

Bachelor-Thesis
im Studiengang
Energie- und Umwelttechnik

**Energetischer und ökologischer Vergleich unterschiedlicher KWK-
Technologien in Kombination mit Batteriespeichersystemen in
Einfamilienhäusern**

Lyon Arnoldi

725830

Düsseldorf

31.05.2021

Betreuender Professor

Prof. Dr. Mario Adam
Fachgebiet „Nachhaltige Energiesysteme und
Effizienztechnologie“
Fachbereich Maschinenbau und
Verfahrenstechnik
Münsterstr. 156
40476 Düsseldorf
Mario.adam@hs-duesseldorf.de

Zweiter Prüfer

M.Sc. Frederic Frankenhoff
Abteilung Brennstoff- und
Gerätetechnik
Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
Hafenstr. 101
45356 Essen
frankenhoff@gwi-essen.de

1. Einleitung

„Wenn wir unsere Arbeit gut machen, wird Europa bis zum Jahr 2050 der erste klimaneutrale Kontinent sein.“ ([1], S. 15) – Gewählte Präsidentin der Europäischen Kommission Ursula von der Leyen vor dem Plenum des Europäischen Parlaments vom 27. November 2019.

Mit diesen Worten der Präsidentin der Europäischen Kommission wird ein ehrgeiziges Ziel angestrebt: Die europäische Union soll bis zum Jahr 2050 klimaneutral sein. Das bedeutet eine Umstrukturierung aller CO₂-emissionsbehafteter Abläufe und Prozesse auf Basis fossiler Brennstoffe hin zu neuen und vor allem modernen Technologien mit einem CO₂-neutralen Kreislauf. Dieses Ziel kann nicht kurzfristig umgesetzt werden und benötigt viele Einzelschritte bis zum Erfolg. Zudem gibt es nicht die eine perfekte Lösung, welche auf alle Branchen und für jede Situation angewandt werden kann. Es bedarf innovativer Technologien, die für jeden Einsatzbereich individuell ausgelegt sind. Heute sind bereits viele nachhaltige Ansätze bekannt, die weiterhin auf Alltagstauglichkeit untersucht werden müssen, um so viele Potentiale wie möglich zu identifizieren. Ein Teil der Lösung könnte die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) im Wohngebäudesektor sein, die in dieser Arbeit detailliert betrachtet werden soll.

In diesem Zusammenhang wird untersucht, wie sich die Kraft-Wärme-Kopplung zur Strom- und Wärmeerzeugung im Wohngebäudesektor eignet, wie das System mit den Anforderungen des Wärme- und Strombedarfs eines Haushaltes zurechtkommt und welche Potentiale und Probleme der Einsatz dieser mit sich bringt. Zudem wird darauf eingegangen, inwiefern sich die Einbindung eines elektrischen Energiespeichers auf Energiemanagement der Haushalte auswirkt und die sich daraus ergebenden energetischen, ökologischen sowie ökonomischen Bilanzen aufgezeigt. Dazu liegen Datensätze aus dem durch das Land NRW geförderten Forschungsprojekt „KWK plus Speicher“ von zwei verschiedenen Haushalten vor.

Das Forschungsprojekt sorgte für die Ausstattung von ausgewählten Batteriespeichern in insgesamt 20 Ein- und Zweifamilienhäusern in Bottrop. Es folgte auf das Forschungsprojekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“, welches 2015 endete und 100 Haushalte mit unterschiedlichen KWK-Anlagen ausstattete. Darunter zählen zum Beispiel Stirling- und Ottomotoren sowie Brennstoffzellen. Ziel der Projekte war es unter anderem umfangreiche Messdaten, sowohl über den Energieverbrauch der Haushalte als auch über den Betrieb von unterschiedlichen KWK-Anlagen, zu sammeln. Der Betrachtungszeitraum schließt für beide Haushalte einen Wechsel der Anlagentechnik von einem Stirlingmotor zu einer Brennstoffzelle ein. Der Wechsel wurde durch einen Ausfall der Stirlingmotoren verursacht.

Zu Beginn dieser Arbeit werden der Begriff und damit verbundene Technologien der Kraft-Wärme-Kopplung erläutert und auf praktische Beispiele sowie Anwendungsbereiche eingegangen. Anschließend wird dargestellt, mit welchen KWK-Anlagen und Batteriespeichern die beiden betrachteten Haushalte ausgestattet und dessen Energieversorgung sichergestellt wurde. Zudem wird auf die Messtechnik zur Datenaufnahme eingegangen. Zuletzt werden die Messergebnisse dargestellt und vor dem Hintergrund der zuvor erwähnten Herangehensweise analysiert. Die Ergebnisse werden anschließend kritisch diskutiert und bezogen auf den Wohngebäudesektor mögliche Handlungsempfehlungen und Leitfäden ausgearbeitet.

2. Kraft-Wärme-Kopplung

Bei der Kraft-Wärme-Kopplung werden die durch einen thermodynamischen Prozess entstehende Wärme sowie gleichzeitig gekoppelte mechanische oder elektrische Arbeit genutzt. Dazu werden in der Regel Motoren eingesetzt, die durch einen Verbrennungsprozess einen Generator antreiben. Die dabei entstehenden heißen Abgase können zur Wärmeübertragung genutzt werden. In Kraftwerken wird der sogenannte Dampfkraftprozess angewendet. Hierbei wird Wasser unter hohem Druck erhitzt und der entstehende Wasserdampf in einer Turbine entspannt, die wiederum einen Generator zur Stromerzeugung antreibt. Die Wärme aus dem Wasserdampf wird durch einen Wärmeübertrager ausgekoppelt. In beiden Fällen wird der eingesetzte Brennstoff gleichzeitig in Wärme und elektrische Energie umgewandelt. Nutzt man beide Energieformen bei der Verbrennung des Brennstoffes, erhöht sich der Wirkungsgrad der Anlage, da die Wärme ansonsten über die Abgase an die Umwelt abgegeben wird und damit für die weitere Nutzung nicht mehr zur Verfügung steht.

Bei der Versorgung von Wohngebäuden spricht man von KWK-Anlagen, wenn sie Brennstoffe wie Öl, Erdgas, Kohle oder auch Wasserstoff gleichzeitig in Wärme und Strom¹ umwandeln und der Haushalt diese in der Regel vor Ort verbraucht, bzw. den Strom in das öffentliche Stromnetz einspeist. Dabei werden die Geräte in verschiedene Größenklassen unterschieden, bei denen die elektrische Leistung maßgeblich ist. Bei Anlagen bis 2,5 kW bzw. 5 kW elektrischer Leistung spricht man üblicherweise von Mikro-KWK oder auch von Nano-KWK. Darüber ist die Bezeichnung Mini-KWK gebräuchlich, welche Anlagen mit elektrischer Leistung bis 50 kW einschließt. Die Grenzen für die Größenbezeichnung sind fließend und nicht exakt definiert. Des Weiteren gibt es KWK-Anlagen von einigen Hundert bis über 3.000 kW elektrischer Leistung [2].

¹ Zur verbesserten Lesbarkeit werden in dieser Arbeit die Begriffe „Strom“ und „elektrische Energie“ synonym verwendet.