

# 100 KWK-Anlagen in Bottrop

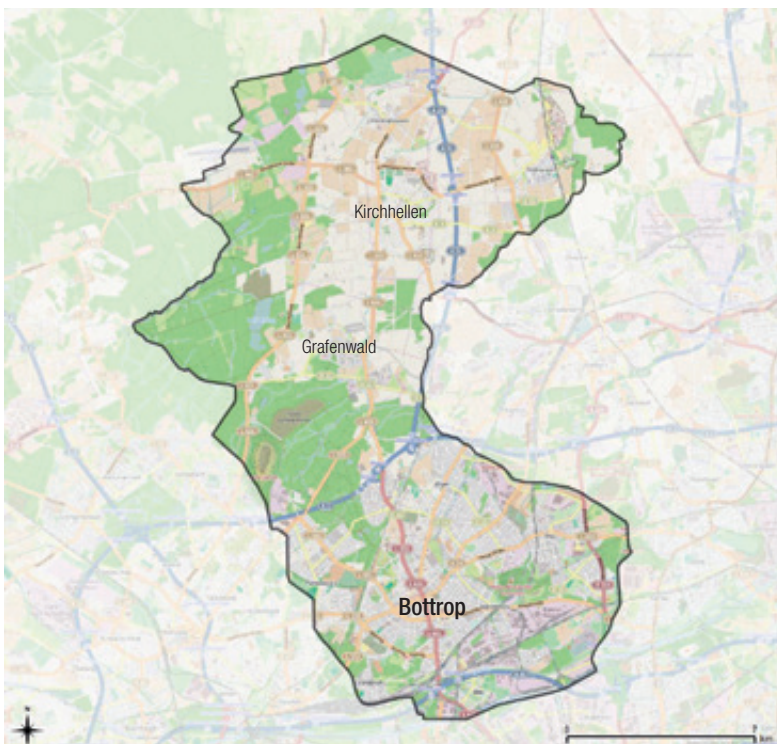
## – Der Weg von der Theorie in die Umsetzung

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) kann als **anerkannte Hocheffizienztechnologie** einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz und damit zur Reduktion der Treibhausgasemissionen leisten. Im Rahmen des Projekts „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ wurde der mögliche Beitrag von innovativen und umweltschonenden KWK-Technologien zu einem klimagerechten Stadtumbau untersucht.

von: Michael Schmidt, Maren Wenzel, Frank Burmeister & Dr.-Ing. Rolf Albus (Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.)

Deutschland hat sich im Bereich der Energie- und Klimapolitik zum Ziel gesetzt, die Treibhausgas-Emissionen bis zum Jahr 2020 gegenüber dem Referenzjahr 1990 um 40 Prozent zu reduzieren. Zeitgleich sollen die Energieeffizienz und der Anteil der regenerativen Energien an der Strom- und Wärmeerzeugung weiter gesteigert werden. Die Verlängerung des Zeitraums bis in das Jahr 2050 sieht eine Reduktion der Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zu 1990 um 80 Prozent – verbunden mit einem noch höheren Anteil regenerativer Energien – vor und basiert auf dem Energiekonzept der Bundesregierung aus dem Jahr 2010. Vor diesem Hintergrund soll der produzierte Strom aus KWK-Anlagen bis zum Jahr 2020 einen Anteil von mindestens 25 Prozent erreichen. Dieses Ziel wurde u. a. auch vom Land Nordrhein-Westfalen aufgegriffen und mit dem vom NRW-Klimaschutzministerium auferlegten KWK-Impulsprogramm vorangetrieben [1, 2, 3].

Abb. 1: Projektgebiet von „100 KWK-Anlagen in Bottrop“



Quelle: Open Street Map

Im Rahmen der DVGW-Innovationsoffensive Gastechologie hat das Gas- und Wärme-Institut Essen e. V. mit unterschiedlichen Partnern verschiedene Mikro- und Mini-KWK-Technologien im Labor nach neuesten Prüfverfahren vermessen und bewertet [4, 5]. Darauf folgende erweiterte, technologieübergreifende Langzeitlaborversuche im GWI-Demonstrationshaus [6] erfolgten unter praxisnahen Randbedingungen, u. a. durch die Integration von reproduzierbaren Nutzer- und Lastprofilen.

Das Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ wird im Rahmen der InnovationCity Ruhr | Modellstadt Bottrop durchgeführt. Die InnovationCity Ruhr repräsentiert ein charakteristisches Stück des Ruhrgebiets mit ca. 70.000 Einwohnern und rund 22.000 Arbeitsplätzen. Das Ziel der InnovationCity Ruhr ist ein klimagerechter Stadtumbau bei zeitgleicher Sicherung des Industriestandortes. Dabei sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2020 halbiert und die Lebensqualität gesteigert werden [7]. Das Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ stellt eines von zahlreichen Projekten dar und ist geografisch auf die Gesamtstadt Bottrop ausgeweitet (Abb. 1).

Im Demonstrationsprojekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ werden in repräsentativen Gebäudetypen mit unterschiedlichen Wärmestandards 100 KWK-Systeme unterschiedlicher Technologien und Leistungsklassen installiert. Technologisch sind neben Otto- und Stirling-Motoren auch Brennstoffzellen im Projekt integriert. Das leistungsclassenübergreifende Technologieportfolio umfasst:

- 40 Stirling-motorische KWK-Systeme,
- 48 Otto-motorische KWK-Systeme und
- 12 brennstoffzellenbasierte KWK-Systeme.

Die Anlagen werden mit einem projektspezifisch konzipierten Datenmonitoring begleitet, um die anlagen- und objektspezifischen Verbrauchsdaten zu erfassen. Dazu werden folgende Kriterien herangezogen: Gebäudeeignung, CO<sub>2</sub>-Einsparung und -potenziale, Nutzungsgrade und Treibhausgas-Emissionen. Die Dokumentation der Installation und die Evaluation des Anlagenbetriebs und -services liefern eine Grundlage zur Bewertung des Nutzerkomforts. Die Etablierung auch bereits markteingeführter Geräte wird durch das Zusammenwirken von Herstellern unterschiedlicher Technologien, dem Handwerk, Energieversorgern, den Nutzern und der wissenschaftlichen Begleitung gefestigt. Im Fokus des Demonstrationsprojektes liegen der Nachweis der CO<sub>2</sub>-Einsparung, die Übertragbarkeit der Ergebnisse sowie die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen.

## Von der Theorie in die Praxis

Um eine diskriminierungsfreie und optimierte Zuordnung der verfügbaren Systeme bestmöglich darzustellen, wurden im Rahmen des Demonstrationsprojektes unterschiedliche „routes to markets“ auf der einen Seite und unterschiedliche Auswahl-Methoden auf der anderen Seite genutzt. Somit konnten bereits in der Projektphase der Anlagenzuordnung zahlreiche Erfahrungen gesammelt und optimierbare Schnittstellen und Herausforderungen identifiziert werden. Das Vorgehen ist in zwei Schritte untergliedert. Die methodischen Ansätze weisen in vielen Bereichen Überschneidungen auf, sodass im ersten Schritt eine Differenzierung auf zwei Kernpfade vorgenommen wurde. Beim gesamten Vorgehen wurde versucht einen repräsentativen Schnitt des Bottroper Gebäudebestands darzustellen und die gesamte Bandbreite an Gebäudetypen und -altersstrukturen, Haushaltsgrößen und Energieträgern abzudecken.

## Schritt 1: Datenakquise und Zuordnung

### Pfad 1: Online-Bewerbung

Im ersten Schritt wurde durch den Verbundpartner der Innovation City Management GmbH (ICM) über Zeitungs-

artikel, an Informationsabenden, über Energieberater sowie in unterschiedlichen Online-Medien auf das Projekt aufmerksam gemacht. Neben einer kurzen Projektmotivation und Zielbeschreibung wurde auf die Möglichkeit der Teilnahme als Endnutzer im Projekt hingewiesen. Interessierte Nutzer konnten sich in erster Linie online, aber auch telefonisch oder postalisch bewerben. Mehr als 250 Gebäudeeigentümer folgten den Aufrufen zur Bewerbung.

Hierbei stand zu Beginn die Beschaffung und Sichtung von quantifizierbaren Gebäudedaten zur standardisierten Auswahl von potenziellen Bewerbern im Vordergrund. Nach Identifikation von wissenschaftlichen Interessenschwerpunkten wurde ein verkürzter Vor-Auswahl-Fragebogen für die Erstbewerbung entwickelt. Der Fragebogen berücksichtigt u. a. die Objektgröße, die Objektart (z. B. Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus), das Gebäudealter, das Alter der Anlagentechnik, die Art der Wärme- und Stromversorgung sowie die Nutzeranzahl. Parallel zur Sichtung der Daten erfolgte die Identifikation von interessanten Objekten zur Durchführung einer ersten Vor-Ort-Begehung.

Vor der ersten Vor-Ort-Begehung erfolgte eine telefonische Bewerberkontaktierung zur kritischen Reflexion der im Bewerbungsformular eingegebenen Daten. Hierbei wurde zum Beispiel die Akzeptanz zur gegebenenfalls notwendigen Umstellung auf Erdgas abgeklärt. Ferner wurden ungeschlossene Eingaben korrigiert bzw. in Einzelfällen verifiziert. Bei einer hohen Eignungswahrscheinlichkeit wurde ein Termin mit den Bewerbern zur ersten Vor-Ort-Begehung koordiniert. Bis zum Ende des Bewerbungssichtungszeitraums des ersten Pfades wurden durch eine GWI-Fachgruppe insgesamt mehr als 150 erste Vor-Ort-Begehungen wahrgenommen.

Der dabei ausgefüllte Fragebogen berücksichtigte neben detaillierten Abfragen zum Gebäude- und Nutzerbestand auch Informationen zum Aufstellraum (es wurden vereinfachte Aufmaße der geplanten Aufstellräume angefertigt), zu den vorhandenen Kaminen und zu verbrauchsgebundenen Daten. Ferner wurden hierbei Wünsche und Anre-



Abb. 2: (1) Feierliche Einweihung der ersten Anlage des Projektes 100 KWK, (2) installiert auf engstem Raum.

gungen der Bewerber aufgenommen. Diese Daten wurden in eine digitale Datenbank überführt.

Möglichst automatisiert auswertbare und vergleichbare Anforderungsprofile für die zu verbauenden Mikro-KWK-Systeme wurden mit dem Fokus auf eine repräsentative und wissenschaftliche Belastbarkeit erarbeitet. Aus diesem Vorgehen und der hohen Interaktion der Einflussgrößen konnte die in der Projektplanung vorgesehene Zuordnungsmatrix nicht in ihrer Einfachheit umgesetzt werden. Zuordnungsfunktionen, die mit den jeweiligen Anlagenherstellern abgestimmt wurden, stellten in der Projektbearbeitung die Grundlage für die Zuordnung dar. Die auf den Daten der ersten Vor-Ort-Begehung aufbauende theoretische interne Eignungsprüfung berücksichtigt eine Witterungsberreinigung der erfassten Daten sowie die Umrechnung der bezogenen Endenergie in

nutzungsgradbereinigte Nutzenergie. Im Programm wurde ferner eine überschlägige Berechnung der objektspezifischen Heizlast vorgenommen, worauf aufbauend eine Prognose der zu erwartenden Anlagenlaufzeit berechnet wurde.

Durch eine Priorisierung der Eignung in Abhängigkeit der zu erwartenden Laufzeit erfolgte die interne Zuordnung der Systeme. Zur Eignungsprüfung durch die Hersteller wurden anonymisierte Objekteigenschaftsbögen entwickelt und durch die Hersteller hinsichtlich der Anlageneignung geprüft. Nach erfolgreicher interner und externer Eignungsprüfung – in Abstimmung mit den jeweiligen Herstellervertretern – erfolgte die Koordinierung der finalen Vor-Ort-Begehungen.

**Pfad 2: Kunden werben Kunden**

Beim Pfad „Kunden werben Kunden“ wurden Bewerber über projekteteilig-

te Partner und/oder Mitmacher vorgeschlagen. Der im Online-Bewerbungspfad beschriebene Weg wurde in einer verkürzten Form durchgeführt, um die vorgeschlagenen Bewerber zu prüfen. Beim zweiten Pfad wurden bereits Informationen über noch verfügbare Systeme berücksichtigt, um Bewerbungen ohne Erfolgsaussicht im Voraus auszuschließen. Die Wahl dieses zweiten Kernpfades war eine sinnvolle Entscheidung, da die Zuordnungsquote durch die zielorientierte Prüfung von Bewerbern positiv gesteigert werden konnte.

**Schritt 2: finale Prüfung, Installation und Inbetriebnahme**

Nach den unterschiedlichen pfadspezifischen Auswertungen wurde für potenzielle Objekte eine finale Vor-Ort-Begehung organisiert. Dieser Termin wurde wiederum von einer GWI-Fachgruppe sowie von einem Herstellervertreter und dem Handwerk wahrgenommen. Beim letzten Termin wurden von Seiten des Handwerks letzte kritische Fragestellungen geprüft, um die Eignung zur Installation freizugeben und um ein Angebot für die Installation zu erstellen.

Bis zum Zeitpunkt der Anlagen-Installation sind die im Rahmen einer Ausschreibung ausgewählten Handwerker dazu verpflichtet, die herstellerspezifischen Schulungen zur Installation der Mikro-KWK-Systeme zu besuchen. Je nach Objekt war die Einbindung der Systeme in die Objekte mit zahlreichen Herausforderungen verbunden, die das Handwerk jedoch sehr gut löste. Dies beruht zum einen auf den langjährigen Erfahrungen der Handwerker, zum anderen aber auch auf dem hinzugewonnenen Wissen durch die Herstellerschulungen. Beispielsweise konnte die Wärmeversorgung bei der Installation im Winter durch die temporäre Integration eines mobilen Heizgerätes gewährleistet werden. Vor allem räumliche Anforderungen der Hersteller wurden teilweise durch interessante Lösungsansätze erfüllt. Neben der Einbindung

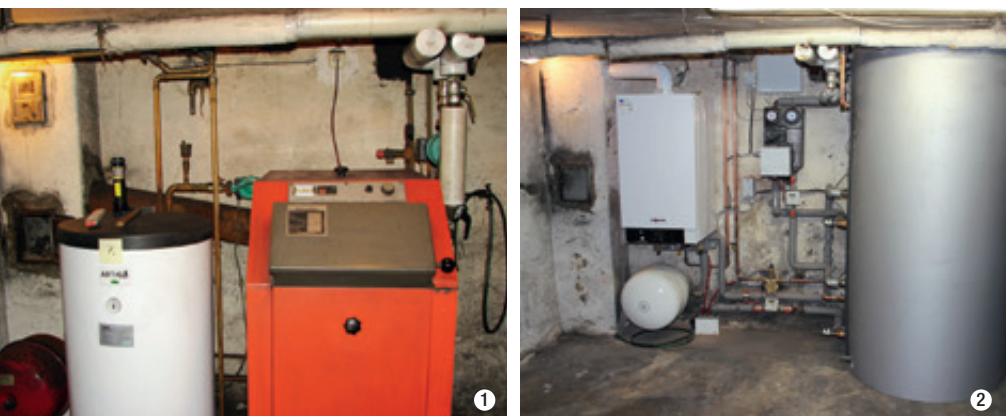


Abb. 3: Vergleich der (1) Alt- und (2) Neuanlage (Stirling)





Quelle: GWI

der Systeme erfolgte die Installation der Messtechnik zur bilanziellen Erfassung und Bewertung der Systeme und Objekte.

Die Inbetriebnahme der Anlage und der Messtechnik hat je nach Anlage parallel oder zeitversetzt stattgefunden. Nach Prüfung der verbauten Messtechnik – inklusive der Prüfung des korrekten Anschlusses an der Datenkommunikationsbox – wurde diese durch das Einlegen einer elektrischen Sicherung durch eine GWI-Fachgruppe freigeschaltet. Die korrekte Datenkommunikation zum projekteigenen Server am GWI wurde im Rahmen dieser Inbetriebnahme ebenfalls geprüft.

## Beispiele

In dem Projekt werden unterschiedliche Gebäudetypen berücksichtigt. Darunter sind Einfamilienhäuser, Doppel-/Reihenendhäuser, Reihennmittelhäuser und auch Mehrfamilienhäuser. In einigen Fällen liegt eine zusätzliche integrierte oder anliegende gewerbliche Nutzung vor, wie in folgenden Beispielen erläutert.

### Stirling-Motor

In dem nun heizungstechnisch modernisierten Reihennendhaus aus dem Jahr 1956 lebt eine Familie mit drei Personen. Zuvor wurde die 120-Quadratmeter-Wohnfläche des Objektes über eine 20 Jahre alte Gasheizung mit Wärme versorgt. Diese Anlage wurde durch einen Stirling-Motor ersetzt. Die Installation der KWK-Anlage mitsamt integrierter Brennwertherme zur Spitzenlastabdeckung sowie einem großen Pufferspeicher für die Heizung und die Warmwasserbereitung erfolgte hier auf engstem Raum (Abb. 2). Das Objekt war das erste, das im Rahmen des „100 KWK-Anlagen in Bottrop“-Demonstrationsprojektes mit einer Anlage ausgerüstet wurde.

Ein weiteres Objekt aus dem Baujahr 1919 wurde ebenfalls mit einem Stirling-Motor modernisiert. Durch eine Umstellung von einer 24 Jahre alten Kohleheizung zu einem Stirling-Motor konnte der Nutzerkomfort enorm erhöht werden. Das KWK-System besteht auch in diesem Objekt aus einem Systempaket mit integrierter Spitzenlasttherme und einem Pufferspeicher für die Wärmeversorgung. Als Installationsstandort für die neue Heizungsanlage wurde die Fläche des ursprünglichen Kohlebunkers gewählt (Abb. 3).

### Otto-Motor

In einem Einfamilienhaus wurde eine 25 Jahre alte Öl-Heizung durch einen Gas-Verbrennungsmotor mit einer elektrischen Leistung von 1 kW ersetzt. Dieses System wurde mit einem zusätzlichen Spitzenlastgerät und einem Pufferspeicher für die Heizung und die Warmwasserbereitung installiert. Die Anlage versorgt nun das Gebäude aus dem Jahr 1981 mit rund 133 Quadratmetern Wohnfläche. Durch die Umstellung von Öl auf den Energieträger Erdgas kann nun die Aufstellfläche der zuvor installierten Öltanks genutzt werden. **Abbildung 4** zeigt einen Vorher-Nachher-Vergleich.

### Brennstoffzelle

Ein Doppelhaus aus dem Jahre 1987 wurde zuvor von einer Ölheizung mit Wärme versorgt. Im Rahmen des Projektes wurden in dem Gebäude eine Brennstoffzelle und eine Gas-Brennwertherme installiert. Das Objekt umfasst mehrere Gebäude mit einer Gesamtfläche von nahezu 400 Quadratmetern. Die thermische Leistung der Brennstoffzelle von bis zu 600 W kann hier über das ganze Jahr hinweg sehr gut in die Wärmeversorgung des

**Abb. 4:** Die (1) ölbasierte Altanlage mit (2) installierten Öltanks im Vergleich zur (3) Neuanlage (Otto).



Quelle: GWI

**Abb. 5:** Die (1) Altanlage wurde ersetzt durch (2) eine Brennstoffzelle und (3) eine Gas-Brennwerttherme inklusive (4) Messtechnik.

Objektes eingebunden werden. Neben der thermischen Leistung produziert die Brennstoffzelle kontinuierlich rund 1,5 kW elektrische Leistung. Aufgrund der integrierten gewerblichen Nutzung und der darin lebenden zwei Familien besteht ein hoher Strombedarf von rund 15.000 kWh pro Jahr. Durch eine hohe Grundlast des Objektes kann ein Großteil des erzeugten Stromes selbst genutzt werden. Dies ist für die Wirtschaftlichkeit der Brennstoffzelle unter den aktuellen Rahmenbedingungen von Vorteil. Die Installation ist in **Abbildung 5** aufgeführt.

### Förderung

Das vorgestellte Gesamtprojekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ wird mit Mitteln aus dem „Programm Rationelle Energieverwendung, regenerative Energien und Energiesparen (progres.NRW)“ und dem „Europäischen Fond für regionale Entwicklung (EFRE)“, Ziel 2-Programm 2007-2013, Phase VI – Programmbebereich „Innovation“ und Programmbebereich „KWK“ sowie Komplementärmitteln des Landes NRW gefördert. Ferner haben sich die Emischer Lippe Energie GmbH (ELE) und der DVGW finanziell am Projekt beteiligt. Die Hersteller sowie das Handwerk haben durch eine fachliche Unterstützung maßgeblich zum Erfolg des Projektes beigetragen. Die Bewerber und die nach dem Auswahlprozess identifizierten Beteiligten stellen einen essenziellen Bestandteil des Projektes dar. ■

#### Quellen:

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): *Energiewende auf Erfolgskurs – Maßnahmen für eine sichere, bezahlbare und umweltschonende Energieversorgung*, aktualisierte Ausgabe April 2013.
- [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*, September 2010.

[3] Wunsch, M. et al: *Maßnahmen zur nachhaltigen Integration von Systemen zur gekoppelten Strom- und Wärmebereitstellung in das neue Energieversorgungssystem*. Im Auftrag des BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin und des AGFW Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V., Frankfurt a. M. Prognos AG, Juli 2013.

[4] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches: *Die DVGW Innovationsoffensive – Mit Gas-Innovationen in die Zukunft*, [www.dvgw-innovation.de](http://www.dvgw-innovation.de).

[5] *Anwendungspotenziale innovativer Gasanwendungstechnologien: Kraft-Wärme-Kopplung und Brennstoffzellen im System Gebäude und Anlagentechnik* (DVGW-F&E-Forschungsvorhaben G 8-01-10 und G 8-02-10). Abschlussbericht Gas- und Wärme-Institut Essen e. V., DBI-Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg, DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut Karlsruhe, 2012.

[6] Albus, R.: *Gasanwendungstechnologien im GWI-Versuchshaus – Technologiedemonstration aus der DVGW-Innovationsoffensive* am Gas- und Wärme-Institut Essen e. V. *gwf-Gas | Erdgas* (2012) Nr. 4., S. 282.

[7] InnovationCity Ruhr: <http://www.icruhr.de/index.php?id=28>, (Zugriff am 21.11.2014).

### Die Autoren

**Michael Schmidt M.Eng.** ist Teamleiter Gerätetechnik in der Abteilung Brennstoff- und Gerätetechnik am Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.

**Dipl.-Ing. (FH) Maren Wenzel M.Eng.** ist Projekt-ingenieurin in der Abteilung Brennstoff- und Gerätetechnik am Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.

**Dipl.-Ing. Frank Burmeister** ist Abteilungsleiter Brennstoff und Gerätetechnik am Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.

**Dr.-Ing. Rolf Albus** ist Geschäftsführender Vorstand am Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.

#### Kontakt:

Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.

Michael Schmidt M.Eng.

Hafenstr. 101

45356 Essen

Tel.: 0201 3618-289

E-Mail: [schmidt@gwi-essen.de](mailto:schmidt@gwi-essen.de)

Internet: [www.gwi-essen.de](http://www.gwi-essen.de)