

Abschlussbericht

dem_oKWK^{3.0}

Wissenschaftliche Begleitung zur ganzheitlichen Evaluation
des Anlagenpools aus „100 KWK-Anlagen in Bottrop“

Förderkennzeichen: PRO0064

Gefördert durch:

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen



Diese Veröffentlichung ist wie folgt zu zitieren:

M. Wenzel, F. Burmeister, R. Albus (Hrsg.): demoKWK3.0 – *Wissenschaftliche Begleitung zur ganzheitlichen Evaluation des Anlagenpools aus „100 KWK-Anlagen in Bottrop“*; Abschlussbericht; Gas- und Wärme-Institut Essen e.V. (2016).

Die Inhalte der Teilkapitel beziehen sich auf den Sachstand im September 2016, sofern nicht anders gekennzeichnet.

Autoren

Gas- und Wärme-Institut Essen (GWI)

Maren Wenzel

Mustafa Flayyih

Dr. Manfred Lange

Michael Schmidt

Frederic Frankenhoff

Jörn Benthin

Frank Burmeister

Dr. Rolf Albus

Prof. Dr. Klaus Görner

Essen, Oktober 2016

Management Summary

Motivation und Hintergrund

Die nordrhein-westfälische Landesregierung will mit dem Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) die Energiewende im „Energieland“ NRW weiter vorantreiben. Hierzu stellt die Steigerung der Energieeffizienz mittels innovativen KWK-Systemen einen wichtigen Eckpfeiler dar. Als öffentlichkeitswirksames Demonstrationsprojekt trägt das Projekt „demoKWK3.0“ zur Aktivierung der Bevölkerung im Sinne der Effizienzsteigerung sowie zur Erhöhung des KWK-Anteils in NRW und somit auch zur Unterstützung der Ziele des Landes NRW bei. Das Projekt „demoKWK3.0“ steht des Weiteren für eine Weiterführung des Projektes „100 KWK-Anlagen in Bottrop“. Hierdurch wird die Nachhaltigkeit der Vorprojekte (vgl. Abbildung 1) sichergestellt.

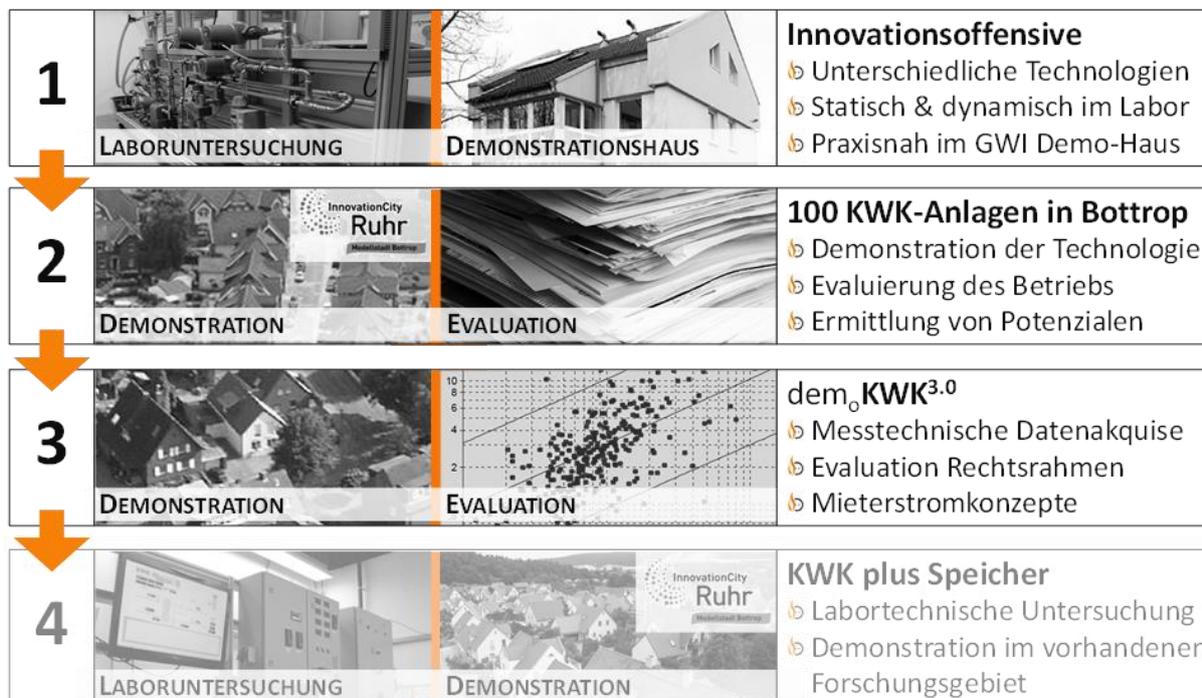


Abbildung 1: Strategische Forschungsplanung zur KWK-Demonstration des GWI

Der Fokus im Projekt liegt auf der Bewertung des Einflusses sich verändernder externer Rahmenbedingungen auf eine real existierende und messtechnisch erfasste Grundgesamtheit von 100 Mikro-KWK-Systemen und stellt ein Alleinstellungsmerkmal dar. Zur weiteren Effizienzsteigerung der Energieversorgung in Wohnbeständen sowie zur nachhaltigen Sicherung angemessener Strompreise für private Haushalte werden zudem Mieterstromkonzepte betrachtet.

Die Projektergebnisse dienen dazu, die Effizienz und Flexibilität von Mikro-KWK-Systemen in einem erhöhten Maße aktiv zu nutzen, womit eine Verbesserung der Positionierung der KWK-Technologien im Markt unterstützt wird.

Ziel des Projektes

Einer der essentiellen Inhalte des Projektes „demoKWK3.0“ ist die Weiterführung des wissenschaftlich-begleiteten Anlagenbetriebes (Datenaufnahme und Auswertung) der 100 KWK-Systeme in der Demonstration mit dem Vorhaben eine höhere Belastbarkeit der Ergebnisse zu erzielen. Die Bewertung der elektrischen Energieströme, der objektbezogenen und der KWK bezogenen Bilanzgrenzen, ermöglichen Aussagen über objektabhängige Stromeigennutzungs- und -deckungsanteile. Des Weiteren erfolgt die Evaluation des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes 2016 (KWKG 2016) auf Basis einer Vielzahl von Realdaten mit bilanziellen Auswertungen der messtechnisch erfassten Leistungs- und Lastverläufe. Durch den Vergleich der veränderten Rahmenbedingungen wird der Einfluss der KWKG Novellierung für ein Projektgebiet quantifiziert, was für zukünftige Entscheidungen auf politischer, aber auch gesellschaftlicher Ebene von besonderer Relevanz ist. Ziel der Evaluation ist der ökonomische Betriebsvergleich auf Basis eines dreigliedrigen Vorgehens, welches die Objektebene, die Projektebene sowie die abschließende Betrachtung der Sensitivität umfasst. Die Auswirkungen der Änderungen durch das Inkrafttreten des KWKG 2016 werden anhand von Realdaten bewertet, um technische Empfehlungen für einen optimierten Betrieb zukünftiger Installationen geben zu können. Ferner werden die aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen und technischen Anforderungen von Mieterstrommodellen betrachtet und dargestellt. Das Ergebnis kann als Entscheidungsgrundlage zur Integration von KWK im Wohngebäudebestand dienen.

Methodisches Vorgehen

Essentieller Inhalt des Projektes „demoKWK3.0“ ist die Weiterführung des wissenschaftlich-begleiteten Anlagenbetriebes (Datenaufnahme und Auswertung) der 100 KWK-Systeme in der Demonstration. Begleitend erfolgt eine Optimierung der vorhandenen Messdaten-Datenbank sowie eine stetige Plausibilitätsprüfung der erfassten Messdaten und des ableitbaren Anlagenbetriebes. Diagnostizierte Fehler oder Abweichungen werden zeitnah behoben.

Etablierte Kommunikationspfade im Sinne einer optimalen Nutzerbetreuung ermöglichen die Evaluation des Anlagenbetriebes und -services. Die Nutzer dokumentieren im sogenannten Nutzerlogbuch den Betrieb ihrer Anlage, wobei Einstellungsänderungen sowie Problembeschreibungen erfasst werden.

Für eine höhere Belastbarkeit der Ergebnisse werden Mess- und Betriebsdaten für den erweiterten Betriebszeitraum ausgewertet. Die Berechnung der CO₂-Emissionen und der Primärenergieeinsparungen anhand von energietechnischen Bilanzen werden aufbauend auf den methodischen Ansätzen des Projektes „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ durchgeführt.

Die Evaluation des KWKG 2016 erfolgt auf Basis einer Vielzahl von Realdaten in einem dreigliedrigen konsekutiven Vorgehen. Dabei wird neben der exemplarischen Evaluation der Veränderungen auf der Objektebene der Einfluss auf Projektebene quantifiziert und abschließend

eine Sensitivitätsanalyse hinsichtlich des Einflusses von sich zukünftigen verändernden Rahmenbedingungen durchgeführt. Die wirtschaftlichen Auswirkungen der Novellierung des KWKG 2016 werden anhand von Realdaten bewertet und beantworten somit bisher offene Fragestellungen und Verunsicherungen durch die Novellierung mit Fakten aus den Analysen.

Ferner werden erweiterte Untersuchungen zu Mieterstrommodellen am Beispiel von Mehrfamilienhausdaten aus dem Projektgebiet für eine ganzheitliche Bewertung durchgeführt. Hierbei werden die aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen mit den technischen Anforderungen im Hinblick auf eine wirtschaftliche Bewertung von Mieterstrommodellen zusammengeführt.

Ergebnisse und Kernaussagen

Durch die Weiterführung des wissenschaftlich begleiteten Anlagenbetriebes (Datenaufnahme und Auswertung) der 100 KWK-Systeme in der Demonstration konnte ein weiterer Messzeitraum ausgewertet werden. Der einwandfreie Betrieb der Systeme und der Messtechnik wurde durch stetige Plausibilitäts- und Funktionsprüfungen garantiert. Zudem konnten die etablierten Kommunikationspfade der Nutzerbetreuung weiter zur Evaluation des Anlagenbetriebes genutzt werden. Ergebnis der Auswertungen ist, dass ein Drittel der Systeme bis zum jetzigen Zeitpunkt keinerlei Informationen über Störungen aufweist und mehr als zwei Drittel aller Systeme innerhalb der Betriebszeit eine oder mehr Störungen hatten.

Aufbauend auf den methodischen Ansätzen des Projektes „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ wurden CO₂-Emissionen und Primärenergieeinsparungen anhand von energietechnischen Bilanzen für einen weiteren Messzeitraum berechnet und bewertet. Nach der ökologischen Bewertung von 62 KWK-Systemen konnte für den weiteren Auswertungszeitraum eine CO₂-Einsparung von 36 % sowie eine Primärenergieeinsparung von 28 % gegenüber den zuvor installierten Heizungssystemen aufgezeigt werden. Durch die Ergebnisse konnte eine Steigerung der Belastbarkeit der im Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ ermittelten Ergebnisse zur Einsparung von CO₂-Emissionen und der Reduktion des Primärenergieeinsatzes durch den Einsatz von KWK-Systemen in dem Projektgebiet InnovationCity erreicht werden.

Die Evaluation des KWKG 2016 auf Basis einer Vielzahl von Realdaten berücksichtigt die energiebilanziellen Auswertungen der messtechnisch erfassten Leistungs- und Lastverläufe. Die Auswertungen zeigen, dass die relevanten Faktoren für die KWKG-Vergütung der Stromeigen-nutzungsanteil sowie der Vergütungszeitraum sind. Für einen hohen Eigenstromnutzungsanteil von bis zu 70 % verdeutlichen die ausgewerteten Messdaten zunächst insgesamt keine Verringerung der KWKG-Vergütung, obwohl der eigen genutzte Strom nach dem KWKG 2016 geringer vergütet wird als nach dem KWKG 2012. Durch die im Vergleich höher vergütete Stromeinspeisung wird die Differenz im Falle des betrachteten Objektes ausgeglichen. Für Objekte mit einer geringen Stromeigen-nutzung wirken sich die Neuerungen des Gesetzes auf die Vergütungssituation positiv aus. Für Anlagen mit einer Laufleistung von mehr als 6.000 Vollbenutzungsstunden (Vbh) ist die Neuregelung des Vergütungszeitraumes nach KWKG 2016

von Nachteil. Der Vergütungszeitraum ist im Vergleich zu den Regelungen des KWKG 2012 deutlich früher erschöpft. Vergleicht man jedoch die Möglichkeit der „Einmaligen Zahlung“ fällt diese nach dem KWKG 2016 für alle KWK-Anlagen im Projekt höher aus.

Die Untersuchung von Mieterstromkonzepten zeigt aktuell umfangreiche technische und rechtliche Rahmenbedingung auf. Eine der entscheidendsten Fragestellungen für Wohnungsunternehmen, die Mieterstromkonzepte durchführen wollen, ist die Frage ob sie im Rahmen des Konzeptes zu einem Energieversorgungsunternehmen (EVU) werden oder nicht. Damit verbunden ergeben sich unterschiedliche Rahmenbedingungen. Als wesentliche Hemmnisse haben sich der mögliche Verlust von Steuervergünstigungen, der erhöhte administrative Aufwand hinsichtlich der sich als Energielieferant ergebenden Pflichten sowie die Komplexität der Abrechnungsmodelle herausgestellt.

Inhaltsverzeichnis

1. Wissenschaftlich Begleitung der Demonstration	11
1.1 Betrieb und Monitoring aller Anlagen	12
1.2 Optimierte Messdaten-Datenbank	13
1.3 Nutzerbetreuung und Service	14
1.3.1 Nutzerbetreuung und Service	14
1.3.2 Störungsdokumentation und Auswertung	14
2. Auswertung und Bewertung.....	17
2.1 Objektanalysen über weitere Heizperioden	19
2.1.1 Ergebnisse der primärenergetischen Betrachtung	19
2.1.2 Ergebnisse der CO ₂ -emissionsbilanzierenden Bewertung.....	22
2.2 Realdatenbasierte Evaluation des KWKG 2016	26
2.3 Mieterstrommodelle.....	40
2.3.1 Rechtliche Grundlagen.....	42
2.3.2 Unternehmenssteuerrechtliche Aspekte.....	47
2.3.3 Mieterstrommodelle.....	49
2.3.4 Messkonzepte	51
2.3.5 Hemmnisse für Mieterstrommodelle	52
3. Zusammenfassung.....	53
Literaturverzeichnis.....	56
Abbildungsverzeichnis.....	60
Tabellenverzeichnis.....	62

1. Wissenschaftlich Begleitung der Demonstration

Für die Weiterführung des wissenschaftlich-begleiteten Anlagenbetriebes (Datenaufnahme und Auswertung) der 100 KWK-Systeme in der Demonstration wurden die Messdaten des Anlagenpools mit 100 Mikro-KWK-Systemen (elektrische Leistung < 5 kW) weiter erfasst. Damit ein störungsfreier Betrieb der Systeme und der Messtechnik garantiert werden konnte, erfolgten stetige Plausibilitätsprüfungen der erfassten Messdaten und des ableitbaren Anlagenbetriebes. Auch für die Überführung in eine optimierte Messdaten-Datenbank wurden die Daten automatisierten Plausibilitäts- sowie Funktionsprüfungen unterzogen. Die etablierten Kommunikationspfade der Nutzerbetreuung ermöglichten eine Weiterführung der Evaluation des Anlagenbetriebes und -services. Die erfassten Störungen wurden zur Bewertung der Systemfunktionalität ausgewertet. Über ein Drittel der Systeme weist bis zum jetzigen Zeitpunkt keinerlei Informationen über Störungen auf, mehr als zwei Drittel aller Systeme hatten innerhalb der Betriebszeit eine oder mehr Störungen.

Des Weiteren wurden die Messdaten mit Hilfe einer Datenbankvisualisierung dargestellt und unter Nutzung der messtechnischen Kontrollumgebung weiteren Plausibilitätschecks und Bewertungen unterzogen (Abbildung 3).

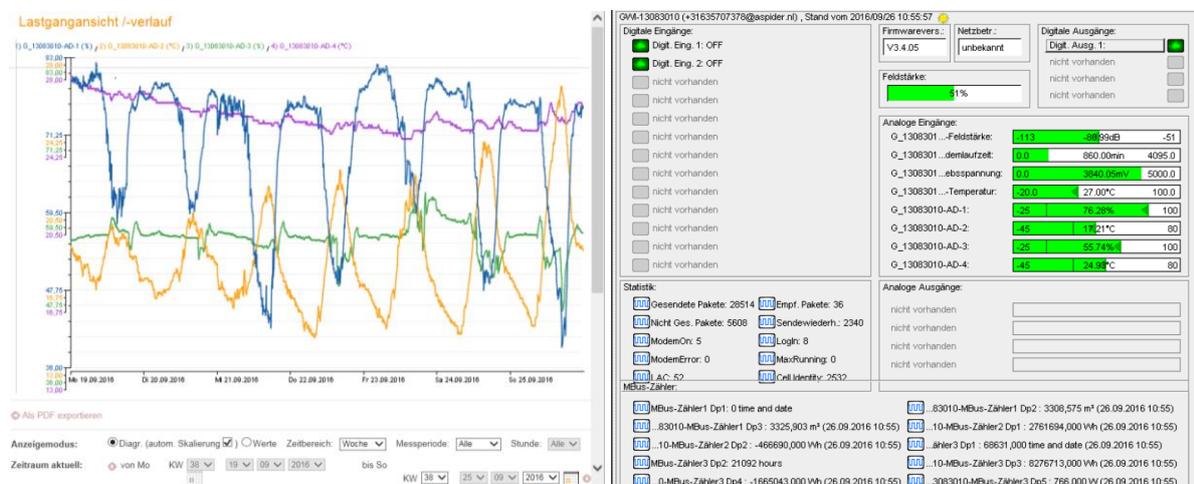


Abbildung 3: Auszug aus der Datenbankvisualisierung (links) und Kontrollumgebung (rechts) analog zum Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“

Eine manuelle Bewertung von Leistungs- und Lastverläufen ermöglichte die Feststellung und Behebung von Messfehlern, die beispielsweise durch eine abweichende Integration der Messtechnik hervorgerufen wurden. Parallel wurden im Rahmen des Projektes neben der beschriebenen Datenbankvisualisierung und Kontrollumgebung weitere eigens erstellte Programme zur Überprüfung erstellt. Detaillierte Beschreibungen sind [1] zu entnehmen.

1.2 Optimierte Messdaten-Datenbank

Die Rohmessdaten wurden zunächst ausgelesen und im weiteren Schritt auf Plausibilität geprüft, indem die Tages-, Monats- und Jahresverläufe betrachtet wurden. Hierzu wurden messtechnisch erfasste Energiemengen aufgetragen sowie die zugehörigen Leistungskurven überprüft und mit den spezifischen Kenndaten der jeweiligen KWK-Anlagen verglichen. Nach der Prüfung wurden die Daten in eine Datenbank überführt und in eine allgemeine und vergleichbare Form transformiert, sodass direkt Arbeitsdaten für Analysen etc. herausgelesen werden können. Der Transformationsprozess enthält die Anpassung der erfassten KWK-Strombereitstellung unter Berücksichtigung des selbst genutzten KWK-Stroms im Heizungskeller. Zusätzlich erfolgte energieformabhängig eine Anpassung von Messintervallen in Abhängigkeit der Zähleraktualisierungsraten sowie -impulswertigkeiten durch transparente, nachvollziehbare sowie reproduzierbare Verfahren.

1.3 Nutzerbetreuung und Service

1.3.1 Nutzerbetreuung und Service

Die Durchführung der Nutzerbetreuung stellte eine Fortführung des entwickelten und optimierten Service-Angebotes aus dem Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ dar. Diese bestand zu Beginn des Projektes in der Unterstützung der formalen Angelegenheiten zur Anmeldung einer KWK-Anlage, zu denen man als Betreiber einer KWK-Anlage verpflichtet ist. Zur Vermeidung von Unklarheiten, wurden dem Kunden bei Vertragsabschluss von vorneherein Beiblätter mit umfangreichen Information zur Anmeldung einer KWK-Anlagen und ein Kontaktdatenblatt mit Ansprechpartnern ausgehändigt. Des Weiteren wurden den Betreibern für etwaige Anlagenstörungen eine telefonische Störungsannahme und E-Mail-Kontaktadresse zur schnellstmöglichen Fehlerbehebung angeboten. Diese etablierten Kommunikationswege standen den Anlagenbetreibern im Projekt „demoKWK3.0“ weiterhin zu Verfügung. Die schnelle Weiterleitung der Störungen zu den jeweiligen Herstellern oder Installateuren wurde weiterhin durch die herstellerspezifisch geschulten Mitarbeiter der GWI Fachgruppe garantiert. Die durchgängige Erreichbarkeit in dringenden Störungen blieb durch die Störungsrufnummern der Installateure und auch der Hersteller bestehen. Durch die weiterlaufende Erfassung der Störmeldungen, über die genannten Kommunikationswege und/oder ausgehändigten Nutzerlogbücher der Betreiber, wurde eine nachgelagerte Fehlerkategorisierung sowie Schlussfolgerungen zur Optimierung des Anlagenbetriebes und der Zuverlässigkeit ermöglicht.

1.3.2 Störungsdokumentation und Auswertung

Zur weitergehenden Bewertung der Systemfunktionalität wurden die erfassten Störungen im Projektzeitraum von „demoKWK3.0“ ausgewertet. Es wurden alle beim GWI gemeldeten Störungen bis zum 28.09.2016 berücksichtigt. Jedoch ist zu beachten, dass nicht sichergestellt ist, dass alle Störungen entsprechend der Vorgaben an das GWI weitergeleitet wurden. Aufgrund der ausführlichen Auswertung der gemeldeten Störungen im Abschlussbericht des Projektes „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ wird in dieser Auswertung im Kern auf die Veränderungen, die sich durch den erweiterten Betriebszeitraum ergeben, eingegangen. Der Begriff „Störung“ ist für die nachfolgende Interpretation der Ergebnisse nähergehend zu definieren: „Als Störung werden jene Ereignisse angesehen, die den Endkunden dazu veranlasst haben das GWI zu kontaktieren. Störungen umfassen somit einen weitgefächerten Bereich, der auf der einen Seite Teil- oder Totalausfälle berücksichtigt, bei denen mitunter Reparaturen oder auch der Austausch von Teilsystemen erforderlich waren. Häufig konnten Störungen jedoch auch durch Korrekturen von Einstellungen oder Ähnlichem behoben werden, sodass eine Störung nicht immer mit einem Personaleinsatz des Installateurs oder Handwerks einherging. Auf der anderen Seite sind Störungsmeldungen enthalten, die aufgrund von Unzufriedenheit der Endnutzer (z. B. nicht korrekt eingestellte Vorlauftemperaturen der Fußbodenheizung) eingegangen sind, die nur indirekt bedingt sind. Da eine qualitative und vergleichbare Bewertung jedes einzelnen

Störfalls nicht möglich ist, beruhen die nachfolgenden Ergebnisse auf quantitativen sowie gruppenabhängigen Bewertungen [1].“

In Abbildung 4 ist die Anzahl der aufgetretenen Störungen pro Anlage sortiert aufgetragen. Die Anzahl der installierten Gesamtsysteme, bei denen eine vergleichsweise geringe Anzahl an Störungen aufgetreten ist, hat sich im Vergleich zu der Auswertung im Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ leicht verringert. Bei mehr als einem Drittel aller Systeme liegen bis zum jetzigen Zeitpunkt auch weiterhin keinerlei Informationen über Störungen vor. Mehr als zwei Drittel aller Systeme hatten innerhalb der Betriebszeit zwei oder weniger Störungen. Entgegen der Erwartung gab es jedoch bei einigen Systemen eine Häufung von Störungen, was zu einer vermehrten Unzufriedenheit bei den betroffenen Endkunden führte.

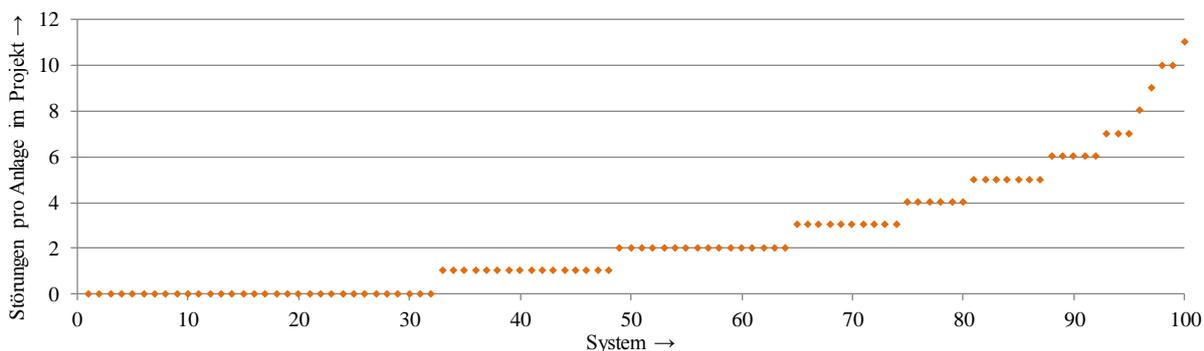


Abbildung 4: Sortierte Auftragung der Störungen pro Anlage bis zum 28.09.2016

Aufgrund der vielschichtigen Störungen wird die Störhäufigkeit in Abbildung 5 in Abhängigkeit von dem Betriebsintervall aufgetragen. Analog zu der Auswertung im Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ ist die gewählte Auftragsform darin begründet, dass sich die Systeme durch unterschiedliche Laufzeiten auszeichnen. Die Normierung auf die Anlagenzahl berücksichtigt die unterschiedliche Anzahl an Systemen, die in einem entsprechenden Betriebsstundenintervall in Betrieb waren. Anteilige Laufzeiten in einem Zuordnungsintervall werden als vollständige Zeiträume betrachtet, sodass geringfügige Abweichungen entstehen, von denen jedoch kein signifikanter Effekt auf die ableitbare Tendenz zu erwarten ist.

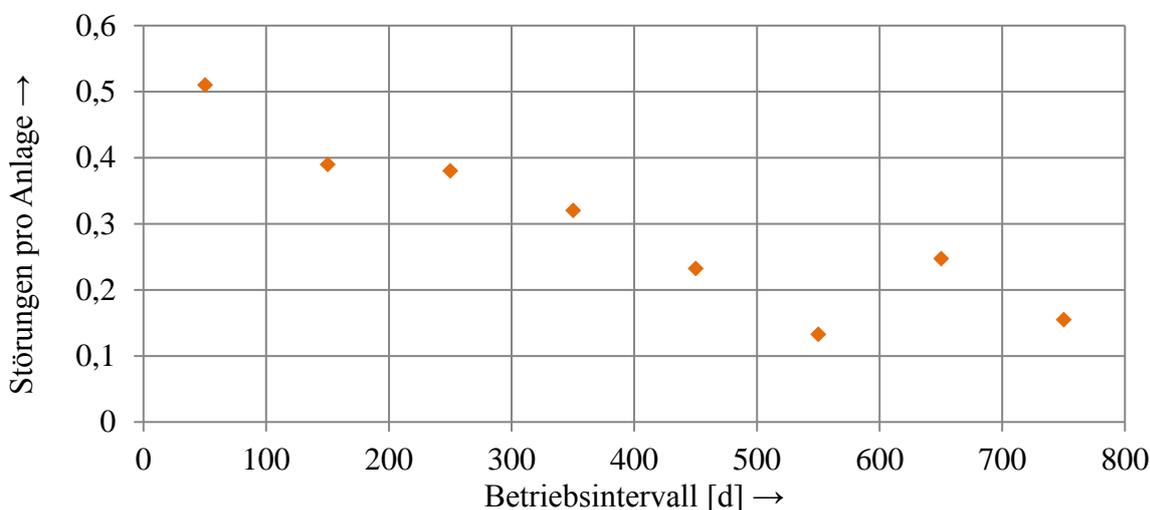


Abbildung 5: Störanfälligkeit in Abhängigkeit von dem Betriebsstundenintervall bis zum 28.09.2016

Zunächst ist eine Abnahme der gemeldeten Störungen mit zunehmenden Betriebsstundenintervallen erkennbar. Dies spricht vor allem für kleinere Fehler, die bei der Installation und in der ersten Betriebsphase aufgetreten sind, jedoch nach der Behebung dauerhaft beseitigt werden konnten. Für den ausgewerteten Projektzeitraum hat sich jedoch ein leichter Anstieg der gemeldeten Störungen mit zunehmenden Betriebsstundenintervall (größer 600 Tage) ergeben. Für eine genauere Interpretation der Auswertung müssen die Ergebnisse aus Abbildung 6 herangezogen werden.

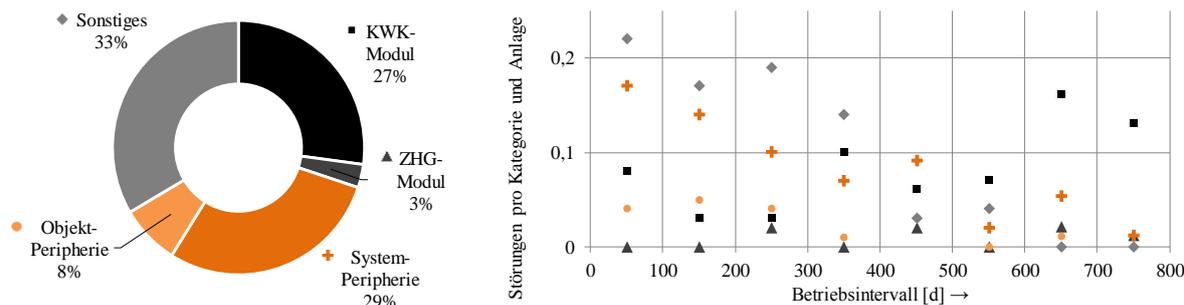


Abbildung 6: Kategoriebezogene Verteilung der Störungen (links) und Störanfälligkeit in Abhängigkeit von dem Betriebsintervall sowie der Kategorie (rechts) bis zum 28.09.2016

Betrachtet man nun die Verteilung hinsichtlich der Kategorisierung aber auch der Störanfälligkeit in Abhängigkeit von dem Betriebsintervall in Abbildung 6 wird ersichtlich, dass eine Zunahme der gemeldeten Störungen im Bereich des KWK-Moduls ab einem Betriebsintervall zwischen 600 und 700 Tagen zu verzeichnen ist. Die kategoriebezogene Verteilung hat im Vergleich zur Auswertung des 100 KWK-Anlagen Projektes hinsichtlich des KWK-Moduls um 7 % zugenommen. Dies kann jedoch auch auf die steigende Anzahl an zugrunde gelegten Systemen in den späteren Betriebsintervallen zurückzuführen sein. Eine Trendableitung zur Zuverlässigkeit und Langzeitstabilität kann erst nach einer längerfristigen Auswertung erfolgen. Die Auswertung bestätigt jedoch die dauerhafte Beseitigung von anfänglichen kleineren Fehlern, die bei der Installation und der ersten Betriebsphase aufgetreten sind, da in den meisten Kategorien die Störungen mit zunehmenden Betriebsintervall nach wie vor deutlich reduziert werden konnten und auch keine neuen Störungen in den jeweiligen Kategorien aufgetreten sind.

2. Auswertung und Bewertung

Die Weiterführung des wissenschaftlich-begleiteten Anlagenbetriebes (Datenaufnahme und Auswertung) der 100 KWK-Systeme in der Demonstration stellt einen essentiellen Inhalt des Projektes „demoKWK3.0“ dar. Auf Basis des messtechnisch ausgerüsteten Anlagen-Pools wurden Mess- und Betriebsdaten für den erweiterten Betriebszeitraum ausgewertet. Aufbauend auf den methodischen Ansätzen des Projektes „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ wurden CO₂-Emissionen und Primärenergieeinsparungen anhand von energietechnischen Bilanzen für einen weiteren Messzeitraum berechnet und bewertet. Nach der ökologischen Bewertung von 62 KWK-Systemen konnte für den weiteren Auswertungszeitraum eine CO₂-Einsparung von 36 % gegenüber den zuvor installierten Heizungssystemen sowie eine Primärenergieeinsparung von 28 % aufgezeigt werden. Durch die Ergebnisse konnte die Belastbarkeit der im Projekt „100 KWK-Anlagen“ ermittelten Ergebnisse zur Einsparung von CO₂-Emissionen und der Reduktion des Primärenergieeinsatzes durch den Einsatz von KWK-Systemen in dem Projektgebiet InnovationCity gesteigert werden.

Die Evaluation des KWKG 2016 auf Basis einer Vielzahl von Realdaten berücksichtigt die energiebilanziellen Auswertungen der messtechnisch erfassten Leistungs- und Lastverläufe. Durch den Vergleich der veränderten Rahmenbedingungen wird der Einfluss der KWKG-Novellierung für das Projektgebiet quantifiziert. Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit der zuvor genutzten und neu installierten Systeme erfolgte nach der VDI Richtlinie 2067. Die Auswertungen zeigen, dass relevante Faktoren für die KWKG-Vergütung der Stromeigennutzungsanteil sowie der Vergütungszeitraum sind. Die ausgewerteten Messdaten veranschaulichen für einen hohen Eigenstromnutzungsanteil von bis zu 70 % zunächst keine Verringerung der KWKG-Vergütung, obwohl der eigen genutzte Strom nach KWKG 2016 geringer vergütet wird als nach KWKG 2012. Durch die höher vergütete Stromeinspeisung wird die Differenz im Falle des betrachteten Objektes ausgeglichen. Für Anlagen mit mehr als 6.000 Vbh ist die Neuregelung des Vergütungszeitraumes nach KWKG 2016 von Nachteil. Dies betrifft in erster Linie KWK-Systeme mit einer Betriebsstundenanzahl von 8.760 h/a. Für Objekte mit einer geringen Stromeigennutzung wirken sich die Neuerungen des Gesetzes auf die KWKG-Vergütung positiv aus. Vergleicht man jedoch die Möglichkeit der „Einmaligen Zahlung“ ist diese nach dem KWKG 2016 für alle KWK-Anlagen im Projekt höher.

Zur weiträumigen Effizienzsteigerung der Energieversorgung in den Wohnbeständen sowie zur nachhaltigen Sicherung angemessener Strompreise für private Haushalte wurden Mieterstromkonzepte untersucht. Die aktuellen technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen für die Vermarktung von eigen erzeugtem Strom unter Berücksichtigung der gesetzlichen Anforderungen an die Abrechnung von Strom und Wärme wurden erarbeitet. Die Beachtung der komplexen Rahmenbedingungen für die Durch-

führung von Mieterstromkonzepten ist aufwändig. Eine der entscheidendsten Fragestellungen für Wohnungsunternehmen, die Mieterstromkonzepte umsetzen wollen, ist die Frage, ob sie im Rahmen des Konzeptes zu einem Energieversorgungsunternehmen (EVU) werden oder nicht. Damit verbunden ergeben sich unterschiedliche Rahmenbedingungen. Als wesentliche Hemmnisse haben sich der mögliche Verlust von Steuervergünstigungen, der erhöhte administrative Aufwand hinsichtlich der sich als Energielieferant ergebenden Pflichten sowie die Komplexität der Abrechnungsmodelle herausgestellt.

2.1 Objektanalysen über weitere Heizperioden

In folgendem Kapitel werden die eingesetzten KWK-Systeme den zuvor genutzten konventionellen Energieversorgungssystemen in einer Bilanz gegenübergestellt. Ein wesentliches Ziel des Projektes ist die Steigerung der Belastbarkeit der im Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ ermittelten Ergebnisse zur Einsparung von CO₂-Emissionen und der Reduktion des Primärenergieeinsatzes durch den Einsatz von KWK-Systemen in dem Projektgebiet InnovationCity. Auf Basis des messtechnisch ausgerüsteten Anlagen-Pools werden daher Mess- und Betriebsdaten für einen erweiterten Betriebszeitraum ausgewertet. In der Bilanzierung wurde bewusst auf den Vergleich mit aktuell verfügbaren Versorgungstechnologien verzichtet. Dies ist darin begründet, dass der Schwerpunkt des Projektes in der Analyse der ermittelten Daten aus dem Feldversuch im Gebiet der InnovationCity besteht. Für die ökologische Auswertung der im Feld eingesetzten KWK-Systeme wird die definierte Methodik aus dem Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ [1] angewendet.

2.1.1 Ergebnisse der primärenergetischen Betrachtung

Die ausgewerteten Daten beziehen sich auf den Zeitraum vom 01.07.2015 bis 30.06.2016. Für die Auswahl der Anlagen wurden zunächst Kriterien definiert. Dabei wurde für den Gesamtwirkungsgrad eine Obergrenze von 100 % und eine Untergrenze von 60 % festgelegt sowie ein störungsfreier Betrieb der Anlagen und vollständige Datensätze für den genannten Zeitraum vorausgesetzt. Anhand der Kriterien konnten 62 Anlagen ausgewertet werden. Für die Ermittlung der CO₂- und Primärenergieeinsparungen der 62 installierten Anlagen wurden die jeweiligen KWK-Systeme mit den zuvor installierten Heizungsanlagen sowie einer Stromversorgung aus dem öffentlichen Netz verglichen. In der vorliegenden Analyse gilt es zu beachten, dass sich alle energiebezogenen Daten auf den Heizwert des jeweiligen Energieträgers beziehen. Dies ist darin begründet, dass sich die Primärenergiefaktoren sowie die Angaben zu den spezifischen CO₂-Emissionen in der Literatur stets auf den Heizwert beziehen. Die KWK-Anlagen ersetzen 45 Erdgas-, 11 Öl- und 6 Kohle-Heizungsanlagen. Bezüglich der eingesetzten KWK-Systeme sind bis auf die Brennstoffzellensysteme alle im Projekt vertretenen Technologien enthalten. Dies sind KWK-Systeme mit Otto- und Stirling-Motoren mit einer elektrischen Nennleistung von 1 kW sowie Otto-motorische KWK-Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von 4,7 kW.

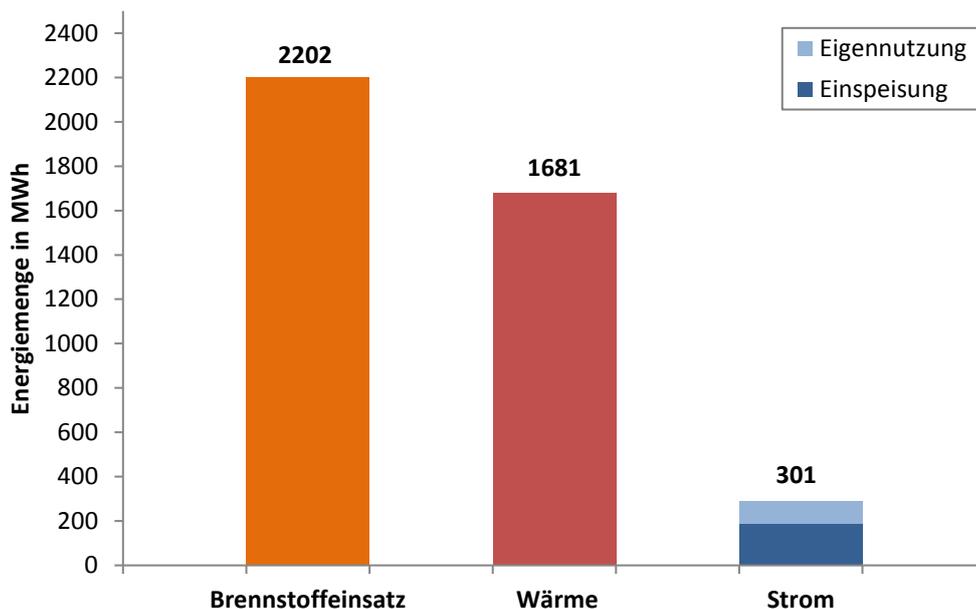


Abbildung 7: Bereitgestellte und bezogene Energiemengen der analysierten 62 KWK-Systeme während des Auswertungszeitraumes (von 01.07.2015 bis 30.06.2016)

In Abbildung 7 sind die Energiemengen dargestellt, die von den 62 KWK-Systemen im Rahmen des untersuchten Bilanzierungszeitraumes (01.07.2015 bis 30.06.2016) bezogen und bereitgestellt wurden. Dabei haben die KWK-Systeme insgesamt 2.202 MWh Erdgas (Heizwert) bezogen und Wärme von 1.681 MWh sowie eine Strommenge von 301 MWh bereitgestellt. Von der bereitgestellten elektrischen Energie wurden 35 % für die Eigenbedarfsdeckung verwendet und die restlichen 196 MWh ins öffentliche Netz eingespeist.

Über die bereitgestellten und bezogenen Energiemengen der KWK-Anlagen werden die erzielten CO₂- und Primärenergieeinsparungen bestimmt. In der Analyse wird die Bilanzgrenze dabei direkt um das jeweilige betrachtete KWK-System gezogen und nicht um die jeweilige Gebäudehülle [1].

Die CO₂-Emissionen bzw. eingesetzten Primärenergien für die zuvor genutzten konventionellen Energieversorgungssysteme ergeben sich somit durch die Projektion der bereitgestellten KWK-Energiemengen aus Abbildung 7 auf die jeweils ersetzte Heizungsanlage und der Stromversorgung aus dem öffentlichen Netz. Für die eingesetzten KWK-Systeme sind hingegen die CO₂-Emissionen sowie der Primärenergieeinsatz direkt durch den Erdgasbezug aus Abbildung 7 gegeben.

Die Ergebnisse der aufgebrauchten Primärenergien der eingesetzten KWK-Systeme und der zuvor konventionell genutzten Energieversorgungssysteme sind in Abbildung 8 zusammengefasst. Für die Berechnung wurden die Primärenergiefaktoren aus Tabelle 1 angesetzt [2].

Tabelle 1: Primärenergiefaktoren für die eingesetzten Energieträgerformen im Projekt [4]

Energieträgerform	Primärenergiefaktor
Strommix - Deutschland	2,67
Erdgas	1,13
Kohle	1,06
Öl	1,16

In der Abbildung 8 ist der Primärenergieeinsatz der KWK-Systeme und der zuvor genutzten konventionellen Versorgungssysteme in Abhängigkeit von der ersetzten Energieträgerform zur Wärmebereitstellung dargestellt. Für die konventionellen Versorgungssysteme ist der Primärenergieeinsatz farblich dekodiert, der für die Strom- und Wärmebereitstellung aufgewendet wurde. Die angefügte Stromkorrektur in den Diagrammen bezieht sich auf die Korrektur bezüglich der messtechnischen Erfassung des generierten KWK-Stromes. Die Stromkorrektur umfasst die internen Verbraucher im Heizungsraum welche die gemessene KWK-Strom-Produktion reduziert. Hierbei umfassen die sogenannten internen Verbraucher alle elektrischen Verbraucher im jeweiligen Raum, die für den Betrieb des Heizungssystems benötigt werden (Pumpen, Mischer etc.). Zu den internen Verbrauchern gehören auch elektrische Verbraucher innerhalb des KWK-Systems (interne Pumpen etc.), die sich für die verschiedenen KWK-Modelle im Projekt unterscheiden [1].

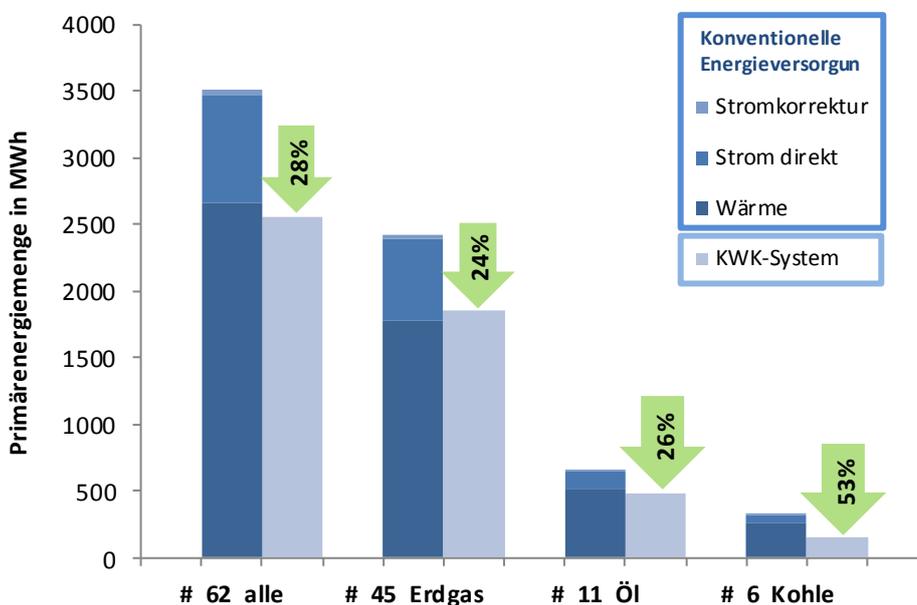


Abbildung 8: Gegenüberstellung der eingesetzten Primärenergien der KWK-Systeme und der ersetzten konventionellen Strom- und Wärmeversorgungssysteme

Für die dargestellte Bilanzierung in Abbildung 8 wurde für die konventionelle Stromversorgung der deutsche Strommix als Brechungsgrundlage angesetzt. Die Daten beziehen sich auf

die eingesetzte Primärenergie von insgesamt 62 KWK-Systemen in dem Betrachtungszeitraum.

Wie in Abbildung 8 ersichtlich wird durch die Installation der 62 KWK-Systeme eine Primärenergieeinsparung von 28 % erzielt. Die höchsten Einsparungen mit mehr als 50 % wurden für die Energieträgerform Kohle erreicht. Für die hohe Einsparung sind zwei Faktoren entscheidend. Zum einen trägt der Wechsel der Energieform (Kohle/Strom zu Erdgas) und zum anderen der Austausch von Altanlagen mit geringen Nutzungsgraden durch hocheffiziente KWK-Systeme dazu bei. In Bezug auf die Energieträger Erdgas und Heizöl liegen die Einsparungen bei 24 % bzw. 26 %. Es zeigt sich somit, dass selbst innerhalb der Energieträgerform Erdgas durch den Einsatz hocheffizienter KWK-Systeme ein hohes Einsparungspotenzial von rund einem Viertel besteht. Insgesamt zeigt die Analyse, dass insbesondere durch die Substitution von alten Kohlekesseln enorme Primärenergieeinsparungen erzielt werden.

Eine Gegenüberstellung der aktuell erzielten Ergebnisse (62 KWK-Anlagen) mit den Ergebnissen des Projektes „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ (52 KWK-Anlagen) konnte eine höhere Belastbarkeit der angewandten Analysen sicherstellen. Ein direkter Vergleich kann jedoch auf Grund des unterschiedlichen Nutzerverhaltens sowie sich ändernder Witterungsverhältnisse und der sich unterscheidenden Anlagenanzahl in den unterschiedlichen Betrachtungszeiträumen nicht erfolgen. Ein Vergleich der mittleren monatlichen Außentemperaturen der untersuchten Betrachtungszeiträume zeigt eine Differenz von ca. 1°C auf. Die monatlichen Mitteltemperaturen im Betrachtungszeitraum des Projektes „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ (2014 bis 2015) sind um 1°C niedriger als im Betrachtungszeitraum des Projektes „demoKWK3.0“ (2015 bis 2016) [3]. Dies könnte ein möglicher Grund für die höhere Wärmenachfrage im Betrachtungszeitraum 2014 bis 2015 sein.

2.1.2 Ergebnisse der CO₂-emissionsbilanzierenden Bewertung

Die Ergebnisse der CO₂-emissionsbilanzierenden Bewertung werden ebenfalls analog zum Vorgehen im Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ ermittelt. Dabei erfolgt die Ermittlung der emittierten CO₂-Emissionen der 62 KWK-Anlagen und der zuvor genutzten konventionellen Energieversorgungssysteme auf Basis der bezogenen und bereitgestellten Endenergiemengen der KWK-Anlagen aus Abbildung 7. Für die vorliegenden Berechnungen wurden die spezifischen CO₂-Emissionen aus Tabelle 2 angewendet.

Tabelle 2: Spezifische CO₂-Emissionen für die eingesetzten Energieträgerformen im Projekt [2]

Energieträgerform	Spezifische CO ₂ -Emission
Strommix - Deutschland	617 g/kWh
Erdgas	241 g/kWh
Kohle	427 g/kWh
Öl	313 g/kWh

Die Ergebnisse der CO₂-Bilanzierung für die 62 analysierten KWK-Systeme und die zuvor genutzten konventionellen Energieversorgungssystemen werden in Abbildung 9 dargestellt. Analog zur Darstellung der Primärenergieeinsparungen aus Abbildung 8 sind die Säulen für die konventionelle Energiebereitstellung farblich dekodiert, in die Anteile der Wärme, Strombereitstellung und der Stromkorrektur.

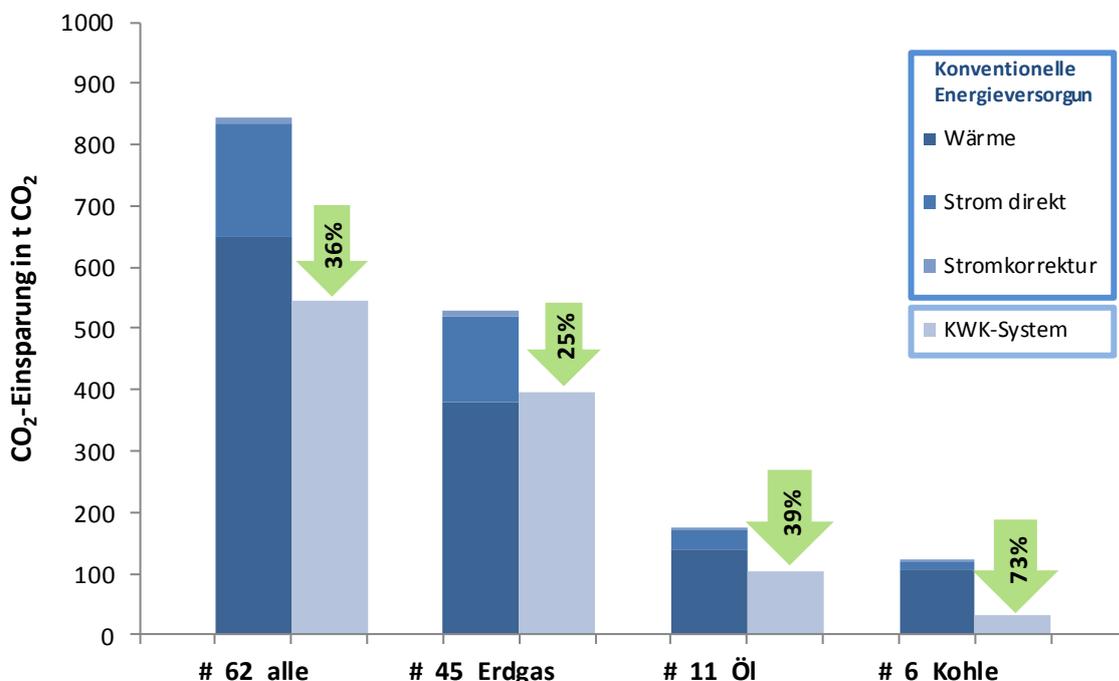


Abbildung 9: Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen der KWK-Systeme und der ersetzten konventionellen Strom- und Wärmeversorgungssysteme

Auch für die Bilanzierung der CO₂-Emissionen wurde für die konventionelle Stromversorgung der deutsche Strommix als Brechungsgrundlage angesetzt. Die Ergebnisse zeigen, dass im Rahmen des betrachteten Zeitraumes durch die Installation der ausgewerteten KWK-Anlagen ca. 300 t CO₂ eingespart wurden. Dies entspricht in der um das KWK-System gezogenen Bilanzgrenze [1] einer Ersparnis von 36 %. Die höchsten prozentualen Einsparungen von 73 % werden durch das Ersetzen von Kohle-Heizkesseln erreicht. Begründet ist dies unter anderem im Wechsel des Energieträgers, denn der Vergleich der spezifischen CO₂-Emissionen für die Energieträger Erdgas (241 gCO₂/kWh) und Kohle (427 gCO₂/kWh) aus Tabelle 2 zeigt eine große Differenz auf. Des Weiteren wird aus Tabelle 2 ersichtlich, dass die gekoppelte KWK-Bereitstellung von Wärme und Strom einen zusätzlichen und wesentlichen Anteil an den Einsparungen erzielt. Denn die spezifische CO₂-Emission des deutschen Strommixes mit einer Ausstoßrate von 617 g/kWh um das 2,5-fache größer als die von Erdgas. Das Einsparungspotenzial durch die gekoppelte Energiebereitstellung von hocheffizienten KWK-Systemen lässt sich direkt aus der Bilanzierung des Energieträgers Erdgas aus Abbildung 9 ableiten. Dabei sind die CO₂-Emissionen der KWK-Systeme im Vergleich zur Wärmebereitstellung mittels der zuvor in-

stallierten Erdgas-Heizkessel geringfügig höher. Wird jedoch die Strombereitstellung in der Bilanz mit berücksichtigt wird aus der geringfügig erhöhten Emission eine signifikante CO₂-Einsparung von 33 %. Die Substitution von alten Kohle-Heizkesseln zeigt ein besonderes Einsparungspotenzial auf. Der Austausch von Heizöl-Kesseln und Erdgas-Kesseln weist in der Bilanzierung ebenfalls ein deutliches Einsparungspotenzial von 39 % und 25 % auf.

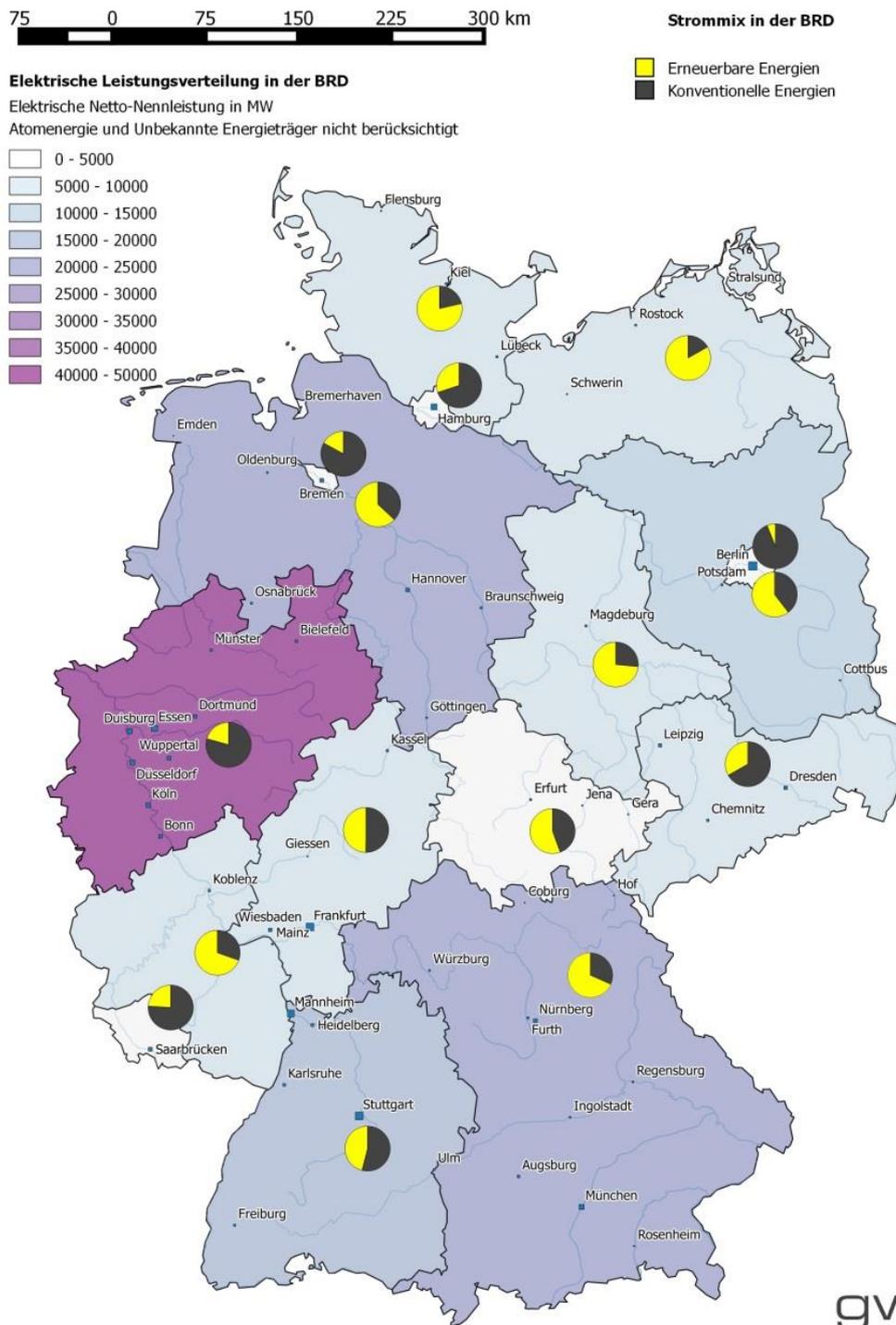


Abbildung 10: Georeferenzierte Darstellung der elektrischen Netto-Nennleistungsverteilung und Anteile erneuerbarer und konventioneller Strombereitstellung in der BRD [4]

Für die Bilanzierung der Systeme ist die Betrachtungsebene ebenfalls von großer Bedeutung. Hierzu ist in Abbildung 10 der Einfluss der Betrachtungsebene auf die Berechnung der CO₂-

Emissionen in einer georeferenzierten Darstellung grafisch veranschaulicht [4]. Der georeferenzierte Datensatz zeigt auf Landesebene die Verteilung der elektrischen Netto-Nennleistung (farblich kodiert von Weiß 0 MW bis Magenta 50.000 MW). Durch die eingefügten Kreisdiagramme wird die Gewichtung der jeweiligen Netto-Leistungen bezüglich der Bereitstellung durch erneuerbare und konventionelle Energien dargestellt. Sie verdeutlichen, dass in NRW die größte elektrische Netto-Leistung zur Verfügung steht. Diese wird allerdings größtenteils durch fossile Kraftwerke, wie z. B. Kohlekraftwerke, bereitgestellt. Damit ist der Strommix auf der Betrachtungsebene NRW mit wesentlich höheren CO₂-Emissionen belastet als auf Bundesebene (Strommix Bund). So beträgt die spezifische CO₂-Emission für den deutschen Strommix 617 gCO₂/kWh [2] und für den Strommix in NRW 857 gCO₂/kWh [5].

Unter der Annahme, dass in der Bilanz die im Projektgebiet installierten Anlagen den Strommix in NRW verdrängen, ergibt sich für die ersetzten konventionellen Energieversorgungssysteme eine neue Berechnungsgrundlage. In Abbildung 11 ist der Einfluss der erhöhten spezifischen CO₂-Emissionen für die Betrachtungsebene NRW im Projektgebiet im Vergleich zu Gesamtdeutschland dargestellt.

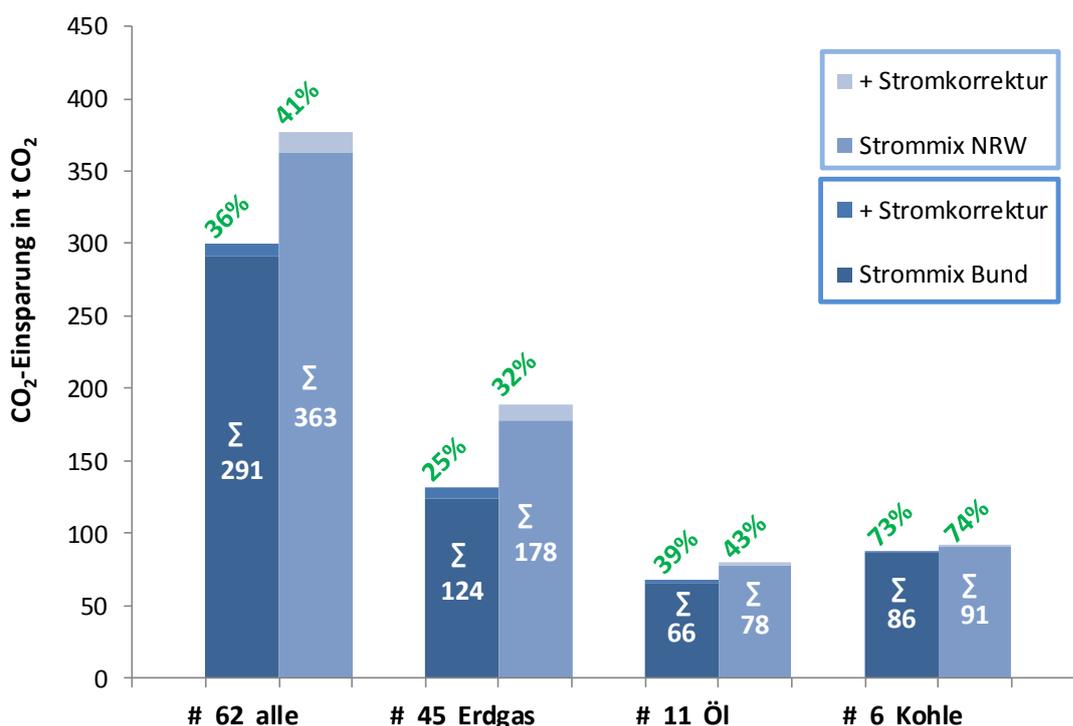


Abbildung 11: CO₂-Einsparung der 62 analysierten KWK-Anlagen gegenüber der zuvor installierten konventionellen Energieversorgung während des Bilanzzeitraumes für die Betrachtungsebene NRW und Gesamtdeutschland

Dementsprechend zeigt der Vergleich zwischen den Betrachtungsebenen, dass eine Verdrängung des Strommixes in NRW durch den generierten KWK-Strom mit deutlich höheren CO₂-Einsparungen verknüpft ist als auf Bundesebenen. Damit erhöht sich die CO₂-Einsparung bezogen auf alle 62 ersetzten Systeme von 36 % auf 41 %.

2.2 Realdatenbasierte Evaluation des KWKG 2016

Folgendes Kapitel fokussiert sich auf die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der Novellierung des KWKG 2012. Die Evaluation erfolgte methodisch in einem dreigliedrigen Vorgehen (Objektebene, Projektebene, Sensitivität) anhand der Nutzung von messtechnisch erfassten Realdaten. Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit der zuvor genutzten und neu installierten Systeme wurde anhand der Richtlinie VDI 2067 [6] durchgeführt. Die ausführliche Beschreibung der angewandten Bilanzierungsmethodik ist [1] zu entnehmen. Das Berechnungsverfahren in dieser Richtlinie basiert auf der Annuitätsmethode und stellt ein dynamisches Verfahren der Investitionsrechnung dar. Der gewählte Messzeitraum und die Anlagenanzahl sind identisch mit denen der ökologischen Berechnungen. Die Übertragung des Berechnungsverfahrens auf den betrachteten Bilanzzeitraum wird in den folgenden Abschnitten erläutert. Die Ergebnisse werden hinsichtlich des Einflusses von sich zukünftig verändernden Rahmenbedingungen abschließend bewertet.

Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz regelt in Deutschland seit 2002 die Einspeisung und Vergütung des Stroms aus Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung. Im Januar 2016 ist eine Neufassung des Gesetzes (KWKG 2016) in Kraft getreten, deren betriebswirtschaftlichen Auswirkungen im Rahmen des Projektes dargestellt werden. Für die Evaluation der Auswirkungen des KWKG 2016 erfolgte die Wirtschaftlichkeitsberechnung unter den Rahmenbedingungen der zuvor geltenden Fassung des Gesetzes KWKG 2012 und der Neufassung des KWKG 2016. Die anfallenden Kosten wurden anhand der Annuitätsmethode in der sogenannten Gesamtannuität zusammengefasst. Sie setzt sich aus den erzielten Erlösen sowie den kapitalgebundenen, bedarfsgebundenen und betriebsgebundenen sowie sonstigen Kosten zusammen. Die Änderungen des KWKG betreffen vor allem die Zuschläge für den selbstgenutzten und eingespeisten Strom sowie die Vergütungsdauer. Der KWK-Zuschlag für die Stromeinspeisung ist von 5,41 Cent/kWh auf 8 Cent/kWh erhöht worden und für den selbst genutzten Strom von 5,41 Cent/kWh auf 4 Cent/kWh verringert worden. Die Zuschlagszahlungen sind nach dem KWKG 2016 nicht mehr auf zehn Jahre begrenzt, sondern gelten für einen Zeitraum von 60.000 Vbh. Bei beiden Gesetzen besteht die Möglichkeit, sich die KWKG-Vergütung im Rahmen einer einmaligen Zahlung auszahlen zu lassen, siehe Tabelle 3 und Tabelle 4. Nach dem KWKG 2012 konnten 30.000 Vbh mit einer Vergütung von 5,41 Cent/kWh berechnet werden. Nach dem KWKG 2016 können 60.000 Vbh mit einer Vergütung von 4 Cent/kWh ausgezahlt werden. Beide beschriebenen Fälle der „Einmaligen Zahlung“ werden in der Analyse nicht berücksichtigt. Für die Evaluierung der Einflüsse sind damit hauptsächlich die erzielten Erlöse über die KWKG-Vergütungen sowie deren Vergütungszeitraum relevant. Die anderen Bestandteile der Erlöszusammensetzung bleiben in beiden Fällen identisch. Dies betrifft beispielsweise den Baseload-Strom Preis (EEX) für die Stromeinspeisung in das öffentliche Netz sowie die Energiesteuerrückerstattung auf das im KWK-Prozess eingesetzte Erdgas.

Die sonstigen Kosten werden ebenfalls an den ausgewählten Zeitraum angepasst, wie z. B. die Kosten für Versicherungen, Steuern oder auch die zusätzlichen Kosten durch die Erhebung der EEG-Umlage. In der Tabelle 3 sind die Vergütung für den generierten KWK-Strom nach KWKG

2012 und KWKG 2016 dargestellt. Tabelle 4 beinhaltet eine Gegenüberstellung der Erlöse mit Berücksichtigung des KWKG 2012 und des KWKG 2016.

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Zuschlagssätze für KWK-Strom nach KWKG 2012 und KWKG 2016. Im Projekt liegen alle untersuchten Anlagen in dem Bereich ≤50 kW [7]

		Einspeisung in ein Netz der allgem. Versorgung	Objektversorgung ¹⁾	Stromkostenintensive Unternehmen	
el. Leistung	Stromvergütung nach KWKG 2012	Stromvergütung nach KWKG 2016			Förderdauer nach KWKG 2016
≤50 kW	5,41 ct/kWh	8,0 ct/kWh	4,0 ct/kWh	5,41 ct/kWh	60.000 Vbh
>50 kW - 100 kW	4,0 ct/kWh	6,0 ct/kWh	3,0 ct/kWh	4,0 ct/kWh	30.000 Vbh
>100 kW - 250 kW	4,0 ct/kWh	5,0 ct/kWh	2,0 ct/kWh	4,0 ct/kWh	30.000 Vbh
>250 kW - 2 MW	2,4 ct/kWh	4,4 ct/kWh	1,5 ct/kWh	2,4 ct/kWh	30.000 Vbh
> 2MW	1,8 ct/kWh	3,1 ct/kWh	1,0 ct/kWh	1,8 ct/kWh	30.000 Vbh

Tabelle 4: Gegenüberstellung der Vergütungen der Gesetze KWKG 2012 und KWKG 2016 bis 50 kW

Erlöse		
KWK-Zulage	KWKG 2012	KWKG 2016
BAFA (Einmalige Vergütung [€])	$kW_{el} * 30.000 * 5,41$	$kW_{el} * 60.000 * 4$
Einspeisung Stromnetz [Cent/kWh]	5,41	8
Eigenverbrauch [Cent/kWh]	5,41	4
Förderdauer	30.000 Vbh / 10 a	60.000 Vbh
vermiedene Netznutzungsentgelte (vNNE ¹) [Cent/kWh]	0,48	0,48
EnergieStG ² [Cent/kWh]	0,55; 0,442	0,55; 0,442
Baseload-Strom EEX	Q4/2016	Q4/2016
Annuitätsberechnung	VDI 2067 Blatt1	VDI 2067 Blatt1

¹ Für die anfallenden vNNE existiert keine einheitliche Regelung, sodass diese individuell bestimmt werden und Abweichungen in Abhängigkeit von der Region auftreten. Für das vorliegende Projektgebiet regelt die ELE Verteilnetz GmbH die Ermittlung der vNNE, sodass diese als Berechnungsgrundlage herangezogen werden. Die von der ELE Verteilnetz GmbH angegebenen vNNE betragen 0,48 Ct/kWh [26].

² Vollentlastung beträgt für Erdgas 0,55 Ct/kWh und wird nach § 53a EnergieStG erstattet. Nach zehn Jahren greift § 53b EnergieStG und es besteht für das bezogene Erdgas eine Teilentlastung in Höhe von 0,442 Ct/kWh [27].

Tabelle 5: Zu leistender EEG-Umlageanteil in Abhängigkeit von dem Zeitraum der Stromeigennutzung [8]. Der Umlageanteil bezieht sich auf die jeweilige zeitliche vorliegende EEG-Umlage. Für Anlagen mit einer maximalen elektrischen Nennleistung von 10 kW wird eine Freimenge von 10.000 kWh pro Jahr bezüglich der Stromeigennutzung gewährt.

Zeitraum	EEG-Umlageanteil
1.8.14 bis 31.12.15	30 % der derzeitigen EEG Umlage
1.1.16 bis 31.12.16	35 % der derzeitigen EEG Umlage
ab 1.1.17	40 % der derzeitigen EEG Umlage

Der einmalige Investitionszuschuss besteht, wenn sich der Anlagenbetreiber für die einmalige Auszahlung der KWK-Zulage für k Vbh entscheidet, siehe Gleichung (2-2). Die Höhe der Förderung A_{KWK} ist ebenfalls von der elektrischen Nennleistung P_{el} der KWK-Anlage abhängig, siehe Gleichung (2-1).

$$A_{KWK12} = P_{el} \cdot 5,41 \frac{ct}{kWh} \cdot k \tag{2-1}$$

$$A_{KWK16} = P_{el} \cdot 4 \frac{ct}{kWh} \cdot k$$

$$k = \begin{cases} 30000 \text{ Vbh}, & \text{KWKG 12} \\ 60000 \text{ Vbh}, & \text{KWKG 16} \end{cases} \tag{2-2}$$

Betrachtet man beispielsweise eine KWK-Anlage mit einer elektrischen Leistung von 1 kW, ergibt sich nach dem KWKG 2012 und der Gleichung (2-1) eine einmalige Förderung in Höhe von 1.623 €. Nach dem KWKG 2016, sprich der Berücksichtigung der 60.000 Vbh und Gleichung 2-1 ergibt sich eine einmalige Förderung in Höhe von 2.400 €.

Die Zuwendung des BAFA richtet sich nach der elektrischen Nennleistung der KWK-Anlage (im Rahmen des Projektes zwischen 1 und 4,7 kW elektrischer Leistung). Die Förderung wurde ab 01.01.2015 erhöht. Da die betrachteten KWK-Anlagen im Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ jedoch vor dem 01.01.2015 installiert wurden, wird für die Berechnungen die BAFA-Förderung mit Inbetriebnahme vor dem 31.12.2014 gewählt. Tabelle 6 zeigt die BAFA-Förderung in Abhängigkeit von der elektrischen Nennleistung und der Inbetriebnahme zusammengefasst aus [9] und [10].

Tabelle 6: Einnahmen BAFA-Förderung

P_{el} in kW	BAFA-Förderung	
	IBN ≤ 31.12.14	IBN ≥ 01.01.15
≤ 1	1.425 €	1.900 €
≤ 4	1.425 € + 285 €/kW	1.900 € + 300 €/kW
≤ 10	2.280 € + 95 €/kW	2.800 € + 100 €/kW
≤ 20	2.850 € + 47,50 €/kW	3.400 € + 10 €/kW

Im Rahmen der BAFA-Förderung können bei KWK-Systemen mit einer Inbetriebnahme ab dem 01.01.2015 zusätzliche Einnahmen durch die sogenannten Strom- und Wärmeeffizienzboni bestehen. Der Stromeffizienzbonus beträgt 60 % und der Wärmeeffizienzbonus 25 % der

BAFA-Basisförderung. Für den Erhalt des Stromeffizienzbonus gelten die in Tabelle 7 angeführten Voraussetzungen bezüglich des elektrischen Wirkungsgrades η_{el} der KWK-Anlage.

Tabelle 7: Voraussetzungen für den Erhalt des Stromeffizienzbonus [11]

P_{el} in kW	η_{el} in %
≤ 1	> 31
≤ 4	>31
≤ 10	> 33
≤ 20	> 35

Die Anforderungen an den Wärmeeffizienzbonus beziehen sich nicht direkt auf das KWK-System, sondern auf die Einbindung der Anlage in das Heizungssystem. So besteht ein Anspruch auf diesen Bonus, wenn das System mit einem (zweiten) Abgaswärmeübertrager zur Brennwertnutzung ausgestattet und an ein hydraulisch abgeglichenes Heizungssystem angeschlossen ist.

Die folgenden Abbildungen stellen die Ergebnisse der Evaluation des KWKG 2016 auf Objektebene dar. Veranschaulicht wird dies, indem die Erlössituationen ausgewählter KWK-Anlagen nach KWKG 2012 und KWKG 2016 grafisch aufgetragen werden. Wie zuvor beschrieben sind relevante Faktoren für die Unterschiede der Erlössituationen die Vergütungen für die Stromeigennutzung und die Stromeinspeisung in das Netz der allgemeinen Versorgung sowie die Dauer der Vergütungszahlungen. Für den Vergleich wurden zwei Technologien, Otto-motorische und Stirling-motorische Systeme, herangezogen. Die im Projekt installierten Brennstoffzellen werden auf Grund ihrer Betriebscharakteristik in der abschließenden Betrachtung bewertet. Für die Technologien wurden jeweils zwei Objekte mit nahezu ähnlichen Laufzeiten ausgewählt, die sich an denen mit dem Hersteller abgestimmten Ziel-Laufzeitvorgaben im Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ orientieren, um einen Vergleich der Erlössituationen beider Anlagen annähernd zu beschreiben. Die Unterscheidung liegt in der prozentualen Stromeigennutzung des generierten KWK-Stromes. Beide Varianten einer Technologie werden in den Darstellungen in der Kategorie „hohe Stromeigennutzung“ und „niedrige Stromeigennutzung“ beschrieben. Das Otto-motorische System mit einer „hohen Eigennutzung“ erreichte einen Eigennutzungsanteil von 64 % im gewählten Betrachtungszeitraum. Das zweite Otto-motorische System mit einer „niedrigen Stromeigennutzung“ erreichte einen Eigennutzungsanteil des generierten KWK-Stromes von 29 %. Bei den KWK-Systemen mit Stirling-Motor erreichte das System mit einer „hohen Stromeigennutzung“ einen Eigennutzungsanteil des KWK-Stromes von 69 % und das System mit einer „niedrigen Stromeigennutzung“ erreichte einen Eigennutzungsanteil des generierten KWK-Stromes von 33 %. Die Analysen wurden jeweils für einen Betrachtungszeitraum von 10 und 15 Jahren durchgeführt. Aus diesem Grunde können mögliche Unterschiede, die im Rahmen der Vergütungsdauer auftreten, dargestellt werden.

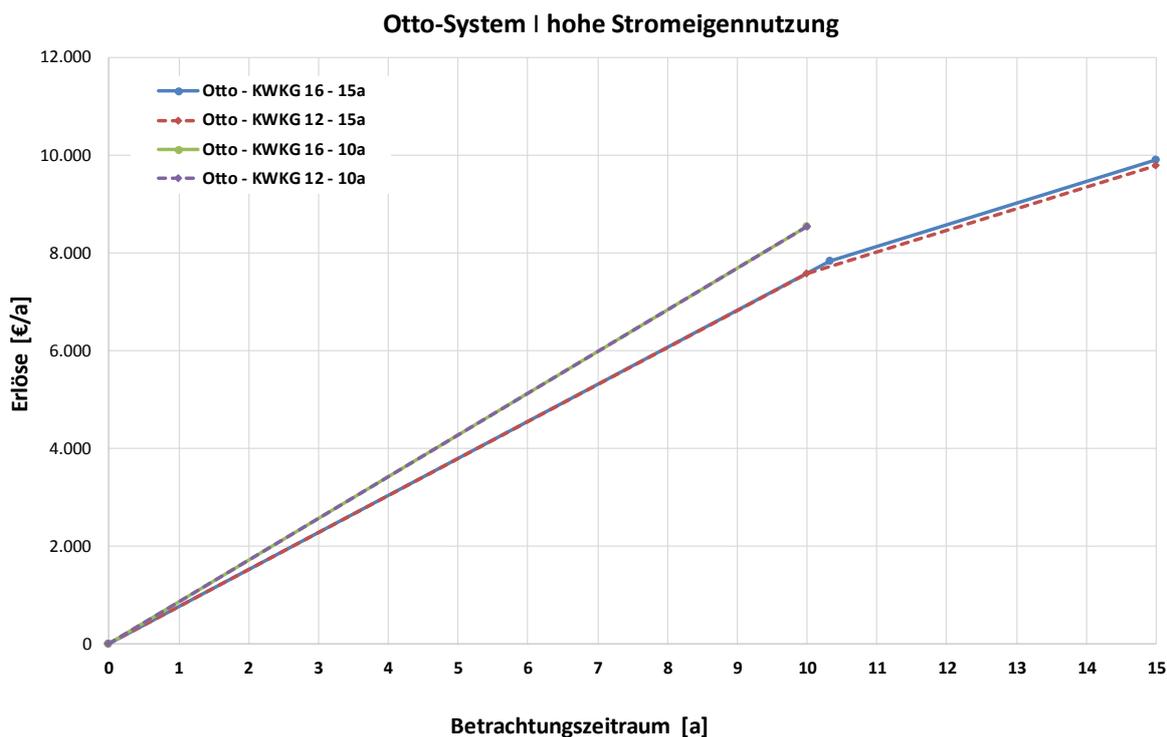


Abbildung 12: Darstellung der Erlöse nach KWKG 2012 und 2016 des Otto-motorischen Systems mit einer „hohen Stromeigennutzung“ für die Betrachtungszeiträume 10 a und 15 a

In der Abbildung 12 sind die Erlöse des Otto-motorischen Systems mit einem hohen Stromeigennutzungsanteil dargestellt. Die Eigenstromnutzung wird nach dem KWKG 2012 im Vergleich zum KWKG 2016 mit 1,41 Cent/kWh höher vergütet. Bei dem Eigennutzungsanteil von 64 % könnte zunächst vermutet werden, dass sich die neu festgelegte Vergütung negativ auf die Erlössituation auswirkt. Wie in der Abbildung 13 ersichtlich, wird diese entstehende Differenz durch die höhere Vergütung auf den eingespeisten Strom nahezu ausgeglichen. Daher kommt es bei einem Betrachtungszeitraum von 10 Jahren zu keinen nennenswerten Unterschieden bei der Erlössituation nach dem KWKG 2012 und KWKG 2016. Im Betrachtungszeitraum von 15 Jahren zeigt sich anhand der verlängerten Vergütungsdauer nach KWKG 2016, dass geringfügig höhere Erlöse erzielt werden können. Dies ist in der Erreichung der 60.000 Vbh nach 10,3 Jahren begründet.

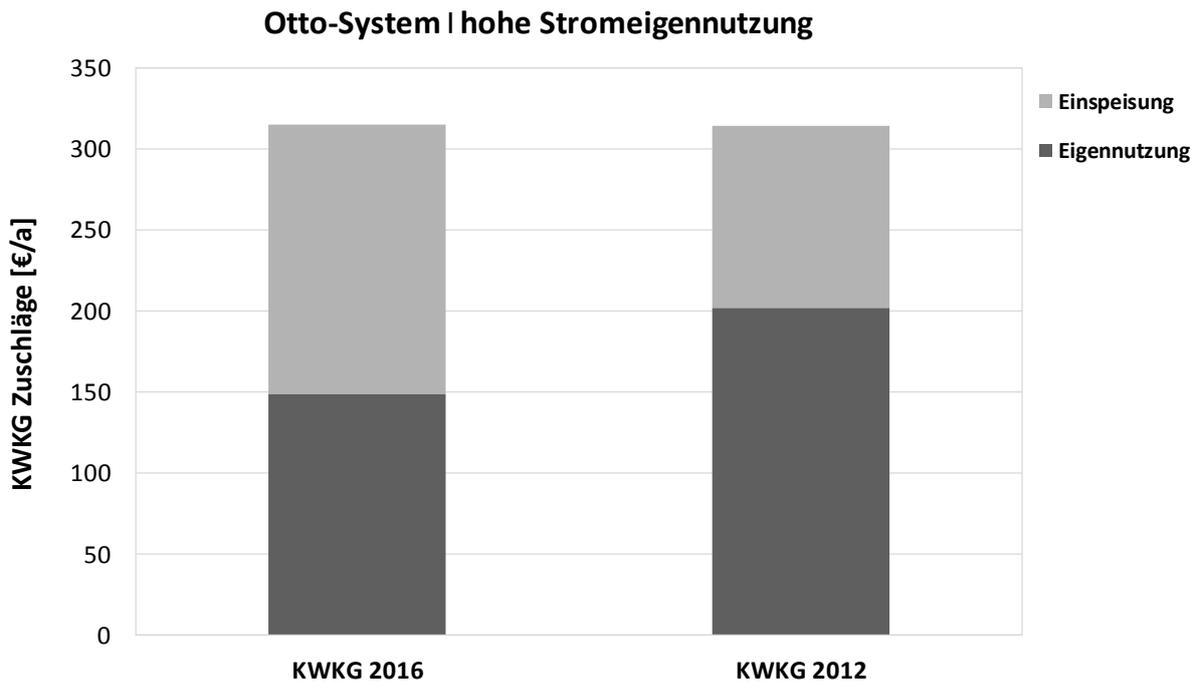


Abbildung 13: Darstellung der jährlichen KWKG-Zuschläge des Otto-motorischen Systems mit einer „hohen Stromeigennutzung“

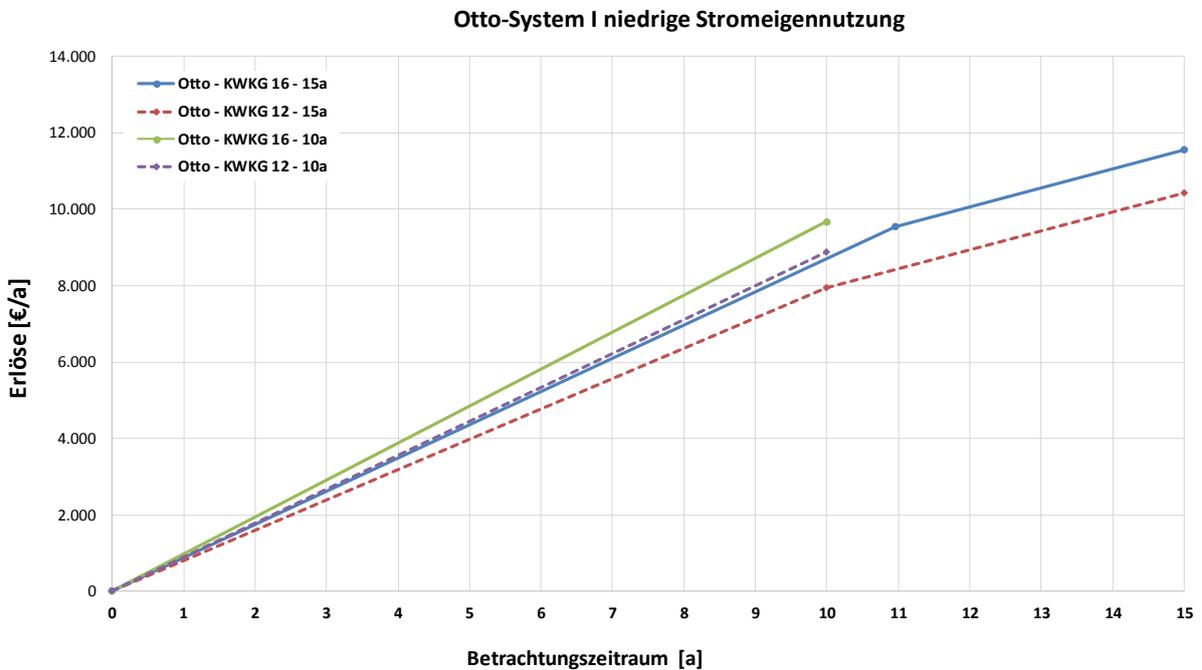


Abbildung 14: Darstellung der Erlöse nach KWKG 2012 und 2016 des Otto-motorischen Systems mit einer „niedrigen Stromeigennutzung“ für die Betrachtungszeiträume 10 a und 15 a

In Abbildung 14 sind die Ergebnisse der Gegenüberstellung für das System mit einer „niedrigen Stromeigennutzung“ dargestellt. Bei einer niedrigen Eigennutzung des selbst erzeugten KWK-Stromes erzielt die Anlage in beiden Betrachtungszeiträumen nach dem KWKG 2016 höhere

Erlöse. Dies ist in der im Vergleich zum KWKG 2012 erhöhten Zulage für den eingespeisten Strom begründet. Wie auch in den Darstellungen zuvor sind gesamtheitlich betrachtet die Erlöse im Betrachtungszeitraum von 10 Jahren höher, da die Zeiträume ohne Vergütung nach Ablauf der Vergütungsdauer nicht in die Durchschnittswertbildung mit einfließen.

Im Betrachtungszeitraum von 15 Jahren ist ersichtlich, dass die Anlage nach dem KWKG 2016 für insgesamt ca. 11 Jahre die KWKG Vergütung erhält, demnach sind die Vollbenutzungsstunden von 60.000 h nach genanntem Zeitraum erreicht. Die Novellierung des KWKG 2012 wirkt sich im Falle dieses Systems und dessen Betriebscharakteristik positiv auf die erzielten Erlöse aus. Nach Erreichen der 60.000 Vbh entfällt auch hier die Vergütung nach KWKG. Damit sind die Steigungen der Geraden beider Fälle ab diesem Zeitpunkt identisch. Innerhalb der anderen Faktoren, beispielsweise der Energiesteuerrückerstattung, Einspeisevergütung EEX etc., für die Erwirtschaftung der Erlöse gibt es keine Unterschiede. Für das Otto-motorische System mit einer niedrigen Stromeigennutzung ist die prozentuale Aufteilung der KWKG-Zuschläge für das KWKG 2012 und KWKG 2016 nach Einspeisung und Eigenverbrauch in Abbildung 15 dargestellt. Wie in der Abbildung ersichtlich sind die Vergütungen für den eigen genutzten Strom nach KWKG 2016 im Vergleich zum KWKG 2012 gesunken, jedoch sind die Zuschläge für den eingespeisten Strom deutlich gestiegen. Insgesamt können im Falle des Otto-motorischen Systems mit einer niedrigen Stromeigennutzung höhere Erlöse nach dem KWKG 2016 erzielt werden.

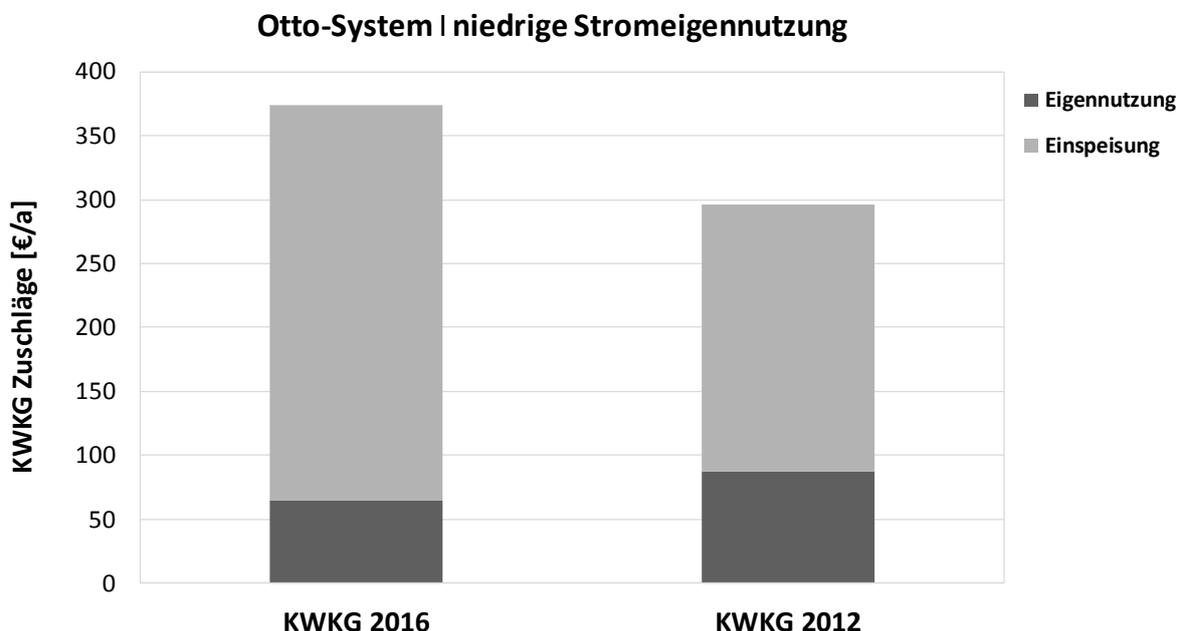


Abbildung 15: Darstellung der jährlichen KWKG-Zuschläge des Otto-motorischen Systems mit einer „niedrigen Stromeigennutzung“

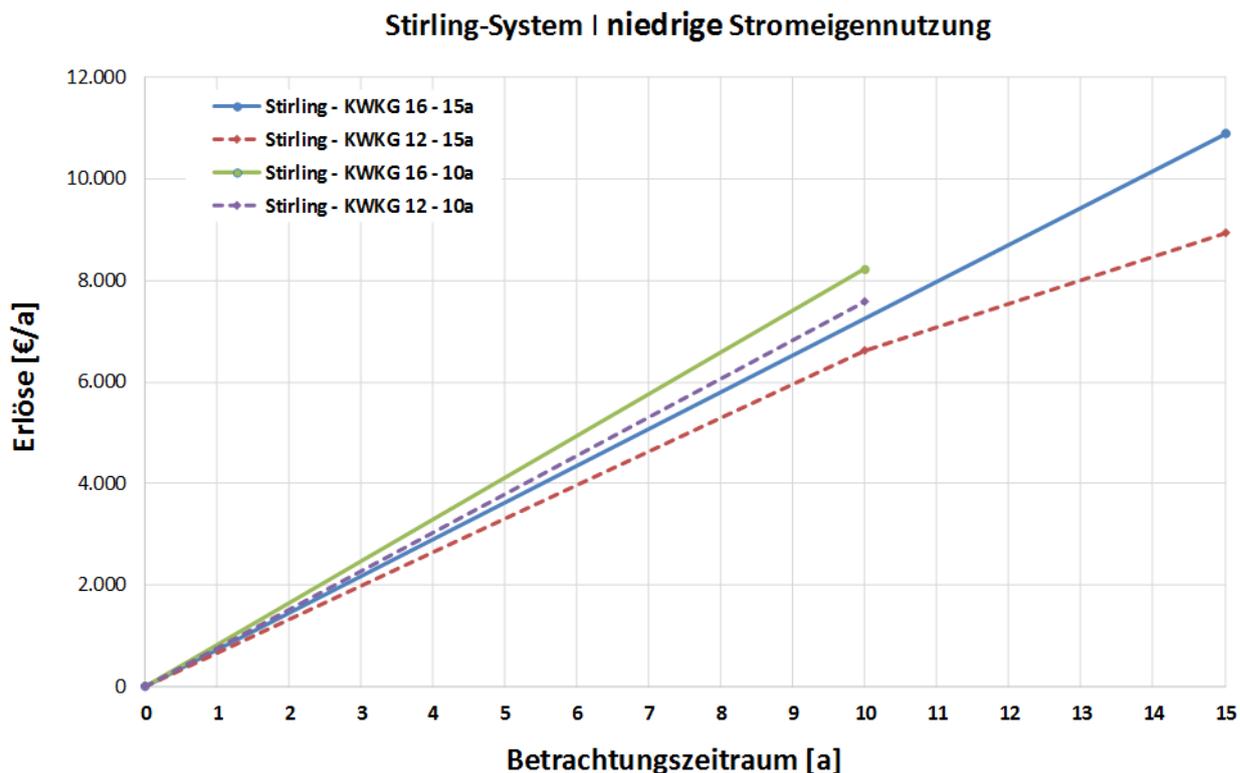


Abbildung 16: Darstellung der Erlöse nach KWKG 2012 und 2016 des Stirling-motorischen Systems mit einer „niedrigen Stromeigennutzung“ für die Betrachtungszeiträume 10 a und 15 a

In Abbildung 16 sind die Erlöse der KWK-Zuschläge für ein Stirling-System mit „niedriger Stromeigennutzung“ dargestellt. Da der größte Teil des generierten KWK-Stromes eingespeist wird und nach KWKG 2016 mit 8 Cent/kWh deutlich höher vergütet wird als nach KWKG12 mit 5,41 Cent/kWh sind die erzielten Erlöse nach KWKG 2016 höher. Dies betrifft sowohl den Betrachtungszeitraum von 10 Jahren als auch von 15 Jahren. Im ausgewählten Objekt erreicht die KWK-Anlage im Betrachtungszeitraum von 15 Jahren nicht die Grenze der 60.000 Vbh. Diese wäre nach den zu Grunde liegenden Messdaten erst nach 16 Jahren erreicht. Dementsprechend steigt die Gerade im Szenario von 15 Jahren für das KWKG 2016 im Vergleich zum KWKG 2012 kontinuierlich an. Die Erlöse im Betrachtungszeitraum von 10 Jahren sind auch hier auf Grund der nicht berücksichtigten vergütungsfreien Jahre bei der Durchschnittswertbildung höher als die Erlöse im Betrachtungszeitraum von 15 Jahren. Die Abbildung 17 zeigt deutlich wie sich der Anteil der Stromeinspeisung auf die Erlössituation der Anlage auswirkt. Es können durch den im Verhältnis größeren Anteil an eingespeisten Strom nach dem KWKG 2016 deutlich höhere Erlöse erzielt werden.

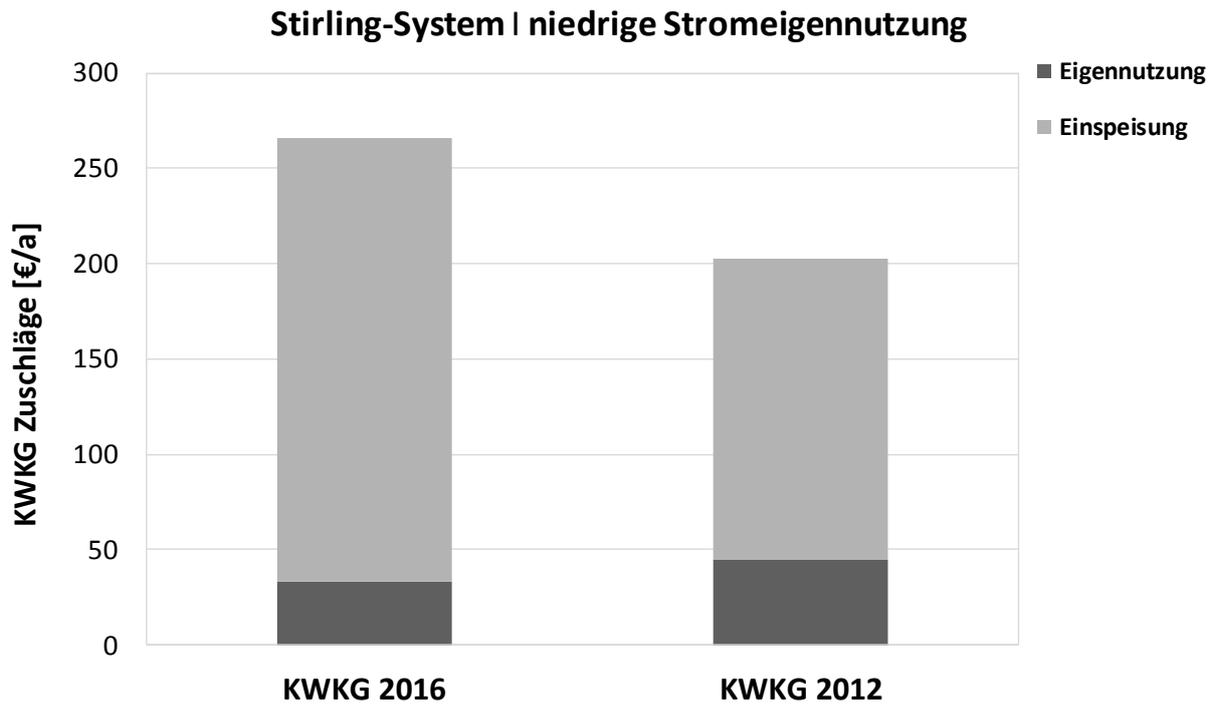


Abbildung 17: Darstellung der jährlichen KWKG-Zuschläge des Stirling-motorischen Systems mit einer „niedrigen Stromeigennutzung“

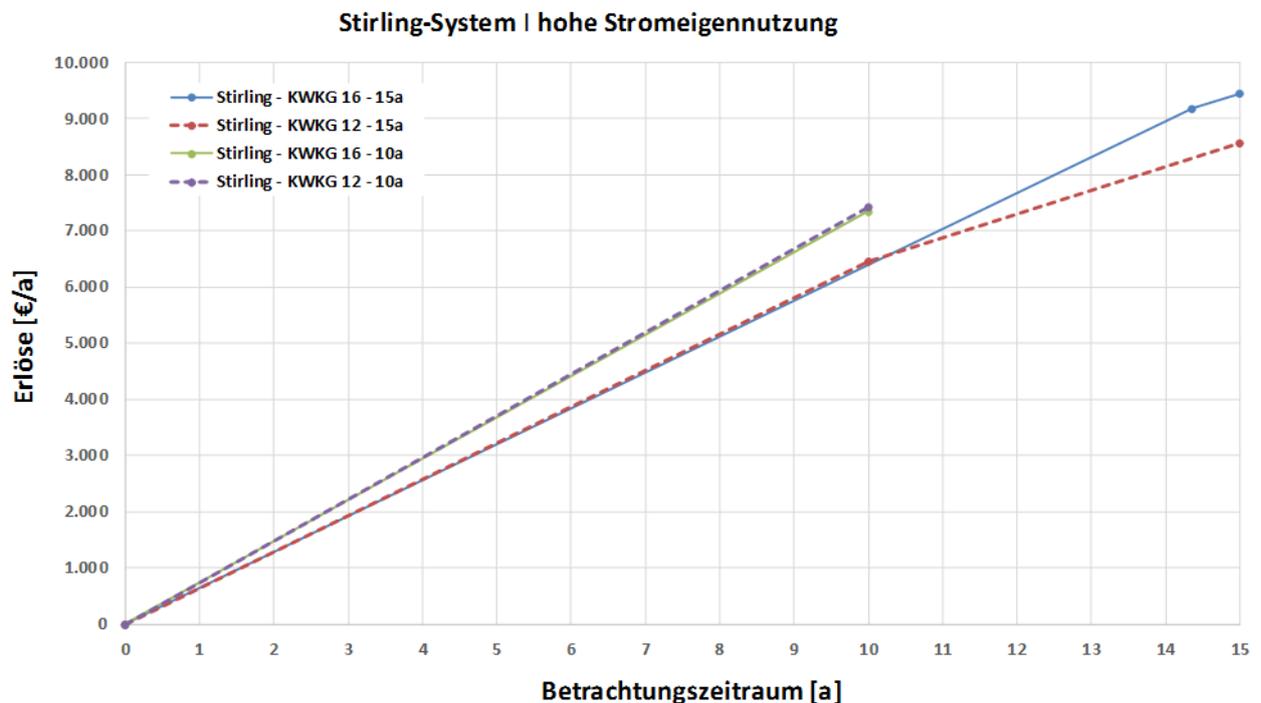


Abbildung 18: Darstellung der Erlöse nach KWKG 2012 und 2016 des Stirling-motorischen Systems mit einer „hohen Stromeigennutzung“ für die Betrachtungszeiträume 10 a und 15 a

In Abbildung 18 sind die Erlöse für das ausgewählte Stirling-System mit einer „hohen Stromeigennutzung“ dargestellt. Die Ergebnisse sind analog zu den Ergebnissen des Otto-motorischen

Systems mit einer „hohen Stromeigennutzung“. Die entstehende Differenz bezüglich der Vergütung des selbst genutzten Stromes wird durch die höhere Vergütung auf den eingespeisten Strom nach KWKG 2016 nahezu ausgeglichen. Daher kommt es innerhalb des Betrachtungszeitraumes von 10 Jahren zu keinen nennenswerten Unterschieden bei den Erlösen nach dem KWKG 2012 und dem KWKG 2016. Im Betrachtungszeitraum von 15 Jahren führt die längere Vergütungsdauer nach KWKG 2016 zu einer im Vergleich zum KWKG 2012 höheren Vergütung. Die 60.000 Vbh werden hier erst nach über 14 Jahren erreicht. Die genaue Aufteilung der KWKG-Vergütung für das System „Stirling-Motor“ und hohe Stromeigennutzung ist in Abbildung 19 dargestellt. Die neue Vergütungsstruktur kann je nach Anlagencharakteristik und Eigennutzungsanteil wirtschaftliche Vorteile aber auch Nachteile mit sich bringen. Betrachtet man die Messdaten der Anlagen im Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ wäre eine Vergütung nach dem KWKG 2016 für den Großteil der Anlagen wirtschaftlich von Vorteil.

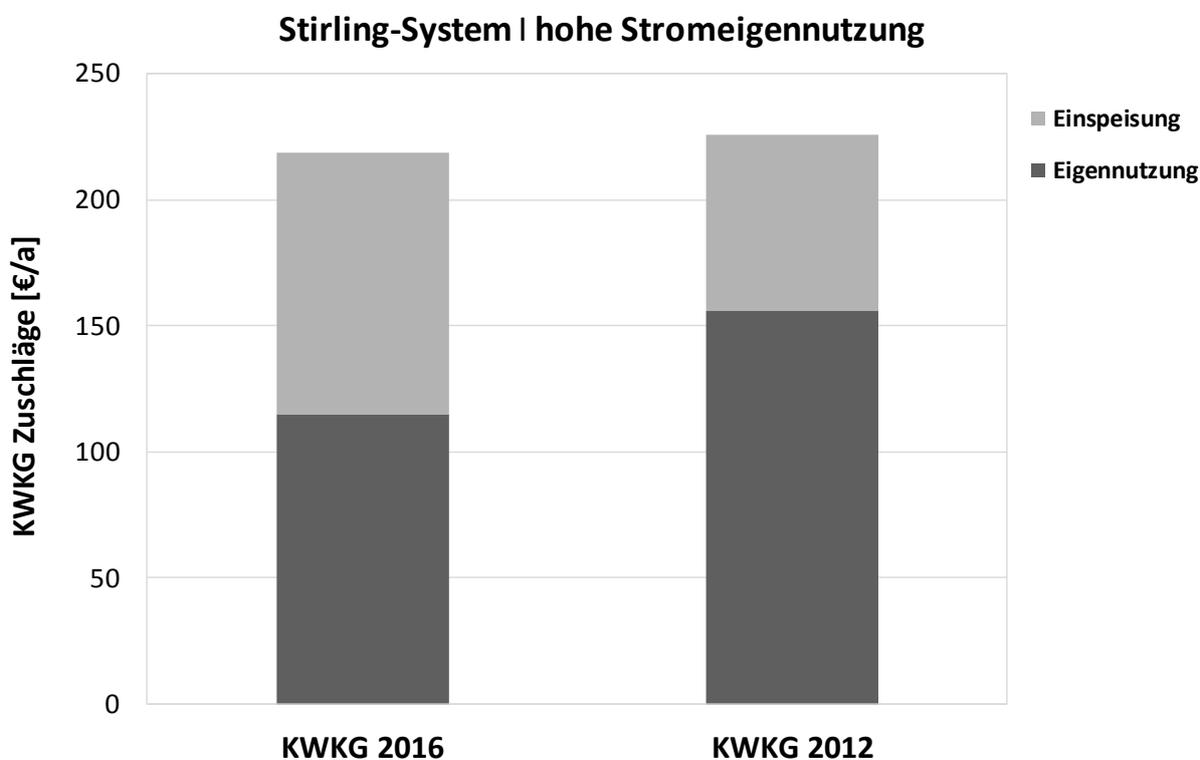


Abbildung 19: Darstellung der jährlichen KWKG-Zuschläge des Stirling-motorischen Systems mit einer „hohen Stromeigennutzung“

Mit den neuen Vergütungssätzen des KWKG 2016 wird der generierte KWK-Strom nach Einspeisung und Eigenverbrauch unterschiedlich bewertet. Durch die geringere Vergütung des selbst genutzten Stromes wird dieser im Vergleich zur erhöhten Vergütung für den eingespeisten Strom bzgl. der KWKG-Vergütung geringer bewertet. Die Bewertung der erfassten Messdaten zeigen jedoch bei einer Stromeigennutzung von bis zu 70 %, dass zunächst kein klarer Nachteil gegenüber den Objekten mit geringer Stromeigennutzung von bis zu 30 % entsteht. Die entstandenen Differenzen bei der Vergütung des geringer vergüteten selbst genutzten Stromes, werden durch den höher geförderten eingespeisten Strom „ausgeglichen“, obgleich

mit der neuen Vergütungsstruktur die Tendenz zu einer Steigerung der Stromeigennutzung nicht gefördert wird. Ein deutlich positiver Effekt hingegen wird bezüglich der Vergütungsdauer erzielt. Betrachtet man die Messdaten aus dem Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“, führt dies in der Mehrzahl zu einem längeren Vergütungszeitraum. Nicht von Vorteil ist die Neuregelung mit einer Vergütungsdauer von 60.000 Vbh für Anlagen, die eine Betriebslaufzeit von mehr als 6.000 Vbh/a erreichen. Diese Fälle sind jedoch je nach Anlagen-Charakteristik nicht selten. Im Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ sind beispielsweise Brennstoffzellen installiert, die auf Grund ihrer technischen Eigenschaften 8.760 Vbh/a erreichen. Damit ist der Vergütungsrahmen nach knapp 7 Jahren ausgeschöpft. Demnach ist hier das Vergütungsmodell des KWKG 2012 mit einer möglichen Vergütungsdauer von 10 Jahren und unabhängig von den Betriebsstunden von Vorteil. Für die Anlagenbetreiber mit einem geringen Eigennutzungsanteil wirkt sich die neue Vergütungsstruktur in der Bilanz hingegen positiv aus.

In der folgenden Abbildung sind die Ergebnisse der wirtschaftlichen Bilanzierung auf Projektebene dargestellt. Grundlage für die ökonomische Bilanzierung der KWK-Systeme und der zuvor genutzten Energieversorgungssysteme ist das Berechnungsverfahren der VDI Richtlinie 2067. Für die Wirtschaftlichkeitsanalyse der installierten KWK-Systeme ist die Datengrundlage für einen Zeitraum von einem Jahr notwendig. Hiermit werden das Nutzerverhalten und somit der Energieverbrauch in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen in der Analyse berücksichtigt. Der Energieeinsatz im Objekt bestimmt die bedarfsgebundenen Kosten, die wiederum einen wesentlichen Anteil an der jährlichen Gesamtannuität darstellen.

In Abbildung 20 sind die Ergebnisse des Vergleichs des KWKG 2012 und des KWKG 2016 für verschiedene Szenarien dargestellt. Dabei wurden folgende Fälle unterschieden: Grundförderung BAFA und zusätzliche Förderungen auf Landesebene jeweils für einen Betriebszeitraum von 10 und 15 Jahren. Die Kosten beziehen sich auf die Differenz zwischen den Gesamtzahlungen der KWK-Systeme und Altanlagen im Betrachtungszeitraum. In der Abbildung sind die Standardabweichungen der mittleren Zahlungen für die Differenzzahlungen durch die oberen und unteren Grenzen der grauen Felder gegeben. Dementsprechend stellt das Zentrum eines grauen Felds den Mittelwert aller betrachteten Differenzzahlungen dar. Die an den Feldern angefügten Linien markieren die höchsten und niedrigsten Differenzzahlungen der analysierten Systeme. Ferner ist die Summe der bilanzierten Systeme für das jeweilige BrennstoffszENARIO angegeben. Die grüne Markierung stellt den Bereich dar, in dem der Austausch des Alt-systems wirtschaftlich sinnvoll war.

Die Ergebnisse für die Differenz der Gesamtzahlungen der Altssysteme gegenüber den neu installierten KWK-Anlagen mit Berücksichtigung des KWKG 2012 und des KWKG 2016 zeigen in einigen Fällen Unterschiede auf. Unter anderem sind die höchsten und niedrigsten Differenzzahlungen der analysierten Systeme in den Fällen des KWKG 2016 angestiegen. Aufgrund dieser Steigung der Differenzzahlungen ergeben sich ebenfalls größere Standardabweichungen.

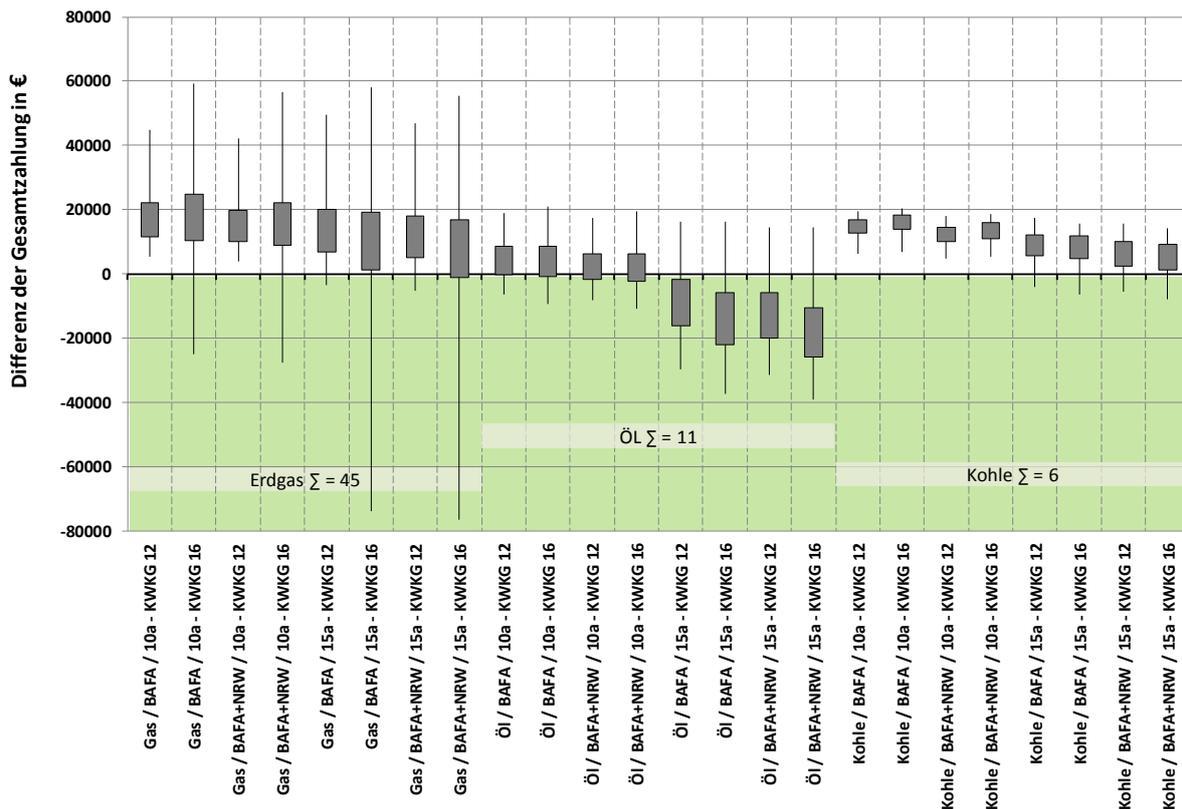


Abbildung 20: Gesamtheitliche Betrachtung von 62 bilanzierten KWK-Anlagen für verschiedene Berechnungsszenarien anhand des KWKG 2012 und KWKG 2016

Die Analyse zeigt anhand der Fördersituation auf Bundes- (BAFA) und Landesebene (BAFA + NRW), dass nur die ersetzten Öl-Heizkessel mit einer Nutzungsdauer von 15 Jahren im Mittel finanziell bessergestellt sind als die Altsysteme.

Wie in Abbildung 20 ersichtlich nimmt die Gesamtannuität mit zunehmender Lebensdauer der KWK-Systeme ab und die Systeme verbessern sich im wirtschaftlichem Sinne. Dies ist darin begründet, dass durch eine erhöhte Nutzungsdauer die hohen Investitionskosten über einen längeren Zeitraum verteilt bzw. abgeschrieben werden. Die Lebensdauer der KWK-Systeme ist abhängig von der Fahrweise des KWK-Systems. Für eine Aussage über die zu erwartenden Lebensdauern im Demonstrationsprojekt ist eine Langzeitstudie erforderlich. Allgemein ist zu erkennen, dass die Ergebnisse der Gesamtannuität bei einer Förderung nach BAFA + NRW bessergestellt sind, als die Ergebnisse mit der alleinigen BAFA-Förderung.

Die Betrachtung der ersetzten 45 Erdgas-Heizungsanlagen ergibt, dass die Differenzzahlungen eine starke Streuung vorweisen. Anhand der Zuschläge des KWKG 2012 existiert eine große Differenz zwischen den jeweiligen Mittel- und Höchstwerten. Die minimalen und maximalen Differenzwerte weichen jedoch bei der Analyse anhand des KWKG 2016 stärker vom Mittelwert ab.

Die Differenz der maximalen Gesamtzahlungen vom Mittelwert anhand der Vergütungen nach KWKG 2012 ist auf ein Mehrfamilienhaus zurückzuführen, dass den generierten KWK-Strom vollständig in das öffentliche Netz einspeist. Grund hierfür sind die komplexen gesetzlichen und steuerlichen Rahmenbedingungen sowie komplexe Abrechnungsmodelle für die Nutzung

innerhalb des Gebäudes, beispielsweise mit Mieterstrommodellen (siehe Kapitel 2.3). Für die beschriebene Anlage wird sich die Vergütungssituation anhand des KWKG 2016 deutlich verbessern. Grund ist zum einen die erhöhte Stromproduktion auf Grund der Anlagenkenndaten. Diese ist im Vergleich zu den Anlagen aus dem Bereich der Einfamilienhäuser deutlich höher. Zum anderen wird der eingespeiste Strom nach KWKG 2016 mit 8 Cent/kWh im Vergleich zum KWKG 2012 mit 5,41 Cent/kWh höher vergütet. Dennoch sollte berücksichtigt werden, dass durch das vollständige Einspeisen des generierten KWK-Stromes zwar Einnahmen entstehen, allerdings richtet sich die Vergütung nach dem vorangegangenen Baseload-Preis der bei ca. 3-4 Cent/kWh (Q4 /2016) liegt, sodass die Einnahmen eher gering ausfallen. Wird der Strom hingegen zur Eigenbedarfsdeckung genutzt, verdrängt dieser den aus dem öffentlichen Netz bezogene Strom, der mit ca. 28 Cent/kWh berechnet wird. Dieser Sachverhalt verdeutlicht die Wichtigkeit einer Erhöhung des Stromeigendeckungsanteils von KWK-Systemen, sodass die Untersuchung von stromgeführten KWK-Systemen oder auch einer Erweiterung der Systeme mit elektrischen Speichern entscheidende Erkenntnisse bezüglich einer wirtschaftlichen Optimierung von KWK-Systemen liefern würden.

Die starke Differenz der maximalen Gesamtzahlungen vom Mittelwert anhand der Vergütungen nach KWKG 2016 ist auf Anlagen mit einer hohen Laufzeit (> 6.000 Vbh/a) zurückzuführen. Dies betrifft insbesondere die im Projekt installierten Brennstoffzellen-Systeme. Diese Systeme laufen, im Falle eines störungsfreien Betriebes, kontinuierlich 8.760 h/a. Damit ist die begrenzte Vergütung von 60.000 Vbh innerhalb von 7 bis 8 Jahren aufgebraucht. Damit haben diese Systeme hinsichtlich der KWKG-Vergütung im Vergleich zum KWKG 2012 einen Nachteil.

Die starke Differenz der minimalen Gesamtzahlungen vom Mittelwert anhand der Vergütungen nach KWKG 2016 ist auf eine Anlage zurückzuführen, die auf Grund ihrer Anlagenkenndaten eine hohe jährliche Stromproduktion hat, jedoch nur 38 % davon selbst nutzt. Damit wird eine große Menge des generierten KWK-Stromes eingespeist und mit 8 Cent/kWh vergütet. Innerhalb des Szenarios mit 15 Jahren ist dies noch deutlicher zu erkennen, da die Vergütung über einen Zeitraum von 10 Jahren in Anspruch genommen wird.

Die starke Differenz der minimalen Gesamtzahlungen vom Mittelwert anhand der Vergütungen nach KWKG 2012 ist auf eine Anlage zurückzuführen, die eine hohe Laufzeit und eine hohe Eigennutzung von 80 % aufweist. Die Laufzeit überschreitet die 6.000 Vbh/a womit die Vergütung nach KWKG 2016 bereits nach weniger als 10 Jahren erreicht wäre. Anhand des KWKG 2012 ist damit die Gesamtzahlung geringer, da die Erlöse in diesem betrachteten Fall, höher sind.

Die Analyse der ersetzten Öl-Heizkessel weist im Vergleich zum Energieträger Erdgas eine geringere Abweichung der Mittelwerte auf. Dies ist möglicherweise auf die geringere Anzahl der ausgewerteten Anlagen zurückzuführen. Generell zeigt die Analyse, dass die KWK-Anlagen, welche die zuvor installierten Öl-Heizungsanlage ersetzt haben, nahe dem wirtschaftlichen Bereich liegen. Dies ist darin begründet, dass die analysierten Öl-Altanlagen einen Fall enthalten, in dem der Betrieb des KWK-Systems im wirtschaftlichen Sinne sehr gut ist. Durch die

geringe Anzahl der ausgewerteten Systeme hat dies einen starken Einfluss auf die Gesamtergebnisse der bilanzierten Öl-Systeme. Die größten Differenzzahlungen im Falle der Betrachtung des KWKG 2012 und des KWKG 2016 ist auf eine Anlage mit einer sehr geringen Laufzeit zurückzuführen.

Die Analyse der ersetzten Kohle-Heizkessel weist im Vergleich zu den Energieträgern Erdgas und Öl eine geringere Abweichung der minimalen und maximalen Gesamtzahlung zum Mittelwert auf. Bei vier von den sechs bilanzierten Objekten handelt es sich um ähnliche Gebäudeklassen, in denen Stirling- und Otto-Motor betriebene KWK-Systeme installiert wurden. Des Weiteren zeigen die erfassten Messdaten bei diesen vier Objekten einen vergleichbaren Energiebedarf der Anwohner auf. Die maximale Differenz der Gesamtzahlungen vom Mittelwert ist anhand des KWKG 2012 und des KWKG 2016 geringer als die minimale Differenz der Gesamtzahlung. Diese Abweichung ist dadurch begründet, dass die analysierten Kohle-Altanlagen einen Fall enthalten, in dem der Betrieb des KWK-Systems im wirtschaftlichen Sinne sehr gut ist. Die Anlage erreicht einen im Vergleich zu den anderen Anlagen sehr hohe Laufzeit kombiniert mit einem hohen Stromeigennutzungsanteil.

2.3 Mieterstrommodelle

In der Gebäudeenergieversorgung mit KWK-Anlagen in Wohnbeständen haben sich Potenziale für die Steigerung der Eigenstromnutzung aufgezeigt. Eine dieser Möglichkeiten besteht in der Anwendung von sogenannten Mieterstromkonzepten. Der dezentral erzeugte Strom einer KWK-Anlage kann hiermit direkt den Mietern im Objekt angeboten werden. Die Basis hierfür ist ein Stromliefervertrag zwischen Anbieter und Mieter. Der Anbieter in solch einem Konzept kann der Vermieter jedoch auch ein dazwischen geschalteter Dienstleister sein. Die Anlagen können jedoch in den meisten Fällen aus wirtschaftlichen Gründen nicht lastdeckend ausgelegt werden, weshalb der gelieferte Strom nur zum Teil aus der KWK-Anlage und zum anderen Teil von einem Energieversorgungsunternehmen stammt. Eine Vereinbarung mit einem Energieversorgungsunternehmen über den zusätzlich benötigten Strom ist für die Gewährleistung der Versorgungssicherheit erforderlich. Dem Mieter wird damit weiterhin eine sichere Energieversorgung bereitgestellt, jedoch kann er über die Nutzung des dezentral und nachhaltig bereitgestellten Stromes seinen persönlichen Beitrag zur Energiewende und zum Klimaschutz leisten. Ein weiterer Vorteil für den Mieter ergibt sich aus dem angebotenen Preis des Stromes. Dieser wird in der Regel zu günstigeren Konditionen angeboten als der reguläre Strom aus dem Netz. Der Anbieter kann dem Mieter somit eine nachhaltige Sicherung angemessener Strompreise bereitstellen. Die Kombination bietet beispielsweise der Wohnungswirtschaft ein attraktives Konzept zur energieeffizienten und preiswerten Versorgung der Mieter, steigert die Attraktivität der Immobilie und kann ein Instrument zur Kundenbindung darstellen.

Für die Erstellung von Mieterstromkonzepten werden in diesem Kapitel zunächst die aktuellen rechtlich und technisch relevanten Rahmenbedingungen hinsichtlich einer Vermarktung des eigen erzeugten Stromes durch Wohnungsunternehmen dargestellt. Dabei finden die gesetzlichen Anforderungen an die Abrechnung von Strom und Wärme Berücksichtigung. Aufgrund der hohen Komplexität der gesetzlichen Rahmenbedingungen werden die wichtigsten Regelungen für Mieterstrom fokussiert. Der dargestellte Rechtsrahmen bezieht sich auf den Stand von Oktober 2016.

Abschließend werden die Mieterstrommodelle auf einen objektabhängigen Bereich der Messdatenbasis aus dem 100 KWK-Anlagenportfolio reflektiert und technische, wirtschaftliche und rechtliche Möglichkeiten zur Konzeptumsetzung aufgezeigt und im Hinblick möglicher Hemmnisse bewertet.

In Abbildung 21 sind die relevanten Bereiche der dezentralen Energiebereitstellung von Wohnungsunternehmen übersichtlich dargestellt. Diese sind stark abhängig von der zentralen Fragestellung, ob das Wohnungsunternehmen bei der Durchführung eines Mieterstromkonzeptes zu einem Energieversorger wird oder nicht.



Abbildung 21: Relevante Bereiche der dezentralen Energieversorgung durch Wohnungsunternehmen (in Anlehnung an [12])

2.3.1 Rechtliche Grundlagen

In folgendem Kapitel werden die relevantesten rechtlichen Rahmenbedingungen für Mieterstrommodelle dargestellt und erläutert. Sie bilden einen der in Abbildung 21 dargestellten fünf relevanten Bereiche für Mieterstrommodelle ab. Dabei ist eine der wesentlichen zu klärenden Fragen, ob das jeweilige Wohnungsunternehmen im Rahmen des Mieterstrommodells zum Energieversorger wird. Damit verbunden können sich weitergehende Auflagen und Pflichten ergeben.

Energiewirtschaftsgesetz (EnWG):

Zweck des Energiewirtschaftsgesetzes ist nach § 1 EnWG [13] „...eine möglichst sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche, effiziente und umweltverträgliche leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Elektrizität und Gas, die zunehmend auf erneuerbaren Energien beruht“. Damit bildet es die rechtliche Grundlage für die Energieerzeugung und –Vermarktung. Hieraus ergeben sich je nach Fall teils umfangreiche Auflagen und Pflichten für die jeweiligen Marktakteure. Möchte nun ein Wohnungsunternehmen im Rahmen eines Mieterstrommodells Strom an Mieter liefern, muss auf Grundlage des EnWG § 3 Nr. 18 [13] die zentrale Fragestellung geklärt werden, ob es dadurch zu einem Energieversorger wird.

Wird beispielsweise ausschließlich nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) oder nach dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) Strom erzeugt und in das Netz der allgemeinen Versorgung eingespeist oder für den Eigenbedarf erzeugt fällt man nicht unter das EnWG und gilt damit auch nicht als Energieversorgungsunternehmen. Wenn der erzeugte Strom jedoch beispielsweise an Haushaltskunden geliefert wird, in diesem Falle an die Mieter, wird der Lieferant nach § 3 Nr. 18 EnWG [13] ein Energieversorgungsunternehmen. Versorger und Abnehmer müssen in diesem Falle unterschiedliche Rechtssubjekte darstellen. [12]

Wie zuvor beschrieben wird nach Auffassung des Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. (GdW) [12] bei einer Einspeisung von Strom nach EEG und KWKG in das öffentliche Netz die Wohnungsgenossenschaft als Energieerzeuger nicht zum EVU. „Im EnWG § 117a werden dagegen auch Betreiber von Anlagen zur Stromerzeugung, die nach EEG oder KWKG in das Netz einspeisen, explizit als EVU benannt, die allerdings beim Betrieb energetischer Anlagen mit einer elektrischen Leistung von bis zu 500 kW von bestimmten Pflichten befreit sind“ [14]. Eine abschließende juristische Prüfung wird hier als sinnvoll erachtet. Für den Bericht wird im Weiteren die Auffassung des GdW [12] herangezogen.

Des Weiteren gilt es zu prüfen, ob die Lieferung des Stromes ausschließlich durch eine Kundenanlage erfolgt. Definiert wird der Begriff „Kundenanlage“ in § 3 Nr. 24a EnWG [13]. Denn sobald ein Lieferant an Letztverbraucher innerhalb einer Kundenanlage liefert, gelten diversere Vereinfachungen. Der Betreiber gilt dann nicht als EVU und betreibt auch kein Energieversorgungsnetz. Damit verringern sich die Pflichten, die sich bei der Belieferung von Letztverbrauchern ergeben. [14]

Die Rolle des Stromlieferanten beim Mieterstrom ist niederschwelliger, als bei der sonstigen Stromversorgung. Nach § 5 EnWG [13] hat das den Vorteil, dass der Betreiber einer Kundenanlage von der für Energieversorgungsunternehmen im Übrigen geltenden Pflicht zur Anzeige bei der Bundesnetzagentur ausgenommen ist. [15]

Die auferlegten Pflichten unterscheiden sich demnach, ob Energie geliefert oder ob (auch) ein Energieversorgungsnetz betrieben wird. Umfangreichere Vorgaben ergeben sich mit einem Netzbetrieb. Die umfangreichsten Auflagen und Pflichten ergeben sich jedoch für Unternehmen, die ein Netz betreiben und in der Energieerzeugung oder Energieverteilung tätig sind, die sogenannten vertikal integrierten Unternehmen. [14]

In folgender Abbildung 22 sind die möglichen und beschriebenen Klassifizierungen eines Wohnungsunternehmens gemäß EnWG nach [14] dargestellt.

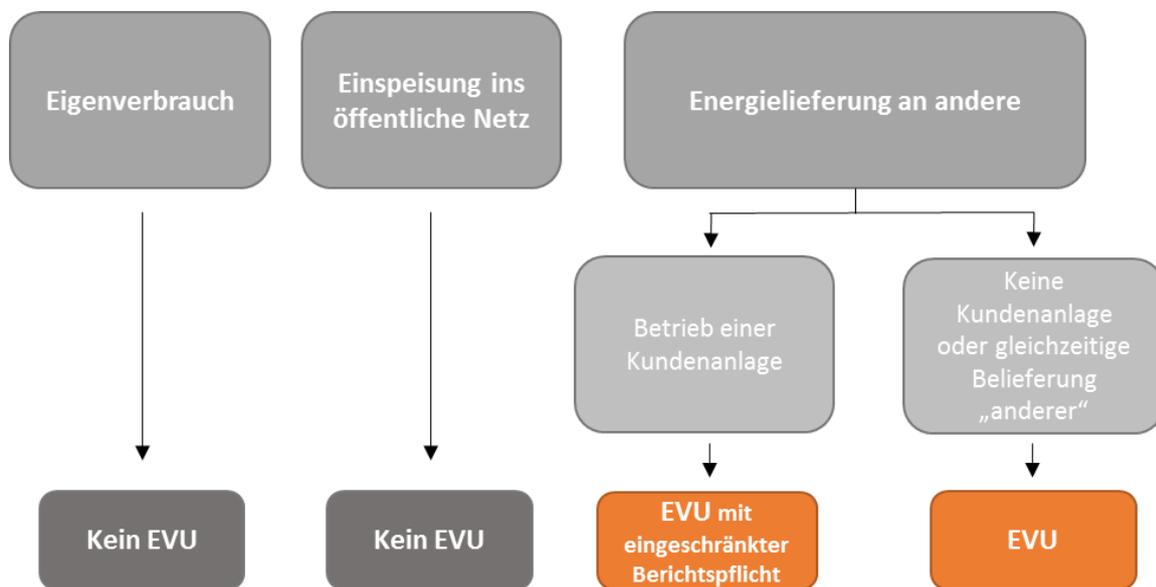


Abbildung 22: Klassifizierung eines Wohnungsunternehmens gemäß EnWG in Anlehnung an [14]

Tabelle 8: Wesentliche Pflichten nach EnWG in Abhängigkeit des Status des EVU nach [14]

Pflichten (nicht abschließen)	Kein EVU* (z.B. Kundenanlage)	EVU*	Vertikal integriertes EVU*
Sicherheit energetischer Anlagen § 49 Abs. 1	X	X	X
Informationspflicht gegenüber Netzbetreiber § 12 Abs. 4	X	X	X
Pflichten zur Duldung des Einbaus von Messsystemen § 21c	X	X	X
Energielieferung an Letztverbraucher § 40 Transparenz von Rechnungen	X	X	X
Energielieferung an Letztverbraucher § 41 Stromverträge	X	X	X
Energielieferung an Letztverbraucher § 36 Grundversorgungspflicht		X	X
Energielieferung an Letztverbraucher § 42 Stromkennzeichnung		X	X
Anzeige Energielieferungen an Haushaltskunden § 5		X	X
Genehmigung Netzbetrieb § 4		X	X
Regulierung Netzbetrieb §§ 11 ff.		X	X
Entflechtung §§ 6 ff.			X

*Pflichten je nach Tätigkeitsbereich (Belieferung Haushaltskunden, Netzbetrieb etc.)

In Tabelle 8 sind die sich nach dem EnWG ergebenden Pflichten je nach Status des EVU aufgeführt und verdeutlichen den Umfang der zu berücksichtigten Aspekte bei Mieterstrommodellen.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass sich aus § 3 Nr. 24a EnWG [13] ergibt, dass Mieter nicht zur Abnahme eines bestimmten Stromes verpflichtet werden können. Die Mieter müssen den Energielieferanten frei wählen können. Die Belieferung der angeschlossenen Letztverbraucher mit den frei gewählten Energielieferanten muss jederzeit ermöglicht werden [12]. Dementsprechend muss bei der Umsetzung des jeweiligen Zählerkonzeptes auf einen freien Zugang des Energielieferanten geachtet werden.

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG2014)

Nach dem EEG wird der Stromeigenverbrauch des in EE- und KWK-Anlagen erzeugten Stromes in Anlagen, die ab dem 1. August 2014 in Betrieb genommen worden sind, mit einer EEG-Umlage belastet. Die Neuanlagen leisten somit ab dem genannten Stichtag einen Beitrag von 30 % der EEG-Umlage. Nach § 61 Abs. 1 EEG [8] beträgt der Umlageanteil für das Jahr 2016 35 % und ab 2017 40 %. Für Anlagen bis 10 kW elektrischer Leistung besteht jedoch nach § 61 Abs. 2 (4) EEG [8] eine Bagatellgrenze in Form einer Freimenge von 10.000 kWh/a des selbst verbrauchten Stromes.

Für die Anlagen, die vor diesem Zeitpunkt in Betrieb genommen wurden, besteht ein Bestandsschutz. Nach § 61 Abs. 3 EEG 2014 [8] gilt eine Anlage auch dann als Bestandsanlage, wenn sie vor dem 1. August 2014 in Betrieb genommen worden ist und nach dem Stichtag erneuert, erweitert oder ersetzt wird. Jedoch darf die Leistung der Anlage durch diese Maßnahmen um maximal 30 % der bereits installierten Leistung erweitert werden.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass für die Eigenversorgung eine Personenidentität zwischen Anlagenbetreiber und Verbraucher sowie ein räumlicher Zusammenhang bestehen muss. „...“Eigenversorgung“ der Verbrauch von Strom, den eine natürliche oder juristische Person im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit der Stromerzeugungsanlage selbst verbraucht, wenn der Strom nicht durch ein Netz durchgeleitet wird und diese Person die Stromerzeugungsanlage selbst betreibt, ... (§ 5 Abs. 12 EEG) [8]“.

Auf Strom aus Neuanlagen, die das Hocheffizienz-Kriterium nicht erfüllen, noch erneuerbar sind und nicht von begünstigten Großverbrauchern betrieben werden, ist die volle EEG-Umlage zu entrichten.

Das EEG regelt allerdings nicht nur die Erhebung der EEG-Umlage für KWK-Anlagen, sondern bietet für KWK-Anlagen, die mit gasförmiger oder fester Biomasse betrieben werden, die Möglichkeit einer Förderung im Rahmen des §44 bis § 47 EEG [8]. Der KWK-Betreiber kann zwischen den beiden Vergütungsmodellen Einspeisebonus oder Marktprämienmodell wählen. Hierbei ist ein monatlicher Wechsel zwischen den Vergütungsmodellen möglich, wohin entgegen ein Wechsel zwischen einer KWKG- und EEG-Vergütung nur einmalig möglich ist.

Des Weiteren ist nach § 61 Abs. 6 EEG [8] für Eigenversorger zu beachten, dass der Eigenverbrauch durch eine geeichte Messeinrichtung erfasst wird. Die Eintreibung der EEG-Umlage für den selbst verbrauchten Strom erfolgt über den jeweiligen Übertragungsnetzbetreiber, der nach § 61 Abs. 5 EEG 2014 [8] Zugriff auf das Anlagenregister der BAFA und die Anträge von BHKW-Betreibern auf Energiesteuerentlastung bei den Hauptzollämtern hat.

Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG)

Das KWKG regelt die Vergütung und Einspeisung des in KWK-Anlagen erzeugten Stromes, welches die Förderung von KWK-Anlagen maßgeblich bestimmt. KWK-Anlagenbetreiber erhalten demnach für den erzeugten und eingespeisten Strom eine Vergütung. Damit dient dieses Gesetz der Erhöhung der Nettostromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und trägt zur Energieeinsparung sowie zum Umwelt- und Klimaschutz bei.

Demnach gab es nach dem KWKG 2012 für jede erzeugte kWh Strom unabhängig von der Verwendung einen definierten KWK-Zuschlag. Bei der Einspeisung bestand eine Abnahmepflicht durch den Verteilnetzbetreiber und der eingespeiste Strom wurde über vereinbarte/übliche EEX-Preise vergütet. Hinzu kamen die vermiedenen Netznutzungsentgelte.

Das Gesetz wurde jedoch im Jahr 2015 überarbeitet, die Neufassung ist zum 1. Januar 2016 in Kraft getreten. Ein zentraler Bestandteil der Novellierung war die Neuordnung der Zuschlagssätze. Demnach gibt es eine Unterteilung in unterschiedliche Leistungsklassen und Anwendungsfälle, mit denen sich die Höhe und Dauer der Vergütungen ändert. Die Zuschlagssätze sind wie folgt abhängig von den neu definierten Anwendungsfällen. Demnach ist neben den Leistungsklassen von Relevanz ob [16]:

- in ein Netz der allgemeinen Versorgung eingespeist wird,
- an Letztverbraucher in einer Kundenanlage oder in einem geschlossenen Verteilernetz geliefert wird und soweit für diesen Strom die volle EEG-Umlage entrichtet wird,
- es sich um den Eigenverbrauch eines stromkosten- oder handelsintensiven Unternehmens handelt
- oder es sich um sonstigen Eigenverbrauch aus Anlagen bis 100 kW elektrisch handelt.

Die in folgender Tabelle 9 genannten Vergütungen beziehen sich nach § 7 KWKG 2016 [7] auf Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis 50 kW.

Tabelle 9: Vergütungen für KWK-Anlagen bis 50 kW elektrischer Leistung nach KWKG 2012 und KWKG 2016

		Einspeisung in ein Netz der allgemeinen Versorgung	Objektversorgung	Stromkostenintensive Unternehmen	Sonstiger Eigenverbrauch	
Elektrische Leistung	Zuschlag (KWKG 2012)	Zuschlag neu (KWKG 2016)				Dauer
Bis 50 kW	5,41 ct/kWh	8,00 ct/kWh	4,00 ct/kWh	5,41 ct/kWh	4,00 ct/kWh	60.000 Vbh

Zuschlagsberechtigte Anlagen sind nach § 6 KWKG 2016 [7]: neue, modernisierte oder nachgerüstete KWK-Anlagen, die bis zum 31.12.2022 in Dauerbetrieb genommen wurden und Strom auf Basis von Abfall, Abwärme, Biomasse, gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen gewinnen. Des Weiteren müssen die Anlagen hocheffizient sein und dürfen keine bestehende Fernwärmeversorgung aus KWK-Anlagen verdrängen. Betreiber von neuen KWK-Anlagen mit

einer elektrischen Leistung von bis zu 2 Kilowatt können sich nach § 9 KWKG [7] auf Antrag vom Netzbetreiber vorab die Zuschläge für den KWK-Strom in einer Pauschale auszahlen lassen. Die Pauschale beinhaltet die Zuschläge für KWK-Strom in Höhe von 4 Cent je kWh und einer Dauer von 60.000 Vollbenutzungsstunden.

Bezüglich der Messung von KWK-Strom und Nutzwärme ist der Netzbetreiber nach § 14 KWKG [7] verpflichtet, die für den Nachweis des in der KWK-Anlage erzeugten und des in das Netz der allgemeinen Versorgung eingespeisten KWK-Stroms relevanten Messstellen auf Kosten des Betreibers der KWK-Anlage zu betreiben, soweit nicht eine anderweitige Vereinbarung nach § 14 KWKG Satz 2 [7] getroffen worden ist. Für den Messstellenbetrieb zur Erfassung der eingespeisten Strommenge sind hingegen die Vorschriften des Messstellenbetriebsgesetzes anzuwenden.

2.3.2 Unternehmenssteuerrechtliche Aspekte

In nachfolgendem Kapitel werden die unternehmenssteuerrechtlichen Aspekte für den Betrieb eines BHKW in der Wohnungswirtschaft, also steuerliche Aspekte bei der Energieerzeugung und –vermarktung, dargestellt. Für Mieterstrommodelle relevant sind beispielsweise:

- Körperschaftsteuer/Gewerbsteuer
- Erweiterte Gewerbesteuerkürzung
- Umsatzsteuer

Körperschaftsteuer / Gewerbesteuer

Für Wohnungsunternehmen sind die Regelungen im Gewerbesteuergesetz (GewStG) von großer Bedeutung. Diese unterscheiden sich je nach Rechtsform des Wohnungsunternehmens. Grundsätzlich unterliegen Erträge aus der Energieerzeugung im Rahmen der Gewinnermittlung der Körperschaftsteuer und der Gewerbesteuer im Falle von voll steuerpflichtigen Unternehmen. Die sogenannten Vermietungsgenossenschaften sind hingegen in der Regel von der Körperschafts- und Gewerbesteuer befreit. Hierbei handelt es sich um eine Wohnungsgenossenschaft, deren Geschäftstätigkeit primär oder ausschließlich auf die Nutzungsüberlassung von Wohnungen an die Genossenschaftsmitglieder ausgerichtet ist [17]. Voraussetzung für den steuerbefreiten Status ist, dass mindestens 90 % des Geschäftsvolumens aus Einnahmen der Vermietung für Wohnraum an die Mitglieder generiert werden muss [14].

Maximal 10 % der nicht begünstigten Einnahmen können aus anderen gewerblichen Tätigkeiten eingenommen werden, ohne den Status der Vermietungsgenossenschaft und damit die Steuerfreiheit zu verlieren. Dabei unterliegt nur der Anteil der Einnahmen aus gewerblichen Tätigkeiten der Körperschaft- und Gewerbesteuer. Sie bilden einen partiellen steuerpflichtigen Bereich. [12]

Bei Überschreiten der „10 %-Grenze“ werden dagegen alle Einnahmen des Unternehmens steuerpflichtig, nicht nur der Anteil aus der gewerblichen Tätigkeit [14]. Entscheidet sich eine

Vermietungsgenossenschaft für den Einsatz eines Mieterstrommodells muss zunächst geklärt werden, inwiefern die Einnahmen aus der Energieerzeugung diesen Status beeinflussen.

Erweiterte Gewerbesteuerkürzung

Für voll steuerpflichtige Wohnungsgenossenschaften sind im Rahmen der eigenen Energieerzeugung lediglich die Aspekte einer erweiterten Gewerbesteuerkürzung zu berücksichtigen. Diese kann nach § 9 Nr. 1 Satz 2 GewStG [18] in Anspruch genommen werden, wenn das Wohnungsunternehmen als Kerngeschäft die Vermietungstätigkeit nachweisen kann [15]. Die erweiterte Gewerbesteuerkürzung kann nur beansprucht werden, wenn die zur Kürzung berechnete Tätigkeit ausschließlich ausgeübt wird. D.h. die Erzielung von gewerblichen Einkünften durch den Verkauf von Mieterstrom kann bereits eine „schädliche Tätigkeit“ darstellen und zum Wegfall der Gewerbesteuerkürzung führen [15]. Durch die „schädliche Tätigkeit“ wird die Vermietungstätigkeit des Wohnungsunternehmens infiziert und würde dazu führen, dass diese ebenfalls gewerbesteuerpflichtig wird [19].

Umsatzsteuer

Wird im Rahmen eines umsatzsteuerfreien Mietverhältnisses Wärme geliefert ist die Lieferung gemäß Abschnitt 4.12.1 Abs. 5 Satz 3 UStAE [20] als Nebenleistung zur Wohnungsvermietung umsatzsteuerfrei. Demnach besteht auch kein Vorsteueranspruch. Findet die Belieferung im Rahmen eines umsatzsteuerpflichtigen Gewerbemietverhältnisses statt, liegt eine umsatzsteuerpflichtige Lieferung mit einem entsprechenden Vorsteueranspruch vor. Die Stromeinspeisung ins öffentliche Netz hingegen ist umsatzsteuerpflichtig. Damit besteht auch der Vorsteuerabzug auf die Investitionskosten und die laufenden Kosten des Betriebes der Anlage (Wartung, Energiebezug etc.). Eine Stromlieferung wäre im Falle eines umsatzsteuerfreien Mietverhältnisses grundsätzlich umsatzsteuerfrei, da nach Abschnitt 4.12.1 Abs. 5 Satz 3 UStAE [20] die Stromlieferung durch den Vermieter eine umsatzsteuerfreie Nebenleistung darstellt. Bei der Stromlieferung an den Mieter ist jedoch zu berücksichtigen, dass nach Abschnitt 2.5 Abs. 7 UStAE [20], im Falle der Beanspruchung der KWKG-Vergütungen, der Direktverbrauch mit einer Hin- und Rücklieferung fingiert wird. Zunächst wird eine Lieferung des Anlagenbetreibers an den Netzbetreiber und gleichzeitig eine Rücklieferung des Netzbetreibers an den Anlagenbetreiber unterstellt. Daher wird zunächst sämtlicher erzeugter Strom umsatzsteuerpflichtig vom Anlagenbetreiber an den Netzbetreiber geliefert. Hiermit ist bezogen auf die Stromproduktion bei sämtlichen Kosten der Vorsteuerabzug gegeben. Die fiktive Rücklieferung ist auch umsatzsteuerpflichtig. Diese Umsatzsteuer kann jedoch nicht als Vorsteuerabzug geltend gemacht werden, wenn der Strom als umsatzsteuerfreie Nebenleistung an Wohnungsmieter geliefert wird. [12]

Stromsteuergesetz (StromStG) und Stromsteuerdurchführungsverordnung (StromStV)

Auch das Stromsteuerrecht enthält Regelungen und Vorgaben für Betreiber von Mieterstromprojekten. Nach § 9 Abs. 1 Nr. 3 StromStG [21] ergibt sich eine Steuerentlastung „...auf Strom, der in Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von bis zu zwei Megawatt erzeugt wird und vom Betreiber der Anlage als Eigenerzeuger im räumlichen Zusammenhang zu der Anlage zum Selbstverbrauch entnommen wird oder von demjenigen, der die Anlage betreibt oder betreiben lässt, an Letztverbraucher geleistet wird, die den Strom im räumlichen Zusammenhang zu der Anlage entnehmen“. Der an die Mieter gelieferte Strom ist demnach von der Stromsteuer in Höhe von 2,05 Cent/kWh befreit.

Hinzu kommt, dass der Anbieter von Mieterstrom nach § 2 Nr. 1 StromStG [21] als Versorger einzuordnen ist. Damit ist nach § 4 Abs. 1 StromStG [21] eine stromsteuerrechtliche Erlaubnis erforderlich. Zudem ergeben sich verschiedene Dokumentations- und Mitteilungspflichten nach der Stromsteuerdurchführungsverordnung. [15]

Im Einzelfall sollten mögliche Befreiungen des Versorger-Status nach § 1a Abs. 1 und 5 StromStV [22] geprüft werden. [23]

Nutzungsentgelte

Die üblichen netzgebundenen Entgelte für die Netznutzung, wie beispielsweise die Netznutzungsentgelte, aber auch die Konzessionsabgaben, die KWK-Umlage, die § 19 StromNEV-Umlage und die Offshore-Haftungsumlage entfallen für den direkten Stromvertrieb, vorausgesetzt die Nutzung öffentlicher Netze entfällt. [15]

2.3.3 Mieterstrommodelle

Im folgenden Kapitel werden mögliche Betriebs- und Versorgungsmodelle sowie Mieterstrommodelle zusammengefasst erläutert. Als Beispiele werden folgende drei Modelle erläutert:

- Volleinspeisung nach EEG oder KWKG
- Verkauf an Mieter direkt durch das Wohnungsunternehmen
- Verkauf an Mieter über eine Tochtergesellschaft

Volleinspeisung nach EEG oder KWKG

Beim Betrieb eines Blockheizkraftwerkes besteht die Möglichkeit einer Volleinspeisung des erzeugten Stromes nach EEG oder KWKG. Bei der Wahl dieses Betreibermodelles fällt der administrative Aufwand gering aus, denn das Wohnungsunternehmen unterliegt in diesem Falle nicht den Regelungen für EVU. Hinsichtlich des erzeugten Stromes besteht eine garantierte Abnahme, was demzufolge kalkulierbare Erlöse ermöglicht. Das Erreichen eines kostendeckenden Betriebes wird durch sinkende Einspeisevergütungen erschwert. Ein weiterer zu beachtender Aspekt ist der Zeitraum, in dem Förderungen beansprucht werden können. Nach dem KWKG 2016 beispielsweise wird die Vergütung für neu installierte Anlagen bis 50 kW elektrischer Leistung für 60.000 Vbh gezahlt. Nach dem KWKG 2012 war dies ein Zeitraum von

10 Jahren oder 30.000 Vbh. Nach Ablauf der Förderung sollte demnach der weitere Umgang mit dem Strom berücksichtigt werden. [19]

Verkauf an Mieter direkt durch das Wohnungsunternehmen

Im Falle der Wahl dieses Betriebsmodelles errichtet und betreibt das Wohnungsunternehmen die Erzeugungsanlage selbst und übernimmt die Organisation des Betriebes und Vertriebs. Dadurch, dass die Erlöse direkt in das Unternehmen fließen, können die Mieter in einer Art Mieterbindung an den Vorteilen teilweise beteiligt werden. Das Wohnungsunternehmen hat dabei einige zusätzliche organisatorische, betriebs- und energiewirtschaftliche Voraussetzungen zu beachten bzw. vermehrte rechtliche und energiewirtschaftliche Anforderungen zu erfüllen. Genossenschaften müssen darauf achten, dass die Einnahmen aus dem Gewerbebetrieb (Stromerzeugung) nicht höher als 10 % über den Einnahmen aus der Vermietung liegen, da sonst der Verlust der Befreiung von der Umsatzsteuer-, Gewerbe- und Körperschaftsteuer besteht (siehe Kapitel 2.3.2). Das beschriebene Mieterstrommodell bietet die Möglichkeit einer Mieterbindung, indem den Mietern günstige Strompreise angeboten werden. Darüber hinaus können sich die Mieter an der Energiewende beteiligen. Ist die Beteiligung der Mieter hoch besteht eine verbesserte Amortisation von Investitionen in die Erzeugungsanlagen. Allerdings ist dies abhängig von der Bereitschaft der Mieter in dem Modell mitzumachen. Dementsprechend müssen die Mitmacher zunächst akquiriert werden. Dies stellt einen Unsicherheitsfaktor (unternehmerisches Risiko) in der Kalkulation des Modells dar. Des Weiteren müssen ggf. Konsequenzen für die Besteuerung des Wohnungsunternehmens berücksichtigt werden und es ergibt sich ein erhöhter Abrechnungsaufwand für dieses Modell. [19]

Verkauf an Mieter über eine Tochtergesellschaft

Durch den Verkauf an Mieter über eine Tochtergesellschaft können organisatorische und steuerliche Anforderungen vermieden werden. Hierbei kann das Wohnungsunternehmen eine Tochtergesellschaft mit dem Betrieb oder dem Stromverkauf beauftragen oder sogar den kompletten Umfang von der Errichtung bis zum Stromverkauf von der Tochtergesellschaft abwickeln lassen. Bei einer bestimmten vertraglichen Konstruktion kann die Tochtergesellschaft für das Wohnungsunternehmen steuerlich unschädlich sein. [19]

2.3.4 Messkonzepte

Strom

Für die Durchführung von Mieterstrommodellen werden entsprechende Messkonzepte zur Erfassung von Stromerzeugung und –verbrauch der Mieter benötigt. Das Konzept muss den Überschussstrom der KWK-Anlage, den über die Anlage hinausgehenden Strombezug und den Strombezug der teilnehmenden Mieter erfassen. Darüber hinaus müssen die Mieter, die nicht an dem Konzept teilnehmen, weiterhin von externen Energieversorgern beliefert werden können. „Der Betreiber der Kundenanlage ist verpflichtet, die messtechnischen Voraussetzungen für die Erfassung und Abrechnung der jeweils gelieferten Mengen zu schaffen und an der energiewirtschaftlichen Marktkommunikation mit allen beteiligten Unternehmen (insbesondere Netzbetreiber und Drittlieferanten) teilzunehmen [24].“ Darüber hinaus muss das Messkonzept dem verantwortlichen Netzbetreiber und Messstellenbetreiber eine eindeutige Zuordnung der Zähler innerhalb der Kundenanlage ermöglichen und die messtechnischen Anlagen müssen den Vorschriften des Mess- und Eichgesetzes und zusätzlich den Anforderungen des § 21e Abs. 2-4 EnWG [13] genügen [24]. Im Folgenden wird eines der gängigsten Messkonzepte, das Summenzählermodell, erläutert. Grundsätzlich wird bei diesem Messkonzept ein Summenzähler am Hausanschluss installiert. Dieser misst den Reststrombezug der nicht von der Anlage gedeckt wird sowie den eingespeisten Strom. Der Betreiber der Anlage ist auch Betreiber des Summenzählers und schließt den Vertrag für den Reststrombezug mit einem Energieversorger. Der Mieter wiederum schließt nur einen Stromliefervertrag mit dem Vermieter bzw. Betreiber als Vollversorger ab. Die Abrechnung der Mieter erfolgt in diesem Falle über jeweils eigene Unterzähler. Die Mieter in dem betreffenden Objekt haben nach § 20 Abs. 1a EnWG [13] das Recht, ihren Stromversorger frei zu wählen. Möchte nun ein Mieter den Strom von einem anderen Anbieter oder Energieversorger wählen gibt es folgende zwei Varianten das Konzept anzupassen. In der Variante 1 wird der Zähler des nicht teilnehmenden Mieters physikalisch vor den Summenzähler geklemmt. Dies hat den Nachteil eines erhöhten Aufwands und zusätzlicher Kosten, zudem ist Voraussetzung, dass die Haushaltsstromzähler in einem zentralen Hausanschlussraum montiert sind. Die zweite Variante beinhaltet die Erstellung von virtuellen Zählpunkten. Hierbei wird der Verbrauch des Mieters vom Summenzähler des Gebäudes abgezogen und der Verbrauch an den Drittversorger weitergemeldet. Die Anwendung der sogenannten „virtuellen Zählpunkte“ ist eine kostengünstige Lösung für die Abrechnung. [19]

Abrechnung Wärme

Die insgesamt anfallenden Brennstoff- und Betriebskosten können auf Grund der gleichzeitigen Produktion von Strom und Wärme, nicht im Sinne der Heizkostenverordnung (HeizkV) umgelegt werden. Für die Abrechnung von Wärme und Warmwasser müssen, im Falle der nicht Erfassung des Wärmeverbrauchs, die Brennstoff- und Betriebskosten speziell ermittelt werden und können entsprechend § 11 Abs. 1 Nr. 3b HeizkV [25] nach Fläche verteilt werden. Im Falle der Erfassung des Wärmeverbrauchs sind die Kosten verbrauchsabhängig zu verteilen. [12]

§ 9 Satz 5 HeizkV [25] ermöglicht die Anwendung anerkannter Regeln der Technik zur Aufteilung der Kosten. Demnach kann seit 2012 hierfür das Blatt 3.1 der VDI 2077 „Ermittlung der umlagefähigen Wärmeerzeugungskosten von KWK-Anlagen“ verwendet werden. [12]

2.3.5 Hemmnisse für Mieterstrommodelle

Mit der Umsetzung eines Mieterstromkonzeptes durch den Gebäudeeigentümer bzw. Vermieter ergeben sich umfangreiche Rechtspflichten für diesen. Dies ist jedoch auch abhängig vom gewählten Mieterstrommodell und einer möglichen Einbeziehung Dritter als Betreiber der Erzeugungsanlage und/oder Stromlieferant. Wie zuvor erläutert, sind bei der Umsetzung von Mieterstromkonzepten umfangreiche rechtliche und administrative Aspekte zu berücksichtigen. Die relevantesten sind nachfolgend zusammenfassend aufgeführt.

Eines der wesentlichen Hemmnisse stellen die ertragssteuerlichen Folgen dar. Für Wohnungsbauunternehmen relevant ist die sogenannte erweiterte Gewerbesteuerkürzung in Zusammenhang mit Mieterstromkonzepten. Eine gewerbliche Tätigkeit, die nicht im Zusammenhang mit der Vermietungstätigkeit steht, kann dementsprechend eine „schädliche Tätigkeit“ darstellen und zum Verlust der erweiterten Gewerbesteuerkürzung führen. Für Wohnungsbau-genossenschaften besteht die Möglichkeit sonstige Tätigkeiten auszuführen, ohne den Verlust ihrer Körperschafts- und Gewerbesteuerbefreiung zu riskieren. Voraussetzung ist, dass die sonstigen Tätigkeiten nicht mehr als 10 % ihrer Gesamteinnahmen erreichen. Eine Möglichkeit, diese Problematik zu umgehen, besteht in der Gründung einer Tochtergesellschaft. Jedoch müssen auch hier einige Aspekte berücksichtigt werden, da bei einer hinreichenden sachlichen und personellen Verflechtung die gewerbliche Tätigkeit des Tochterunternehmens dem Wohnungsbauunternehmen zugerechnet werden kann. Damit würde auch hier der Verlust der erweiterten Gewerbesteuerkürzung eintreten. Zudem stellt die Berücksichtigung dieser steuerlichen Aspekte sowie der Aufbau der benötigten energiewirtschaftlichen Kompetenz einen erheblichen organisatorischen Aufwand dar. [24]

Nicht zu vernachlässigen sind die sich aus der Stromlieferung ergebenden Pflichten aus dem EnWG (ausführlich dargestellt in Tabelle 8). Dementsprechend müssen nach Vorgaben des EnWG die Verträge mit den Endkunden geschlossen sowie die Abrechnung gestaltet werden und sämtliche Vorgaben beinhalten.

Die beschriebenen Messkonzepte verdeutlichen die Komplexität und den Aufwand, der für die Abrechnung erforderlich ist. Für die Erfüllung der rechtlichen Pflichten sind hohe elektrotechnische und organisatorische Anforderungen zu erfüllen. Zunächst muss sichergestellt werden, dass der benötigte Zusatzstrom geliefert wird. Zudem können die Endkunden nicht verpflichtet werden, an dem Mieterstrommodell teilzunehmen. Dementsprechend muss das Messkonzept eine Belieferung des nicht teilnehmenden Kunden ermöglichen. [24]

Für die Kalkulation der Strompreise des Mieterstrommodells ist zu berücksichtigen, dass der an Dritte gelieferte Strom aus KWK-Anlagen mit der vollen EEG-Umlage belastet wird [24].

Eine Belastung von Mieterstrom mit der Stromsteuer ist in den meisten Fällen auszuschließen, da sie in der Regel die Voraussetzungen für die Stromsteuerbefreiung erfüllen. Bei größeren Mieterstrommodellen, die liegenschaftsübergreifend unter Verwendung des allgemeinen Verteilnetzes oder unter Einsatz größerer Anlagen betrieben werden, kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass es zur Stromsteuerpflicht kommt.

Eine administrative Belastung ergibt sich durch die benötigte stromsteuerrechtliche Versorgererlaubnis. Hat das Mieterstrommodell eine Stromsteuerpflicht wird dies zum einen durch die Pflicht selbst wirtschaftlich beeinträchtigt zum anderen ist er damit verbunden Steuer-schuldner gemäß § 5 Abs. 2 StromStG [21] und damit verpflichtet für den stromsteuerpflichtigen Strom eine Steuererklärung abzugeben. [24]

3. Zusammenfassung

Durch die Weiterführung des wissenschaftlich-begleiteten Anlagenbetriebes (Datenaufnahme und Auswertung) der 100 KWK-Systeme in der Demonstration konnte ein weiterer Messzeitraum ausgewertet werden. Der einwandfreie Betrieb der Systeme und der Messtechnik wurde durch stetige Plausibilitäts- und Funktionsprüfungen garantiert. Zudem konnten die etablierten Kommunikationspfade der Nutzerbetreuung weiter zur Evaluation des Anlagenbetriebes genutzt werden. Dabei ist Ergebnis der Auswertungen, dass ein Drittel der Systeme bis zum jetzigen Zeitpunkt keinerlei Informationen über Störungen aufweist und mehr als zwei Drittel aller Systeme innerhalb der Betriebszeit eine oder mehr Störungen hatten.

Aufbauend auf den methodischen Ansätzen des Projektes „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ wurden CO₂-Emissionen und Primärenergieeinsparungen anhand von energietechnischen Bilanzen für einen weiteren Messzeitraum berechnet und bewertet. Nach der ökologischen Bewertung von 62 KWK-Systemen konnte für den weiteren Auswertungszeitraum eine CO₂-Einsparung von 36 % sowie eine Primärenergieeinsparung von 28 % gegenüber den zuvor installierten Heizungssystemen aufgezeigt werden. Durch die Ergebnisse konnte eine Steigerung der Belastbarkeit der im Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ ermittelten Ergebnisse zur Einsparung von CO₂-Emissionen und der Reduktion des Primärenergieeinsatzes durch den Einsatz von KWK-Systemen in dem Projektgebiet InnovationCity erreicht werden.

Die Evaluation des KWKG 2016 auf Basis einer Vielzahl von Realdaten berücksichtigt die energiebilanziellen Auswertungen der messtechnisch erfassten Leistungs- und Lastverläufe. Die Auswertungen zeigen, dass die relevanten Faktoren für die KWKG-Vergütung der Stromeigen-nutzungsanteil sowie der Vergütungszeitraum sind. Für einen hohen Eigenstromnutzungsanteil von bis zu 70 % verdeutlichen die ausgewerteten Messdaten zunächst insgesamt keine Verringerung der KWKG-Vergütung, obwohl der eigen genutzte Strom nach KWKG 2016 geringer vergütet wird als nach KWKG 2012. Durch die im Vergleich höher vergütete Stromein-speisung wird die Differenz im Falle des betrachteten Objektes ausgeglichen. Für Objekte mit einer geringen Stromeigen-nutzung wirken sich die Neuerungen des Gesetzes auf die Vergü-tungssituation positiv aus. Für Anlagen mit einer Laufleistung von mehr als 6.000 Vbh pro Jahr

ist die Neuregelung des Vergütungszeitraumes nach KWKG 2016 von Nachteil. Der Vergütungszeitraum ist im Vergleich zu den Regelungen des KWKG 2012 deutlich früher erschöpft. Vergleicht man jedoch die Möglichkeit der „Einmaligen Zahlung“ fällt diese nach dem KWKG 2016 für alle KWK-Anlagen höher aus.

Die Untersuchung von Mieterstromkonzepten zeigt aktuell umfangreiche technische und rechtliche Rahmenbedingung auf. Eine der entscheidendsten Fragestellungen für Wohnungsunternehmen, die Mieterstromkonzepte durchführen wollen, ist die Frage ob sie im Rahmen des Konzeptes zu einem EVU werden. Damit verbunden ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an das Wohnungsunternehmen. Als wesentliche Hemmnisse haben sich der mögliche Verlust von Steuervergünstigungen, der erhöhte administrative Aufwand hinsichtlich der sich als Energielieferant ergebenden Pflichten sowie die Komplexität der Abrechnungsmodelle herausgestellt.

Literaturverzeichnis

- [1] M. Schmidt, F. Burmeister und R. Albus, „100 KWK-Anlagen in Bottrop - Vom Labor in die Demonstration - KWK-Modellversuch zur CO₂-Reduktion in der Innovation City,“ Essen, 2015.
- [2] M. Großklos, „Kumulierter Energieaufwand verschiedener Energieträgern und – versorgungen - kea.pdf,“ [Online]. Available: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/kea.pdf. [Zugriff am 02 03 2017].
- [3] WetterKontor GmbH, [Online]. Available: <http://www.wetterkontor.de/>. [Zugriff am 27 12 2016].
- [4] M. Fiebrandt, „Technische und geographische Analyse infrastruktureller Herausforderungen der Energiewende im Hinblick auf Energiespeicherung durch Power-to-Gas,“ *GWF*, pp. 763-773, 10 2015.
- [5] föderal erneuerbar, „Energien, Spezifische CO₂-Emissionen der Stromerzeugung - Strom - NRW - Landesinfo zu Entwicklung Erneuerbarer,“ [Online]. Available: www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/NRW/kategorie/strom/auswahl/733-spezifische_co2-emis. [Zugriff am 30 11 2015].
- [6] VDI-Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung, „VDI-Richtlinie: VDI 2067 Blatt 1 Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung,“ VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik, 2012.
- [7] *Bundesgesetzblatt Jahrgang 2015 Teil I Nr. 55, Gesetz zur Neuregelung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes*, 2015.
- [8] *Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2014)*, 2014.
- [9] VDI-Handbuch Energietechnik, „VDI 4608 Blatt 2 Energiesysteme - Kraft-Wärme-Kopplung,“ in *VDI 4608 Blatt 2 Energiesysteme - Kraft-Wärme-Kopplung*, Betuh Verlag, 2005.
- [10] W. Mauch, R. Corradini, K. Wiesemeyer und M. Schwenzke, „Allokationsmethoden für spezifische CO₂-Emissionen von Strom und Wärme aus KWK-Anlagen,“ *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, Bd. Heft 9, Nr. 55.Jg, p. 55, 2010.
- [11] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, „Richtlinien zur Förderung von KWK-Anlagen bis 20 kW,“ [Online]. Available:

- http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Energieeffizienz/richtlinie_mini_kwk_bf.pdf. [Zugriff am 16 12 2016].
- [12] GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V., „GdW Arbeitshilfe 71 Wohnungsunternehmen als Energieerzeuger - Bedeutung, Möglichkeiten, wirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen,“ 2013.
- [13] *Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG)*.
- [14] Wohnen in Genossenschaften e.V., „Wohnungsgenossenschaften als strategische Partner beim Klimaschutz und einer nachhaltigen, sozial ausgewogenen Energiewende,“ Düsseldorf, 2015.
- [15] H. Will und F. Zuber, „Geschäftsmodelle mit PV-Mieterstrom - Projekt PV Financing,“ 2016.
- [16] MPW Legal & Tax; Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz e. V. (DENEFF), „MPW - Die Energie-Weiter-Denker,“ [Online]. Available: http://www.mpw-net.de/fileadmin/media/mpw/News/151216_MPW_KWKG_2016_Die_wichtigsten_Neuerungen.pdf. [Zugriff am 04 10 2016].
- [17] E. Mändle und M. Mändle, „Wirtschaftslexikon Gabler,“ [Online]. Available: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/1477/wohnungsgenossenschaft-v10.html?print=true>. [Zugriff am 26 10 2016].
- [18] *Gewerbsteuergesetz (GewStG)*.
- [19] G. M., I. Behr und D. Paschka, „Möglichkeiten der Wohnungswirtschaft zum Einstieg in die Erzeugung und Vermarktung elektrischer Energie,“ Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt, 2015.
- [20] *Umsatzsteuergesetz (UStG)*.
- [21] *Stromsteuergesetz (StromStG)*.
- [22] *Verordnung zur Durchführung des Stromsteuergesetzes (Stromsteuer-Durchführungsverordnung - StromStV)*.
- [23] EnergieAgentur.NRW, *Mieterstrom kurz erklärt - Neue Perspektiven für Vermieter und Mieter*, Düsseldorf, 2016.
- [24] BH&W Prognos, „Mieterstrom - Rechtliche Einordnung, Organisationsformen, Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Mieterstrommodellen (MSM),“ Berlin, 2017.
- [25] *Verordnung über die verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten (Verordnung über Heizkostenabrechnung - HeizkostenV)*.

- [26] ELE Verteilnetz GmbH, „Vermiedene Netznutzungsentgelte für das Projektgebiet InnovationCity Ruhr,“ 09 Sep 2015.
- [27] *Energiesteuergesetz (EnergieStG).*
- [28] *Verordnung über die Entgelte für den Zugang zu Elektrizitätsversorgungsnetzen (Stromnetzentgeltverordnung - StromNEV).*

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Strategische Forschungsplanung zur KWK-Demonstration des GWI	3
Abbildung 2: Anonymisierter Teilausschnitt der Messtechnikprüftabelle analog zum Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“	12
Abbildung 3: Auszug aus der Datenbankvisualisierung (links) und Kontrollumgebung (rechts) analog zum Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“	13
Abbildung 4: Sortierte Auftragung der Störungen pro Anlage bis zum 28.09.2016	15
Abbildung 5: Störanfälligkeit in Abhängigkeit von dem Betriebsstundenintervall bis zum 28.09.2016.....	15
Abbildung 6: Kategoriebezogene Verteilung der Störungen (links) und Störanfälligkeit in Abhängigkeit von dem Betriebsintervall sowie der Kategorie (rechts) bis zum 28.09.2016	16
Abbildung 7: Bereitgestellte und bezogene Energiemengen der analysierten 62 KWK-Systeme während des Auswertungszeitraumes (von 01.07.2015 bis 30.06.2016).....	20
Abbildung 8: Gegenüberstellung der eingesetzten Primärenergien der KWK-Systeme und der ersetzten konventionellen Strom- und Wärmeversorgungssysteme	21
Abbildung 9: Gegenüberstellung der CO ₂ -Emissionen der KWK-Systeme und der ersetzten konventionellen Strom- und Wärmeversorgungssysteme	23
Abbildung 10: Georeferenzierte Darstellung der elektrischen Netto-Nennleistungsverteilung und Anteile erneuerbarer und konventioneller Strombereitstellung in der BRD [4]	24
Abbildung 11: CO ₂ -Einsparung der 62 analysierten KWK-Anlagen gegenüber der zuvor installierten konventionellen Energieversorgung während des Bilanzzeitraumes für die Betrachtungsebene NRW und Gesamtdeutschland	25
Abbildung 12: Darstellung der Erlöse nach KWKG 2012 und 2016 des Otto-motorischen Systems mit einer „hohen Stromeigennutzung“ für die Betrachtungszeiträume 10 a und 15 a	30
Abbildung 13: Darstellung der jährlichen KWKG-Zuschläge des Otto-motorischen Systems mit einer „hohen Stromeigennutzung“	31
Abbildung 14: Darstellung der Erlöse nach KWKG 2012 und 2016 des Otto-motorischen Systems mit einer „niedrigen Stromeigennutzung“ für die Betrachtungszeiträume 10 a und 15 a.....	31
Abbildung 15: Darstellung der jährlichen KWKG-Zuschläge des Otto-motorischen Systems mit einer „niedrigen Stromeigennutzung“	32

Abbildung 16: Darstellung der Erlöse nach KWKG 2012 und 2016 des Stirling-motorischen Systems mit einer „niedrigen Stromeigennutzung“ für die Betrachtungszeiträume 10 a und 15 a.....	33
Abbildung 17: Darstellung der jährlichen KWKG-Zuschläge des Stirling-motorischen Systems mit einer „niedrigen Stromeigennutzung“	34
Abbildung 18: Darstellung der Erlöse nach KWKG 2012 und 2016 des Stirling-motorischen Systems mit einer „hohen Stromeigennutzung“ für die Betrachtungszeiträume 10 a und 15 a	34
Abbildung 19: Darstellung der jährlichen KWKG-Zuschläge des Stirling-motorischen Systems mit einer „hohen Stromeigennutzung“	35
Abbildung 20: Gesamtheitliche Betrachtung von 62 bilanzierten KWK-Anlagen für verschiedene Berechnungsszenarien anhand des KWKG 2012 und KWKG 2016	37
Abbildung 21: Relevante Bereiche der dezentralen Energieversorgung durch Wohnungsunternehmen (in Anlehnung an [12]).....	41
Abbildung 22: Klassifizierung eines Wohnungsunternehmen gemäß EnWG in Anlehnung an [14]	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Primärenergiefaktoren für die eingesetzten Energieträgerformen im Projekt [4].	21
Tabelle 2: Spezifische CO ₂ -Emissionen für die eingesetzten Energieträgerformen im Projekt [2]	22
Tabelle 3: Gegenüberstellung der Zuschlagssätze für KWK-Strom nach KWKG 2012 und KWKG 2016. Im Projekt liegen alle untersuchten Anlagen in dem Bereich ≤50 kW [7]	27
Tabelle 4: Gegenüberstellung der Vergütungen der Gesetze KWKG 2012 und KWKG 2016 bis 50 kW.....	27
Tabelle 5: Zu leistender EEG-Umlageanteil in Abhängigkeit von dem Zeitraum der Stromeigennutzung [8]. Der Umlageanteil bezieht sich auf die jeweilige zeitliche vorliegende EEG-Umlage. Für Anlagen mit einer maximalen elektrischen Nennleistung von 10 kW wird eine Freimenge von 10.000 kWh pro Jahr bezüglich der Stromeigennutzung gewährt.....	28
Tabelle 6: Einnahmen BAFA-Förderung	28
Tabelle 7: Voraussetzungen für den Erhalt des Stromeffizienzbonus [11].....	29
Tabelle 8: Wesentliche Pflichten nach EnWG in Abhängigkeit des Status des EVU nach [14]	44
Tabelle 9: Vergütungen für KWK-Anlagen bis 50 kW elektrischer Leistung nach KWKG 2012 und KWKG 2016	46