KWK-Modellkommune NRW Phase 3 – Umsetzung

Umweltstudie 2
Potenzial- & Umsetzungsanalyse mit zielgruppenspezifischer Beratungsoffensive

Endbericht

EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH

Aldenhoven, 06.07.2020

EFRE.NRW Investitionen in Wachstum und Beschäftigung
EUROPÄISCHE UNION Investition in unsere Zukunft Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Bericht: **KWK-Modellkommune NRW Phase 3 – Umsetzung**

Autor(en): Math-tech. Ass. Manuela Bücken
B.Eng. Tim Gleichmann
Dipl.-Ing. Klaus Holler
M.Sc. Wirt.Ing. Mario Leisten

Bearbeitungszeitraum: 01.01.2017 – 31.12.2019

Veröffentlichung: 06.07.2020

EEB Enerko Energiewirtschaftliche Beratung GmbH

Adresse: Landstraße 20
52457 Aldenhoven
Telefon: +49 (2464) 971-3
Internet: www.enerko.de
E-Mail: info@enerko.de

STADT WUPPERTAL
Solingen
STADT REMSCHEID
EFRE.NRW Investitionen in Wachstum und Beschäftigung
EUROPÄISCHE UNION Investition in unsere Zukunft Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Das Projekt wird gefördert aus Mitteln des Landes NRW im Rahmen des Landesprogramms „progres.nrw" (Programmbereich KWK) und der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) 2014 - 2020.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis **3**

Tabellenverzeichnis **5**

Abkürzungsverzeichnis **6**

1 Hintergrund und Zielsetzung **7**

1.1 Hintergrund der Studie 7

1.2 Zielsetzung der Studie 8

2 Arbeitsprogramm und zeitlicher Ablauf der Untersuchung **10**

3 Bestandsaufnahme und Analyse **11**

3.1 Markt- und förderpolitische Rahmenbedingungen 11

3.1.1 Energiepreisentwicklung in den letzten 10 Jahren 12

3.1.2 Energiepreisprognosen 14

3.1.3 Abgaben und Steuern auf Energiepreise und Endverbraucherpreise 17

3.1.4 Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung 20

3.1.5 Entwicklung der KWK in Deutschland 26

3.2 Grundsatzüberlegungen zur Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen 28

3.3 Identifizierung spezifischer Zielgruppen und Objekte 34

3.4 Konkretisierung der Adressaten im Bergischen Städtedreieck 37

4 Zielgruppenspezifische Beratungsoffensive **42**

4.1 Vorgehen Erstellung/ Erarbeitung Zielgruppenspezifischer Fragebögen 42

4.2 Erstellung der Grobanalysen 46

4.3 Vor-Ort-Beratung und Erstellung der Feinkonzepte 54

5 Ergebnisse **61**

5.1 Allgemeine Ergebnisse der Beratungsoffensive 61

5.2 Auswertung der Rückläufe der Fragebogenoffensive 61

5.3 Ergebnisse der Grobanalysen 65

5.3.1 Grobanalysen für Betriebe, Wohnungswirtschaft und soziale Einrichtungen 65

5.3.2 Grobanalysen für städtische Liegenschaften 67

5.3.3 Gesamtergebnisse der Grobanalysen 70

5.4 Ergebnisse der Beratungen und Feinkonzepte 71

5.4.1 Feinkonzepte im Gewerbebereich ... 72
5.4.2 Feinkonzepte für städtische Liegenschaften ... 73
5.4.3 Gesamtergebnisse der Feinanalysen ... 75
5.5 Gesamterkenntnisse ... 77
5.5.1 Projektreflexion ... 77
5.5.2 Hemmnisse ... 77
5.5.3 Aktualisierung der KWK-Potenziale im Bergischen Städtedreieck ... 78
5.6 Übertragung der Ergebnisse auf die KWK-Potenzialstudie NRW ... 83
5.6.1 Energiewirtschaftliche Randbedingungen für den KWK-Ausbau ... 83
5.6.2 Auswirkungen auf die KWK-Potenziale gemäß KWK-Potenzialstudie NRW ... 89
6 Gesamtfazit und Ausblick ... 93
6.1 Grenzen für die Wirtschaftlichkeit von KWK-Einsatz aus den untersuchten Fallbeispielen ... 93
6.2 Folgerungen für die Gestaltung des Förderpolitischen Rahmens ... 94
6.2.1 Fortführung und Verlässlichkeit der KWK-Förderung ... 94
6.2.2 Gestaltung der Fördersätze und –bedingungen für die Anlagen- und Netzförderung im KWKG ... 95
6.2.3 KWK im Klimaschutzprogramm der Bundesregierung ... 97
Anlagen ... 100

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Terminplan der Untersuchung 10

Abbildung 2: Wärmegestehungskosten einer KWK-Anlage (Kosten und Erlöse, Beispiel 50 kW_{el}) 11

Abbildung 3: Entwicklung des Grenzübergangspreises Erdgas im Zeitraum 2009 bis 2019 ... 12

Abbildung 4: Entwicklung des Strompreises Base im Zeitraum 2009 bis 2019 13

Abbildung 5: Entwicklung Gaspreis, Strompreis und COGIX im Zeitraum 2009 bis 2019 14

Abbildung 6: Energiepreisprognose gemäß World Energy Outlook 2018 (WEO 2018)..... 15

Abbildung 7: Prognose Gaspreis und Strompreis gem. WEO 2018 und ENERKO-Strommarktmodell 16

Abbildung 8: Prognose CSS und COGIX gem. WEO 2018 und ENERKO-Strommarktmodell ... 17

Abbildung 9: Erdgas-Preisentwicklung Haushalte 2018/2019 mit Preisbestandteilen 18

Abbildung 10: Zusammensetzung und zeitliche Entwicklung des Strompreises für Haushalte 19

Abbildung 11: Zusammensetzung und Entwicklung des Strompreises für die Industrie 19

Abbildung 12: Förderung von neuen KWK-Anlagen nach dem KWKG 21

Abbildung 13: Förderung von neuen KWK-Anlagen bis 1 MW_{el} nach dem KWKG 22

Abbildung 14: Förderung von Fernwärme-Leitungen nach dem KWKG..... 24

Abbildung 15: Entwicklung der Stromerzeugung in KWK 27

Abbildung 16: Zubau von beim BAFA zugelassenen KWK-Anlagen 27

Abbildung 17: Investitionen und spezifische Investitionen von BHKW-Anlagen..... 29

Abbildung 18: Investitionen BHKW bis 100 kW und Förderung nach dem KWKG 30

Abbildung 19: Investitionen BHKW oberhalb 100 kW und Förderung nach dem KWKG 30

Abbildung 20: Förderung von neuen KWK-Anlagen bezogen auf die Investition..... 31

Abbildung 21: Stromgutschriften für KWK-Strom nach Stromverwendung und Größenklassen 32

Abbildung 22: Jährliche Kostenanteile im Betrieb von BHKW-Anlagen 32

Abbildung 23: Wärmepreise und Amortisationsdauern von BHKW-Anlagen 34

Abbildung 24: KWK-Anwendungen – Überblick und Fokus im Rahmen KWKhoch3 35

Abbildung 25: Luftbild-Ausschnitt aus dem adressscharfen Wärmeatlas 38

Abbildung 26: Lage der Adressaten für Objektversorgungen in Remscheid 39

Abbildung 27: Lage der Adressaten für Objektversorgungen in Solingen 40

Abbildung 28: Lage der Adressaten für Objektversorgungen in Wuppertal 41

Abbildung 29: Fragebogenaktion - Ablaufschema 44

Abbildung 30: Eingabemaske KWK-Tool (Grobkonzept) 48

Abbildung 31: Wärmeseitige Versorgung - Beispielhafte Darstellung 49

Abbildung 32: Stromseitige Versorgung - Beispielhafte Darstellung 50

Abbildung 33: CO_2-Bilanz - Beispielhafte Darstellung 51

Abbildung 34: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung - Beispielhafte Darstellung 53

Abbildung 35: Sensitivitätsanalyse zur Anlagengröße - Beispielhafte Darstellung 54

Abbildung 36: Sensitivitätsanalysen Feinkonzept bzgl. Preisen und Investitionen 60

Abbildung 37: Kontaktierte Unternehmen nach Städten und Branchen 61

Abbildung 38: Auswertung Kontaktaufnahme 62

Abbildung 39: Energiebedarf Betriebe 63

Abbildung 40: Energiebedarf städtischer Liegenschaften 64

Abbildung 41: Elektrische BHKW-Leistungen gemäß Grobanalysen der Betriebe 67

Abbildung 42: Übersicht Potenziale nach Grobanalysen 71

Abbildung 43: Übersicht Anlagenleistungen und Wärmebedarf der BHKW-Projekte in den Feinanalysen 75

Abbildung 44: Umsetzungsempfehlungen nach Feinkonzepten 76

Abbildung 45: Wärmeatlas-Auswertung für Remscheid – Wohngebäude nach Wärmeverbrauchsklassen 81

Abbildung 46: Wärmeatlas-Auswertung für Solingen – Wohngebäude nach Wärmeverbrauchsklassen 82

Abbildung 47: Wärmeatlas-Auswertung für Wuppertal – Wohngebäude nach Wärmeverbrauchsklassen 83

Abbildung 48: Entwicklung des Grenzübergangspreises Erdgas im Zeitraum 2009 bis 2019 . 84

Abbildung 49: Entwicklung des Strompreises Base im Zeitraum 2009 bis 2019 85

Abbildung 50: Entwicklung COGIX im Zeitraum 2009 bis 2019 85

Abbildung 51: Vergleich KWK-Förderung Netzeinspeisung KWKG 2009 ⇔ KWKG 2017 86

Abbildung 52: Vergleich spezifischer Investitionsansätze für BHKW-Anlagen 88

Abbildung 53: Vergleich spezifischer Investitionsansätze für den Leitungsbau 89

Abbildung 54: Ergebnisse Fernwärme-Potenzialstudie NRW und Einfluss bei steigenden Wärmepreisen 91

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl der beim BAFA zugelassenen KWK-Anlagen nach Größenklassen und Inbetriebnahmejahr 28

Tabelle 2: Qualitative und quantitative Eingrenzung der KWK-Zielgruppen 36

Tabelle 3: Kostenansätze BHKW-Modul und Wartung für Grobkonzept 47

Tabelle 4: Beispielhafte Energie- und CO_2-Bilanz für ein Grobkonzept 51

Tabelle 5: Beispielhafte Ergebnistabelle des Wirtschaftlichkeitsvergleichs Grobkonzept 53

Tabelle 6: Investitionsansätze im Feinkonzept (Beispiel BHKW 50 kW Schwimmhalle) .. 57

Tabelle 7: Energiebilanz im Feinkonzept (Beispiel BHKW 50 KW Schwimmhalle) 58

Tabelle 8: Wirtschaftlichkeitsbewertung im Feinkonzept (Beispiel Schwimmhalle) 59

Tabelle 9: Ergebnisse Grobanalysen- Betriebe 66

Tabelle 10: Ergebnisse Grobanalysen - Städtische Liegenschaften Wuppertal 68

Tabelle 11: Ergebnisse Grobanalysen - Städtische Liegenschaften Remscheid 69

Tabelle 12: Ergebnisse Grobanalysen - Städtische Liegenschaften Solingen 70

Tabelle 13: Ergebnisse Ortsbegehungen und Feinkonzepte – Bereich Gewerbe 73

Tabelle 14: Ergebnisse Ortsbegehungen und Feinkonzepte – Städtische Liegenschaften . 74

Tabelle 15: Klassifizierung der Wohngebäude nach Verbrauchsklassen 80

Tabelle 16: KWK-Potenziale gem. Feinkonzept KWKhoch3 und Aktualisierung 81

Abkürzungsverzeichnis

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn
BEHG	Brennstoffemissionshandeslgesetz
BHKW	Blockheizkraftwerk
CSD	Clean Dark Spread
CSS	Clean Spark Spread
COGIX	COGeneration IndeX (Deckungsbeitrag KWK-Anlagen Strom- und Wärmeerlöse abzgl. Brennstoffkosten und ggf. CO-Kosten)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EnergieStG	Energiesteuergesetz
IEA	International Energy Agency
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
MS	Mittelspannung
NS	Niederspannung
StromStG	Stromsteuergesetz
vNNE	Vermiedenes Netznutzungsentgelt
W/kW/MW	Watt/ Kilo-/ Megawatt
WEO 2018	Word Energy Outlook 2018 – Energiepreisprognose der IEA

1 Hintergrund und Zielsetzung

1.1 Hintergrund der Studie

Die KWK-Potenzialstudie für das Land NRW aus dem Jahr 2011 weist für das Land NRW erhebliche Potenziale für den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungstechnik aus. Diese Potenziale („KWK als der schlafende Riese der Energieeffizienztechnologien“) sind nach wie vor in großem Maßstab ungenutzt. Gleichzeitig haben sich aber auch die wirtschaftlichen wie auch die rechtlichen Rahmenbedingungen seit der Erstellung der KWK-Potenzialstudie erheblich geändert. Zwischenzeitlich wurde in 2019 eine Aktualisierung der KWK-Potenzialstudie vom Land NRW vergeben, deren Ergebnisse aber erst im Laufe des Jahres 2020 vorliegen sollen.

Seit rund acht Jahren beschäftigen sich die Bergischen Städte Remscheid, Solingen und Wuppertal intensiver mit dem Thema der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und erproben verschiedene Strategien, um die effiziente Technik zur klimaschonenden Strom- und Wärmeversorgung in der Region zu fördern und den Ausbau weiter voranzutreiben.

In Kooperation der Bergischen Städte mit den lokalen Stadtwerken und zahlreichen weiteren Institutionen wurde im Rahmen des Wettbewerbes „KWK-Modellkommune NRW“ in 2012 zunächst ein gemeinsames Grobkonzept zur Steigerung des KWK-Anteils an der lokalen Energieversorgung erarbeitet. Dieses wurde durch eine Fachjury des Landes Nordrhein-Westfalen bewertet und gemeinsam mit 20 weiteren Entwürfen für eine weitere Förderung zur Ausarbeitung eines Feinkonzepts ausgewählt.

Mit dem anschließend erarbeiteten Feinkonzept „KWKhoch³- Integrativer Ansatz zum Ausbau von Kraft-Wärme-Kopplung im Bergischen Städtedreieck“ wurden die drei Städte (Bergisches Städtedreieck) schließlich 2014 als eine von 6 „KWK-Modellkommunen NRW“ ausgezeichnet und es erfolgte der Startschuss für die operative Umsetzung des Konzeptes.

Drei Umweltstudien mit unterschiedlichen Schwerpunkten wurden schließlich von der Landesregierung Nordrhein-Westfalen als förderungswürdig erachtet und im Zeitraum von Januar 2017 bis Dezember 2019 erarbeitet:

Studie 1: Entwicklung einer zielgruppenspezifischen Marketing-Kampagne (Erarbeitung durch Power + Radach Werbeagentur GmbH, Aachen)

Studie 2: Potenzial- und Umsetzungsanalyse mit zielgruppenspezifischer Beratungsoffensive (Erarbeitung durch EEB Enerko GmbH, hier vorliegend)

Studie 3: Erarbeitung und Erprobung von Dienstleistungsangeboten für den Umsetzungsprozess und die Optimierung kommunaler Verfahrensabläufe (Erarbeitung durch Gertec Ingenieurgesellschaft GmbH, Essen)

Die Förderung der Studien erfolgte aus Mitteln des Landes NRW im Rahmen des Landesprogramms „progres.nrw“ (Programmbereich KWK) und der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) 2014 - 2020.

Die Studien zielen darauf ab, durch eine Mischung aus zielgruppengerechter Ansprache über Marketing-Kampagnen, kostenfreie Beratungsangebote sowie die Erarbeitung von begleitenden Dienstleistungsangeboten Hemmnisse abzubauen und mehr KWK-Projekte insbesondere in den lokalen Unternehmen in die Umsetzung zu bringen. Ein weiterer Fokus lag auf der Entwicklung von übertragbaren Strategien und Tools, die auch in anderen NRW-Kommunen zur Aktivierung und Unterstützung der verschiedenen Anwendergruppen geeignet sind.

1.2 Zielsetzung der Studie

Die Entwicklung der energiewirtschaftlichen und -politischen Randbedingungen der letzten Jahre hat dazu geführt, dass neue KWK-Versorgungen in der Fläche – also die klassische Siedlungs-KWK – gegenüber der dezentralen Wärmeversorgung nicht mehr konkurrenzfähig sind und selbst bestehende Fernwärme-Versorgungen und deren KWK-Erzeugungsanlagen unter wirtschaftlichen Druck geraten.

Die Randbedingungen für die Einführung und den Ausbau der KWK werden zunehmend komplexer – und mit ihnen der Beratungsbedarf für potenzielle Neuanlagen-Betreiber. Dabei gibt es im weiten Feld der KWK-Anwendung durchaus Anwendungsfälle, die nicht nur technisch einfach umsetzbar und besonders umweltverträglich sind, sondern auch profitabel aus Sicht des Investors und Betreibers. Stellvertretend seien hier Einzelobjekte wie Krankenhäuser, Schwimmbäder, Altenheime und das produzierende Gewerbe aber auch der Zubau von KWK in bestehenden Nahwärmesystemen genannt.

Ausgehend von der Fragestellung, warum bei ausgereifter Technologie, hoher Effizienz sowie überdurchschnittlicher Umweltverträglichkeit der Kraft-Wärme-Kopplung eine deutliche Lücke zwischen realem und erzielbarem Anteil an der Energieversorgung besteht, liegt der Fokus der vorliegenden Umweltstudie 2 auf folgenden Zielsetzungen:

- Identifikation und Analyse von typisierten Einzelobjekten (z.B. Altenheime, Krankenhäuser, verdichtete Siedlungsgebiete oder Hochhäuser, öffentliche Liegenschaften, Gewerbebetriebe ausgewählter Branchen), in denen unter heutigen aktuellen Rahmenbedingungen voraussichtlich KWK eingesetzt werden kann. Detaillierte Analyse repräsentativer Objekte und der technischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen, sowie Ableitung von übertragbaren Schlussfolgerungen für die Umsetzung des KWK-Potenzials.
- Unterstützung potenzieller Investoren durch konkrete Untersuchung der Objekte mit Bestandsaufnahme vor Ort, technischer Auslegung, Investitions- und Wirtschaftlichkeitsermittlung und Ergebnisdiskussion (bis zu 30 Beispielfälle). Der Detaillierungsgrad soll im Rahmen der Untersuchungen jeweils so weit erfolgen, dass eine Umsetzungsentscheidung seitens der Unternehmen getroffen werden kann.
- Untersuchung der Wirksamkeit möglicher Modelle zur wirtschaftlichen Nutzung des eigenerzeugten Stroms – unter aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen – aus Sicht

unterschiedlicher Zielgruppen (z.B. Stadtwerke, Wohnungsgesellschaften, Gewerbebetriebe mit mehreren Liegenschaften) anhand von Modellfällen.

- Nutzung der Chancen aus der regionalen Kooperation der drei Bergischen Städte, indem z.B. thematische Schwerpunkte in einzelnen Städten betrachtet werden, die dann im Nachhinein von den jeweils anderen Städten auch genutzt werden können (z.B. bei Modellfällen wie Mieterstrom).
- Ableitung übertragbarer Strategien zur Realisierung der in der KWK-Potenzialstudie für das Land NRW ausgewiesenen Potenziale unter veränderten Rahmenbedingungen mit dem Fokus auf Städte und Gemeinden sowie Kreise als initiierende Akteure. In diesem Rahmen auch Übertragung der Ergebnisse auf das KWK-Potenzial in NRW mit Aktualisierung der KWK-Studie NRW.

Neben der KWK-Potenzialstudie für das Land NRW baut die Untersuchung auf das Feinkonzept „KWKhoch3“ auf und nutzt die in diesem Rahmen erarbeiteten Werkzeuge (Wärmeatlas für das Bergische Städtedreieck, KWK-Bewertungstool).

2 Arbeitsprogramm und zeitlicher Ablauf der Untersuchung

Das Arbeitsprogramm wurde gemäß der Aufgabenstellung festgelegt und gliederte sich in folgende wesentliche Schritte:

- Identifizierung spezifischer Zielgruppen und Objekte
- Konkretisierung des KWK-Potenzials im Bergischen Städtedreieck
- Zielgruppenspezifische Beratungsoffensive
- Evaluierung und Dokumentation

Die Arbeiten wurden durch insgesamt 13 regelmäßig stattfindende Lenkungskreissitzungen mit Teilnahme der Vertreter der Städte (Umweltämter, Klimaschutzmanager), der Stadtwerke der drei Städte und der bearbeitenden Büros der beiden weiteren Umweltstudien 1 (Power + Radach Werbeagentur) und 3 (Gertec Ingenieurgesellschaft) begleitet. In den Lenkungskreissitzungen wurde der Projektstand/-fortschritt und Zwischenergebnisse der drei Studien vorgestellt und das Vorgehen für die nächsten Arbeitsschritte diskutiert und beschlossen. Da sich die Untersuchung über einen langen Zeitraum erstreckte, wurde im Lenkungskreis auch regelmäßig über aktuelle energiewirtschaftliche und energiepolitische Entwicklungen informiert.

Darüber hinaus wurden die Inhalte der Studie und Fallbeispiele in fünf öffentlichen Veranstaltungen vorgestellt (2. Bergisches Klimaforum im November 2017 und vier KWK-Informationsveranstaltungen „Aus der Praxis für die Praxis“ der Gertec im Laufe des Jahres 2019).

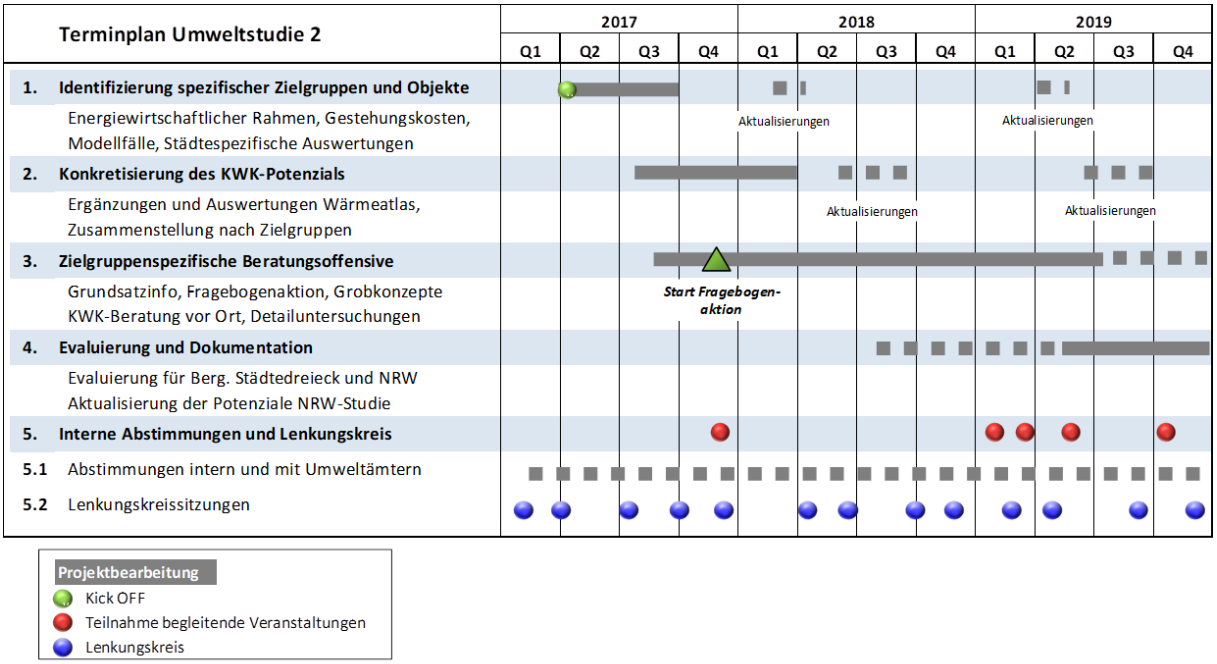


Abbildung 1: Terminplan der Untersuchung

3 Bestandsaufnahme und Analyse

3.1 Markt- und förderpolitische Rahmenbedingungen

Die wesentlichen Einflussgrößen auf die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit von KWK-Anlagen im Vergleich zur konventionellen Wärmeerzeugung aus Kesseln sind:

- Der Erdgaspreis – mit den Bestandteilen Grenzübergangspreis, Strukturierungskosten, Händlermarge, Netzdurchleitungsentgelte und gesetzliche Abgaben (oder andere Brennstoffpreise wie bspw. Heizöl, Biomasse oder Biogasprodukte)
- Der Strompreis bzw. Stromerlös - mit den Bestandteilen Marktpreis der verschiedenen Produkte (Base, Peak), Strukturierung, Händlermarge, Netzdurchleitungsentgelte und gesetzliche Abgaben
- Investitionsaufwand bzw. Kapitaldienst für die Errichtung der Anlage
- Betriebskosten für Wartung, Instandhaltung, Bedienaufwand, Verwaltung und Versicherung
- Erlöse aus der Förderung von KWK-Anlagen

Eine Darstellung der verschiedenen Kosten- und Erlösbestandteile für eine typische 50 kW-Anlage zur Eigenstromerzeugung bzw. Stromnetzeinspeisung zeigt Abbildung 2.

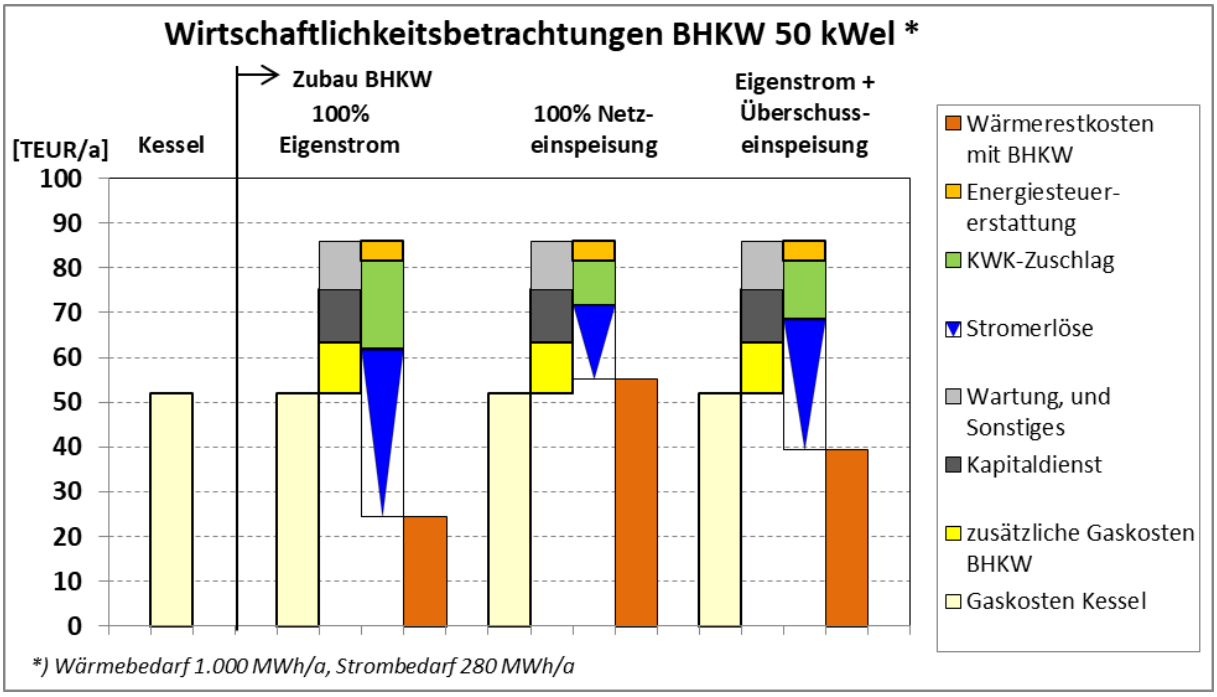


Abbildung 2: Wärmegestehungskosten einer KWK-Anlage (Kosten und Erlöse, Beispiel 50 kW_{el})

Die gesetzlichen Abgaben für Strom und Gas, die Investitionen/Kapitaldienst und die weiteren Betriebskosten sind entweder über lange Zeiträume fix (bspw. Konzessionsabgabe, Energie- oder Stromsteuer) oder abhängig von der allgemeinen Preisentwicklung (Investitionsindex,

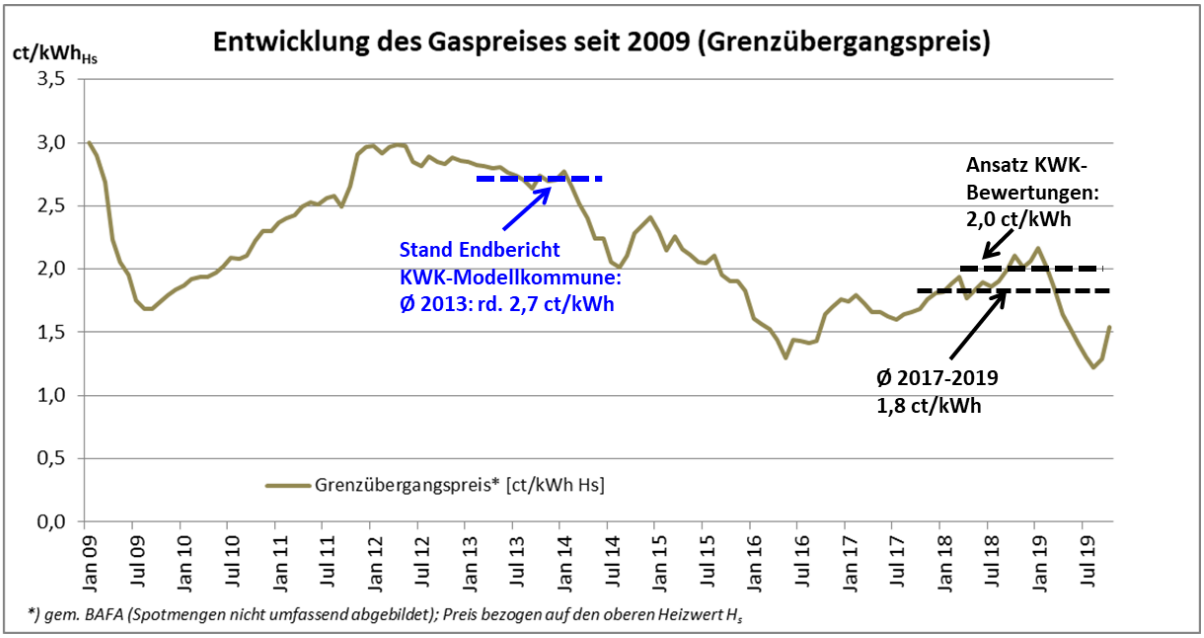
Lohnindex) und in der zeitlichen Entwicklung relativ gleichmäßig und gut prognostizierbar. Größere Preissprünge sind derzeit allenfalls bei größeren Anlagen aufgrund von marktbedingten Engpässen im Anlagenbau zu beobachten.

Die Grenzübergangskosten Erdgas und der Stromhandelspreis sind hingegen aufgrund vielfältiger Einflüsse sehr volatil. Preisprognosen sind hier mit wesentlich höheren Unsicherheiten behaftet.

3.1.1 Energiepreisentwicklung in den letzten 10 Jahren

Die Entwicklung des Gaspreises seit 2009 bis 2019 zeigt die Abbildung 3 beispielhaft am Grenzübergangspreis nach Deutschland gem. BAFA[1]. In der Statistik des BAFA sind primär die auf Importverträgen basierenden Importmengen enthalten, die Spotmengen werden nicht umfassend abgebildet. Der Grenzübergangspreis gem. BAFA liegt daher etwas niedriger (rd. 10%) als der Marktpreis für die Gesamtmengen. Die Entwicklung seit 2009 zeigt die Preisvolatilität mit Preissprüngen von mehr als 25% innerhalb eines Kalenderjahres.

Insgesamt ist innerhalb des letzten Jahrzehnts der Gaspreis rückläufig gewesen. Dies ist zurückzuführen auf die erfolgte Entkopplung des Gaspreises vom Ölmarkt und parallel die Zunahme der erschlossenen Erdgasquellen (inkl. der per Fracking in USA in großem Umfang gewonnenen Schiefergasmengen, die verflüssigt als LNG auch per Schiff exportiert werden).



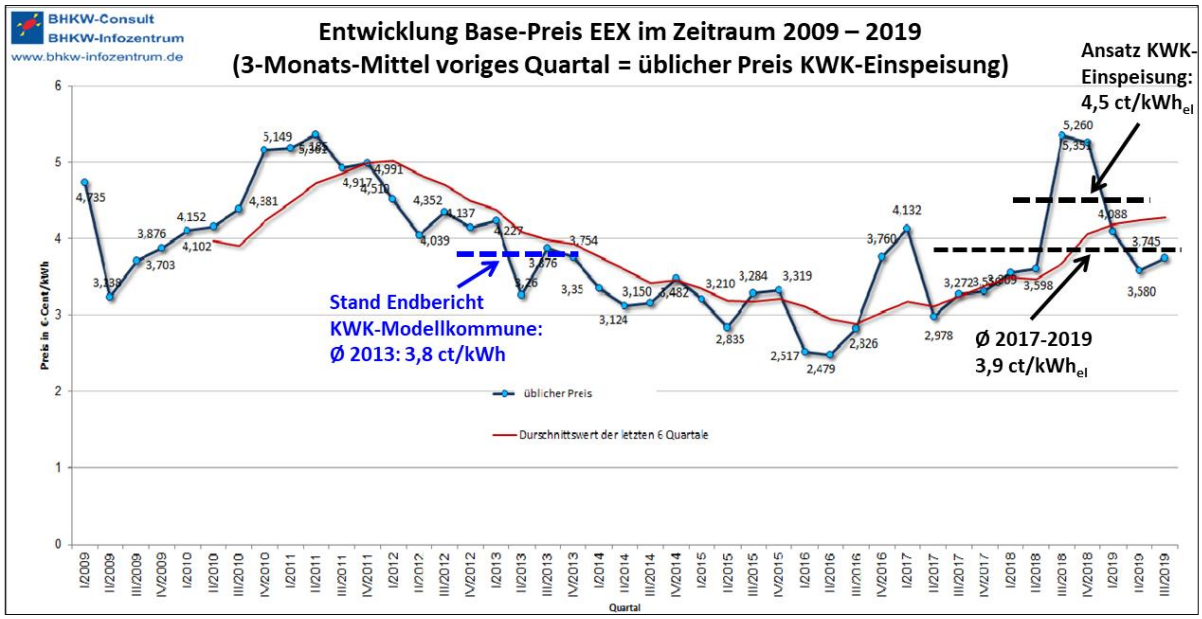
Quelle: BAFA Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2019, Aufkommen und Export von Erdgas sowie die Entwicklung der Grenzübergangspreise ab 1991

Abbildung 3: Entwicklung des Grenzübergangspreises Erdgas im Zeitraum 2009 bis 2019

[1]) BAFA Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn, Erdgastatistiken https://www.bafa.de/DE/Energie/Rohstoffe/Erdgas/erdgas_node.html

Die Entwicklung des Strompreises an der EEX für das Base-Produkt (Grundlaststrom) ist in Abbildung 4 dargestellt, hier notiert als 3-Monats-Mittel des jeweils vorhergehenden Quartals. Diese Notierung wird im Fördermechanismus des KWKG als „üblicher Preis“ für die Vergütung von in das öffentliche Netz eingespeisten KWK-Strommengen herangezogen und ist damit ein wichtiger Indikator für den Marktpreis von KWK-Strom insbesondere für die kleineren KWK-Anlagen.

Auch hier sind wie beim Erdgas deutliche Preissprünge zu verzeichnen. Bedingt durch den zunehmenden Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung und deren Preiswirkung an der EEX ist im Zeitraum 2011 bis 2016 ein annähernd kontinuierlicher Preisverfall zu verzeichnen. Seit Mitte 2017 ist die Preistendenz wieder steigend und das Preisniveau von 2011 wurde im Winter 2018/19 erstmalig wieder erreicht.



Quelle: BHKW-Infozentrum GbR Rastatt, 2019

Abbildung 4: Entwicklung des Strompreises Base im Zeitraum 2009 bis 2019

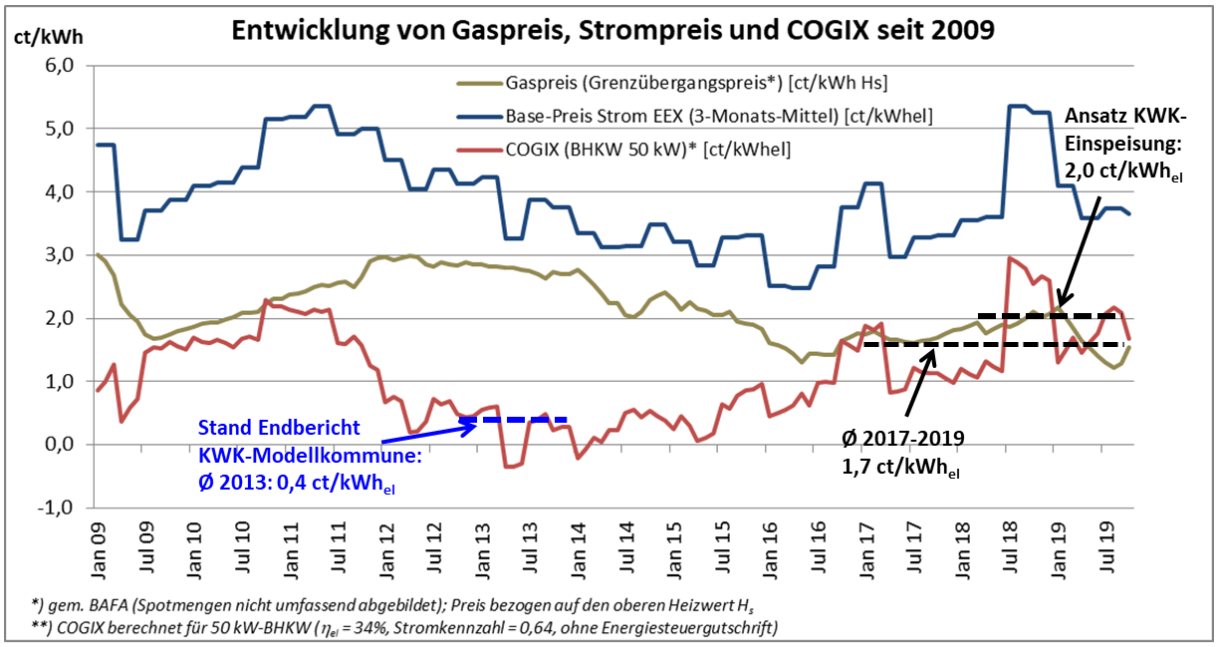
Für den wirtschaftlichen Erfolg einer Anlage zur Stromerzeugung ist die Differenz zwischen den Stromerlösen und den Brennstoffkosten maßgeblich. Aus dem Spread, der theoretischen Marge aus dem Verkauf einer Einheit Strom und dem Kauf der Einheiten Brennstoff und ggf. Emissionshandelszertifikaten, die zur Produktion erforderlich sind, müssen alle anderen Kosten wie Kapitaldienst, Wartung etc. gedeckt werden (bei Gaskraftwerken CSS = Clean Spark Spread, bei Kohlekraftwerken CDS = Clean Dark Spread).

Für KWK-Anlagen kommen zu den Stromerlösen die Wärmeerlöse hinzu, die aus der Substitution von konventionell z.B. mit Kesseln erzeugter Wärme erzielt werden. Dieser als COGIX bezeichnete Indikator ist der Deckungsbeitrag aus Stromerlösen und Wärmeerlösen abzgl. der Brennstoff- und ggf. CO_2-Kosten.

Bezugsbasis von CCS, CDS und COGIX ist die Netto-Stromerzeugung (kWh_{el}).

In Abbildung 5 ist auf Basis der in Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellten Gas- und Strompreise der COGIX für eine kleine KWK-Anlage (hier 50 kW BHKW, ohne CO_2-Kosten) im zeitlichen Verlauf 2009 bis 2019 dargestellt.

Im Zeitraum des Wettbewerbs „KWK-Modellkommune NRW“ 2013/14 lag der Gaspreis auf einem relativ hohen Niveau, während der Strompreis sich auf der bis 2016 dauernden Talfahrt befand. Die Randbedingungen für erfolgreiche KWK-Projekte waren damals denkbar ungünstig. Der COGIX lag nahe Null und war zeitweise sogar negativ.



Quelle: BAFA 2019, BHKW-Infozentrum 2019, Eigene Berechnungen

Abbildung 5: Entwicklung Gaspreis, Strompreis und COGIX im Zeitraum 2009 bis 2019

Zwischenzeitlich haben sich diese Randbedingungen wieder verbessert. Zu Beginn der vorliegenden Untersuchung in 2017 lag der COGIX zwischen 1 und 2 ct/kWh. In 2019 hat er wieder das Niveau von 2011 von bis zu mehr als 2 ct/kWh erreicht.

3.1.2 Energiepreisprognosen

Die Abschätzung der Brennstoffpreisentwicklung im Zeitraum bis 2030 erfolgt in Anlehnung an die Preisprognose Word Energy Outlook 2018 (WEO 2018) der Internationalen Energie Agentur (IEA). Zur Berücksichtigung der kurzfristigen Entwicklung bis 2021 wurden die Preisforwards der EEX ergänzt. Von 2022 bis 2025 werden die Forwards linear auf die Prognose der WEO angepasst und ab 2025 werden ausschließlich die Preiserwartungen des WEO Szenarios abgebildet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6 dargestellt.

Der Gaspreis und der CO_2-Preis verlaufen bis 2023 horizontal bzw. zeigen leichte Steigerungen. Danach steigt der Gaspreis bis 2030 auf rd. 35 EUR/MWh und der CO_2-Preis auf 39 EUR/t.

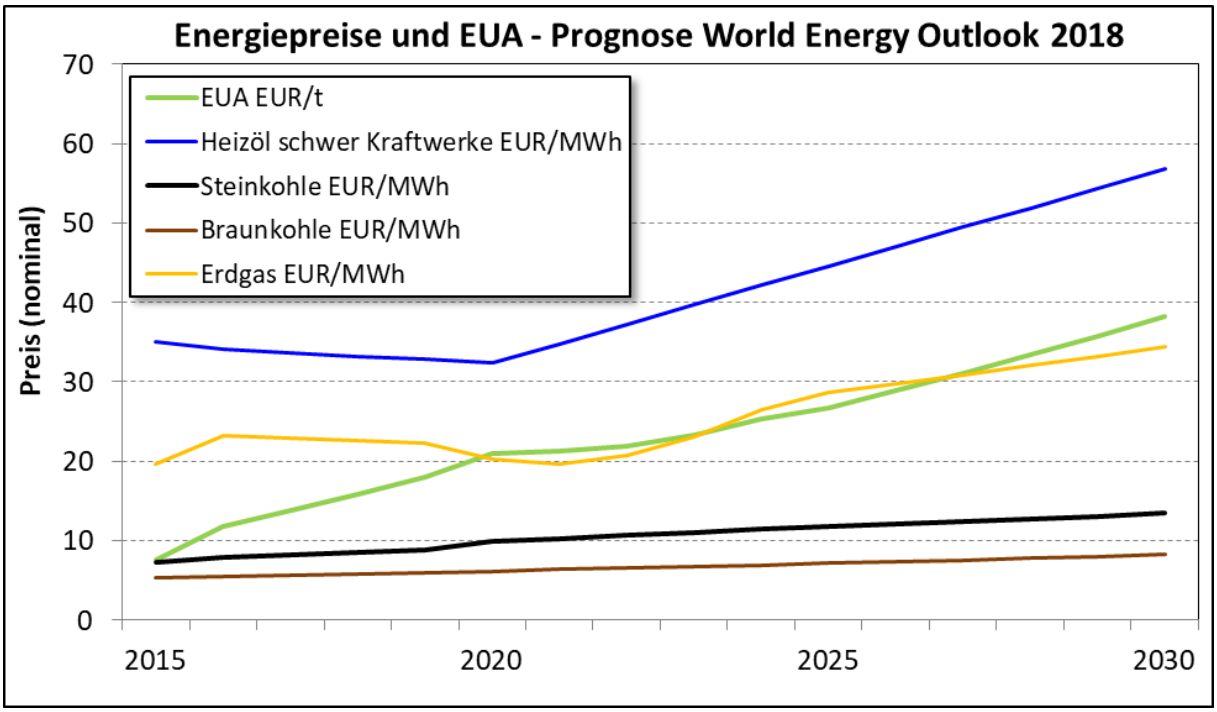


Abbildung 6: Energiepreisprognose gemäß World Energy Outlook 2018 (WEO 2018)

Die Prognose zur Strompreisentwicklung in Deutschland erfolgt bis 2020 auf Basis der Forwards der EEX. Von 2020 bis 2025 werden die Forwards linear auf die Prognose der WEO angepasst und ab 2025 werden ausschließlich die hohen Preiserwartungen des WEO Szenarios abgebildet. Ab 2022 wurden die Preise auf Basis der oben beschriebenen Preisprognose der Kraftwerksbrennstoffe mit dem ENERKO-Strommarktmodell ermittelt.

Die Basis dieses europäischen Strommarktmodelles bilden Datenbanken zur Erzeugungsinfrastruktur in Mitteleuropa, Zeitreihen zum Energieverbrauch, der technologischen Entwicklung sowie der vorhandenen und geplanten Erzeugungskapazitäten. Damit ist eine konsistente Betrachtung des Ausbaupfades der gesamtdeutschen Entwicklung unter Berücksichtigung des Stromaustausches innerhalb Zentraleuropas möglich.

Auf der Erzeugungsseite werden technische und ökonomische Eigenschaften (Nutzungsgrade, Verfügbarkeiten, variable Wartungskosten) von bestehenden Erzeugungsanlagen abgebildet sowie stundenscharfe Preiszeitreihen und Überschussstrommengen berechnet. Die Berechnung erfolgt mit dem Kraftwerkspark, der aus dem aktuellen Bestand mit den zukünftigen politischen Zielen angepasst wurde (Ausstieg Kernenergie und Kohleausstieg). Der Anteil der erneuerbaren Energieträger wird in Anlehnung an die Ziele der Bundesregierung angesetzt.

Die resultierende Entwicklung des Strompreises zeigt die Abbildung 7. Bis 2022 verläuft die Preisentwicklung horizontal, danach zeigt die Prognose recht deutliche Preissteigerungen sowohl bei Strom als auch bei Gas.

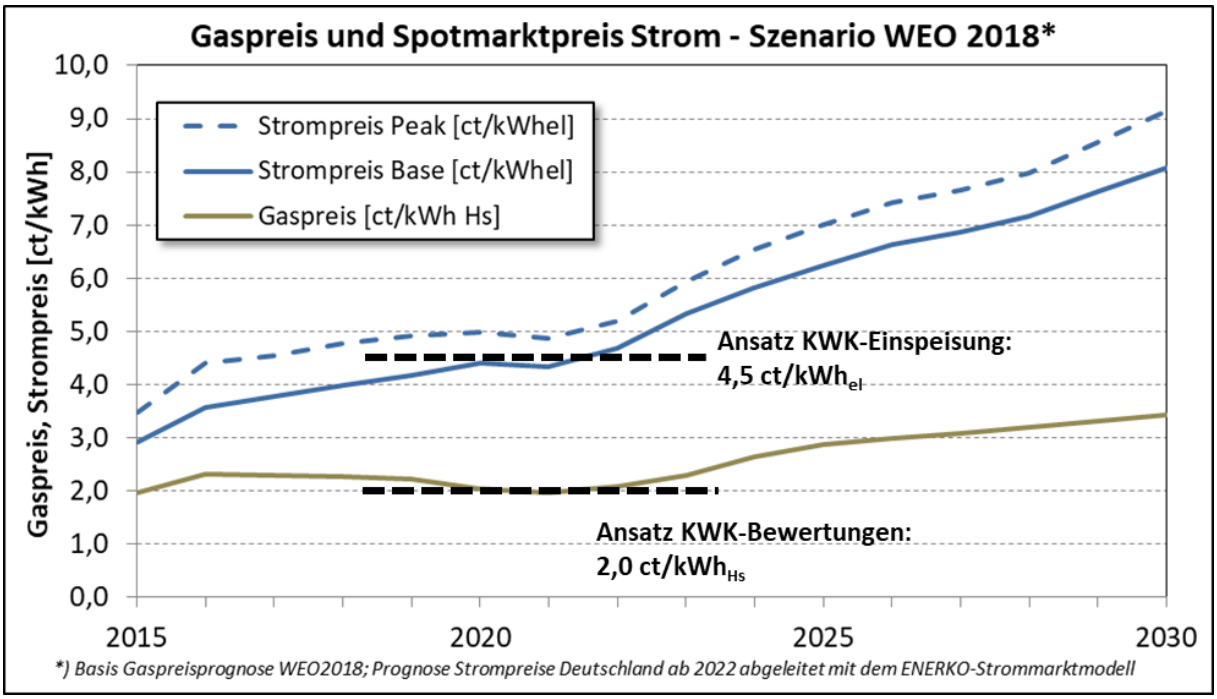


Abbildung 7: Prognose Gaspreis und Strompreis gem. WEO 2018 und ENERKO-Strommarktmodell

Aus der Preisentwicklung für Gas, CO_2 und Strom wurden Prognosen für den CSS und den COGIX (50 kW-BHKW) abgeleitet. Diese sind dargestellt in Abbildung 8.

Der Verlauf des CSS spiegelt das Marktgeschehen wider: für wirtschaftlichen Betrieb von reinen Gaskraftwerken ohne Kraft-Wärme-Kopplung sind die Stromerlöse seit 2012 bei weitem nicht ausreichend und werden dies ohne weitere finanzielle Anreize (z.B. Kapazitätsprämien) auch bis 2030 kaum sein.

Für Anlagen mit KWK sehen die Verhältnisse seit 2018/2019 wieder etwas besser aus. Für die Einspeisung von Base-Strom („üblicher Preis“ KWK-Einspeisung) sind aber auch hier keine hohen Deckungsbeiträge zu erwarten. Im Mittel des Zeitraumes 2020 bis 2030 liegen diese bei rd. 2 ct/kWh.

Mit diesen Randbedingungen und aufgrund der zeitlichen Staffelung in Grobkonzepte (= Voruntersuchungen für alle identifizierten Ansatzpunkte, erstellt in 2017/18) und Feinkonzepte (= Detailuntersuchungen für ausgewählte, aussichtsreiche Projekte, erstellt 2019) wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung mit folgenden Marktpreisansätzen gerechnet:

- Grobkonzepte auf Basis Preisniveau Erdgas und Strom = Ø 2017 – 2018
- Feinkonzepte auf Basis Preisniveau Erdgas und Strom = Ø Mitte 2018 – Mitte 2019

Die Preisansätze der Feinkonzepte für Gas und Strom liegen zwar niedriger als die im Zeitraum 2020 bis 2030 durchschnittlich erwarteten Preise (vgl. Abbildung 7), der COGIX als ein Maßstab für die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen liegt aber mit 2 ct/kWh im Mittel des Bereiches von 1 ct/kWh für 2019 bis 3 ct/kWh in 2030 (vgl. Abbildung 8). Die im Rahmen der

Feinkonzepte erfolgte Vereinfachung der Preisansätze mit mittleren Preisen bzw. COGIX statt jahresscharfer Abbildung von Zeitreihen wird daher als hinreichend genau hinsichtlich der Einschätzung der Wirtschaftlichkeit von BHKW-Anlagen in den kommenden 10 Jahren betrachtet.

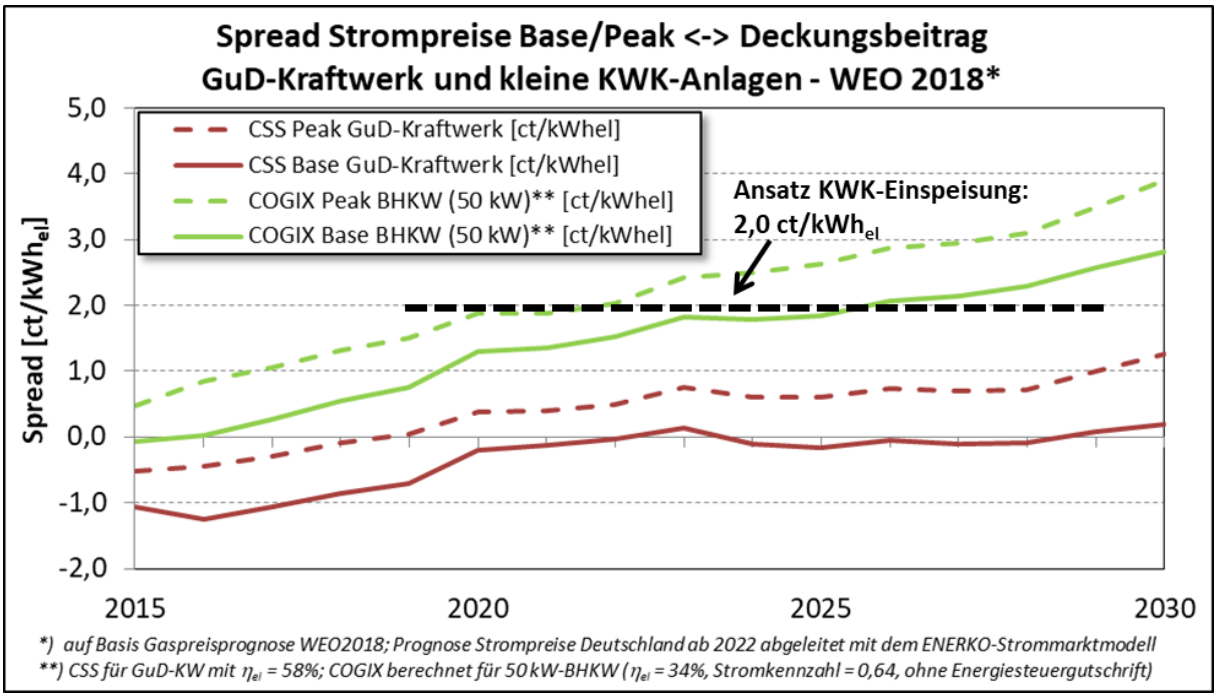


Abbildung 8: Prognose CSS und COGIX gem. WEO 2018 und ENERKO-Strommarktmodell

3.1.3 Abgaben und Steuern auf Energiepreise und Endverbraucherpreise

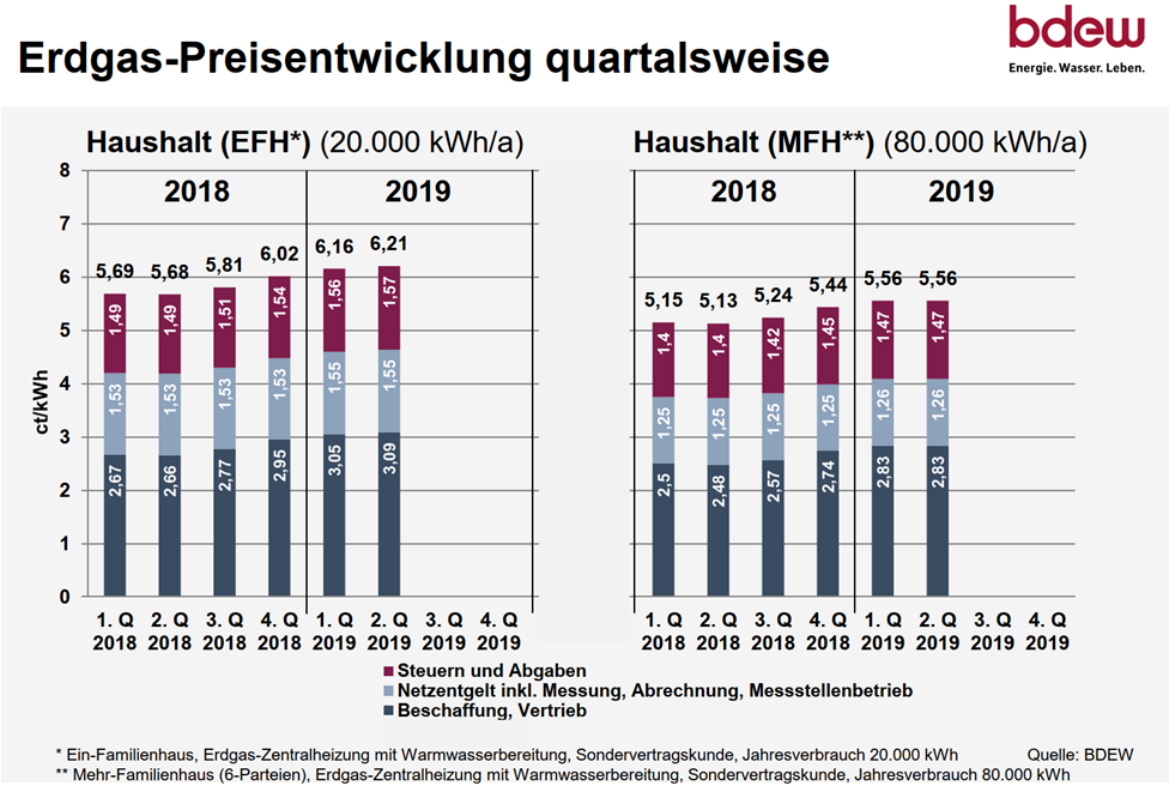
Die Endverbraucherpreise für Gas und Strom ergeben sich auf Basis der Marktpreise für die Beschaffung (Produktpreis zzgl. Strukturierungskosten, Vertrieb), Netzdurchleitungsentgelten, gesetzlichen Abgaben und Steuern. Sie liegen je nach Abnehmergruppe und Verbrauchsstruktur um ein Vielfaches höher als die reinen Produktpreise.

Abbildung 9 zeigt beispielhaft die Endverbraucherpreise Erdgas für typische Wohngebäudegrößen. Der Gesamtpreis liegt im Bereich 5 bis 6.5 ct/kWh (brutto). Hiervon entfallen rd. 50% auf die Beschaffung, 25% auf die Netzentgelte und 25% auf die Abgaben und Steuern (Konzessionsabgabe, Energiesteuer, Mehrwertsteuer).

In Abbildung 10 und Abbildung 11 sind die Zusammensetzung und zeitliche Entwicklung der Strompreise seit 2011 für Haushalte bzw. für die Industrie dargestellt.

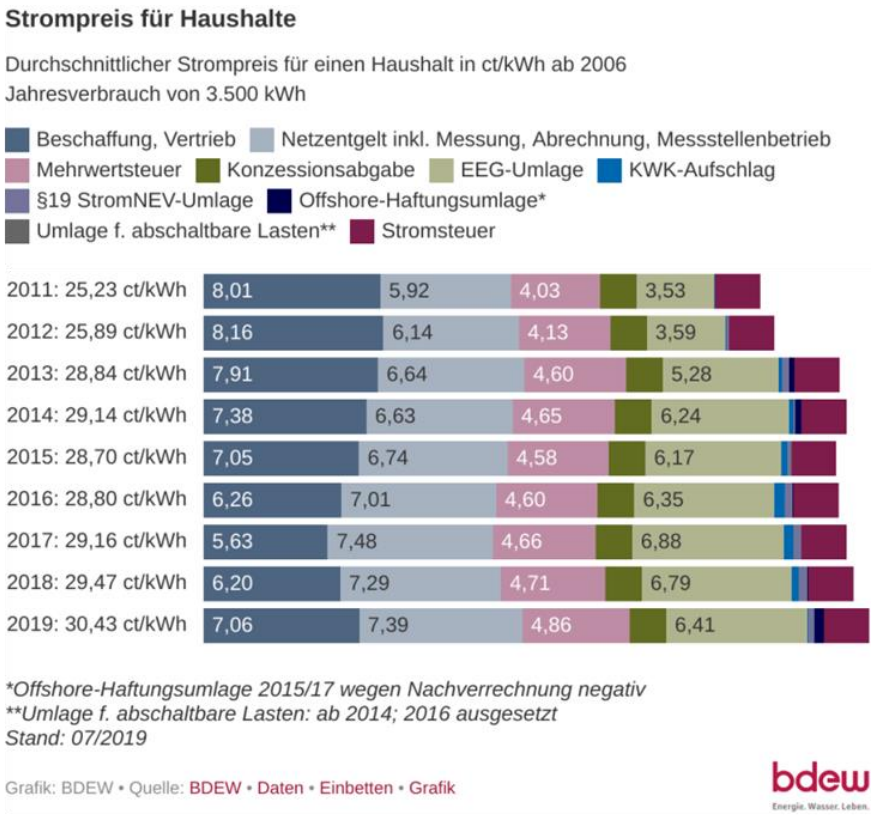
- Haushalte (inkl. Mehrwertsteuer):
  jeweils 23-25% entfallen auf die Beschaffung bzw. die Netzentgelte, 23% entfallen auf die Steuern (Stromsteuer, Mehrwertsteuer) und 29% auf die Abgaben und Umlagen (Konzessionsabgabe, EEG-Umlage, KWK-Aufschlag und weitere).

- Industrie (ohne Mehrwertsteuer):
  rd. 50% entfallen hier auf die Beschaffung inkl. Netzentgelten, 37% auf die Abgaben und Umlagen und 13% auf die Steuern (hier nur Stromsteuer dargestellt).



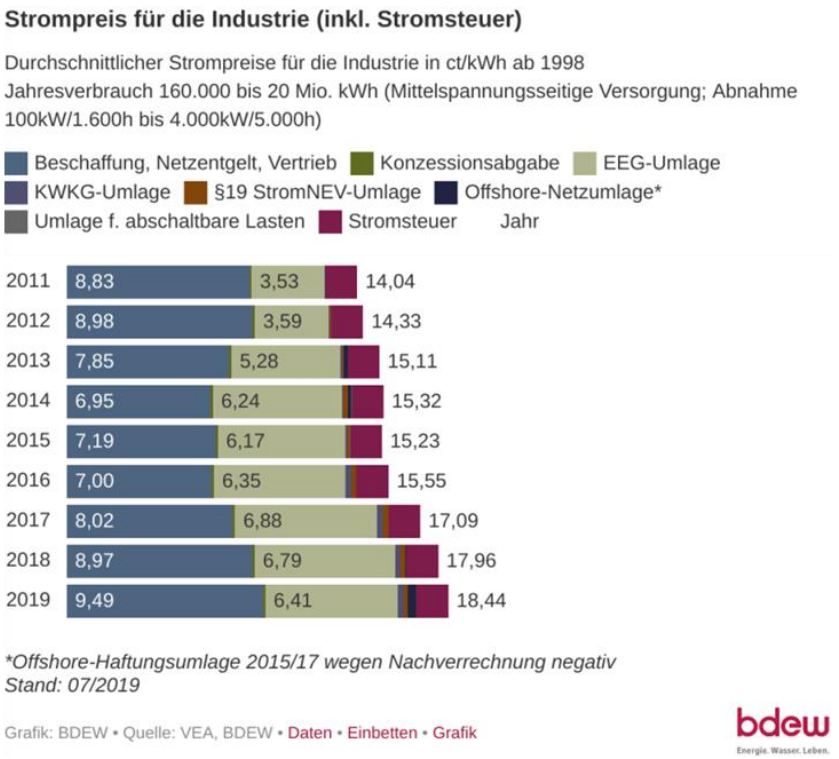
Quelle: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Gaspreisanalyse Juli 2019

Abbildung 9: Erdgas-Preisentwicklung Haushalte 2018/2019 mit Preisbestandteilen



Quelle: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Strompreis für Haushalte 08/2019 https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/strompreis-fuer-haushalte/

Abbildung 10: Zusammensetzung und zeitliche Entwicklung des Strompreises für Haushalte



Quelle: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Strompreis für die Industrie, 08/2019 https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/strompreis-fuer-die-industrie/

Abbildung 11: Zusammensetzung und Entwicklung des Strompreises für die Industrie

Bezüglich der zeitlichen Entwicklung der Endverbraucherstrompreise seit 2011 bis 2019 muss unterschieden werden hinsichtlich der:

- **Beschaffungspreise:**
  Rückgang der Preise bis 2014/15 und allmählicher Anstieg bis 2019; das Preisniveau 2011 ist auch 2019 noch nicht wieder erreicht.
- **Netzentgelte:**
  annähernd kontinuierliche Steigerung mit durchschnittlich 2,8% p.a. (oberhalb allgemeiner Inflationsrate von 1,4%)
- **EEG-Umlage und weitere Umlagen:**
  deutliche Steigerung um insgesamt rd. 2,8 ct/kWh mit ausgeprägten Sprüngen in 2013 und 2014
- **Stromsteuer:** konstant
- **Mehrwertsteuer (hier nur Haushalte):**
  Steigerung entsprechend der Summe der o.g. Einzelpositionen

Die Gesamtpreissteigerung im Vergleich zu 2009 von 20% für die Haushalte und 30% für die Industrie ist zu rd. 65% auf die Steigerung der EEG-Umlage zurückzuführen.

Da sich die Endverbraucherpreise je nach Abnahmemenge, bezogener Leistung und Verbraucherkategorie deutlich unterscheiden, wird für alle KWK-Feinkonzepte mit Eigenstromerzeugung das konkrete Bezugspreisniveau mit Unterscheidung der einzelnen Preisbestandteile Beschaffung, Netzentgelte, Umlagen und Stromsteuer berücksichtigt.

3.1.4 Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung

Die Kraft-Wärme-Kopplung wird in Deutschland als besonders energieeffiziente Erzeugungstechnik über zahlreiche Mechanismen direkt und indirekt gefördert:

- **Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG):**
  Direkte Förderung von Anlagen, Wärmeverteilnetzen und Wärmespeichern
- **Stromsteuergesetz (StromStG):**
  Indirekte Förderung über die Steuerbefreiung von Strom aus hocheffizienten KWK-Anlagen bis zu einer Leistung von 2.000 kW_{el}
- **Energiesteuergesetz (EnergieStG):**
  Indirekte Förderung über die Steuerentlastung für den Brennstoffeinsatz in KWK-Anlagen
- **Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG):**
  Indirekte Förderung über die Reduzierung der EEG-Umlage auf eigenerzeugten und eigenverbrauchten Strom aus hocheffizienten KWK-Anlagen
- **Mini-**KWK-Zuschuss (über BAFA), direkte Förderung

Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)

Förderung von KWK-Anlagen

KWK-Anlagen werden seit 2002 nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) gefördert. Seit 2002 wurde das Gesetz fünf Mal novelliert. Mit jeder Novellierung nimmt die Komplexität der Förderbedingungen i.d.R. zu. Aktuell gültige Fassung ist das KWKG mit Stand 01.01.2016. Die nächste Novellierung steht im Rahmen der Gesetzgebung für ein Kohleausstiegsgesetz ca. Mitte 2020 bevor.

Gemäß KWKG 2016 wird die Netto-Stromerzeugung bzw. Netzeinspeisung von Anlagen bis einschließlich 1 MW und mehr als 50 MW elektrischer Leistung über gestaffelte Zuschläge auf die Stromerzeugung und definierte Vollastbetriebsstunden direkt gefördert. Im Bereich zwischen 1 MW und 50 MW erfolgt die Ermittlung der Zuschlagzahlungen für die KWK-Anlagen über ein Bieterverfahren mit jährlich zwei KWK-Ausschreibungen, die von der Bundesnetzagentur durchgeführt werden. Die Fördermechanismen und –zuschläge nach dem KWKG für neue KWK-Anlagen sind in Abbildung 12 zusammengefasst.

Eine Kumulierung der Zuschläge nach dem KWKG mit Investitionszuschüssen aus anderen Förderprogrammen ist nicht zulässig. Ausgenommen sind hier Anlagen mit einer Leistung von bis zu 20 kW. Für diese muss nachgewiesen werden, dass auch bei Kumulierung eine Überförderung ausgeschlossen ist.

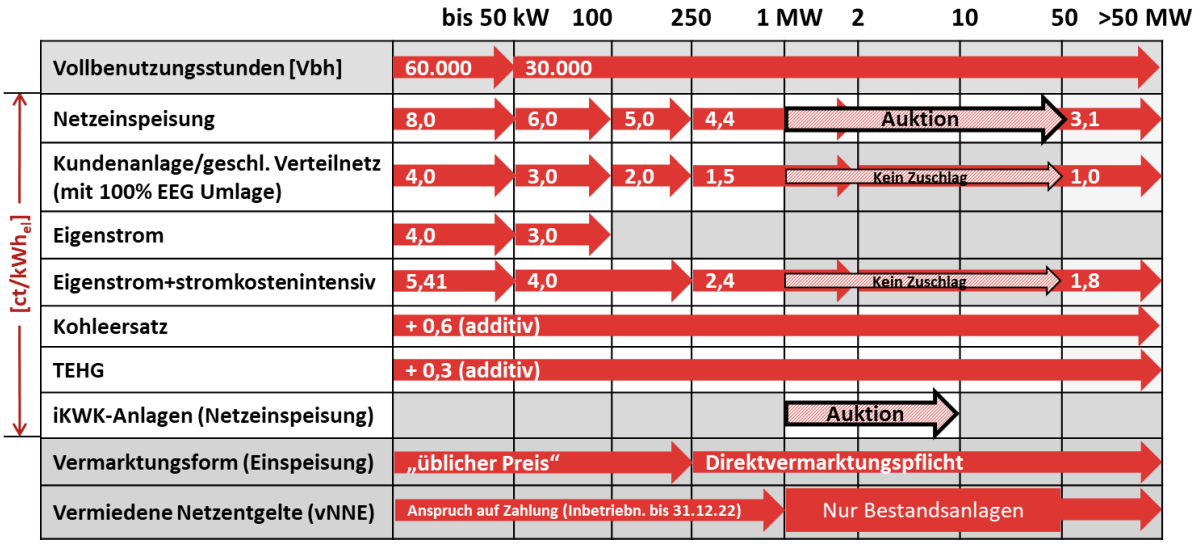
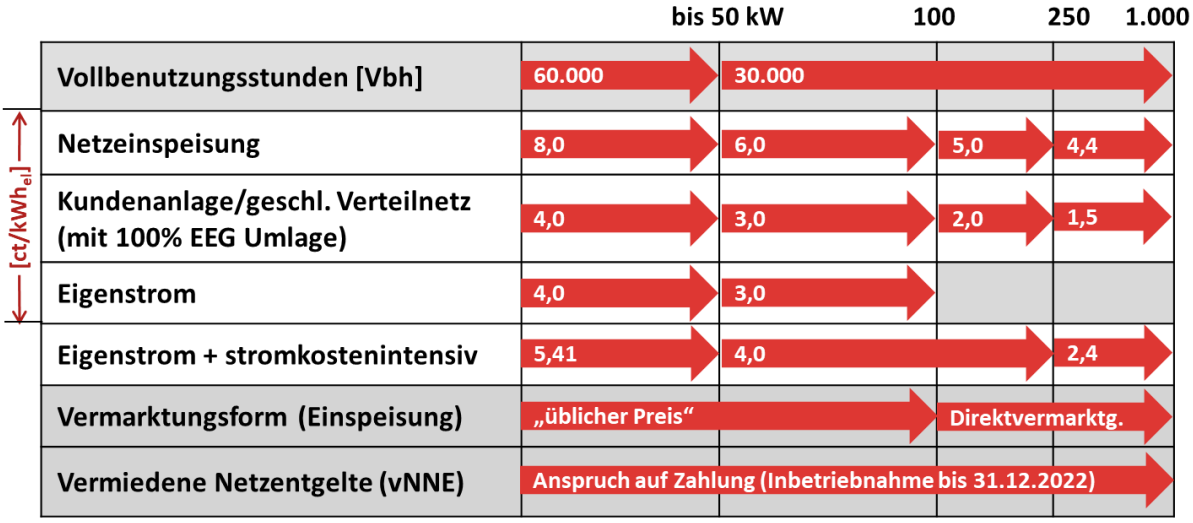


Abbildung 12: Förderung von neuen KWK-Anlagen nach dem KWKG

In der vorliegenden Untersuchung stehen aufgrund der Siedlungs- und Industrie-/Gewerbestruktur im Bergischen Städtedreieck vor allem KWK-Anwendungen im kleineren Leistungsbereich bis 1 MW_{el} im Fokus. Die Fördermechanismen der Ausschreibungs-/Auktionierungsverfahren für konventionelle Anlagen und iKWK-Anlagen mit Leistungen von mehr als 1 MW_{el} werden an dieser Stelle daher nicht erläutert.

Im Leistungsbereich bis 1 MW_{el} werden gem. KWKG gefördert (vgl. Zusammenstellung in Abbildung 13):

- KWK-Anlagen bis 100 kW_{el} bei Eigenstromnutzung, bei Stromnutzung in einer Kundenanlage und bei Netzeinspeisung über 60.000 h (bis 50 kW) bzw. 30.000 h (> 50 kW)
- KWK-Anlagen größer 100 kW bis 1.000 kW bei Stromnutzung in einer Kundenanlage und bei Netzeinspeisung über 30.000 h
- KWK-Anlagen bei Eigenstromnutzung, sofern es sich um ein stromkostenintensives Unternehmen im Sinne § 2 EEG handelt
- Der KWK-Zuschlag wird mit den gestaffelten Zuschlägen leistungsanteilig bezogen auf die Gesamtleistung der Anlage ermittelt. Er liegt bei Netzeinspeisung ca. doppelt so hoch wie bei Eigennutzung und Nutzung in Kundenanlagen.
- Der ins Netz eingespeiste Strom kann bei Leistungen bis 100 kW mit dem „üblichen Preis“ (Basepreis EEX) vergütet oder selbst vermarktet werden, oberhalb 100 kW muss vom Betreiber selbst vermarktet werden. Bei Inbetriebnahme bis Ende 2022 besteht Anspruch auf die Zahlung vermiedener Netzentgelte durch den stromaufnehmenden Netzbetreiber.



Beispiel 100 kW-Anlage bei Netzeinspeisung: Zuschlag = 8,0 x (50/100) + 6,0 x (50/100) ct/kWh = 7,0 ct/kWh

Abbildung 13: Förderung von neuen KWK-Anlagen bis 1 MW_{el} nach dem KWKG

Die Förderung der KWK-Anlagen nach dem KWKG ist sehr komplex und hängt sowohl von der Anlagengröße ab als auch von der Stromverwendung – Netzeinspeisung, Nutzung in Kundenanlagen oder Eigenstromnutzung und Mischformen. Im Bereich bis 100 kW ist die Förderung bei Netzeinspeisung doppelt so hoch wie bei Nutzung in Kundenanlagen bzw. Eigenstromnutzung. Oberhalb 100 kW beträgt die Förderung bei Netzeinspeisung das Zwei- bis Dreifache der Förderung bei Nutzung in Kundenlagen. Oberhalb 100 kW wird die Eigenstromnutzung

hingegen nur in Sonderfällen gefördert (stromkostenintensive Unternehmen und Kundenanlagen mit voller EEG-Umlage auf den Eigenstrom).

Die gestaffelten, von der Art der Stromnutzung abhängigen, Zuschläge und die unterschiedlichen Förderdauern für Kleinanlagen bis 50 kW über 60.000 Vollaststunden und für größere Anlagen über 30.000 Volllaststunden führen zu einem diskontinuierlichen Verlauf der Förderung in Abhängigkeit von der Anlagenleistung. Detaillierte Auswertungen hierzu werden im Abschnitt 3.2 vorgenommen.

Über die Anlagenförderung hinaus werden nach dem KWKG über Investitionszuschüsse neue Fernwärme-Leitungen von überwiegend aus KWK-Wärme gespeisten Netzen und neue Wärmespeicher von KWK-Anlagen gefördert.

Förderung von Fernwärme-Leitungen

Der Zuschuss für neue Fernwärme-Leitungen beträgt gem. § 19 KWKG:

- bei mittlerem Nenndurchmesser bis DN 100 100 EUR je laufenden Meter Trasse, höchstens aber 40% der ansatzfähigen Investitionskosten
- und bei einem mittleren Nenndurchmesser von mehr als DN 100 30% der ansatzfähigen Investitionskosten des Neu- oder Ausbaus.
- Der mittlere Leitungsdurchmesser wird auf Grundlage der Leitungslängen nach Nenndurchmesser und der gesamten Leitungslänge des Projektes ermittelt.
- Die Versorgung muss zu mindestens 75% aus KWK-Anlagen erfolgen oder zu mindestens 50% mit einer Kombination aus KWK-Anlagen, erneuerbaren Energien oder industrieller Abwärme. Im zweiten Fall muss der KWK-Anteil mindestens 25% betragen.

In Abbildung 14 ist die Förderung nach dem KWKG je Meter Trassenlänge für verschiedene Leitungsdurchmesser den typischen Investitionskosten von Fernwärme-Leitungen für die Erschließung in Neubaugebieten (gemeinsame Erschließung mit Wasser, Strom etc.) oder im Gebäudebestand (mit Tiefbaukosten bei befestigter Oberfläche mit Wiederherstellung dieser Oberfläche) gegenübergestellt.

Es wird deutlich, dass bei mittleren Nenndurchmessern bis DN 100 die Förderung insbesondere für die Versorgung von Bestandsgebäuden mit 10 bis 12% bei 100 EUR je m Trasse relativ gering ist. Die Obergrenze von 40% wird ei weitem nicht erreicht. Erst bei sehr großen Fernwärme-Ausbau- oder Neubau-Projekten mit mittlerem Nenndurchmesser von mehr als DN 100 kann die Förderung mit 30% einen nennenswerten Beitrag zur Kostendämpfung aus Betreibersicht liefern. Zudem stellt der Mindestanteil von 75% KWK-Wärme eine große Hürde dar. Neue Nahwärme-Systeme mit KWK können diesen hohen KWK-Anteil kaum erreichen.

Förderung von Wärmespeichern

Der Zuschuss für neue Wärmespeicher beträgt gem. § 23 KWKG 250 EUR je m³ Wasseräquivalent. Bei mittleren Investitionen von rd. 1.500 EUR je m² liegt dieser bei knapp 17%. Der

Wärmespeicher muss ein Mindestvolumen von 1 m³ oder – bei sehr kleinen Anlagen – von mindestens 0,3 m³ der installierten elektrischen KWK-Leistung der Anlage aufweisen. Bei Wärmespeichern oberhalb von 50 m³ Wasseräquivalent ist die Förderung auf 30% der ansatzfähigen Investitionen begrenzt. Diese Begrenzung greift aber erst bei sehr großen vor Ort gefertigten Speichern. Bei fabrikgefertigten Druckspeichern liegt die spezifische Förderung von 250 EUR/m³ i.d.R. unterhalb von 30% der Investition.

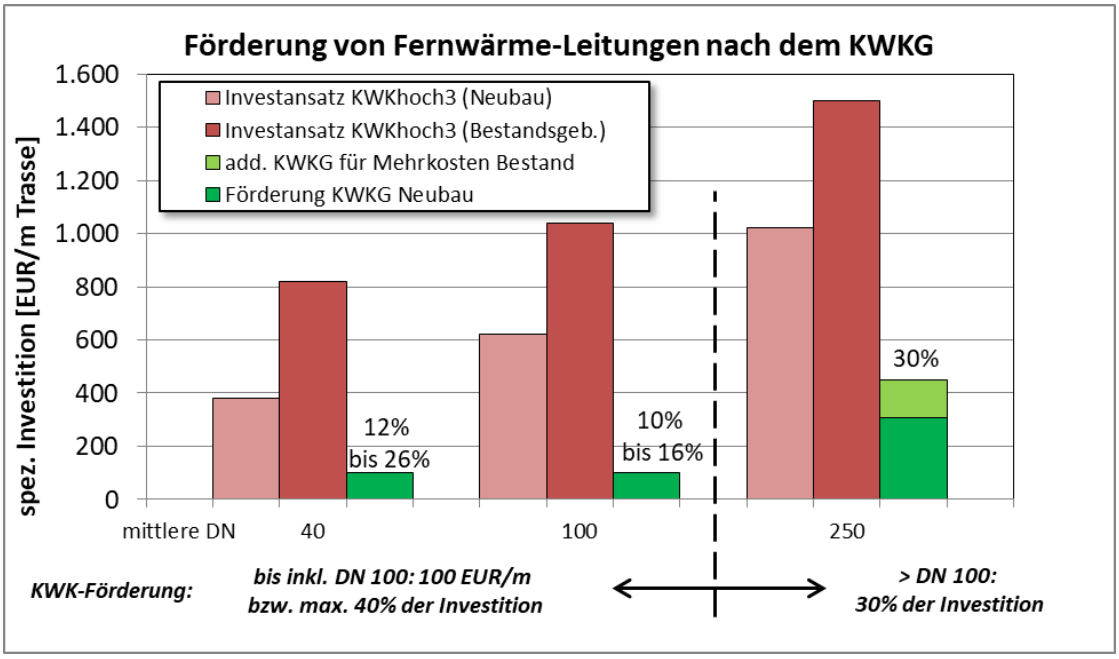


Abbildung 14: Förderung von Fernwärme-Leitungen nach dem KWKG

Stromsteuergesetz (StromStG)

Gemäß § 9 StromStG ist Strom aus hocheffizienten KWK-Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von bis zu 2 MW von der Stromsteuer befreit, wenn er im räumlichen Zusammenhang zur Anlage zum Selbstverbrauch entnommen (Eigenstromversorgung) oder an Dritte geleistet wird (Anlagenbetrieb mit Netzeinspeisung durch ein Versorgungsunternehmen und Lieferung an eigene Vertriebskunden). Der räumliche Zusammenhang umfasst Entnahmestellen in einem Radius von bis zu 4,5 Kilometern um die jeweilige Stromerzeugungseinheit.

Die rechnerische Stromsteuergutschrift beträgt 2,05 ct/kWh und beträgt im Verhältnis zum Strombezugspreis von kleinen bis mittleren Letztverbrauchern von 18 bis 20 ct/kWh bis zu 10%. Sie kann damit einen wesentlichen Beitrag für die Wirtschaftlichkeit einer KWK-Anlage darstellen. Zu beachten ist, dass die Stromsteuerentlastung für bestimmte Prozesse und Verfahren gem. § 9a StromStG bzw. für Unternehmen des Produzierenden Gewerbes gem. § 9b StromStG bei o.g. Stromsteuerbefreiung nicht in Anspruch genommen werden kann. Die Steuergutschrift für die KWK-Anlage ist in diesen Fällen im Vergleich zum Istzustand nicht in voller Höhe ansetzbar.

Energiesteuergesetz (EnergieStG)

Gemäß §§ 53 und 53a ist auf Antrag beim Hauptzollamt die Energiesteuer für den Brennstoffeinsatz in KWK-Anlagen erstattungsfähig. Der Entlastungsbetrag für Erdgas beträgt 0,55 ct/kWh (Hs). Für kleine KWK-Anlagen mit z.B. 50 kW_{el} und einem Wirkungsgrad von 34% (elektrisch) beträgt diese bezogen auf die Stromerzeugung rd. 1,5 ct/kWh_{el} und im Verhältnis zum Strombezugspreis von kleinen bis mittleren Letztverbrauchern von 18 bis 20 ct/kWh bis zu 8%. Sie stellt damit einen wesentlichen Beitrag für die Wirtschaftlichkeit einer KWK-Anlage.

Bei Einsatz von KWK-Anlagen in Unternehmen des Produzierenden Gewerbes ist zu beachten, dass diese für den Erdgaseinsatz zur Wärmeerzeugung eine teilweise Steuerentlastung gem. §§ 54 und 55 EnergieStG in Anspruch nehmen können. Die Steuergutschrift für die KWK-Anlage ist in diesen Fällen im Vergleich zum Istzustand nicht in voller Höhe ansetzbar.

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Bei Eigenversorgung aus hocheffizienten KWK-Anlagen ist gem. § 61 c EEG für den erzeugten Strom nur 40% der EEG-Umlage an den Netzbetreiber abzuführen. Im Vergleich zur vollen EEG-Umlage auf den Strombezug aus dem Netz von derzeit 6,405 ct/kWh (2019) ist bei Eigenversorgung damit hinsichtlich der EEG-Umlage ein Kostenvorteil von 3,5 bis 4 ct/kWh erzielbar. Bezogen auf den Strombezugspreis von kleinen bis mittleren Letztverbrauchern von 18 bis 20 ct/kWh ist dies eine Kosteneinsparung von 20-22% und stellt damit einen wesentlichen Beitrag für die Wirtschaftlichkeit einer KWK-Anlage zur Eigenversorgung dar.

Bei stromkostenintensiven Unternehmen gem. § 2 EEG kann die EEG-Umlage auf den Strombezug auf Antrag begrenzt werden. Für diese Unternehmen ist der Vorteil der EEG-reduzierten Eigenversorgung also u.U. nicht oder nicht in voller Höhe ansetzbar und muss im Einzelfall geprüft werden.

Investitions-Zuschuss für Mini-KWK-Anlagen bis 20 kW

Neue Mini-KWK-Anlagen („Blockheizkraftwerke“) mit einer Leistung bis 20 Kilowatt (kW_{el}) können in bestehenden Gebäuden auf Antrag vom BAFA einen einmaligen Investitionszuschuss erhalten. Der Zuschuss ist gestaffelt nach der elektrischen Leistung der Anlage und liegt unter Berücksichtigung der Wärmebonusförderung (Brennwertnutzung) im Bereich von rd. 2.375 EUR für eine 1 kW-Anlage (2.375 EUR je kW_{el}) bis zu 4.375 EUR für eine 20 kW-anlage (220 EUR je kW_{el}). Der Zuschuss ist mit der Zulage nach KWKG kumulierbar.

Im Fall der o.g. Stromsteuerbefreiung wird der Zuschuss für Mini-KWK-Anlagen bei der Erstattung der Energiesteuer angerechnet und so von den zusätzlichen Kosten für die Erdgassteuer vollständig aufgezehrt. In der Praxis spielt der Mini-KWK-Zuschuss daher keine große Rolle und wird im Rahmen dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

Die Richtlinie für dieses Förderprogramm ist von der Bundesregierung im November 2019 geändert worden. Das Förderprogramm läuft danach Ende 2020 aus. Es ist aufgrund der Wechselwirkung mit der Energiesteuererstattung ohnehin annähernd wirkungslos.

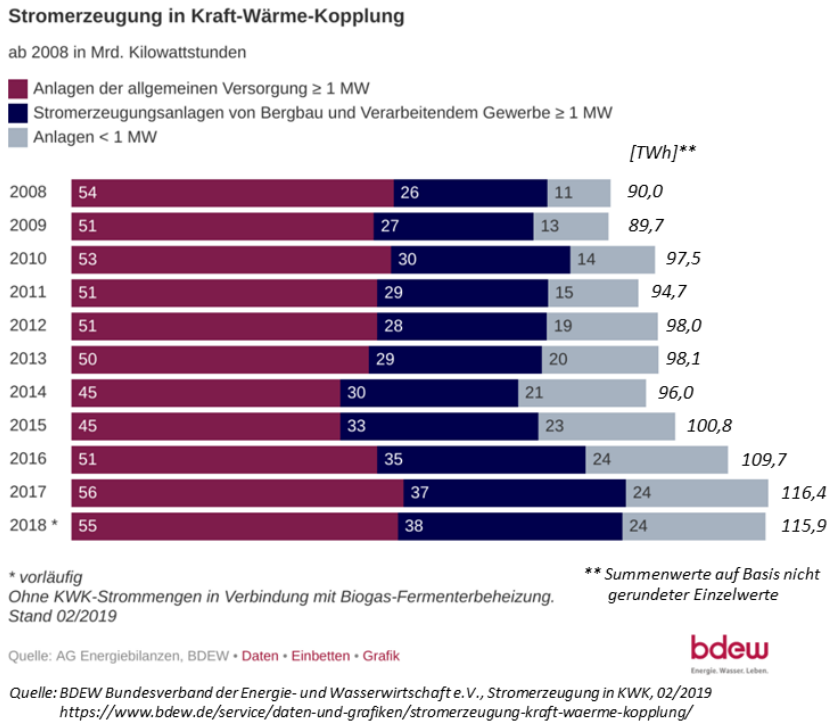
3.1.5 Entwicklung der KWK in Deutschland

Die Entwicklung der Stromerzeugung aus KWK-Anlagen der letzten 10 Jahre ist dargestellt in Abbildung 15. Dabei wird unterschieden nach:

- **Anlagen der allgemeinen Versorgung ≥ 1MW:**
  Dies sind die Anlagen der typischen Siedlungs-KWK (Fernwärme) mit einem Anteil an der gesamten KWK-Stromerzeugung von früher bis zu 60%, heute noch knapp 50%.
  I.d.R. wird der Strom aus diesen Anlagen per Netzeinspeisung vermarktet. Seit 2008 ist insgesamt bis 2018 nur eine sehr geringe Zunahme zu verzeichnen.
  Der Rückgang in den Jahren 2011 bis 2015 spiegelt die niedrigen Marktstrompreise in diesen Jahren wider. Trotz kontinuierlichen Zubaus und Modernisierung von Anlagen lag in diesen Jahren strompreisbedingt die KWK-Erzeugung bis zu 20% unter dem Niveau von 2008 und ist erst wieder seit 2016 parallel zum Anstieg des Strommarktpreises angestiegen.
- **Anlagen in Bergbau und Verarbeitendem Gewerbe ≥ 1MW:**
  Die Anlagen in der Industrie werden i.d.R. zur Eigenversorgung eingesetzt.
  Die Stromerzeugung und auch der Anteil der industriellen KWK-Anlagen ist seit 2008 kontinuierlich gestiegen und ihr Anteil an der KWK-Erzeugung liegt heute bei rd. 32%.
- **Anlagen < 1 MW:**
  Dies sind sowohl Anlagen der Siedlungs-KWK als auch Eigenversorgungsanlagen in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, aber auch in öffentlichen Liegenschaften und Wohnobjekten (Kleinanlagen).
  Die Stromerzeugung aus diesen Anlagen ist seit 2008 in ähnlicher Größenordnung gestiegen wie die Stromerzeugung der industriellen KWK-Anlagen und hat sich mehr als verdoppelt. Der Anteil an der gesamten KWK-Stromerzeugung beträgt heute rd. 18%.
  Die rasante Zunahme ist nach unserer Einschätzung bei den Eigenversorgungsanlagen in erster Linie auf den Anstieg der Umlagen im Strombezug (insbesondere EEG) zurückzuführen.

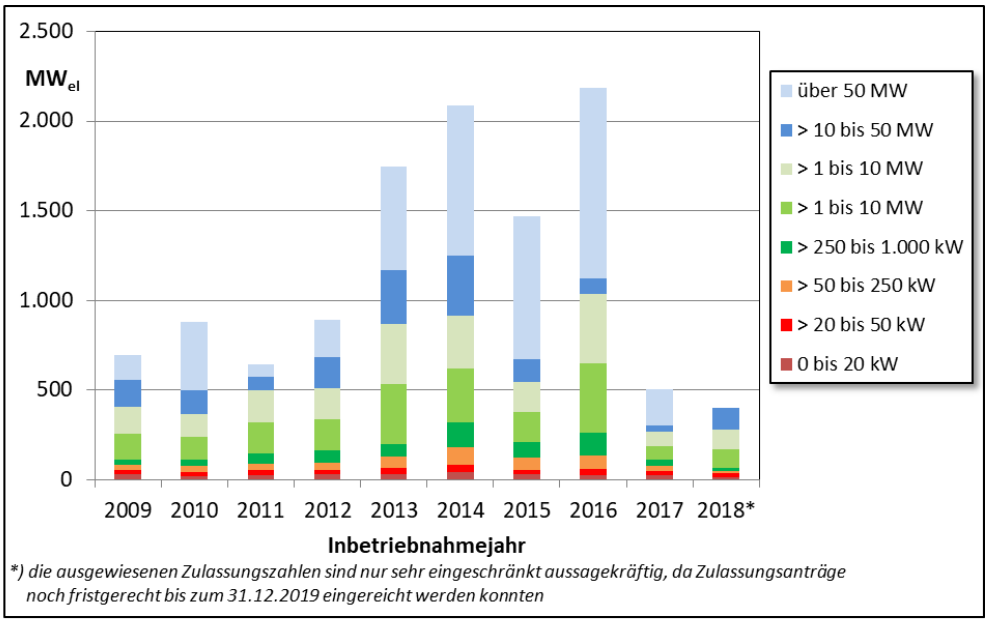
Insgesamt ist für die KWK-Stromerzeugung in Deutschland im Zeitraum bis 2014 im Vergleich zu 2008 nur eine geringe Steigerung der KWK-Stromerzeugung zu verzeichnen. Erst mit wieder anziehendem Strompreisniveau ab 2015/2016 hat die KWK-Stromerzeugung deutlich zugenommen.

In Abbildung 16 und in Tabelle 1 sind die vom BAFA zugelassenen, d.h. nach dem KWKG geförderten KWK-Anlagen im Zeitraum 2009 bis 2018 nach Leistungsklassen dargestellt. Auch hier zeigt sich die o.g. zeitliche Entwicklung. Mit dem neuen KWKG 2017 ist der Zubau allerdings wieder rückläufig. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass die KWK-Förderung vonAnlagen zur Eigenstromerzeugung oberhalb 100 kW Leistung bis auf Sonderfälle (stromintensive Unternehmen) nicht mehr möglich ist. Insbesondere ist auch zu beobachten, dass der kleine Leistungsbereich bis 50 kW trotz großer Anlagenzahlen nur einen sehr geringen Anteil an der insgesamt geförderten KWK-Leistung zwischen 3 und 10% aufweist.



Quelle: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Stromerzeugung in KWK, 02/2019 https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/stromerzeugung-kraft-waerme-kopplung/

Abbildung 15: Entwicklung der Stromerzeugung in KWK



Quelle: BAFA, eigene Darstellung

Abbildung 16: Zubau von beim BAFA zugelassenen KWK-Anlagen

BAFA **Zulassung von KWK-Anlagen nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)**

Anzahl der beim BAFA zugelassenen neuen, modernisierten und nachgerüsteten KWK-Anlagen* nach Größenklassen und Inbetriebnahmejahren

(ohne Zulassungen für bestehende KWK-Anlagen und ohne Vorbescheide)

Elektrische	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018**	
KWK-Leistung	Anzahl	MW_{el}	Anzahl	MW_{el}	Anzahl	MW_{el}	Anzahl	MW_{el}	Anzahl	MW_{el}	Anzahl	MW_{el}	Anzahl	MW_{el}	Anzahl	MW_{el}	Anzahl	MW_{el}	Anzahl	MW_{el}
≤ 2 kW	88	0,12	229	0,26	685	0,72	1.518	1,56	2.032	2,10	1.471	1,55	1.096	1,12	1.136	1,05	1.051	0,93	1.405	1,17
> 2 ≤ 10 kW	3.225	17,35	1.726	9,21	1.953	10,33	2.163	11,32	2.434	12,90	2.581	14,36	2.072	11,68	1.889	10,82	1.541	8,92	1.007	5,88
> 10 ≤ 20 kW	947	14,45	664	10,52	874	14,66	939	15,98	1.066	18,15	1.434	24,96	957	16,71	930	16,13	754	13,10	489	8,57
> 20 ≤ 50 kW	549	23,43	492	20,86	630	26,62	591	24,74	756	31,31	1.031	43,32	640	27,29	778	33,29	604	25,77	465	20,19
> 50 ≤ 250 kW	180	26,25	243	36,48	268	37,85	282	39,26	422	62,71	608	94,39	421	64,58	470	72,85	211	26,61	88	11,50
> 250 ≤ 500 kW	52	19,21	56	20,00	73	26,49	91	34,80	97	36,62	170	63,88	104	39,36	147	54,73	53	18,53	16	5,44
> 500 ≤ 1 MW	16	11,45	20	13,81	37	27,37	48	36,38	47	34,10	112	79,58	65	47,74	100	74,15	27	19,87	17	13,81
> 1 ≤ 2 MW	41	64,94	45	70,41	52	86,78	49	79,93	85	140,22	87	143,91	59	97,69	135	218,08	21	36,64	14	25,42
> 2 ≤ 10 MW	16	81,02	15	55,78	17	91,64	21	94,42	48	195,79	36	153,02	17	70,12	35	169,13	8	39,31	15	80,56
> 10 ≤ 50 MW	6	150,68	6	133,48	3	70,15	9	173,72	14	295,86	14	331,94	7	128,88	4	87,80	1	36,02	6	121,93
> 50 ≤ 100 MW	-	-	5	384,01	1	72,80	1	97,57	6	391,17	1	62,20	-	-	2	127,57	1	72,09	-	-
> 100 MW	1	140,00	-	-	-	-	1	106,34	1	191,08	5	778,71	3	793,28	3	933,77	1	133,72	-	-
Summe:	**5.121**	**549**	**3.501**	**755**	**4.593**	**465**	**5.713**	**716**	**7.008**	**1.412**	**7.550**	**1.792**	**5.441**	**1.298**	**5.629**	**1.799**	**4.273**	**432**	**3.522**	**294**

**) enthalten sind neben aktuell zuschlagsberechtigten Anlagen auch jene, die zugelassen wurden,*

- jedoch keinen Förderanspruch mehr aufweisen (Erreichen der max. Vollbenutzungsstunden),

- ersetzt oder modernisiert wurden sowie

- nicht mehr betrieben werden (z.B. Stillegung, Defekt)

***) die ausgewiesenen Zulassungszahlen sind nur sehr eingeschränkt aussagekräftig, da Zulassungsanträge noch fristgerecht bis zum 31.12.2019 eingereicht werden konnten und nicht alle bisher eingegangene Anträge abschließend geprüft wurden.*

Quelle: BAFA

Tabelle 1: Anzahl der beim BAFA zugelassenen KWK-Anlagen nach Größenklassen und Inbetriebnahmejahr

3.2 Grundsatzüberlegungen zur Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen

Die zahlreichen Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen erfordern in der Bewertung eine Differenzierung nach:

- der Anlagengröße bzw. Leistung (Einfluss auf die spezifischen und absoluten Investitionskosten, Wartungskosten, Wirkungsgrade, KWK-Förderung)
- der Stromverwendung (Eigennutzung oder Netzeinspeisung bzw. Mischformen)
- der Charakteristik von Wärme- und Strombedarf im täglichen, wöchentlichen und jährlichen Verlauf und dem daraus folgenden Einsatz und der Auslastung der Anlage
- dem Status des Betreibers im Sinne Stromsteuergesetz/Energiesteuergesetz (Berücksichtigung der Möglichkeiten für Stromsteuer- und Energiesteuerermäßigungen für das Produzierende Gewerbe auch ohne KWK-Einsatz)
- dem individuellen Strom- und Gaspreisniveau des Betreibers der Anlage; auch diese sind abhängig von der Größe der BHKW-Anlage (bzw. der Höhe des Strom- bzw. Gasbezugs)

Im Folgenden sind einige Bewertungen für BHKW-Anlagen im Leistungsbereich 1 kW (Mikro-KWK) bis 1.000 kW zusammengestellt. Dabei wird grundsätzlich unterstellt, dass eine Wärmeversorgung auf Basis Erdgaskessel vorhanden ist. Die BHKW-Anlage wird zugebaut und wärmegeführt in der Grund- und Mittellast eingesetzt (rd. 5.000 h/a). Der Gaskessel wird für Spitzenlasten im Winterhalbjahr und ggf. für Schwachlasten im Sommer eingesetzt.

Investitionen und KWK-Förderung

In Abbildung 17 sind die absoluten Investitionen und die spezifischen Investitionen für BHKW-Anlagen bezogen auf die elektrische Leistung dargestellt. Die Investitionsansätze entsprechen den Ansätzen in den Grobbewertungen in Abschnitt 4.2 und beinhalten die KWK-Anlage

selbst, die Aufstellung, Anbindung und ggf. Kamin, jedoch keine Baukosten für einen eigenen Aufstellungsraum. Während die absoluten Investitionen mit der Leistung selbstverständlich steigen, gehen die spezifischen Investitionen deutlich zurück. Insbesondere Mikro-KWK-Anlagen im Bereich von 1 bis 10 kW_{el} sind spezifisch überproportional teuer.

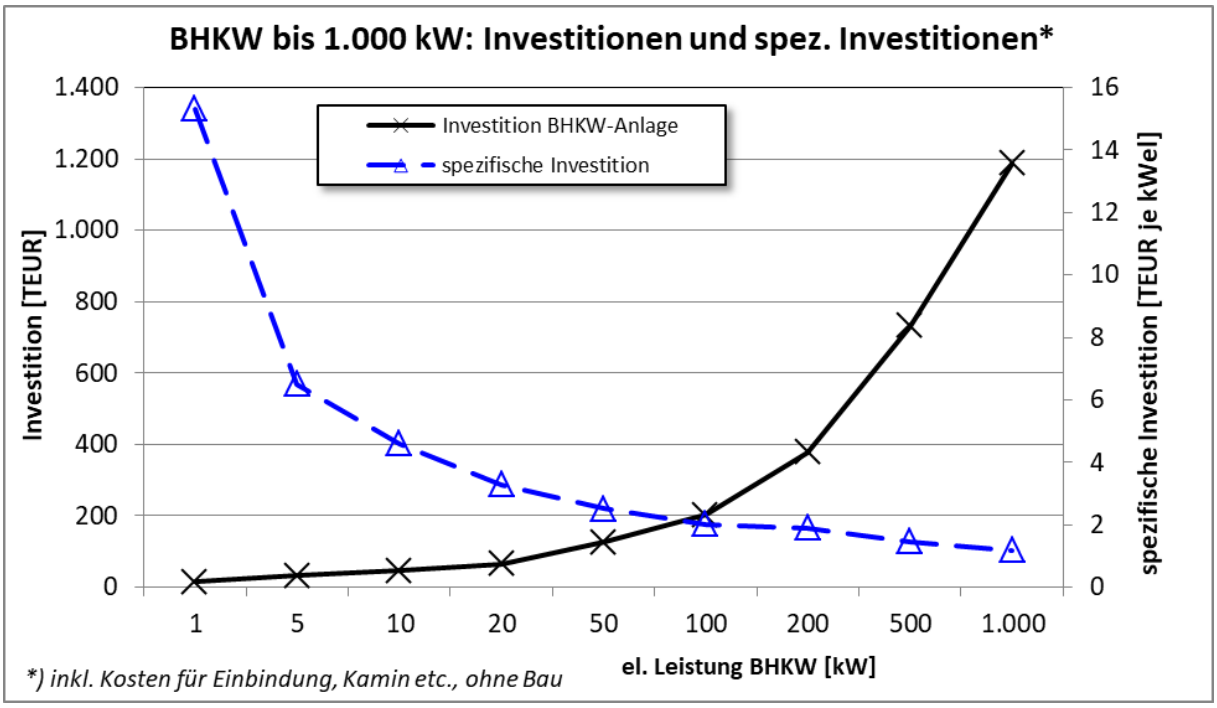


Abbildung 17: Investitionen und spezifische Investitionen von BHKW-Anlagen

Die Investitionen und die Förderung nach dem KWKG (als Summe über die gesamte Förderdauer) sind in Abbildung 18 für Anlagen zwischen 1 und 100 kW_{el} und in Abbildung 19 für Anlagen zwischen 100 und 1.000 kW_{el} dargestellt. Hinsichtlich der KWK-Förderung ist hierbei unterschieden nach der Stromverwendung (Eigenstrom, Lieferung an Dritte in Kundenanlagen, Eigenstrom bei stromintensiven Unternehmen und Netzeinspeisung). In Abbildung 20 ist die KWK-Förderung bezogen auf die Investition für die verschiedenen Anlagengrößen und Stromverwendungen dargestellt.

Bei Vergleich der KWK-Förderung mit den Investitionen wird deutlich, dass für sehr kleine Anlagen die Fördersumme nach KWKG kleiner bleibt als die Investition. Bei einer Leistung von 50 kW erreicht die KWK-Förderung im Vergleich zur Investition ein Maximum und fällt bei größeren Leistungen wieder ab. Bei Netzeinspeisung des KWK-Stroms liegt für eine 50 kW-Anlage die KWK-Förderung annähernd doppelt so hoch wie die Investition. Selbst bei voller Eigenstromnutzung erreicht sie noch knapp die Höhe der Investition. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bis zu einer Leistung von 50 kW_{el} die KWK-Förderdauer 60.000 h beträgt und erst bei höheren Leistungen auf 30.000 h fällt. Im Vergleich zur Mikro-KWK ist bei einer Leistung von 50 kW die Degression der spezifischen Investitionskosten aber bereits spürbar.

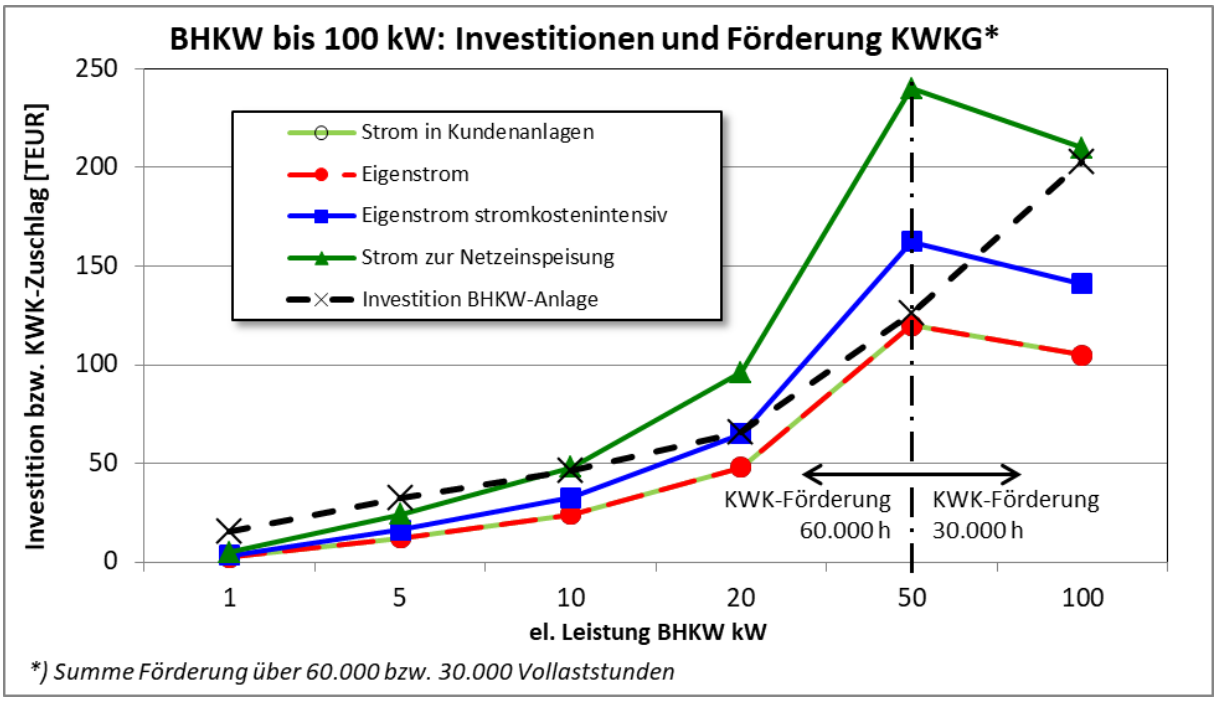


Abbildung 18: Investitionen BHKW bis 100 kW und Förderung nach dem KWKG

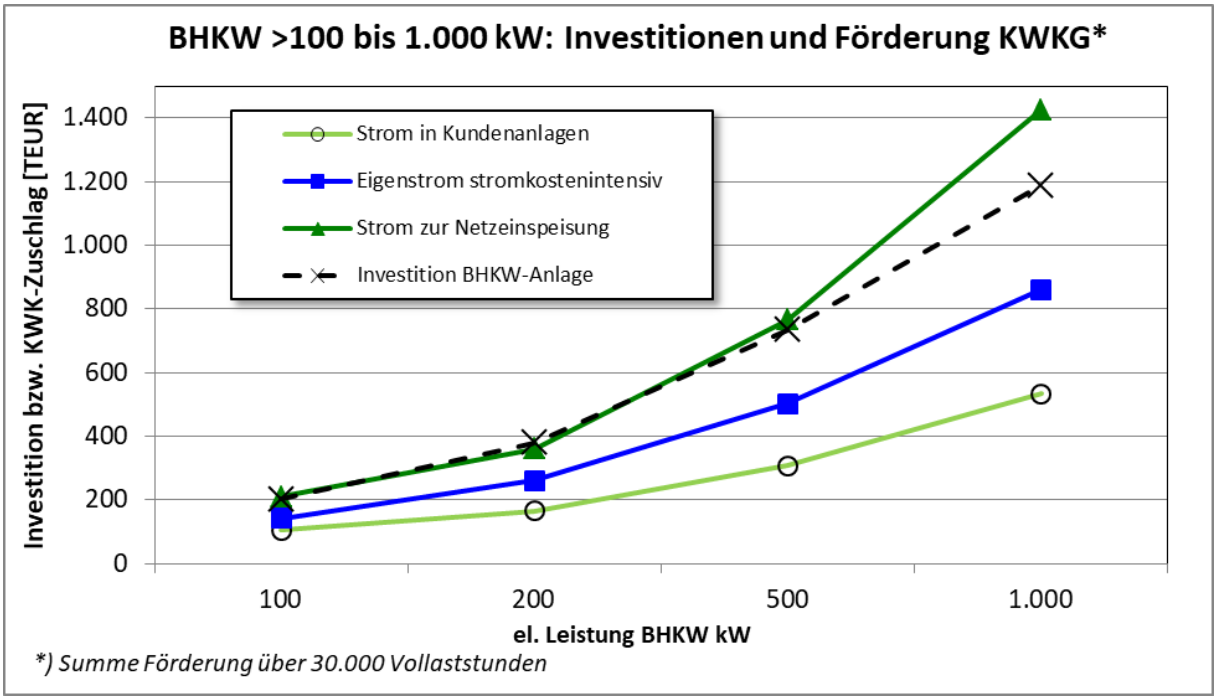


Abbildung 19: Investitionen BHKW oberhalb 100 kW und Förderung nach dem KWKG

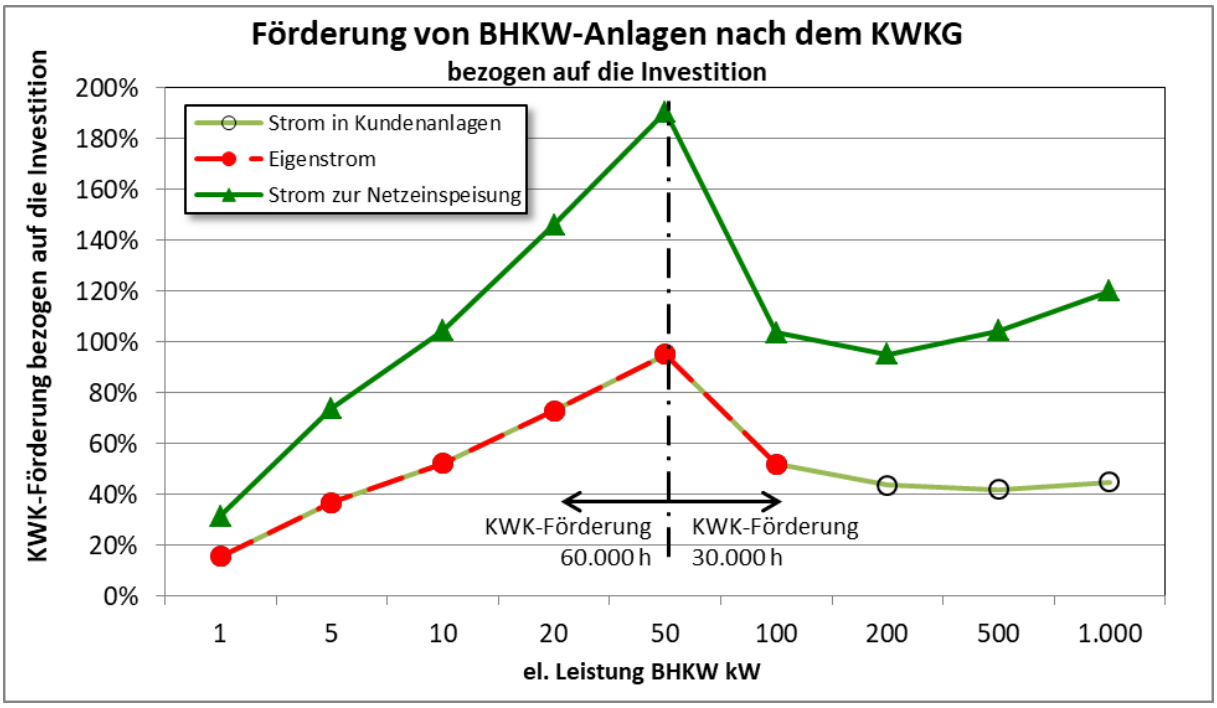


Abbildung 20: Förderung von neuen KWK-Anlagen bezogen auf die Investition

Neben der Förderung nach dem KWKG sind zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit die Stromerlöse und die verschiedenen Kostenanteile zu betrachten. In Abbildung 21 sind die Stromgutschriften je kWh für verschiedene Leistungsbereiche nach Nutzung der Stromerzeugung mit ihren Bestandteilen aufgetragen. Preisstand ist hier Mitte 2017, da zu dieser Zeit die Voruntersuchungen zur Wirtschaftlichkeit durchgeführt wurden.

Es zeigt sich, dass die Stromerlöse inkl. der KWK-Förderung bei Eigenstromverwendung über alle Leistungsklassen die höchsten Erlöse erwarten lassen. Dies ist insbesondere bei kleinen Leistungen bis 100 kW der Fall. Bei größeren Leistungen verringern sich die Vorteile der Eigenstromnutzung aufgrund des Wegfalls der KWK-Förderung für die Eigenstromnutzung oberhalb 100 kW.

Einen Vergleich der jährlichen Kostenanteile für einen BHKW-Betrieb zeigt Abbildung 22 für den Leistungsbereich zwischen 1 kW_{el} und 1.000 kW_{el}. Hier sind die verschiedenen Kostenanteile berücksichtigt, die bei Zubau einer BHKW-Anlage im Vergleich zur Wärmeerzeugung aus einer ohnehin vorhandenen Kesselanlage additiv zu berücksichtigen sind:

- Kapitalkosten für die BHKW-Investition (Abschreibung und Zinskosten)
- Zusätzliche Gaskosten im Vergleich zur Wärmeerzeugung ausschließlich aus einer Kesselanlage (Gasmenge für die additive Stromerzeugung in KWK)
- Wartung- und Instandhaltungskosten für die BHKW-Anlage
- Aufwand für Bedienung, Versicherung und Verwaltung

Auffällig ist der bei niedrigen elektrischen Leistungen sehr hohe Anteil der fixen Kosten für Kapitaldienst und Versicherung/Verwaltung etc. Dies wird verursacht durch die hohen

spezifischen Investitionen kleiner Anlagen. Mit zunehmender Leistung wird der Anteil der zusätzlichen Gaskosten an den Gesamtkosten höher.

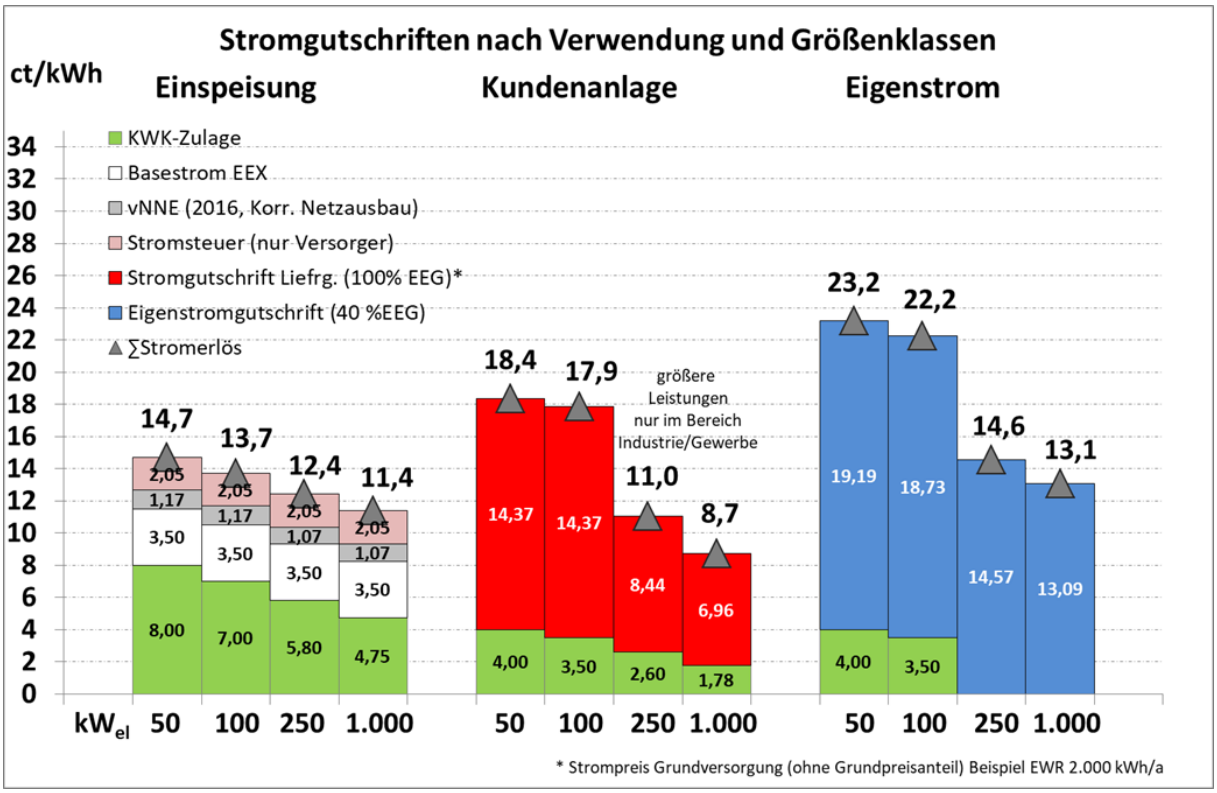


Abbildung 21: Stromgutschriften für KWK-Strom nach Stromverwendung und Größenklassen

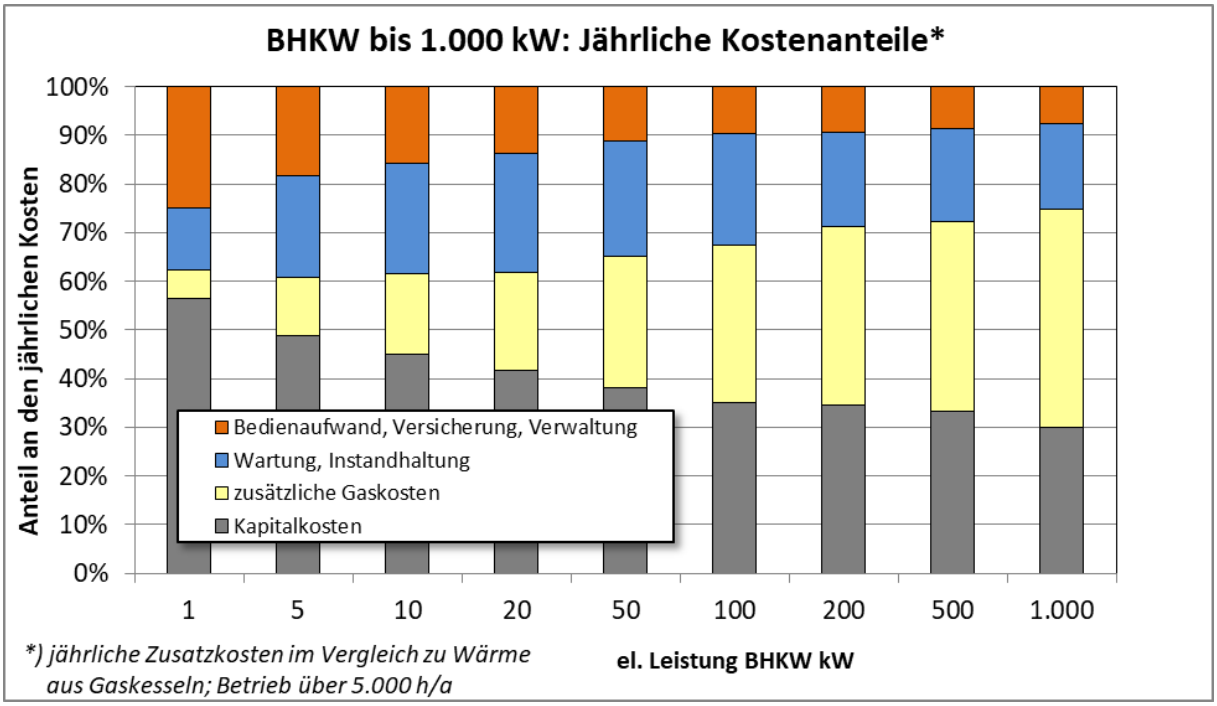


Abbildung 22: Jährliche Kostenanteile im Betrieb von BHKW-Anlagen

Abschließend sind in Abbildung 23 die Wärmepreise bei Zubau einer BHKW-Anlage im Vergleich zum Wärmepreis aus einer vorhandenen Kesselanlage sowie die Amortisationsdauer für die BHKW-Investition für den Leistungsbereich 1 kW_{el} bis 1.000 kW_{el} aufgetragen.

Der Wärmepreis wird hier sowohl für den reinen Heizkesselbetrieb als auch für den Zubau eines BHKW inkl. der fixen Kosten für den Betrieb des Heizkessels angesetzt (Kapitaldienst, Wartungskosten etc.).

Bzgl. der Stromverwendung werden die Extremfälle 100% Eigennutzung (= Best Case) und 100% Netzeinspeisung (= Worst Case) unterschieden. Im Best-Case 100% Strom-Eigennutzung werden aufgrund der höheren Stromerlöse bzw. Stromgutschriften deutlich niedrigere Wärmepreise erzielt als bei 100% Netzeinspeisung. Bei einer elektrischen Leistung oberhalb von 10 kW können diese auch deutlich niedriger als der Wärmepreis ohne KWK liegen und es werden Amortisationsdauern von tlw. deutlich unter 10 Jahren erreicht. Bei sehr kleinen KWK-Leistungen reichen aber selbst diese Best-Case-Bedingungen nicht für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb.

In der Realität ergeben sich bei Strom-Eigennutzung fast immer mehr oder weniger große Anteile an Strom-Rückspeisung in das Netz und die Wirtschaftlichkeit wird sich zwischen den hier aufgezeigten Extremfällen bewegen. Nur in Industriebetrieben mit Mehrschichtbetrieb sind hohe KWK-Laufzeiten bei 100% Stromeigennutzung zu erzielen.

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen der Untersuchung KWK-Leistungen unterhalb von 10 kW nicht einbezogen. Eine BHKW-Anlage mit 10 kW_{el} weist eine thermische Leistung von rd. 20 kW auf. Für einen Grundlast-Einsatz von wenigstens 3.500 bis 4.000 h/a ist ein jährlicher Wärmebedarf von mindestens 100 MWh/a erforderlich. Bei der Identifizierung geeigneter Zielgruppen und Objekte für die Beratungsleistungen wurde daher eine Untergrenze für den Wärmebedarf von 100 MWh/a angesetzt.

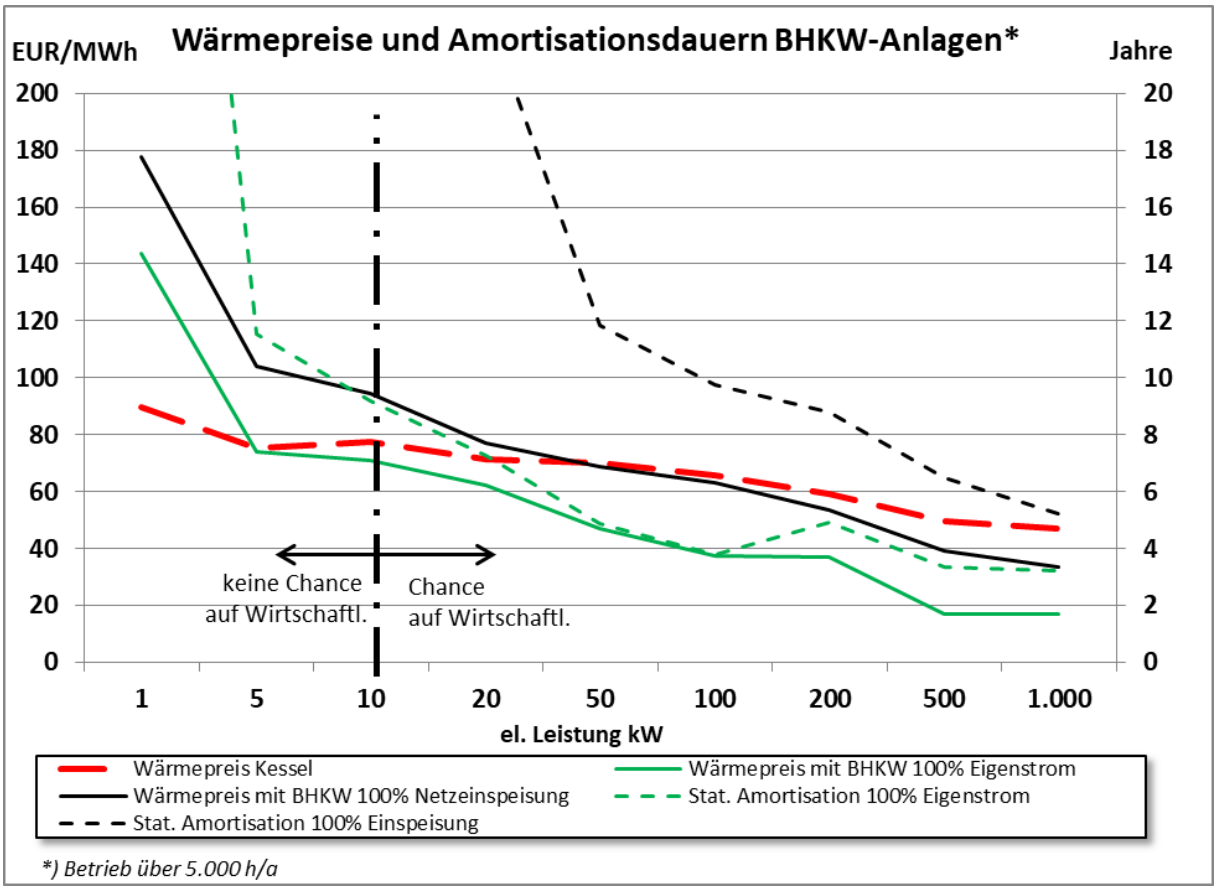


Abbildung 23: Wärmepreise und Amortisationsdauern von BHKW-Anlagen

3.3 Identifizierung spezifischer Zielgruppen und Objekte

Die Identifizierung spezifischer Zielgruppen und Objekte basiert auf der in Abbildung 24 dargestellten, grundlegenden Betrachtung der möglichen KWK-Anwendungen. Gemäß der Zielstellung dieser Untersuchung – objektbezogene KWK-Anwendung im kleinen und mittleren Bereich – wurde der KWK-Einsatz in der Fernwärmeversorgung nicht einbezogen. Mit den zuvor hergeleiteten Zusammenhängen zwischen Anlagengröße, Anwendungsfall, Einsatz und Stromverwendung sowie der Mindestgröße der Anlagen von 10 kW_{el} bzw. einem Mindestwärmebedarf von 100 MWh/a fokussiert die Untersuchung auf die folgenden Anwendungsfälle:

- Nahwärme-Versorgungen mit KWK-Leistungen im Bereich 50 bis 500 kW_{el}
- Objektversorgungen im Bereich Wohnen und Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD) mit KWK-Leistungen im Bereich 10 bis 50 kW_{el}
- Objektversorgungen im Bereich Industrie und Produzierendes Gewerbe mit KWK-Leistungen im Bereich 50 bis 1.000 kW_{el}.

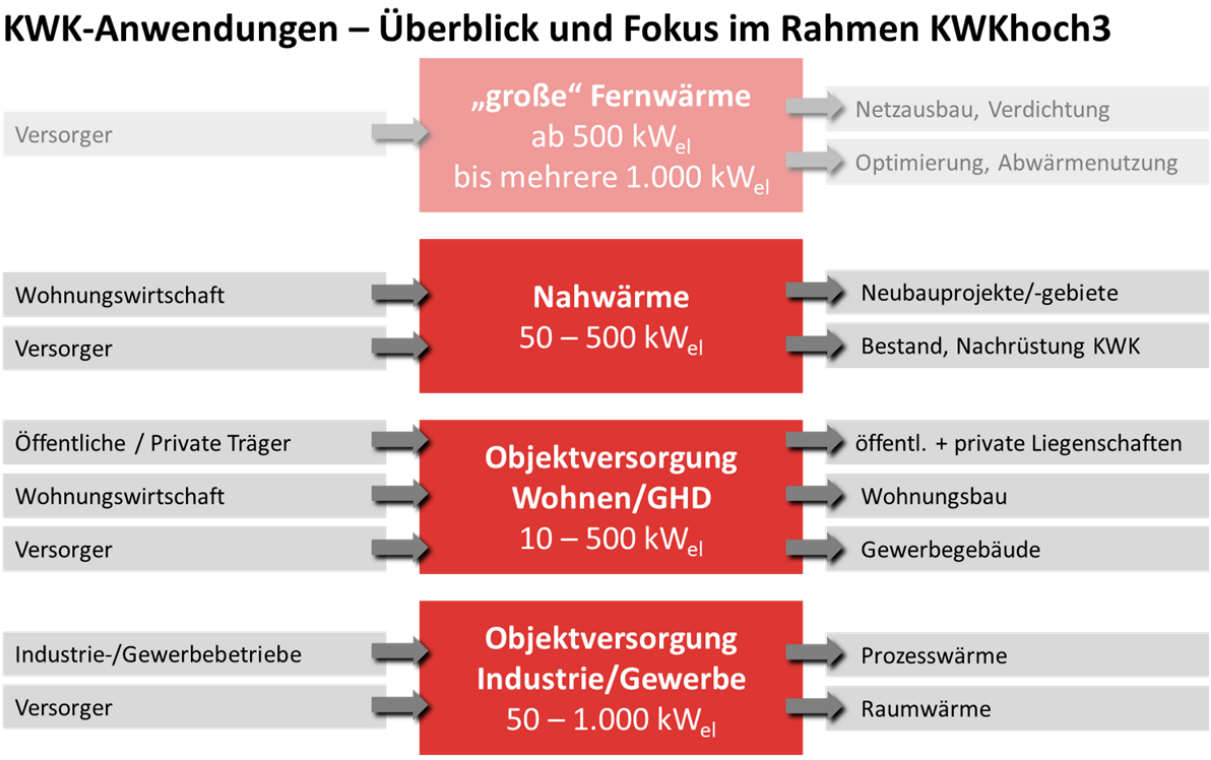


Abbildung 24: KWK-Anwendungen – Überblick und Fokus im Rahmen KWKhoch3

Auf Basis der Zusammenhänge zwischen jährlichem Wärme- und Strombedarfspotenzial für den KWK-Einsatz und der KWK-Anlagengröße sowie der erforderlichen Auslastung über mindestens 4.000 Volllaststunden jährlich wurde die in Tabelle 2 gezeigte Matrix der Zielgruppen aufgestellt. Diese enthält neben qualitativen Merkmalen auch eine quantitative Einschätzung zu den sinnvollen Bereichen des Wärme- und Strombedarfs der zu identifizierenden Objekte und Liegenschaften. Weiterhin ist in der Tabelle angegeben, wie die Zielgruppen adressiert werden sollten (individuelle Ansprache oder Aufnahme in die Fragebogenaktion).

Tabelle 2: Qualitative und quantitative Eingrenzung der KWK-Zielgruppen

		Technik		Wärmebedarf		Strombedarf		Fläche	Chancen	Risiken+Hemmnisse	Adressierbarkeit	Art der Befragung
	Zielgruppe	**Einsatzzweck**	**Größen-ordnung kW_{el}**	**von kWh/a**	**bis kWh/a**	**von kWh/a**	**bis kWh/a**	**NGF von - bis m²**	**Besonderheit in Zielgruppe**	**Besonderheit in Zielgruppe**		
Öffentliche	Öffentliche Gebäude - Verwaltung, Schulen	Raumwärme (TWW)	10 - 100	100.000	2.000.000	25.000	500.000	800 - 15.400	Vorbildfunktion EEWärmeG & GEG…	Ausschreibungspflichten Stadt	**zahlreiche Liegenschaften, nicht einzeln addressierbar**	**Einzelgespräche zur Identifizierung geeigneter Objekte**
	Schwimmbäder	Raum- und Prozesswärme	10 - 300	300.000	2.000.000	150.000	750.000	100 - 1.000	Eigenstromprivileg + steuerlicher Querverbund, ganzjähriger Wärmebedarf	Schließung Badbetrieb		
privat, kirchl., öffentl.	Seniorenheime, Krankenhäuser	Raumwärme (TWW / Prozesswärme)	10 - 300	100.000	2.400.000	20.000	500.000	800 - 18.000	Eigenstromprivileg	Ertrags- und Umsatzsteuerprivilegien	**Größere Liegenschaften, einzeln addressierbar**	**Fragebogenaktion**
	Hotels, Jugendherbergen	Raumwärme, TWW	10 - 100	120.000	1.710.000	95.000	3.380.000	900 - 13.000	Eigenstromprivileg	Aufwand durch BHKW-Betrieb	**Größere Liegenschaften, einzeln addressierbar**	**Fragebogenaktion**
Wohnungsbau-gesellschaften	Wohnungswirtschaft Bestand	Raumwärme, TWW	10 - 100	100.000	540.000	25.000	178.000	800 - 4.200		Entfall Steuerprivilegien; Abrechnungsaufwand; Fehlende Bindung Stromtarif	**zahlreiche Liegenschaften, nicht einzeln adressierbar**	**Einzelgespräche zur Identifizierung geeigneter Objekte**
	Wohnungswirtschaft Neubau	Raumwärme, TWW	10 - 100	100.000	200.000	33.000	66.000	2.000 - 4.000	KFW-Kredit; EnEV und EEWärmeG	Entfall Steuerprivilegien; Abrechnungsaufwand; Fehlende Bindung Stromtarif		
	Bestehende Nahwärmeversorgungen mit Kesselanlagen	Raumwärme, TWW	10 - 1.000	520.000	11.600.000	130.000	3.830.000		zusätzliche KWKG-Wärmenetzförderung	Aufwand durch BHKW-Betrieb		
Wohnungsbau, Privatwirtsch.	größere städtebauliche Umbau-/ Umnutzungsprojekte	Raumwärme (TWW)	50 - 1.000	520.000	11.600.000	130.000	3.830.000	6.500 - 145.000	einheitlicher Modernisierungszyklus (Heizung)	Netzvariante durch hohe Netzverluste ggf. nicht konkurrenzfähig	**zahlreiche Liegenschaften, nicht einzeln addressierbar**	**Einzelgespräche zur Identifizierung geeigneter Objekte**
	größere städtebauliche Neuprojekte	Raumwärme (TWW)	50 - 1.000	520.000	3.120.000	130.000	1.030.000	10.000 - 62.000	"Grüne Wiese"; Mitverlegung; EEWärmeG und EnEV; Wärmereferenzpreise höher	Netzvariante durch hohe Netzverluste ggf. nicht konkurrenzfähig		
Privat	Gewerbe- und Industriebetriebe	Raum- und Prozesswärme	20 - 1.000	150.000	5.000.000	37.500	5.000.000		Eigenstromprivileg	hohe Anforderung an Amortisationszeit, technische Hürden bei Hallenheizung	**Größere Liegenschaften, einzeln addressierbar**	**Fragebogenaktion**

Anmerkungen:
Größenordnungen BHKW-Anlagen orientiert an spezifisch hohen Investitionskosten bei Kleinanlagen (daher ab 10 kW);
aufgrund der Neuregelungen im EEG und KWKG seit 01.01.2017 Größenschwellen 100 kW (KWK-Zulage auch für Eigenstrom) und 1.000 kW (bis dahin KWK-Zulage ohne Ausschreibung)

3.4 Konkretisierung der Adressaten im Bergischen Städtedreieck

Die Identifizierung der Adressaten für die KWK-Beratung erfolgte in einem mehrstufigen Vorgehen mit folgenden Schritten:

- Auswertungen des Wärmeatlas nach den Nutzungsarten der Gebäude gem. der eingegrenzten Zielgruppen und einem Mindest-Wärmebedarf von 100 MWh/a und Ermittlung der Adressen gem. Gebäudedatenbank
- Ermittlung der postalischen Adressen der Gebäudeeigentümer bzw. –nutzer für die Fragebogenaktion
- Erweiterung des aus dem Feinkonzept im Wettbewerb KWK-Modellkommune NRW vorliegenden Akteurskatasters

Auswertungen des Wärmeatlas

Im Rahmen der KWK-Feinanalyse KWKhoch3 des Wettbewerbes KWK-Modellkommune NRW war ein adressscharfer Wärmeatlas für das Bergische Städtedreieck mit den Städten Remscheid, Wuppertal und Solingen erarbeitet worden. Dieser basiert auf den Gebäudedaten aus dem 3D-Gebäudemodell GeobasisNRW der Bezirksregierung Köln und umfasst neben den Adressdaten die Gebäudegrundflächen, Gebäudehöhen bzw. Geschosszahlen und Angaben über die Gebäudenutzung.

Aus der Klassifizierung der Gebäude und Ansätzen spezifischer Bedarfskennwerte für die Raumheizung (Raumtemperatur und das sog. A/V-Verhältnis = Gebäudeoberfläche/beheiztem Gebäudevolumen) und den Trinkwarmwasserbedarf (in Abhängigkeit von der Gebäudenutzung und flächenbezogenem Ansatz für Bewohneranzahl) stehen Bedarfszahlen für die Raumheizung und den Trinkwarmwasserbedarf aller Gebäude in den drei Städten für die Auswertungen zur Verfügung. Insgesamt sind dies Daten für:

- rd. 54.000 Gebäude an rd. 22.500 Adressen in Remscheid,
- rd. 78.000 Gebäude an rd. 36.000 Adressen in Solingen,
- und rd. 121.000 Gebäude an rd. 59.500 Adressen in Wuppertal.

In Abbildung 25 ist ein Ausschnitt aus dem Wärmeatlas mit einem Datenbeispiel für einen Gebäudekomplex beispielhaft dargestellt.

Die Nutzungsarten im Wärmeatlas unterscheiden im Wesentlichen

- Wohngebäude
- Gewerbe- und Industriebetriebe, Gebäude für Handel
- Mischnutzungen Wohnen und Gewerbe
- Sondernutzungen wie Schulen, Verwaltungsgebäude, Schwimmbäder, Krankenhäuser, Hotels etc.

Abbildung 25: Luftbild-Ausschnitt aus dem adressscharfen Wärmeatlas

Im ersten Schritt wurden alle Adressen mit einem Wärmebedarf von mehr als 100 MWh/a als Kriterium für die Untergrenze einer KWK-Nutzung identifiziert. Die Adressen innerhalb des Fernwärme-Versorgungsgebietes in Wuppertal wurden in die Auswertung zunächst mit einbezogen. Fernwärmeversorgte Standorte wurden in Abstimmung mit den Stadtwerken Wuppertal identifiziert und aus der Adressliste herausgenommen.

Die Ergebnisse für den Bereich Gewerbe mit der Lage der Adressen in den Stadtgebieten sind in Abbildung 26 für Remscheid , in Abbildung 27 für Solingen und in Abbildung 28 für Wuppertal dargestellt.

Ermittlung der postalischen Adressen

Für die aus dem Wärmeatlas vorliegenden Adressen der Liegenschaften erfolgte die Zuordnung von Firmennamen und Adressdaten durch Datenabgleich mit öffentlich zugänglichen Gewerbedatenbanken. Hierzu wurde das Datenportal http://www.gewerbeverzeichnis-deutschland.de genutzt. Da die öffentlich zugänglichen Daten nicht immer auf aktuellem Stand sind, waren hier umfangreiche manuelle Nacharbeiten erforderlich. Ein Abgleich mit den Unternehmensadressen der IHK war aus datenschutzrechtlichen Gründen leider nicht möglich.

Alle ermittelten Adressaten für die KWK-Beratung wurden mit den Stadtverwaltungen /Umweltämtern und den Stadtwerken auf Plausibilität gegengeprüft.

Insgesamt konnten auf diese Weise 406 Adressaten für die Ansprache über eine Fragebogenaktion identifiziert werden.

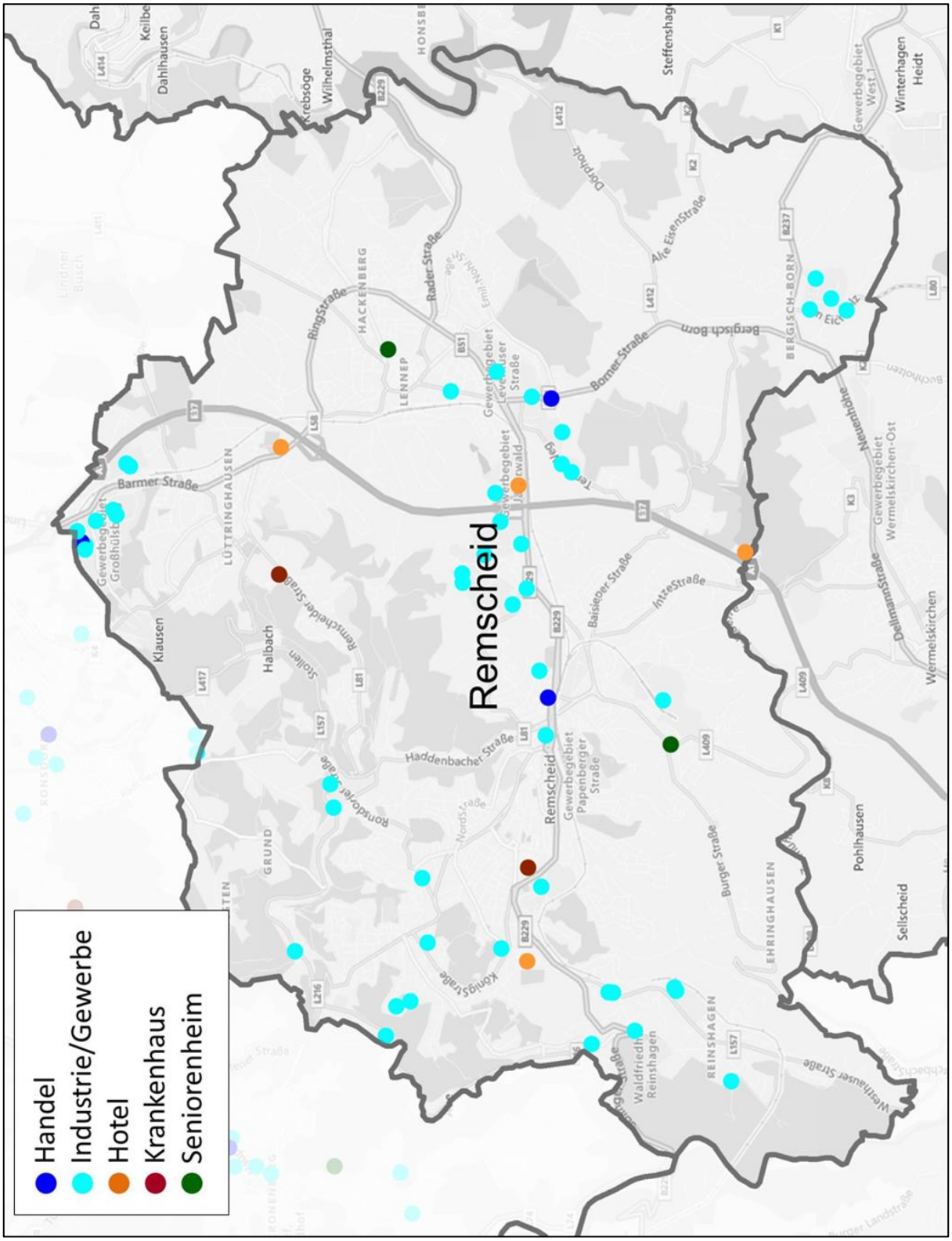


Abbildung 26: Lage der Adressaten für Objektversorgungen in Remscheid

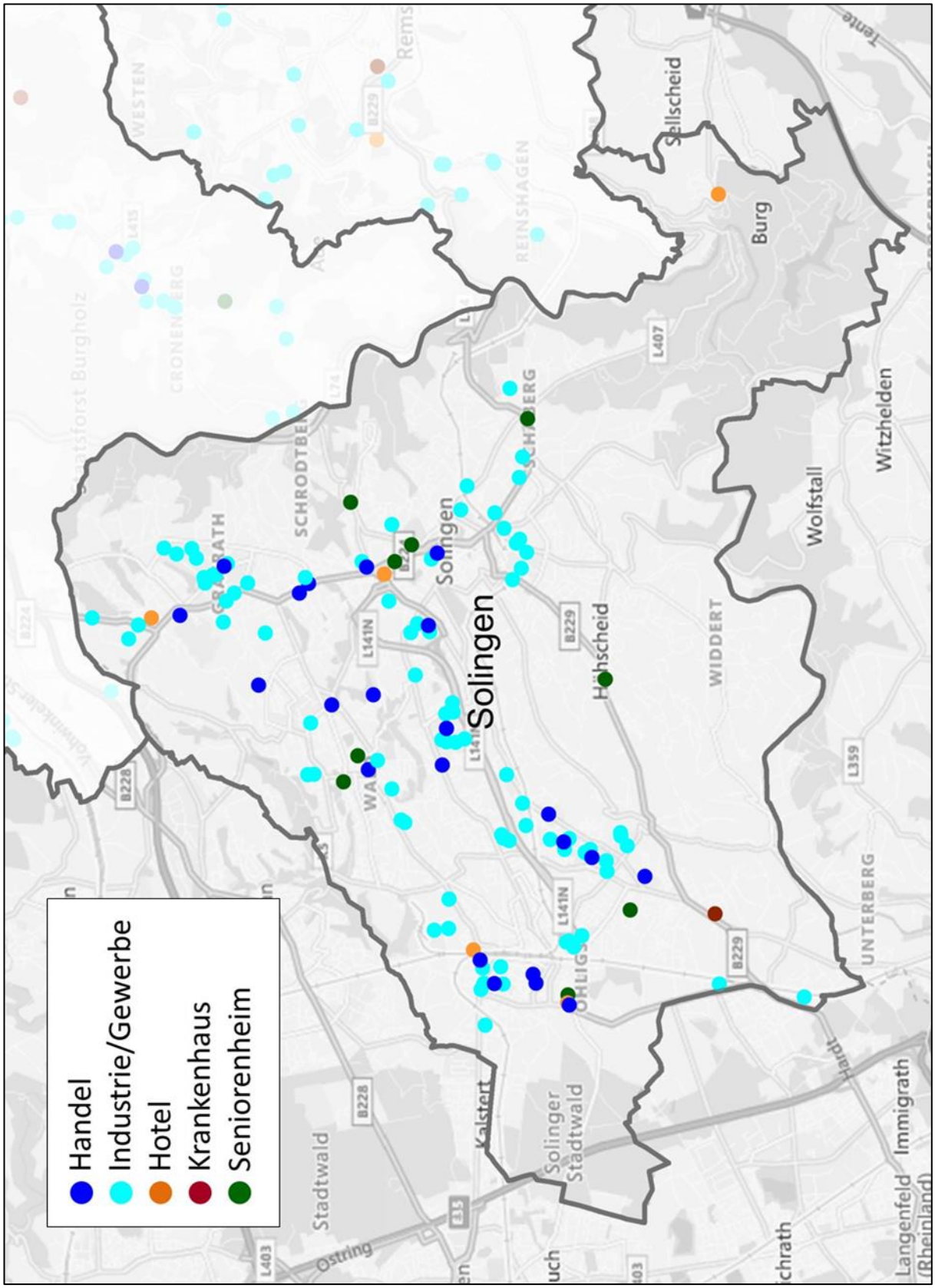


Abbildung 27: Lage der Adressaten für Objektversorgungen in Solingen

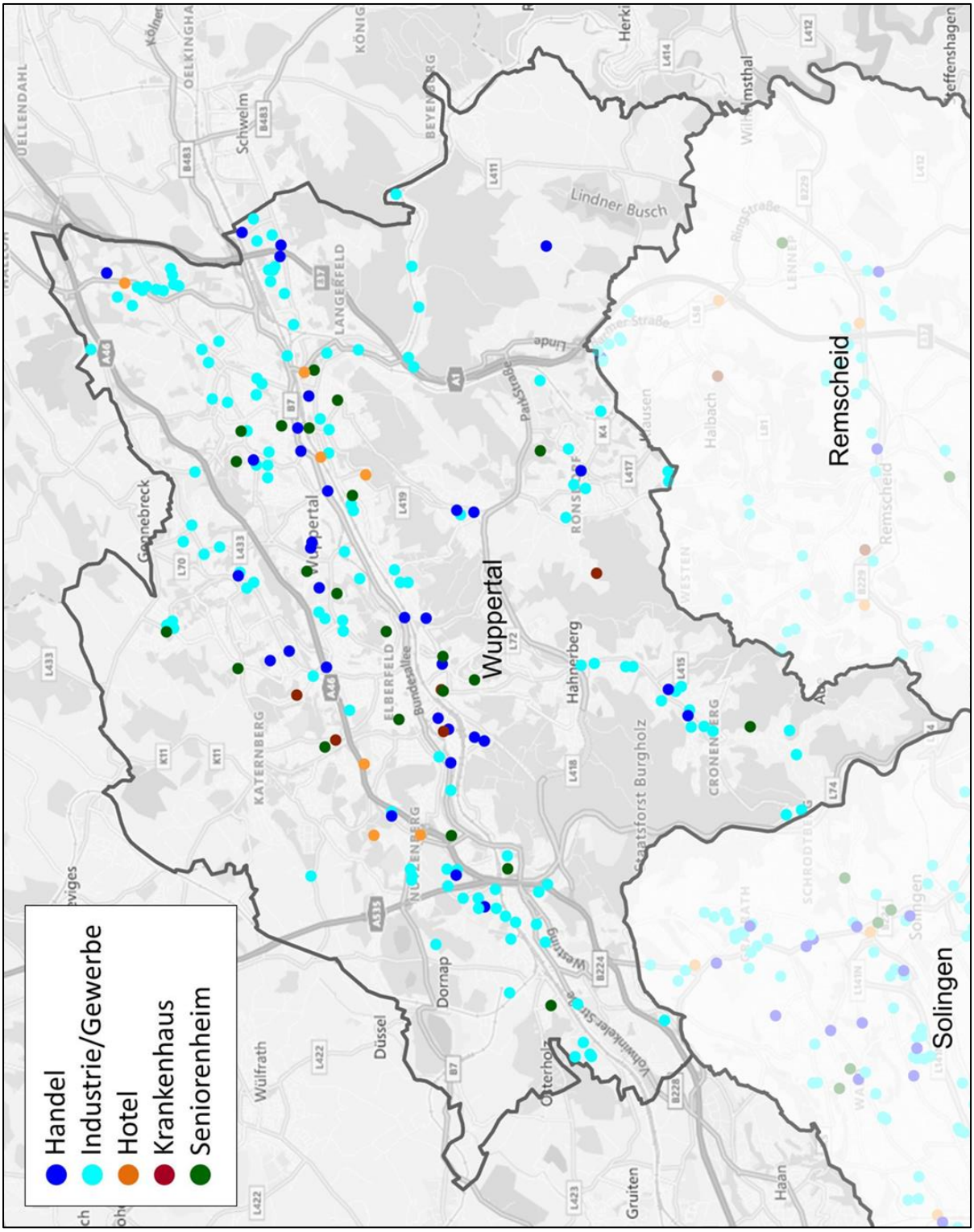


Abbildung 28: Lage der Adressaten für Objektversorgungen in Wuppertal

4 Zielgruppenspezifische Beratungsoffensive

Nach ausführlichen Vorarbeiten im Rahmen der Auswertungen der Wärmeatlanten der drei Städte, wurden die dort gesammelten Daten geclustert und gefiltert. Als nächster Schritt mussten interessierte Unternehmen identifiziert und eine Datengrundlage geschaffen werden, auf deren Basis eine kundenspezifische Bewertung des Themas Kraft-Wärme-Kopplung vorgenommen werden konnte.

Die Beratungsoffensive war in mehrere Teilschritte gegliedert:

- Erstkontaktaufnahme: Fragebogenaktion
- Erstellung Grobanalyse
    - Auswertung / Aufbereitung der Daten des Fragebogens
    - Wirtschaftlichkeitsberechnung für verschiedene Anlagengrößen
    - Ersteinschätzung wirtschaftlicher Machbarkeit
    - Erstellung Kurzdokumentation
- Auswahl der 30 aussichtsreichsten Standorte für Feinanalysen
- Vor-Ort-Begehung und bauliche Machbarkeitseinschätzung
- Durchführung Feinanalysen
    - Konkretisierung der Annahmen
    - Detaillierte Wirtschaftlichkeitsbewertung mit Berücksichtigung der Vorortbedingungen
    - Erstellung Abschlussbericht mit Empfehlung für oder gegen Zubau einer BHKW-Anlage

4.1 Vorgehen Erstellung/ Erarbeitung Zielgruppenspezifischer Fragebögen

Zu Beginn erfolgte die Auswahl der Herangehensweise der Kontaktaufnahme mit Unternehmen, um möglichst viele Interessenten mit vertretbarem Aufwand zu erreichen. Die Datenabfrage musste hierbei ausreichend ausführlich sein, um eine aussagekräftige Erstanalyse durchführen zu können. Weiterhin sollten die angeforderten Daten jedoch so einfach zu beschaffen sein, dass die kontaktierten Unternehmen bzw. Mitarbeiter nicht durch entstehenden Aufwand abgeschreckt werden.

Die Datenabfrage erfolgte mithilfe standardisierter Fragebögen. Diese bieten die Möglichkeit, die Daten übersichtlich abzufragen und leicht zu verarbeiten. Im Gegensatz zu Telefoninterviews erhalten die kontaktierten Mitarbeiter durch verteilte Fragebögen weiterhin ausreichend Zeit sich mit dem Thema zu befassen und bei Interesse Daten zu beschaffen. Der zeitlich selbstbestimmte Zeitpunkt der Fragenbeantwortung reduzierte zudem die Hemmnisse zur Teilnahme an der Umfrage.

Die Umweltämter unterstützten die Fragebogenaktion durch Pressemitteilungen in den Printmedien und durch Begleitbriefe zu den verschickten Fragebögen. Die IHK informierte über die Fragebogen- und Beratungsaktion vorab in ihrem Newsletter.

Adressaten der Fragebogenaktion waren Krankenhäuser, Altenheime, Hotels, Gewerbe- und Industriebetriebe.

Die Rückläufe aus der Fragebogenaktion dienten als erste Datengrundlage für die Grobanalyse (vgl. Abschnitt 4.2).

Der Ablauf der Herangehensweise der Beratungsoffensive und insbesondere der Fragebogenaktion sind in Abbildung 29 schematisch dargestellt.

Unterschieden wird in folgende Arbeitsschritte:

Kontaktieren:

Unternehmen werden durch Internetrecherche identifiziert, in die Adressdatenbank ENERKOs aufgenommen und per Brief kontaktiert. Dem Brief angehängt sind der auszufüllende Fragebogen, ein Informationsfaltblatt, sowie eine Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Fragebogenaktion.

Recherchieren:

Nach Erhalt der Unterlagen sind von interessierten Unternehmen die notwendigen Daten zusammenzutragen. Die Übermittlung der Daten erfolgt entweder direkt über das eingerichtete Online Portal, oder per Rückantwort via Post.

Auswerten:

Die eingegangenen Fragebögen werden durch EEB ENERKO ausgewertet und für die Anwendung des ENERKO KWK-Analysetools vorbereitet.

Dokumentieren Grobkonzept:

Die Grobanalysen werden in Form eines zusammenfassenden Dokumentes per Brief oder E-Mail übersendet. Die Ergebnisse werden telefonisch erläutert und Rückfragen geklärt. Die Ergebniszusammenfassung umfasst die Eingangsdaten der Bewertungen sowie erläuternde Ergebnistabellen, Abbildungen und eine Ersteinschätzung zur Wirtschaftlichkeit eines BHKW Zubaus. Der Aufbau der Grobkonzepte und die aggregierten Ergebnisse sind in Abschnitt 4.2 erläutert.

Beraten:

Die Teilnehmer können im Fragebogen die Angabe machen, ob Sie Interesse an einer vertiefenden Bewertung in Form von Vor-Ort-Beratungen und eines Feinkonzeptes haben. ENERKO wählt bis zu 30 Liegenschaften aus, für die eine solche Detailuntersuchung vorgenommen wird. Dabei werden Standorte ausgesucht, die im Grobkonzept ein aussichtsreiches Potenzial für den Zubau einer KWK-Anlage zeigen.

Dokumentieren Feinkonzept:

Die Dokumentation der Feinkonzepte umfasst einen ausführlichen Endbericht, welcher nach Abschluss den Teilnehmern übersendet wird. Das Vorgehen zur Erstellung der Feinkonzepte ist in Abschnitt 4.3 erläutert.

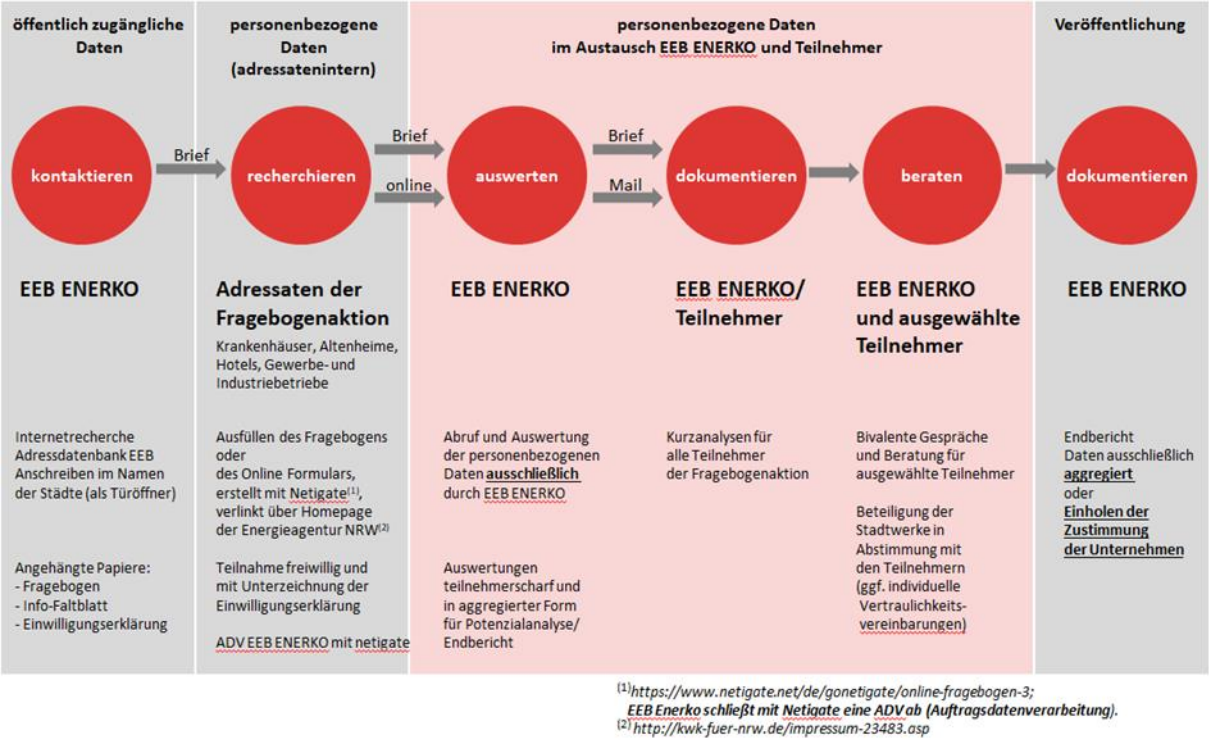


Abbildung 29: Fragebogenaktion - Ablaufschema

Es wurden zwei zielgruppenspezifische Fragebögen entwickelt: Eine Fassung für Unternehmen und eine Fassung für Gebäude. Der Fragebogen für Gebäude (Hotels, Sozialeinrichtungen usw.) enthält reduzierte Datenabfragen, da hier weniger Vorwissen im Bereich der Energieversorgung vermutet wird. Beide Versionen sind im Anhang als Anlage 3 bzw. 4 zu finden.

Folgende Daten wurden grundsätzlich als notwendig zur Erstellung eines Grobkonzeptes zum Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung eingestuft und sind dementsprechend Inhalt des Fragebogens:

- Kontaktdaten
- Angaben zur bisherigen Energieversorgung/ Energiebedarf: Wärme- und stromseitig
- Energiekosten/Energiepreise

Kontaktdaten:

Im ersten Punkt werden Kontaktdaten des Bearbeiters abgefragt, um eine Kontaktaufnahme bei Rückfragen und zur Übersendung der Grobanalyse zu ermöglichen. Weiterhin wird ein Hinweis auf den Datenschutz und den vertraulichen Umgang mit den zur Verfügung gestellten

Daten gegeben. ENERKO informiert darüber, dass alle Daten vertraulich behandelt und lediglich zur Durchführung der genannten Aufgabenstellung genutzt werden. Zur Bestätigung der Kenntnisnahme des Datenschutzhinweises ist eine zu unterschreibende Einwilligungserklärung dem Fragebogen beigelegt.

Wärmebedarf:

Es wird abgefragt, ob eine KWK-Anlage bereits im Unternehmen vorhanden ist und ob die bestehende Wärmeversorgung durch Fernwärme erfolgt. Im Falle einer bestehenden Versorgung mittels Kraft-Wärme-Kopplung muss geprüft werden, ob Erweiterungspotenzial durch eine weitere Anlage besteht. Bei bestehendem Anschluss an die Fernwärme wird Umfrage beendet und alle weiteren Fragen müssen nicht beantwortet werden. In diesem Fall wird eine weitere Betrachtung einer KWK-Anlage ausgeschlossen, da es nicht Ziel der Untersuchung ist, bestehende Fernwärmeversorgungen mit KWK durch dezentrale KWK-Anlagen zu verdrängen. Zudem ist die Förderung von KWK-Anlagen nach dem KWKG bei Verdrängung von KWK-Fernwärme ausgeschlossen (vgl. §6 Abs.1 Satz 4 KWKG) und ein wesentlicher Baustein für die Wirtschaftlichkeit einer neuen KWK-Anlage würde entfallen.

Unternehmensdaten:

Die Unternehmensdaten (Betriebsstunden, Arbeitswochen, Anzahl Mitarbeiter) ermöglichen eine Einschätzung zur Größe und Struktur des Unternehmens. Dies ist insbesondere von Bedeutung bei der Herleitung von Lastprofilen, welche den KWK-Einsatzanalysen zu Grunde gelegt werden. Weiterhin wird abgefragt, ob das Unternehmen dem produzierenden Gewerbe angehört. Ist dies der Fall, muss eine Energiesteuerentlastung gemäß §54 Abs.1 EnergieStG in den Kostenanalysen berücksichtigt werden. Handelt es sich um ein stromkostenintensives Unternehmen, findet die besondere Ausgleichsregelung §63 EEG Anwendung und die EEG-Umlage der Unternehmen wird gemäß §64 Abs. 2 Satz 4 EEG bestimmt.

Gebäudedaten:

Die Rubrik Gebäudedaten umfasst Abfragen zur Beschaffenheit des Objektes, wie z.B. beheizte Nutzfläche, Gebäudealter, durchgeführte und geplante Sanierungen. Ein für die Analysen essentieller Bestandteil sind die Informationen zur bestehenden Wärmeversorgung. Hierzu gehören der eingesetzte Brennstoff, Heizungsart, Wärmenutzung und Informationen zu den eingesetzten Kesseln. Hier sind insbesondere das Baujahr der Kessel, zur Abschätzung des Wirkungsgrades und die Kesselleistung zur Abschätzung der Wärmehöchstlast hilfreich. Das KWK-Tool der ENERKO berücksichtigt eine wärme- und stromgeführte Einsatzplanung des BHKWs. Um dies vornehmen zu können sind Informationen zum Wärmebedarf bzw. dem Brennstoffeinsatz notwendig. Für das Grobkonzept werden zunächst monatliche Summenwerte abgefragt und mittels der Informationen zum Gebäude bzw. Unternehmenstyp in einen stündlichen Lastgang überführt.

Strombedarf:

Es werden Informationen zur Stromhöchstlast und zum monatlichen Stromverbrauch abgefragt. Hieraus wird mittels der sonstigen Unternehmensangaben ein stündlicher Stromlastgang hergeleitet, der in die Einsatzplanung und Wirtschaftlichkeitsrechnung des BHKWs eingeht.

Angaben zu Preisen und Energiekosten:

Zur wirtschaftlichen Bewertung eines BHKWs sind Vorgaben zu den Energiepreisen notwendig. Diese gehen in die Vergleichsrechnung bei Einsatz des BHKWs im Vergleich zur aktuellen Versorgungssituation ein. Wenn keine Angaben zu den Energiepreisen vorliegen, werden übliche Preise für die jeweilige Unternehmensbranche anhand Erfahrungswerten angesetzt.

Zum Abschluss des Fragebogens wird noch die Möglichkeit zu sonstigen Anmerkungen gegeben und ein generelles Interesse an einer vertiefenden Bewertung inklusive Vor-Ort-Beratung, im Falle eines aussichtsreichen Einsatzes einer KWK-Anlage, abgefragt.

Die Genauigkeit und Aussagekraft der Grobkonzepte ist abhängig von dem Detailierungsgrad der erhaltenen Daten. So führt die Angabe von z.B. monatlichen Energiebedarfen zu exakteren Berechnungen als Jahresbedarfe. Je Interessent werden die erhaltenen Daten ausgewertet. Bei fehlenden Angaben wird über bilateralen Kontakt versucht, die Datengrundlage zu verbessern. Ist dies nicht möglich, werden Annahmen getroffen. Hierzu werden Werte von Unternehmen vergleichbarer Branchen und Erfahrungswerte herangezogen.

4.2 Erstellung der Grobanalysen

Ziel der Grobanalysen ist die Identifikation potenziell aussichtsreicher Liegenschaften für den Einsatz einer KWK-Anlage. Für alle Teilnehme der Fragebogenaktion wurde daher eine Grobanalyse zur Wirtschaftlichkeit des Zubaus einer KWK-Anlage an dem jeweiligen Standort vorgenommen. In Anlage 5 ist beispielhaft ein solches Grobkonzept beigefügt.

Standardmäßig wurde im Grobkonzept als verfügbare und etablierte Technik eine Motor-BHKW-Anlage unterstellt. Zunächst wurden aus den monatlichen bzw. jährlichen Energieverbräuchen und den Höchstlasten stundenscharfe Lastgänge auf Basis von Lastprofilen vergleichbarer Liegenschaften als Basis für die Dimensionierung der BHKW-Anlage abgeleitet.

Die BHKW-Bewertungen wurden mit einem Excel-basierten BHKW-Tool der ENERKO durchgeführt. Dieses Tool wurde im Rahmen des Wettbewerbes KWK-Modellkommune für den Wettbewerbsbeitrag des Bergischen Städtedreiecks in 2013/14 entwickelt und seither fortlaufend aktualisiert, um aktuelle gesetzliche Rahmenbedingungen und Preisentwicklungen zu berücksichtigen. Das KWK-Tool umfasst sowohl eine wärme- und stromgeführte Einsatzplanung des Blockheizkraftwerkes auf Stundenbasis in Abhängigkeit von der gewählten Leistung, die Ermittlung der Investitionen sowie eine statisch-annuitätische Wirtschaftlichkeitsrechnung, in der Kosten und Erlöse gegenübergestellt und die Amortisationsdauern abgeleitet werden.

Das Bewertungstool umfasst weiterhin Einstellungsmöglichkeiten zum Detailierungsgrad der Auswertungen. So werden für die Erstellung der Grobkonzepte vereinfachte Annahmen angesetzt und für die Feinkonzepte die Eingangsdaten und Investitionen konkretisiert.

Im Sinne einer Grobanalyse sind hierfür vereinfachte Annahmen für eine Erstaussage zunächst ausreichend. So werden beispielsweise in diesem ersten Schritt Mischpreise für Gas und Strom angesetzt. Weiterhin wurden die Investitionskosten der BHKW-Anlage gemäß einer Kostenabschätzung basierend auf Literaturangaben und eigenen Erfahrungswerten angesetzt, ohne die Vor-Ort-Bedingungen zu berücksichtigen. Tabelle 3 zeigt die Kostenansätze der Grobkonzepte für die BHKW-Module verschiedener Größenklassen und die Vollwartungskosten. Weitere Kostenbestandteile sind Transport-, Einbindungs-, Planungskosten, sowie Kosten für einen Wärmespeicher.

Investitionsansätze		**BHKW-Modul**			**Vollwartung**		
ASUE 2014 + EEB-Ansätze		Formel	Faktor a	Exponent b	Formel	Faktor a	Exponent b
von kWel	bis kWel	EUR/kWel	EUR/kWel	-	ct/kWhel	ct/kWhel	-
		$= a \times P_{el}^{b}$			$= a \times P_{el}^{b}$		
1	3	$= 9.585 \times P_{el}^{-0,542}$	9.585,0	-0,542		absolut wie 5,1 kW	
3	5	"	9.585,0	-0,542		absolut wie 5,1 kW	
5,1	10	"	9.585,0	-0,542	= 6,6626 x Pel-0,25	6,6626	-0,25
10,1	50	$= 5.438 \times P_{el}^{-0,351}$	5.438,0	-0,351	"	6,6626	-0,25
50,1	100	"	5.438,0	-0,351	"	6,6626	-0,25
100,1	250	$= 4.907 \times P_{el}^{-0,352}$	4.907,0	-0,352	$= 6,2728 \times P_{el}^{-0,283}$	6,2728	-0,283
250,1	350	"	4.907,0	-0,352	"	6,2728	-0,283
350,1	500	"	4.907,0	-0,352	"	6,2728	-0,283
500,1	750	"	4.907,0	-0,352	"	6,2728	-0,283
750,1	1.000	"	4.907,0	-0,352	"	6,2728	-0,283
1.000,1	1.500	$= 460,9 \times P_{el}^{-0,015}$	460,9	-0,015	$= 8,6275 \times P_{el}^{-0,317}$	8,6275	-0,317
1.500,1	2.000	"	460,9	-0,015	"	8,6275	-0,317

Tabelle 3: Kostenansätze BHKW-Modul und Wartung für Grobkonzept

Abbildung 30 zeigt beispielhaft die Eingabemaske des ENERKO KWK-Tools. Die Eingabe beinhaltet die Vorgabe der Bedarfswerte, sowie kaufmännische Angaben. Dies umfasst Preisannahmen, Umlagen, Kalkulationszins sowie Abschreibungsdauer des BHKWs. Für letztere wird standardmäßig eine Zeit von 10 Jahren angenommen, da dies in etwa dem Zeitraum bis zur ersten Grundüberholung entspricht. Weitere Eingaben sind anlagenspezifisch. Hierzu gehören die Modulgröße, die für die Wirtschaftlichkeitsbewertung angesetzt wird, Stillstandszeiträume und die Art der Versorgung (Eigenstromversorgung, 100 % Netzeinspeisung oder die Stromlieferung in Kundenanlagen). Die Anlagengröße und die Versorgungsart bestimmen im Wesentlichen die Höhe der KWK-Förderung gemäß KWKG.

Eingaben Bedarf und Preise

Projektname		*Beispielunternehmen, Bergisches Städtedreieck*	
Konzept-Variante		*Grobkonzept*	
BHKW-Variante		*50 kWel Eigenstromversorgung*	
Bedarfswerte Istzustand			
Wärme			
Erdgasverbrauch	Brenntoff IST: Erdgas	*930.000*	kWh/a (Ho)
Kesseltyp		*ohne Brennwertnutzung*	
Wärmebedarf		715.385	kWh/a
Auswahl Vergleichslastgang		*W 4: Bürogeb. ohne WW*	
Strom			
Eingabeauswahl		*Strombedarf direkt*	
		350.000	kWh/a
Auswahl Vergleichslastgang		*S 7: benutzerdefiniert*	*Industrie, 1-Schicht*
Netzbetreiber Strom		*WSW*	
Spannungsebene Netzanbindung		*NS*	

Preisannahmen und Randbedingungen		
Kalkulationszins	*4,0%*	
Abschreibungsdauer BHKW	*10 a*	
Abschreibungsdauer übrige Anlagen	*10 a*	
Vergleichsbasis mit oder ohne Kesselinvest	*ohne Kesselinvest*	
Erdgaspreis	*Gaspreis als Mischpreis*	*NNE Zonenmodell*
Mischpreis inkl. Energiesteuer-Regelsatz	*4,50*	*ct/kWh (Ho) netto*
Erdgassteuer(§ 54 EnergieStG)	0,41	ct/kWh (Ho) netto
Gas-Mischpreis (inkl. Erdgassteuer § 54 EnergieStG)	4,36	ct/kWh (Ho) netto
Strombezugspreis	*Strompreis als Mischpreis*	
Mischpreis inkl. Stromsteuer-Regelsatz	*18,00*	*ct/kWh netto*
Stromsteuer (§ 9b StromStG)	1,54	ct/kWh_{el} netto
Strom-Mischpreis (inkl. Stromsteuer § 9b StromStG)	17,49	ct/kWh_{el} netto
Strompreis EEX ("üblicher" Preis KWK-Vergütung)	*4,50*	ct/kWh_{el} netto
EEG-Umlage (2019)	*6,405*	ct/kWh netto
EEG-Umlage bei Eigenversorgung	*40%*	
Stromkostenintens. Unternehmen? => min. EEG-Umlage für >1 GWh	*EEG-Umlage 100%*	
Unternehmen des Prod. Gewerbes oder Land- und Forstw.?	*ja*	

Eingaben zum BHKW

Beispielunternehmen, Bergisches Städtedreieck		**50 kWel Eigenstromversorgung**
BHKW-Anlage		
Jahr der Inbetriebnahme	*2019*	
Eingrenzung Betriebsdauer Sommer — Beginn Sommerstillstand	*15.05*	
Ende Sommerstillstand	*15.09*	
100% Einspeisung oder Eigenstrom oder geschlossenes Verteilnetz	*Eigenstromversorgung*	
Stromsteuerbefreite Lieferung im räuml. Zusammenhang?	*nein*	
Brennwertnutzung	*nein*	
Invest Gebäudedeteil berücksichtigen?	*nein*	
Elektrische Leistung	***50,0***	**kW_{el}**
Thermische Leistung	80,2	kW_{th}
Speichergröße	7,50	m^3

Abbildung 30: Eingabemaske KWK-Tool (Grobkonzept)

Ein Stillstandszeitraum im Sommerhalbjahr wird definiert bzw. verbrauchsabhängig vorgegeben, wenn der Wärmebedarf primär durch die Gebäudeheizung bestimmt wird. In diesem Fall werden die KWK-Anlagen insbesondere in den Wintermonaten und im Übergangszeitraum eingesetzt. Im Sommerhalbjahr ist der Wärmebedarf zu gering, um die Anlage ohne Teillast und häufige Starts/ Stopps zu betreiben.

Die Eingabemaske ermöglicht zudem eine Auswahl, ob ohne oder mit Investitionen für den Gebäudeteil kalkuliert werden soll. Ein Investitionsansatz für Bautechnik ist notwendig, wenn abzusehen ist, dass das BHKW-Modul nicht in bestehende Räumlichkeiten integriert werden kann. In diesem Fall werden die Kapitalkosten um die Kosten eines Gebäudeanteils erhöht. Im Rahmen der Grobanalysen wird zunächst davon ausgegangen, dass ausreichend Aufstellfläche für ein BHKW-Modul vorhanden ist. Für die Feinanalysen werden die verfügbaren Flächen im Rahmen von Vor-Ort-Begehungen begutachtet und eingeschätzt.

Im Folgenden werden die Arbeitsschritte und Rechenergebnisse eines Grobkonzeptes für ein Anwendungsbeispiel einer 50 kW-Anlage mit Eigenstromversorgung erläutert.

Die Leistung des BHKW wird entsprechend der Bedarfslastgänge für Wärme und Strom ausgelegt und so gewählt, dass die jährliche Auslastung wenigstens 4.000 Volllaststunden beträgt. Abbildung 31 zeigt beispielhaft den Einsatz einer KWK-Anlage gemäß der Einsatzplanung im KWK-Analysetool.

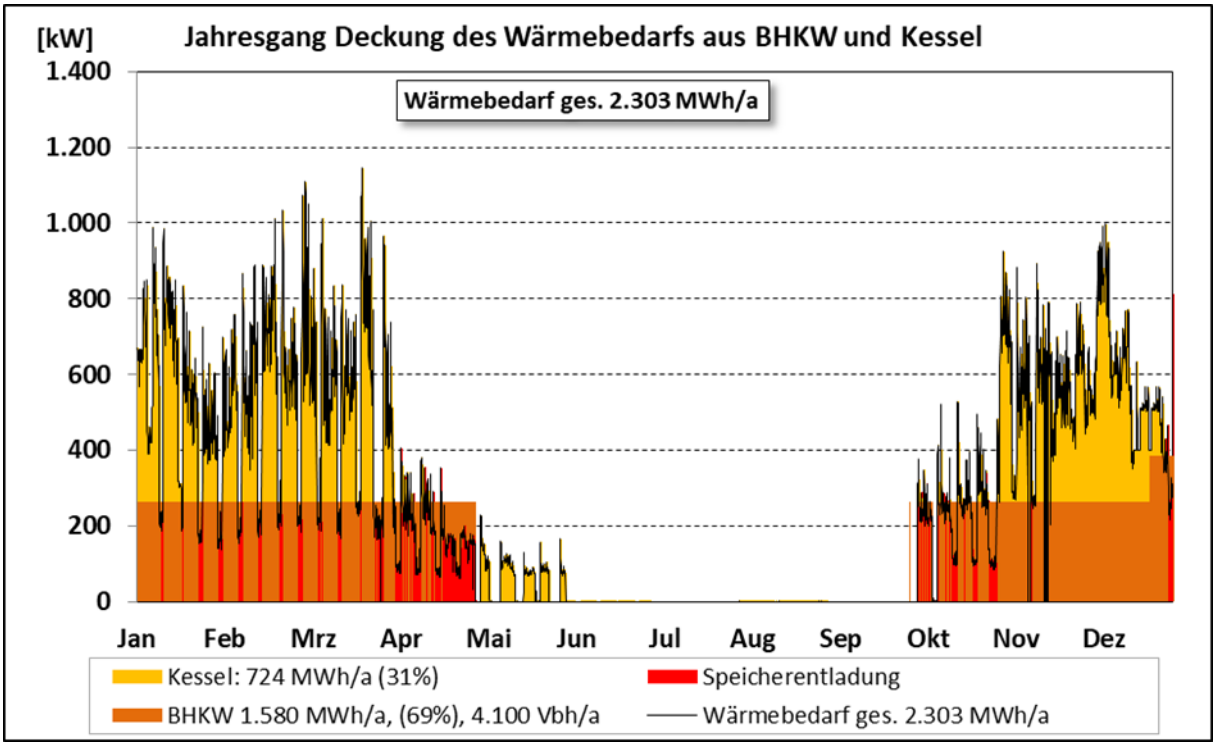


Abbildung 31: Wärmeseitige Versorgung - Beispielhafte Darstellung

Der Grund- bis Mittellastbedarf wird durch den Einsatz des BHKWs (orange) und die Spitzenlast durch einen Gaskessel (gelb) gedeckt. Zur Glättung des Wärmebedarfes und zur Reduzierung der Start/ Stopps der KWK-Anlage wir der Einsatz eines Wärmespeichers berücksichtigt. Die entsprechende Speicherentladung ist ebenfalls in der Abbildung dargestellt (rot).

Parallel zur wärmeseitigen Auslegung wird die stromseitige Auslegung anhand des Bezugslastganges im Istzustand geprüft. Wenn die Anlage zur Eigenstromerzeugung genutzt werden soll, sollte der Anteil der eigenen Nutzung maximiert und der Anteil der Überschusseinspeisung ins Netz minimiert werden.

Dieses Prinzip ist beispielhaft in Abbildung 32 dargestellt. In dunkelblau ist der Anteil des erzeugten BHKW-Stroms abgebildet, der zur Deckung des eigenen Strombedarfes beiträgt. In hellblau der ins Netz eigespeiste Strom zu Zeiten geringeren Strombedarfes. Übersteigt der Strombedarf die durch das BHKW erzeugte elektrische Energie, muss Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen werden. Dieser Reststrombezug ist in grün dargestellt.

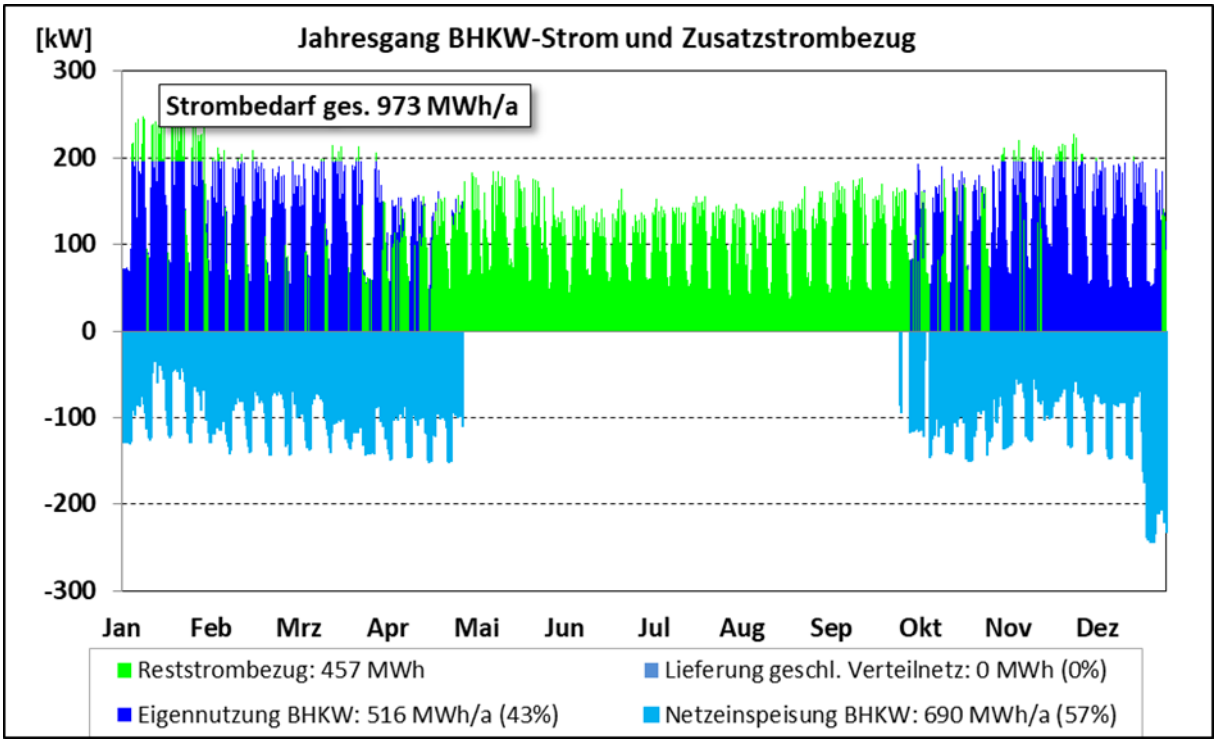


Abbildung 32: Stromseitige Versorgung - Beispielhafte Darstellung

Die Ergebnisse der Bilanzierung von Wärme- und Strombedarf und des Einsatzes der BHKW-Anlage im Vergleich zum Istzustand mit Wärmeerzeugung im Kessel werden in einer Tabelle zusammengestellt (vgl. Beispiel in Tabelle 4). Diese Bilanzen gehen in die wirtschaftliche Bewertung der BHKW-Anlage ein.

Darüber hinaus ist in Tabelle 4 die CO_2-Bilanz für die Wärmeversorgung im Istzustand (Kessel) der Bilanz bei Zubau der BHKW-Anlage gegenübergestellt. Die Emissionen der Wärmeversorgung im Istzustand resultieren aus dem jährlich eingesetzten Erdgas mit einem CO_2-Faktor von 228 kg/MWh Hi (CO_2-Äquivalent inkl. Vorketten). Bei Zubau einer BHKW-Anlage liegen die CO_2-Emissionen für den Erdgaseinsatz in BHKW und Kessel zunächst höher als im Istzustand. Für die in KWK erzeugte Strommenge erfolgt eine Gutschrift mit einem CO_2 –Faktor von 536 kg/MWh (Strommix Deutschland). Unter Berücksichtigung dieser Gutschrift liegen die

Emissionen der Wärmeversorgung mit BHKW dann rd. ein Drittel niedriger als im Istzustand. Eine grafische Darstellung zeigt Abbildung 33.

Energie- und CO_2-Bilanz				***BHKW 50 kWel + Kessel***
			Kessel	***Eigenstromversorgung***
Wärmebedarf und -erzeugung				
Wärmebedarf, max.		kW	383	383
Wärmeerzeugung Kessel		MWh/a	683	278
Wärmeerzeugung BHKW		MWh/a		406
Strombedarf und -erzeugung				
Strombedarf, max.		kW	96	96
Jährlicher Strombedarf		MWh/a	350	350
Strombezug aus dem Netz		MWh/a	350	150
Stromerzeugung BHKW (netto)		MWh/a		248
davon für Eigenversorgung		MWh/a		200
davon Netzeinspeisung		MWh/a		48
Erdgaseinsatz				
Erdgaseinsatz in Kesseln		MWh/a Ho	888	361
Erdgaseinsatz in BHKW		MWh/a Ho		818
CO_2-Emissionen		**t/a**	**183,2**	**110,3**
CO_2-Emissionen Erdgas	*228 kg/MWh Hu*	t/a	183,2	243,2
aus Kessel		t/a	183,2	74,5
aus BHKW		t/a		168,7
CO_2-Gutschrift für Stromerzeugung	*536 kg/MWh*	t/a		-132,9
CO_2-Einsparung (bezogen auf Wärmeerzeugung)		**t/a**		**73,0**
				39,8%

Tabelle 4: Beispielhafte Energie- und CO_2-Bilanz für ein Grobkonzept

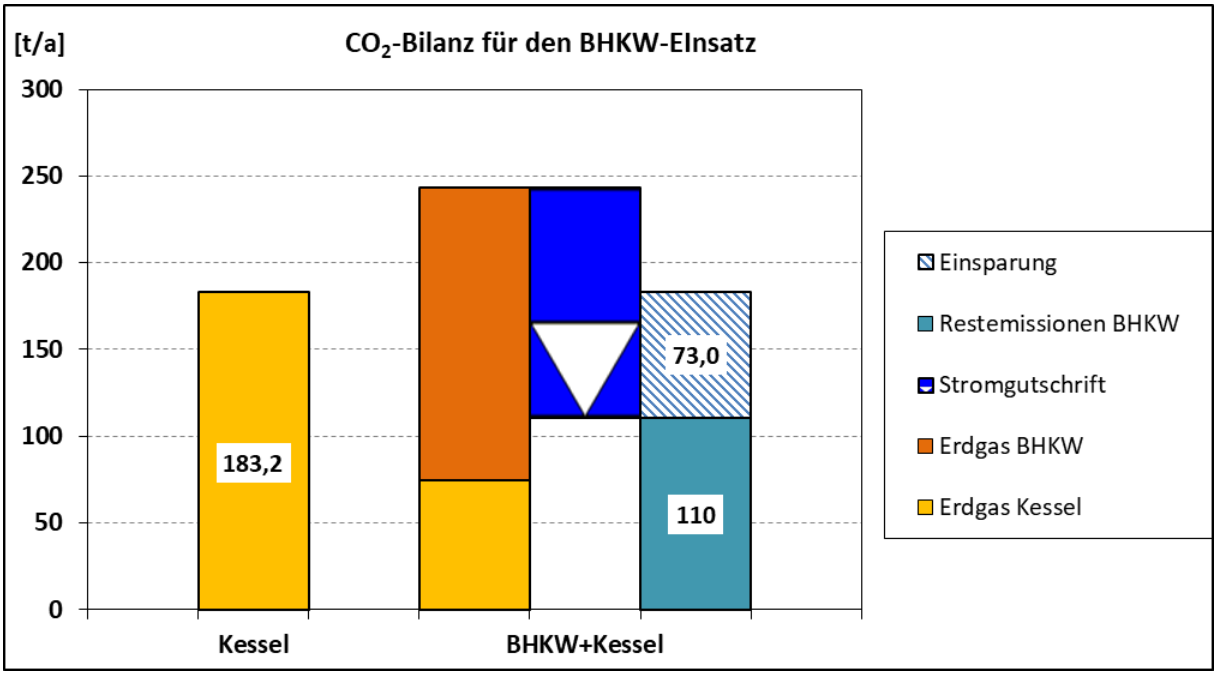


Abbildung 33: CO_2-Bilanz - Beispielhafte Darstellung

Im Rahmen der wirtschaftlichen Bewertung werden die Kosten für die Wärme- und Stromversorgung für den Istzustand – i.d.R. Wärmeerzeugung im Kessel und Strombezug aus dem Netz – den Kosten bei Zubau einer BHKW-Anlage gegenübergestellt.

Folgende Kosten werden erfasst:

- Fixe Kosten wie Kapitaldienst für die Investition, Personalkosten (Bedienaufwand), Kosten für Versicherung und Verwaltung
- Variable Kosten für den Erdgaseinsatz, die Energiesteuern (unter Berücksichtigung der Steuererstattung für den Einsatz im BHKW-Modul) und die laufzeitabhängigen Wartungskosten für die BHKW-Anlage (Vollwartungsvertrag)

Als Erlöse werden folgende Stromgutschriften gegengerechnet:

- Die Verringerung der Strombezugskosten durch die Eigenerzeugung (Vermeidung von Strombezug)
- Ggf. Erlöse aus Lieferungen in einer Kundenanlage (geschlossenes Verteilnetz)
- Erlöse aus der Netzeinspeisung und ggf. aus der steuerbefreiten Lieferung von Strom an Dritte im räumlichen Zusammenhang (nur bei Betrieb der Anlage durch Stromversorger)
- Erlöse aus der Förderung nach dem KWKG

Aus der Differenz von Kosten und Erlösen folgen die Wärmerestkosten für den Istzustand bzw. bei Zubau einer BHKW-Anlage. Bei Kosteneinsparung gegenüber dem Istzustand werden die statische Amortisationsdauer und die dynamische Amortisationsdauer (unter Berücksichtigung der Zinskosten) ermittelt und ausgewiesen. Eine Ampelkennzeichnung ermöglicht eine rasche optische Einstufung: grün = Amortisationsdauer bis 6 Jahre, gelb = Amortisationsdauer > 6 bis 10 Jahre, rot = Amortisationsdauer > 10 Jahre.

Eine beispielhafte grafische Darstellung des Vergleichs der Kosten und Erlöse ist in Abbildung 34 gezeigt. Die gelben Säulen stellen den Anteil der variablen Kosten in TEUR/a dar. In der BHKW-Variante sind zusätzlich die Fixkosten in grau, die KWK-Erlöse in grün und die Erlöse aus der Stromeigennutzung in hellblau bzw. aus der Netzeinspeisung in dunkelblau dargestellt. Die orangene Säule repräsentiert die Wärmerestkosten bei BHKW-Zubau.

Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsbetrachtung BHKW-Einsatz

Beispielunternehmen, Bergisches Städtedreieck

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung			***BHKW 50 kWel + Kessel***
(alle Kosten und Erlöse netto)		***Kessel***	***Eigenstromversorgung***
	EEG-Umlage auf Eigenstrom		*EEG-Umlage 40%*
Investition BHKW-Zubau (ohne Bauteil)	**TEUR**		**126,1**
davon BHKW-Modul	*TEUR*		*68,9*
BHKW-Nebenanlagen und Einbindung	*TEUR*		*31,0*
Wärmespeicher 7,5 m³	*TEUR*		*11,3*
Baukosten	*TEUR*		*0,0*
Planung, Sonstiges	*TEUR*		*15,0*
Fixe Kosten	**TEUR/a**	**0,0**	**20,2**
davon Kapitaldienst	*TEUR/a*	*0,0*	*15,6*
Grundüberholung BHKW	*TEUR/a*		*0,0*
Personalkosten BHKW-Betrieb	*TEUR/a*		*1,0*
Versicherung, Verwaltung	*TEUR/a*	*0,0*	*3,7*
Variable Kosten	**TEUR/a**	**38,7**	**54,4**
davon Gas für Kessel	*TEUR/a*	*35,1*	*14,3*
Gas für BHKW	*TEUR/a*		*32,3*
Energiesteuer für Erdgas	*TEUR/a*	*3,7*	*1,5*
Vollwartung BHKW	*TEUR/a*		*6,3*
Stromgutschrift	**TEUR/a**	**0,0**	**-43,9**
davon aus Eigenstromnutzung	*TEUR/a*		*-29,8*
aus Lieferung geschl. Verteilnetz	*TEUR/a*		*0,0*
aus Netzeinspeisung	*TEUR/a*		*-2,2*
aus Stromsteuerbefreiung Liefrg. an Dritte	*TEUR/a*		*0,0*
aus KWKG-Förderung	*TEUR/a*		*-11,8*
Wärmerestkosten	**TEUR/a**	**38,7**	**30,7**
spezifischer Wärmegestehungspreis	**EUR/MWh**	**54,2**	**42,9**
Kosteneinsparung gegenüber Kessel	**TEUR/a**		**8,0**
Statische Amortisationsdauer	**a**		**5,3**
Dynamische Amortisationsdauer *)	**a**		**6,1**
Ergebnis:	***BHKW-Wirtschaftlichkeit konkreter prüfen***		

**) = Ln(1-Inv*Zins/Einsparung) / Ln(1/(1+Zins)) für preisstatische Berechnung aus Gl. (104) VDI 2067, Blatt 1, Beiblatt*

Tabelle 5: Beispielhafte Ergebnistabelle des Wirtschaftlichkeitsvergleichs Grobkonzept

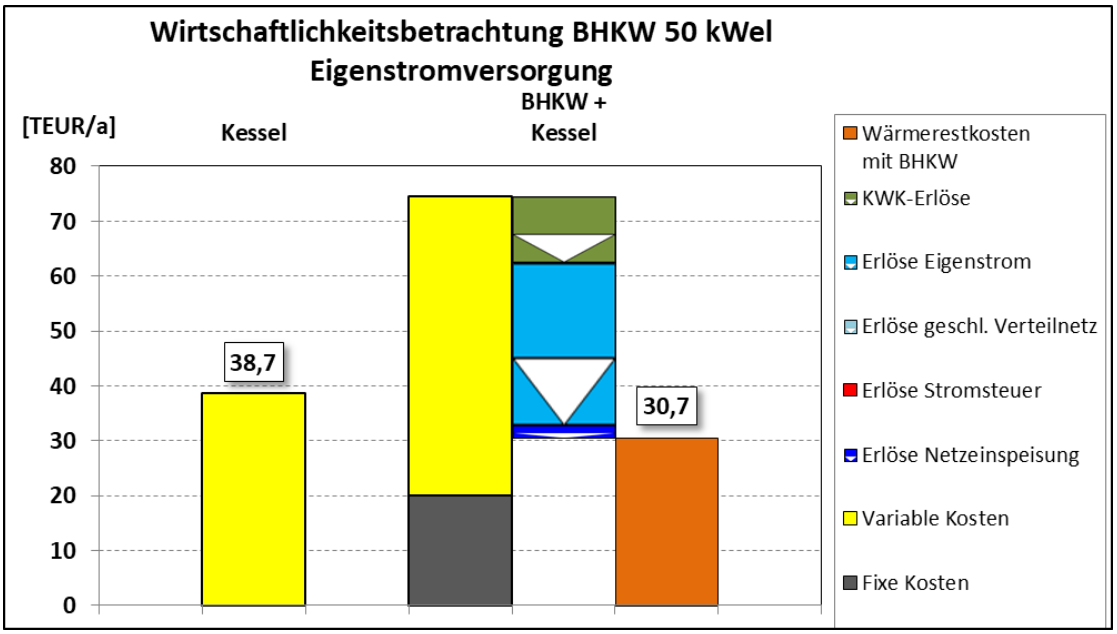


Abbildung 34: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung - Beispielhafte Darstellung

Um zu einer Einschätzung bzgl. der sinnvollsten BHKW-Leistung zu gelangen, werden die Einsatzplanung und die Wirtschaftlichkeitsberechnung jeweils für verschiedene Anlagenleistungen durchgeführt. Kriterien für die Auswahl der Anlagengröße sind die erzielbaren Vollbenutzungsstunden, der Anteil der KWK-Wärme am gesamten Wärmebedarf sowie die erzielbare Kosteneinsparung und die dynamische Amortisationsdauer.

Abbildung 35 zeigt exemplarisch eine Sensitivitätsanalyse bezüglich der Anlagengröße mit den Zielgrößen Kosteneinsparung und Amortisationsdauer. Die größte Kosteneinsparung und die kürzeste Amortisationsdauer werden hier eindeutig bei einer Leistung von 50 kW_{el} erzielt. In Abhängigkeit von den Lastgang-Strukturen Wärme bzw. Strom kann es Fälle geben, in denen die Sensitivitätsanalyse kein eindeutiges Optimum ergibt. In diesen Fällen wird man weitere Kriterien heranziehen wie bspw. die absolute Höhe der Investition, den Anteil KWK-Wärme an der Gesamtwärme (z.B. bei Versorgung von Neubauten mit mind. 50% Anteil der KWK-Wärme wg. Anforderungen hinsichtlich EEWärmeG). Man wird dann ggf. eher zugunsten einer kleineren Anlage (niedrigere Investition) oder einer größeren Anlage (hoher Anteil KWK-Wärme) entscheiden.

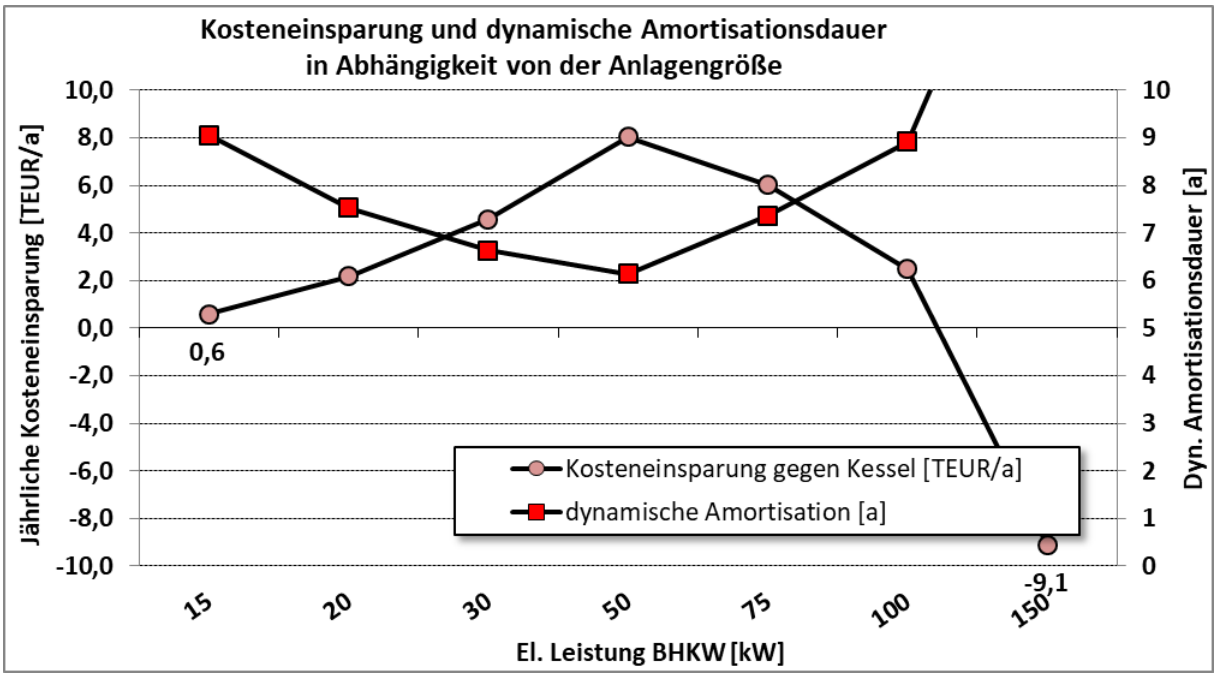


Abbildung 35: Sensitivitätsanalyse zur Anlagengröße - Beispielhafte Darstellung

4.3 Vor-Ort-Beratung und Erstellung der Feinkonzepte

Zur Identifizierung der Unternehmen und Liegenschaften für die Feinkonzepte wurde mehrstufig vorgegangen:

1) Voraussetzung: positive Einschätzung für KWK-Anlage aus der Grobanalyse
2) Telefongespräche mit den Unternehmen zur Vorklärung des Interesses an der Untersuchung und der konkreten Randbedingungen für den Einsatz am Standort

3) Bei positiver Entscheidung für ein Feinkonzept Vor-Ort-Termin und –Beratung zur Aufnahme der Ist-Situation der Wärmeversorgung, Abfrage weiterer Informationen zu verfügbaren Unterlagen, Lastgängen Wärme/Gas und Strom, Energiepreisen etc.
4) Erstellung des Feinkonzeptes unter Berücksichtigung der Vor-Ort-Situation und der ergänzenden Informationen

Stellt sich im Rahmen der telefonischen Vorklärung heraus, dass der Standort/Betrieb für eine KWK-Anlage ungeeignet ist, wird von der Durchführung eines Feinkonzeptes abgesehen. Gründe hierfür können sein:

- Brennstoff-/Gaseinsatz im Unternehmen zu einem sehr großen Anteil für Prozesszwecke (z.B. Brennöfen oder Prozessdampf); die konventionelle Heizungswärme mit Pumpenwarmwasser-System ist zu gering für eine BHKW-Anlage.
  Anmerkung: Prozessdampf kann grundsätzlich auch mit KWK-Anlagen bereitgestellt werden (z.B. Gasturbinen oder bei niedrigen Dampfdrücken auch Abgaswärme aus einem Motor). In den hier vorliegenden Fällen war der technische Maßstab für Gasturbinen allerdings zu klein.
- Beheizung der (Produktions-)Gebäude teilweise über direktgefeuerte, mglw. dezentrale Lufterhitzer oder direkt gefeuerte Deckenstrahlungsheizungen.
  In diesen Fällen müssten durch Umstellung der Heizungstechnik auf ein Pumpenwarmwasser-System zunächst die Voraussetzungen für den Einsatz von BHKW-Anlagen geschaffen werden. Die Investitionen hierfür sind hoch und können – wenn die Umstellung nicht ohnehin vorgesehen ist – durch eine BHKW-Anlage i.d.R. nicht erwirtschaftet werden.

In den Vor-Ort-Terminen wurden zunächst die Ergebnisse des Grobkonzeptes erläutert sowie geplante Maßnahmen in der Energieversorgung und ergänzend benötigte Unterlagen besprochen (ggf. beim Netzbetreiber abzufragende Lastgänge Gas und Strom, Energierechnungen, Grundrisse, Lagepläne).

Die anschließende Begehung der Liegenschaft umfasste folgende Arbeiten:

- Aufnahme der Struktur und der Nenndaten der Wärmeerzeugungsanlagen (Kesselleistungen, ggf. Lüftungsanlagen und Deckenstrahlungsheizungen)
- Aufnahme der Einbringungs- und Aufstellungssituation:
  Zuwege/Transport der Anlage zum Aufstellungsort, ggf. Erfordernis für (teilzerlegte) Anlieferung oder Montagen vor Ort.
  Prüfung der zur Verfügung stehenden Aufstellungsfläche für BHKW-Modul und Wärmespeicher; ggf. potenzielle Aufstellungsflächen außerhalb des Heizungsraumes.
- Aufnahme der Anbindungssituation mit Lage und Entfernung von Gasanschluss, elektrischem und hydraulischem Anschluss; erforderliche Leitungsführung im Gebäude.
- Möglichkeiten zur Rauchgasableitung über vorhandenen Kamin bzw. evtl. freien Rauchgaszug oder über einen neuen Kamin an der Außenfassade;
  Zuluft und ggf. Abluftführung.

Falls sich erst im Rahmen der Bestandsaufnahme herausstellte, dass die Wärmeversorgung für die Installation einer BHKW-Anlage nicht eignet (z.B. überwiegend direkt gefeuerte Luftheizungen oder Deckenstrahlungsheizungen) oder die Aufstellung und/oder Einbringung einer BHKW-Anlage aufgrund der räumlichen Verhältnisse nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich wäre, wurde von der weiteren Erstellung des Feinkonzeptes abgesehen.

Für die geeigneten Liegenschaften wurden nach Durchführung der Vor-Ort-Begehungen die Feinkonzepte erstellt mit folgendem Inhalt:

1. Einleitung
2. Ausgangssituation/Bestandsaufnahme
   2.1. Istzustand der Wärme- und Stromversorgung und Bedarfssituation
   2.2. Ergebnisse Bestandsaufnahme vor Ort
   2.3. Energiepreise und Kostenstrukturdaten
3. Technische Auslegung, Energie- und CO_2-Bilanz
   3.1. Vorüberlegungen zur Leistung und Wirtschaftlichkeit
   3.2. Dimensionierung der Anlage und Energiebilanz
   3.3. Investitionen
   3.4. CO_2-Bilanz
4. Wirtschaftliche Bewertung
   4.1. Basisrechnung mit Energiepreisen 2019
   4.2. Sensitivitätsanalysen
5. Fazit

Ein beispielhaftes Feinkonzept für eine Schwimmhalle in Wuppertal ist diesem Bericht in Anlage 6 beigefügt.

Änderungen gegenüber den Einschätzungen aus den Grobkonzepten haben sich in den Feinkonzepten insbesondere ergeben aufgrund:

- der Detaillierung von Bedarfslastgängen durch Verwendung der gemessenen Lastgänge Gasbezug und/oder Strombezug an Stelle von Vergleichslastgängen auf Basis von monatlichen Verbäuchen im Rahmen der Grobkonzepte;
- der Detaillierung der Brennstoff- und Strompreise mit Unterscheidung der Preise für Commodity, Netznutzung und gesetzlichen Umlagen (EEG-Umlage, KWK-Umlage etc.) an Stelle von Mischpreisen im Rahmen der Grobkonzepte;
- der Detaillierung der Investitionen mit konkreten Richtpreisen für die BHKW-Module, den einzelnen Anbindungsgewerken Gas, Strom, Hydraulik, Kamin etc. und der sich aus der konkreten Situation vor Ort ggf. ergebenden Zusatzkosten (bspw. Baukosten oder zusätzliche Kosten für die zerlegte Einbringung und Montagen vor Ort) an Stelle der Kostenansätze aus der Literatur bzw. allgemeinen Erfahrungswerten im Rahmen der Grobkonzepte.

Insgesamt ist die bauliche Realisierung inkl. Einbringung und Aufstellung des BHKW-Moduls in den häufigsten Fällen machbar. Jedoch müssen fast immer Kostenerhöhungen, begründet durch teilzerlegte Einbringung oder kleinere bauliche Veränderungen, berücksichtigt werden. Diese projektspezifischen Zusatzkosten können leicht 10% bis 20% der Gesamtinvestition erreichen. Tabelle 6 zeigt eine beispielhafte Investitionszusammenstellung für ein 50 kW-BHKW.

		Ausgewähle Modul-Größe [kW]	projekt-spezifische Zusatzkosten	GTK16 E 04 BW Toyota	GTK20 E 04 BW Toyota	GTK35 E MAN	**GTK50 E MAN**	GTK70 E MAN	GTK100 MAN	GTK140 E MAN
	kWel	**50**		**16**	**20**	**35**	**50**	**70**	**100**	**140**
Investitionskosten		**kW_{el}**		**kW_{el}**	**kW_{el}**	**kW_{el}**	**kW_{el}**	**kW_{el}**	**kW_{el}**	**kW_{el}**
BHKW-Modul	**TEUR**	**74**	**0**	40	46	68	**74**	84	100	122
Nebenanlagen und Einbindung	**TEUR**	**76**								
Anbindung Gas	*TEUR*	*4,5*	0	4	4	4,5	**4,5**	5	5	6
Anbindung Hydraulik	*TEUR*	*7,5*	0	5	5,5	6,5	**7,5**	8,5	10	12
Anbindung E-MSR und Stromeinspeisung	*TEUR*	*22,0*	10	10	10	12	**12**	15	16	18
Lüftung	*TEUR*	*11,0*	3	6	6	7	**8**	9	10	12
Abgas Kamin	*TEUR*	*19,5*	15	3,5	4	4,5	**4,5**	5	5,5	6,5
Wärmespeicher (1.500 EUR je m³)	*TEUR*	*11,3*		*1,6 m³*	*1,6 m³*	*5,3 m³*	***7,5 m³***	*11,0 m³*	*15,0 m³*	*22,5 m³*
Baukosten (Fundament, Durchbrüche usw.)	**TEUR**	**5**								
Gebäude BHKW	*TEUR*	*0,0*	0	0	0	0	**0**	0	0	0
sonstige Baukosten (Fundament, Durchbrüche usw.)	*TEUR*	*5,0*	5	0	0	0	**0**	0	0	0
Planung	**TEUR**	**25**	**0**	20	20	20	**25**	25	25	25
Sonstiges	**TEUR**	**2,5**	**2,5**							
Unvorhergesehenes (20% der Kosten ohne Speicher)	**TEUR**	**34**	**0**	20%	20%	20%	**20%**	20%	20%	20%
Gesamt	**TEUR**	**216**	**35,5**							

Tabelle 6: Investitionsansätze im Feinkonzept (Beispiel BHKW 50 kW Schwimmhalle)

Auf Basis aktualisierter Eingangsdaten und Lastgänge und der Erkenntnisse aus den Vor-Ort-Begehungen wurden die Berechnungen der Grobkonzepte überarbeitet. Dabei wurde auch die Dimensionierung der BHKW-Anlage noch einmal kritisch geprüft und ggf. angepasst. Die Ergebnisse wurden im Rahmen der Feinkonzepte in detaillierten Tabellen zur Energiebilanz und Wirtschaftlichkeitsbewertung dargestellt und erläutert. Die Tabelle 7 und die Tabelle 8 zeigen Beispiele hierfür aus dem Feinkonzept für ein Schwimmbad gemäß Anlage 6.

Zur Absicherung des Ergebnisses der wirtschaftlichen Bewertung wurden Sensitivitätsanalysen bzgl. der Energiepreise Gas und Strom und der Investitionen durchgeführt und in Grafiken dargestellt. Beispiele hierfür mit den Zielgrößen jährliche Kosteneinsparung und Amortisationsdauer zeigt Abbildung 36.

Alle Ergebnisse der Feinanalysen wurden in Berichten dokumentiert und in einem Fazit mit einer Empfehlung zusammengefasst. Der Bericht wurde den Unternehmen zur Verfügung gestellt und bei Bedarf fernmündlich bzw. in Vor-Ort-Terminen erläutert.

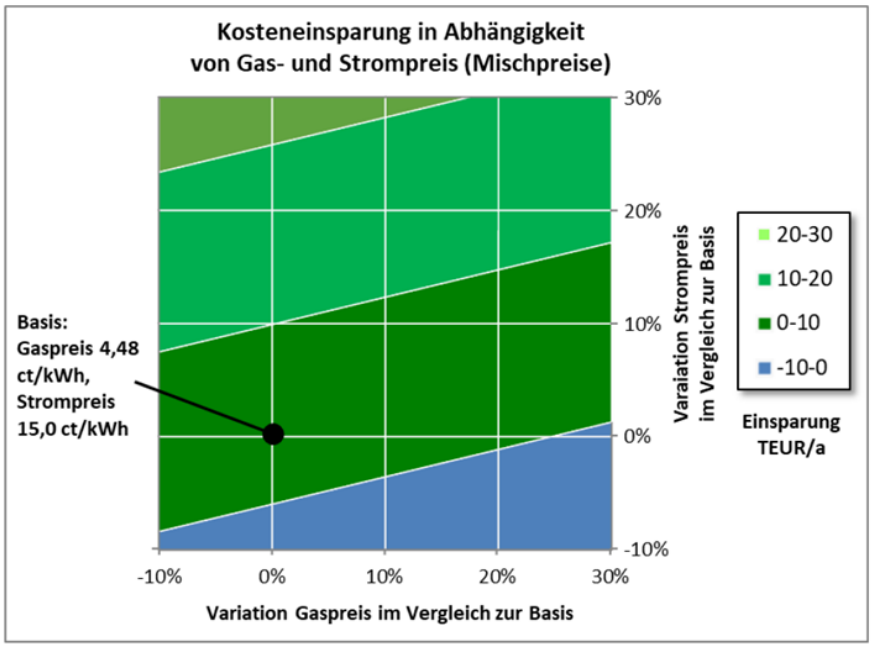
BHKW-Einsatz in der Wärmeerzeugung Schwimmhalle am Timpen, Stadt Wuppertal Technische Eckdaten				Variante	1 IST Gaskessel	2 BHKW 50 kWel
1.	**Wärmebedarf**					
1.1	Wärmeleistung (max)			kW	506	506
1.2	Jährlicher Wärmebedarf		*3.352 h/a*	MWh/a	1.695	1.695
1.3	Netzverluste (bez. auf Erzeugung)		*0%*	MWh/a	0	0
2.	**Strombedarf**					
2.1	Höchstlast Strom			kW_{el}	120	120
2.2	Jährlicher Strombedarf		*5.801 h/a*	MWh_{el}/a	694	694
3.	**BHKW-Daten**					
3.1	Elektrische Leistung, brutto			kW_{el}		**50,0**
3.2	Elektrische Leistung, n	*Eigenbedarf*	*2%*	kW_{el}		49,0
3.3	Wirkungsgrad, el.					34%
3.4	Thermische Leistung			kW_{th}		79,0
3.5	Brennstoffleistung			kW (Hu)		148,0
3.6	Gesamtwirkungsgrad					87,2%
3.7	Vollbenutzungsstunden			Vbh/a		8.348
3.8	Stromerzeugung BHKW, netto			MWh_{el}/a		409
	davon	für Eigennutzung	*100%*	MWh_{el}/a		408
		für Lieferung an Dritte	*0%*	MWh_{el}/a		0
		Netzeinspeisung	*0%*	MWh_{el}/a		1
4.	**Reststrombezug**					
4.1	Elektrische Leistung, max.			kW_{el}	120	91
4.2	Jährlicher Strombezug			MWh_{el}/a	694	286
4.3	Vollbenutzungsstunden Strombezug			Vbh/a	5.801	3.147
5.	**Wärmeerzeugung und Brennstoffeinsatz**					
5.1	Wärmeerzeugung	Gesamt		MWh/a	1.695	1.695
		davon aus Kessel		MWh/a	1.695	1.036
		davon aus BHKW		MWh/a		659
			Anteil Wärme aus KWK			*38,9%*
5.2	Erdgaseinsatz Kessel	*eta*	*85%*	MWh/a (Ho)	2.204	1.346
5.3	Erdgaseinsatz BHKW			MWh/a (Ho)		1.365
5.4	Erdgaseinsatz max. Leistung			kW (Ho)	657	718

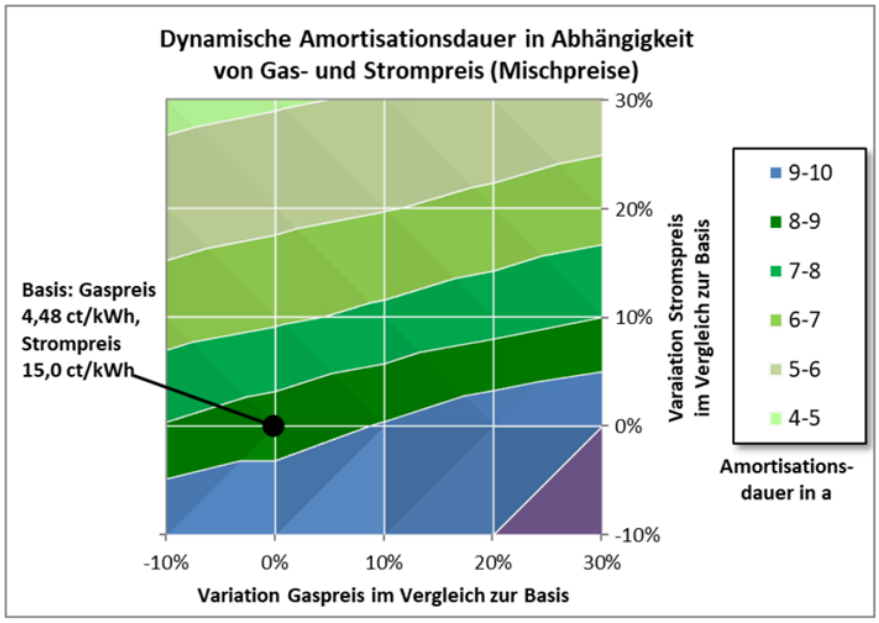
Tabelle 7: Energiebilanz im Feinkonzept (Beispiel BHKW 50 KW Schwimmhalle)

BHKW-Einsatz in der Wärmeerzeugung Schwimmhalle am Timpen, Stadt Wuppertal Wirtschaftlichkeitsbetrachtung			Variante	1 IST Gaskessel	2 BHKW 50 kWel
1.	**Fixe Kosten**				
1.1	Kapitaldienst BHKW (3,0%, 10 a)	*11,7%p.a.*	TEUR/a		8,7
1.2	Kapitald. übrige Anlagen (3,0%, 10 a)	*11,7%p.a.*	TEUR/a	0,0	16,7
1.3	Wartung/Instandhaltung Kessel etc.	*2,0%p.a.*	TEUR/a	0,0	2,8
1.4	*Grundüberholungskosten BHKW (nicht angesetzt, da i.d.R. erst nac*		*TEUR/a*		*0,0*
1.5	Versicherung, Steuern, Verwaltung	*2,0%p.a.*	TEUR/a	0,0	4,3
1.6	Personalkosten Betrieb/Bedienung	*45 €/h*	TEUR/a		1,0
	(nur Mehraufwand BHKW-Betrieb)		*h/a*		*22*
1.7	**Fixe Kosten, gesamt**		**TEUR/a**	**0**	**34**
2.	**Variable Kosten**				
2.1	**Strombezug bzw. Reststrombezug**		**TEUR/a**	**104,0**	**47,0**
		Mischpreis inkl. Stromsteuer und KA		*14,99 ct/kWh*	*16,44 ct/kWh*
2.1.1	Strombezug (Commodity)	*3,500 ct/kWh*	TEUR/a	24,3	10,0
2.1.2	Netzentgelte, LP		TEUR/a	12,0	9,1
				100,13 EUR/kW	*100,13 EUR/kW*
2.1.3	Netzentgelte, AP		TEUR/a	1,3	0,5
				0,19 ct/kWh	*0,19 ct/kWh*
2.1.4	EEG-Umlage *Regelsatz 2019*	*6,405 ct/kWh*	TEUR/a	44,4	18,3
2.1.5	KWKG-Umlage *Regelsatz 2019*	*0,280 ct/kWh*	TEUR/a	1,9	0,8
2.1.6	Übrige Umlagen und KA	*0,836 ct/kWh*	TEUR/a	5,8	2,4
2.1.7	Stromsteuer (unter Berücks. §§ 9b, 10 StromS	*2,050 ct/kWh*	TEUR/a	14,2	5,9
2.2	**EEG-Umlage auf eigengenutzte Stromerzeugung**	*40% = 2,562 ct/kWh*	**TEUR/a**		**10,5**
2.3	*EEG-Umlage auf BHKW-Stromlieferung an Dritte*	*6,405 ct/kWh*	*TEUR/a*		*keine Lieferung*
2.4	*Stromsteuer für Lieferung an Dritte*	*0,000 ct/kWh*	*TEUR/a*		*an Dritte*
2.5	**Brennstoffeinsatz**		**TEUR/a**	**98,7**	**114,0**
		Mischpreis inkl. Netzentgelte, Energiesteuer und KA		*4,48 ct/kWh*	*4,20 ct/kWh*
2.5.1	Erdgas in Kesselanlagen (Mischpreis ohne Ste	*3,93 ct/kWh (Ho)*	TEUR/a	86,6	52,9
2.5.2	Erdgas in BHKW-Anlagen (Mischpreis ohne St	*3,93 ct/kWh (Ho)*	TEUR/a	0,0	53,7
2.5.6	Energiesteuer (Gas in Kesseln)	*0,55 ct/kWh (Ho)*	TEUR/a	12,1	7,4
2.6	**Vollwartung BHKW** (Ansätze ASUE 2014)		**TEUR/a**		**10,5**
			ct/kWh		*2,51*
		bzw.	*EUR/Vbh*		*1,25*
2.7	**Variable Kosten, gesamt**		**TEUR/a**	**203**	**182**
3.	**Summe Fixe und variable Kosten**		**TEUR/a**	**203**	**215**
4.	**Erlöse aus Stromerzeugung BHKW**				
4.1	Stromeinspeisung (EEX Base Ø 2019)	*4,50 ct/kWh*	TEUR/a		0,0
4.2	Stromeinsp. Verm. Netzentg. (AP + 0% LP)	*0,17 ct/kWh*	TEUR/a		0,0
4.3	Förderung gem. KWKG	*Förderdauer*	*h bzw. a*		*60.000 h bzw. 7,2 a*
4.3.1	*Jährl. Förderung im Förderzeitraum*		*TEUR/a*		*16,4*
4.3.2	*Ø jährl. Förderung bei Betrachtung über 10 Jahre*		*TEUR/a*		*12,3*
4.4	**Erlöse aus Stromerzeugung, gesamt**		**TEUR/a**	**0**	**16,4**
5.	**Restkosten Wärme und Strom**		**TEUR/a**	**203**	**199,0**
5.1	**Einsparungen gegenüber dem Istzustand**		**TEUR/a**		**3,8**
6.	**Wärmekosten und Vorteil BHKW-Zubau während Förderphase KWK**				
6.1	**Stromkosten Istzustand**		**TEUR/a**	**104,0**	**104,0**
6.2	**Wärmerestkosten nach Abzug Stromkosten**		**TEUR/a**	**98,7**	**95,0**
6.3	spezifischer Wärmegestehungspreis		EUR/MWh	58,2	56,0
6.4	**Einsparungen gegenüber Variante 1**		**TEUR/a**		**3,8**
6.5	Einsparungen gegenüber Var.1 vor Kapitaldienst		TEUR/a		29,1
6.6	Zusatzinvestition BHKW gegenüber Var. 1		TEUR		216,5
6.7	Statische Amortisationsdauer	> KWK-Förderzeitraum	a		7,4
6.8	**Dynamische Amortisationsdauer *)**	> KWK-Förderzeitraum	**a**		**8,5**

**) = Ln(1-Inv*Zins/Einsparung) / Ln(1/(1+Zins)) für preisstatische Berechnung aus Gl. (104) VDI 2067, Blatt 1, Beiblatt*

Tabelle 8: Wirtschaftlichkeitsbewertung im Feinkonzept (Beispiel Schwimmhalle)





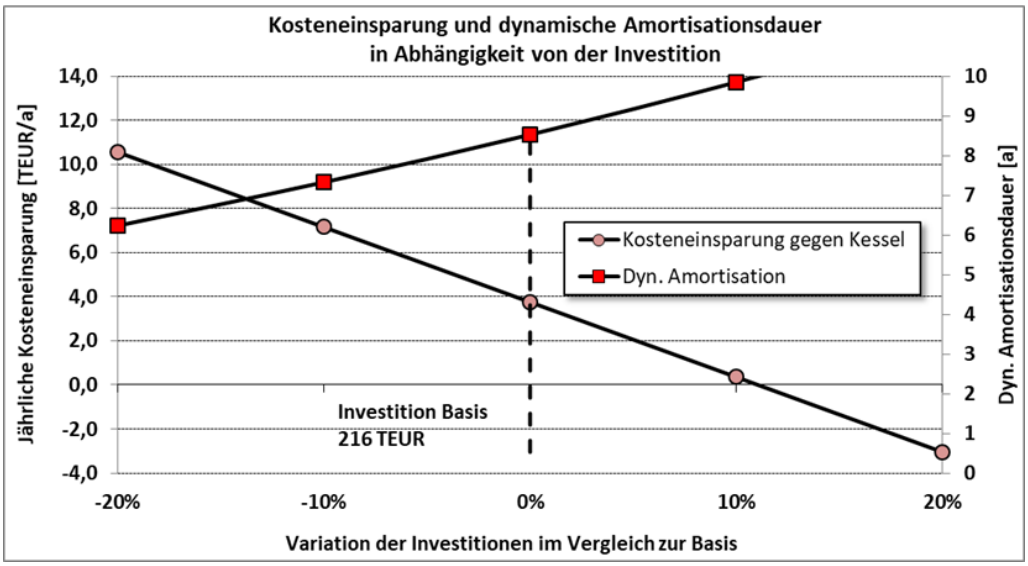


Abbildung 36: Sensitivitätsanalysen Feinkonzept bzgl. Preisen und Investitionen

5 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Beratungsoffensive dargestellt und mit Auswertungen für die Fragebogenaktion, die Grobanalysen und die Feinkonzepte erläutert.

Abschließend wird eine Aussage bezüglich des KWK-Potenzials in Abhängigkeit der Gebäudenutzung und der jeweiligen Stadt gegeben.

5.1 Allgemeine Ergebnisse der Beratungsoffensive

5.2 Auswertung der Rückläufe der Fragebogenoffensive

Insgesamt wurden 404 Unternehmen kontaktiert. Die folgende Abbildung 37 stellt die angeschriebenen Unternehmen in Abhängigkeit der Stadt und des Sektors dar. Den mit Abstand größten Anteil haben Industriebetriebe mit rd. 70% gefolgt vom Handelssektor mit ca. 15%.

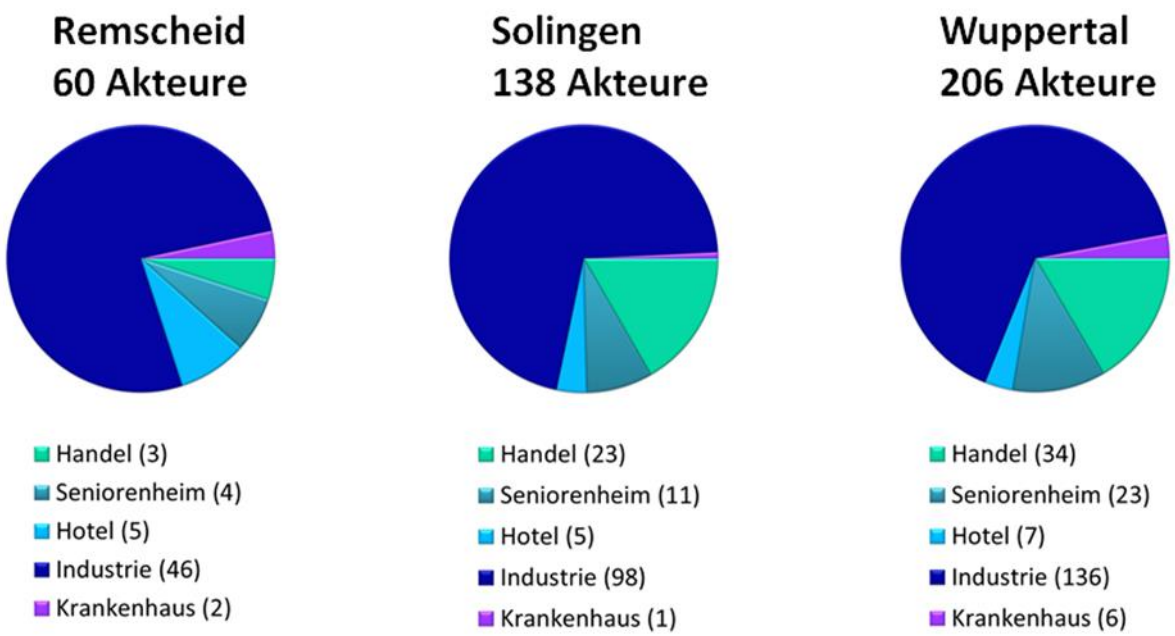


Abbildung 37: Kontaktierte Unternehmen nach Städten und Branchen

Die Versendung der Fragebögen erfolgte im Oktober 2017. Im April 2018 wurde eine Telefonaktion gestartet, um die Rücklaufquote zu erhöhen.

Nach Ablauf der Fragebogen- und Telefoninitiative zeigt sich jedoch in allen drei Städten ein ernüchterndes Ergebnis. Die exakte Auswertung der Kontaktaufnahmen sind in Abbildung 9 dargestellt. Nur ein geringer Anteil aller kontaktierter Unternehmen hat den Fragebogen zurückgesendet bzw. war telefonisch zu erreichen. Die Quote der erreichten Betriebe liegt in Remscheid bei 43%, in Solingen bei 20% und in Wuppertal bei 24%.

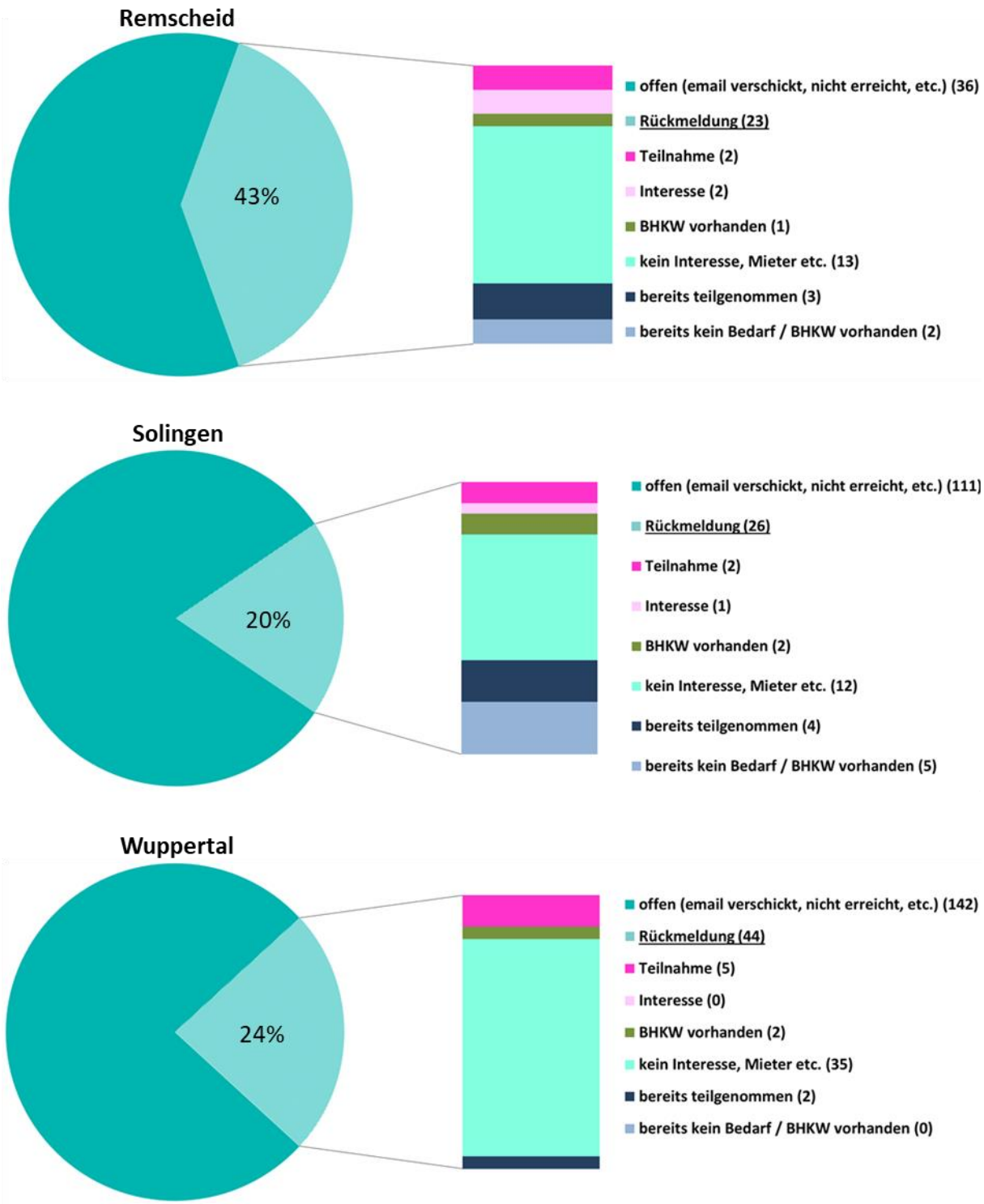


Abbildung 38: Auswertung Kontaktaufnahme

Nicht alle erreichten Betriebe zeigten Interesse an einer Potenzialbewertung einer Kraft-Wärme-Kopplung, sodass letztendlich 20 zu untersuchende Betriebe verblieben. Weitere zwei zu betrachtende Liegenschaften in Wuppertal ergaben sich im weiteren Projektverlauf durch bivalente Gespräche.

Die Rückantworten dieser Liegenschaften wurden ausgewertet und aufbereitet, sodass die Daten für die Bearbeitung mit dem KWK-Bewertungstool verwendet werden konnten. Die

nachfolgenden Darstellungen zeigen anonymisiert die Energieverbräuche der Fragebogenteilnehmer, unterteilt nach den Städten. Weiterhin angegeben ist die Branche des jeweiligen Unternehmens. In rot ist der Primärenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasserbereitung abgebildet. Die blauen Säulen zeigen den jährlichen Strombedarf der jeweiligen Liegenschaft.

Die meisten der erfassten Betriebe bzw. Liegenschaften sind kleine und mittlere Betriebe mit einem Energiebedarf Wärme/Strom im Bereich zwischen 100 MWh/a und 500 MWh/a. Einige wenige Betriebe zeigen einen Wärme- oder/und Strombedarf von mehr als 1.000 MWh/a. Demzufolge liegen auch die untersuchten BHKW-Anlagen i.d.R. im Leistungsbereich von Kleinanlagen zwischen 20 und 100 kW_{el}.

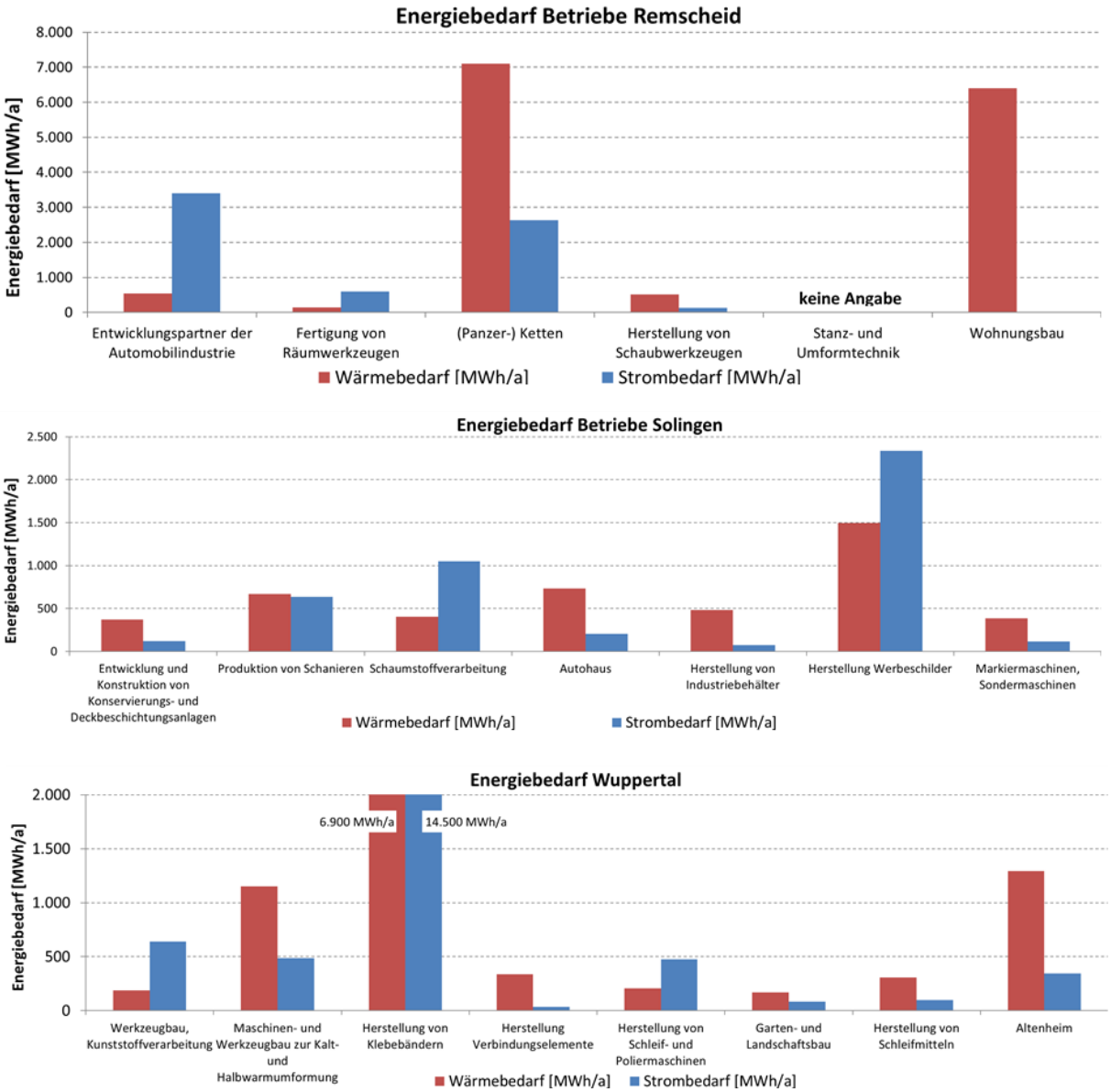


Abbildung 39: Energiebedarf Betriebe

Aufgrund des geringen Fragebogenrücklaufs wurden entgegen der ursprünglichen Planung zusätzlich städtische Liegenschaften aus den drei Städten Remscheid, Solingen und Wuppertal in die Untersuchung aufgenommen. Die zu untersuchenden Liegenschaften wurden in Zusammenarbeit mit den Städten identifiziert. Dabei handelt es sich vorwiegend um Schulen verschiedener Schulformen und Größen. In Einzelfällen wurden auch Verwaltungsgebäude, Feuerwehren und Sporteinrichtungen in die Untersuchung einbezogen. Nachfolgende Abbildung 40 fasst die Energieverbräuche der ausgewählten städtischen Liegenschaften zusammen.

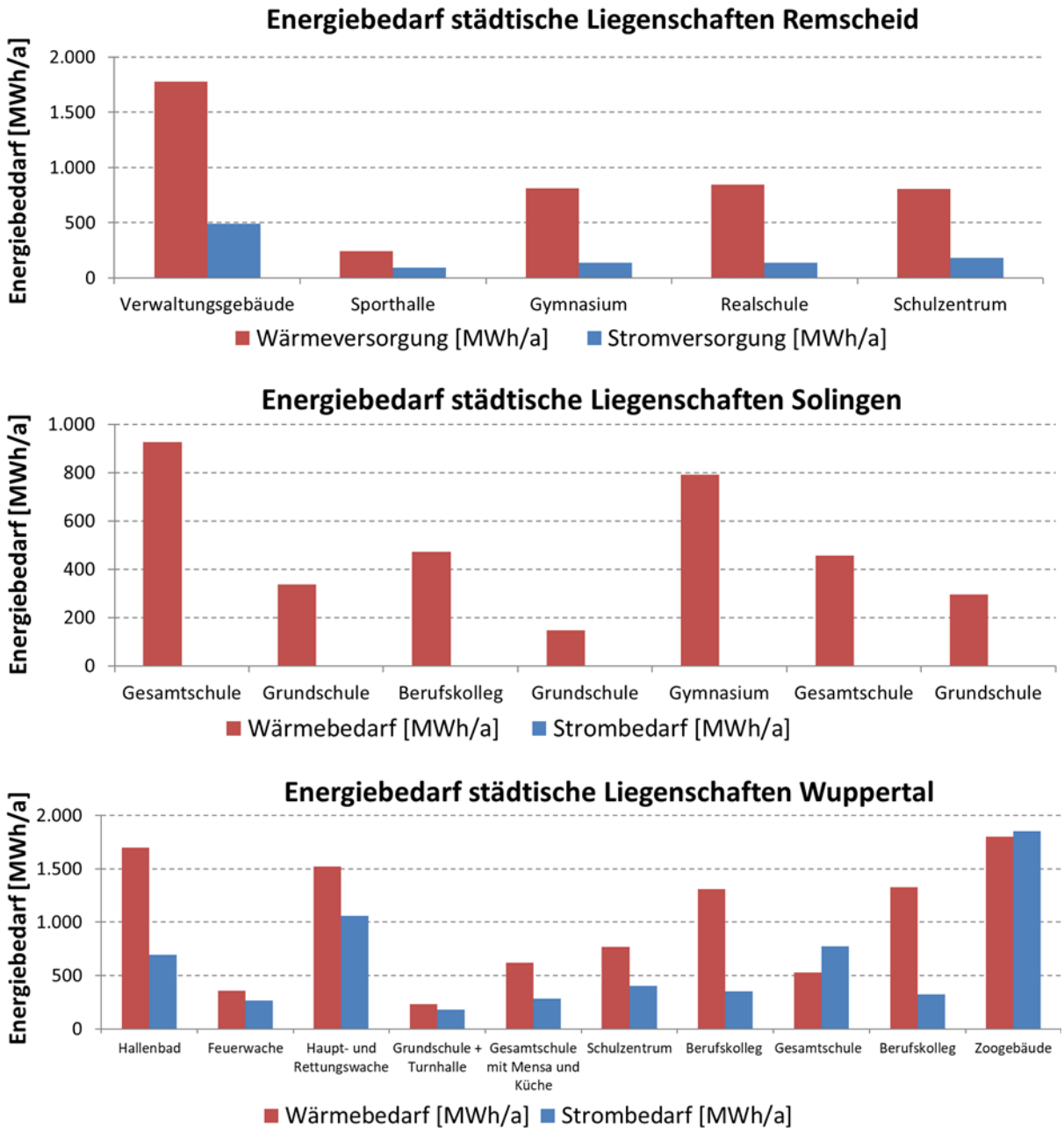


Abbildung 40: Energiebedarf städtischer Liegenschaften

Die Energieverbrauchsdaten der Liegenschaften liegen überwiegend im Bereich zwischen 100 MWh/a und 500 MWh/a. Einige weiterbildende Schulen, Gesamtschulen und Gymnasien sowie Verwaltungsgebäude sind auch größer. Insgesamt liegen die Verbrauchsdaten in einem ähnlichen Bereich wie bei den untersuchten Betrieben. Damit liegen auch die untersuchten BHKW-Anlagen wie bei den Betrieben i.d.R. im Leistungsbereich von Kleinanlagen zwischen 20 und 100 kW_{el}.

Für die Liegenschaften in Wuppertal und in Remscheid wurden sowohl die Wärme- als auch die Stromverbrauchsdaten erfasst. Die KWK-Versorgungskonzepte zielen hier in erster Linie auf eine Eigenversorgung mit hoher Stromgutschrift aus der Vermeidung von Strombezug aus dem Netz.

Eine Sondersituation ist in Solingen anzutreffen. Die Stromversorgung der städtischen Liegenschaften wird hier per Durchleitung aus der kommunalen Abfallverbrennungsanlage zu günstigen Konditionen sichergestellt. Aus diesem Grund wurde dort in den Grob- und Feinkonzepten zur Vermarktung des BHKW-Stroms nicht die Eigenstromversorgung, sondern die vollständige Netzeinspeisung unterstellt und als bedarfsseitige Randbedingung ausschließlich die Wärmeleistung und der Lastgang des Wärmebedarfs herangezogen.

In Summe wurden mit den Interessenten aus dem Gewerbebereich und den öffentlichen Liegenschaften rd. 50 Ansätze für die Grobanalysen identifiziert.

5.3 Ergebnisse der Grobanalysen

5.3.1 Grobanalysen für Betriebe, Wohnungswirtschaft und soziale Einrichtungen

Für 20 Unternehmen wurden Grobanalysen gemäß dem in Abschnitt 4.2 skizzierten Vorgehen erstellt. Tabelle 9 fasst die anonymisierten Ergebnisse zusammen. Aufgeführt sind die Tätigkeit des jeweiligen Unternehmens, der eingesetzte Brennstoff, der Energiebedarf Wärme und Strom, die wirtschaftlichste BHKW-Größenklasse, die geeignete Stromverwendung, die Investitionen, die jährliche Einsparung gegenüber der Kesselversorgung, Amortisationsdauer, sowie die Gesamteinschätzung für den BHKW-Zubau mit den bisherigen Informationen.

In 8 der 20 Unternehmen wird als Brennstoff Heizöl eingesetzt, in 11 Betrieben Erdgas und in einem Betrieb Erdgas und Heizöl. Bei Betrieben mit Heizöl wurde zunächst unterstellt, dass diese im Zuge des BHKW-Zubaus auf Erdgas umgestellt werden können.

Für alle Liegenschaften die eine positive Kosteneinsparung und eine Amortisationsdauer von weniger als 10 Jahren aufweisen, wurde im Rahmen der Information über die Ergebnisse der Grobanalysen die Durchführung einer Detailbetrachtung vorgeschlagen. Insgesamt wurden nach Durchführung der Grobkonzepte 16 Betriebe als aussichtsreich hinsichtlich eines BHKW-Zubaus eingeschätzt.

In Abbildung 41 sind die wirtschaftlich sinnvollen BHKW-Größen gemäß der Grobkonzepte dargestellt. Hierbei handelt es sich in den meisten Fällen um kleine Anlagen im Leistungsbereich zwischen 20 und 50 kW_{el}. Nur für zwei der 20 Grobanalysen resultieren Leistungen oberhalb 100 kW_{el}.

In fast allen Fällen stellt die Eigenstromversorgung (mit Überschusseinspeisung) die sinnvollste Option für die Stromverwendung dar. Nur in der Wohnungswirtschaft mit einem bestehenden Nahwärmenetz ist die Vermarktung per Netzeinspeisung sinnvoller bzw. erforderlich. Die Amortisationsdauern liegen im Bereich zwischen 3 und mehr als 10 Jahren. Vor allem für die sehr kleinen Anlagen von weniger als 50 kW sind kaum Amortisationsdauern von weniger als 8 Jahren zu erwarten.

					Ergebnisse Grobkonzept						
Lfd. Nr.	Tätigkeitsbeschreibung	Brenn-stoff	Wärme-bedarf MWh/a	Strom-bedarf MWh/a	BHKW-Leistung kWel / kWth	Strom/Wärme aus BHKW MWh/a	Stromver-wendung	Investition ohne/mit Bau TEUR	Jährl. Einsparung ohne/mit Bau TEUR/a	Amort.dauer ohne/mit Bau a	Ergebnis Grob-einschätzung
1	Werkzeugbau, Kunststoffverarbeitung	Gas	187	639	20 / 39	75 / 145	Eigenstrom	63 / 81	-0,3 / -3,1	>10	
2	Maschinen- und Werkzeugbau	Öl	1.151	486	50 / 80	236 / 387	Eigenstrom	120 / 138	8,1 / 5,2	6 / 7	
3	Herstellung von Klebebändern	Öl	6.885	14.670	200 / 264	1.682 / 2.263	Eigenstrom	290 / 355	69 / 58	3 / 4	
4	Herstellung Verbindungselemente	Öl	337	36	10 / 21	57 / 123	Eigenstrom	47 / 56	-2,1 / -3,6	>10	
5	Herstellung von Schleif- und Poliermaschinen	Öl	208	475	20 / 39	75 / 140	Eigenstrom	63 / 81	0,5 / -2,3	10 / >10	
6	Garten- und Landschaftsbau	Gas	168	85	15 / 28	75 / 140	Eigenstrom	52 / 70	0,3 / -2,6	>10	
7	Herstellung von Schleifmitteln	Gas	308	100	15 / 28	71 / 132	Eigenstrom	52 / 70	-0,2 / -3	>10	
8	Entwicklung Deckbeschichtungsanlagen	Öl	373	118	15 / 28	76 / 141	Eigenstrom	52 / 70	3,8 / 1,0	6 / 7	
9	Produktion von Schanieren	Öl	670	636	20 / 39	93 / 186	Eigenstrom	96 / 114	-3,0 / -5,8	>10	
10	Schaumstoffverarbeitung	Gas	406	1.048	30 / 58	127 / 251	Eigenstrom	85 / 103	1,3 / -1,5	9 / >10	
11	Autohaus	Gas	735	205	20 / 39	114 / 226	Eigenstrom	63 / 81	5,6 / 2,8	5 / 6	
12	Entwicklungspartner der Automobilindustrie	Gas	538	3.404	30 / 58	142 / 281	Eigenstrom	85 / 103	2,4 / -0,4	8 / 10	
13	Fertigung von Räumwerkzeugen	Gas + Öl	145	590	10 / 21	42 / 91	Eigenstrom	47 / 56	-2,9 / -5,7	>10	
14	Fahrzeugketten	Gas	7.097	2.627	100 / 145	557 / 827	Eigenstrom	192 / 215	26 / 22	4 / 5	
15	Herstellung von Schaubwerkzeugen	Öl	510	130	20 / 39	106 / 211	Eigenstrom	63 / 81	1,7 / -1,1	8 / 10	
16	Herstellung von Industriebehältern	Gas	481	75	15 / 28	85 / 159	Eigenstrom	52 / 70	1,5 / -1,3	8 / 10	
17	Herstellung Werbeschilder	Gas	1.495	2.336	50 / 80	265 / 434	Eigenstrom	120 / 138	11 / 8	5 / 6	
18	Markiermaschinen, Sondermaschinen	Gas	387	116	20 / 39	91 / 178	Eigenstrom	63 / 81	1,5 / -1,3	8 / >10	
19	Altenheim	Öl	1.292	343	50 / 80	239 / 391	Eigenstrom	120 / 138	18,3 / 15,4	4 / 4,8	
20	Wohnungsbau/vorhandenes Nahwärmenetz	Gas	6.400		500 / 600	2.280 / 2.800	Netz-einspeisung	580 / 680	62 / 35	5 / 6	

Grobeinschätzung, wirtschaftlich → genauer prüfen

Grobeinschätzung, evtl. wirtschaftlich→ genauer prüfen

Grobeinschätzung, nicht wirtschaftlich

Tabelle 9: Ergebnisse Grobanalysen- Betriebe

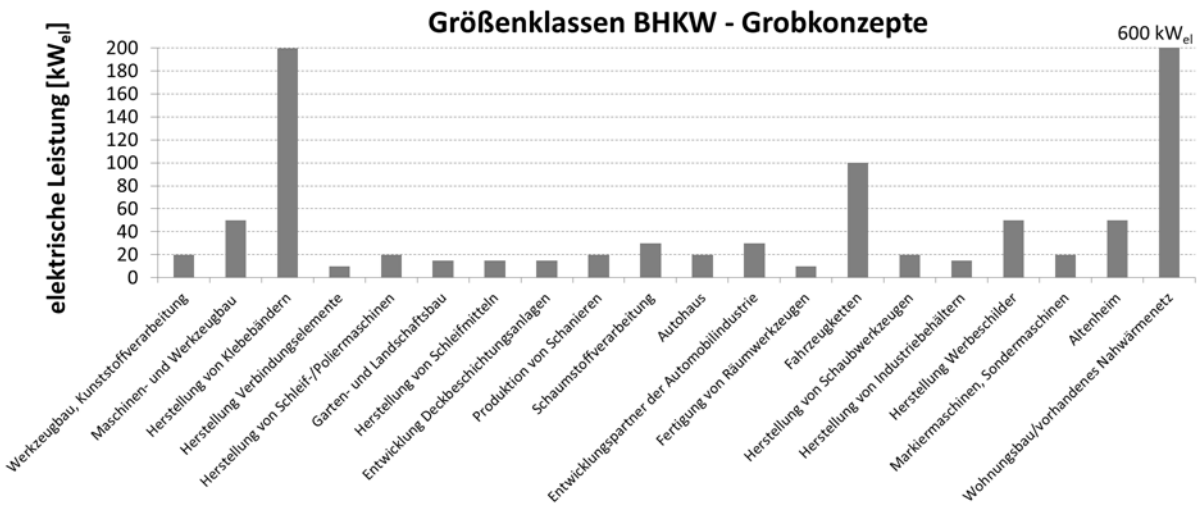


Abbildung 41: Elektrische BHKW-Leistungen gemäß Grobanalysen der Betriebe

5.3.2 Grobanalysen für städtische Liegenschaften

Die folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse der Grobanalysen für städtische Liegenschaften in Wuppertal, Remscheid und Solingen.

Neben Einzelversorgungen von Liegenschaften wurden auch Verbundlösungen zur Versorgung mehrerer Liegenschaften betrachtet. Durch Erhöhung der Gesamt-Wärmemengen können hierbei Vorteile hinsichtlich des Größenmaßstabs der BHKW-Anlage und Synergien aus einer gemeinsamen Heizzentrale entstehen. Andererseits ist der erforderliche Leitungsbau zur Erschließung bzw. Anbindung der Gebäude zu berücksichtigen, so dass Verbundlösungen nur bei kurzen Leitungswegen und einfacher Geländetopologie und bevorzugt unbefestigten Oberflächen mit kostengünstiger Leitungsverlegung wirtschaftlich sinnvoll sein können. Im Rahmen der Grobkonzepte konnten Verbundlösungen nur in vereinzelten Fällen als potenziell wirtschaftlich eingestuft werden.

<u>Wuppertal:</u>

Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse der Grobanalysen der städtischen Liegenschaften in Wuppertal. Hierbei handelt es sich um Schulen, Sporteinrichtungen und Rettungswachen. Die Anlagenleistungen liegen im Bereich zwischen 20 kW_{el} und 100 kW_{el}. Es wurden 11 von insgesamt 15 Grobanalysen an 9 von insgesamt 10 Standorten als potenziell wirtschaftlich für den Zubau einer BHKW-Anlage eingestuft. Bei zwei der Standorte wurden auch Verbundlösungen mit wärmeseitigem Anschluss benachbarter Liegenschaften in die weiteren Untersuchungen im Rahmen der Feinkonzepte mit aufgenommen.

					Ergebnisse Grobkonzept						
Lfd. Nr.	Name	Brenn-stoff	Wärme-bedarf MWh/a	Strom-bedarf MWh/a	BHKW-Leistung kW_{el} / kW_{th}	Strom/Wärme aus BHKW MWh/a	Strom-verwendung	Investition ohne/mit Bau TEUR	jährl. Einsparung ohne/mit Bau TEUR/a	Amort.dauer ohne/mit Bau a	Ergebnis Grob-einschätzung
21	Schwimmbad Am Timpen 51	Gas	1.695	694	50 / 80	395 / 646	Eigenstrom	120 / 138	25 / 22	3 / 4	
	Grundschule Am Timpen 51	Gas	44	36	Einzelversorgung BHKW nicht sinnvoll						
	Feuerwehrhaus Am Timpen 51	Gas	54	12	Einzelversorgung BHKW nicht sinnvoll						
22	Gesamt Am Timpen 51	Gas	1.793	742	75 / 116	587 / 923	Eigenstrom	280 / 302	12 / 9	7 / 8	
23	Feuerwache Waldeckstr.14	Gas	359	268	20 / 39	103 / 205	Eigenstrom	63 / 81	2,2 / -0,6	8 / >10	
24	Haupt- und Rettungswache August-Bebel-Str.55	Gas	1.518	1.060	100 / 145	561 / 833	Eigenstrom	192 / 215	27 / 23	4 / 5	
25	Grundschule+Halle Dieckerhoffstr.	Gas	229	181	15 / 28	54 / 101	Eigenstrom	52 / 70	-2,4 / -5,2	> 10	
26	Grundschule+Halle+ehem. Hauptschu	Gas	465	214	20 / 39	77 / 153	Eigenstrom	270 / 295	-35 / -38	-	
27	Gesamtschule Florian-Geyer-Str.	Gas	622	281	20 / 39	107 / 213	Eigenstrom	68 / 86	1,2 / -1,6	9 / >10	
28	Schulzentrum Nocken 6	Gas	766	404	30 / 58	155 / 307	Eigenstrom	85 / 103	3,3 / 0,5	7 / 9,5	
	Gymn.+Halle Nocken 6	Gas	260	mitversorgt	Einzelversorgung BHKW nicht sinnvoll						
	Sportplatzhaus Nocken 6	Gas	n.b.	14 (mitvers	Einzelversorgung BHKW nicht sinnvoll						
29	Gesamt Nocken 6	Gas	1.026	418	50 / 80	270 / 441	Eigenstrom	164 / 182	1,4 / -1,5	9 / >10	
30	Berufskolleg Kohlstr 11	Gas	1.183	319	30 / 58	160 / 316	Eigenstrom	85 / 103	3,0 / 0,2	7 / 10	
	Berufskolleg Kohlstr 10	Gas	124	32	Einzelversorgung BHKW nicht sinnvoll						
31	Gesamt Berufskolleg Kohlstr	Gas	1.307	351	30 / 58	169 / 334	Eigenstrom	173 / 190	-9,1 / -12	> 10	
32	Gesamtschule An der Blutfinke	Öl	427	758	20 / 39	134 / 267	Eigenstrom	68 / 86	4,4 / 1,6	6 / 9	
	Modulbauten An der Blutfinke	Gas	99	15	Einzelversorgung BHKW nicht sinnvoll						
33	Gesamt An der Blutfinke	0	526	773	30 / 58	184 / 363	Eigenstrom	162 / 180	-4,0 / -6,8	>10	
34	Gesamtschule Else-Lasker-Schüler-Str	Fernwärme	1.329	323	30 / 58	170 / 337	Eigenstrom	85 / 103	3,9 / 1,1	7 / 9	
	Gesamtschule Platz der Republik 41	Gas	183	59	Einzelversorgung BHKW nicht sinnvoll						
35	Gesamtschule ELS + P.d.R. gesamt	FW/Gas	1.511	382	50 / 80	275 / 451	Eigenstrom	257 / 275	-13,8 / -16,6	> 10	
36	Zoo Wuppertal	Gas/Öl	1.800	1.850	50-100	580 / 940	Eigenstrom	170 bis 380	-4 bis +5	8 bis 11	

Grobeinschätzung, wirtschaftlich → genauer prüfen
Grobeinschätzung, evtl. wirtschaftlich→ genauer prüfen
Grobeinschätzung, nicht wirtschaftlich

Tabelle 10: Ergebnisse Grobanalysen - Städtische Liegenschaften Wuppertal

Remscheid:

In Tabelle 11 sind die Ergebnisse der Grobkonzepte für die städtischen Liegenschaften in Remscheid zusammengestellt. Auch hier wurden überwiegend Schulen untersucht. Die Anlagenleistungen liegen im Bereich zwischen 20 kW_{el} und 100 kW_{el}. Es wurden 7 von insgesamt 10 Grobanalysen an 6 von insgesamt 8 Standorten als potenziell wirtschaftlich für den Zubau einer BHKW-Anlage eingestuft.

Im Stadtzentrum wurden verschiedene Verbundlösungen für ein Gymnasium, ein Verwaltungsgebäude, das Theater und die Stadtbibliothek untersucht. Aufgrund der relativ großen Entfernungen und des teuren Leitungs- bzw. Tiefbaus bei den befestigten Oberflächen wurde aber nur eine kleine Verbundlösung mit Gymnasium und Verwaltungsgebäude in die weiteren Untersuchungen im Rahmen der Feinkonzepte mit aufgenommen.

Einen Sonderfall stellt das Rathaus dar. Das Gebäude beherbergt die durchgehend besetzte Rettungswache Innenstadt, weist einen hohen Wärme- und Strombedarf mit einer konstanten Stromgrundlast auf und bietet damit gute Voraussetzungen für den Einsatz einer KWK-Anlage. Folglich wurde im Grobkonzept für eine 50 kW-Anlage eine sehr gute Wirtschaftlichkeit ermittelt. Da das Gebäude in den kommenden Jahren um einen Neubautrakt erweitert werden soll

inkl. Integration der Rettungswache, wird der Zubau eines BHKW als Anregung in die Bauplanung aufgenommen. Ein Feinkonzept wurde für das Rathaus vor diesem Hintergrund nicht durchgeführt.

					Ergebnisse Grobkonzept						
Lfd. Nr.	Name	Brenn-stoff	Wärme-bedarf MWh/a	Strom-bedarf MWh/a	BHKW-Leistung kW_{el} / kW_{th}	Strom/Wärme aus BHKW MWh/a	Strom-verwendung	Investition ohne/mit Bau TEUR	Jährl. Einsparung ohne/mit Bau TEUR/a	Amort.dauer ohne/mit Bau a	Ergebnis Grob-einschätzung
45	Berufskolleg Technik	Gas	1.177	263	50 / 80	248 / 405	Eigenstrom	120 / 138	9,2 / 6,8	6 / 7	
46	Rathaus RS	Gas	1.781	490	50 / 80	257 / 421	Eigenstrom	120 / 138	12,9 / 10,1	5 / 6	
47	Sporthalle West	Gas	243	96	15 / 28	69 / 128	Eigenstrom	52 / 70	-0,4 / -3,2	>10	
48	Ernst-Moritz-Arndt-Gymnasium (EMA)	Gas	809	137	30 / 58	154 / 305	Eigenstrom	85 / 103	2,3 / -0,5	8 / >10	
49	Verwaltungsgebäude DLZ	Gas	906	467	50 / 80	241 / 351	Eigenstrom	120 / 138	7,3 / 4,5	6 / 8	
50	EMA + DLZ	Gas	1.715	604	100 / 145	485 / 719	Eigenstrom	269 / 292	10,4 / 8,0	9 / > 10	
51	EMA + Theater + Bibliothek	Gas	1.755	371	50 / 80	272 / 444	Eigenstrom	356 / 374	-11 / -13	> 10	
52	EMA + Theater + Bibliothek + DLZ	Gas	2.660	838	100 / 145	522 / 774	Eigenstrom	505 / 528	-7,7 / -10,2	> 10	
53	Alexander-von-Humboldt-Realschule (AvH)	Gas	846	135	30 / 58	159 /315	Eigenstrom	85 / 103	3,1 / 0,3	7 / 10	
54	Schulzentrum Klausen	Gas	806	181	30 / 58	152 / 301	Eigenstrom	85 / 103	3,2 / 0,4	7 / 10	

Grobeinschätzung, wirtschaftlich → genauer prüfen
Grobeinschätzung, evtl. wirtschaftlich→ genauer prüfen
Grobeinschätzung, nicht wirtschaftlich

Tabelle 11: Ergebnisse Grobanalysen - Städtische Liegenschaften Remscheid

<u>Solingen:</u>

Tabelle 12 zeigt die Ergebnisse der Grobbewertungen für die Solinger Liegenschaften. Hierbei handelt es sich ausschließlich um schulische Einrichtungen.

Die Stromversorgung der Liegenschaften wird per Durchleitung aus der kommunalen Abfallverbrennungsanlage zu günstigen Konditionen sichergestellt. Hier ist daher abweichend von den Liegenschaften in Wuppertal und Remscheid für die Stromerzeugung aus KWK nicht die Eigenstromnutzung, sondern die Einspeisung in das Netz und Vermarktung durch Dritte untersucht worden. Im Sinne von Best-Case-Betrachtungen wurde dabei unterstellt, dass die Stadtwerke Solingen als Contractor die Anlagen errichten und betreiben, die Wärme an die Stadt liefern und bei Lieferung der elektrischen Energie an eigene Vertriebskunden im räumlichen Zusammenhang zusätzliche Erlöse aus der Stromsteuerbefreiung generiert werden können.

Da die untersuchten Liegenschaften im Mittel etwas kleiner sind als in Wuppertal und Remscheid und sich keine Verbundlösungen anbieten, liegen die Anlagenleistungen hier nur im Bereich zwischen 10 kW_{el} und 50 kW_{el}. Von insgesamt 6 Grobanalysen wurden 4 als potenziell wirtschaftlich für den Zubau einer BHKW-Anlage eingestuft. Die kleinen 10 kW- und 15 kW-Anlagen haben bei reiner Netzeinspeisung auch im Best-Case mit Stromsteuergutschrift keine reelle Chance auf Wirtschaftlichkeit.

Das Gymnasium Schwertstraße wird zurzeit saniert. Hier wurde aufgrund der in diesem Zuge ohnehin geplanten Modernisierung der Heizzentrale direkt eine Feinanalyse durchgeführt ohne Vorschaltung einer Grobanalyse.

					Ergebnisse Grobkonzept						
Lfd. Nr.	Name	Brenn-stoff	Wärme-bedarf MWh/a	Strom-bedarf MWh/a	BHKW-Leistung kW_{el} / kW_{th}	Strom/Wärme aus BHKW MWh/a	Strom-verwendung	Investition ohne/mit Bau TEUR	Jährl. Einsparung ohne/mit Bau TEUR/a	Amort.dauer ohne/mit Bau a	Ergebnis Grob-einschätzung
55	Gesamtschule Friedrich-Albert-Lange	Gas	926	0	50 / 84	269 / 460	Netzeinsp.	120 / 138	10 / 7	6 / 7	
56	Grundschule Westersburg	Gas	336	0	20 / 39	102 / 197	Netzeinsp.	63 / 81	0,5 / -2,3	9 / >10	
57	Mildred-Scheel-Berufskolleg	Gas	472	0	30 / 58	153 / 301	Netzeinsp.	85 / 103	2,9 / 0	8 / 10	
58	Grundschule Am Rosenkamp	Gas	147	0	10 / 22	47 / 106	Netzeinsp.	47 / 56	-2,5 / -4,0	>10 / >10	
59	Gymnasium Schwertstraße	Gas	792	0	Schule wird saniert und Heizzentrale modernisiert						
60	Geschwister-Scholl-Gesamtschule	Gas	456	0	30 / 58	151 / 298	Netzeinsp.	85 / 103	2,8 / 0	8 / >10	
61	Grundschule Yorckstraße	Gas	294	0	15 / 30	79 / 160	Netzeinsp.	52 / 70	-0,4 / -3,2	>10 / >10	

Grobeinschätzung, wirtschaftlich → genauer prüfen

Grobeinschätzung, evtl. wirtschaftlich→ genauer prüfen

Grobeinschätzung, nicht wirtschaftlich

Tabelle 12: Ergebnisse Grobanalysen - Städtische Liegenschaften Solingen

5.3.3 Gesamtergebnisse der Grobanalysen

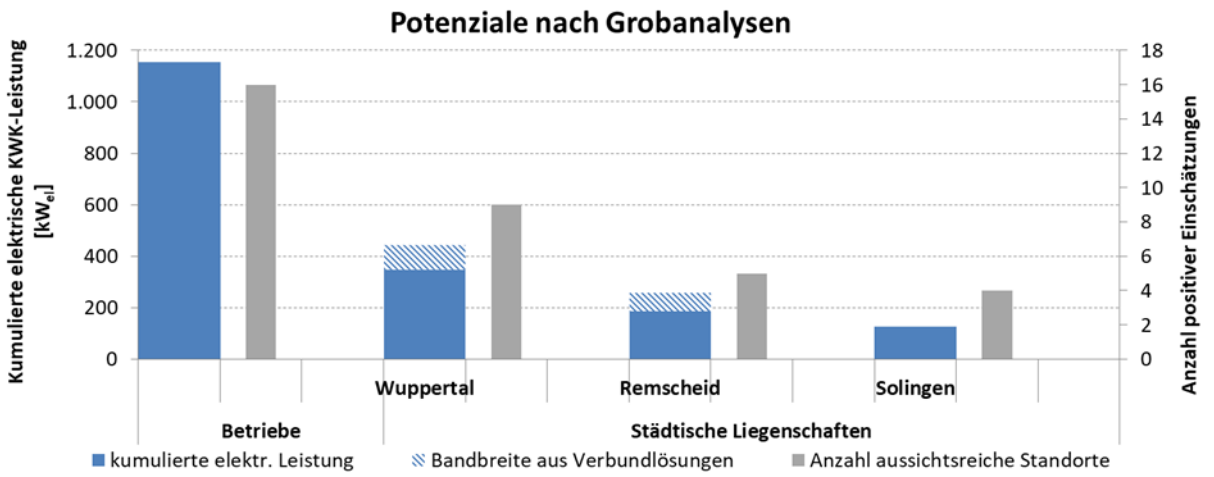
Abbildung 42 fasst die Ergebnisse aus den Grobanalysen zusammen und zeigt die ermittelten Potenziale. Hierbei wird unterschieden in die Bereiche Unternehmen und städtische Liegenschaften. Letztere Kategorie ist wiederum unterteilt in die drei Städte.

Die größten Potenziale ergeben sich bei den Betrieben mit 16 grundsätzlich aussichtsreichen Standorten und ca. 1.160 kW_{el} kumulierter BHKW-Leistung. Bei Vergleich mit der Gesamtheit von mehr als 400 angeschriebenen Unternehmen ist dies jedoch nur ein sehr geringer Anteil.

Zu den aussichtsreichen städtischen Liegenschaften gehören insbesondere die größeren Liegenschaften wie Berufskollegs, Gesamtschulen, Gymnasien und insbesondere Schwimmbäder und Hauptfeuerwachen. Die Wärmeversorgung im Zoo Wuppertal ist ein Sonderfall, da hier ein kleines Nahwärmenetz mit einem recht hohen Wärmebedarf vorliegt. Die kleineren Schulen wie Grundschulen und kleinere Verwaltungsgebäude mit BHKW-Leistungen unter 20 kW eignen sich nicht für den Zubau einer BHKW-Anlage.

Insgesamt wurden 9 potenziell wirtschaftliche Liegenschaften in Wuppertal, 5 in Remscheid und 4 in Solingen ermittelt. In Wuppertal und Remscheid wurde in Einzelfällen weiterhin die Wärmeversorgung in einem Wärmeverbund genauer analysiert. Da es sich hierbei um Alternativen zu der Einzelversorgung des jeweiligen Objektes handelt und das BHKW-Potenzial somit von der gewählten Versorgungslösung abhängig ist, wird die kumulierte elektrische BHKW-Leistung in diesen Städten als Bandbreite aufgeführt. Für die Stadt Wuppertal resultiert eine potenzielle KWK-Leistung im Bereich von 350 bis 450 kW_{el}. In Remscheid liegt die kumulierte elektrische KWK-Leistung im Bereich 190 bis 260 kW_{el} und in Solingen bei 130 kW_{el}.

Insgesamt haben sich aus rd. 60 durchgeführten Grobanalysen 34 mögliche Ansätze für KWK-Feinkonzepte mit einer Gesamtleistung von rd. 2.000 kW ergeben.



		Aussichtsreiche Standorte (nach Grobkonzept)	Potenzial BHKW Leistung kW$_{el}$ *	CO2-Einsparpotenzial t/a	Anmerkung
Betriebe		16	1.160	1.564	
Städtische Liegenschaften	Wuppertal	9	350 - 450	575	abhängig von Versorgungslösungen
	Remscheid	5	190 - 260	284	abhängig von Versorgungslösungen
	Solingen	4	130	296	
Gesamt		34	1.830 - 2.000	2.719	

** kumulierte KWK-Leistung aussichtsreicher Standorte*

Abbildung 42: Übersicht Potenziale nach Grobanalysen

5.4 Ergebnisse der Beratungen und Feinkonzepte

Nach Abschluss der Grobanalysen werden, sofern Interesse besteht, die 30 aussichtsreichsten Liegenschaften in Form von Feinanalysen näher betrachtet. Grundlage dieser weiterführenden Untersuchungen sind Begehungen der Liegenschaften vor Ort durch einen Mitarbeiter der technischen Planungsabteilung der EEB ENERKO.

Zur Identifizierung der Unternehmen und Liegenschaften für die Feinkonzepte wurde dreistufig vorgegangen:

1) Telefongespräche mit den Unternehmen zur Vorklärung des Interesses an der Untersuchung und der konkreten Randbedingungen für den Einsatz am Standort
2) Bei positiver Entscheidung für ein Feinkonzept Vor-Ort-Termin und –Beratung zur Aufnahme der Ist-Situation der Wärmeversorgung.
   Abfrage weiterer Informationen zu verfügbaren Unterlagen, Lastgängen Wärme/Gas und Strom, Energiepreisen etc.
3) Erstellung des Feinkonzeptes unter Berücksichtigung der Vor-Ort-Situation und der ergänzenden Informationen

Stellt sich im Rahmen der telefonischen Vorklärung heraus, dass der Standort/Betrieb für eine KWK-Anlage ungeeignet ist, wird von der Durchführung eines Feinkonzeptes abgesehen. Gründe hierfür können sein:

- Brennstoff-/Gaseinsatz im Unternehmen zu einem sehr großen Anteil für Prozesszwecke (z.B. Brennöfen oder Prozessdampf);

der konventionelle Heizungswärmebedarf mit Pumpenwarmwasser-System ist zu gering für eine BHKW-Anlage.
Anmerkung: Prozessdampf kann grundsätzlich auch mit KWK-Anlagen bereitgestellt werden (z.B. Gasturbinen oder bei niedrigen Dampfdrücken auch Abgaswärme aus einem Motor). In den hier vorliegenden Fällen war der technische Maßstab für Dampferzeuger Sonderlösungen mit Dampferzeugern hinter Gasturbinen oder Gasmotoren allerdings zu klein.

- Beheizung der (Produktions-)Gebäude über direktgefeuerte, mglw. dezentrale Lufterhitzer oder direkt gefeuerte Deckenstrahlungsheizungen.
  In diesen Fällen müssten durch Umstellung der Heizungstechnik auf ein Pumpenwarmwasser-System zunächst die Voraussetzungen für den Einsatz von BHKW-Anlagen geschaffen werden.
  Die Investitionen hierfür sind hoch und können – wenn die Umstellung nicht ohnehin vorgesehen ist – durch eine BHKW-Anlage i.d.R. nicht erwirtschaftet werden.

In den Vor-Ort-Terminen wurden zunächst die Ergebnisse des Grobkonzeptes erläutert sowie geplante Maßnahmen in der Energieversorgung und ergänzend benötigte Unterlagen besprochen (ggf. beim Netzbetreiber abzufragende Lastgänge Gas und Strom, Energierechnungen, Grundrisse, Lagepläne). Im Rahmen einer anschließenden Begehung wurden die individuellen technischen und räumlichen Bedingungen für die Aufstellung und Anbindung der KWK-Anlage geprüft und aufgenommen.

In der Regel zeigte sich bei den Vor-Ort-Begehungen, dass ein Aufstellungsplatz vorhanden oder mit wenig Aufwand geschaffen werden kann und die verschiedenen Anbindungen technisch realisierbar sind. Jedoch müssen fast immer Kostenerhöhungen, begründet durch teilzerlegte Einbringung oder kleinere bauliche Veränderungen, berücksichtigt werden. Darüber hinaus gab es auch Fälle, bei denen eine Einbringung, Aufstellung oder Anbindung technisch nicht möglich oder so aufwändig ist, dass nach der Begehung von der Durchführung eines Feinkonzeptes abgesehen wurde.

5.4.1 Feinkonzepte im Gewerbebereich

Im Gewerbebereich wurden 7 Ortsbegehungen vorgenommen und 4 Feinkonzepte erarbeitet. In Tabelle 13 sind die Ergebnisse mit Bemerkungen und ggf. Hemmnissen zusammengestellt.

Von den 7 Ortsbegehungen und 4 Feinkonzepten konnte nur für zwei Standorte eine Empfehlung zur Installation einer BHKW-Anlage ausgesprochen werden. Ein dritter erfolgversprechender Standort wurde nicht vertieft untersucht, da das Unternehmen eine Gesamt-Klimastrategie zur Energieversorgung erstellen lassen will, in die ggf. eine KWK-Anlage integriert werden soll.

Als Hemmnisse zeigten sich insbesondere:

- Beheizung der (Produktions-)Gebäude über direktgefeuerte, dezentrale Lufterhitzer oder direkt gefeuerte Deckenstrahlungsheizungen.
  Durch Umstellung der Heizungstechnik auf ein Pumpenwarmwasser-System müssen zunächst die Voraussetzungen für den Einsatz von BHKW-Anlagen geschaffen werden.
  Die Investitionen hierfür sind hoch und können durch eine BHKW-Anlage i.d.R. nicht erwirtschaftet werden.
- Anlagenmaßstab zu klein, um eine wirtschaftliche Lösung zu erzielen
- Eigenstrombedarf wird durch bereits installierte PV-Anlagen zu einem Teil gedeckt, so dass das verbleibende Eigenstrompotenzial für eine zusätzliche BHKW-Anlage zu gering ist.

Für ein Seniorenheim in Wuppertal und für einen Gewerbebetrieb in Solingen wurde jeweils die Installation einer BHKW-Anlage mit 50 kW empfohlen. Kleinere Anlagen konnten aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit oder/und anderer Hemmnisse nicht empfohlen werden.

					Grobkonzept		Feinkonzept		
Stadt	**Liegenschaft/ Lfd. Nr.**	**Tätigkeit**	**Brennstoff IST**	**Wärmebedarf MWh/a**	**BHKW-Leistung kW_{el}**	**Wirtschaft-lichkeit**	**BHKW-Leistung kW_{el}**	**Wirtschaft-lichkeit**	**Hemmnisse / Bemerkungen**
Wuppertal	2	Maschinen- und Werkzeugbau zur Kalt- und Halbwarmumformung	Öl	1.151	50	+	Ortsbegehung durchgeführt => kein Feinkonzept		Dezentrale ölgefeuerte Lüftungsanlagen, kpl. Umbau auf Warmwasserwasserversorgung notwendig
Wuppertal	3	Herstellung von Klebebändern	Öl	6.885	200	++	Ortsbegehung durchgeführt kein Feinkonzept		Unternehmen lässt eine Gesamtstrategie erarbeiten
Wuppertal	21	Seniorenheim	Öl	1.292	50	++	50	+	Umstellung auf Gas erforderlich, beengte Einbringung, neuer Abgaskamin **Zubau BHKW empfohlen**
Solingen	8	Entwicklung und Konstruktion von Konservierungs- und Deckbeschichtungsanlagen	Öl	373	15	o	15	-	Abgasführung sehr aufwändig, Anlagenmaßstab zu klein
Solingen	9	Produktion von Schanieren	Öl	670	20	-	Ortsbegehung durchgeführt => kein Feinkonzept		Dezentrale ölgefeuerte Lüftungsanlagen, kpl. Umbau auf Warmwasserwasserversorgung notwendig
Solingen	18	Herstellung Werbeschilder	Gas	1.495	50	++	50	+ (o)	Aufstellung beengt, evtl. Außenaufstellung erforderlich, lange Stromanbindung **Zubau BHKW empfohlen**
Solingen	20	Markiermaschinen, Sondermaschinen	Gas	387	20	o	20	-	Wärmebedarf ausreichend, aber wenig Reststrombedarf wegen vorh. PV-Anlagen

Tabelle 13: Ergebnisse Ortsbegehungen und Feinkonzepte – Bereich Gewerbe

5.4.2 Feinkonzepte für städtische Liegenschaften

Im Bereich städtischer Liegenschaften wurden insgesamt 15 Ortbegehungen städtischer Liegenschaften durchgeführt und 14 Feinkonzepte erstellt. In Tabelle 14 sind die Ergebnisse mit Bemerkungen und ggf. Hemmnissen zusammengestellt. Im Zoo in Wuppertal wurde keine Ortsbegehung durchgeführt, da dort im betreffenden Bereich eine neue Heizzentrale errichtet werden soll, für die ein BHKW-Modul frühzeitig planerisch berücksichtigt werden kann.

Von den 14 Feinkonzepten konnte nur für 5 Standorte eine Empfehlung zur Installation einer BHKW-Anlage ausgesprochen werden.

Als Hemmnisse zeigten sich insbesondere:

- Beengte Einbringung/Aufstellungssituation verbunden mit Mehraufwand.
  Die Aufstellung und Anbindung war jedoch in allen Liegenschaften grundsätzlich technisch machbar.
- Ungünstige Lastverhältnisse Wärme und Strom. I.d.R. war der Strombedarf im Verhältnis zum Wärmebedarf zu gering, so dass große Stromengen ins Netz zurückgespeist werden müssen (bis zu mehr als 50%) verbunden mit entsprechenden Erlöseinbußen gegenüber der Eigennutzung.
- Anlagenmaßstab zu klein, um eine wirtschaftliche Lösung zu erzielen

					Grobkonzept		Feinkonzept		
Stadt	**Liegenschaft/ Lfd. Nr.**	**Tätigkeit**	**Brennstoff IST**	**Wärmebedarf MWh/a**	**BHKW-Leistung kW_{el}**	**Wirtschaftlichkeit**	**BHKW-Leistung kW_{el}**	**Wirtschaftlichkeit**	**Hemmnisse / Bemerkungen**
Wuppertal	Schwimmbad Am Timpen 51	Hallenbad	Gas	1.695	50	++	50	+	Gute Aufstellung, aber teure Anpassungsarbeiten **Zubau BHKW empfohlen**
Wuppertal	Feuerwache Waldeckstr.14	Feuerwache	Gas	359	20	o	Ortsbegehung durchgeführt => kein Feinkonzept		Beengte räuml. Situation, Abgasführung sehr aufwändig
Wuppertal	Haupt- und Rettungswache August-Bebel-Str.55	Haupt- und Rettungswache	Gas	1.518	100	++	50	++	Beengte Einbrinung, aber einfache Strom- und Gasanbindung **Zubau BHKW empfohlen**
Wuppertal	Gesamtschule Florian-Geyer-Str.	Gesamtschule mit Mensa und Küche	Gas	622	20	o	Ortsbegehung durchgeführt => kein Feinkonzept		Beengte räuml. Situation, Abgasführung sehr aufwändig
Wuppertal	Schulzentrum Nocken	Schulzentrum	Gas	766	30	+	35	-	ungünstige Lastverhältnisse Strom und Wärme
Wuppertal	Berufskolleg Kohlstr	Berufskolleg	Gas	1.307	30	o	35	-	Einbringung aufwändig, ungünstige Lastverhältnisse Strom und Wärme
Wuppertal	Gesamtschule An der Blutfinke	Gesamtschule	0	526	30	+	20	-	Wärmegrundlast bereits aus Holzhackschnitzelkessel
Wuppertal	Zoo Wuppertal	Zoogebäude	Gas/Öl	1.800	50	+	50 oder 70	+	Zubau in neuer Heizzentrale, 2 Varianten ohne/mit Ausbau Wärmenetz **Zubau BHKW empfohlen**
Remscheid	Berufskolleg Technik	Berufskolleg + Sporthalle + Gesamtschule	Gas	1.177	50	++	50	+ (o)	Gute Einbringungs-/Aufstellungsbedingungen; Rücklauftemperaturen derzeit zu hoch **Zubau BHKW empfohlen**
Remscheid	Ernst-Moritz-Arndt-Gymnasium (EMA)	Gymnasium	Gas	809	30	+	35	-	Ungünstige Lastverhältnisse Strom und Wärme
Remscheid	Alexander-von-Humboldt-Realschule	Realschule	Gas	846	30	+	35	-	Ungünstige Lastverhältnisse Strom und Wärme
Remscheid	Schulzentrum Klausen	Schulzentrum	Gas	806	30	+	35	-	Ungünstige Lastverhältnisse Strom und Wärme, erhöhter Aufwand für Einbringung und Anbindung
Solingen	Gesamtschule Friedrich-Albert-Lange	Gesamtschule	Gas	926	50	++	50	o (-)	Geringe Stromerlöse wegen Netzeinspeisung, beengte Einbringung, wenig Aufstellfläche
Solingen	Mildred-Scheel-Berufskolleg	Berufskolleg	Gas	472	30	+	35	-	Geringe Stromerlöse wegen Netzeinspeisung, beengte Einbringung
Solingen	Gymnasium Schwertstraße	Gymnasium	Gas	792	50	+	50	o	Geringe Stromerlöse wegen Netzeinspeisung, beengte Einbringung, neuer Kamin **Zubau BHKW empfohlen**
Solingen	Geschwister-Scholl-Gesamtschule	Gesamtschule	Gas	456	30	+	35	-	Geringe Stromerlöse wegen Netzeinspeisung, beengte Einbringung

Tabelle 14: Ergebnisse Ortsbegehungen und Feinkonzepte – Städtische Liegenschaften

BHKW-Anlagen mit einer Leistung von 50 kW wurden empfohlen für:

- ein Hallenschwimmbad und die Hauptfeuerwache sowie den Zoo in Wuppertal
- ein Berufskolleg mit Sporthalle und Gesamtschule in Remscheid
- ein Gymnasium in Solingen

Abbildung 43 zeigt die Leistungen der in den Feinkonzepten untersuchten BHKW-Anlagen in Abhängigkeit vom Wärmebedarf der Liegenschaften. Für die meisten größeren Liegenschaften mit mehr als 600 MWh Wärmebedarf wurden Anlagen mit 50 kW Leistung untersucht. 5 von 6 Anlagen wurden dann auch zur Umsetzung empfohlen.

In vielen weiteren Liegenschaften könnten hinsichtlich des Wärmebedarfs auch größere BHKW-Leistungen installiert werden, der Strombedarf ist dort jedoch nicht ausreichend. Kleinere Anlagenleistungen als 50 kW_{el} konnten unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht empfohlen werden.

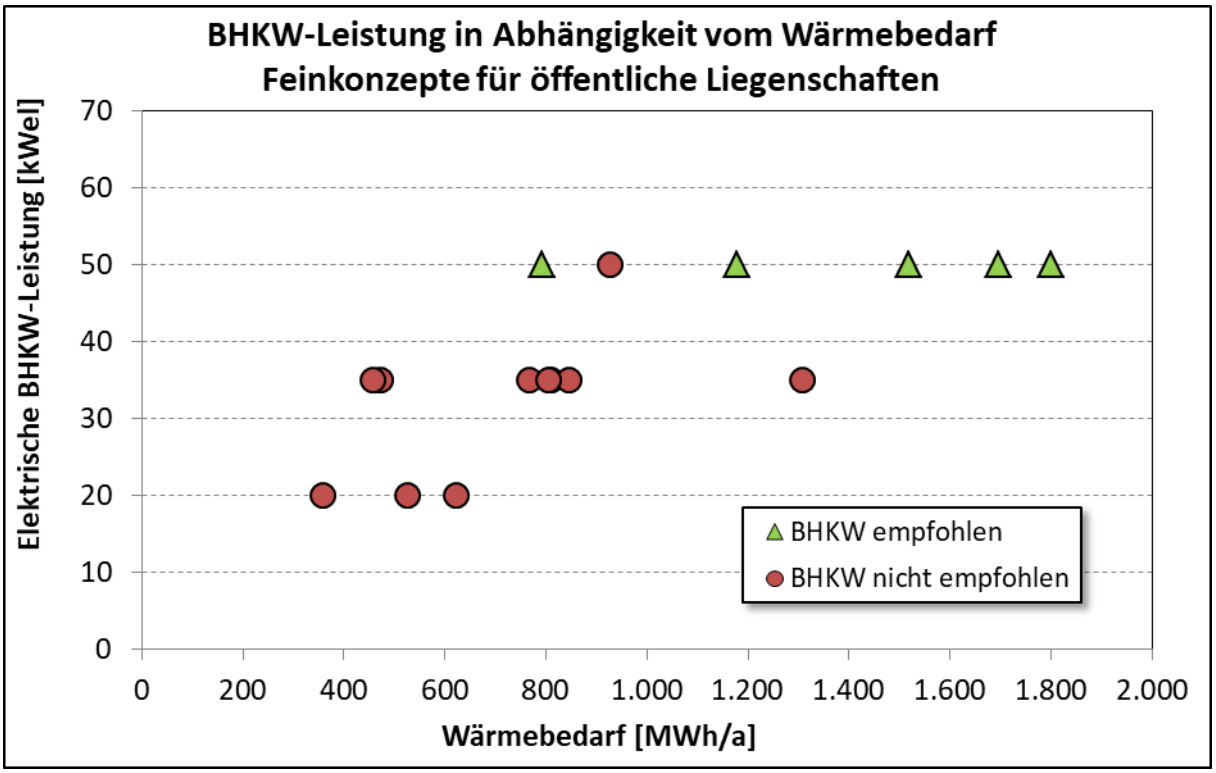


Abbildung 43: Übersicht Anlagenleistungen und Wärmebedarf der BHKW-Projekte in den Feinanalysen

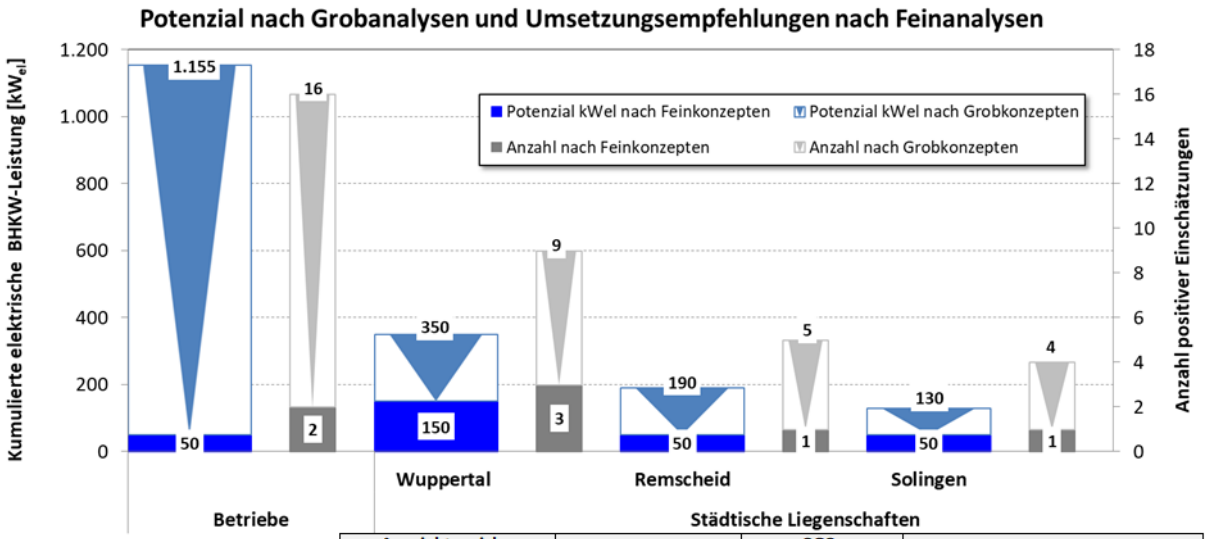
5.4.3 Gesamtergebnisse der Feinanalysen

In Abbildung 44 sind die Ergebnisse der Feinanalysen im Bereich Gewerbe und im Bereich öffentliche Liegenschaften nach den drei Städten dargestellt. Hier ist auch ein Vergleich zwischen den nach den Ergebnissen der Grobkonzepte positiv eingeschätzten Standorten und den nach Durchführung der Feinkonzepte letztendlich empfohlenen Umsetzungen gegenübergestellt.

Die Ergebnisse sind sehr ernüchternd: Waren nach den Grobkonzepten noch 7 Standorte im gewerblichen Bereich und 16 öffentliche Liegenschaften erfolgversprechend, so können nach Durchführung der Begehungen und Erstellung der Feinkonzepte nur insgesamt 7 Standorte für den Zubau von KWK-Anlagen unter technisch-wirtschaftlichen Aspekten empfohlen werden.

Die Ergebnisse der Feinanalysen fallen teilweise deutlich ungünstiger aus als die Grobanalysen. Eine Ursache hierfür ist die Anpassung der Investitionsschätzung, die nach Ortsbegehung häufig vorgenommen werden musste. Weiterhin sind die tatsächlichen gemessenen Lastgänge für Strom und ggf. Erdgas (Wärme), die für die Feinkonzepte angefragt und verarbeitet wurden, in manchen Fällen ungünstiger als erste Ansätze gemäß Vergleichsprojekten. Insbesondere eine geringere Grundlastwärme und höhere Stromrückspeisungen führen zu schlechteren wirtschaftlichen Ergebnissen. Ein weiterer Unterschied der Annahmen in den Feinkonzepten im Vergleich zu den Grobanalysen sind die Preisansätze für Strom und Gas. In den Grobkonzepten wurden Mischpreise angesetzt. Die realen Strom- und Gaspreise mit Unterscheidung von Arbeits-/Leistungspreisen und Netznutzungsentgelten, die für die vertiefenden Untersuchungen verwendet wurden, sind oftmals niedriger/höher als die Mischpreise.

Insbesondere bei sehr kleinen Anlagen unterhalb von 50 kW können zusätzliche Investitionen für bauliche Anpassungen etc. sowie Bedarfs- und Preisverschiebungen sehr schnell dazu führen, dass die Anlage nicht wirtschaftlich ist. Alle für die Umsetzung empfohlenen Anlagen liegen daher im Leistungsbereich von mindestens 50 kW.



		Aussichtsreiche Standorte (nach Feinkonzept)	Potenzial BHKW Leistung kW_{el}	CO2-Einsparpotenzial t/a	Anmerkung
Betriebe		2	100	334	
Städtische Liegenschaften	Wuppertal	3	150-200	390	abhängig von Versorgungslösungen
	Remscheid	1	50	71	
	Solingen	1	50	79	
Gesamt		7	350 - 400	874	

* kumulierte BHKW Leistung aussichtsreicher Standtorte

Abbildung 44: Umsetzungsempfehlungen nach Feinkonzepten

5.5 Gesamterkenntnisse

Im Folgenden werden die Erfahrungen, die während des Projektes gesammelt wurden zusammengefasst. Weiterhin wird auf mögliche Ursachen für das geringe Interesse an der Beratungsoffensive und der Kraft-Wärme-Kopplung im Allgemeinen eingegangen.

5.5.1 Projektreflexion

Im Rahmen der Fragebogenaktion wurden mehr als 400 Betriebe angeschrieben. Rückmeldungen und Interesse an der kostenlosen Beratung zur Kraft-Wärme-Kopplung gab es, nach Abschluss der Fragebogen- und Telefonaktion, lediglich von 20 Unternehmen. Im Rahmen der Grobanalyse ergab sich ein wirtschaftlich aussichtsreiches Ergebnis für 16 dieser Betriebe. Nach telefonischer Abstimmung der Ergebnisse und Detaillierung der technischen und örtlichen Randbedingungen anhand von Vor-Ort-Terminen konnten nur 4 Feinkonzepte durchgeführt und für zwei Standorte Umsetzungsempfehlungen ausgesprochen werden.

Nur durch Hinzunahme öffentlicher Liegenschaften in den drei Städten konnte die Anzahl der Grobkonzepte auf insgesamt rd. 60 und die Anzahl der Vor-Ort-Begehungen und Feinkonzepte auf 22 erweitert und für weitere 5 Liegenschaften Umsetzungsempfehlungen ausgesprochen werden. Die angestrebte Anzahl von 30 Feinkonzepten wurde nicht erreicht.

5.5.2 Hemmnisse

Das Thema Kraft-Wärme-Kopplung ist sehr komplex. Neben den technischen Randbedingungen sind eine Vielzahl rechtlicher Aspekte zu beachten. Insbesondere die komplizierten Fördermechanismen mit steuerlichen Entlastungen bei der Energiesteuer, der Stromsteuer, der EEG-Umlage und der KWK-Förderung selbst sind für Laien nicht durchschaubar und fördern die Hemmung, eine BHKW-Anlage im eigenen Unternehmen zu implementieren. Oft besteht beim Thema Kraft-Wärme-Kopplung ein großes Anfangsinteresse. Dieses lässt jedoch sehr stark nach, sobald sich die gesamte Komplexität des Themas offenbart.

Ein Blockheizkraftwerk wird meistens nicht als CO_2-Einsparmöglichkeit, sondern insbesondere als Investition gesehen, die sich schnellstmöglich amortisieren muss. Um eine Investitionsentscheidung in wirtschaftlicher Hinsicht treffen zu können müssen diverse Themenbereiche betrachtet werden: heutige und zukünftige Energiepreise, Fördermittel, steuerliche Aspekte, eigenes Versorgungsprofil, Einspeisevergütungen, Kapitalkosten, bauliche Voraussetzungen. Hierzu ist tiefgreifende Expertise notwendig und diese kann von Unternehmen in den seltensten Fällen ohne die Unterstützung von Beratungsunternehmen durchgeführt werden.

Weiterhin sind die Förderungen für kleine Größenklassen, die in den meisten Fällen als passend zu den energetischen Bedingungen ermittelt wurden, nicht attraktiv genug und können die spezifisch hohen Investitionskosten für diese Leistungsklassen nicht ausgleichen. Insbesondere bei Auftreten von zusätzlichen Kosten, die zur Einbringung und Anschluss der Anlage notwendig sind, ist ein wirtschaftlicher Betrieb nur in Einzelfällen zu erreichen. Gewachsene Strukturen in der Wärmeversorgung mit bspw. dezentralen Lufterhitzeranlagen oder

beengten räumlichen Aufstellungsbedingungen bedingen für die nachträgliche Installation einer KWK-Anlage den Umbau auf Pumpenwarmwasserheizungen, die Schaffung von Aufstellungsflächen, lange Anbindungsleitungen etc. Die hiermit verbundenen Investitionen sind durch die Erlöse aus der KWK-Aanlage allein nicht zu erwirtschaften.

Zur Überwindung der Hemmnise im Bereich des Marketings, Öffentlichkeitsarbeit und Beratungsleistungen werden Lösungsansätze in den Umweltstudien 1 und 3 skizziert.

Hinweise für die Gestaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Erhöhung der Umsetzungsraten von KWK-Anlagen als wesentliche Brückentechnologie für die Energiewende sind in Abschnitt 6.2 aufgezeigt.

5.5.3 Aktualisierung der KWK-Potenziale im Bergischen Städtedreieck

Im Rahmen des Feinkonzeptes KWKhoch3 zum Modellwettbewerb KWK-Modellkommune NRW waren KWK-Potenziale nach Projektgebieten untersucht und bewertet und nach den folgenden Raumkategorien auf die Gesamtpotenziale im Bergischen Städtedreieck hochgerechnet worden:

- Hochhaussiedlungen (= Raumtyp Wohnen)
- Gebäudeblöcke mit Denkmalschutz (= Raumtyp Wohnen / Gründerzeitviertel)
- Sondernutzungen und öffentliche Gebäude (= Raumtyp Sondernutzungen / Gemengelage)
- Gewerbeansiedlungen (= Raumtyp Gewerbegebiet)

Bereits während der Bearbeitung zeichnete sich ab, dass die ursprünglich angedachten KWK-Anwendungen mit neuen Nahwärmeversorgungssystemen nicht wirtschaftlich umsetzbar sind und objektbezogene Einzelanwendungen für KWK-Anlagen größere Umsetzungschancen aufweisen. Unter Berücksichtigung dieser Zielanpassung wurden die in Anlage 1 gezeigten KWK-Potenziale für das Bergische Städtedreieck ermittelt. Sie beliefen sich für die drei Städte im Mittel auf 2 bis 3% der bereits installierten KWK-Erzeugung.

Das technische Potenzial für den Ausbau der KWK im Bergischen Städtedreieck ist unverändert hoch. Allerdings müssen die unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten umsetzbaren Potenziale aus dem Wettbewerb KWK-Modellkommune nach unten korrigiert werden. Hintergrund dafür sind folgende Erkenntnisse:

- Objektversorgungen – unabhängig davon ob im Bereich der Wohnnutzung, der Sondernutzungen wie öffentliche Gebäude und Sozialeinrichtungen oder im Bereich der gewerblichen Wirtschaft – sind bei guten baulichen Randbedingungen wirtschaftlich umsetzbar bei KWK-Leistungen ab ca. 50 kW. Kleinere Anlagen ab 15 bis 20 kW benötigen ideale bauliche und bedarfsseitige Voraussetzungen für wirtschaftlichen Betrieb. Noch kleinere Anlagen sind unter wirtschaftlichen Aspekten i.d.R. chancenlos. Sie sind nur umsetzbar, wenn individuelles Betreiberengagement gepaart ist mit der Bereitschaft, Mehrkosten im Vergleich zur konventionellen Wärmeversorgung in Kauf zu nehmen.

- Im Bereich des Produzierenden Gewerbes existieren einen Vielzahl von kleinen und mittleren Betrieben, deren Beheizung der Produktionsgebäude mittels dezentraler Lufterhitzer erfolgt. Der für den KWK-Einsatz zunächst erforderliche Aufwand für die Umstellung auf Pumpenwarmwasserheizung ist aus den geringen Überschüssen der KWK-Anlagen nicht finanzierbar.

- Neue Nahwärmesysteme mit KWK sind auch weiterhin und trotz des seit 2012 bis 2018/19 wieder gestiegenen Stromhandelspreises i.d.R. nicht wirtschaftlich umsetzbar, da die Kosten für die Fernwärmetrassen und hier insbesondere die Tiefbaukosten in den letzten Jahre deutlich gestiegen sind. Die Förderung von Fernwärmeleitungen nach dem KWKG erreicht bei kleineren Nenndurchmessern bis DN 100 mit 100 EUR je m Trasse nur 15 bis 20% der tatsächlichen Trassenkosten. Insbesondere bei Leitungsneubau im Gebäudebestand mit den vollen Kosten für die Wiederherstellung befestiger Oberflächen reicht dies bei weitem nicht aus, um konkurrenzfähige Wärmepreise im Vergleich zu bestehenden Heizungssystemen anbieten und Wärmekunden gewinnen zu können. Zudem ist ein KWK-Anteil an der Wärmeversorgung von 75% als Voraussetzung für die Gewährung der Netzförderung bei neuen Nahwärme-Systemen kaum erzielbar. Ohne Netzförderung kann für neue Nahwärme-Systeme aber kein akzeptabler Wärmepreis angeboten werden.

Die Potenziale für den KWK-Zubau im Bergischen Städtedreieck wurden auf Basis dieser Erkenntnisse aktualisiert. Dabei wurde die Systematik wie folgt angepasst:

- Die Betrachtung nach Raumkategorien wurde aufgegeben zugunsten der flächendeckenden Erfassung der Potenziale für Objektversorgungen nach Nutzung bzw. Kategorie.
- Diese folgen einerseits aus den in der Zielgruppenanalyse ermittelten Objekten in Verbindung mit den Erkenntnissen der Grob- und Feinkonzepte.
- Für den Bereich der Wohngebäude wurde eine flächendeckende Auswertung des Wärmeatlas nach Größenklassen bzw. Klassen des Wärmeverbrauchs vorgenommen. Für Wuppertal wurden nur die Gebäude außerhalb des Fernwärmeversorgungsgebietes einbezogen. In den folgenden Abbildungen sind die Ergebnisse anhand von Karten für die verschiedenen Wärmeklassen in den drei Städten grafisch dargestellt. Die Tabelle 15 fasst die Ergebnisse nach den Größenklassen zusammen.

Die Wärmepotenziale in den sehr großen, für objektbezogene KWK geeigneten Mehrfamiliengebäuden liegen für Remscheid bei 2,2% des gesamten Wärmebedarfs für Wohngebäude, in Solingen bei 1,9% und in Wuppertal immerhin bei 6,5% (nur Gebäude außerhalb der Fernwärmeversorgungs-Gebiete). Mehr als 93% der Wohnbebauung in den drei Städten ist allerdings für wirtschaftlichen Betrieb von objektbezogener KWK unter den heutigen Bedingungen nicht geeignet.

Da neue Fernwärme-Versorgungen aufgrund der hohen Leitungskosten und der unzureichenden Förderung ebenfalls kaum wirtschaftlich machbar sind, ist mehr als 93% des

Wärmepotenzials für die KWK im Wohngebäudebereich (außerhalb bestehender Fernwärme-Gebiete) derzeit wirtschaftlich nicht erschließbar. Dies ist ein sehr ernüchterndes Ergebnis.

Remscheid	EFH	MFH			gesamt
Anzahl WE	<= 2 WE	<= 6 WE	7 - 20 WE	> 20 WE	
Wärmebedarf [MWh/a]	<= 25	<= 50	<= 150	> 150	
BHKW-Leistung [kW]	<= 1	<= 5	<= 15	> 15	
Anzahl	9.511	3.275	1.247	*27*	14.060
NGF [qm]	1.440.550	1.211.743	834.121	*74.274*	3.560.688
Wärmebedarf [MWh/a]	129.229	115.310	81.139	*7.238*	332.916
Anteil an Wärmebedarf	*38,8%*	*34,6%*	*24,4%*	*2,2%*	*100,0%*
Solingen	**EFH**	**MFH**			**gesamt**
Anzahl WE	<= 2 WE	<= 6 WE	7 - 20 WE	> 20 WE	
Wärmebedarf [MWh/a]	<= 25	<= 50	<= 150	> 150	
BHKW-Leistung [kW]	<= 1	<= 5	<= 15	> 15	
Anzahl	32.777	7.246	2.185	*56*	42.264
NGF [qm]	2.937.064	2.263.652	1.405.286	*141.259*	6.747.261
Wärmebedarf [MWh/a]	345.730	248.599	148.463	*14.252*	757.044
Anteil an Wärmebedarf	*45,7%*	*32,8%*	*19,6%*	*1,9%*	*100,0%*
Wuppertal	**EFH**	**MFH**			**gesamt**
Anzahl WE	<= 2 WE	<= 6 WE	7 - 20 WE	> 20 WE	
Wärmebedarf [MWh/a]	<= 25	<= 50	<= 150	> 150	
BHKW-Leistung [kW]	<= 1	<= 5	<= 15	> 15	
Anzahl	24.017	9.611	4.387	*216*	38.231
NGF [qm]	5.294.282	3.960.600	3.162.589	*617.002*	13.034.474
Wärmebedarf [MWh/a]	281.569	345.895	301.475	*64.078*	993.018
Anteil an Wärmebedarf	*28,4%*	*34,8%*	*30,4%*	*6,5%*	*100,0%*

Tabelle 15: Klassifizierung der Wohngebäude nach Verbrauchsklassen

Die Gesamtergebnisse der auf das Bergische Städtedreieck hochgerechneten KWK-Potenziale sind in Anlage 2 zusammengestellt.

In Remscheid gibt es im Wohngebäudebereich neben dem Potenzial für objektbezogene (gebäudebezogene) KWK-Versorgungen die beiden bestehenden Nahwärmeversorgungen Vömix (Gegenstand im Modellwettbewerb) und Hasenberg (voruntersucht in der vorliegenStudie). Diese sind weiterhin beide erfolgversprechend und sollten von GEWAG und EWR weiterverfolgt werden.

Einen Vergleich zwischen den im Rahmen des Wettbewerbes KWK-Modellkommune NRW und den hier unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten aktualisierten Potenzialen zeigt die Tabelle 16. Die Potenziale liegen noch etwa halb so hoch wie im Feinkonzept des KWK-Wettbewerbes. Angesichts der heute im Vergleich zu 2013 verbesserten energiewirtschaftlichen Randbedingungen ist dies zwar ernüchternd, es muss aber beachtet werden, dass die Detaillierungstiefe und Belastbarkeit der hier ermittelten Ergebnsse wesentlich höher ist als im Rahmen des KWK-Wettbewerbes.

		KWK-Potenzial			
		Wärme-erzeugung MWh/a	elektrische Leistung kW	Strom-erzeugung MWh/a	CO_2-Einsparung t/a
Stand 2014: KWK-Modellkommune NRW	**Remscheid**	27.970	2.720	16.720	4.400
	Solingen	32.770	3.400	20.960	5.620
	Wuppertal	95.180	9.270	59.270	15.780
	Bergisches Dreieck	**155.920**	**15.390**	**96.950**	**25.800**
	Potenzial 1)	*2,1%*		*2,8%*	*-0,7%*
Aktualisierung 2019	**Remscheid**	12.340	1.280	7.470	2.160
	Solingen	16.340	1.425	8.445	2.435
	Wuppertal	52.070	4.410	26.910	7.600
	Bergisches Dreieck	**80.750**	**7.115**	**42.825**	**12.195**
	Potenzial 1)	*1,1%*		*1,2%*	*-0,3%*

1) bezogen auf Wärme-/Stromabsatz und CO_2-Emissionen gem. EcoRegion ohne Verkehr

Tabelle 16: KWK-Potenziale gem. Feinkonzept KWKhoch3 und Aktualisierung

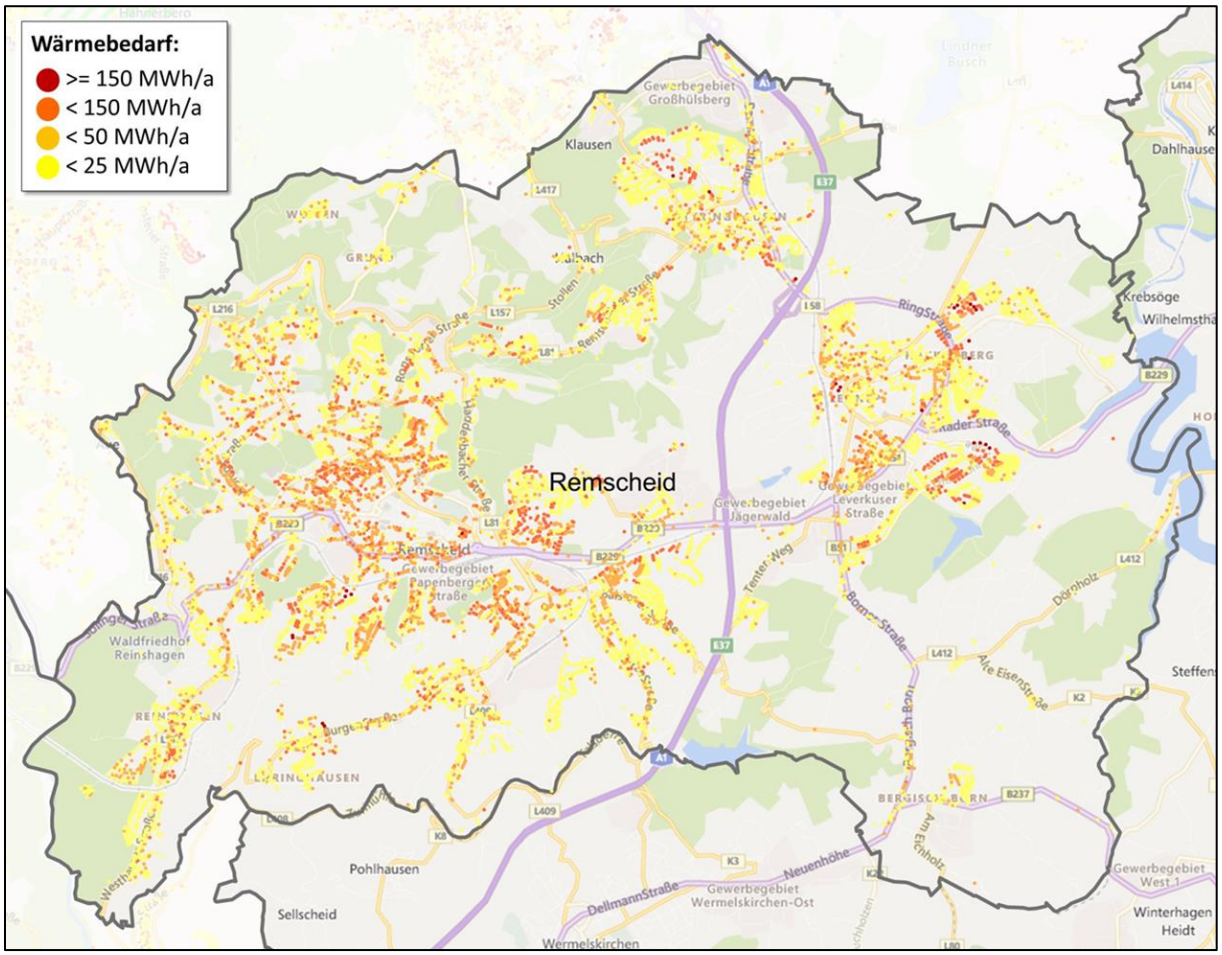


Abbildung 45: Wärmeatlas-Auswertung für Remscheid – Wohngebäude nach Wärmeverbrauchsklassen

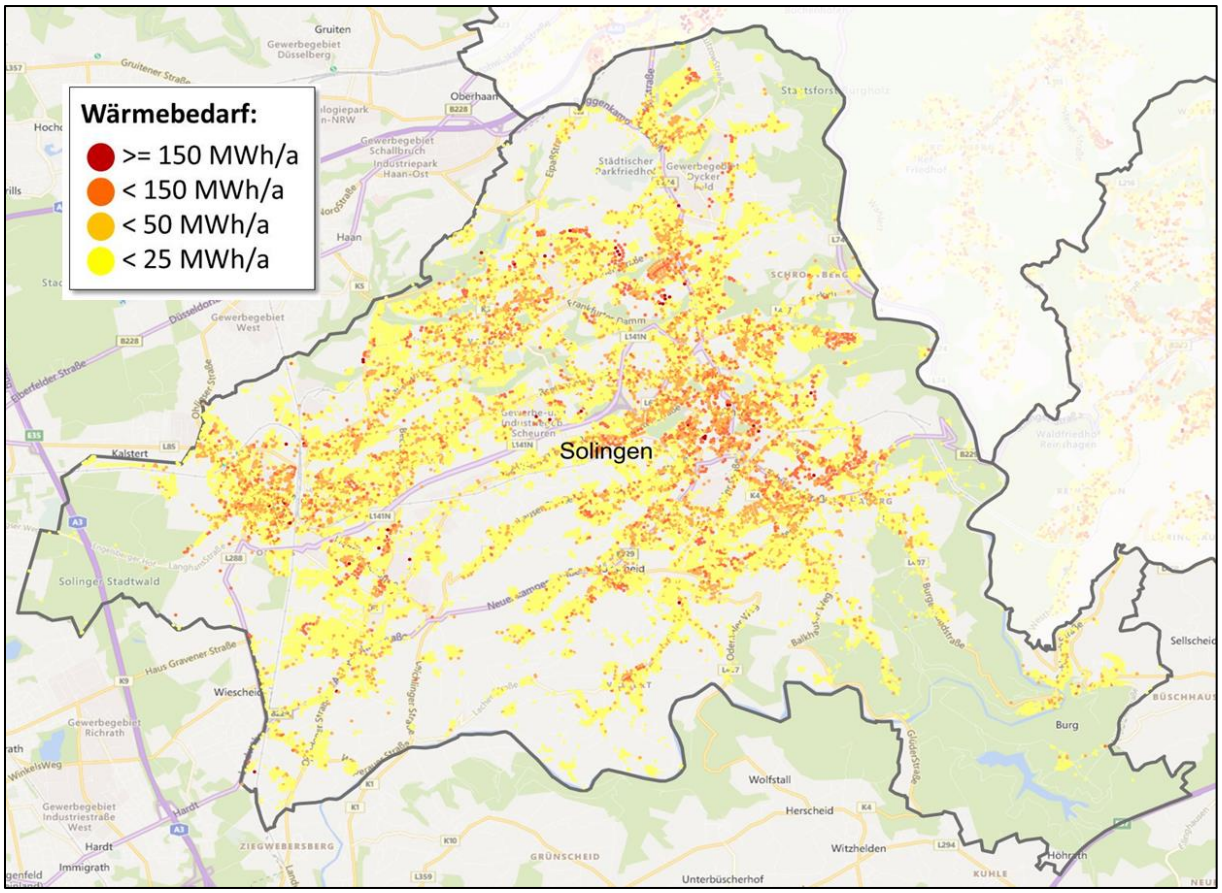


Abbildung 46: Wärmeatlas-Auswertung für Solingen – Wohngebäude nach Wärmeverbrauchsklassen

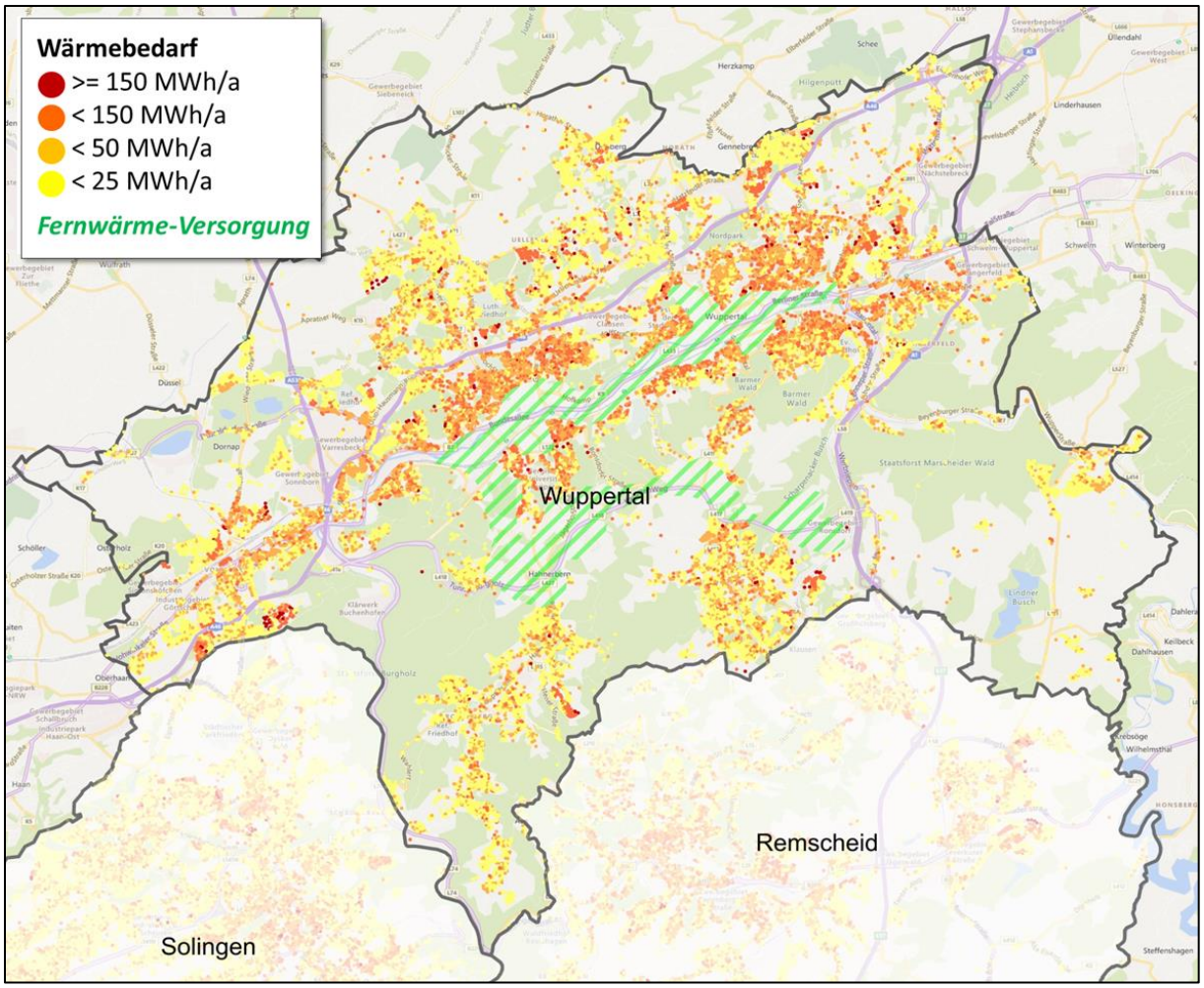


Abbildung 47: Wärmeatlas-Auswertung für Wuppertal – Wohngebäude nach Wärmeverbrauchsklassen

5.6 Übertragung der Ergebnisse auf die KWK-Potenzialstudie NRW

Die KWK-Potenzialstudie NRW aus dem Jahre 2011 fokussierte auf die Untersuchung der KWK-Potenziale im Bereich der Siedlungswärmeversorgung (klassische Fernwärme) und auf größere gewerbliche bzw. industrielle KWK-Anwendungen. Objektversorgungen mit KWK wurden ebenfalls mit einbezogen, jedoch nicht auf die Gesamtpotenziale in NRW hochgerechnet, da ihre Bewertung mit zu großen Unsicherheuten für eine flächendeckende Hochrechnung behaftet ist. Zudem wurde den objektbezogenen KWK-Lösungen keine Priorität eingeräumt, da sie durch Herauslösen von größeren Wärmesenken aus ggf. für die Siedlungs-KWK geeigneten Gebieten die Potenziale der Siedlungs-KWK schmälern können.

5.6.1 Energiewirtschaftliche Randbedingungen für den KWK-Ausbau

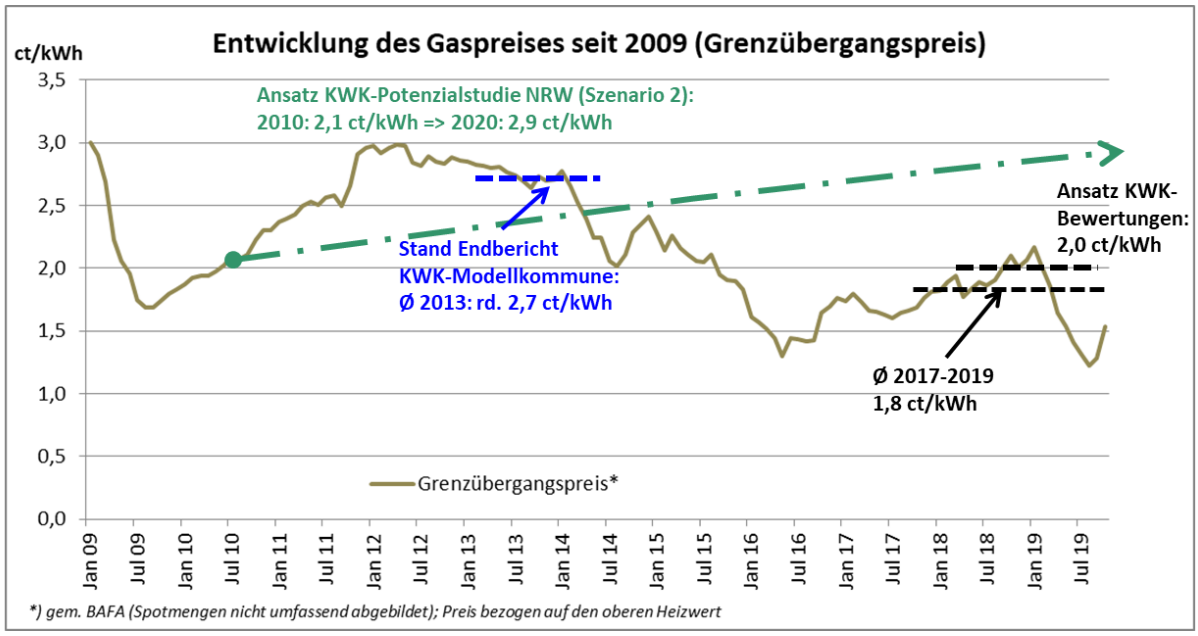
<u>Gaspreis und Strompreis:</u>

Die Gas- und Strompreise wurden im Rahmen der KWK-Potenzialstudie NRW gemäß Preisstand 2010 angesetzt und ihre künftige Entwicklung in drei Szenarien hochgerechnet. (1 = hoch (High), 2 = mittel (Referenzszenario), 3 = niedrig (Spar)).

Die damals angesetzte Preisentwicklung gemäß dem Referenzszenario ist für den Gaspreis, den Strommarktpreis (Base) und den (rechnerischen) COGIX für den Zeitraum bis 2020 in Abbildung 48, Abbildung 49 und Abbildung 50 aufgetragen. Der Vergleich mit den tatsächlichen Preisentwicklungen zeigt, dass insbesondere die Strompreisentwicklung und die Entwicklung des COGIX im Zeitraum 2012 bis 2019 deutlich unter den Erwartungen der KWK-Potenzialstudie NRW zurückgeblieben ist.

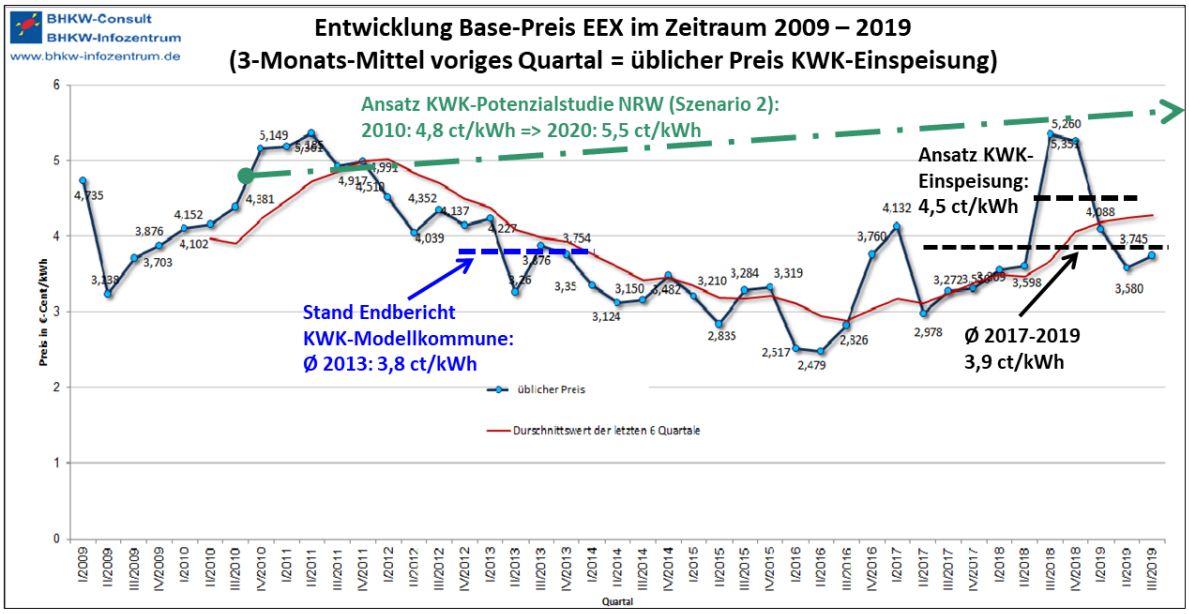
Die ungünstige Preisentwicklung war 2010 in dieser extremen Form nicht vorhersehbar, hat aber dazu geführt, dass die wirtschaftlichen Potenziale deutlich unter den Erwartungen lagen. Dies spiegelt sich auch in der sehr zögerlichen Entwicklung des KWK-Zubaus im Zeitraum 2011 bis 2016 (vgl. Abschnitt 3.1.5).

Selbst mit den Strompreissteigerungen in 2017 bis 2019 wird heute das prognostizierte Strompreisnievau gem. dem Referenzszenario noch nicht wieder erreicht (vgl. Abbildung 49). Dank des Gaspreisrückganges liegt der COGIX heute jedoch im damals erwarteten Bereich (vgl. Abbildung 50), so dass die Ausgangsbedingungen hinsichtlich des Spreads zwischen Gaskosten und Stromerlösen für die Netzeinspeisung aus KWK-Anlagen wieder ähnliches Niveau erreichen wie zum Zeitpunkt der Erarbeitung der KWK-Potenzialstudie NRW.



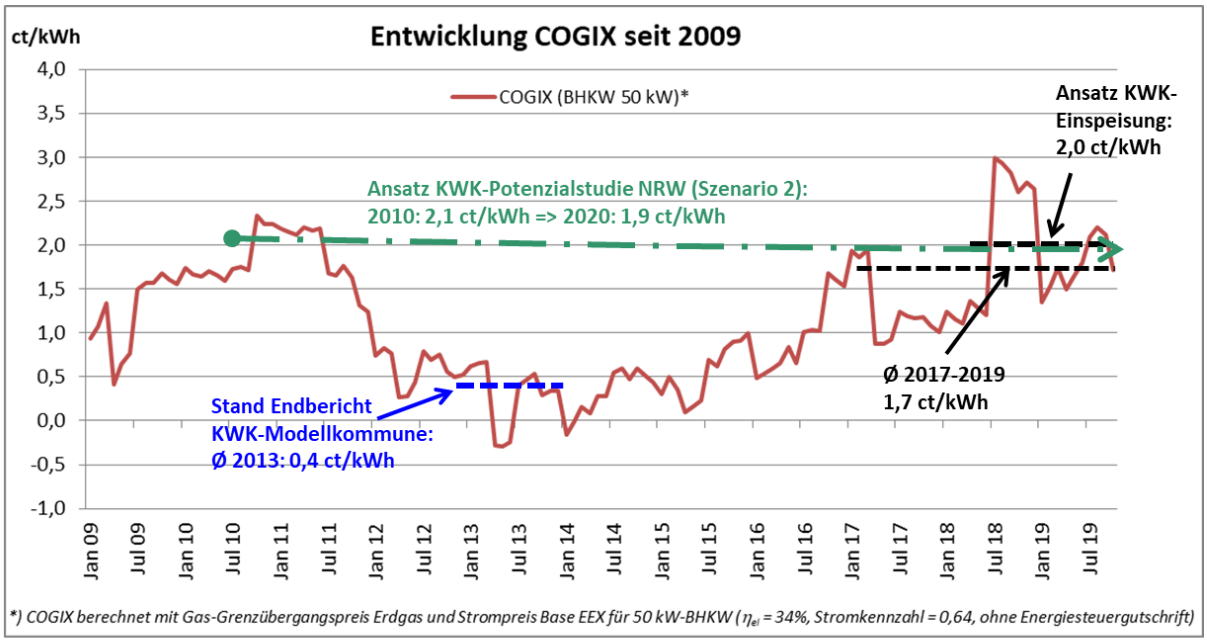
Quelle: BAFA 2019, KWK-Potenzialstudie NRW 2011 (BEI/Fraunhofer ISI/EnB)

Abbildung 48: Entwicklung des Grenzübergangspreises Erdgas im Zeitraum 2009 bis 2019



Quelle: BAFA 2019, BHKW-Infozentrum 2019, KWK-Potenzialstudie NRW 2011 (BEI/Fraunhofer ISI/EnB)

Abbildung 49: Entwicklung des Strompreises Base im Zeitraum 2009 bis 2019



Quelle: KWK-Potenzialstudie NRW 2011 (BEI/Fraunhofer ISI/EnB), Eigene Berechnungen

Abbildung 50: Entwicklung COGIX im Zeitraum 2009 bis 2019

<u>Netzeinspeisung aus KWK: KWK-Förderung:</u>

Die Förderung von ins Netz eingespeistem KWK-Strom hat sich durch mehrere Novellierungen des KWKG seit 2009 (Stand KWK-Potenzialstudie NRW) signifikant verändert und ist mit dem KWKG 2016 bzw. 2017 gegenüber 2009 deutlich angehoben worden.

In Abbildung 51 sind die KWK-Zuschläge für den Leistungsbereich zwischen 5 kW und 60 MW gem. KWKG 2009 und KWKG 2017 gegenübergestellt. Der Zuschlag im Bereich > 1 MW bis

50 MW wird gem. KWKG 2017 in Ausschreibungsverfahren ermittelt. Vereinfacht ist in Abbildung 51 die Höhe des Zuschlages bei Hochrechnung der Regelsätze bis 1 MW bzw. bei mehr als 50 MW aufgetragen. Die Anhebung des KWK-Zuschlages gem. KWKG 2017 im Vergleich zum KWKG 2009 liegt im Bereich zwischen 1,5 ct/kWh bei Anlagen > 50 MW und 2,4 bis 3 ct/kWh bei Anlagen bis 1 MW. Bezogen auf die KWK-Zuschläge gem. KWKG 2009 liegt die Anhebung im Bereich von +30% bis +70% und stellt eine signifikante Verbesserung dar.

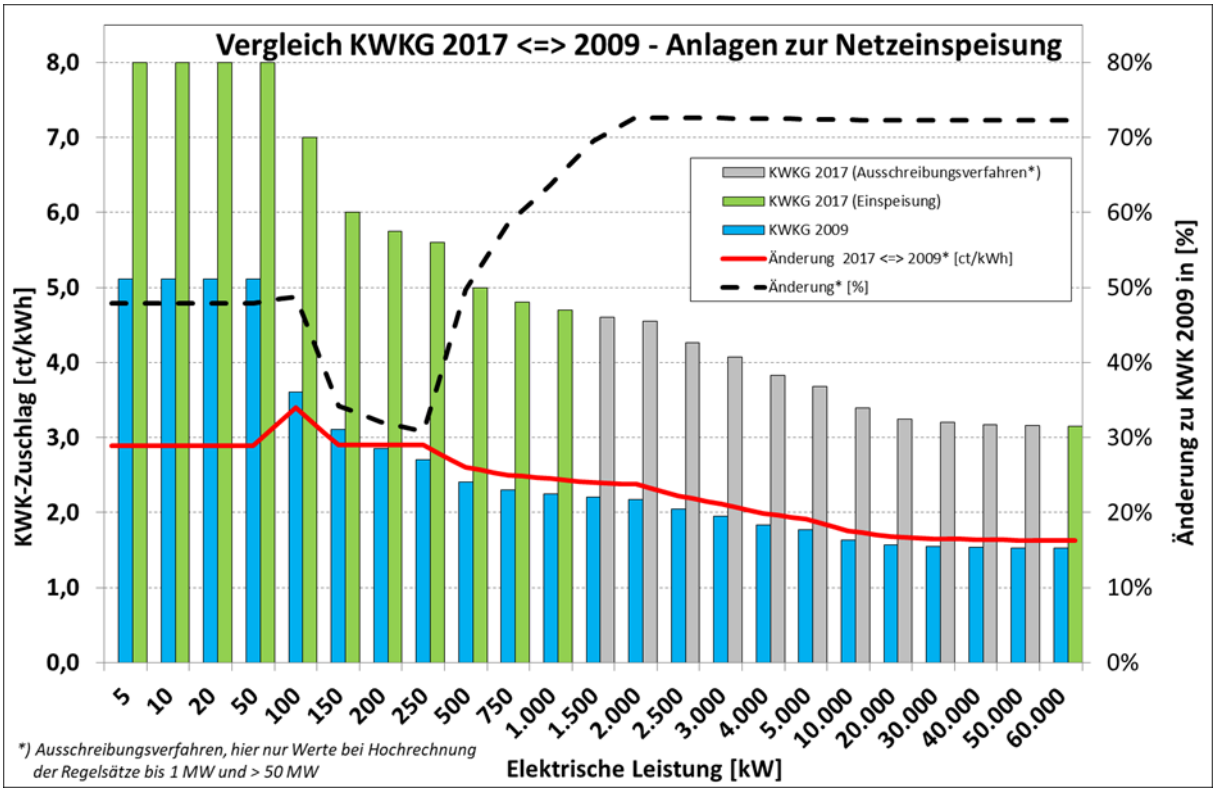


Abbildung 51: Vergleich KWK-Förderung Netzeinspeisung KWKG 2009 ⇔ KWKG 2017

<u>Eigenstromversorgung aus KWK: EEG-Umlage und KWK-Förderung</u>

Im Bereich der Eigenstromversorgung sind insbesondere folgende Änderungen im Vergleich zur Situation bei Erstellung der KWK-Potenzialstudie NRW bedeutsam:

- Bis 31.07.2013 – also auch im Zeitraum der Erstellung der KWK-Potenzialstudie NRW – war die Eigenstromerzeugung noch vollständig von der EEG-Umlage befreit. Ab 01.08.2014 wurde die Eigenstromerzeugung durch Novellierung des EEG mit 40% der EEG-Umlage belastet. Dies hat seit Bekanntwerden der Pläne für die 40%-Belastung zu einer windhundmäßigen Umsetzung und Inbetriebnahme neuer Eigenversorgungsanlagen bis Stichtag 31.07.2014 geführt – und zu einem Einbruch des Zubaus nach diesem Stichtag und einer deutlichen Verschlechterung der Stromerlöse für die Stromeigenversorgung bis heute.

- Das im Zeitraum der Erstellung der KWK-Potenzialstudie NRW gültige KWKG 2009 sah identische Fördersätze für den in das Netz eingespeisten Strom und für den Strom zur

Eigenversorgung vor. Mit dem KWKG 2016 wurde dies geändert. In das Netz eingespeister Strom erhält seitdem höhere Zuschläge. Strom zur Eigenversorgung erhält die bisherigen, niedrigeren Zuschläge und dies nur bis zu einer Anlagenleistung von 100 kW.

Der negative Einfluss der Einführung der EEG-Umlage von 40% auf den Eigenstrom seit 01.08.2014 und die Einführung der Leistungsgrenze von 100 kW für die KWK-Förderung von Eigenstrom mit dem KWKG 2016 verschlechtern die Bedingungen für Objektversorgungen und von KWK in Industrie und Gewerbe bis heute.

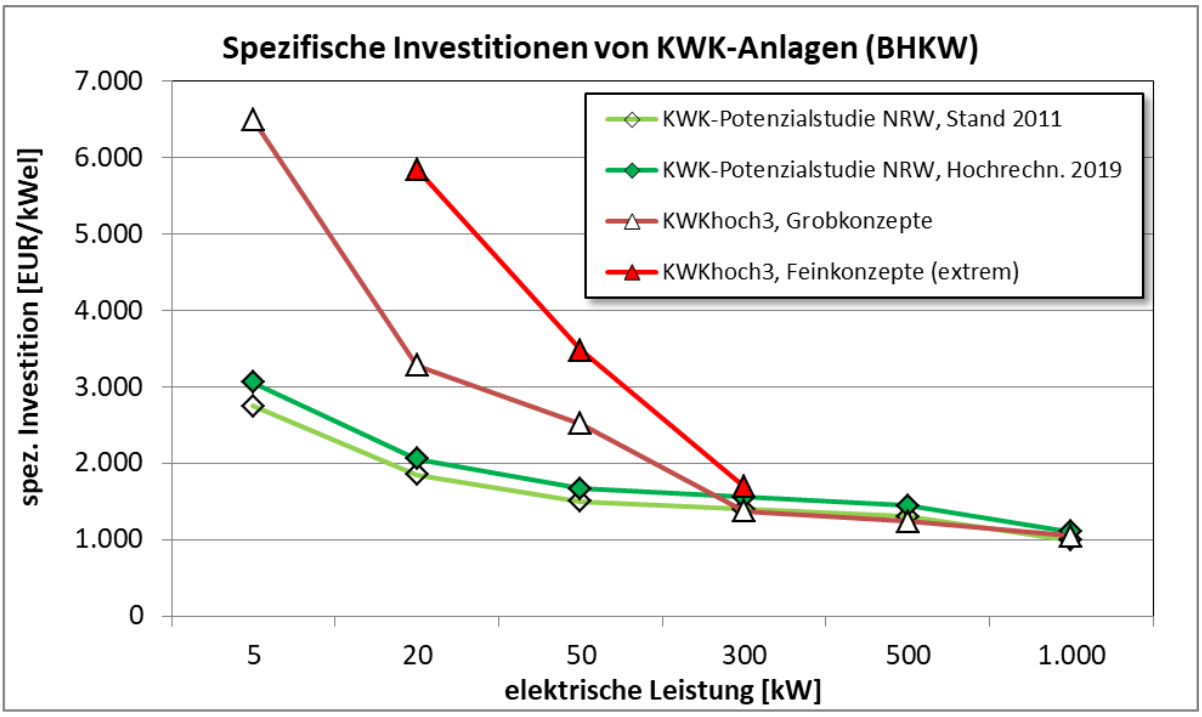
Investitionen für KWK-Anlagen und Verteilnetze:

Als weitere wichtige Randbedingung für die wirtschaftlichen Potenziale der KWK werden im Folgenden die Investitionen für KWK-Anlagen (hier BHKW) und für den Leitungsbau beleuchtet.

Die in der KWK-Potenzialstudie NRW angesetzten spezifischen Investitionen für BHKW-Anlagen sind in Abbildung 52 dargestellt. Neben den damaligen Ansätzen Preisstand 2010 sind Hochrechnungen mit den jährlichen Preissteigerungsraten bis 2019 aufgetragen.

Die Gegenüberstellung mit den im Rahmen dieser Untersuchung angesetzten Investitionen zeigt:

- Im Leistungsbereich ab 300 kW sind die Investitionsansätze der KWK-Potenzialstudie NRW in der Höhe nachvollziehbar und sachgerecht.
- Im kleineren Leistungsbereich unterhalb von 300 kW sind die Ansätze im Rahmen der KWK-Potenzialstudie NRW aber gemäß der Erfahrungen aus der konkreten Bewertung von Anlagen in den hier erarbeiteten Feinkonzepten deutlich zu niedrig und wenigstens um den Faktor 1,5 , bei sehr kleinen Anlagen auch bis zu 2,5 mal so hoch zu veranschlagen.
  Das im Rahmen der KWK-Potenzialstudie NRW für das kleine Anlagensegment ermittelte wirtschaftliche Potenzial müsste demzufolge deutlich nach unten korrigiert werden. Dies gilt sowohl für die Siedlungs-KWK als auch für die Betrachtung von Objektversorgungen. Eine zahlenmäßige Übertragung auf die KWK-Potenzialstudie NRW ist an dieser Stelle nicht möglich, da in der Potenzialstudie die Verteilung der Potenziale nach KWK-Größenklassen nicht ausgewiesen ist.



Quelle: KWK-Potenzialstudie NRW 2011 (BEI/Fraunhofer ISI/EnB), Eigene Berechnungen

Abbildung 52: Vergleich spezifischer Investitionsansätze für BHKW-Anlagen

Die in der KWK-Potenzialstudie NRW angesetzten spezifischen Investitionen für den Bau von Fernwärme-Leitungen sind in Abbildung 53 dargestellt. Neben den damaligen Ansätzen Preisstand 2010 sind Hochrechnungen mit den jährlichen Preissteigerungsraten bis 2019 aufgetragen.

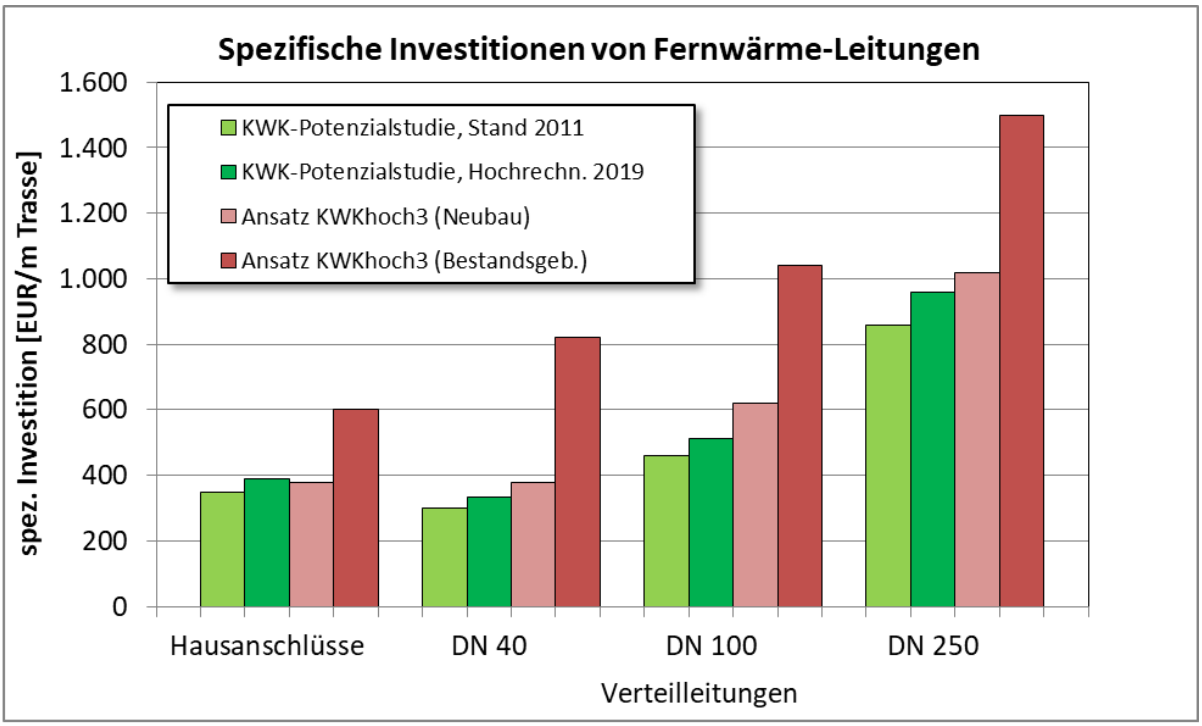
Die Gegenüberstellung mit den im Rahmen dieser Untersuchung angesetzten Investitionen zeigt:

- Die Investitionsansätze in der KWK-Potenzialstudie NRW für die Verlegung von Leitungen im Bereich von Neubaugebieten – also bei gemeinsamer Erschließung mit Wasser, Strom und Telekommunikation – sind bei Hochrechnung auf den Preisstand 2019 nachvollziehbar und vergleichbar mit den Ansätzen dieser Untersuchung.

- Bei Leitungsbau im Gebäudebestand mit den vollen Tiefbaukosten und den Kosten für die Wiederherstellung der Oberfläche sind die Ansätze in der KWK-Potenzialstudie NRW aber unserer Ansicht nach deutlich zu niedrig und liegen in der Realität rd. 35 bis 50% höher.
  Das im Rahmen der KWK-Potenzialstudie NRW für die Siedlungs-KWK ermittelte wirtschaftliche Potenzial müsste demzufolge deutlich nach unten korrigiert werden.

- Die Wärmeverteilkosten liegen gem. KWK-Potenzialstudie je nach Wärmedichte in einem Bereich zwischen 10 und 50 EUR/MWh (vgl. Abbildung 5-10, S.118 KWK-Potenzialstudie). Eine Anhebung der Investitionen für den Leitungsbau um 35-50% bedeutet

eine Anhebung der Verteilkosten um minimal 3 EUR/MWh bis zu 25 EUR/MWh (je nach Wärmedichte der Cluster).



Quelle: KWK-Potenzialstudie NRW 2011 (BEI/Fraunhofer ISI/EnB), Eigene Berechnungen

Abbildung 53: Vergleich spezifischer Investitionsansätze für den Leitungsbau

5.6.2 Auswirkungen auf die KWK-Potenziale gemäß KWK-Potenzialstudie NRW

Die o.g. energiewirtschaftlichen Entwicklungen und Änderungen des Förderrahmens sowie die Investitionseinschätzungen haben erheblichen Einfluß auf die in der Potenzialstudie NRW ausgewiesenen KWK-Potenziale. Die bedarfsseitigen und technischen Potenziale sind hiervon nicht betroffen, sehr wohl aber die wirtschaftlichen Potenziale. Im Folgenden werden die Auswirkungen qualitativ aufgeführt. Eine quantitative Auswertung geht über den Umfang dieser Untersuchung hinaus. Zudem fehlen hierzu die Detailauswertungen bspw. hinsichtlich der Ausbaupotenziale nach Leistungsklassen der KWK-Anlagen.

<u>Siedlungs-KWK</u>

Insbesondere aufgrund der höheren Investitionen für den Leitungsbau und trotz der Anhebung der KWK-Zuschläge für den in das Netz eingespeisten KWK-Strom schätzen wir die Potenziale im Bereich Siedlungs-KWK niedriger ein als in der Potenzialstudie NRW ausgewiesen.

- **Neue Fernwärme-Systeme**
  Im Bereich vollständig neuer Systeme mit neuen KWK-Anlagen und neuen Netzen kann der Mindest-KWK-Anteil für die Netzförderung von 75% kaum erreicht werden. Neue Systeme ohne Netzförderung sind aber unserer Erfahrung nach sowohl im

Neubaubereich als auch im Gebäudebestand wirtschaftlich trotz der im Vergleich zu 2010/2011 erhöhten KWK-Förderung des ins Netz eingespeisten Stroms nicht machbar. Das wirtschaftliche Potenzial für neue Fernwärme-Systeme mit KWK schätzen wir daher auf nahezu "0" ein.

- **Ausbau bestehender Fernwärme-Systeme**
  Bei den o.g. erhöhten Investitionen für Netze im Gebäudebestand steigen die Verteilkosten um mindestens 3 EUR/MWh und bis zu 25 EUR/MWh. In den Auswertungen der Potenziale bedeutet dies eine Verschiebung zu höheren Wärmepreisen. Ausgehend von der Potenzialbewertung nach Wärmepreiszuwächsen/-abschlägen in der KWK-Potenzialstudie bedeutet dies eine Verringerung der Potenziale im Vergleich zum Referenzfall.
  Die Netzeinspeisung aus neuen oder modernisierten KWK-Anlagen wird nach dem KWKG 2017 im Vergleich zum KWKG 2009 mit deutlich höheren Zuschlägen gefördert. Sofern für die Ausbaupotenziale in der KWK-Potenzialstudie auch neue oder/und modernisierte KWK-Anlagen unterstellt wurden, wird der Strom aus diesen Anlagen deutlich höher gefördert als noch 2010/2011. Die additive Förderung von Ø 2 ct/kWh bedeutet eine Absenkung der Wärmegestehungskosten um Ø rd. 20 EUR/MWh (bei BHKW mit Stromkennzahl = 1).
  Sofern in der KWK-Potenzialstudie der Fernwärme-Ausbau mit neuen/modernisierten KWK-Anlagen verknüpft wurde, heben sich die Effekte aus verteuerten Investitionen für die Netze und aus erhöhten KWK-Zuschlägen im Vergleich zu 2010/2011 auf.
  Die in der KWK-Potenzialstudie ermittelten Ausbaus-Potenziale bestehender Fernwärme-Systeme sind dann auch heute noch gegeben.
  Die Zusammenhänge zwischen den erhöhten Investitionsansätzen für den Leitungsbau, der erhöhten KWK-Förderung der Netzeinspeisung und den wirtschaftlichen KWK-Potenzialen sind in Abbildung 54 beispielhaft anhand der Tabelle 6-4 / Seite 139 der Potenzialstudie aufgezeigt.
  Dabei ist die Fernwärme-Verdichtung i.d.R. wirtschaftlich machbar, da nur neue Hausanschlussleitungen errichtet werden müssen. Im Fernwärme-Ausbau wird das Potenzial deutlich niedriger ausfallen, wenn keine modernisierten oder neuen KWK-Anlagen mit dem Ausbau verknüpft sind.
  Eine Quantifizierung kann hierzu nicht erfolgen, da die ermittelten Anteile der Verdichtung bzw. Netzausbau und Zubaugrad neuer Anlagen nicht bekannt sind.

Tabelle 6-4: Wirtschaftliches Fernwärme-KWK-Potenzial in NRW in Abhängigkeit der Wirtschaftlichkeitsstufen (Anschlussgrad 90 %)

Angaben in [GWh/a] Stadtkategorie	+ 10 €/MWh	+ 5 €/MWh	0 €/MWh	– 5 €/MWh	– 10 €/MWh
bis 20.000 Einw.	0	0	1.189	1.649	3.012
20.001 – 50.000 Einw.	335	1.291	7.701	12.898	25.731
50.001 – 150.000 Einw.	94	2.421	17.353	26.318	31.261
ab 150.001 Einw.	22.188	33.123	53.009	69.287	76.105
Summe	**22.617**	**36.834**	**79.251**	**110.152**	**136.110**
Anteil am Wärmebedarf	**10 %**	**17 %**	**36 %**	**50 %**	**61 %**

Quelle: KWK-Potenzialstudie NRW 2011 (BEI/Fraunhofer ISI/EnB), Seite 139

Wärmepreis €/MWh **+20** **+10** **+5** **mit steigenden Wärmepreisen**

-x% **-71%** **-54%** **Verschiebung zu geringeren Potenzialen**

1) Erhöhte Investitionen Leitungsbau
=> Wärmepreise + 3 bis +25 €/MWh (je nach Wärmedichte)
2) Erhöhte KWK-Förderung bei modernisierten/neuen Anlagen
=> Wärmepreise Ø -20 €/MWh
=> Ausgleich der Kosteneffekte Leitungsbau

Abbildung 54: Ergebnisse Fernwärme-Potenzialstudie NRW und Einfluss bei steigenden Wärmepreisen

Objektversorgungen mit KWK

Im Bereich der Objektversorgungen sehen wir insbesondere die Anwendung von kleinen KWK-Anlagen im Bereich zwischen 20 und unter 50 kW als sehr schwierig und nur unter optimalen Randbedingungen als machbar ein. Für noch kleinere Anlagen unterhalb von 20 kW sehen wir überhaupt kein wirtschaftliches Potenzial.

Da die Leistungsverteilung in der Potenzialermittlung objektbezogener KWK in der KWK-Potenzialstudie NRW nicht bekannt ist, kann eine quantitative Einschätzung zur Reduzierung der Potenziale nicht abgegeben werden.

Industrielle KWK

Die industrielle KWK mit großen Leistungen oberhalb von 1 MW war nicht Schwerpunkt dieser Untersuchung. Die identifizierten Fallbeispiele beschränken sich auf kleine und mittlere Gewerbebetriebe mit KWK-Leistungen bis zu max. 300 kW.

Insofern sind keine aktualisierten Erkenntnisse zum Potenzial größerer industrieller KWK in NRW aus dieser Untersuchung ableitbar. Im Rahmen der KWK-Potenzialstudie waren branchenabhängig die Beiträge verschiedener KWK-Größenklassen ermittelt worden. Insbesondere in den Bereichen Maschinenbau und Metallerzeugnisse waren wirtschaftliche KWK-Anwendungen im Leistungsbereich ab 100 kW ermittelt worden.

Hier sei der Hinweis erlaubt, dass kleine KWK-Anlagen in Gewerbe und Industrie nur dann wirtschaftlich eine Chance haben, wenn die Raumwärmeversorgung bereits auf Basis von Pumpenwarmwasserheizungen erfolgt. In den kleinen und mittleren Gewerbebetrieben im Bergischen Städtedreieck wurden vielfach dezentral gefeuerte Lufterhitzer für die Hallenheizung angetroffen. Diese erlauben nicht unmittelbar den Einsatz von KWK-Anlagen, sondern erfordern die Umstellung auf die zentrale Wärmeerzeugung und Verteilung über ein Heißwasser-/Warmwassersystem. Das wirtschaftliche Potenzial der industriellen KWK dürfte daher unserer Einschätzung nach im Bereich kleinerer Betriebe deutlich niedriger ausfallen als in der KWK-Potenzialstudie ausgewiesen.

Zudem werden die Potenziale industrieller KWK aufgrund der Einführung der EEG-Umlage von 40% als auch des Wegfalls der KWK-Förderung für Anlagen oberhalb 100 kW niedriger ausfallen als in der KWK-Potenzialstudie ausgewiesen.

Gesamteinschätzung

Auf Basis der Erkenntnisse dieser Untersuchung kann eine zusammenfassende Gesamteinschätzung der wirtschaftlichen KWK-Potenziale im Vergleich zur KWK-Potenzialstudie NRW nur qualitativ erfolgen in dem Sinne, dass:

- die wirtschaftlichen Potenziale für die Fernwärme- bzw. Siedlungs-KWK für den Aufbau neuer Fernwärme-Systeme im Gebäudebestand nahe „0“ eingeschätzt werden;
- die wirtschaftlichen Potenziale für Mini-KWK unterhalb von 50 kW sehr gering und für die Mikro-KWK unterhalb von 20 kW nahe „0“ eingeschätzt werden. Dies gilt sowohl für die objektbezogene KWK im Bereich der Dienstleistungen (öffentliche Gebäude, Sozialeinrichtungen etc.) als auch für Gewerbebetriebe;
- die wirtschaftlichen Potenziale in der industriellen KWK durch Einführung der EEG-Abgabe von 40% und Wegfall der KWK-Förderung für Anlagen oberhalb 100 kW niedriger ausfallen als in der KWK-Potenzialstudie ausgewiesen.

Zurzeit wird die KWK-Potenzialstudie NRW fortgeschrieben. Ergebnisse sollen im Laufe des Jahres 2020 vorliegen. Exakte Vergleiche zu den Potenzialen aus der KWK-Potenzialstudie NRW aus 2011 sind dieser Aktualisierung vorbehalten.

6 Gesamtfazit und Ausblick

Die Kraft-Wärme-Kopplung liefert als effiziente Technologie zur Wärme- und Stromversorgung bereits seit Jahrzehnten einen Beitrag zur Primärenergie und CO_2-Einsparung in der Energieversorgung. Mit CO_2-Einsparpotenzialen von 20 bis 30% im Vergleich zur konventionellen Wärmeversorgung aus öl- oder gasgefeuerten Heizkesseln ist sie als Brückentechnologie zur Erreichung der angestrebten Klimaschutzziele auch künftig unverzichtbar.

Das Potenzial für den KWK-Einsatz zur Gebäudebeheizung und für den industriellen Prozesswärmebedarf ist groß und bei weitem nicht ausgeschöpft. Insbesondere in der Objektversorgung von großen Einzelliegenschaften der öffentlichen Nutzung (Schulen, Verwaltungsgebäude) und der Wohnnutzung (größere Mehrfamilienhäuser, bestehende Nahwärmeversorgungen) sowie im mittleren Gewerbe- und Industriebereich sind erhebliche ungenutzte Potenziale zu verzeichnen, die teilweise bereits unter den heutigen energiewirtschaftlichen und förderpolitischen Rahmenbedingungen wirtschaftlich umsetzbar sind oder an der Schwelle zur Wirtschaftlichkeit liegen. Es gibt aber auch deutliche Grenzen für den wirtschaftlichen Einsatz, die sich hinsichtlich des Leistungsbereiches, aber auch der technischen Ausgangsbedingungen ergeben. Diese zeigten sich deutlich im Rahmen der untersuchten Fallbeispiele.

6.1 Grenzen für die Wirtschaftlichkeit von KWK-Einsatz aus den untersuchten Fallbeispielen

Die Untersuchung für das Bergische Städtedreieck hat anhand zahlreicher in Grob- und Feinkonzepten konkret bewerteter Fallbeispiele gezeigt, dass deutliche Grenzen für den wirtschaftlichen Einsatz der KWK unter den heutigen Bedingungen zu verzeichnen sind:

- KWK-Anlagen im kleinen Leistungsbereich unterhalb von 50 kW sind aufgrund der hohen spezifischen Investitionen nur wirtschaftlich konkurrenzfähig, wenn gute Bedingungen hinsichtlich des Wärme- und Strombedarfs gegeben sind und zudem ideale Umsetzungsrandbedingungen vorgefunden werden und z.B. keine baulichen Anpassungen, lange Anbindungsleitungen etc. erforderlich sind.

- Mikro-KWK mit Leistungen unterhalb von 15 bis 20 kW sind im Vergleich zur konventionellen Wärmeversorgung unter wirtschaftlichen Aspekten i.d.R. chancenlos. Sie sind nur umsetzbar, wenn individuelles Betreiberengagement gepaart ist mit der Bereitschaft, Mehrkosten im Vergleich zur konventionellen Wärmeversorgung in Kauf zu nehmen.

- Nicht nur im Wohnbereich sondern auch im gewerblichen Bereich sind heute auch in Ballungsräumen wie dem Bergischen Städtedreick noch häufig Ölheizungen anzutreffen. Im gewerblichen Bereich sind diese häufig als (dezentrale) Luftheizungen (Hallenheizungen) ausgeführt. Dies erschwert den Einsatz von KWK-Anlagen deutlich, da zum Aufwand für die Umstellung auf Erdgas noch die Umstellung auf zentrale Pumpenwarmwassersysteme hinzukommt.

Alleine aus den Erlösen der KWK-Anlage und der hierfür verfügbaren Förderung ist dieser Mehraufwand nicht zu decken. Das sich bietende Potenzial in diesen Gewerbebetrieben wird ohne zusätzliche Förderung für die Umstellung der Beheizungssysteme nicht gehoben werden können.

- Die klassische, fernwärmebasierte Siedlungs-KWK war nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Sie wurde nur mit einem Fallbeispiel für den Zubau einer KWK-Anlage in ein bestehendes Nahwärmenetz mit derzeit konventioneller Wärmeerzeugung am Rande gestreift.
  Aus Grundsatzüberlegungen wird aber deutlich, dass neue Nah- oder Fernwärmesysteme mit KWK-Anlagen aufgrund der hohen Investitionen für die Leitungsverlegung nicht wirtschaftlich errichtet und mit konkurrenzfähigen Wärmepreisen betrieben werden können. Die derzeitige Förderung für den Leitungsbau nach dem KWKG ist hier bei weitem nicht ausreichend. Zudem ist die Bedingung für die Förderung des Leitungsbaus nach KWKG – mindestens 75% KWK-Anteil der Wärmeversorgung – für neue Systeme i.d.R. nicht erreichbar.
  Schwerpunkt des KWK-Einsatzes in der Fern-/Nahwärmeversorgung kann unter den gegebenen Bedingungen nur der Ausbau bestehender Versorgungen sein.

6.2 Folgerungen für die Gestaltung des Förderpolitischen Rahmens

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse bzgl. des wirtschaftlichen Einsatzes von KWK-Anlagen werden folgende Anregungen für die künftige Gestaltung des förderpolitischen Rahmens abgeleitet.

6.2.1 Fortführung und Verlässlichkeit der KWK-Förderung

Die Fortführung des KWKG über einen Zeitraum von mindestens 10 Jahren ist für die Umsetzung neuer KWK-Projekte unverzichtbar. Hier müssen klare Signale und ein verlässlicher Rahmen geschaffen werden. Die häufigen Novellierungen der letzten Jahre gepaart mit der Unsicherheit bzgl. des zeitlichen Rahmens haben zwar teilweise zu „windhundmäßigem“ KWK-Zubau geführt, aber auch zu großer Verunsicherung hinsichtlich längerfristiger Projekte.

Investitionen in die KWK-Erzeugung und insbesondere in die Fernwärme-Infrastruktur erfordern aufgrund der hohen Kapitalbindung aber langfristig verlässliche Randbedingungen. Die Vorlaufzeiten für die Realisierung von KWK-Strategien sind allein schon aufgrund der langen Genehmigungs- und Umsetzungszeiträume für Erzeugungsanlagen und Fernwärme-Trassen erheblich. Entsprechend langfristig verlässlich muss der förderpolitische Rahmen gestaltet werden, sonst werden zahlreiche KWK-Projekte über den „Schubladenstatus“ auch künftig nicht hinauskommen.

Im Rahmen des Entwurfs für ein Kohleausstiegsgesetz (Stand 29.01.2020) hat die Bundesregierung auch Änderungen des KWKG beschlossen. Dieser Entwurf sieht eine Verlängerung des KWKG bis zum Jahr 2029 vor, allerdings mit dem Vorbehalt der Prüfung bzw. Evaluierung der Fördernotwendigkeit für Anlagen bis 50 MW im Jahr 2022 und ggf. Verlängerung nur bis 2025.

Die generelle Verlängerung bis zum Jahr 2029 ist ein Schritt in die richtige Richtung und sehr zu begrüßen. Der Vorbehalt der Evaluierung und ggf. Kürzung des KWKG-Gültigkeitszeitraums bis 2025 für Anlagen bis 50 MW stellt allerdings eine erneute Verunsicherung für längerfristige Projekte dar und ist nicht die langfristige Planungssicherheit, die die größeren KWK-Projekte insbesondere im Bereich der Fernwärmeversorgung mit Netzausbau dringend benötigen.

Darüber hinaus enthält der Novellierungsvorschlag für das KWKG folgende Änderungen (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- Einführung eines Bonus für innovative erneuerbare Wärme, der auch Anlagen mit mehr als 1 MW außerhalb des Ausschreibungsverfahrens für die Innovative KWK die Erweiterung um einen Baustein regenerativer Wärmeerzeugung in Kombination mit einem elektrischen Wärmeerzeuger ermöglichen soll. Die Einführung dieses Bonus und die damit einhergehende Flexibilisierung sind zu begrüßen.
- Einführung eines sog. Süd-Bonus, der die Errichtung von KWK-Anlagen in den – neu definierten – südlichen Regionen Deutschlands anreizen soll.
- Die generelle Kürzung der jährlichen Zuschlagzahlung für alle geförderten KWK-Anlagen auf 3.500 Vollbenutzungsstunden jährlich.
  Zu dieser Änderung wird im folgenden Abschnitt Stellung genommen.
- Die Förderung für den Netzausbau wird auf 40% der ansatzfähigen Investition unabhängig von der Leitungsdimension heraufgesetzt. Der Mindestanteil von KWK-Strom wird bei 75% belassen. Der Mindestanteil einer Kombination von KWK-Wärme, erneuerbarer Wärme und/oder Abwärme wird von 50% auf 75% angehoben.
  Zu dieser Änderung wird im folgenden Abschnitt Stellung genommen.

6.2.2 Gestaltung der Fördersätze und –bedingungen für die Anlagen- und Netzförderung im KWKG

<u>Leistungsbezogene Stufung der Förderung</u>

Die KWK-Förderung ist leistungsbezogen gestuft angelegt. Dies ist aufgrund des leistungsabhängigen spezifischen Investitionsaufwandes und der Kostendegression grundsätzlich auch richtig. Die Gestaltung der größenabhängigen Stufung erscheint aber tlw. willkürlich und die Randbedingungen für die Gewährung von Zulagen bspw. für den eigengenutzten KWK-Strom nicht ausgewogen.

- **Flexibilisierung der Stufung der Förderdauer bei kleinen KWK-Anlagen:**
  Die Stufung der Förderdauer kleiner Anlagen mit 60.000 h für Anlagen bis 50 kW und schlagartiger Herabsetzung auf 30.000 h für größere Anlagen führt zu schwerpunktmäßiger Installation von 50 kW-Anlagen – ggf. mit über mehrere Jahre gestrecktem Zubau mehrerer gleichartiger Anlagen. Technisch-wirtschaftlich und auch volkswirtschaftlich wesentlich sinnvoller wäre aber vielfach der bedarfsgerechte Zubau

einer einzelnen größeren Anlage. Dies wäre durch gleitende Gestaltung der Förderdauer leicht umsetzbar.

- **Anhebung der Leistungsgrenze zur Förderung von EEG-privilegiertem Eigenstrom:**
  Die Grenze für die KWK-Förderung von EEG-privilegiertem Eigenstrom – derzeit 100 kW – ist u.A. nach nicht sachgerecht. In diesem Leistungssegment sind die spezifischen Investitionen noch sehr hoch und das Potenzial in kleinen und mittleren Industrie- und Gewerbebetrieben wird aus wirtschaftlichen Gründen nicht umgesetzt.
  Es ist nicht ersichtlich, weshalb KWK-Anlagen mit Eigenstromnutzung in stromintensiven Betrieben über das gesamte Leistungsspektrum bis zu mehr als 50 MW KWK-Förderung parallel zur Absenkung der EEG-Belastung erhalten, KWK-Anlagen in nicht stromintensiven Betrieben aber nur bis zur Leistungsgrenze von 100 kW. Diese Grenze sollte daher angehoben werden. Oberhalb von 100 kW könnten mit Fördersätzen entsprechend den Sätzen für stromintensive Betriebe bereits erhebliche Anreize für den KWK-Zubau geschaffen werden.

- **EEG-Privileg für sehr kleine Anlagen**
  Die EEG-Umlage auf den eigengenutzten KWK-Strom entfällt derzeit bei Anlagenleistungen bis 10 kW für eine Stromerzeugung von maximal 10 MWh jährlich vollständig. Additive Strommengen werden mit 40% der EEG-Umlage belastet.
  Die jährliche Mengenbegrenzung der vollständigen EEG-Befreiung resultiert aus der Vollbenutzungsstundenzahl von PV-Anlagen von max. rd. 1.000 h/a. Für KWK-Anlagen ist dies nicht sachgerecht, da sie erst ab einer Einsatzdauer von mindestens 3.500 h/a technisch-wirtschaftlich sinnvoll eingesetzt werden können.
  Wie die Untersuchung von KWK-Anlagen im kleinen Leistungsbereich unterhalb 50 kW gezeigt hat, sind diese Anlagen unter den heutigen Bedingungen i.d.R. nicht wirtschaftlich betreibbar. Bemühungen der Heizungs- und KWK-Anlagenhersteller zur Etablierung von Mikro-KWK sind daher bislang wenig erfolgreich.
  Der EuGH hat 2019 entschieden, dass die EEG-Umlage keine staatliche Beihilfe und somit eine Befreiung von der EEG-Umlage nicht beihilferelevant ist. Der rechtliche Spielraum für weitergehende Befreiungen von der EEG-Umlage für die Mikro-KWK ist damit gegeben.
  Wenn der Gesetzgeber den Einsatz von Mikro-KWK für sinnvoll hält, sollte die EEG-Umlage für den gesamten eigengenutzten Strom aus diesen Anlagen vollständig entfallen und ein gleitender Übergang auf die 40%-Untergrenze für die EEG-Umlage ab 50 kW geschaffen werden. Ohne derartige Entlastungen wird dieses Anlagensegment auch künftig keinen nennenswerten Zuwachs erfahren.

Vorgesehene Änderungen im KWKG im Rahmen des Kohleausstiegsgesetzes (Gesetzentwurf vom 29.01.2020)

- **Reduzierung der jährlichen Förderdauer auf 3.500 h/a für alle KWK-Anlagen:**
  Dieser Ansatz ist die konsequente Fortführung der gewünschten netzdienlichen Flexibilisierung der Kraft-Wärme-Kopplung und für größere netzeinspeisende Anlagen nachvollziehbar.
  Für die „kleinen“ KWK-Anlagen mit bis zu 50 kW und einer Förderdauer von insgesamt 60.000 h statt 30.000 h läuft diese Reduzierung aber völlig an der Realität vorbei. Wenn diese Anlagen in den vollen Genuss der ihnen zugedachten KWK-Förderung über 60.000 h kommen sollen, müssten sie rein rechnerisch eine Lebensdauer von 17 Jahren erreichen. Dies ist völlig illusorisch. Diese spezifisch teuren kleinen Anlagen „leben“ von ihrem Einsatz in der Grundlast mit jährlich weit mehr als 3.500 h. Kaum eine Anlage wird die nötige Lebensdauer für die volle Erlangung der Förderung tatsächlich erreichen können.
  Vielmehr wird die Kürzung der jährlichen Förderdauer auf 3.500 h/a zahlreiche kleine KWK-Anlagen verhindern und ist daher hinsichtlich des KWK-Ausbaus in diesem Leistungssegement nicht durchdacht und kontraproduktiv.

- **Änderungen der Netzförderung:**
  Die Anhebung des Fördersatzes für neue Netze und Netzausbau auf generell 40% ist sehr zu begrüßen und bedeutet auch für kleinere Leitungsdimensionen eine sachgerechte und spürbare Verbesserung der Fördersituation.
  Der Mindestanteil der KWK-Wärme für die Netzförderung soll jedoch bei 75% verbleiben. Für eine Kombination aus KWK, erneuerbarer Wärme und/oder Abwärme soll der Mindestanteil sogar von 50% auf 75% angehoben werden.
  Für neue Fernwärmeversorgungen mit neuen Erzeugungsanlagen und neuen Netzen waren die Mindest-KWK-Anteile bereits bisher kaum erreichbar. Die generelle Kürzung der jährlichen Zuschlagzahlung für KWK-Strom auf max. 3.500 h/a für alle Anlagengrößen wird dazu führen, dass selbst kleine Fern-/Nahwärmelösungen mit Anlagenleistungen bis 1 MW nicht in den Genuss der Netzförderung kommen werden.
  Mit einer Laufleistung von 3.500 h/a ist ein KWK-Anteil von 75% bei weitem nicht erreichbar und die Anhebung der Netzförderung auf 40% wird für die Kombination “Neuanlagen+neue Netze” ins Leere laufen.
  Wenn neue Fern-/Nahwärmelösungen seitens des Gesetzgebers erwünscht sind, muss hier dringend nachgebessert werden, z.B. durch Absenkung des Mindestanteils der KWK-Wärme auf z.B. 50%.

6.2.3 KWK im Klimaschutzprogramm der Bundesregierung

Die Bundesregierung hat Ende 2019 mit dem Klimaschutzgesetz ein umfangreiches Gesetzespaket zum Klimaschutz auf den Weg gebracht. Das Gesetz sieht über ein Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) die Einführung eines bundesweiten Emissionshandels mit CO_2-Abgaben auf den fossilen Brennstoffeinsatz auch außerhalb des EU-Treibhausgasemissionshandels vor, also z.B. für alle Feuerungsanlagen unterhalb einer Feuerungsleistung von 20 MW.

Darüber hinaus wird ein umfangreiches Förderprogramm aufgelegt zur Umstellung von fossil befeuerten Heizungsanlagen auf Erneuerbare Energieträger. Hiermit soll z.B. auch die Umstellung von heizölgefeuerten Heizungsanlagen auf Hybridheizungen mit CO_2-ärmerer Erdgas-Brennwert-Technik in Kombination mit Mindest-Anteilen erneuerbarer Energieträger oder auf die Wärmepumpentechnologie gefördert werden.

In diesem Zusammenhang erlauben wir uns folgende Anmerkungen hinsichtlich der bisher gänzlich fehlenden Berücksichtigung der KWK in den beiden o.g. Maßnahmen:

- **BEHG und KWK:**
  Die Einführung der CO_2-Abgabe auf sämtlichen fossilen Brennstoffeinsatz wird zu deutlichen Mehrkosten des Gaseinsatzes in KWK-Anlagen außerhalb des TEHG führen und nicht nur den KWK-Ausbau bzw. den Zubau neuer Anlagen sondern auch den Weiterbetrieb bestehender KWK-Anlagen signifikant erschweren.
  Eine Würdigung der Effizienzsteigerung durch die KWK im Vergleich zur konventionellen getrennten Wärme- und Stromerzeugung fehlt im BEHG bisher völlig. Im Gegenteil wird die Effizienzsteigerung „bestraft“ durch die CO_2-Abgabe auf den zusätzlichen Brennstoffeinsatz zur gekoppelten Stromerzeugung.
  Eine kostenlose Zuteilung von CO_2-Emissionen für die KWK-Wärme analog der im TEHG bereits seit Jahren gängigen Praxis könnte einen Weg darstellen, die KWK im BEHG wenigstens teilweise zu entlasten.

- **KWK im Förderprogramm zum Heizen mit erneuerbaren Energieträgern:**
  Das Potenzial zur CO_2-Einsparung durch Umstellung von Heizölfeuerungen auf CO_2-ärmeres Erdgas ist gewaltig. Alleine die brennstoffbedingte CO_2-Reduzierung bei Umstellung von Heizöl auf Erdgas beträgt rd. 22%. Unverständlich scheint uns, dass auch hier die KWK mit Erdgas als Brückentechnologie nicht explizit einbezogen ist.
  Dies ist umso weniger einleuchtend, als dass bspw. Luft-Wasser-Wärmepumpen mit elektrischem Antrieb mit Jahresarbeitszahlen von nur 3,5 als regenerative Energiequelle einbezogen sind. Der gegenwärtige Strommix enthält einen Anteil erneuerbarer Strommengen von rd. 40%. Regenerative Überschussmengen für die Wärmepumpenanwendungen sind im Strommarkt auch mittelfristig kaum absehbar – zumal der Windenergieausbau in den letzten beiden Jahren deutlich ins Stocken geraten ist.
  Zusätzlicher Strombedarf für den Wärmemarkt – hier generell elektrisch betriebene Wärmepumpen – wird bis zu einem massiv erfolgten Ausbau der regenerativen Stromerzeugung also durch fossil gefeuerte Mittellastkraftwerke gedeckt werden müssen. Dies sind in der Regel Steinkohlekraftwerke. Mit einem elektrischen Wirkungsgrad von durchschnittlich rd. 38% netto, einem CO_2-Faktor der Kohle von rd. 340 kg/MWh (nur Brennstoff-CO_2 ohne Vorketten) und einer Jahresarbeitszahl der Luft-Wasser-Wärmepumpen von 3,5 liegt der CO_2-Ausstoß der Wärmeerzeugung aus diesen mit Fördermitteln aus dem Klimaschutzprogramm unterstützten Wärmepumpen dann bei mehr als 250 kg je MWh Nutzwärme. Dies ist mehr als der CO_2-Faktor von Wärme aus Erdgas-Brennwertkesseln von rd. 230 kg/MWh und deutlich mehr als der CO_2-Faktor der

Wärme aus KWK-Anlagen (20 bis 30% niedriger als Wärme aus Erdgaskesseln).
Dabei könnten neue KWK-Anlagen in den kommenden Jahren echte Synergieffekte zu neuen Wärmepumpenanwendungen liefern, denn ihr in der Regel im Winterhalbjahr erzeugter CO_2-armer Strom aus Erdgas könnte dazu beitragen, die Stromlücke zu schließen, die die neuen Wärmepumpenanlagen aufreißen und damit helfen, zusätzliche Stromerzeugung in Kohlekraftwerken im kommenden Jahrzehnt zu vermeiden.

Vor diesem Hintergrund möchten wir dringend anregen, die KWK explizit in das Förderprogramm zur Umstellung von heizölbefeuerten Heizungsanlagen zu integrieren. Im Rahmen der Untersuchungen für das Bergische Städtedreieck sind mehrere Anwendungsfälle mit Heizölfeuerung in kleinen und mittleren Gewerbebetrieben aufgetreten. Hier könnten Lösungen mit KWK eine sinnvolle Ergänzung zu den Optionen für erneuerbare Wärme im Heizungsmarkt darstellen.

Anlagen

Anlage 1: KWK-Potenziale im Bergischen Städtedreieck gem. Feinkonzept KWKhoch3

Stadt/ Region	Hochrechnung Projektgebiete / Spiegelung auf Stadtgebiet [1]	Anzahl Gebiete (Objekte)	Gebiets-größe ha	Energieverbrauch Wärme-bedarf MWh/a	Energieverbrauch Strom-bedarf MWh/a	KWK-Potenzial jährliche Wärme-erzeugung MWh/a	KWK-Potenzial elektrische Leistung kW	KWK-Potenzial jährliche Strom-erzeugung MWh/a	KWK-Potenzial CO_2-Einsparung t/a
Remscheid	Honsberg	1	74,1			280	20	120	30
	Vömix	1	24,2			2.050 - 2.550 [2]	210 - 240 [2]	1.240 - 1.600 [2]	340 - 390 [2]
	Westl. Innenstadt	1	39,0			1.880 [3]	210 [3]	970 [3]	200 [3]
	Hochhaussdlg.	6	55,1	11.500	3.500	4.640 - 7.000 [4]	390 - 820 [4]	2.400 - 5.630 [4]	680 - 1.390 [4]
	Sondernutzung/ öffentliche Geb.	(65)		17.000	5.100	7.660	710	3.960	1.130
	Gewerbe	5	389,4	21.300	21.300	8.600 [5]	720 [5]	4.440 [5]	1.260 [5]
	Gesamtpotenzial		**582**	**49.800**	**29.900**	**25.110 - 27.970**	**2.260 - 2.720**	**13.130 - 16.720**	**3.640 - 4.400**
	Stadt gesamt [6]		**7.452**	**1.239.700**	**579.000**				**667.000**
	Potenzial bez. auf Stadt		*7,8%*			*2,0% - 2,3%*		*2,3% - 2,9%*	*-0,5% - -0,7%*
Solingen	Birkerstraße	(4)	18,2	13.922	6.707	1.890	170	950	300
	Dycker Feld	1	89,1	35.743	17.220	1.920 [2]	160 [2]	990 [2]	280 [2]
	Hochhaussdlg.	8	47,0	23.000	6.900	9.280 - 13.990 [1]	780 - 1.650 [1]	4.790 - 11.260 [1]	1.360 - 2.780 [1]
	Sondernutzung/ öffentliche Geb.	(17)		16.000	3.600	6.700	720	3.490	1.050
	Gewerbe	8	225,8	20.500	20.500	8.270 [5]	700 [5]	4.270 [5]	1.210 [5]
	Gesamtpotenzial		**380**	**109.170**	**54.930**	**28.060 - 32.770**	**2.530 - 3.400**	**14.490 - 20.960**	**4.200 - 5.620**
	Stadt gesamt [6]		**8.955**	**1.600.300**	**771.000**				**857.000**
	Potenzial bez. auf Stadt		*4,2%*			*1,8% - 2,0%*		*1,9% - 2,7%*	*-0,5% - -0,7%*
Wuppertal	Am Eckbusch	1	6,9	11.200	3.350	4.510 - 6.800 [4]	380 - 800 [4]	2.330 - 5.470 [4]	660 - 1.350 [4]
	Cronenberg	1	151,2	57.369	27.191	790 - 5.760 [3]	70 - 570 [3]	420 - 4.420 [3]	120 - 1.110 [3]
	Nordstadt	1	117,8	207.802	98.492	2.570	220	1.330	380
	Hochhaussdlg.	18	154,3	58.300	17.550	15.510 - 23.380 [4]	1.310 - 2.750 [4]	8.010 - 18.810 [4]	2.270 - 4.640 [4]
	Denkmalschutz			35.300	8.800	14.240	1.200	7.350	2.090
	Sondernutzung/ öffentliche Geb.	(68)		46.100	13.800	17.100	1.600	8.800	2.500
	Gewerbe	7	628,7	78.500	78.500	25.330 [5]	2.130 [5]	13.090 [5]	3.710 [5]
	Gesamtpotenzial		**1.059**	**494.571**	**247.683**	**80.050 - 95.180**	**6.910 - 9.270**	**41.330 - 59.270**	**11.730 - 15.780**
	Stadt gesamt [6]		**16.839**	**4.454.600**	**2.111.000**				**2.346.600**
	Potenzial bez. auf Stadt		*6,3%*			*1,8% - 2,1%*		*2,0% - 2,8%*	*-0,5% - -0,7%*
Gesamtpotenzial Bergisches Dreieck			**2.021**	**653.541**	**332.513**	**133.200 - 155.900**	**11.700 - 15.390**	**69.000 - 96.950**	**19.600 - 25.800**
Summen Bergisches Dreieck			**33.246**	**7.294.600**	**3.461.000**				**3.870.600**
Potenzial bez. auf Bergisches Dreieck			*6,1%*			*1,8% - 2,1%*		*2,0% - 2,8%*	*-0,5% - -0,7%*

1) jeweils abzgl. der innerhalb der Projektgebiete bereits erfassten Potenziale
2) Potenzial ohne bzw. mit Ausbau der Nahwärmeversorgung
3) Best-Case-Beträge mt Umsetzung 100% in Abhängigkeit vom Umsetzungsmodell: objektbezogene Klein BHKW <=> Nahwärmelösungen
4) Best-Case-Beträge mt Umsetzung 100% in Abhängigkeit vom Umsetzungsmodell: objektbezogene Klein BHKW <=> Nahwärmelösungen
5) nur Potenziale auf Basis Gebäudeheizung mit dezentraler KWK (ohne evtl. Prozesswärme)
6) Flächen für das gesamte Stadtgebiet; Energiemengen und CO_2-Emission gemäß EcoRegion für Gesamtstadt ohne Verkehr

Quelle: Feinkonzept KWKhoch3 – Wettbewerbsbeitrag Bergisches Städtedreieck im Rahmen des Wettbewerbs KWK-Modellkommune NRW

Anlage 2: Aktualisierte KWK-Potenziale im Bergischen Städtedreieck

Stadt/ Region	Hochrechnung Projektgebiete / Spiegelung auf Stadtgebiet [1]	Anzahl Gebiete / Objekte	Netto-grundfläche (beheizt) m²	Energieverbrauch Wärme-bedarf MWh/a	Energieverbrauch Strom-bedarf MWh/a	KWK-Potenzial jährliche Wärme-erzeugung aus KWK MWh/a	KWK-Potenzial elektrische Leistung kW	KWK-Potenzial jährliche Strom-erzeugung aus KWK MWh/a	KWK-Potenzial CO_2-Einsparung t/a
Remscheid	**Nahwärme Bestand**								
	Vömix	1	29.000	2.800	800	2.050	210	1.240	340
	Hasenberg	1	56.500	5.440	1.600	2.800	500	2.280	660
	Objekt-KWK								
	Große Wohngebäude	19	54.100	5.200	1.600	2.110	180	1.090	310
	Sondernutzung/ öffentliche Geb.	4	46.600	4.700	1.300	1.510	60	860	280
	Gewerbe+Handel	21		9.600	4.200	3.870	330	2.000	570
	Gesamtpotenzial		**186.200**	**27.740**	**9.500**	**12.340**	**1.280**	**7.470**	**2.160**
	Stadt gesamt [6]			**1.239.700**	**579.000**				**667.000**
	Potenzial bez. auf Stadt					*1,0%*		*1,3%*	*-0,3%*
Solingen	Große Wohngebäude	56	141.300	14.300	4.300	5.750	484	2.970	842
	Sondernutzung/ öffentliche Geb.	11	63.700	9.000	1.800	3.340	330	1.730	530
	Gewerbe+Handel	43		18.000	7.600	7.250	611	3.745	1.062
	Gesamtpotenzial		**205.000**	**41.300**	**13.700**	**16.340**	**1.425**	**8.445**	**2.435**
	Stadt gesamt [6]			**1.600.300**	**771.000**				**857.000**
	Potenzial bez. auf Stadt					*1,0%*		*1,1%*	*-0,3%*
Wuppertal	Große Wohngebäude	216	617.000	64.100	19.200	17.930	1.510	9.260	2.630
	Sondernutzung/ öffentliche Geb.	42	546.800	46.100	15.000	13.900	1.200	7.200	2.000
	Gewerbe+Handel	80		71.700	34.800	20.240	1.700	10.450	2.970
	Gesamtpotenzial		**1.163.800**	**181.900**	**69.000**	**52.070**	**4.410**	**26.910**	**7.600**
	Stadt gesamt [1]			**4.454.600**	**2.111.000**				**2.346.600**
	Potenzial bez. auf Stadt					*1,2%*		*1,3%*	*-0,3%*
Gesamtpotenzial Bergisches Städtedreieck				**250.940**	**92.200**	**80.800**	**7.100**	**42.800**	**12.200**
Summen Bergisches Städtedreieck				**7.294.600**	**3.461.000**				**3.870.600**
Potenzial bez. auf Bergisches Städtedreieck						*1,1%*		*1,2%*	*-0,3%*

1) Adressen für die Gesamtstadt; Energiemengen und CO_2-Emission gemäß EcoRegion-Bilanzen für Gesamtstadt ohne Verkehr

Anlage 3: Fragebogen „Unternehmen“

KWK3
Wuppertal. Solingen. Remscheid.

Fragebogen „Unternehmen“

KWK-Potenzialstudie und KWK-Beratungsoffensive Bergisches Dreieck

Kontaktdaten

Firma, Ansprechpartner

Straße | Hausnummer

PLZ | Ort

E-Mail-Adresse | Telefonnummer

Hinweis zum Datenschutz:
Alle Angaben sind freiwillig. Ihre Daten werden vertraulich behandelt und dienen ausschließlich der Bearbeitung der genannten Aufgabenstellung.
Die Daten werden ausschließlich durch die EEB Enerko im Rahmen der KWK-Studie ausgewertet und weder an Dritte weitergegeben noch für Werbezwecke verwendet.

Bitte beachten und unterschreiben Sie auch die beiliegende Einwilligungserklärung.

Wärmebedarf

KWK-Anlage bereits vorhanden? ja ☐ nein ☐ Wärmeversorgung durch Fernwärme? ja ☐ nein ☐

→ **Alle folgenden Fragen sind nur zu beantworten, wenn Ihre Liegenschaft nicht mit Fernwärme versorgt wird und noch keine KWK-Anlage vorhanden ist oder noch Erweiterungspotenzial besteht.**

Unternehmensdaten

Produzierendes Gewerbe? ja ☐ nein ☐ Stromkostenintensives Unternehmen? ja ☐ nein ☐

Betriebsstunden pro Woche | Anzahl der Arbeitswochen pro Jahr | Anzahl Mitarbeiter

Wurde der Einsatz einer KWK-Anlage in Ihrem Unternehmen bereits untersucht?

ja ☐ nein ☐

Wenn ja, mit welchem Ergebnis?

Gebäudedaten

Sind Sie Eigentümer oder Mieter der Liegenschaft? Eigentümer ☐ Mieter ☐

Anzahl Gebäude | Baujahr des Gebäudes/der Gebäude | Beheizte Gebäudenutzfläche m²

1/3

KWK3
Wuppertal. Solingen. Remscheid.

Wenn bekannt: Abgeschlossene Sanierung der Gebäudehülle; wann und in welchem Umfang (Fenster, Dämmung...)

Geplante Sanierungs-/ Erweiterungs-/Rückbauvorhaben:

Eingesetzter Brennstoff

Gas ☐ Öl ☐ Sonstige _____

Eingesetzte Brennstoffmenge mit Einheit *(wenn verfügbar monatliche Werte, sonst jährlich)*

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Summe Jahr
Brenn-stoff-menge													
Einheit													

Wärmebedarf für:

Gebäude ja ☐ nein ☐ Trinkwarmwasser ja ☐ nein ☐

Prozesswärme ja ☐ nein ☐ wenn ja, welches Temperaturniveau? _____

Heizungsart Zentral ☐ Dezentral ☐

Kesseltyp Brennwertkessel ☐ Niedertemperaturkessel ☐ Sonstige ☐

_____ _____ _____ kW

Anzahl Kessel Baujahr des Kessels/der Kessel Kesselleistung gesamt

Sonstige Anmerkungen Heizungsanlage

Strombedarf

Maximaler Strombedarf _____ kW

Spannungsebene _____
(wenn bekannt)

Strombedarf mit Einheit *(wenn verfügbar monatliche Werte, sonst jährlich)*

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Summe Jahr
Strom-bedarf													
Einheit													

2/3

KWK3
Wuppertal. Solingen. Remscheid.

Angaben zu Preisen und Energiekosten

Angaben inkl. Steuern und Abgaben, ohne MwSt.

_____ ct/kWh		_____ EUR	
Gaspreis	oder	jährliche Gaskosten ohne MwSt.	
_____		_____ EUR	
Preis andere Brennstoffe mit Einheit	oder	jährliche Brennstoffkosten ohne MwSt.	
_____ ct/kWh		_____ EUR	
Strompreis	oder	jährliche Stromkosten ohne MwSt.	

Anmerkungen

Ich möchte die Ergebnisse zum KWK-Einsatz zugestellt bekommen:

per E-Mail ☐ auf dem Postweg ☐

Ich hätte Interesse an der KWK-Detailuntersuchung für mein Unternehmen:
(vorbehaltlich der Vorauswahl im Rahmen der Fragebogenauswertung durch EEB Enerko)

ja ☐ nein ☐

Bei Rückfragen zum Fragebogen wenden Sie sich bitte an:

Frau Manuela Bücken
EEB Enerko GmbH
Landstraße 20
52457 Aldenhoven
Tel. 02464/971-530
Mail: manuela.buecken@enerko.de

Dieses Projekt wird durch die Europäische Union und das Land Nordrhein-Westfalen gefördert.

EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

wirtschaft.nrw.de
efre.nrw.de

Das Bergische Städtedreieck:

STADT WUPPERTAL
Solingen Klingenstadt Solingen
UNSERE REMSCHEID UNSERE STADT

Anlage 4: Fragebogen „Gebäude“

KWK3
Wuppertal. Solingen. Remscheid.

Fragebogen „Gebäude“

KWK-Potenzialstudie und KWK-Beratungsoffensive Bergisches Dreieck

Kontaktdaten

Firma, Ansprechpartner

Straße | Hausnummer

PLZ | Ort

E-Mail-Adresse | Telefonnummer

Hinweis zum Datenschutz und Rückfragen:
Alle Angaben sind freiwillig. Ihre Daten werden vertraulich behandelt und dienen ausschließlich der Bearbeitung der genannten Aufgabenstellung. Die Daten werden ausschließlich durch die EEB Enerko im Rahmen der KWK-Studie ausgewertet und weder an Dritte weitergegeben noch für Werbezwecke verwendet.

Bitte beachten und unterschreiben Sie auch die beiliegende Einwilligungserklärung.

Wärmebedarf

KWK-Anlage bereits vorhanden? ja ☐ nein ☐ Wärmeversorgung durch Fernwärme? ja ☐ nein ☐

→ **Alle folgenden Fragen sind nur zu beantworten, wenn Ihre Liegenschaft nicht mit Fernwärme versorgt wird und noch keine KWK-Anlage vorhanden ist oder noch Erweiterungspotenzial besteht.**

Wurde der Einsatz einer KWK-Anlage in Ihrem Unternehmen bereits untersucht?

ja ☐ nein ☐

Wenn ja, mit welchem Ergebnis?

Gebäudedaten

Sind Sie Eigentümer oder Mieter der Liegenschaft? Eigentümer ☐ Mieter ☐

Gebäudenutzung | Anzahl Gebäude | Beheizte Gebäudenutzfläche m²

Baujahr des Gebäudes/der Gebäude | Bei Nutzung zu Wohnzwecken: Anzahl Wohneinheiten

1/3

KWK3
Wuppertal. Solingen. Remscheid.

Wenn bekannt: Abgeschlossene Sanierung der Gebäudehülle; wann und in welchem Umfang (Fenster, Dämmung...)

Geplante Sanierungs-/ Erweiterungs-/Rückbauvorhaben:

Eingesetzter Brennstoff

Gas ☐ Öl ☐ Sonstige _____

Heizungsart

Zentral ☐ Dezentral ☐

Kesseltyp *(bitte ankreuzen)*

Brennwertkessel ☐ Niedertemperaturkessel ☐ Sonstige ☐

_____ Jährlich eingesetzte Brennstoffmenge mit Einheit

_____ Anzahl Kessel

_____ Baujahr des Kessels/der Kessel

_____ kW Kesselleistung gesamt

Trinkwarmwasser

Zentral ☐ Dezentral ☐

Prozesswärme?

ja ☐ nein ☐ wenn ja, welches Temperaturniveau? _____

Sonstige Anmerkungen Heizungsanlage (ggf. letztes Wartungsprotokoll?)

Strombedarf

_____ kW Maximaler Strombedarf

_____ kWh Jährlicher Strombedarf mit Einheit

Angaben zu Preisen und Energiekosten

Angaben inkl. Steuern und Abgaben, ohne MwSt.

_____ ct/kWh Gaspreis oder _____ EUR jährliche Gaskosten ohne MwSt.

_____ Preis andere Brennstoffe mit Einheit oder _____ EUR jährliche Brennstoffkosten ohne MwSt.

_____ ct/kWh Strompreis oder _____ EUR jährliche Stromkosten ohne MwSt.

2/3

KWK3
Wuppertal. Solingen. Remscheid.

Anmerkungen:

Ich möchte die Ergebnisse zum KWK-Einsatz zugestellt bekommen:

per E-Mail ☐ auf dem Postweg ☐

Ich hätte Interesse an der KWK-Detailuntersuchung für mein Unternehmen:
(vorbehaltlich der Vorauswahl im Rahmen der Fragebogenauswertung durch EEB Enerko)

ja ☐ nein ☐

Bei Rückfragen zum Fragebogen wenden Sie sich bitte an:

Frau Manuela Bücken
EEB Enerko GmbH
Landstraße 20
52457 Aldenhoven
Tel. 02464/971-530
Mail: manuela.buecken@enerko.de

Dieses Projekt wird durch die Europäische Union und das Land Nordrhein-Westfalen gefördert.

EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

2014 20
EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

wirtschaft.nrw.de
efre.nrw.de

Das Bergische Städtedreieck:

STADT WUPPERTAL
Solingen Klingenstadt Solingen
UNSER REMSCHEID UNSERE STADT

Anlage 5: Beispielhafte Ergebnisse Grobkonzept

KWK-Modellkommune NRW Phase 3 - Umsetzung

KWKhoch³ - Bergisches Städtedreieck Wuppertal-Solingen-Remscheid

Umweltstudie 2: Potenzial- und Umsetzungsanalyse mit zielgruppenspezifischer Beratungsoffensive

Ergebnisse für eine Kurzanalyse zum KWK-Einsatz bei:
Beispielunternehmen, Bergisches Städtedreieck

Datenerhebung im Rahmen der Fragebogenaktion Nov./Dez. 2017

Vorgehen: **Grobanalyse mit statisch-annuitätischer Bewertung für den Zubau einer BHKW-Anlage**
- wärmegeführter BHKW-Einsatz zur Eigenstromversorgung, ggf. Überschussstromeinspeisung ins Netz
- Investitionen und Wartungskosten BHKW gemäß Ansätzen ASUE BHKW-Kenndaten 2014, ggf. ergänzt bzw. angepasst gem. Erfahrungen EEB Enerko
  Invest-Ansatz zunächst Best-Case ohne Baukosten für BHKW-Gebäude
- Bilanzierung der jährlichen Brennstoff- und Stromkosten ohne/mit BHKW-Zubau
- Berücksichtigung der Kapitalkosten für die BHKW-Investition
- Berücksichtigung der Förderung gem. KWKG

Zielgröße: jährliche Einsparung und dyn. Amortisationsdauer für den BHKW-Zubau

Ausgangsdaten:

Jährlicher Brennstoffeinsatz für Wärme	(Erdgas Ho)	930	MWh/a
Jährlicher Strombedarf		350	MWh/a
Gaspreis (netto inkl. Energiesteuer)		4,5	ct/kWh
Strompreis (netto inkl. Stromsteuer)		18,0	ct/kWh
Zinssatz für Kapitaldienst		4,0	%p.a.
Nutzungsdauer BHKW-Anlage		10	Jahre

Ergebnisblätter:
- Seite 2 Eingaben Bedarf und Preise
- Seite 3 Eingaben zum BHKW, Ergebnisse Energie- und CO_2-Bilanz
- Seite 4 Grafiken zu Wärmelastgang, Stromlastgang und CO_2-Bilanz
- Seite 5 Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsbetrachtung BHKW-Einsatz
- Seite 6 Ergebnisse für unterschiedliche BHKW-Größen

Ergebnisse: **BHKW-Anlage:** **elektrische Leistung 50 kW, Wärmeleistung 80 kW**

Investition	**126**	**TEUR**
Jährl. Einsparung gegen IST	**8,0**	**TEUR/a**
Dyn. Amortisationsdauer	**6,1**	**a**
CO_2-Einsparung (bez. auf CO_2 Hzg.)	**73,0**	**t/a (39,8%)**

Empfehlung: ***BHKW-Wirtschaftlichkeit konkreter prüfen***
Durchführung einer Feinanalyse im Rahmen der Umweltstudie
Anmerkung:

EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH
Landstraße 20
52457 Aldenhoven
Tel. 02464/971-3
Bearbeitung: Klaus Holler

STADT WUPPERTAL
Solingen
STADT REMSCHEID

EFRE.NRW Investitionen in Wachstum und Beschäftigung
EUROPÄISCHE UNION Investition in unsere Zukunft Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Das Projekt wird gefördert aus Mitteln des Landes NRW im Rahmen des Landesprogramms „progres.nrw" (Programmbereich KWK) und der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) 2014 - 2020.

Eingaben Bedarf und Preise

Projektname	***Beispielunternehmen, Bergisches Städtedreieck***		
Konzept-Variante	***Grobkonzept***		
BHKW-Variante	***50 kWel Eigenstromversorgung***		
Bedarfswerte Istzustand			
Wärme			
Erdgasverbrauch	Brenntoff IST: Erdgas	*930.000*	kWh/a (Ho)
Kesseltyp		*ohne Brennwertnutzung*	
Wärmebedarf		715.385	kWh/a
Auswahl Vergleichslastgang		*W 4: Bürogeb. ohne WW*	
Strom			
Eingabeauswahl		*Strombedarf direkt*	
		350.000	kWh/a
Auswahl Vergleichslastgang		*S 7: benutzerdefiniert*	*Industrie, 1-Schicht*
Netzbetreiber Strom		*WSW*	
Spannungsebene Netzanbindung		*NS*	

Preisannahmen und Randbedingungen		
Kalkulationszins	*4,0%*	
Abschreibungsdauer BHKW	*10 a*	
Abschreibungsdauer übrige Anlagen	*10 a*	
Vergleichsbasis mit oder ohne Kesselinvest	*ohne Kesselinvest*	
Erdgaspreis	*Gaspreis als Mischpreis*	
Mischpreis inkl. Energiesteuer-Regelsatz	*4,50*	*ct/kWh (Ho) netto*
Erdgassteuer(§ 54 EnergieStG)	0,41	ct/kWh (Ho) netto
Gas-Mischpreis (inkl. Erdgassteuer § 54 EnergieStG)	4,36	ct/kWh (Ho) netto
Strombezugspreis	*Strompreis als Mischpreis*	
Mischpreis inkl. Stromsteuer-Regelsatz	*18,00*	*ct/kWh netto*
Stromsteuer (§ 9b StromStG)	1,54	ct/kWh$_{el}$ netto
Strom-Mischpreis (inkl. Stromsteuer § 9b StromStG)	17,49	ct/kWh$_{el}$ netto
Strompreis EEX ("üblicher" Preis KWK-Vergütung)	*4,50*	ct/kWh$_{el}$ netto
EEG-Umlage (2019)	*6,405*	ct/kWh netto
EEG-Umlage bei Eigenversorgung	*40%*	
Stromkostenintens. Unternehmen? => min. EEG-Umlage für >1 GWh	*EEG-Umlage 100%*	
Unternehmen des Prod. Gewerbes oder Land- und Forstw.?	*ja*	

Eingaben zum BHKW, Ergebnisse Energie- und CO_2-Bilanz

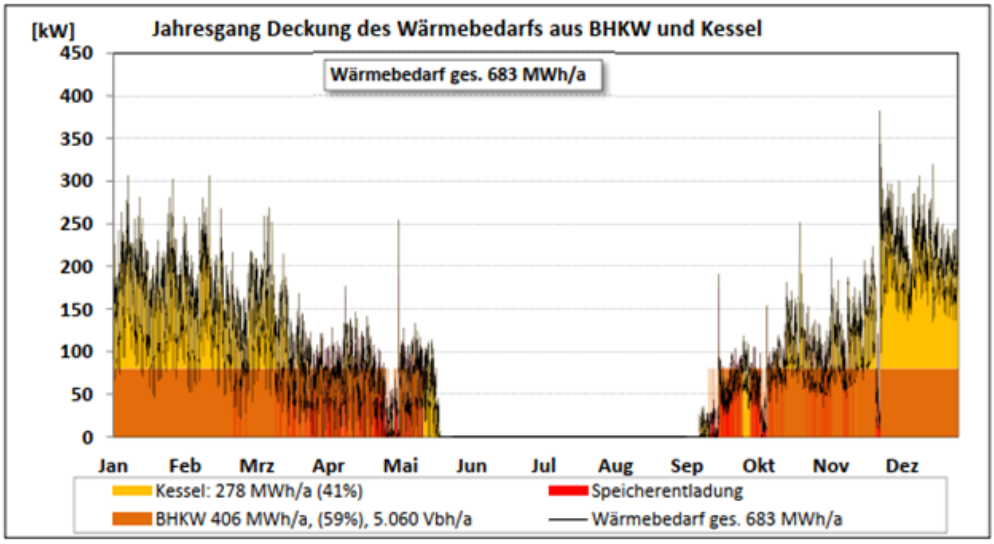
Beispielunternehmen, Bergisches Städtedreieck **50 kWel Eigenstromversorgung**

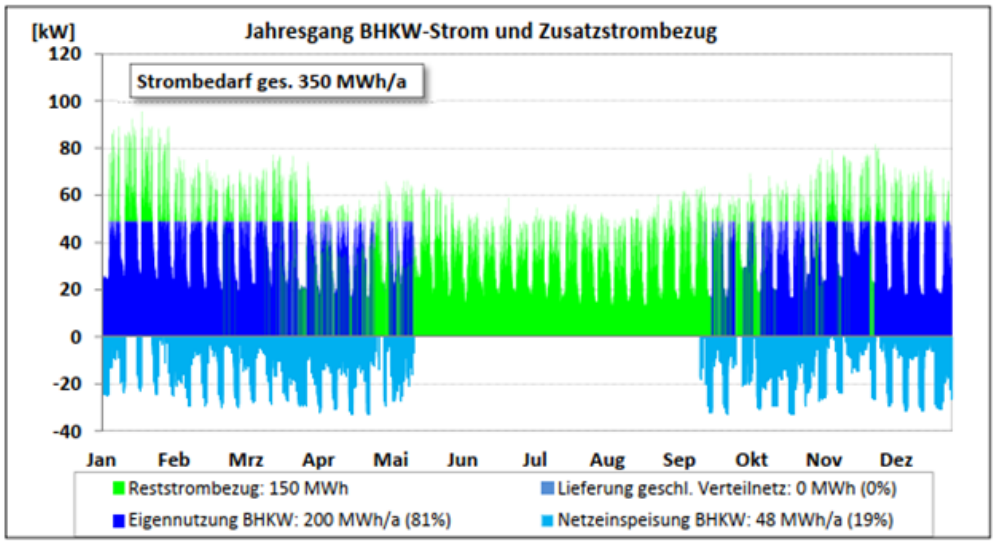
BHKW-Anlage			
Jahr der Inbetriebnahme		*2019*	
Eingrenzung Betriebsdauer Sommer	Beginn Sommerstillstand	*15.05*	
	Ende Sommerstillstand	*15.09*	
100% Einspeisung oder Eigenstrom oder geschlossenes Verteilnetz		*Eigenstromversorgung*	
Stromsteuerbefreite Lieferung im räuml. Zusammenhang?		*nein*	
Brennwertnutzung		*nein*	
Invest Gebäudedeteil berücksichtigen?		*nein*	
Elektrische Leistung		***50,0***	**kW_{el}**
Thermische Leistung		80,2	kW_{th}
Speichergröße		7,50	m^3
Vollbenutzungsstunden		**5.059**	**h/a**
KWK-Anteil Wärme		**57%**	
Anteil vor Ort genutzter KWK-Strom an Strombedarf		57,0%	
Anteil vor Ort genutzter Strom an KWK-Stromerzeugung		80,5%	

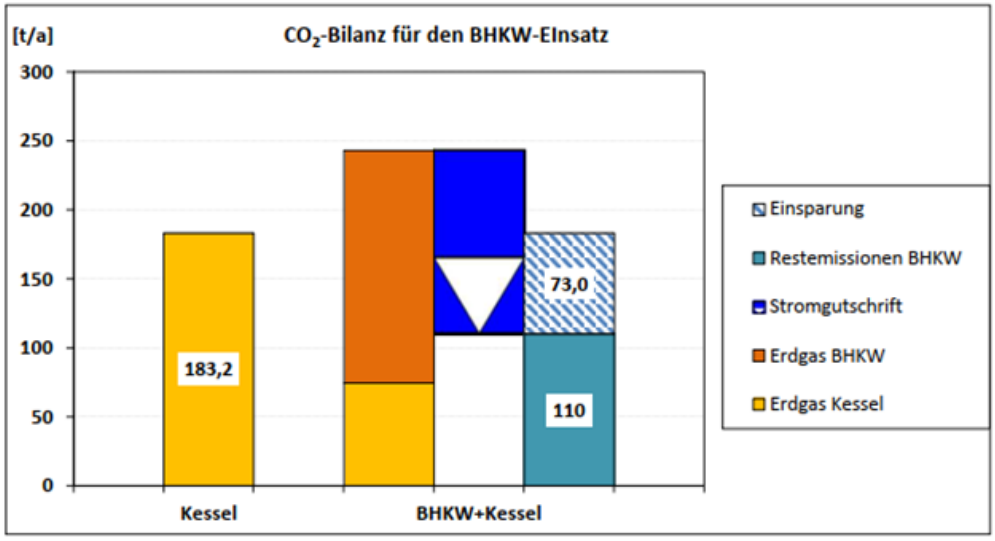
Energie- und CO_2-Bilanz				***BHKW 50 kWel + Kessel***
			Kessel	***Eigenstromversorgung***
Wärmebedarf und -erzeugung				
Wärmebedarf, max.		kW	383	383
Wärmeerzeugung Kessel		MWh/a	683	278
Wärmeerzeugung BHKW		MWh/a		406
Strombedarf und -erzeugung				
Strombedarf, max.		kW	96	96
Jährlicher Strombedarf		MWh/a	350	350
Strombezug aus dem Netz		MWh/a	350	150
Stromerzeugung BHKW (netto)		MWh/a		248
davon für Eigenversorgung		MWh/a		200
davon Netzeinspeisung		MWh/a		48
Erdgaseinsatz				
Erdgaseinsatz in Kesseln		MWh/a Ho	888	361
Erdgaseinsatz in BHKW		MWh/a Ho		818
CO_2-Emissionen		**t/a**	**183,2**	**110,3**
CO_2-Emissionen Erdgas	*228 kg/MWh Hu*	t/a	183,2	243,2
aus Kessel		t/a	183,2	74,5
aus BHKW		t/a		168,7
CO_2-Gutschrift für Stromerzeugung	*536 kg/MWh*	t/a		-132,9
CO_2-Einsparung (bezogen auf Wärmeerzeugung)		**t/a**		**73,0**
				39,8%

Grafiken zu Wärmelastgang, Stromlastgang und CO_2-Bilanz

Variante: 50 kWel Eigenstromversorgung





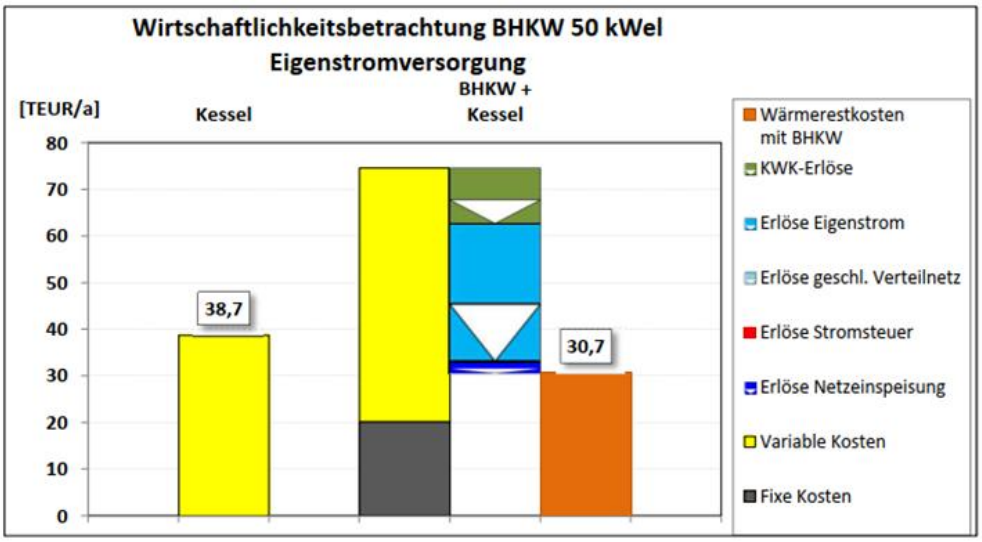


Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsbetrachtung BHKW-Einsatz

Beispielunternehmen, Bergisches Städtedreieck

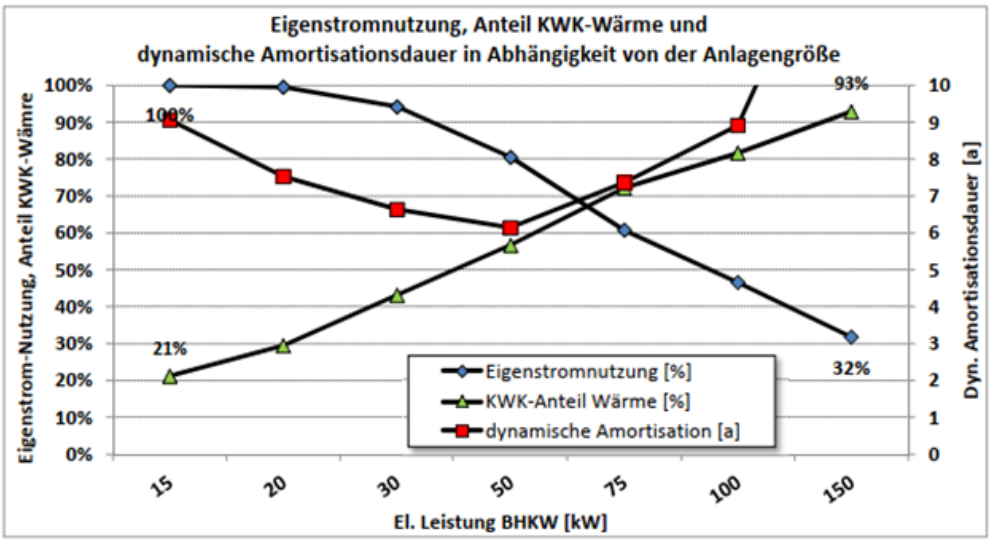
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung			***BHKW 50 kWel + Kessel***
(alle Kosten und Erlöse netto)		***Kessel***	***Eigenstromversorgung***
	EEG-Umlage auf Eigenstrom		*EEG-Umlage 40%*
Investition BHKW-Zubau (ohne Bauteil)	**TEUR**		**126,1**
davon BHKW-Modul	*TEUR*		*68,9*
BHKW-Nebenanlagen und Einbindung	*TEUR*		*31,0*
Wärmespeicher 7,5 m³	*TEUR*		*11,3*
Baukosten	*TEUR*		*0,0*
Planung, Sonstiges	*TEUR*		*15,0*
Fixe Kosten	**TEUR/a**	**0,0**	**20,2**
davon Kapitaldienst	*TEUR/a*	*0,0*	*15,6*
Grundüberholung BHKW	*TEUR/a*		*0,0*
Personalkosten BHKW-Betrieb	*TEUR/a*		*1,0*
Versicherung, Verwaltung	*TEUR/a*	*0,0*	*3,7*
Variable Kosten	**TEUR/a**	**38,7**	**54,4**
davon Gas für Kessel	*TEUR/a*	*35,1*	*14,3*
Gas für BHKW	*TEUR/a*		*32,3*
Energiesteuer für Erdgas	*TEUR/a*	*3,7*	*1,5*
Vollwartung BHKW	*TEUR/a*		*6,3*
Stromgutschrift	**TEUR/a**	**0,0**	**-43,9**
davon aus Eigenstromnutzung	*TEUR/a*		*-29,8*
aus Lieferung geschl. Verteilnetz	*TEUR/a*		*0,0*
aus Netzeinspeisung	*TEUR/a*		*-2,2*
aus Stromsteuerbefreiung Liefrg. an Dritte	*TEUR/a*		*0,0*
aus KWKG-Förderung	*TEUR/a*		*-11,8*
Wärmerestkosten	**TEUR/a**	**38,7**	**30,7**
spezifischer Wärmegestehungspreis	**EUR/MWh**	**54,2**	**42,9**
Kosteneinsparung gegenüber Kessel	**TEUR/a**		**8,0**
Statische Amortisationsdauer	**a**		**5,3**
Dynamische Amortisationsdauer *)	**a**		**6,1**
Ergebnis:	***BHKW-Wirtschaftlichkeit konkreter prüfen***		

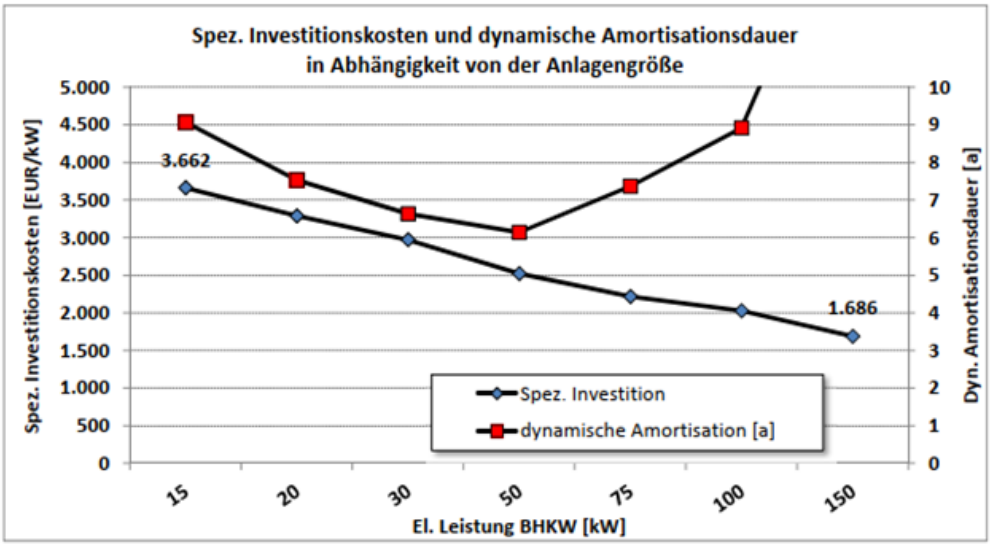
**) = Ln(1-Inv*Zins/Einsparung) / Ln(1/(1+Zins)) für preisstatische Berechnung aus Gl. (104) VDI 2067, Blatt 1, Beiblatt*

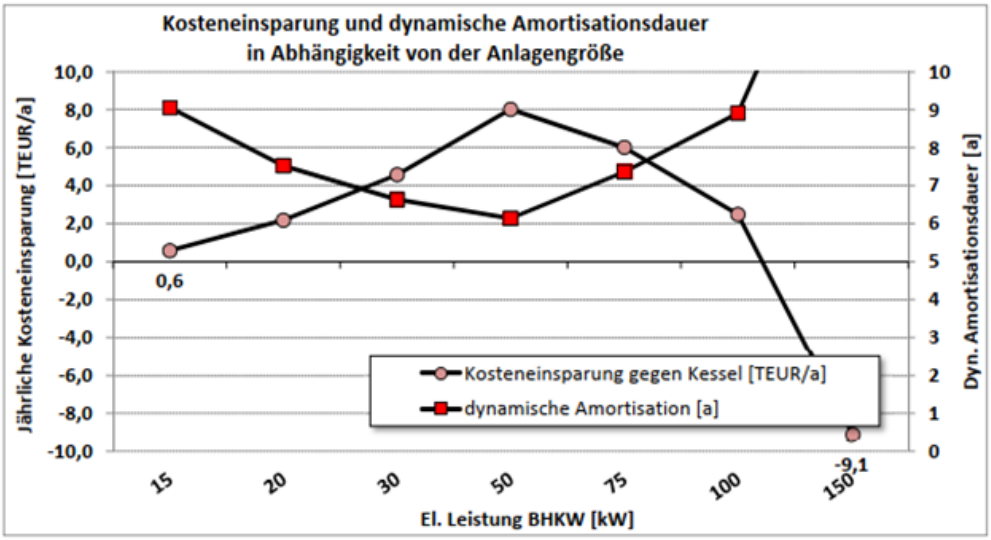


Ergebnisse für unterschiedliche BHKW-Größen

Beispielunternehmen, Bergisches Städtedreieck **50 kWel Eigenstromversorgung**







Anlage 6: Beispielhaftes Feinkonzept

KWK-Modellkommune NRW Phase 3 – Umsetzung

changing energy

Stadt Wuppertal
Zubau einer BHKW-Anlage in der Schwimmhalle Am Timpen

Feinkonzept

22.11.2019

EEB ENERKO Energiewirtschaftliche Beratung GmbH

Adresse	Landstraße 20
	52457 Aldenhoven
Telefon	+49 (2464) 971-3
Internet	www.enerko.de
E-Mail	info@enerko.de
Bearbeitung	Klaus Holler, Mario Leisten

STADT WUPPERTAL

Solingen

STADT REMSCHEID

EFRE.NRW Investitionen in Wachstum und Beschäftigung

EUROPÄISCHE UNION Investition in unsere Zukunft Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Das Projekt wird gefördert aus Mitteln des Landes NRW im Rahmen des Landesprogramms „progres.nrw" (Programmbereich KWK) und der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) 2014 - 2020.

191121 -Feinkonzept-Schwimmhalle Am Timpen_Update.docx

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis **2**

Tabellenverzeichnis **3**

Abkürzungsverzeichnis **3**

1 Einleitung **4**

2 Ausgangssituation **5**

2.1 Wärme- und Stromversorgung und Bedarfssituation 5

2.2 Bestandsaufnahme vor Ort 7

2.3 Energiepreise und Kostenstrukturdaten 8

3 Technische Auslegung, Energie- und CO_2-Bilanz **8**

3.1 Vorüberlegungen zu Leistung und Wirtschaftlichkeit 8

3.2 Dimensionierung der Anlage und Energiebilanz 9

3.3 Investitionen 12

3.4 CO_2-Bilanz 13

4 Wirtschaftliche Bewertung **14**

4.1 Basisrechnung mit Energiepreisen 2019 14

4.2 Sensitivitätsanalysen 16

5 Fazit **19**

Anlagen **20**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lageplan der Schwimmhalle 5

Abbildung 2: Jahresgang des Wärmebedarfs (2017) 6

Abbildung 3: Jahresgang des Strombedarfs (2017) 6

Abbildung 4: Fotos Bestandsaufnahme zur Aufstellung 7

Abbildung 5: Stromgutschriften für BHKW-Anlagen nach Größenklassen 9

Abbildung 6: Jahresganglinien Deckung des Wärmebedarfs aus BHKW und Kesseln 10

Abbildung 7: Jahresganglinien BHKW-Strom und Zusatzstrombezug 11

Abbildung 8: CO_2-Bilanz für den BHKW-Einsatz 13

Abbildung 9: Kosten und Erlöse – Vergleich Istzustand und BHKW-Zubau 16

Abbildung 10: Sensitivitätsanalyse bzgl. Gas- und Strompreis – Einsparungen 17

Abbildung 11: Sensitivitätsanalyse bzgl. Gas- und Strompreis – Amortisationsdauer 18

Abbildung 12: Sensitivitätsanalyse bzgl. der Investition – Einsparungen und Amortisationsdauer 18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Preisannahmen und Kostenstrukturdaten 8

Tabelle 2: Technische Daten der BHKW-Anlage 10

Tabelle 3: Zusammenstellung Technische Eckdaten und Energiebilanz 12

Tabelle 4: Investitionszusammenstellung 13

Tabelle 5: CO_2-Bilanz 14

Tabelle 6: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung – Kosten und Erlöse 15

Abkürzungsverzeichnis

BHKW	Blockheizkraftwerk
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EnergieStG	Energiesteuergesetz
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
MS	Mittelspannung
NS	Niederspannung
StromStG	Stromsteuergesetz
vNNE	Vermiedenes Netznutzungsentgelt
W/kW/MW	Watt/ Kilo-/ Megawatt
Wh/kWh/MWh	Wattstunde/ Kilo- / Megawattstunde

1 Einleitung

Das vorliegende Feinkonzept wurde im Rahmen des Projektes „KWKhoch3 – Kraft-Wärme-Kopplung im Bergischen Städtedreieck" erarbeitet. Das Projekt basiert auf der erfolgreichen Teilnahme des Bergischen Städtedreiecks Remscheid-Solingen-Wuppertal an dem vom Land NRW in 2013/14 durchgeführten Wettbewerb KWK-Modellkommune NRW. Es wird gefördert aus Mitteln des Landes NRW im Rahmen des Landesprogramms „progres.nrw" (Programmbereich KWK) und der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) 2014 - 2020.

Ziel des Projektes ist die Potenzial- und Umsetzungsanalyse von KWK-Anlagen im Bergischen Städtedreieck mit zielgruppenspezifischer Beratungsoffensive.

Für die Schwimmhalle Am Timpen wurde als erster Schritt im Rahmen der Beratungsoffensive ein Grobkonzept zum Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung erarbeitet. Dabei wurde sowohl eine Einzelversorgung des Schwimmbades als auch eine Gemeinschaftsversorgung mit dem Feuerwehrhaus Am Timpen 44 und der Grundschule Harkortschule Am Timpen 57 untersucht.

Die Einzelversorgung für das Schwimmbad zeigte ein sehr aussichtsreiches Ergebnis für eine BHKW-Anlage mit 50 bis 70 kW. Die Gemeinschaftsversorgung bringt aufgrund vergleichsweise niedriger Bedarfswerte kaum zusätzliches KWK-Potenzial, verursacht aber mit langen Anbindungsleitungen erhebliche Mehrkosten, welche das Gesamtergebnis deutlich verschlechtern. Nach der Begehung vor Ort kann daher die Gemeinschaftsversorgung nicht empfohlen werden.

Im vorliegenden Feinkonzept sind nun die Ergebnisse einer vertiefenden Bewertung für eine BHKW-Anlage in der Schwimmhalle mit Ortsbegehung, Prüfung der Aufstellungsmöglichkeit, Detaillierung der Kosten-/Erlösstruktur und der wirtschaftlichen Perspektive zusammengefasst.

2 Ausgangssituation

Die Schwimmhalle liegt im Wuppertaler Stadtbezirk Langerfeld in der Straße Am Timpen 51. Der Heizungsraum liegt im Kellergeschoss im südlichen Bereich des Schwimmbades.

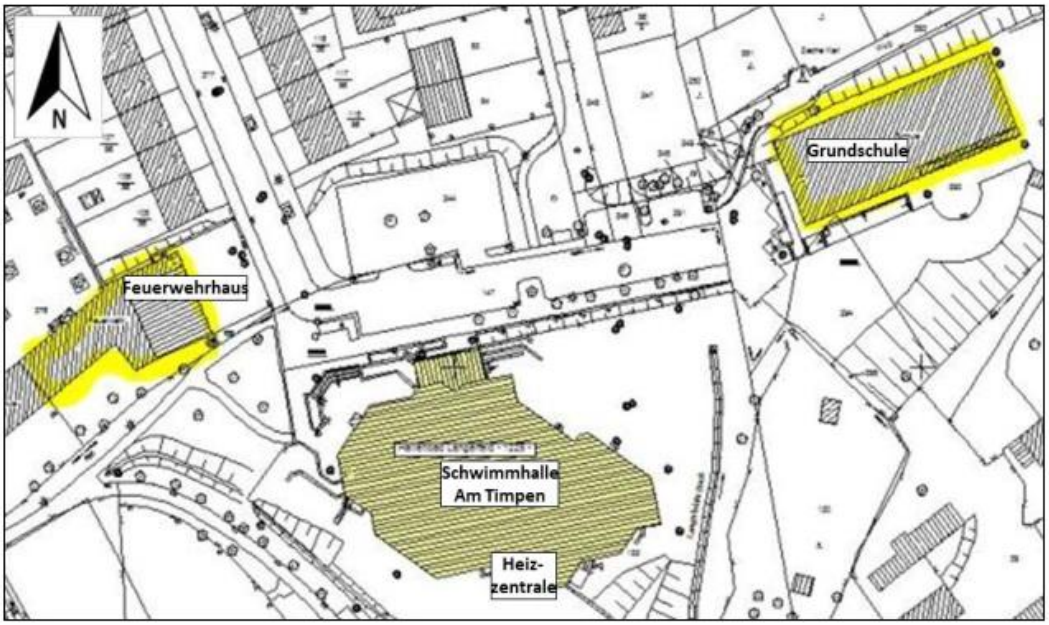


Abbildung 1: Lageplan der Schwimmhalle

2.1 Wärme- und Stromversorgung und Bedarfssituation

Die Wärmeversorgung erfolgt auf Basis von gasgefeuerten Niedertemperaturkesseln. Der Strombedarf der Liegenschaft wird vollständig durch Bezug aus dem Netz gedeckt.

Die Analyse der Bedarfssituation beruht auf:

- dem gemessenen Gaslastgang für das Jahr 2017 (h-Werte)
- dem gemessenen Stromlastgang für das Jahr 2017 (1/4 h-Werte)

Der Gaslastgang wurde mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 85% in einen Lastgang der Wärmeerzeugung als Basis für die BHKW-Einsatzplanung umgerechnet (vgl. Abbildung 2). Der jährliche Wärmebedarf beläuft sich danach auf rd. 1.700 MWh/a bei einer Höchstlast von 500 kW. Der Lastgang ist geprägt durch ganzjährigen Wärmebedarf für die Beckenbeheizung und Warmwasser von rd. 60 bis 100 kW überlagert mit dem außentemperaturabhängigen Wärmebedarf für die Gebäudeheizung und Lüftung von bis zu 400 kW.

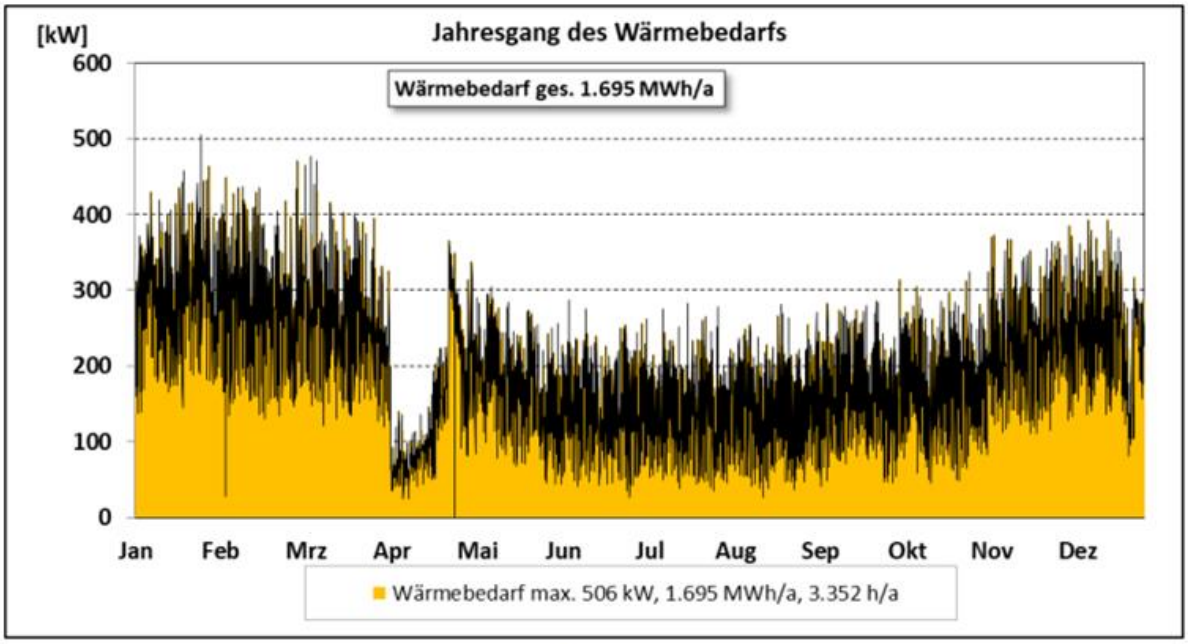


Abbildung 2: Jahresgang des Wärmebedarfs (2017)

Der Lastgang des Strombedarfs ist dargestellt in Abbildung 3. Der jährliche Strombedarf beläuft sich auf 694 MWh/a bei einer Höchstlast von rd. 120 kW. Auffällig ist die ganzjährig hohe Grundlast von rd. 60 kW und eine sehr hohe Vollbenutzungsstundenzahl von 5.800 h jährlich.

Mit dem hohen Grundlastbedarf an Strom und Wärme bietet die Schwimmhalle sehr gute Ausgangsbedingungen für die jährliche Auslastung einer KWK-Anlage.

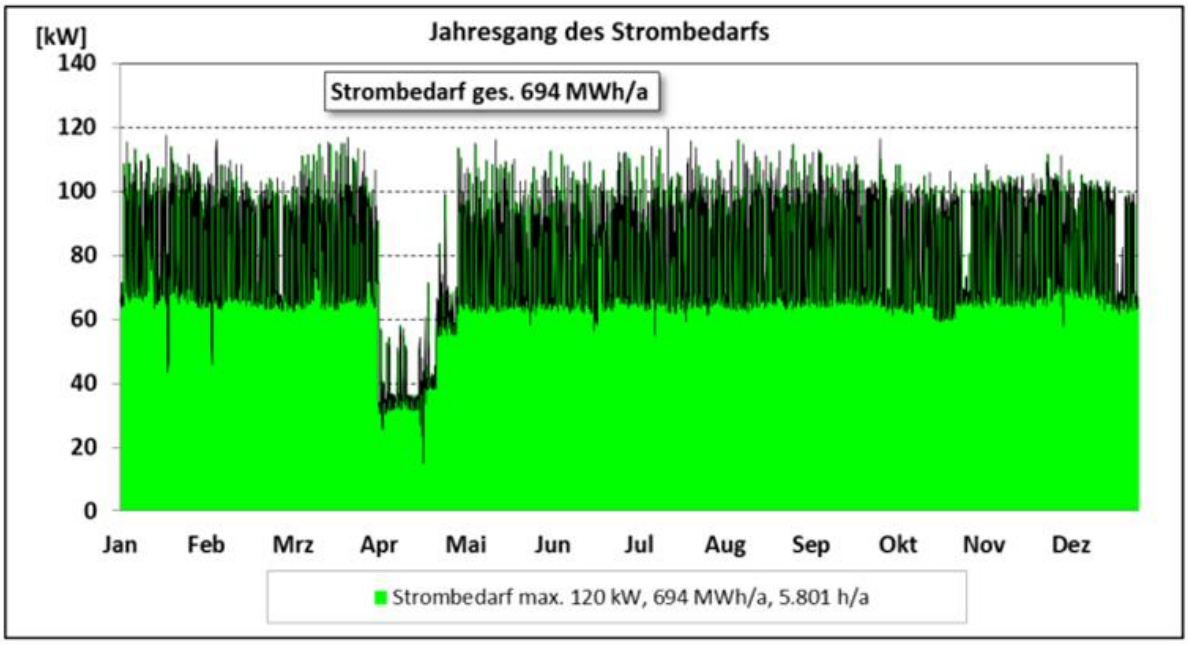


Abbildung 3: Jahresgang des Strombedarfs (2017)

2.2 Bestandsaufnahme vor Ort

Der Heizraum des Gebäudes liegt im Kellergeschoss im südlichen Bereich der (vgl. Abbildung 1). Es wurden drei mögliche Aufstellungsflächen für ein BHKW-Modul identifiziert (vgl. Fotos Abbildung 4):

1) Links neben den Kessel; Notausstieg muss freigehalten werden
2) Rechts neben den Kessel; Leitungsverlegung Legionellenschaltung, Abbau eines nicht mehr benötigten Gestells
3) Erweiterung des Podestes neben dem Rauchgaskamin, Verlegung des Geländers

Zur Rauchgasableitung muss ein neues Abgasrohr gezogen werden mit Kernbohrung neben dem vorhandenen Kamin (Zusatzkosten wg. Kernbohrung).

Darüber hinaus ist die Aufstellungssituation gekennzeichnet durch:

- Aufstellung Speicher im Schwimmbadtechnikraum oder auf einem der o.g. Stellplätze
- Stromanbindung: Niederspannungshauptverteilung ca. 80 m entfernt; Zusatzkosten sind zu berücksichtigen
- Gasanbindung: neue Leitung mit Regelstrecke für BHKW erforderlich

Insgesamt wird die Aufstellungs- und Anbindesituation als gut eingeschätzt, wenngleich die Anpassungsarbeiten zusätzliche Kosten verursachen.

Abbildung 4: Fotos Bestandsaufnahme zur Aufstellung

2.3 Energiepreise und Kostenstrukturdaten

Die Energiepreise werden angesetzt gem. Angabe des Gebäudemanagements der Stadt Wuppertal mit aktuellem Preisstand 2019. Der Gaspreis wird als Mischpreis inkl. der Netzentgelte angesetzt. Bei den Strombezugskonditionen werden die einzelnen Preisbestandteile unterschieden (Produktpreis, Netznutzung und Umlagen wie EEG-Umlage, KWK-Umlage etc.).

Die Energiepreise (netto zzgl. MwSt.) und weiteren Kostenstrukturdaten sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Preisannahmen und Randbedingungen			
Kalkulationszins		*3,0%*	
Abschreibungsdauer BHKW		*10 a*	
Abschreibungsdauer übrige Anlagen		*10 a*	
Vergleichsbasis mit oder ohne Kesselinvest		*ohne Kesselinvest*	
Erdgaspreis		*Gaspreis als Mischpreis*	
Mischpreis inkl. Energiesteuer-Regelsatz		*4,48*	*ct/kWh (Ho) netto*
Erdgassteuer		0,55	ct/kWh (Ho) netto
Gas-Mischpreis (inkl. Erdgassteuer)		4,48	ct/kWh (Ho) netto
Strombezugspreis		*Strompreis ausführlich*	
Mischpreis inkl. Stromsteuer-Regelsatz		17,00	*nicht verwendet*
Arbeitspreis (commodity)		*3,50*	*ct/kWh netto*
< 2.500 h/a		*>= 2.500 h/a*	*EUR/(kW a) netto*
Netzentgelt LP	*10,48*	*100,13*	*EUR/(kW a) netto*
Netzentgelt AP	*3,77*	*0,19*	*ct/kWh netto*
KWK-Umlage (2019)		*0,280*	*ct/kWh netto*
Übrige Umlagen inkl. KA (2019)		*0,836*	*ct/kWh netto*
Stromsteuer		2,05	ct/kWh$_{el}$ netto
Strom-Mischpreis (inkl. Stromsteuer)		14,99	ct/kWh$_{el}$ netto
Strompreis EEX ("üblicher" Preis KWK-Vergütung)		*4,50*	ct/kWh$_{el}$ netto
EEG-Umlage (2019)		*6,405*	ct/kWh netto
EEG-Umlage bei Eigenversorgung		*40%*	
Stromkostenintens. Unternehmen? => min. EEG-Umlage für >1 GWh		*EEG-Umlage 100%*	
Unternehmen des Prod. Gewerbes oder Land- und Forstw.?		*nein*	

Tabelle 1: Preisannahmen und Kostenstrukturdaten

3 Technische Auslegung, Energie- und CO_2-Bilanz

3.1 Vorüberlegungen zu Leistung und Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen wird durch folgende wesentliche Parameter bestimmt:

- Erlöse für die gekoppelte Wärme- und Stromerzeugung
- Kosten für den Gaseinsatz
- Investition für die Anlage, daraus folgend Kapitaldienst sowie Wartungs-/Instandhaltungskosten
- Förderung nach dem KWKG

Die Wärmeerlöse der BHKW-Anlage resultieren aus dem vermiedenen Gaseinsatz in Kesselanlagen sowie der Energiesteuererstattung für den Brennstoffeinsatz im BHKW.

Die Stromerlöse resultieren aus:

- bei Netzeinspeisung: KWK-Zuschlag, Erlösen für die Strommenge gem. „üblichem Preis“ für KWK-Strom (3-Monatsmittel der EEX-Notierungen für Base-Strom)und Erlösen aus vermiedener Netznutzung
- bei Eigennutzung: KWK-Zuschlag (nur bis 100 kW_{el}) und vermiedenen Kosten für den Strombezug abzgl. 40% der EEG-Umlage auf den eigengenutzten Strom

Die Höhe und Dauer der KWK-Zuschlagzahlung ist abhängig von der Anlagenleistung und von der Stromverwendung. Die höchste Zulage wird bei Netzeinspeisung bis zu einer Anlagenleistung von 50 kW_{el} erzielt (vgl. Anlage 1). Insgesamt sind bei den hier üblichen Leistungsklassen bis 100 kW_{el} bei Eigenstromnutzung erheblich höhere Stromerlöse erzielbar als bei Einspeisung in das Netz (Abbildung 5). Die Auslegung und der Betrieb der Anlage sollten daher so vorgenommen werden, dass ein möglichst hoher Anteil der Stromerzeugung eigengenutzt werden kann.

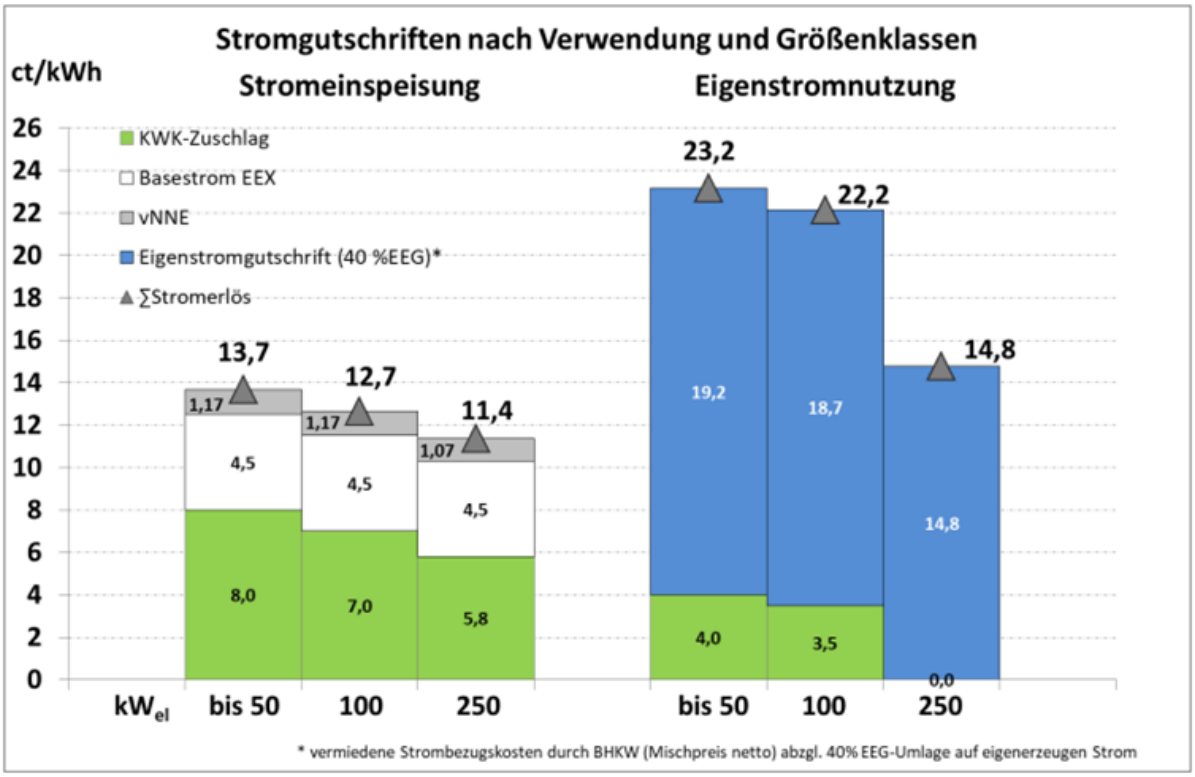


Abbildung 5: Stromgutschriften für BHKW-Anlagen nach Größenklassen

3.2 Dimensionierung der Anlage und Energiebilanz

Im Rahmen des Grobkonzeptes waren bereits die Ergebnisse für Anlagen verschiedener Leistungen zwischen 15 kW_{el} und 150 kW_{el} gegenübergestellt worden. Hieraus ergab sich ein relatives Optimum für eine BHKW-Anlage im Leistungsbereich 50 bis 75 kW_{el} (vgl. Anlage 2).

Im Rahmen des Feinkonzeptes wird ein BHKW mit einer Leistung von 50 kW_{el} bewertet. Die technischen Daten sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Kenndaten BHKW

Modulbezeichnung, Hersteller	**GTK 50 E MAN**	
Leistungsdaten		
Leistung, el	50,0	kWel
Leistung, th	79,0	kWth
Brennstoffleistung	148,0	kW H_i
Wirkungsgrade		
elektrisch	33,8	%
thermisch	53,4	%
gesamt	87,2	%
Abmessungen		
Länge ca.	2.135	mm
Breite ca.	1.000	mm
Höhe ca.	1.800	mm

Tabelle 2: Technische Daten der BHKW-Anlage

Mit der Wärmeleistung von 79 kW kann das BHKW – von Betriebsferien des Bades abgesehen – ganzjährig bis zu 8.350 Stunden betrieben werden und rd. 40 % der jährlichen Wärmemenge bereitstellen. Abbildung 6 zeigt die Deckung der Wärmelast aus dem BHKW und den Kesseln.

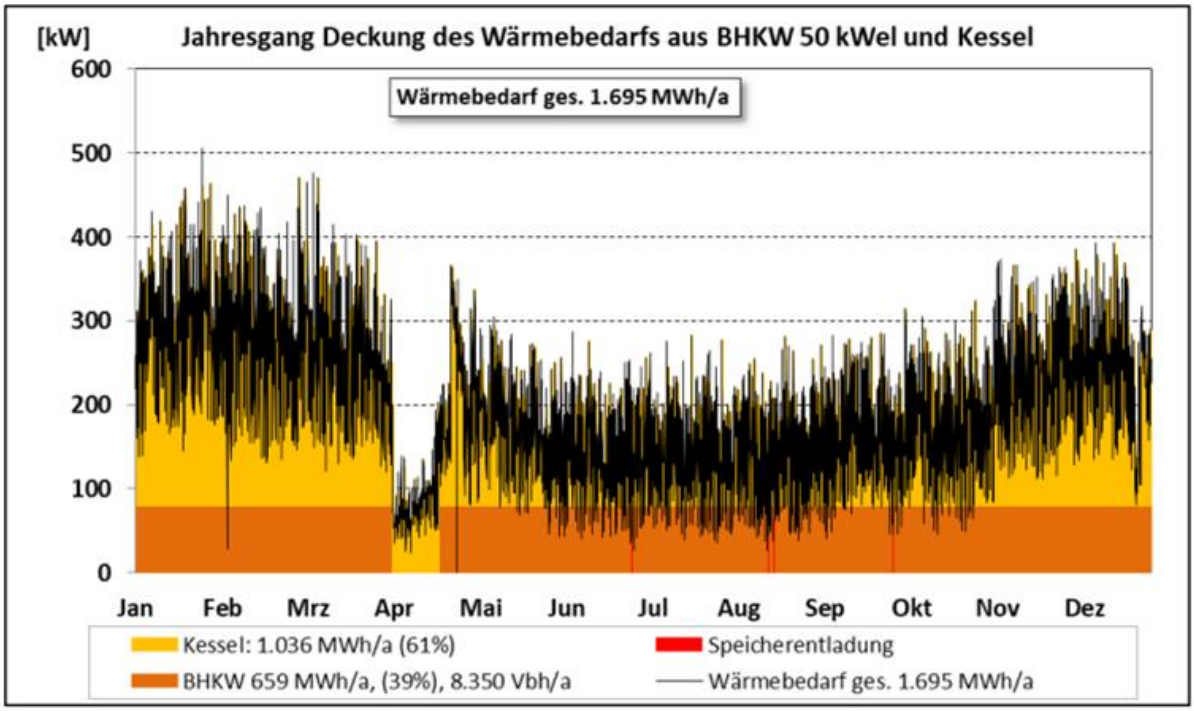


Abbildung 6: Jahresganglinien Deckung des Wärmebedarfs aus BHKW und Kesseln

Ähnlich verhält es sich hinsichtlich des Strombedarfs und der Deckung aus der Anlage. Hie kann sogar rd. 59% des Strombedarfs aus der BHKW-Anlage gedeckt werden. Die aus dem BHKW in das Netz eingespeiste Strommenge beträgt weniger als 0,5 % der gesamten Stromerzeugung.

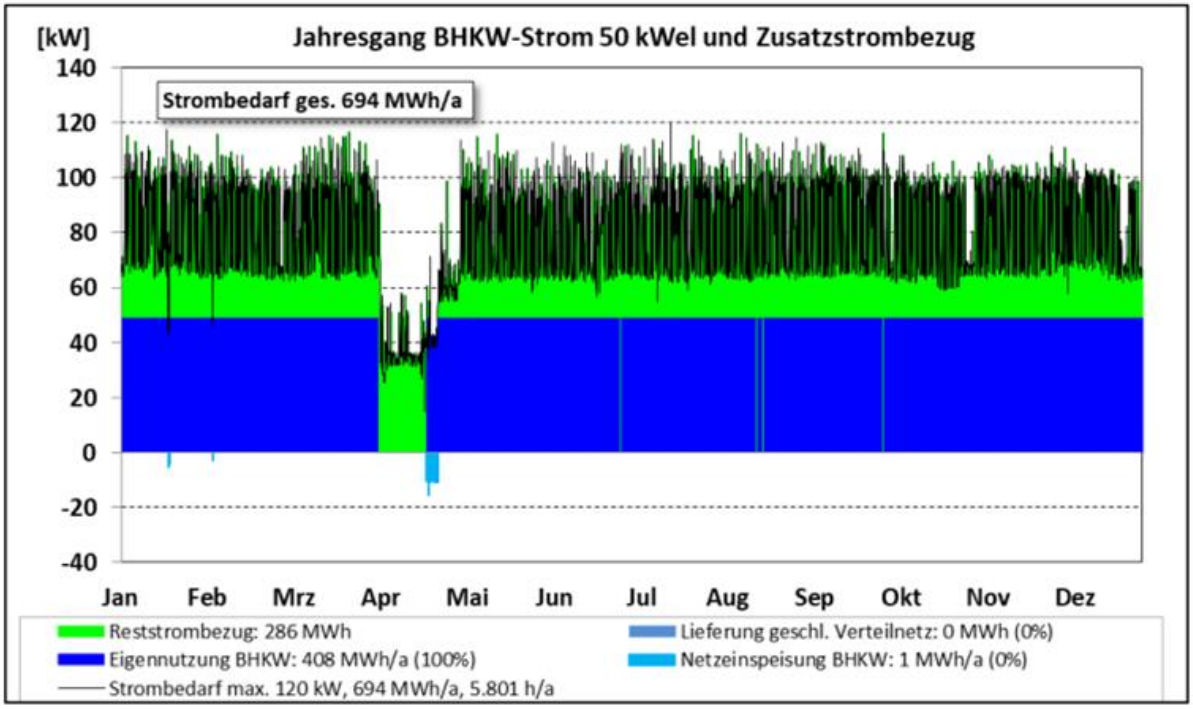


Abbildung 7: Jahresganglinien BHKW-Strom und Zusatzstrombezug

Sowohl der Wärmelastgang als auch der Stromlastgang bieten ideale Voraussetzungen für die untersuchte 50 kW BHKW-Anlage. Alternativ wäre auch die Installation einer größeren Anlage von bis zu 70 kW möglich. Dies würde die Laufzeit geringfügig verringern und die Stromrückspeisung etwas erhöhen. Der Anteil der KWK-Wärme am Gesamtwärmebedarf würde von 40% auf 50% steigen und der Anteil der Eigenstromversorgung von 59% auf 77%. Zudem ist die 70 kW-Anlage aufgrund der nahezu konstanten Nebenkosten für Aufstellung und Anbindung spezifisch günstiger, so dass die Wirtschaftlichkeit etwas besser wäre als für die 50 kW-Anlage.

Die folgende Tabelle fasst noch einmal die technischen Eckdaten und die Energiebilanz im Vergleich zum Istzustand zusammen. Diese Daten bilden die Basis für die wirtschaftliche Bewertung in Abschnitt 4.

BHKW-Einsatz in der Wärmeerzeugung Schwimmhalle am Timpen, Stadt Wuppertal Technische Eckdaten				Variante	1 IST Gaskessel	2 BHKW 50 kWel
1.	**Wärmebedarf**					
1.1	Wärmeleistung (max)			kW	506	506
1.2	Jährlicher Wärmebedarf		*3.352 h/a*	MWh/a	1.695	1.695
1.3	Netzverluste (bez. auf Erzeugung)		*0%*	MWh/a	0	0
2.	**Strombedarf**					
2.1	Höchstlast Strom			kW_{el}	120	120
2.2	Jährlicher Strombedarf		*5.801 h/a*	MWh_{el}/a	694	694
3.	**BHKW-Daten**					
3.1	Elektrische Leistung, brutto			kW_{el}		**50,0**
3.2	Elektrische Leistung, n	*Eigenbedarf*	*2%*	kW_{el}		49,0
3.3	Wirkungsgrad, el.					34%
3.4	Thermische Leistung			kW_{th}		79,0
3.5	Brennstoffleistung			kW (Hu)		148,0
3.6	Gesamtwirkungsgrad					87,2%
3.7	Vollbenutzungsstunden			Vbh/a		8.348
3.8	Stromerzeugung BHKW, netto			MWh_{el}/a		409
	davon	für Eigennutzung	*100%*	MWh_{el}/a		408
		für Lieferung an Dritte	*0%*	MWh_{el}/a		0
		Netzeinspeisung	*0%*	MWh_{el}/a		1
4.	**Reststrombezug**					
4.1	Elektrische Leistung, max.			kW_{el}	120	91
4.2	Jährlicher Strombezug			MWh_{el}/a	694	286
4.3	Vollbenutzungsstunden Strombezug			Vbh/a	5.801	3.147
5.	**Wärmeerzeugung und Brennstoffeinsatz**					
5.1	Wärmeerzeugung	Gesamt		MWh/a	1.695	1.695
		davon aus Kessel		MWh/a	1.695	1.036
		davon aus BHKW		MWh/a		659
			Anteil Wärme aus KWK			*38,9%*
5.2	Erdgaseinsatz Kessel	*eta*	*85%*	MWh/a (Ho)	2.204	1.346
5.3	Erdgaseinsatz BHKW			MWh/a (Ho)		1.365
5.4	Erdgaseinsatz max. Leistung			kW (Ho)	657	718

Tabelle 3: Zusammenstellung Technische Eckdaten und Energiebilanz

3.3 Investitionen

Die Investitionen werden für das BHKW-Modul gemäß Richtpreisen der Fa. Wolf Power Systems angesetzt. Die Kosten für die Anbindung und Nebenanlagen wurden auf Basis der Realisierungskosten eigener, vergleichbarer Planungsprojekte der EEB Enerko und unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus der Vor-Ort-Begehung ermittelt. Selbstverständlich ist auch der Einsatz von Aggregaten anderer BHKW-Anbieter möglich. Die Fa. Wolf setzt im Leistungsbereich ab 35 kW – wie viele andere Anbieter auch – MAN-Motoren ein. Im kleinen Leistungsbereich werden Motoren des Automobilherstellers Toyota verwendet.

Die Investitionen für die Anlage sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Standortspezifische Zusatzkosten über den üblichen Aufwand hinaus werden berücksichtigt für die elektrotechnische Anbindung, den Rauchgaskamin, Lüftungsanlage, Fundamente und Durchbrüche. Darüber hinaus erfolgt ein Zuschlag von 20% für Unvorhergesehenes.

Insgesamt beläuft sich die Investition auf 216 TEUR (netto zzgl. MwSt.).

		Ausgewähle Modul-Größe [kW]	projekt-spezifische Zusatzkosten	GTK16 E 04 BW Toyota	GTK20 E 04 BW Toyota	GTK35 E MAN	GTK50 E MAN	GTK70 E MAN	GTK100 MAN	GTK140 E MAN	GTK200 E MAN	GTK350 E MAN
	kWel	50		16	20	35	50	70	100	140	198	355
Investitionskosten		kW_{el}		kW_{el}	kW_{el}	kW_{el}	kW_{el}	kW_{el}	kW_{el}	kW_{el}	kW_{el}	kW_{el}
BHKW-Modul	TEUR	74	0	40	46	68	74	84	100	122	155	245
Nebenanlagen und Einbindung	TEUR	76										
Anbindung Gas	*TEUR*	*4,5*	0	4	4	4,5	4,5	5	5	6	6,5	7
Anbindung Hydraulik	*TEUR*	*7,5*	0	5	5,5	6,5	7,5	8,5	10	12	15	19
Anbindung E-MSR und Stromeinspeisung	*TEUR*	*22,0*	10	10	10	12	12	15	16	18	20	25
Lüftung	*TEUR*	*11,0*	3	6	6	7	8	9	10	12	15	18
Abgas Kamin	*TEUR*	*19,5*	15	3,5	4	4,5	4,5	5	5,5	6,5	8	10
Wärmespeicher (1.500 EUR je m³)	*TEUR*	*11,3*		*1,6 m³*	*1,6 m³*	*5,3 m³*	*7,5 m³*	*11,0 m³*	*15,0 m³*	*22,5 m³*	*30,0 m³*	*45,0 m³*
Baukosten (Fundament, Durchbrüche usw.)	TEUR	5										
Gebäude BHKW	*TEUR*	*0,0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sonstige Baukosten (Fundament, Durchbrüche usw	*TEUR*	*5,0*	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planung	TEUR	25	0	20	20	20	25	25	25	25	30	34
Sonstiges	TEUR	2,5	2,5									
Unvorhergesehenes (20% der Kosten ohne Speiche	TEUR	34	0	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Gesamt	TEUR	216										

Tabelle 4: Investitionszusammenstellung

3.4 CO_2-Bilanz

Im Rahmen der CO_2-Bilanz wird der mit dem Erdgaseinsatz in Kesseln und im BHKW verbundene CO_2-Ausstoß ermittelt. Die in Kraft-Wärme-Kopplung erfolgende Stromerzeugung wird in Form einer CO_2-Gutschrift mit dem CO_2-Faktor des bundesdeutschen Strommix berücksichtigt. Die Zahlen sind zusammengestellt in Tabelle 5, eine graphische Darstellung zeigt Abbildung 8. Es ergibt sich eine Einsparung von rd. 115 t/a bzw. rd. 25% bezogen auf die CO_2-Emissionen des Erdgaseinsatzes im Istzustand.

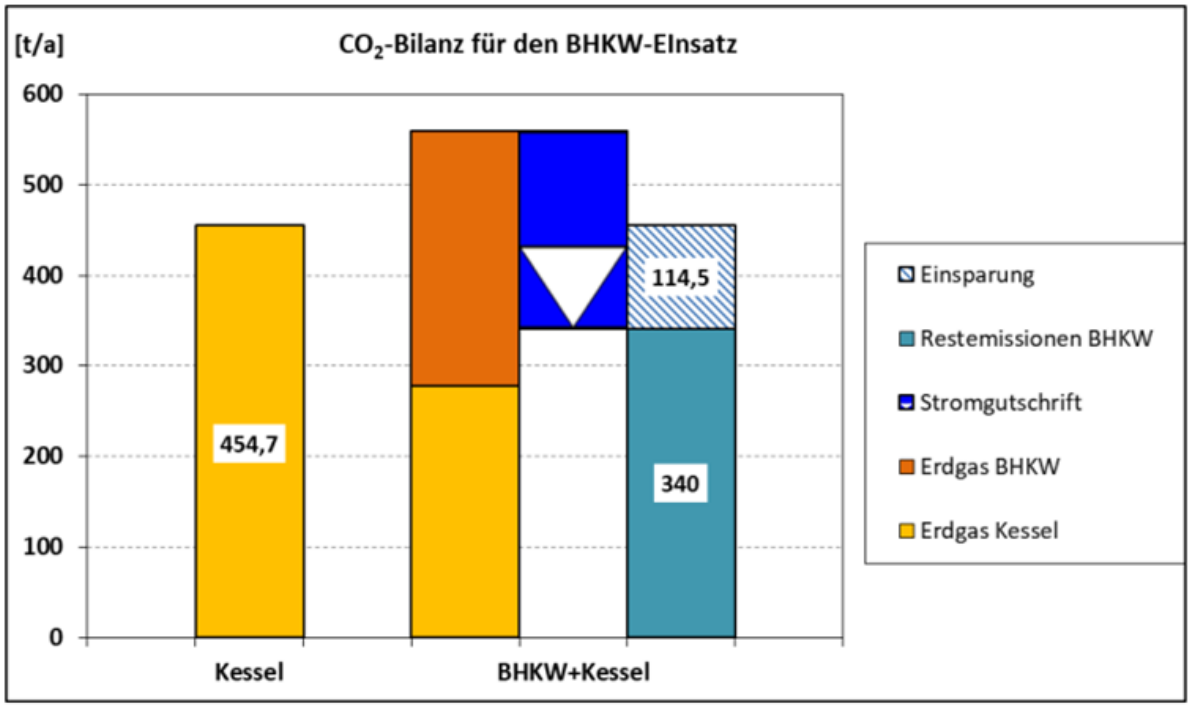


Abbildung 8: CO_2-Bilanz für den BHKW-Einsatz

CO2-Bilanz				BHKW 50 kWel + Kessel
			Kessel	Eigenstromversorgung
CO_2-Emissionen		**t/a**	**454,7**	**340,3**
CO_2-Emissionen Erdgas	*228 kg/MWh*	t/a	454,7	559,5
aus Kessel		t/a	454,7	277,8
aus BHKW		t/a		281,7
CO_2-Gutschrift für Stromerzeugı	*536 kg/MWh*	t/a		-219,2
CO_2-Einsparung (bezogen auf Wärmeerzeugung)		**t/a**		**114,5**
				25,2%

Tabelle 5: CO_2-Bilanz

4 Wirtschaftliche Bewertung

4.1 Basisrechnung mit Energiepreisen 2019

Die wirtschaftliche Bewertung erfolgt auf Basis von:

- Energiepreisen und weiteren Kostenstrukturdaten (vgl. Tabelle 1)
- Technischen Eckdaten und Energiebilanz (vgl. Tabelle 3)
- Investitionen für den Zubau der BHKW-Anlage (vgl. Tabelle 4)

Die Bewertung erfolgt anhand einer statisch-annuitätischen Vergleichsrechnung nach VDI 2067 zwischen dem Istzustand mit Kesseleinsatz und vollständigem Strombezug und dem Zubau der BHKW-Anlage mit reduziertem Strombezug und tlw. Stromrückspeisung. Die Vergleichsrechnung ist in Tabelle 6 zusammengestellt, eine graphische Darstellung zeigt Abbildung 9.

Es wird unterschieden zwischen den fixen Kosten wie Kapitaldienst für BHKW, Personalkosten, Versicherung, Steuern und Verwaltung (Ziff. 1.1 bis 1.7) und den variablen Kosten wie Strombezugskosten, Gasbezugskosten und Wartung für das BHKW-Modul (Ziff. 2.1 bis 2.7). Die fixen Kosten im Istzustand (Kapitaldienst, Wartungs- und Bedienkosten für bestehende Kessel) werden nicht berücksichtigt. Die Erlöse aus der Überschussstromeinspeisung ins Netz und aus der KWK-Förderung (Ziff. 4.1 bis 4.4) werden mit den Kosten saldiert. Im Ergebnis werden die mittleren jährlichen Kosten für die Strom- und Wärmeversorgung über einen Betrachtungszeitraum von 10 Jahren und die Amortisationsdauer ermittelt (Ziff. 5 und 6).

BHKW-Einsatz in der Wärmeerzeugung Schwimmhalle am Timpen, Stadt Wuppertal Wirtschaftlichkeitsbetrachtung			Variante	1 IST Gaskessel	2 BHKW 50 kWel
1.	**Fixe Kosten**				
1.1	Kapitaldienst BHKW (3,0%, 10 a)	*11,7%p.a.*	TEUR/a		8,7
1.2	Kapitald. übrige Anlagen (3,0%, 10 a)	*11,7%p.a.*	TEUR/a	0,0	16,7
1.3	Wartung/Instandhaltung Kessel etc.	*2,0%p.a.*	TEUR/a	0,0	2,8
1.4	*Grundüberholungskosten BHKW (nicht angesetzt, da i.d.R. erst nac*		*TEUR/a*		*0,0*
1.5	Versicherung, Steuern, Verwaltung	*2,0%p.a.*	TEUR/a	0,0	4,3
1.6	Personalkosten Betrieb/Bedienung	*45 €/h*	TEUR/a		1,0
	(nur Mehraufwand BHKW-Betrieb)		*h/a*		*22*
1.7	**Fixe Kosten, gesamt**		**TEUR/a**	**0**	**34**
2.	**Variable Kosten**				
2.1	**Strombezug bzw. Reststrombezug**		**TEUR/a**	**104,0**	**47,0**
		Mischpreis inkl. Stromsteuer und KA		*14,99 ct/kWh*	*16,44 ct/kWh*
2.1.1	Strombezug (Commodity)	*3,500 ct/kWh*	TEUR/a	24,3	10,0
2.1.2	Netzentgelte, LP		TEUR/a	12,0	9,1
				100,13 EUR/kW	*100,13 EUR/kW*
2.1.3	Netzentgelte, AP		TEUR/a	1,3	0,5
				0,19 ct/kWh	*0,19 ct/kWh*
2.1.4	EEG-Umlage *Regelsatz 2019*	*6,405 ct/kWh*	TEUR/a	44,4	18,3
2.1.5	KWKG-Umlage *Regelsatz 2019*	*0,280 ct/kWh*	TEUR/a	1,9	0,8
2.1.6	Übrige Umlagen und KA	*0,836 ct/kWh*	TEUR/a	5,8	2,4
2.1.7	Stromsteuer (unter Berücks. §§ 9b, 10 StromS	*2,050 ct/kWh*	TEUR/a	14,2	5,9
2.2	**EEG-Umlage auf eigengenutzte Stromerzeugung**	*40% = 2,562 ct/kWh*	**TEUR/a**		**10,5**
2.3	*EEG-Umlage auf BHKW-Stromlieferung an Dritte*	*6,405 ct/kWh*	*TEUR/a*		*keine Lieferung*
2.4	*Stromsteuer für Lieferung an Dritte*	*0,000 ct/kWh*	*TEUR/a*		*an Dritte*
2.5	**Brennstoffeinsatz**		**TEUR/a**	**98,7**	**114,0**
		Mischpreis inkl. Netzentgelte, Energiesteuer und KA		*4,48 ct/kWh*	*4,20 ct/kWh*
2.5.1	Erdgas in Kesselanlagen (Mischpreis ohne Ste	*3,93 ct/kWh (Ho)*	TEUR/a	86,6	52,9
2.5.2	Erdgas in BHKW-Anlagen (Mischpreis ohne St	*3,93 ct/kWh (Ho)*	TEUR/a	0,0	53,7
2.5.6	Energiesteuer (Gas in Kesseln)	*0,55 ct/kWh (Ho)*	TEUR/a	12,1	7,4
2.6	**Vollwartung BHKW** (Ansätze ASUE 2014)		**TEUR/a**		**10,5**
			ct/kWh		*2,51*
		bzw.	*EUR/Vbh*		*1,25*
2.7	**Variable Kosten, gesamt**		**TEUR/a**	**203**	**182**
3.	**Summe Fixe und variable Kosten**		**TEUR/a**	**203**	**215**
4.	**Erlöse aus Stromerzeugung BHKW**				
4.1	Stromeinspeisung (EEX Base Ø 2019)	*4,50 ct/kWh*	TEUR/a		0,0
4.2	Stromeinsp. Verm. Netzentg. (AP + 0% LP)	*0,17 ct/kWh*	TEUR/a		0,0
4.3	Förderung gem. KWKG	*Förderdauer*	*h bzw. a*		*60.000 h bzw. 7,2 a*
4.3.1	*Jährl. Förderung im Förderzeitraum*		*TEUR/a*		*16,4*
4.3.2	*Ø jährl. Förderung bei Betrachtung über 10 Jahre*		*TEUR/a*		*12,3*
4.4	**Erlöse aus Stromerzeugung, gesamt**		**TEUR/a**	**0**	**16,4**
5.	**Restkosten Wärme und Strom**		**TEUR/a**	**203**	**199,0**
5.1	**Einsparungen gegenüber dem Istzustand**		**TEUR/a**		**3,8**
6.	**Wärmekosten und Vorteil BHKW-Zubau während Förderphase KWK**				
6.1	**Stromkosten Istzustand**		**TEUR/a**	**104,0**	**104,0**
6.2	**Wärmerestkosten nach Abzug Stromkosten**		**TEUR/a**	**98,7**	**95,0**
6.3	spezifischer Wärmegestehungspreis		EUR/MWh	58,2	56,0
6.4	**Einsparungen gegenüber Variante 1**		**TEUR/a**		**3,8**
6.5	Einsparungen gegenüber Var.1 vor Kapitaldienst		TEUR/a		29,1
6.6	Zusatzinvestition BHKW gegenüber Var. 1		TEUR		216,5
6.7	Statische Amortisationsdauer	> KWK-Förderzeitraum	a		7,4
6.8	**Dynamische Amortisationsdauer *)**	> KWK-Förderzeitraum	**a**		**8,5**

**) = Ln(1-Inv*Zins/Einsparung) / Ln(1/(1+Zins)) für preisstatische Berechnung aus Gl. (104) VDI 2067, Blatt 1, Beiblatt*

Tabelle 6: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung – Kosten und Erlöse

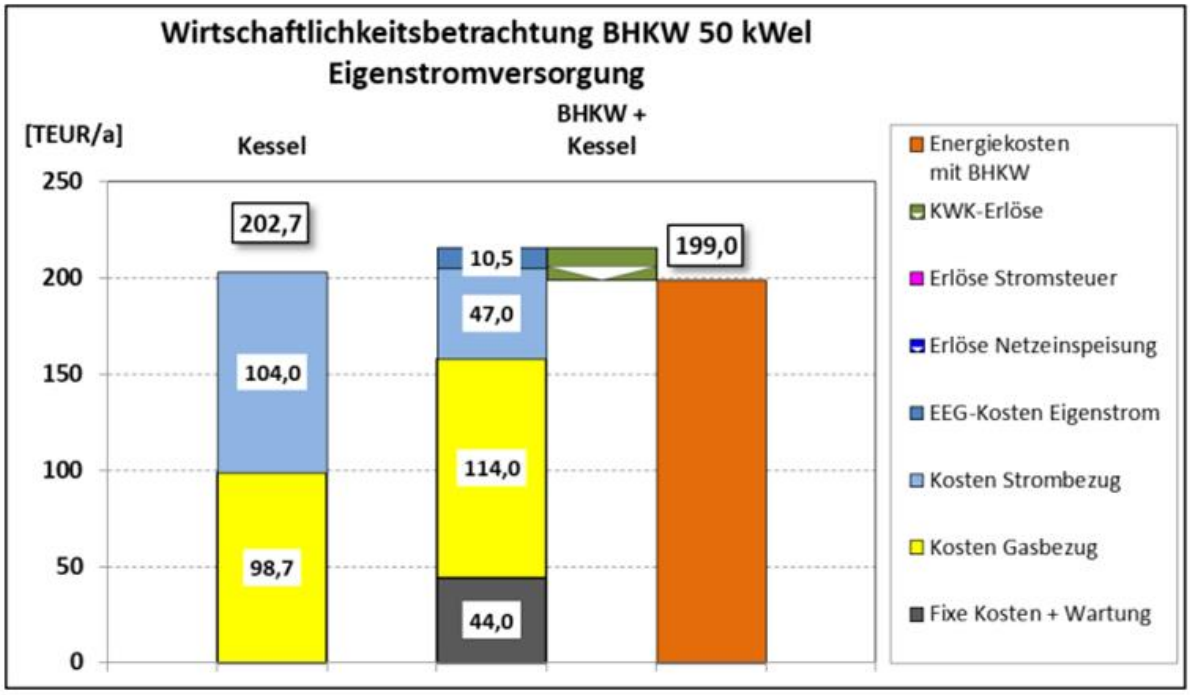


Abbildung 9: Kosten und Erlöse – Vergleich Istzustand und BHKW-Zubau

Es zeigen sich folgende Ergebnisse:

- Die Gesamtkosten für Gaseinsatz und Strombezug belaufen sich im Istzustand auf rd. 203 TEUR/a; davon entfallen rd. 99 TEUR auf den Gaseinsatz und 104 TEUR/a auf den Strombezug.
- Der Zubau der BHKW-Anlage ermöglicht, unter Berücksichtigung aller fixen und variablen Kosten und der Erlöse, eine Einsparung gegenüber dem Istzustand von 3,7 TEUR/a.
- Bei einer Investition von 216 TEUR für die Anlage ergibt sich eine statische Amortisationsdauer von ca. 7,5 Jahren (ohne Berücksichtigung der Zinskosten) bzw. eine dynamische Amortisationsdauer von ca. 8,5 Jahren (mit Berücksichtigung der Zinskosten).

Der Zubau einer BHKW-Anlage ist damit insgesamt unter den getroffenen Randbedingungen als wirtschaftlich einzuschätzen mit einer Amortisationsdauer von ca. 8,5 Jahren.

4.2 Sensitivitätsanalysen

In der Basisbetrachtung wurde mit den Energiepreisen Preisstand 2019 gerechnet. Im Laufe des Jahres 2019 hat der Strompreis etwas angezogen während der Gaspreis konstant geblieben bzw. etwas rückläufig ist. Bei anhaltend höherem Strompreis wird sich ein noch günstigeres Ergebnis für die BHKW-Anlage zeigen.

Um zu einer Einschätzung zur Robustheit des Ergebnisses zu gelangen, wurden Sensitivitätsanalysen bzgl. der Höhe von Gas- und Strompreis und zur Höhe der Investition durchgeführt.

Im Einzelnen wurden variiert:

- Gleichzeitige Variation von Gaspreis und Strompreis im Vergleich zum Basismischpreis im Bereich von -10% bis +30%
- Investition im Bereich -20% bis +20% im Vergleich zur ermittelten Basis

Die Ergebnisse sind in den folgenden Grafiken dargestellt. Es zeigt sich:

- Gaspreis und Strompreis (Abbildung 10, Abbildung 11):
  Die Ergebnisse sind hinsichtlich steigender Gaspreise recht robust. Negative Jahresergebnisse sind – ohne entsprechende Strompreissteigerungen – erst bei einer Preissteigerung um 25% zu erwarten. Parallel dazu bleibt die Amortisationsdauer bei weniger als 10 Jahren.
  Fallende Strompreise im Vergleich zum Preisstand 2019 sind eher unwahrscheinlich. Ein steigender Strompreis wirkt sich direkt positiv auf das Ergebnis der BHKW-Anlage aus. Eine Steigerung um 10% (Mischpreis) führt zu einer zusätzlichen Einsparung durch das BHKW von rd. 6 TEUR/a, die Amortisationsdauer sinkt um 1,5 Jahre.
- Investition (Abbildung 12):
  Auch hier sind die Ergebnisse recht robust. Selbst bei einem Anstieg der Investition um 10% gegenüber dem ohnehin mit Sicherheitsaufschlag angesetzten Kosten bleibt das Ergebnis positiv und die Amortisationsdauer bei unter 10 Jahren.
  Wenn die Anlage um 10% günstiger realisiert werden kann als angesetzt, verbessert sich das Ergebnis um 3,5 TEUR/a und die Amortisationsdauer verkürzt sich um 1 Jahr.

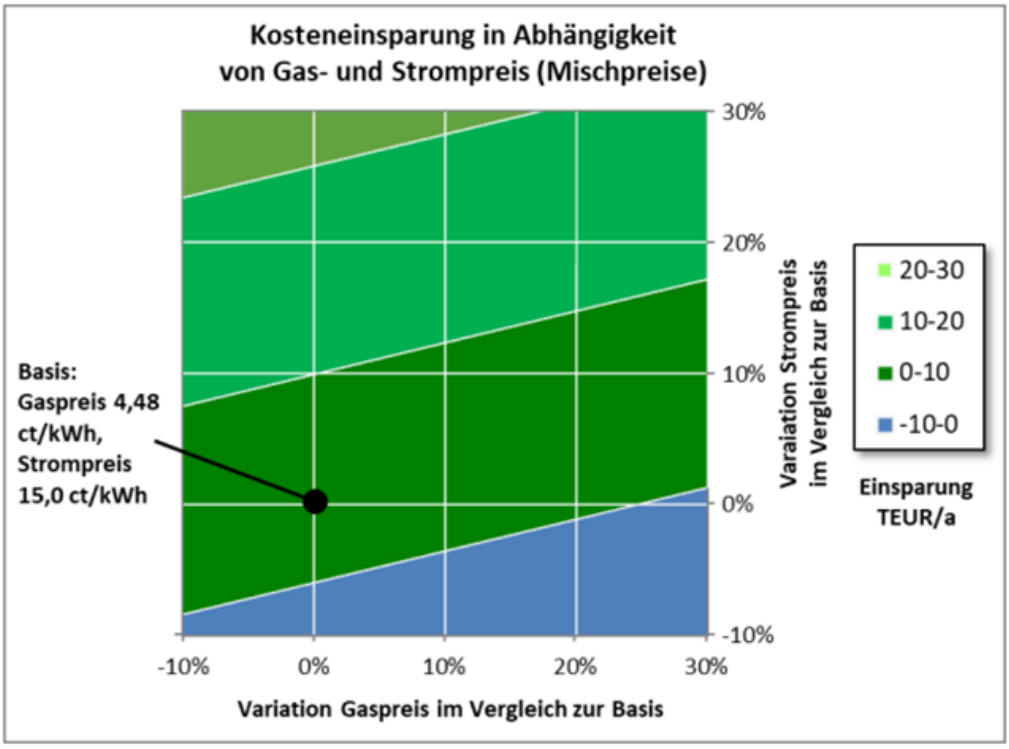


Abbildung 10: Sensitivitätsanalyse bzgl. Gas- und Strompreis – Einsparungen

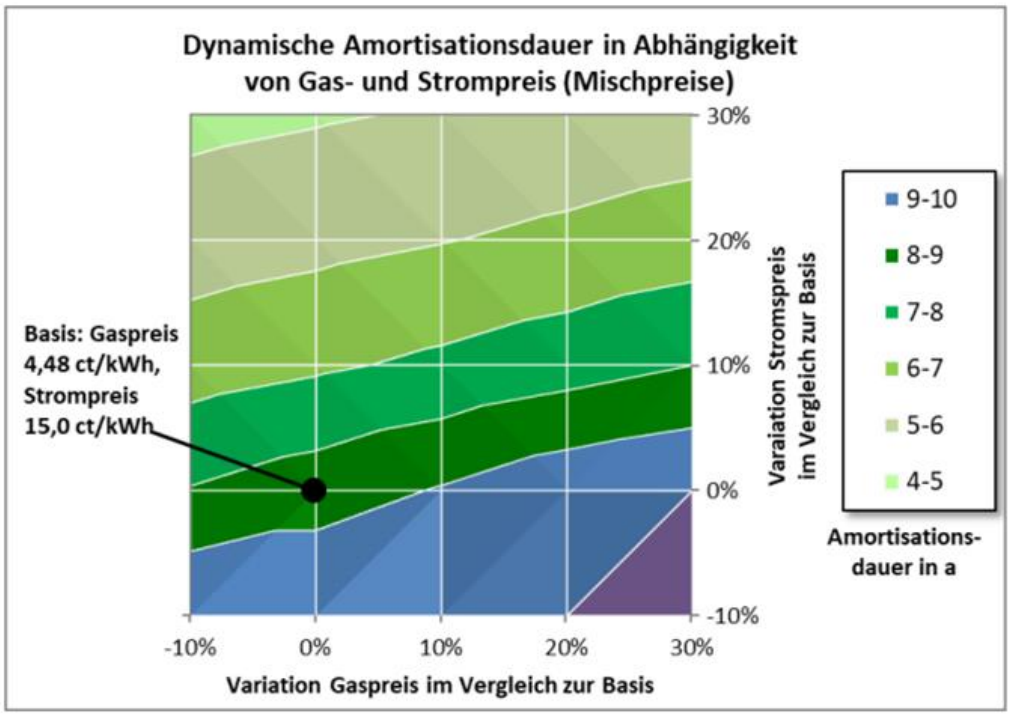


Abbildung 11: Sensitivitätsanalyse bzgl. Gas- und Strompreis – Amortisationsdauer

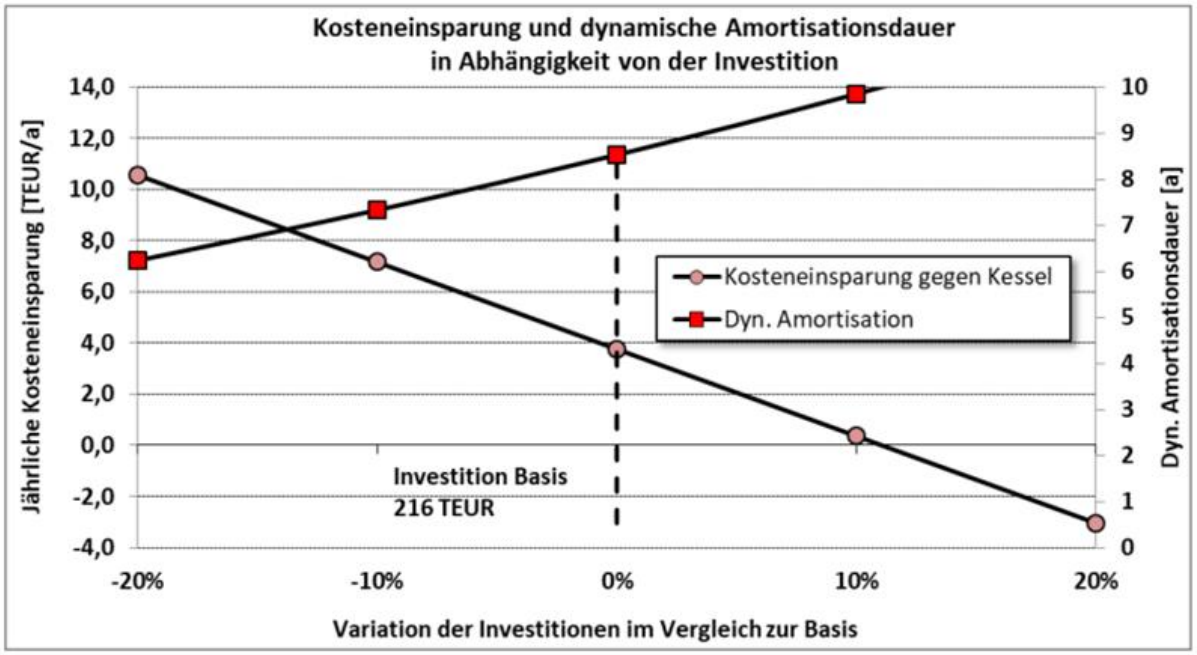


Abbildung 12: Sensitivitätsanalyse bzgl. der Investition – Einsparungen und Amortisations-dauer

5 Fazit

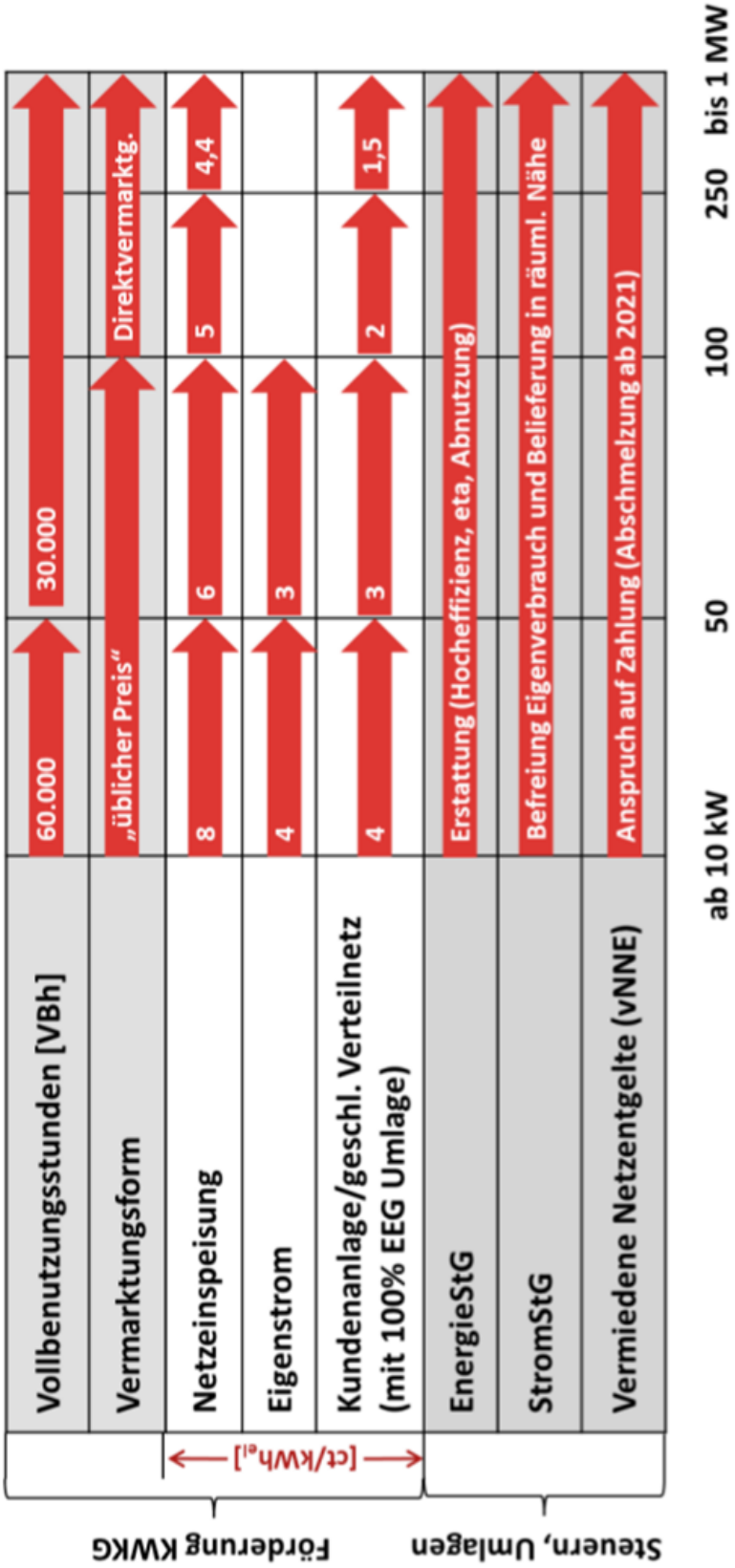
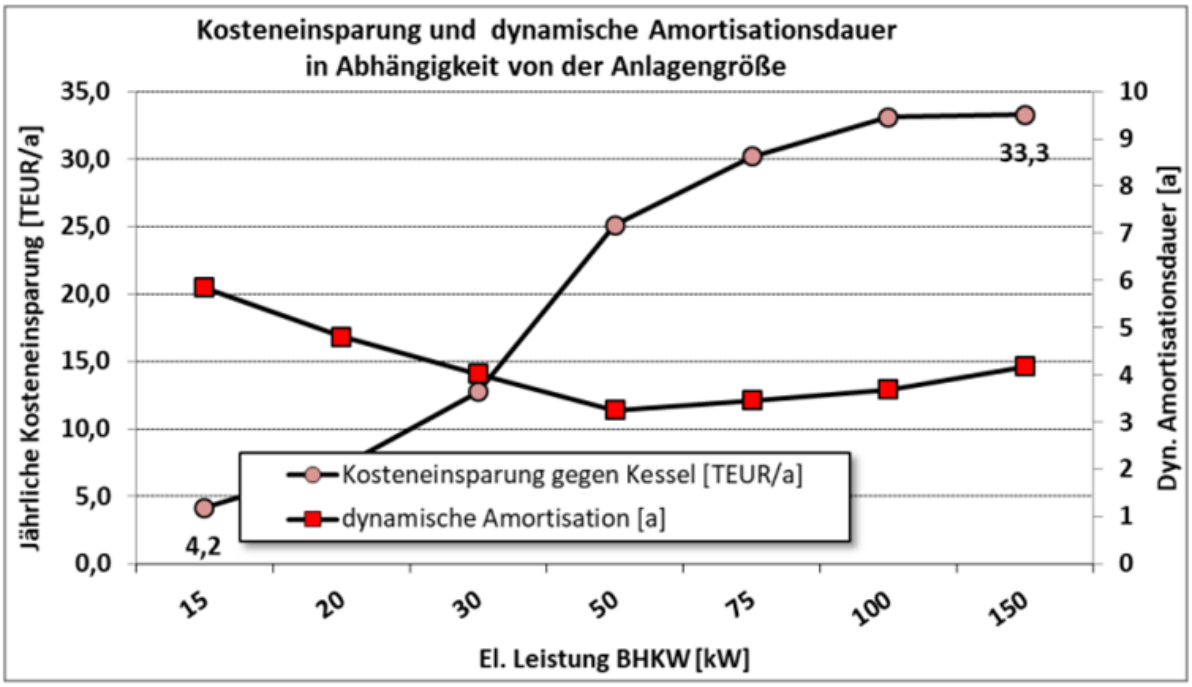
Die bedarfsseitigen Voraussetzungen für den Zubau einer BHKW-Anlage im Schwimmbad sind sowohl wärme- als auch stromseitig sehr gut. Bei einer Anlagenleistung von 50 kW_{el} und 79 kW_{th} können rd. 40% des Wärmebedarfs und knapp 60% des Strombedarfs in effizienter Kraft-Wärme-Kopplung bereitgestellt werden. Die CO_2-Emissionen zur Beheizung des Schwimmbades können um rd. 115 t/a bzw. 25% gesenkt werden.

Bei einer Investition von rd. 216 TEUR (inkl. Sicherheitszuschlägen für die Aufstellung) kann die Anlage wirtschaftlich betrieben werden. Die Amortisationsdauer beträgt ca. 8,5 Jahre. Die Ergebnisse erweisen sich als recht robust gegenüber Preissteigerungen bei Gas und Strom. Im Vergleich zur Situation 2019 ist künftig eher mit einem steigenden Strompreis zu rechnen, so dass sich die Wirtschaftlichkeit mittelfristig eher noch günstiger darstellen wird.

Insgesamt wird damit der Zubau einer BHKW-Anlage in der Schwimmhalle Am Timpen als positiv eingeschätzt mit Einsparpotenzialen hinsichtlich der CO_2-Bilanz und der Kosten für die Energieversorgung.

Anlagen

Anlage 1: Förderung nach dem KWKG nach Größenklassen und Stromverwendung



Anlage 2: Kosteneinsparung und Amortisationsdauer in Abhängigkeit von der Anlagengröße (Grobkonzept)