr abgesetzt. Im „best case“ dagegen werden im dritten Jahr der Marktphase bereits 465 Stück abgesetzt, danach wachsen die Verkaufszahlen mit deutlich geringerem Wachstum annähernd linear weiter und erreichen bis zum Ende der Marktphase 700 Stück/Jahr. Es sei nochmals erwähnt, dass die angegebenen Verläufe keine Erwartungswerte, sondern eine mögliche Marktentwicklung darstellen, deren Eintrittswahrscheinlichkeit laufend durch Beobachtung der Marktentwicklung und der Verkaufszahlen von bereits am Markt befindlichen pelletbefeuerter Mikro-KWKs und Pelletheizungen im Allgemeinen abgeschätzt werden kann.

3.4.2 Ergebnisse und Erkenntnisse

Abbildung 36 zeigt die Verläufe von Gewinn bzw. Verlust in den unterschiedlichen Szenarien. Dabei wird jeweils der kumulierte Deckungsbeitrag 3 dargestellt, der, wie oben erläutert, als Erfolgskriterium herangezogen wird. Es zeigt sich, dass im „best case“ - Szenario der kumulierte DB 3 schon nach etwa 2,5 Jahren positiv ist, und bis zum Ende des Produktlebenszyklus fast 9 Millionen € beträgt. Die durch die Mikro-KWK erzielten Erträge übersteigen also die Summe aller durch das Produkt verursachten Kosten um diesen Betrag. Im Folgenden wird dies als Gewinn bezeichnet, obwohl es sich streng genommen um den Deckungsbeitrag 3 handelt. Im „average case“ dauert es etwas mehr als 5 Jahre, bis die

Summe aller Kosten der Vorlaufphase und die der Serienbetreuung durch die Deckungsbeiträge wiedergewonnen werden, bis zum Ende des Produktlebenszyklusses kann immerhin ein Gewinn von 1,27 Millionen € erreicht werden, im „worst case“ - Szenario dagegen beträgt der kumulierte Verlust 1,27 Millionen €.

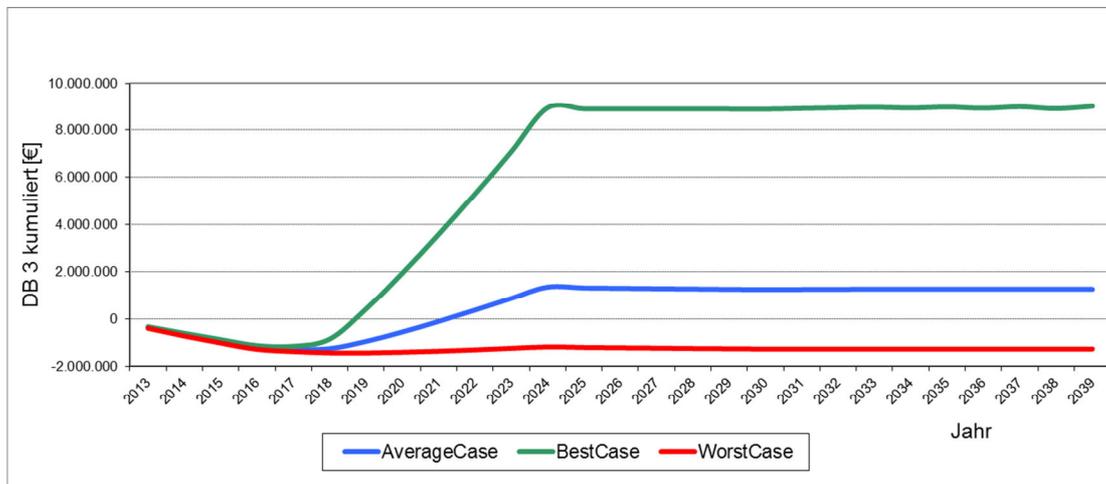


Abbildung 36: Gegenüberstellung Gewinn/Verlust (DB 3) kumuliert der unterschiedlichen Szenarien

Von den verschiedenen Faktoren, die je nach Szenario variiert werden, haben die Faktoren Vertriebskosten und Absatzzahl den größten Einfluss auf den Gewinn bzw. Verlust. Bis zum Beginn der Marktphase ist der Unterschied zwischen den verschiedenen Szenarien gering, was darauf schließen lässt, dass höhere Entwicklungskosten sich nur gering auf das Endergebnis auswirken. Dies wird auch in Tabelle 23 ersichtlich, wo die Kosten der Vorlaufphase der einzelnen Szenarien dargestellt werden. Bis zum Zeitpunkt der Markteinführung fallen im „worst case“ - Szenario gerade einmal gut 156.000 € an Mehrkosten gegenüber dem „best case“ - Szenario an. (Da der Zeitwert der Kosten der Produktfindung in allen Szenarien der gleiche ist, jedoch mit unterschiedlichen Zinssätzen abgezinst wird, ergibt sich im „worst case“ - Szenario ein niedrigste Barwert der Produktentwicklungskosten.)

Kosten (Barwert)	worst case	average case	best case
Produktfindung	29.730 €	30.556 €	31.429 €
Produktentwicklung	845.416 €	745.228 €	629.406 €
Markteinführung	201.659 €	215.288 €	230.487 €
Serieneinführung	205.537 €	219.428 €	234.919 €
Summe Kosten Vorlaufphase	1.282.342 €	1.210.501 €	1.126.241 €

Tabelle 23: Übersicht Kosten der Vorlaufphase

Die größten Einflussfaktoren auf den wirtschaftlichen Erfolg sind also Absatzstückzahl und Verkaufspreis (oder geringere Vertriebsprovisionen).

Ausgehend vom „average case“ wird der Einfluss der gewährten Vertriebsprovisionen genauer untersucht. Dabei wird dieser Wert, angegeben in Prozent des Produkterlöses, variiert und der jeweils resultierende kumulierte DB 3 am Ende des Produktlebenszyklus in einem Diagramm aufgetragen. Anhand des in Abbildung 37 dargestellten Verlaufs ist der starke Einfluß dieses Parameters erkennbar. Es zeigt sich, dass bei gewährten Vertriebsprovisionen von 50 % auch die Verkaufszahlen des „average case“ nicht ausreichen, um ein positives Ergebnis zu erzielen. Die resultierenden hohen Ausgaben im Vertriebsbereich verringern die Deckungsbeiträge derart, dass auch mit hohen Absatzzahlen keine Gewinne erzielt werden können. Dagegen führt jede Verringerung des Werts der Vertriebsprovisionen um nur ein Prozent schon zu einer Verbesserung des Ergebnisses um fast 400.000 €. Dies wäre also im Fall einer Markteinführung des Produkts einer der kritischen Faktoren, auf die besonderes Augenmerk gelegt werden muss, mit Verhandlungsgeschick könnte hier die Wirtschaftlichkeit deutlich positiv beeinflusst werden.

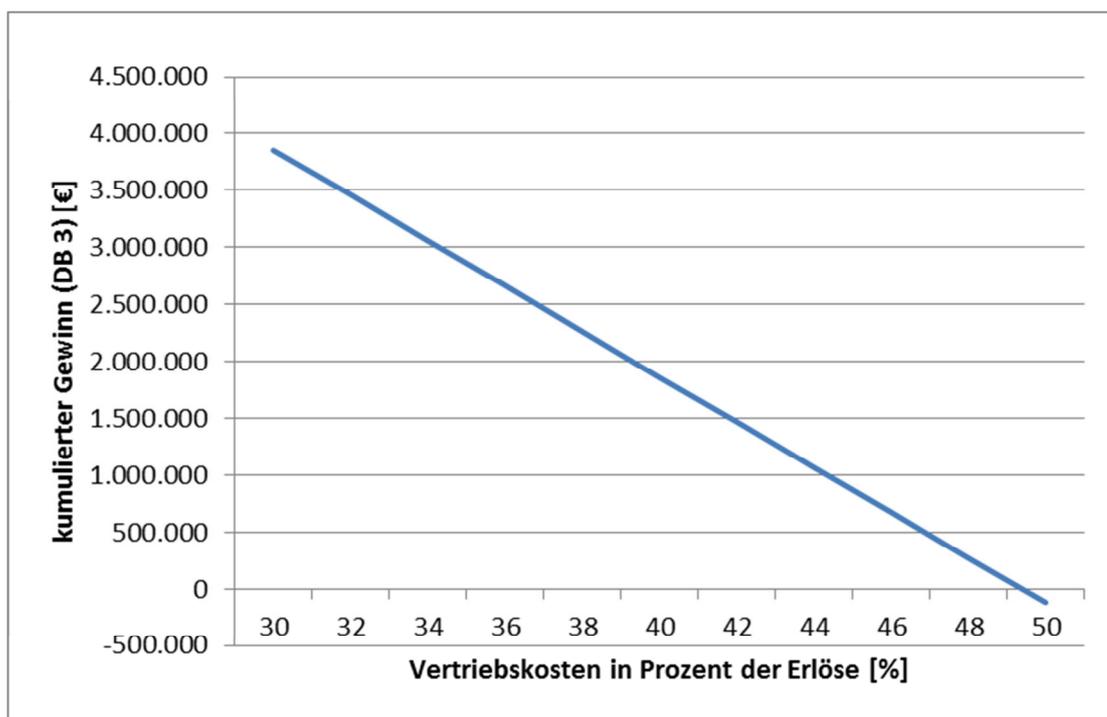


Abbildung 37: Sensitivitätsanalyse Vertriebskosten

Um unabhängig vom genauen zeitlichen Absatzzahlverlauf Einblick zu erhalten, welche jährlich verkaufte Stückzahl bei welchem Verkaufspreis nötig ist, um wirtschaftlich zufriedenstellende Resultate zu erhalten, wurde eine zusätzliche Analyse bezüglich Stückzahl und Verkaufspreis durchgeführt. Dabei wurde als Erfolgskriterium festgelegt, innerhalb von 3 Jahren nach Beginn der Marktphase sämtliche im Verlauf der Vorlaufphase angefallenen Kosten mit den Deckungsbeiträgen abgedeckt zu haben. In anderen Worten,

es wird gefordert, dass der kumulierte DB 3 innerhalb der ersten drei Jahre nach Beginn des Verkaufs den Wert Null erreicht.

Im Rahmen dieser Analyse wird wieder von den Werten des „average case“ ausgegangen, nur der Verlauf der jährlichen Stückzahl wurde mit konstant angenommen, um als Ergebnis eine jährliche Durchschnittsverkaufszahl angeben zu können. Wieder wird nur der zusätzliche Preis für das KWK-Modul angegeben, da die unterschiedlichen Kessel verschieden Preise aufweisen.

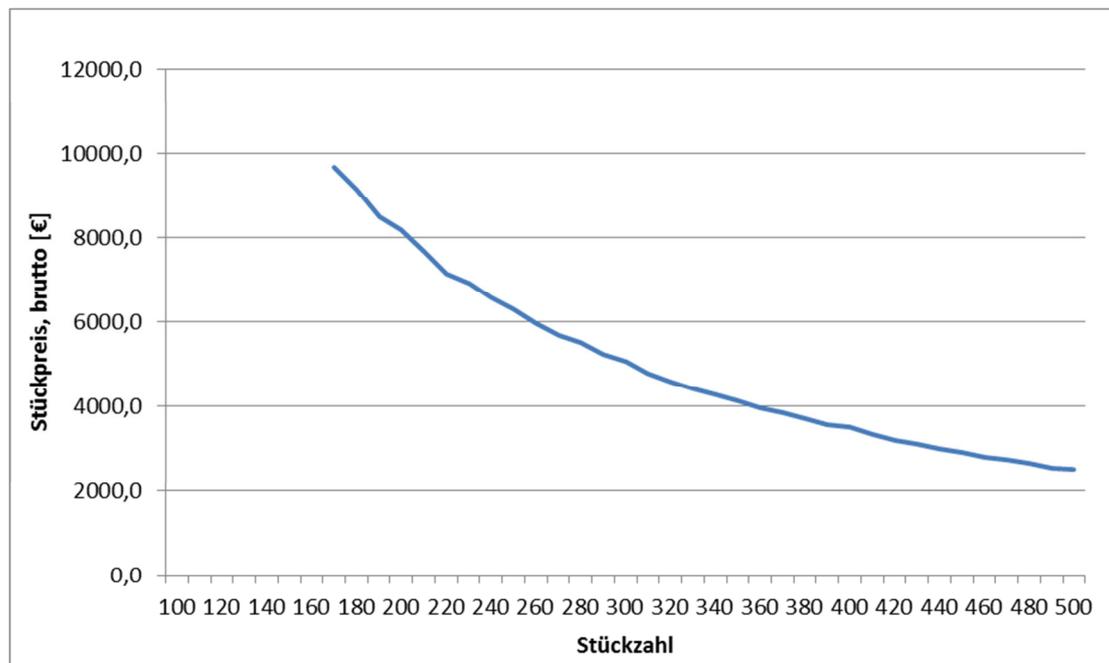


Abbildung 38: Verkaufspreis-/Stückzahlkombinationen (nötige Stückzahl bei gegebenem Verkaufspreis)

Um dieses Ziel zu erreichen, wäre beim gewählten Verkaufspreis von 4.000 € eine jährlich durchschnittliche Stückzahl von 357 verkauften Einheiten nötig, geht man von einem Verkaufspreis von 5.600 € (im Falle der Realisierung einer Mikro-KWK mit 10 % elektrischen Nettowirkungsgrad möglich, siehe Abschnitt 3.3.2) aus, reduziert sich diese Zahl auf 274. Im Fall von Verkaufszahlen im Bereich von 500 Stück pro Jahr ergibt sich der Fall, dass der Netto-Aufpreis (Bruttoverkaufspreis nach Abzug der Umsatzsteuer und der 43 % Umsatzprovisionen) für das KWK-Modul geringer als dessen Herstellkosten gewählt werden kann, die Deckungsbeiträge des Kessels sind bereits ausreichend, um die Amortisation innerhalb der gewünschten Zeitspanne zu gewährleisten.

3.5 Handlungsempfehlung für KWB

Obwohl das Marktpotenzial für eine peletbefeuerte Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung zweifellos vorhanden ist, sollte KWB zum jetzigen Zeitpunkt von einer Markteinführung Abstand nehmen, da das aktuelle Marktvolumen noch zu klein ist und die Absatzzahlen bei einem

angenommenen Marktanteil von 20 % keine Amortisation der entstehenden Kosten erlauben. Es wird jedoch empfohlen, die Verkaufszahlen des Mikro-KWK-Marktes im Allgemeinen und die der pelletbefeuerter Geräte im Speziellen zu beobachten, da ein starker Anstieg des Marktvolumens zwar möglich ist, jedoch ist es wirtschaftlich sehr riskant, davon auszugehen. In diesem Zusammenhang ist auch zu beachten, dass den Endkunden die berechneten Einsparungen der Mikro-KWK im Vergleich zu einer Pelletheizung zu gering erscheinen könnten und daher aus ihrer Sicht die zusätzlichen Investitionskosten kaum rechtfertigen. Zudem stehen und fallen diese Einsparungen mit der Gewährung von Förderungen in Form von geförderten Einspeisetarifen. Das KWK-Modell, das auf Basis von Erfahrungswerten erstellt wurde, erzielt ohne Einspeiseförderung keine Einsparungen gegenüber einer Pelletheizung. Kann allerdings ein Gerät mit höherem elektrischem Wirkungsgrad realisiert werden, hat dies starke Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit des Geräts. Bei einem Netto-Wirkungsgrad von 10 % amortisiert das Gerät die Zusatzkosten auch ohne Einspeiseförderung. Da die Wirtschaftlichkeit derart stark vom erzielbaren elektrischen Wirkungsgrad abhängt, ist eine Abklärung der technischen Machbarkeit und der zusätzlichen Kosten bezüglich dieses Parameters sinnvoll.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist der (Einkaufs-) Strompreis, höhere Strompreise sorgen für eine deutlich verbesserte Wirtschaftlichkeit von Mikro-KWKs. Daher ist die stetige Beobachtung der Strompreise zu empfehlen, ein deutlicher Anstieg des Strompreises ändert die Rahmenbedingungen deutlich zu Gunsten von Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungen.

3.6 Grundlegende Herangehensweise von KWB bei wirtschaftlichen Machbarkeitsstudien

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit der strukturierten Herangehensweise einer wirtschaftlichen Machbarkeitsstudie zu einer neuen Produktidee. Die hier gezeigte Herangehensweise (wie auch die Herangehensweise dieser Arbeit) lehnt sich eng an das bereits im Rahmen einer Magisterarbeit definierte Vorgehen für solche Machbarkeitsstudien bei KWB an¹⁵².

¹⁵² Vgl. MAIERHOFER, B. (2012), S. 98

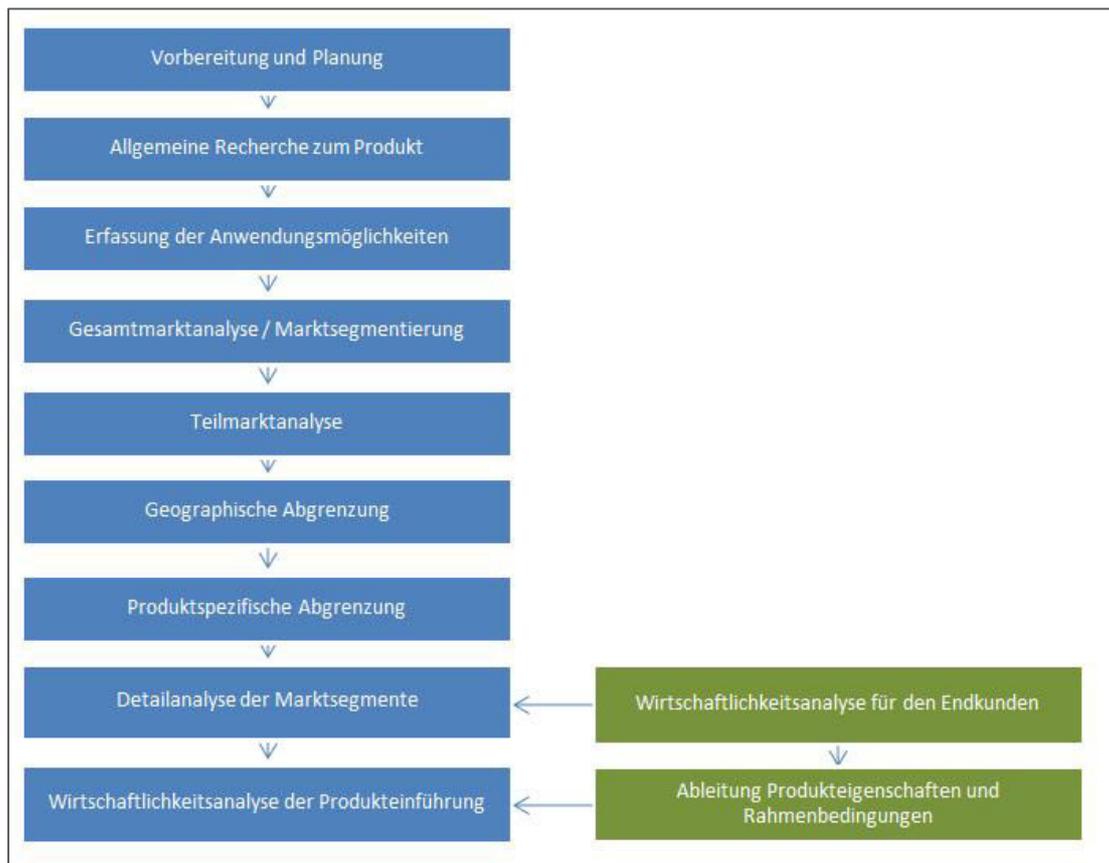


Abbildung 39: Prozessmodell für wirtschaftliche Machbarkeitsstudien¹⁵³

Abbildung 39 zeigt die Vorgehensweise einer wirtschaftlichen Machbarkeitsstudie als einen Prozess, beginnend mit der Vorbereitung und Planung, bei der Untersuchungsproblem und –ziele definiert werden und das Untersuchungsdesign festgelegt. Darauf folgt eine allgemeine Recherche zum Produkt als Basis für die weitere Vorgehensweise. Als nächster Schritt wird untersucht, für welche Anwendungsmöglichkeiten das betrachtete Produkt in Frage kommt. Kann aufgrund der Neuartigkeit des Produkts nicht auf Informationen von Herstellern und Referenzprojekten zurückgegriffen werden, können wissenschaftliche Artikel, Internetplattformen oder Informationen von Verbänden hilfreich sein. Die Summe aller Anwendungsmöglichkeiten stellt den Gesamtmarkt dar, der in einem ersten Segmentierungsschritt in verschiedene Teilmärkte geteilt wird. Hier wird gegebenenfalls bereits der Fokus auf als besonders wichtig oder attraktiv erachtete Teilmärkte gelegt. Die einzelnen Teilmärkte werden wiederum weiter unterteilt, dabei sollte darauf geachtet werden, dass die Segmentierung eindeutig voneinander abgrenzbare, in sich aber möglichst homogene Marktsegmente ergibt. Anschließend werden die so erhaltenen Marktsegmente im gesamten betrachteten Absatzmarkt, also in allen Ländern, in denen KWB tätig ist, untersucht. Es ist zu beachten, dass zu diesem frühen Zeitpunkt noch keine Eingrenzung auf produktspezifische Eigenschaften, wie zum Beispiel den Leistungsbereich des konkreten Produktes, getroffen wird, es soll grob untersucht werden, wo und in welchen Marktsegmenten prinzipiell Bedarf nach einem solchen Produkt besteht.

¹⁵³ Eigene Darstellung, vgl. MAIERHOFER, B. (2012), S. 98

Damit soll die Marktgröße und –attraktivität sowie die Möglichkeiten von KWB, das Produkt auf dem jeweiligen geographischen Markt erfolgreich positionieren zu können der einzelnen Länder abgeschätzt werden. Als Visualisierungshilfsmittel kann die Portfoliotechnik dienen, bei der die Marktattraktivität auf einer Achse, die Wettbewerbsstärke von KWB auf der anderen aufgetragen wird. Entsprechend des Ergebnisses wird ab diesem Punkt der Fokus auf bestimmte geographische Märkte gelegt, also eine geographische Abgrenzung getroffen¹⁵⁴. Um nun die ausgewählten Märkte im Detail analysieren zu können, werden die Marktsegmente gegebenenfalls weiter unterteilt und die resultierenden Teilsegmente unter Berücksichtigung der produktspezifischen Gegebenheiten untersucht. Das Ziel ist die Erhebung von Marktpotenzial, und -volumen und eines möglichen Marktanteils. Mit den daraus resultierenden prognostizierten Absatzzahlen wird die Wirtschaftlichkeitsanalyse der Produkteinführung durchgeführt. Hierbei sei angemerkt, dass bei KWB keine genauen Kriterien definiert sind, nach der die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit erfolgt. Die im Rahmen der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsanalyse aus Unternehmenssicht festgelegte Forderung einer Amortisationsdauer von 3 Jahren ist daher nicht als fixer Vorgabewert für zukünftige Arbeiten zu sehen, sondern stellt einen Vorschlag dar. Für andere Produkte (und andere Vorlaufzeiten bzw. -kosten) sind auch andere Werte, beispielsweise von 5 Jahren denkbar. Der Wirtschaftlichkeitsanalyse aus Kundensicht kommt, obwohl parallel zum beschriebenen Prozess, eine gewichtige Rolle zu. Es wird nicht nur die Wirtschaftlichkeit des Kaufs des Produkts aus Kundensicht untersucht, sondern auch der Einfluss von Rahmenbedingungen und Anforderungen an das Produkt selbst auf die Wirtschaftlichkeit (oder generell auf die Kaufentscheidung des Kunden) analysiert. Die Anforderungen an das Produkt können technischer oder auch anderer Natur sein, sie können z.B. auch einen möglichen maximalen Verkaufspreis darstellen. Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse aus Kundensicht können auch durchaus Einfluss auf die Erhebung des Marktpotenzials haben, daher sind sie in der Abbildung parallel zum entsprechenden Block dargestellt.

¹⁵⁴ Im Rahmen dieser Arbeit war bereits vorgegeben, die Detailanalyse nur für den deutschen Markt durchzuführen

4 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieser Arbeit war, für KWB – Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH eine Entscheidungsgrundlage für die Erteilung eines Entwicklungsauftrages einer neuen Produktidee, einer pelletbefeuerten Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung, zu bieten. Dafür war zuerst in Form einer Sekundärrecherche herauszufinden, ob seitens Marktes Interesse und Nutzen an einem derartigen Produkt besteht und in welchen geographischen Märkten dies der Fall ist. Für den größten und wichtigsten Markt, Deutschland, waren die konkreten Zahlen zu Marktpotenzial und Marktvolumen abzuschätzen. Weiters war es Aufgabe, die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage aus Kundensicht zu evaluieren und darauf aufbauend zu erörtern, welche Eigenschaften eine Mikro-KWK aufweisen muss, um dem Kunden wirtschaftlichen Nutzen bieten zu können. Mit den erwähnten Erkenntnissen war schließlich in Form einer Wirtschaftlichkeitsanalyse für KWB abzuschätzen, ob die Entwicklung und Markteinführung aus Sicht des Unternehmens wirtschaftlich vielversprechend ist.

Dafür wurden die für die Problemlösung notwendigen theoretischen Grundlagen und Werkzeuge zu Marktforschung, Investitionsrechnung und Kostenrechnung dargelegt. Im praktischen Teil der Arbeit wurden nach einer allgemeinen Einführung zum Thema Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung die Ergebnisse der Mitbewerberanalyse dargelegt. Für die Absatzmarktanalyse wurde zuerst eine grobe Marktsegmentierung vorgenommen, anhand derer die verschiedenen Länder einerseits bezüglich ihrer Attraktivität für die Einführung eines solchen Produkts und andererseits bezüglich der Wettbewerbsstärke von KWB auf dem jeweiligen Markt bewertet wurden. Nach einem weiteren Segmentierungsschritt wurde der deutsche Markt durch Analyse des Gebäudebestandes im Detail untersucht und dessen Marktpotenzial und -volumen sowie ein erzielbarer Marktanteil abgeschätzt.

Durch eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsanalyse für den Endkunden wurde die Wirtschaftlichkeit einer pelletbefeuerten Mikro-KWK mittels des simulierten Betriebs einer solchen Anlage untersucht und gezeigt, in welchen Gebäudetypen, unter welchen Rahmenbedingungen (Brennstoff- und Strompreise, Anschaffungskosten des Geräts, etc.) ein solches Produkt für den Endkunden wirtschaftlichen Nutzen und somit für KWB ein potenzielles Marktfeld bringen kann.

Die sich aus Marktvolumen und Marktanteil ergebende prognostizierte Absatzzahl, das Resultat der Detailanalyse des Absatzmarktes, wurde in der Wirtschaftlichkeitsanalyse aus Sicht von KWB verwendet. Unter Vorgabe einer angenommenen Absatzentwicklung wurden alle im Laufe des Produktlebenszyklus auftretenden Kosten und Erlöse erfasst (hierbei konnte großteils auf bereits existierende Werte zurückgegriffen werden) und die wirtschaftlichen Konsequenzen einer Markteinführung abgeschätzt. Schließlich wurde eine grundlegende Herangehensweise für wirtschaftliche Machbarkeitsstudien bei KWB definiert. Die wichtigsten Ergebnisse werden nachfolgend kurz zusammengefasst:

4.1 Ergebnisse seitens des Marktes

- Deutschland ist in Europa der größte und wichtigste Markt für Mikro-KWKs (ca. 45 % der verkauften Einheiten).
- Das Marktpotenzial für die betrachtete pelletbefeuerte Mikro-KWK ist in Deutschland ist sehr groß (in über 6 Millionen Gebäuden prinzipiell einsetzbar, davon in fast 650.000 Wohngebäuden wirtschaftlicher als eine Pelletheizung).
- Jedoch ist das aktuelle Marktvolumen von Mikro-KWKs auf Biomassebasis noch sehr gering (geschätzte Verkaufszahlen 2011: 100 Stück in Deutschland, 222 in der gesamten Europäischen Union).

4.2 Ergebnisse seitens des Kunden

- Die Wirtschaftlichkeit für den Endkunden hängt stark vom Stromeinkaufspreis und vom elektrischen (Netto-) Wirkungsgrad der Mikro-KWK ab.
- Wirtschaftlicher Betrieb der betrachteten Mikro-KWK derzeit nur in 3 Ländern: Italien, Deutschland und Großbritannien (in GB nur aufgrund hoher Förderungen) möglich.
- Bei Betrachtung unter den angenommen Rahmenbedingungen (Preisniveaus für Deutschland, mit Einspeiseförderung) kann die Mikro-KWK wirtschaftlich betrieben werden in:
 - Einfamilienhäusern mit min. 4 Personen (oder min. 7.000 kWh) und einem Wärmebedarf von mindestens 50.000 kWh jährlich
 - Zweifamilienhäusern mit min. 5 Personen (oder min. 8.750 kWh) und einem Wärmebedarf von mindestens 45.000 kWh jährlich
 - Mehrfamilienhäusern ab einem Wärmebedarf von mindestens 35.000 kWh jährlich
- Bei Betrachtung ohne Einspeiseförderung gilt:
 - Es können maximal die zusätzlichen Investitionskosten gegenüber einer Pelletheizung zurückgewonnen werden, jedoch keine darüber hinausgehenden Einsparungen.
- Unabhängig von Förderungen gilt:
 - Gegenüber mit fossilen Brennstoffen betriebenen Mitbewerbergeräten ist die Mikro-KWK durchaus konkurrenzfähig.

4.3 Ergebnisse seitens des Unternehmens KWB

- Bei aktuellem Marktvolumen ist eine Markteinführung wirtschaftlich nicht sinnvoll.
- Die Beobachtung der Marktentwicklung (Mikro-KWK insgesamt und im besonderen Biomasse-KWK) wird empfohlen. Erreicht das Marktvolumen eine Größe, bei der seitens von KWB jährliche Absatzzahlen im Bereich von 300 Stück für realistisch erachtet werden, ist eine Markteinführung erfolversprechend. Dabei ist die Vorlaufzeit für Produktentwicklung, Markt- und Serieneinführung zu berücksichtigen.
- Abklärung der technischen Machbarkeit eines Geräts mit höherem elektrischen Wirkungsgrad, eine solche Mikro-KWK würde höhere Herstellkosten bzw. höhere Verkaufspreise rechtfertigen.

Literaturverzeichnis

ALTOBELLI FANTAPIE, C.: Marktforschung, Methoden – Anwendungen – Praxisbeispiele, 2. Auflage, Konstanz und München 2011

BACHOR, A. et al.: Abrechnungsvarianten; Stromerzeugung aus KWK-Anlagen in Mehrfamilienhäusern, in: BWK – Das Energie-Fachmagazin, Bd. 62 (2010), Nr. 7/8

BAUER, U.: Prozessmanagement - Credo für neue Wettbewerbsstärke, in: BAUER, U. (Hrsg.): BWL- Schriftenreihe, 3. Band, Graz 2001

BEREKOVEN, L., ECKERT W., ELLENRIEDER P: Marktforschung, Methodische Grundlagen und praktische Anwendung, 12. Auflage, Wiesbaden 2009

BESTMANN, U. et al.: Kompendium der Betriebswirtschaftslehre, 11. Auflage, München 2001

BLEIBER, R.: Controlling für Nicht-Controller, 1. Auflage, München 2007

BROCKHOFF, K.: Forschung und Entwicklung, Überwachung der, 2. Auflage, Stuttgart 1992

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT: Energie dreifach nutzen; Strom, Wärme und Klimaschutz: Ein Leitfaden für kleine Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (Mini-KWK), 2. Auflage, Berlin 2009

DÄUMLER, K.-D.: Grundlagen der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung, 11. Auflage, Berlin 2003

EEG: Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) 2008, BGBl. I S. 2074, i.d.F. Dezember 2012, BGBl. I S. 2730

EICHHORN, P.: Das Prinzip Wirtschaftlichkeit, Basiswissen der Betriebswirtschaftslehre, 3. Auflage, Wiesbaden 2005

FIEDLER, R.: Controlling von Projekten, Wiesbaden 2005...

FRIEDL, B.: Kostenrechnung: Grundlagen, Teilrechnungen und Systeme der Kostenrechnung, München 2010

HAUSCHILDT, J.; SALOMO, S.: Innovationsmanagement, 5. Auflage, München 2011

HESELBACH, J.: Energie und klimaeffiziente Produktion; Grundlagen, Leitlinien und Praxisbeispiele, Wiesbaden 2012

KOTLER, P., KELLER, K. L., BLIEMEL, F., Marketing Management, Strategien für wertschaffendes Handeln, 12. Auflage, München 2007

KWKG: Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz) 2002, BGBl. I S. 1092, i.d.F. Juli 2012, BGBl. I S. 1494

MAIERHOFER, B.: Analyse des Marktes und der Wirtschaftlichkeit eines neuen Produktes als Teil des Innovationsprozesses, Magisterarbeit, Graz 2012

PEPELS, W.: Käuferverhalten und Marktforschung, Stuttgart 1995

PEPELS, W.: Marktsegmentierung – Erfolgsnischen finden und besetzen, 2. Auflage, Düsseldorf 2007

SELCHERT, F. W.: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, Übersichtsdarstellungen, 8. Auflage, München 2002

STATISTIK AUTRIA: Energieeinsatz im Dienstleistungssektor, Wien 2011

WINKELMANN, P.: Marketing und Vertrieb, 5. Auflage, München 2006

WÖHE, G., DÖRING U., Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 24. Auflage, München 2010

Online verfügbare Literatur

AEA ENERGY & ENVIRONMENT (2008): Energy End-Use in Ireland,

http://www.seai.ie/Publications/Statistics_Publications/EPSSU_Publications/Commissioned_Research/Energy%20End-Use%20in%20Ireland.pdf

Abfrage vom: 25.2.2013

BUNDESAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE (2012): Mikro-KWK Anlagen, Liste der förderfähigen KWK-Anlagen bis einschließlich 20 kWel, 2012,

http://www.bafa.de/bafa/de/energie/kraft_waerme_kopplung/mini_kwk_anlagen/publikationen/liste_foerderfaehigen_mini_kwk_anlagen.pdf

Abfrage vom: 21.2.2013

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2011):

Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland,

http://www.bbsr.bund.de/nn_187722/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BM/BS/Online/2011/ON162011.html

Abfrage vom: 25.2.2013

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2005): Kleine Kraft-Wärme-Kopplung für den Klimaschutz,

http://www.fulda.de/fileadmin/buergerservice/pdf_amt_67/broschueren_energie_umwelt/Kraft-Waerme-Kopplung.pdf

Abfrage vom: 25.2.2013

CERVENI, M. (2012): Lebenszykluskosten neuer Heizsysteme für alte Einfamilienhäuser,

http://www.oegut.at/downloads/pdf/e_lebenszykluskostenvergleich_2012.pdf

Abfrage vom: 4.3.2013

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (2010): Housing statistics in the European Union, http://www.bmwfj.gv.at/Wirtschaftspolitik/Wohnungspolitik/Documents/housing_statistics_in_the_european_union_2010.pdf

Abfrage vom: 25.2.2013

DELTA EE (2012a): 7th Annual Delta-ee 'Micro-CHP in Europe' Summit: 2012, Summit Highlights
http://www.delta-ee.com/images/downloads/pdfs/2012/Deltaee_MicroCHP_Summit_Highlights_June_2012.pdf

Abfrage vom: 28.2.2013

DELTA EE (2012b): European small scale cogen (sub-100kWe): Market Status & Prospects, Cogeneration Days 2012
http://delta-ee.com/images/downloads/pdfs/Delta-ee_mCHP_market_status_and_potential_Cogen_Czech_161012.pdf

Abfrage vom: 28.2.2013

DELTA EE (2011): 6th Annual Delta-ee 'Micro-CHP in Europe' Summit: 2012, Summit Highlights
http://www.delta-ee.com/images/downloads/pdfs/2011/Delta%20M-CHP%20Summit%20Highlights_June2011_final.pdf

Abfrage vom: 28.2.2013

ENERGIEINNOVATION (2012): Analyse der Wärme- und Elektrizitätsversorgung des deutschen Wohngebäudesektors in einem optimierenden Energiesystemmodell, http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/i4340/eninnov2012/files/lf/LF_Merkel.pdf

Abfrage vom: 22.2.2013

ENERGY ECONOMICS GROUP, TU WIEN (2010): Mikro-KWK, langfristige Szenarien der gesamtwirtschaftlich optimalen Integration von Mikro-KWK Anlagen in das österreichische Energiesystem, 2010, http://www.eeg.tuwien.ac.at/eeg.tuwien.ac.at_pages/research/downloads/PR_176_Mikro_KWK_Endbericht_814138.pdf,

Abfrage vom: 21.2.2013

ESTIF (2009): The solar thermal potential in Europe, http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/events/downloads/Potential%20Solar%20The_rmal_Webinar.pdf

Abfrage vom: 22.2.2013

EUROPEAN COMMISSION, EUROSTAT (2002): Energy consumption in the service sector, surveys of EU member states, http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-43-02-042/EN/KS-43-02-042-EN.PDF

Abfrage vom: 25.2.2013

FRAUNHOFER (2009): Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004 bis 2006,

<http://www.bmwi.de/Dateien/Energieportal/PDF/energieverbrauch-des-sektors-ghd-abschlussbericht,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>

Abfrage vom: 27.2.2013

GAS RESEARCH CONFERENCE (2011): New Ecowill: A new generation gas engine micro-CHP, http://www.igu.org/igrc2011/igrc-2011-proceedings-and-presentations/poster-papers-session-3/P3-56_Hiroki%20Tanaka.pdf/view

Abfrage vom: 23.2.2013

MICRO CHP FEATURE (2009): Micro-CHP edging towards the mass market,

<http://www.docstoc.com/docs/71317865/Download---Micro-CHP>

Abfrage vom: 22.2.2013

OECD (2012): Climate and energy policy in Germany: Mechanisms to encourage private sector investment/participation in low-carbon development, A case study of Germany's Building Sector

<http://www.oecd.org/env/cc/Case%20study%20Germany.pdf>

Abfrage vom: 28.2.2013

PIELKE, M., WISSING C., KURRAT M. (2008): Technisch-wirtschaftliche Bewertung verschiedener Betriebsweisen von Mini-BHKW in der Hausversorgung

http://www.htee.tu-bs.de/forschung/veroeffentlichungen/pielke_090204_veroeffentlichung_et.pdf

Abfrage vom: 1.3.2013

STATISTISCHES BUNDESAMT (2012): Bauen und Wohnen, Mikrozensus – Zusatzerhebung 2010, Bestand und Struktur der Wohneinheiten, Wohnsituation der Haushalte

https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/EinkommenKonsumLebensbedingungen/Wohnen/WohnsituationHaushalte2055001109004.pdf?__blob=publicationFile

Abfrage vom: 27.2.2013

SWISS FEDERAL INSTITUTES OF TECHNOLOGY (2005): Energieverbrauch und CO₂-Emissionen des Dienstleistungssektors in der Schweiz: Aufdatierung für das Jahr 2004,

http://www.bafu.admin.ch/climatereporting/00545/01913/index.html?lang=en&download=NHZLpZeg7t.Inp6l0NTU042l2Z6ln1ad1lZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCEd315gmym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--

Abfrage vom: 25.2.2013

TU WIEN (2009): The potential of solar thermal in Europe,

http://www.eeg.tuwien.ac.at/eeg.tuwien.ac.at_pages/publications/pdf/WER1.pdf

Abfrage vom: 22.2.2013

VERBAND SCHWEIZERISCHER ELEKTRIZITÄTSUNTERNEHMEN (2012): Vergleich Strompreise 2013, http://www.strom.ch/uploads/media/VSE_Strompreisvergleich_2013.xls
Abfrage vom: 26.2.2013

VERBUNDNETZ GAS AG (2010): Wirtschaftlichkeitsberechnung von KWK-Anlagen und Antragswesen,
[http://shk-thueringen.de/vwt/Ressources.nsf/%28UNID%29/1467293676F54E11C1257B240046A861/\\$file/KWK002.pdf](http://shk-thueringen.de/vwt/Ressources.nsf/%28UNID%29/1467293676F54E11C1257B240046A861/$file/KWK002.pdf)
Abfrage vom: 4.3.2013

VERHEYEN, O. (2011): Mikro-Mini-BHKW: Stand der Technik, Rahmenbedingungen, Marktentwicklung, Erfahrungen aus der Wohnwirtschaft,
http://www.uni-due.de/imperia/md/content/energie/110907_mikro_mini_bhkw_hannover.pdf
Abfrage vom: 28.2.2013

VON ROON, S. (2009): Mikro-KWK und virtuelle Kraftwerke, 2009,
http://www.ffe.de/download/Veroeffentlichungen/2009_Fachtagung_vRoon.pdf
Abfrage vom: 21.2.2013

Webseiten:

ADEME ODYSSEE INDICATORS, Wärmebedarf pro Wohnung, <http://www.odyssee-indicators.org/online-indicators>
Abfrage vom 25.2.2012

ASUE: Preis Honda Ecowill,
http://www.eor.de/fileadmin/eor/docs/aktivitaeten/2007/energieberateritag/Vortraege/07_Utesch.pdf
Abfrage vom: 23.2.2013

ASUE WEBPAGE: Abbildung Prinzip einer Mikro-KWK
<http://asue.de/themen/blockheizkraftwerke/grafiken/index.html>
Abfrage vom 4.3.2013

BHKW PRINZ : Preise Dachs VM Technologien, <http://www.bhkw-prinz.de/senertec-dachs-stirling-se-mikro-kwk/1812#Preis>
und Preis Dachs Stirling SE,
http://www.bhkw-prinz.de/wp-content/uploads/2010/03/Produktpreisliste_Endkunde_1_4_2011.pdf
Abfrage vom 22.2.2013

BUND DER ENERGIEVERBRAUCHER: Vollwartungskosten Dachs,
http://www.energieverbraucher.de/de/Energiebezug/Kraft-Waerme-Kopplg/Hersteller/Beispielrechnung_1074/

Abfrage vom 6.3.2013

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG:
Gesamtanzahl Nichtwohngebäude,
<http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/SW/energetische-stadtsanierung.html>

Abfrage vom 27.2.2013

BUTTON ENERGY: Einsatzgebiete Bison Powerblock,
<http://www.buttonenergy.at/lccms/downloadarchive/00002/INFOlionbison100211.pdf>

Abfrage vom 23.2.2013

DEPV: Preise für Pellets, Erdgas und Heizöl extraleicht,
<http://www.depv.de/startseite/marktdaten/pelletspreise/>

Abfrage vom: 2.11.2012

ENERGIEAGENTUR FREIBURG: Rückerstattung der Energiesteuer bei KWKs und Höhe der Steuer für verschiedene Brennstoffe, <http://www.foerderprogramme.energieagentur-freiburg.de/Pdfs/KWK-Energiesteuerr%C3%BCckerstattung.pdf>

Abfrage vom 2.3.2013

ENERGIEPLATTFORM: Preis Bison Powerblock,
<http://energieplattform.typepad.com/downloads/090128%20Lion%20und%20Bison.pdf>

Abfrage vom 23.2.2013

E.ON: Lebensdauer von Mikro-KWKs mindestens 10 Jahre,
https://www.eon.de/de/eonde/pk/energieUndZukunft/Energie_fuer_zu_Hause/Mikro-KWK/FAQ/index.htm

Abfrage vom 2.3.2013

EUROPEAN ENERGY EXCHANGE: Preis für Grundlaststrom 3. Quartal 2012,
http://cdn.eex.com/document/52446/Phelix_Quarterly.xls

Abfrage vom 1.3.2013

EXOËS: Generatoreinheit SHAPE, Biomasse KWK, <http://www.exoes.com/EN>

Abfrage vom 25.2.2013

ÖKOFEN: Feldteststart Pellematic Smart_e, <http://www.okofen-e.com/de/okofen-e/meilensteine-zusammenarbeit.html>

Abfrage vom 23.2.2013

RAATSCHEN HEIZUNG: Preise ecoPower und Vitotwin, <http://www.raatschen.de/57.pdf>
Abfrage vom 22.2.2013

SENERTEC: Dachs Produktbezeichnungen, <http://www.senertec.de/de/derdachs/bhkw-technik.html>
Abfrage vom 22.2.2013

Abfrage statistischer Datenbanken:

EUROSTAT: Da die Links zu den entsprechenden Tabellen von der Datenbank nur temporär erzeugt werden, sind die entnommenen Daten im Anhang zu finden

STATISTISCHES BUNDESAMT (2009): Handwerksunternehmen, Tätige Personen, Umsatz: Deutschland, Jahre, Handwerksarten, Gewerbegruppen und Gewerbebranche, Beschäftigtengrößenklassen, Handwerkszählung, Tabelle: 53111-0002, Werte für 2009, <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>

STATISTISCHES BUNDESAMT (2010a): Unternehmen, Beschäftigte, Umsatz und weitere betriebs- und volkswirtschaftliche Kennzahlen im Handel: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige, Beschäftigtengrößenklassen, Jahresstatistik im Handel, Tabelle: 45341-0002, Werte für 2010, <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>

STATISTISCHES BUNDESAMT (2010b): Unternehmen, Beschäftigte, Umsatz und weitere betriebs- und volkswirtschaftl. Kennzahlen im Gastgewerbe: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige, Beschäftigtengrößenklassen Jahre, Jahresstatistik im Gastgewerbe, Tabelle: 45342-0002, Werte für 2010, <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>

STATISTISCHES BUNDESAMT (2011): Privathaushalte: Deutschland, Jahre, Haushaltsgröße, Tabelle: 12211-0102, Werte für 2011, <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>

Sonstige Informationsquellen

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT:
Beitrag der KWKK zum Erreichen der klima- und energiepolitischen Ziele der Bundesregierung, Vortrag von Wolfgang Müller; RENEXPO: 6. Fachtagung „Dezentrale Mini- und Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung“, 27. September 2012, Augsburg

CERAMIC FUEL CELLS.: Brennstoffzellenheizgerät BlueGEN, Vortrag von Frank Dahlmanns; RENEXPO: 6. Fachtagung „Dezentrale Mini- und Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung“, 27. September 2012, Augsburg

E.ON: Planung und Dimensionierung von Mikro-KWK-Anlagen, Vorstellung der VDI-Richtlinie 4656, Vortrag von Andreas Bachor, E.ON Ruhrgas AG; 5. Fachtagung „Dezentrale Mini- und Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung“, 22. September 2011, Augsburg

REUTLINGEN RESEARCH INSTITUTE: Mikro-KWK: Technologieüberblick, Prüfstandergebnisse zur Primärenergieeinspeisung und zum Normnutzungsgrad, Vortrag von Bernd Thomas; RENEXPO: 6. Fachtagung „Dezentrale Mini- und Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung“, 27. September 2012, Augsburg

SENERTEC PREISLISTE: Produktpreisliste 2012, für Endkunden, gültig für Lieferung ab dem 1.4.2012, SenerTec GmbH Carl-Zeiss-Str. 18, 97424 Schweinfurt

TU MÜNCHEN: Technische Systeme für Mini- und Mikro-KWK, Ein aktueller Technologieüberblick, Vortrag von Josef Lipp; RENEXPO, 22. September 2001, Augsburg

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE, Berechnungsprogramm gemäß Richtlinie VDI 4546, Benutzerhandbuch, Version 3.0, 2009

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE, VDI Richtlinie 2067, Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Blatt 1, 2012

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE, VDI Richtlinie 4656, Planung und Dimensionierung von Mikro-KWK-Anlagen, 2011

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Unterscheidung zwischen Marketing- und Marktforschung	8
Abbildung 2: Typischer Prozess der Marktforschung	11
Abbildung 3: Marktpotenzial, Marktvolumen und Marktanteil	14
Abbildung 4: Marktattraktivitäts-Wettbewerbsstärke-Portfolio	15
Abbildung 5: Überblick Investitionsrechnungsverfahren.....	17
Abbildung 6: Break-Even-Analyse graphisch.....	23
Abbildung 7: Anwendung einer Mikro-KWK in einem Haushalt.....	26
Abbildung 8: Wärmebedarf (< 200 °C) in EU nach Sektoren	36
Abbildung 9: Ergebnis der Marktsegmentierung	38
Abbildung 10: Marktattraktivitäts – Geschäftsstärke – Portfolio der untersuchten Länder	46
Abbildung 11: Zusammenfassung Marktpotenzialerhebung	54
Abbildung 12: Überblick Simulationsprogramm VDI 4656.....	56
Abbildung 13: Anfahrverhalten der Mikro-KWK	59
Abbildung 14: Übersicht Leistungen und Wirkungsgrade KWKs und Easyfire	63
Abbildung 15: Wärmebedarfs-/Strombedarfsmatrix	64
Abbildung 16: Amortisationszeit EFH, 3 Personen, BJ 1960, 162 m ² (ME 1-4); Betrachtung mit Einspeiseförderung	67
Abbildung 17: Amortisationszeit EFH, 3 Pers., BJ 1960, 162 m ² (ME 1-4) bei ausschließlicher Einspeisung des erzeugten Stromes; Betrachtung mit Einspeiseförderung ...	68
Abbildung 18: Amortisationszeit EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m ² (ME 2-4); Betrachtung mit Einspeiseförderung	70
Abbildung 19: Sensitivitätsanalyse KWK 2 im Szenario EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m ² (ME 2-4)	71
Abbildung 20: Sensitivitätsanalyse KWK 3 im Szenario EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m ² (ME 2-4)	72
Abbildung 21: Amortisationszeit MFH, 5 Wohneinheiten, BJ 1990, 412 m ² (ME 3-3); Betrachtung mit Einspeiseförderung	74
Abbildung 22: Amortisationszeit MFH, 5 Wohneinheiten, BJ 1990, 530 m ² (ME 3-4); Betrachtung mit Einspeiseförderung	75
Abbildung 23: Amortisationszeit MFH, 5 Wohneinheiten, BJ 1990, 506 m ² (ME 3-4); Betrachtung ohne Einspeiseförderung	75
Abbildung 24: Übersicht Wirtschaftlichkeit d. Mikro-KWK anhand der Wärmebedarfs-/Strombedarfsmatrix	77

Abbildung 25: Gesamtkostenverlauf in EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m ² (ME 2-4); Betrachtung mit Einspeiseförderung	81
Abbildung 26: Gesamtkostenverlauf in EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m ² (ME 2-4); Betrachtung ohne Einspeiseförderung	82
Abbildung 27: Sensitivitätsanalyse Einspeisetarif in EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m ² (ME 2-4)	83
Abbildung 28: Sensitivitätsanalyse Stromeinkaufspreis in EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m ² (ME 2-4)	84
Abbildung 29: Sensitivitätsanalyse Brennstoffkosten in EFH, 5 Personen, BJ 1960, 158 m ² (ME 2-4)	85
Abbildung 30: Gesamtkostenverlauf in MFH, 5 Wohneinheiten, BJ 1990, 530 m ² (ME 3-4); Betrachtung mit Einspeiseförderung	86
Abbildung 31: Gesamtkostenverlauf in MFH, 5 Wohneinheiten, BJ 1990, 530 m ² (ME 3-4); Betrachtung ohne Einspeiseförderung	87
Abbildung 32: Gesamtkostenverlauf in MFH, 7 Wohneinheiten, BJ 1990, 506 m ² (ME 4-4); Betrachtung mit Einspeiseförderung	88
Abbildung 33: Gesamtkostenverlauf in MFH, 7 Wohneinheiten, BJ 1990, 506 m ² (ME 4-4); Betrachtung ohne Einspeiseförderung	88
Abbildung 34: Deckungsbeitragsrechnung bei KWB	95
Abbildung 35: Verlauf der Absatzzahlen in den verschiedenen Szenarien	97
Abbildung 36: Gegenüberstellung Gewinn/Verlust (DB 3) kumuliert der unterschiedlichen Szenarien	98
Abbildung 37: Sensitivitätsanalyse Vertriebskosten	99
Abbildung 38: Verkaufspreis-/Stückzahlkombinationen (nötige Stückzahl bei gegebenem Verkaufspreis)	100
Abbildung 39: Prozessmodell für wirtschaftliche Machbarkeitsstudien	102

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Formen der Marktforschung.....	9
Tabelle 2: Aufbau der mehrstufigen Deckungsbeitragsrechnung.....	21
Tabelle 3: Auflistung von Mikro-KWK Herstellern	32
Tabelle 4: Umrechnungsfaktoren Attraktivität Wohnsektor	40
Tabelle 5: Umrechnungsfaktoren Attraktivität Gewerbesektor	40
Tabelle 6: Umrechnungsfaktoren Attraktivität Strompreisniveau.....	41
Tabelle 7: Berechnung der Marktattraktivität der betrachteten Länder.....	42
Tabelle 8: Faktoren für die Bewertung der Wettbewerbsstärke.....	44
Tabelle 9: Umrechnungsfaktoren Marktvolumen.....	45
Tabelle 10: Umrechnungsfaktoren Marktanteil und Anteil Bestellmenge	45
Tabelle 11: Umrechnungsfaktoren Anteil Biomasseproduktion	45
Tabelle 12: Berechnung der Wettbewerbsstärke der betrachteten Länder	46
Tabelle 13: Erhebung des Marktpotenzials im Teilmarkt Wohngebäude.....	48
Tabelle 14: Erhebung des Marktpotenzials im Teilmarkt Nichtwohngebäude	50
Tabelle 15: Zusammenfassung Ergebnis Marktpotenzialerhebung Deutschland	51
Tabelle 16: Herleitung Marktpotenzial für rentablen Betrieb	53
Tabelle 17: Überblick Typtagkategorien	58
Tabelle 18: Verwendete Brennstoff- u. Strompreise sowie Einspeisetarife für die Wirtschaftlichkeitsrechnung	62
Tabelle 19: Verwendete Werte für den Wirtschaftlichkeitsvergleich mit Pelletheizung	65
Tabelle 20: Übersicht technische Daten Vergleichs-Mikro-KWKs	79
Tabelle 21: Übersicht Strompreise der verschiedenen Länder für Privatabnehmer.....	91
Tabelle 22: Übersicht Szenarios „worst“, „average“ und „best case“	96
Tabelle 23: Übersicht Kosten der Vorlaufphase.....	98

Abkürzungsverzeichnis

AUT	Österreich
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BE	Bestelleingänge
BEL	Belgien
BG	Biogas
BJ	Baujahr
BMU	Bundesamt für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
CH	Schweiz
CHP	Combined Heat and Power
DB	Deckungsbeitrag
DH	Doppelhaus
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EG	Erdgas
EL	Extraleicht (bei Heizöl)
ESP	Spanien
FG	Flüssiggas
FRA	Frankreich
GB	Großbritannien
GbR	Gesellschaft bürgerlichen Recht
GER	Deutschland
IRL	Irland
ITA	Italien
KG	Klärgas
ktoe	Kilo-Tonnen Öleinheiten (auch Öläquivalent genannt)
kWh	Kilowattstunde
KWF	Kapitalwiedergewinnungsfaktor
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung

KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
MA	Mitarbeiter
ME	Matrixelement
MFH	Mehrfamilienhaus
ORC	Organic Rankine Cycle
SGE	Strategische Geschäftseinheit
SLO	Slowenien
TJ	Terajoule
VDI	Verein deutscher Ingenieure
VM	Verbrennungsmotor
WB	Wärmebedarf
WE	Wohneinheit
WS	Wohnsektor

Anhang

Anhang 1: Wirtschaftlichkeitsanalyse aus Sicht der KWB.....121

Anhang 2: Von Eurostat entnommene Daten.....128

Anhang 1: Wirtschaftlichkeitsanalyse aus Sicht der KWB**Eingabeblatt:**

PM	Anfangsstückzahl	[#]	45
	Anfangsjahr des Projektes	[-]	2013
	Dauer der Vorphase	[-]	4
	Anteil Bauart 1	[%]	62%
	Anteil Bauart 2	[%]	30%
	Anteil Bauart 3	[%]	8%
	Veränderungsrate Bauart 1	[%]	-4%
	Veränderungsrate Bauart 2	[%]	7%
	Veränderungsrate Bauart 3	[%]	0%
	Steigerungsfaktor für Wareneinsatz	[%]	1,5%
	Durchschnitt. Rabatt (AverageCase)	[%]	43,0%
	Durchschnitt. Rabatt (BestCase)	[%]	30,0%
	Durchschnitt. Rabatt (WorstCase)	[%]	50,0%
	Skonto	[%]	3,0%
	Stundensatz der Angestellten	[€/h]	55
	Stundensatz der Arbeiter	[€/h]	33,8
	Produktfindung Stunden	[h]	600
	Produktentwicklung		
		Stunden (AverageCase)	[h]
		Stunden (BestCase)	[h]
		Stunden (WorstCase)	[h]
		sonstige Kosten (AverageCase)	[€]
		sonstige Kosten (BestCase)	[€]
		sonstige Kosten (WorstCase)	[€]
	Markteinführung		
		Stunden	[h]
		sonstige Kosten	[€]
	Serieneinführung		
	Stunden	[h]	3.000
	sonstige Kosten	[€]	100.000
VERTRIEB	Inflation	[%]	2,0%
	Fahrstundensatz	[€/km]	0,42
	Fahrkostenerhöhung jedes dritte Jahr	[€]	0,04
	Zinssatz i (AverageCase)	[%]	8%
	Zinssatz i (BestCase)	[%]	5%
	Zinssatz i (WorstCase)	[%]	11%
SCM	Fertigungstunden für eine Anlage pro Arbeiter	[h]	3,34
	Kosten pro Verpackung	[€/#]	1,79
	Materialgemeinkosten	[%]	4,76%
	Montageeinrichtung	[€]	50.000
	Nutzungsdauer von Montageeinrichtungen	[a]	5

	Nutzungsdauer von der Halle	[a]	33
CONTROLLING	Marketing- & Vertriebskosten in % des Umsatzes	[%]	2,5%
	Verwaltungskosten in % des Umsatzes	[%]	2,5%
	Personalaufwand für Vertrieb und Verwaltung & Marketing in % des Umsatz	[%]	8,1%
	KFZ Aufwand in % des Umsatzes	[%]	
	Beratungsaufwand in % des Umsatzes	[%]	
	Forschungsaufwand in % des Umsatzes	[%]	
	Abschreibung für Verwaltungsgebäude in % des Umsatzes	[%]	
	Sonstiger Aufwand in % des Umsatzes	[%]	0,8%
	Zinsen und ähnliche Aufwendungen in % des Umsatzes	[%]	
	Transportzuschlag pro Anlage	[€]	300
KUNDENDIENST	Servicestundenenerlös	[€/h]	60
	Servicestundenkosten	[€/h]	49,18
	Ø Servicezeit für Montage	[h/#]	10
	Ø Servicezeit für Inbetriebnahme	[h/#]	4,5
	Ø Servicezeit für den Störfall	[h/#]	2
	Ø Servicezeit für Wartung	[h/#]	4
	Montageerlöse pro Anlage	[€/#]	500
	Inbetriebnahmeerlöse pro Anlage	[€/#]	270
	Störfallfaktor im ersten Marktphasejahr	[-]	0,5
	Störfallfaktor pro Anlage pro Jahr außerhalb der Garantie	[-]	0,3
	Wartungsanteil	[%]	30%
	Veränderungssteigerung des Wartungsanteiles	[%]	2%
	Wartungserlöse pro Anlage	[€/#]	180
	Ø Fahrkilometer	[km/#]	70
	Ø Fahrzeit	[h/#]	0,8
	Ø Ersatzteileinkaufspreis pro Anlage pro Jahr	[€/#*a]	24
	Ø Ersatzteilverkaufspreis pro Anlage pro Jahr	[€/#*a]	84
	Hauptmarktanteil	[%]	78%
	Anteil von Installateuren im Hauptmarkt	[%]	12%
PM	Serienbetreuung KD Arbeitstunden	[h/a]	750
	Serienbetreuung KD Kilometer	[km]	15.000
	Serienbetreuung Stunden der Technikerarbeiter	[h/a]	500
	Serienbetreuung Stunden der Technikangestellten	[h/a]	1.000
	Materialkosten (inkl. Brennstoff)	[€]	45.000
	Serienbetreuungstunden SCM	[h]	500
	Serienbetreuungsstunden PM	[h]	500

Steigerung der Stückzahlen		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Average		158%	158%	27%	13%	8%	6%	1%	0%
Bestcase		233%	210%	20%	8%	7%	6%	5%	4%
Worstcase		80%	80%	31%	13%	8%	6%	1%	31%
Leistungsgrößenverteilung									
8 kW	[%]	4%							
12 kW	[%]	11%							
15 kW	[%]	36%							
22 kW	[%]	26%							
25 kW	[%]	10%							
30 kW	[%]	6%							
35 kW	[%]	7%							
Wareneinsatz		Listenpreis							
für das erste Jahr		für das erste Jahr		gewünschter Brutto-Verkaufspreis KWK-Modul:					
S 8	3.896	S 8	12.205	4.000 €					
S 12	3.898	S 12	12.495	Netto-Verkaufspreis KWK-Modul:					
S 15	3.990	S 15	12.816	3.333 €					
S 22	3.991	S 22	13.262	Herstellkosten [€]:					
S 25	4.092	S 25	13.864	1.333,33 €					
S 30	4.094	S 30	14.216	Gewünschte Amort.dauer f. Preisanalyse [a]:					
S 35	4.095	S 35	14.569	3					
GS 8	4.159	GS 8	12.649						
GS 12	4.161	GS 12	12.940						
GS 15	4.253	GS 15	13.261						
GS 22	4.255	GS 22	13.707						
GS 25	4.356	GS 25	14.309						
GS 30	4.356	GS 30	14.661						
GS 35	4.357	GS 35	15.014						
V 8	3.983	V 8	12.385						
V 12	3.984	V 12	12.675						
V 15	4.079	V 15	12.997						
V 22	4.079	V 22	13.443						
V 25	4.186	V 25	14.044						
V 30	4.186	V 30	14.397						
V 35	4.187	V 35	14.749						

Hallenkosten						
		Summe	Easyfire 2	Multifire	Powerfire	Classicfire
Assemblinghalle	[€]	2.974.193	529.816	2.047.015	397.362	0
Assembling	[m2]	1.235	220	850	165	0
Kennzahl der Assemblinghallenkosten pro m2	[€/m2]	2.408				
Bitte Geben Sie hier die benötigte Fläche ein	[m2]	22				
Assemblinghallenkosten	[€]	52.982				
Lagerhalle	[€]	745.356	342.174	188.328	116.711	98.143
Lagerung	[m2]	1.405	645	355	220	185
Kennzahl Hallekosten pro m2 Fläche	[€/m2]	531				
Bitte Geben Sie hier die benötigte Fläche ein	[m2]	65				
Lagerhallenkosten	[€]	34.217				

Berechnung Average Case

		-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
		Vorlaufphase				Marktphase								Nachlaufphase												
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
STÜCKZAHLEN	[#]					45	116	299	380	429	463	491	496													
kumulierte Stückzahl						45	161	460	840	1.269	1.732	2.223	2.719	2.719	2.719	2.719	2.719	2.719	2.719	2.719	2.719	2.719	2.719	2.719	2.719	
Stückzahl im Hauptmarkt	[#]					35	90	233	296	335	361	383	387													
Stückzahl im Hauptmarkt betreut von KWB	[#]					31	80	205	261	294	318	337	340													
kum Stückzahl	[#]					31	111	316	577	871	1.189	1.526	1.866	1.866	1.866	1.866	1.866	1.866	1.866	1.866	1.866	1.866	-1.082	628	-364	211
# auf Garantie	[#]					31	111	285	466	555	612	655	677	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
# auf Rechnung	[#]					0	0	31	111	316	577	871	1.189	1.526	1.866	1.866	1.866	1.866	1.866	1.866	1.866	1.866	-1.082	628	-364	211
ERLÖSE																										
Produkerlöse	[€]					627.073	1.620.586	4.181.171	5.402.151	6.238.902	6.873.069	7.499.834	7.655.475													
Erlöse Ersatzteile	[€]					0	0	2.595	9.283	26.522	48.432	73.167	99.863	128.173	156.771	156.771	156.771	156.771	156.771	156.771	156.771	156.771	-90.888	52.752	-30.576	17.724
Dschnt.Rabatt	[%]					269.641	696.852	1.799.019	2.326.917	2.694.133	2.976.246	3.256.391	3.334.795	55.114	67.412	67.412	67.412	67.412	67.412	67.412	67.412	67.412	-39.082	22.683	-13.148	7.621
Skonto	[%]					18.812	48.618	125.435	162.065	187.167	206.192	224.995	229.664													
Erlöse wegen Montage	[€]					15.444	39.811	102.617	130.416	147.233	158.902	168.511	170.227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlöse wegen Inbetriebnahme	[€]					8.340	21.498	55.413	70.425	79.506	85.807	90.996	91.923	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erlöse wegen Wartung	[€]					0	0	1.735	6.333	18.456	34.376	52.970	73.743	96.541	120.443	122.852	125.309	127.815	130.371	132.979	135.638	138.351	-81.813	48.435	-28.635	16.931
Störungserlöse	[€]					0	0	1.557	5.570	15.913	29.059	43.900	59.918	76.904	94.063	94.063	94.063	94.063	94.063	94.063	94.063	94.063	-54.533	31.651	-18.346	10.634
Umsatz		0	0	0	0	362.403	936.426	2.420.633	3.135.196	3.645.233	4.047.207	4.447.994	4.586.689	246.503	303.865	306.274	308.731	311.237	313.794	316.401	319.061	321.773	-188.152	110.155	-64.409	37.668
WARENEINSATZ																										
Wareneinsatz Produkt	[€]	0	0	0	0	192.436	494.407	1.270.694	1.635.058	1.880.692	2.063.014	2.242.120	2.279.367													
Wareneinsatz Ersatzteile	[€]	0	0	0	0	741	2.652	7.578	13.838	20.905	28.532	36.621	44.792	44.792	44.792	44.792	44.792	44.792	44.792	44.792	44.792	44.792	-25.968	15.072	-8.736	5.064
Summe Wareneinsatz	[€]	0	0	0	0	193.177	497.059	1.278.272	1.648.896	1.901.597	2.091.546	2.278.741	2.324.159	44.792	-25.968	15.072	-8.736	5.064								
DB 1	[€]	0	0	0	0	169.226	439.366	1.142.361	1.486.300	1.743.636	1.955.661	2.169.253	2.262.530	201.712	259.073	261.482	263.939	266.446	269.002	271.609	274.269	276.982	-162.184	95.083	-55.673	32.604
Fertigung	[€]																									
Personalkosten	[€]					5.080	13.357	35.118	45.525	52.423	57.709	62.423	64.320													
Stundensatz	[€/h]					33,80	34,48	35,17	35,87	36,59	37,32	38,06	38,83													
Stunden	[h]					3,34	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34													
Transportkosten	[€]					13.500	34.800	89.700	114.000	128.700	138.900	147.300	148.800													
Lagerkosten	[€]					10.222	24.687	61.872	79.514	91.543	100.584	109.495	111.657	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027
Lagerhallekosten	[€]					1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027	1.027
Materialgemeinkosten	[€]					9.195	23.660	60.846	78.487	90.516	99.558	108.468	110.630													
Montagekosten	[€]					11.590	11.590	11.590	11.590	11.590	1.590	1.590	1.590													
Montagehallekosten	[€]					1.590	1.590	1.590	1.590	1.590	1.590	1.590	1.590													
Montageeinrichtungen	[€]					10.000	10.000	10.000	10.000	10.000																
Verpackungskosten	[€]					80	207	534	679	767	827	878	886													
Kosten wegen Montage	[€]					16.099	41.499	106.968	135.946	153.475	165.639	175.656	177.445	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kosten wegen Inbetriebnahme	[€]					7.744	19.962	51.454	65.393	73.825	79.676	84.495	85.355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Störungskosten	[€]					1.973	4.236	12.102	22.099	33.385	45.566	58.483	71.532	71.532	71.532	71.532	71.532	71.532	71.532	71.532	71.532	71.532	-41.471	24.070	-13.951	8.087
Wartungskosten	[€]					2.095	7.647	22.284	41.507	63.959	89.040	116.568	145.428	148.337	151.303	154.329	157.416	160.564	163.776	167.051	170.392	173.800	-102.776	60.845	-35.972	21.269
Summe Fertigungskosten	[€]	0	0	0	0	68.383	157.984	391.623	516.252	609.667	679.532	756.887	807.013	220.896	223.862	226.888	229.975	233.123	236.335	239.610	242.951	246.359	-143.220	85.941	-48.897	30.383

DB 2	[€]	0	0	0	0	100.843	281.382	750.739	970.048	1.133.969	1.276.129	1.412.366	1.455.517	-19.184	35.211	34.594	33.964	33.322	32.667	31.999	31.318	30.623	-18.964	9.141	-6.776	2.221	
Produktfindung	[€]	33.000	0	0	0	0																					
Personalkosten	[€]	33000																									
Stundensatz	[€/h]	55																									
Stunden	[h]	600																									
Fremdkosten	[€]	0																									
Materialkosten	[€]	0																									
Reisekosten	[€]	0																									
sonstige Kosten	[€]	0																									
Produktentwicklung	[€]	225.000	225.000	225.000	225.000																						
Personalkosten	[€]	206.250	206.250	206.250	206.250																						
Stundensatz	[€/h]	55	55	55	55																						
Stunden	[h]	3.750	3.750	3.750	3.750																						
Fremdkosten	[€]	0	0	0	0																						
Materialkosten	[€]	0	0	0	0																						
Reisekosten	[€]	0	0	0	0																						
sonstige Kosten	[€]	18.750	18.750	18.750	18.750																						
sonstige Erlöse	[€]	0	0	0	0																						
Markteinführung	[€]	65.000	65.000	65.000	65.000																						
Personalkosten	[€]	27.500	27.500	27.500	27.500																						
Stundensatz	[€/h]	55	55	55	55																						
Stunden	[h]	500	500	500	500																						
Fremdkosten	[€]	0	0	0	0																						
Materialkosten	[€]	0	0	0	0																						
Reisekosten	[€]	0	0	0	0																						
sonstige Kosten	[€]	37.500	37.500	37.500	37.500																						
Serieneinführung	[€]	66.250	66.250	66.250	66.250																						
Personalkosten	[€]	41250	41250	41250	41250																						
Stundensatz	[€/h]	55	55	55	55																						
Stunden	[h]	750	750	750	750																						
Fremdkosten	[€]	0	0	0	0																						
Materialkosten	[€]	0	0	0	0																						
Reisekosten	[€]	0	0	0	0																						
sonstige Kosten	[€]	25000	25000	25000	25000																						
Serienbetreuung	[€]	0	0	0	0	219.450	222.813	226.843	230.342	233.911	238.151	241.864	245.651	79.154	80.383	81.636	83.115	84.419	85.750	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe Kosten ab DB 2	[€]	389.250	356.250	356.250	356.250	219.450	222.813	226.843	230.342	233.911	238.151	241.864	245.651	79.154	80.383	81.636	83.115	84.419	85.750	0	0	0	0	0	0	0	0
DB 3	[€]	-389.250	-356.250	-356.250	-356.250	-118.607	58.569	523.896	739.706	900.058	1.037.978	1.170.502	1.209.866	-98.338	-45.171	-47.042	-49.151	-51.097	-53.082	31.999	31.318	30.623	-18.964	9.141	-6.776	2.221	

Ergebnisse Average Case

		SUMME	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
			Vorlaufphase				Marktphase								Nachlaufphase								
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Menge	[#]	2.719	0	0	0	0	45	116	299	380	429	463	491	496	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kumuliert							45	161	460	840	1.269	1.732	2.223	2.719									
Umsatz	[€]	26.215.611	0	0	0	0	362.403	936.426	2.420.633	3.135.196	3.645.233	4.047.207	4.447.994	4.586.689	246.503	303.865	306.274	308.731	311.237	313.794	316.401	319.061	321.773
Barwerte Umsatz	[€]	12.097.520	0	0	0	0	246.645	590.107	1.412.416	1.693.849	1.823.524	1.874.640	1.907.668	1.821.437	90.639	103.454	96.550	90.116	84.118	78.527	73.314	68.454	63.922
Wareneinsatz	[€]	12.600.780	0	0	0	0	193.177	497.059	1.278.272	1.648.896	1.901.597	2.091.546	2.278.741	2.324.159	44.792	44.792	44.792	44.792	44.792	44.792	44.792	44.792	44.792
Barwerte Wareneinsatz	[€]	6.009.828	0	0	0	0	131.473	313.232	745.859	890.847	951.272	968.791	977.313	922.955	16.470	15.250	14.120	13.074	12.106	11.209	10.379	9.610	8.898
DB 1		13.614.831	0	0	0	0	169.226	439.366	1.142.361	1.486.300	1.743.636	1.955.661	2.169.253	2.262.530	201.712	259.073	261.482	263.939	266.446	269.002	271.609	274.269	276.982
Barwerte DB 1	[€]	6.087.692	0	0	0	0	115.172	276.875	666.557	803.002	872.252	905.849	930.356	898.482	74.169	88.204	82.430	77.041	72.012	67.317	62.935	58.844	55.024
Fertigungskosten	[€]	6.006.548	0	0	0	0	68.383	157.984	391.623	516.252	609.667	679.532	756.887	807.013	220.896	223.862	226.888	229.975	233.123	236.335	239.610	242.951	246.359
Barwerte Fertigungskosten	[€]	2.477.409	0	0	0	0	46.540	99.557	228.508	278.915	304.985	314.755	324.616	320.476	81.223	76.216	71.525	67.127	63.006	59.142	55.521	52.125	48.941
DB 2	[€]	7.608.282	0	0	0	0	100.843	281.382	750.739	970.048	1.133.969	1.276.129	1.412.366	1.455.517	-19.184	35.211	34.594	33.964	33.322	32.667	31.999	31.318	30.623
Barwerte DB 2	[€]	3.610.284	0	0	0	0	68.632	177.318	438.049	524.087	567.267	591.095	605.740	578.006	-7.054	11.988	10.905	9.914	9.006	8.175	7.415	6.719	6.083
Summe Kosten ab DB 2	[€]	3.811.483	389.250	356.250	356.250	356.250	219.450	222.813	226.843	230.342	233.911	238.151	241.864	245.651	79.154	80.383	81.636	83.115	84.419	85.750	0	0	0
Barwerte Summe Kosten ab DB 2		2.336.421	360.417	305.427	282.803	261.854	149.354	140.410	132.361	124.447	117.014	110.310	103.731	97.552	29.105	27.367	25.735	24.260	22.816	21.459	0	0	0
DB 3	[€]	3.796.800	-389.250	-356.250	-356.250	-356.250	-118.607	58.569	523.896	739.706	900.058	1.037.978	1.170.502	1.209.866	-98.338	-45.171	-47.042	-49.151	-51.097	-53.082	31.999	31.318	30.623
Barwerte DB 3	[€]	1.273.863	-360.417	-305.427	-282.803	-261.854	-80.722	36.908	305.688	399.640	450.253	480.784	502.008	480.454	-36.159	-15.379	-14.830	-14.347	-13.810	-13.284	7.415	6.719	6.083
Barwerte DB 3 kumuliert	[€]	1.273.863	-360.417	-665.844	-948.646	-1.210.501	-1.291.223	-1.254.314	-948.626	-548.986	-98.733	382.051	884.059	1.364.514	1.328.355	1.312.976	1.298.146	1.283.800	1.269.990	1.256.706	1.264.121	1.270.840	1.276.923

Anhang 2: Von Eurostat entnommene Daten

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>:

Datensatz ilc_lvho01:

Verteilung der Bevölkerung nach
Verstädterungsgrad, Haushaltsgröße und
Einkommensgruppe (Quelle: SILC)

[ilc_lvho01]

Letzte Aktualisierung: 19.02.13

Quelle der Daten: Eurostat

INCGRP: Insgesamt BUILDING: Haus DEG_URB: Mitteldicht besiedeltes Gebiet

	TIME	2011	2010
GEO			
Belgien		37,6	37,5
Deutschland (einschließlich der ehemaligen DDR seit 1991)		20,8	20,8
Irland		:	26,5
Spanien		9,6	9,8
Frankreich		30,9	29,8
Italien		25,6	22,9
Österreich		17,1	16,5
Slowenien		25,6	26,7
Vereinigtes Königreich		21,0	17,1
Schweiz		18,2	17,5

Verfügbare Kennzeichen:

b Zeitreihenbruch

e geschätzt

f Prognose

i siehe Metadaten

p vorläufig

r revidiert

s Eurostat Schätzung

u unzuverlässig

c vertraulich

n unbedeutend

z nicht zutreffend (einschl. reale Null)

Sonderzeichen:

0 weniger als die Hälfte der letzten gezeigten Stelle und mehr als Null

: nicht verfügbar

INCGRP: Insgesamt BUILDING: Haus DEG_URB: Geringbesiedeltes Gebiet

	TIME	2011	2010
GEO			
Belgien		4,0	3,9
Deutschland (einschließlich der ehemaligen DDR seit 1991)		9,0	9,3
Irland		:	39,0
Spanien		17,7	17,7
Frankreich		17,2	17,2
Italien		11,9	11,3
Österreich		31,6	32,3
Slowenien		37,4	36,7
Vereinigtes Königreich		11,7	14,8
Schweiz		14,4	7,6

Verfügbare Kennzeichen:

b Zeitreihenbruch

e geschätzt

f Prognose

i siehe Metadaten

p vorläufig

r revidiert

s Eurostat Schätzung

u unzuverlässig

c vertraulich

n unbedeutend

z nicht zutreffend (einschl. reale Null)

Sonderzeichen:

0 weniger als die Hälfte der letzten gezeigten Stelle und mehr als Null

: nicht verfügbar

Datensatz nrg_pc_204:

**Elektrizität - Haushaltabnehmer -
halbjährliche Preise - neue Methodologie ab
2007**

[nrg_pc_204]

Letzte Aktualisierung: 18.01.13

Quelle der Daten: Eurostat

PRODUCT: Elektrizität **CONSOM:** Gruppe DD : 5 000 kWh < Verbrauch < 15 000 kWh **UNIT:**
Kilowatt/Stunde **TAX:** Alle Steuern inbegriffen **CURRENCY:** Euro (ab 1.1.1999)/Ecu (bis zum
31.12.1998)

TIME	2011S2	2012S1
GEO		
Europäische Union (27 Länder)	0,1766	0,1784 ^(p)
Deutschland (einschließlich der ehemaligen DDR seit 1991)	0,2423	0,2466
Irland	0,1853	0,1889
Spanien	0,1938	0,1665 ^(p)
Frankreich	0,1304	0,1299
Italien	0,2544	0,2712 ^(p)
Österreich	0,1781	0,1785
Slowenien	0,1361	0,1404
Vereinigtes Königreich	0,1413	0,1489

Verfügbare Kennzeichen:

b Zeitreihenbruch**e** geschätzt**f** Prognose

i siehe Metadaten

p vorläufig**r** revidiert**s** Eurostat Schätzung**u** unzuverlässig**c** vertraulich**n** unbedeutend**z** nicht zutreffend (einschl. reale Null)

Sonderzeichen:

0 weniger als die Hälfte der letzten gezeigten Stelle und mehr als Null

: nicht verfügbar

Datensatz nrg_100a:

**Versorgung, Umwandlung, Verbrauch - alle
Produkte - jährliche Daten**

[nrg_100a]

Letzte Aktualisierung: 11.02.13

Quelle der Daten: Eurostat

UNIT: 1000 Tonnen Rohöleinheiten (TRÖE) **PRODUCT:** Alle Produkte **INDIC_NRG:**
Primärerzeugung

TIME	2010
GEO	
Belgien	15.115
Deutschland (einschließlich der ehemaligen DDR seit 1991)	131.505
Irland	1.931
Spanien	33.870
Frankreich	134.193
Italien	30.169
Österreich	12.163
Slowenien	3.713
Vereinigtes Königreich	147.440
Schweiz	12.565

Verfügbare Kennzeichen:

b Zeitreihenbruch**e** geschätzt**f** Prognose

i siehe Metadaten

p vorläufig**r** revidiert**s** Eurostat Schätzung**u** unzuverlässig**c** vertraulich**n** unbedeutend**z** nicht zutreffend (einschl. reale Null)

Sonderzeichen:

0 weniger als die Hälfte der letzten gezeigten Stelle und mehr als Null

: nicht verfügbar

Datensatz nrg_1071a:

**Versorgung, Umwandlung, Verbrauch -
erneuerbare Energien und Abfälle (Summe,
Solarwärme, Biomasse, geothermische
Energie, Abfälle) - jährliche Daten**

[nrg_1071a]

Letzte Aktualisierung: 11.02.13

Quelle der Daten: Eurostat

UNIT: 1000 Tonnen Rohöleinheiten (TRÖE) **PRODUCT:** Biomasse und erneuerbare Abfälle

INDIC_NRG: Primärerzeugung

TIME	2010
GEO	
Belgien	1.787
Deutschland (einschließlich der ehemaligen DDR seit 1991)	25.759
Irland	325
Spanien	6.008
Frankreich	14.128
Italien	6.051
Österreich	5.231
Slowenien	598
Vereinigtes Königreich	3.906
Schweiz	1.553

Verfügbare Kennzeichen:

b Zeitreihenbruch

e geschätzt

f Prognose

i siehe Metadaten

p vorläufig

r revidiert

s Eurostat Schätzung

u unzuverlässig

c vertraulich

n unbedeutend

z nicht zutreffend (einschl. reale
Null)

Sonderzeichen:

0 weniger als die Hälfte der letzten gezeigten Stelle
und mehr als Null

: nicht verfügbar