

**MODELLPROJEKT:**

**Unternehmensnetzwerk Energieeffizienz  
und CO<sub>2</sub>-Einsparung  
im Gebäudebestand auf Quartiersebene**

im Rahmen des Regionalbudget-Vorhabens  
„Ressourceneffiziente Region Halle“  
(Projektnummer 41153338, AP1/3)

**ABSCHLUSSBERICHT**

an den  
Landkreis Saalekreis  
Herrn Andreas Schneider  
Domplatz 9  
06217 Merseburg

---

isw Institut für Strukturpolitik und Wirtschaftsförderung gGmbH  
Geschäftssitz: 06120 Halle (Saale), Hoher Weg 3  
Postanschrift: 06190 Halle (Saale), PSF 110 521  
Telefon: 0345 – 521360  
Fax: 0345 – 5170706

Halle (Saale), den 21. März 2014

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlegung</b>	<b>3</b>
1.1	Grundsätzliche Herangehensweise an das Modellprojekt	3
1.2	Kooperations- und Organisationsstruktur	6
1.3	Inhaltliche Vorgehensweise	7
<b>2</b>	<b>Festlegung und Strukturanalyse des Modellquartiers</b>	<b>8</b>
2.1	Strategische Vorarbeiten der Netzwerkakteure	8
2.2	Prämissen für die Gebietsauswahl	9
2.3	Gebietsspezifika des „Energiequartiers Halle-Süd“	10
2.4	IST-Analyse	13
2.5	Auswahl des Teilgebiets West und Feinanalyse	15
2.6	Schlussfolgerungen und Zwischenfazit	17
<b>3</b>	<b>Konzeption des Untersuchungsrahmens</b>	<b>19</b>
3.1	Kernthesen des Modellprojekts	19
3.2	Grundlagen für die Berechnung der spezifischen CO <sub>2</sub> -Emissionen	20
3.3	Modellierung einer CO <sub>2</sub> -Startbilanz für das Teilgebiet West	21
<b>4</b>	<b>Szenarien eines realisierbaren Endzustands</b>	<b>24</b>
4.1	Vorgehensweise bei der Szenarienentwicklung	24
4.2	Modellierung der energetischen Idealstruktur	25
4.3	Szenarien eines realisierbaren Endzustands	26
4.3.1	Szenario I: Erdgas-BHKW + Fernwärme, Nahwärmenetz (Contractor)	26
4.3.2	Szenario II: Biogas-BHKW + Erdgas-Brennwertkessel, Nahwärmenetz (Contractor)	28
4.3.3	Szenario III: Biogas-BHKW + Bestandstechnik, Nahwärmenetz (Contractor)	29
4.3.4	Szenario IV: Solarthermie + Pelletanlage, Nahwärmenetz (Contractor)	30
4.3.5	Szenario V: Solarthermie + Erdgas-Brennwertkessel, Nahwärmenetz (Contractor)	31
4.3.6	Szenario VI: Solarthermie + Fernwärme, Nahwärmenetz (Contractor)	32
4.3.7	Szenario VII: Mini-BHKW + Bestandstechnik, Weiternutzung hausinterner Verteilungssysteme	33
4.3.8	Szenario VIII: Fernwärmeversorgung der Einzelgebäude	34
4.4	Gegenüberstellung der Szenarien bezüglich CO <sub>2</sub> -Bilanz und Investitionskosten	35
4.5	Vergleich der Szenarien aus Sicht der Projektpartner	38
4.6	Energiequartiere als nachhaltige Geschäftsfelder für regionale KMU?	45
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>48</b>
5.1	Fazit zur Projektdurchführung	48
5.2	Hauptkenntnisse in Thesenform	51
5.3	Ausblick	54

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Maßstabsebenen energetischer Konzepte .....	4
Abbildung 2: Lage des vorgeschlagenen Modellgebiets im Stadtraum von Halle (Saale) .....	5
Abbildung 3: Organisationsstruktur des Modellprojekts .....	6
Abbildung 4: Bearbeitungsphasen des Modellprojekts .....	7
Abbildung 5: Für das Modellprojekt vorgeschlagenes "Energiequartier Halle-Süd" .....	10
Abbildung 6: Einwohner nach Altersgruppen in der Südstadt und der Stadt Halle (Saale) im Vergleich .....	11
Abbildung 7: Spezifischer Wärmebedarf bei unterschiedlichen energetischen Sanierungs- und Gebäudezuständen .....	12
Abbildung 8: Impressionen aus dem "Energiequartier Halle-Süd" .....	12
Abbildung 9: IST-Analyse der Wärmeversorgung nach Bewirtschaftungseinheiten .....	14
Abbildung 10: Vergleich der Eigentümer- und Wärmeversorgungsstruktur im Teilgebiet West und im Gesamtgebiet .....	16
Abbildung 11: Etagegrundrisse der Bauweise IW-58 nach Segmenttypen A, B und C .....	16
Abbildung 12: Prinzipieller Aufbau von Wärmeversorgungssystemen .....	19
Abbildung 13: Prinzipskizze der energetischen Idealstruktur .....	25
Abbildung 14: Szenarientrichter mit Möglichkeitsraum zwischen den Entwicklungspfaden „Stand der Technik“ und „energetische Idealstruktur“ .....	26
Abbildung 15: Prinzipskizze Szenario I .....	27
Abbildung 16: Prinzipskizze Szenario II .....	28
Abbildung 17: Prinzipskizze Szenario III .....	29
Abbildung 18: Prinzipskizze Szenario IV .....	30
Abbildung 19: Prinzipskizze Szenario V .....	31
Abbildung 20: Prinzipskizze Szenario VI .....	32
Abbildung 21: Prinzipskizze Szenario VII .....	33
Abbildung 22: Prinzipskizze Szenario VIII .....	34
Abbildung 23: Vergleich der Szenarien nach relativer CO <sub>2</sub> -Reduktion gegenüber IST .....	37
Abbildung 24: Investitionskosten und modellierte jährliche CO <sub>2</sub> -Emissionen der entwickelten Szenarien .....	38
Abbildung 25: Prinzip von Stromspeicherung und Stromerzeugung nach dem Power-To-Gas-Prinzip .....	41

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Prämissen für die Quartiersauswahl .....	9
Tabelle 2: IST-Analyse der Eigentümerstruktur im Energiequartier .....	13
Tabelle 3: IST-Analyse der Wärmeversorgungsstruktur im Energiequartier .....	14
Tabelle 4: Feinanalyse der Wärmeversorgungsstruktur im Teilgebiet West .....	15
Tabelle 5: CO <sub>2</sub> -Emissionen verschiedener Energieträger .....	21
Tabelle 6: Modellierte Wärme-Verbrauchswerte im Teilgebiet West nach Segmenten .....	21
Tabelle 7: Modellierte Wärme-Verbrauchswerte im Teilgebiet West nach Eigentümern .....	22
Tabelle 8: Modellierte CO <sub>2</sub> -Startbilanz des Teilgebietes West .....	22
Tabelle 9: Zusammenfassende Übersicht der Szenarien .....	36

# 1 Grundlegung

## 1.1 Grundsätzliche Herangehensweise an das Modellprojekt

Innerhalb des Regionalbudget-Vorhabens „Ressourceneffiziente Region Halle“ war als AP 1/3 ein Modellprojekt „Unternehmensnetzwerk Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Einsparung im Gebäudebestand auf Quartiersebene“ zu konzipieren, zu etablieren und zu kommunizieren. Den Kern dieses Modellprojekts sollten regional umsetzbare Lösungsansätze zur energetischen Quartiersentwicklung und zur Erhöhung der Energieeffizienz im Gebäudebestand bilden, wobei ausdrücklich die Quartiersebene Maßstab gebend war. Die entwickelten Lösungsansätze sollten vor allem KMU neue Möglichkeiten für ihre Unternehmensentwicklung aufzeigen, womit die regionalökonomische Zielstellung des Projekts innerhalb der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ betont wird.

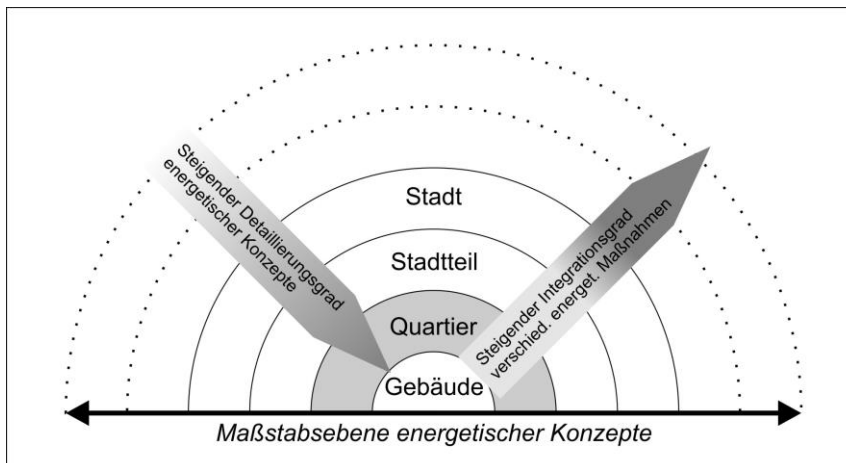
Aus **Sicht der Stadtentwicklung** stellt die Problematik „energetischer Gemengelagen“ innerhalb des Gebäudebestands von Wohnquartieren ein wesentliches Hemmnis für die Entwicklung nachhaltiger Lösungen zur Erhöhung der Energieeffizienz dar. Dies resultiert aus komplexen Gebäudetypologien, heterogenen Sanierungsständen, lokal zur Verfügung stehenden Energieträgern (Medien), installierten Energieversorgungssystemen und nicht zuletzt aus differenzierten Sanierungsstrategien der jeweiligen Eigentümer. Dem gegenüber hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass Einsparungen in relevanten Größenordnungen (vgl. Einsparziele der EU-2020-Strategie<sup>1</sup>) mit einem abrechenbaren Effekt erst ab der Quartiersebene<sup>2</sup> wirksam werden. Als Lösung dieses Dilemmas werden integrierte energetische Quartierskonzepte betrachtet, die die genannten Variablen einbeziehen. Zudem ist der Faktor Zeit als „Entwicklungsachse“ zu berücksichtigen, da eine synchrone Umsetzung komplexer energetischer Optimierungsmaßnahmen unter den o.g. Rahmenbedingungen schwer umsetzbar ist. Zudem geraten die zu einem bestimmten Zeitpunkt entwickelten Lösungen aufgrund neuer technischer Entwicklungen und Erkenntnisse (sowie der Preisentwicklung einzelner Energieträger) unter Innovations- oder Modifizierungsdruck. Die zwar wünschenswerte, de facto aber schwierige übergreifende Prozesssteuerung bildet dabei die größte Herausforderung.

Aus **wissenschaftlicher Sicht** ist dabei relevant, dass von der Maßstabsebene Region hinunter bis zur Stadt-, Quartiers- und Gebäudeebene der für energetische Konzepte erforderliche Detaillierungsgrad zunimmt, während umgekehrt der Integrationsgrad verschiedener energetischer Maßnahmen mit der Maßstabsvergrößerung wächst (vgl. Abbildung 1). Wie sich diese gegenläufigen Tendenzen auf der Maßstabs- und Handlungsebene des Quartiers konkret auswirken, stellte ein wesentliches Erkenntnisinteresse des Modellprojekts dar.

---

<sup>1</sup> Die Strategie „Europa 2020“ formuliert die Forderung des nachhaltigen Umgangs mit Energieressourcen mit der konkreten Zielstellung, bis zum Jahr 2020 Treibhausgasausstoß und Energieverbrauch um jeweils 20% zu reduzieren und den Anteil erneuerbarer Energien auf 20% zu steigern.

<sup>2</sup> Für die Maßstabsebene „Quartier“ existieren keine verbindlichen Größenangaben. Klar ist hingegen, dass Quartiere gegenüber Einzelgebäuden und der Ebene des Stadtteils eine Mittelposition einnehmen.



**Abbildung 1: Maßstabsebenen energetischer Konzepte**  
Eigene Darstellung

Das Modellprojekt sollte zudem einen über die wissenschaftlich-konzeptionelle Ebene hinausgehenden Output liefern. Dabei war an der Schnittstelle zwischen klima- und **wirtschaftspolitischer Zielstellung des Modellprojekts** der Frage nachzugehen, ob die gewonnenen Erkenntnisse und Lösungsansätze praxistauglich und multiplizierbar sind. Besonderes Augenmerk sollte auf die Analyse regionaler Wertschöpfungspotenziale gelegt werden. Dabei sollten sowohl Möglichkeiten der Gebäude- und Infrastrukturmodernisierung als auch der dezentralen Energieerzeugung, -speicherung und -verteilung einbezogen werden. Hintergrund ist die Überlegung, mit der Beteiligung in der Region ansässiger Unternehmen und Beschäftigter an den energetischen Maßnahmen nicht nur die regionale Wirtschaftskraft zu stärken, sondern auch deren konkreten Nutzen zu beschreiben und damit langfristig die Akzeptanz der „Energiewende“ in der Bevölkerung zu verankern.

Insofern orientierte sich der Projektansatz zwar hinsichtlich der technologischen Variantenuntersuchungen an bestehenden Programmen (vgl. KfW-Programme zur Energetischen Quartierssanierung), ging mit der Fokussierung auf mögliche CO<sub>2</sub>-Einspareffekte jedoch weit darüber hinaus und zielte auf Wissenstransfer und das Herausarbeiten regionaler Wertschöpfungsketten<sup>3</sup>. Anknüpfungspunkte dafür bilden zum einen die Erfahrungen der regionalen Forschungspartner (Hochschule Merseburg, Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik Halle), zum anderen die Kooperation mit der Energiegemeinschaft Halle als Plattform von KMU, deren satzungsmäßiges Ziel die Überführung wissenschaftlicher Erkenntnisse aus dem Energiebereich in regionale Wertschöpfungsprozesse ist. Über die praktische Anwendung moderner Verfahren und Produkte können deren Kompetenzen ausgebaut, die Marktfähigkeit erhöht sowie regionale Wertschöpfungsketten initiiert werden, deren Innovationskraft wiederum die Qualität und Angebotsvielfalt im Bereich der energetischen Gebäude- und Quartiers-

<sup>3</sup> Einen technologisch weitergehenden Ansatz verfolgt das Forschungsverbundprojekt KREIS, das auf zukunftsweisende Lösungen bei der Kombination der städtischen Entsorgungsaufgaben für Abwasser und Abfall mit einer regenerativen Energieversorgung eines Hamburger Stadtquartiers zielt. Im Rahmen des KREIS-Projektes wird ein Energiekonzept entwickelt, das neben der Nutzung des Biogases weitere regenerative Energieträger einbindet. Siehe <http://www.kreis-jenfeld.de/energieversorgung.html>

sanierung hebt. Im Sinne des Projektziels standen damit sowohl auf der Ebene der im Quartier engagierten Gebäudeeigentümer (Wohnungsgenossenschaften) als auch von Seiten der KMU relevante Praxispartner zur Verfügung (vgl. Abschnitt Kooperationsstruktur).

Die Etablierung des Modellprojekts erforderte die Berücksichtigung **kommunalpolitischer Konzeptionen**. Auf der *stadträumlichen Ebene* war dabei die Anschlussfähigkeit an das Integrierte Stadtentwicklungskonzept der Stadt Halle (ISEK 2007) zu überprüfen. Für die Verortung des Modellprojekts im Stadtgebiet Halles kamen Quartiere innerhalb der Gebietskulissen des Stadtumbaus in Frage, deren Erhaltung und Weiterentwicklung erklärtes Ziel von Stadt und Eigentümerseite ist. Die konkrete Festlegung des Modellquartiers erforderte daher einen mehrstufigen Abstimmungs- und Auswahlprozess der genannten Seiten unter aktiver Einbeziehung des städtischen Versorgungsunternehmens (Energieversorgung Halle GmbH). Auf der *fachpolitischen Ebene* waren Zielstellungen und Handlungsempfehlungen des Integrierten kommunalen Klimaschutzkonzepts der Stadt Halle (2013) einzubeziehen. Dabei waren vor allem Vorschläge für Effizienzmaßnahmen innerhalb des Handlungsfeldes „Energieversorgung“ relevant. Das aufgrund umfangreicher inhaltlicher und konzeptioneller Vorberatungen innerhalb des Netzwerks „Stadtentwicklung in Halle“ bereits im Leistungsangebot vorgeschlagene **Modellgebiet** (Abbildung 2) wurde durch den Auftraggeber bestätigt.



**Abbildung 2: Lage des vorgeschlagenen Modellgebiets im Stadtraum von Halle (Saale)**  
(Grundlage: openstreetmap)

## 1.2 Kooperations- und Organisationsstruktur

Im Rahmen des Modellprojekts wurde durch das isw Institut eine aufgabenadäquate Kooperationsstruktur inklusive Projektmanagement, -steuerung und wissenschaftlicher Begleitung entwickelt. Diese beinhaltete zum einen Akteure des Netzwerks „Stadtentwicklung in Halle“, zum anderen regionale Partner aus dem KMU-Bereich (organisiert in der Energiegemeinschaft Halle e.V.) sowie kommunale Partner und regionale Forschungseinrichtungen. Folgende Kooperations- und Praxispartner erklärten ihre Projektpartnerschaft:

- die im Modellgebiet tätigen WGN des Netzwerks „Stadtentwicklung in Halle“<sup>4</sup>,
- Energieversorgung Halle GmbH, Stadtwerke Halle GmbH,
- Stadtverwaltung Halle (Saale), FB Planen und Dienstleistungszentrum Klimaschutz
- Vertreter der Energiegemeinschaft Halle e.V.
- Hochschule Merseburg, Fachbereich Ingenieur- und Naturwissenschaften,
- Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik Halle.

Das isw Institut als Auftragnehmer verpflichtete zudem mit S&P Sahlmann Planungsgesellschaft für Gebäudetechnik, Leipzig, einen erfahrenen, leistungsstarken Spezialisten aus dem Bereich Energiekonzepte und Versorgungsanlagen als Unterauftragnehmer.

Aufgrund dieser Kooperationsstruktur konnte von Beginn an auf die geforderte Verknüpfung zwischen wohnungswirtschaftlichen Strategien zur energetischen Quartiersentwicklung und der Analyse wirtschaftlicher Entwicklungspotenziale der KMU fokussiert werden. Als Voraussetzung dafür wurden die Übertragbarkeit und Weiterentwicklung der Erkenntnisse des Modellprojekts auf weitere Quartiere und Stadtviertel erachtet. Die gewählte Organisations- und Kooperationsstruktur (Abbildung 3) bildete aus Sicht des Auftragnehmers einen wesentlichen Erfolgsfaktor des Modellprojekts.

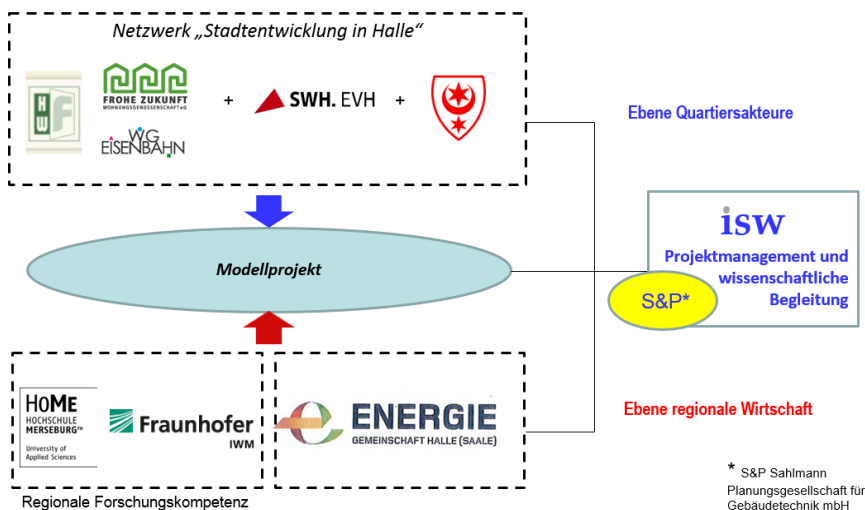


Abbildung 3: Organisationsstruktur des Modellprojekts

<sup>4</sup> Hallesche Wohnungsgenossenschaft „Freiheit“ eG (HW Freiheit), Frohe Zukunft Wohnungsgenossenschaft eG (FZWG) sowie Wohnungsgenossenschaft „Eisenbahn“ eG (WG Eisenbahn)



### 1.3 Inhaltliche Vorgehensweise

Von Seiten des Auftraggebers wurden die Konzeption, Etablierung und Kommunikation eines Modellprojekts zu regional umsetzbaren Lösungsansätzen zur energetischen Quartiersentwicklung und zur Erhöhung der Energieeffizienz im Gebäudebestand auf Quartiersebene erwartet, das vor allem KMU neue Möglichkeiten für ihre Unternehmensentwicklung aufzeigt. Dabei bildeten die Transformation von Erkenntnissen und Erfahrungen zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur CO<sub>2</sub>-Einsparung von der Gebäude- auf die Quartiersebene einen wichtigen Ausgangspunkt. Zudem wurden spezifische Erkenntnisse und Erfahrungen der Projektpartner im Bereich der energetischen Sanierung im regionalen Kontext hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit diskutiert. Die Besonderheit der vorliegenden Aufgabenstellung bestand im Verknüpfungsaspekt zwischen Effizienzmaßnahmen auf der Quartiersebene und der Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen durch regionale KMU im Sinne der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“. Daher sollen mit der potenziellen Breitenwirksamkeit des gewählten Quartiersansatzes nicht nur weitere Wohnungsunternehmen zur Nachahmung motiviert werden. Es sollte eine Orientierungshilfe für KMU entwickelt werden, die die Entwicklung neuer Kompetenzfelder aus den Projektergebnissen heraus unterstützt, um anschließend im Rahmen wettbewerblicher Verfahren einen Beitrag zur Etablierung regionaler Wertschöpfungsketten zu erbringen. Ausgehend von der Organisationsstruktur (Abbildung 3) und den angestrebten Ergebnissen wurde das Modellprojekt in 5 Phasen gegliedert (Abbildung 4). Die Erläuterung der durchgeführten Arbeitsschritte erfolgt im Zuge der Ergebnisdarstellung.

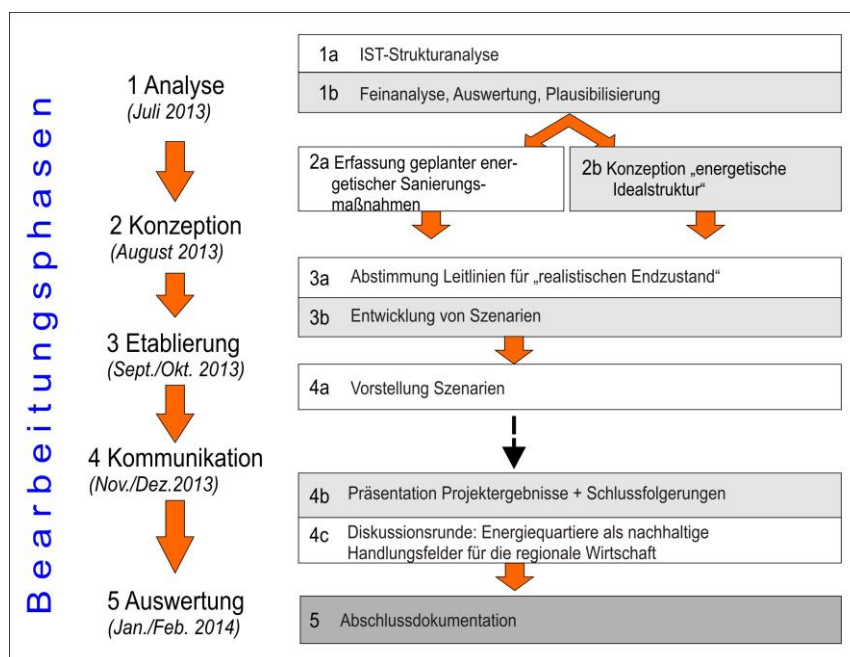


Abbildung 4: Bearbeitungsphasen des Modellprojekts



## 2 Festlegung und Strukturanalyse des Modellquartiers

### 2.1 Strategische Vorarbeiten der Netzwerkakteure

Mit dem Netzwerk „Stadtentwicklung in Halle“ besteht seit mehr als zehn Jahren eine bewährte Kooperationsgemeinschaft zwischen Wohnungsunternehmen, den kommunalen Ver- und Entsorgungsunternehmen, den zuständigen Fachbereichen der Stadtverwaltung Halle (Saale) sowie weiteren Partnern. Das Arbeitsspektrum hat sich dabei in letzter Zeit von primär wohnungswirtschaftlichen Fragen im Kontext des Stadtumbaus Ost hin zu praktischen Aspekten der zukunftsfähigen Energieversorgung von Quartieren erweitert, was vor dem Hintergrund der energie- und klimapolitischen Beschlüsse der Bundesregierung (EEG/EnEV 2012, Beschlüsse und Gesetze im Zug der „Energiewende“) zusätzliche Relevanz erhalten hat.

Die Unternehmen des Netzwerks „Stadtentwicklung in Halle“ sehen den nächsten Schritt strategischer Quartiersentwicklung im direkten Zusammenhang mit den Zielen der Energiewende. Nicht mehr die Energieeffizienz eines einzelnen Gebäudes soll im Fokus stehen, sondern gebäudeübergreifende, auf das Gesamtquartier mit heterogener Versorgungs- und Eigentümerstruktur bezogene Lösungen. Aus dieser Konstellation heraus war es möglich, die vorhandenen Netzwerkstrukturen für die Etablierung des Modellprojekts zu nutzen.

Ein praktisches Ergebnis der Diskussion dieses Themas ist der unternehmensübergreifende Vorschlag für ein geeignetes Modellquartier im Süden der Stadt Halle („Energiequartier Halle-Süd“). Dieser weit fortgeschrittene Diskussions- und Vorbereitungsstand ermöglichte den unmittelbaren Projektbeginn im Anschluss an die Vergabeentscheidung.

Die konkrete Auswahl des „Energiequartiers Halle-Süd“ als Modellquartier für die energetische Quartiersentwicklung erfolgte in einem mehrstufigen Abstimmungsprozess zwischen den Netzwerkpartnern. Ausgangspunkt war die Erkenntnis, dass die Wohnquartiere in Halle einen sehr heterogenen Modernisierungs- und Sanierungsstand aufweisen (äußerer und innerer Zustand der Wohngebäude, deren technische Ausstattung, Nutzungsstrukturen oder Gestaltungsqualität des Wohnumfelds, Erschließung mit Anlagen der technischen und Verkehrsinfrastruktur u.a.). Daraus folgt, dass übergreifende Lösungen im Sinne einer technisch optimalen energetischen Erneuerung eher unwahrscheinlich sind, wenn kein entsprechender Impuls von außen gesetzt wird. Hinzu kommt, dass bei der Entwicklung energetischer Quartierskonzepte die spezifischen Interessen der beteiligten Wohnungsunternehmen, deren Mietern, den Stadtwerken, ggf. weiteren lokal ansässigen Unternehmen sowie der Stadt Halle (z.B. Belange und Erfordernisse der Stadtentwicklung und -planung im Kontext der ISEK-Fortschreibung) nicht ohne weiteres in Übereinstimmung zu bringen sind. Die Partner beteiligten sich daher im vollen Bewusstsein dieser Konfliktlinien und Herausforderungen am Modellprojekt.

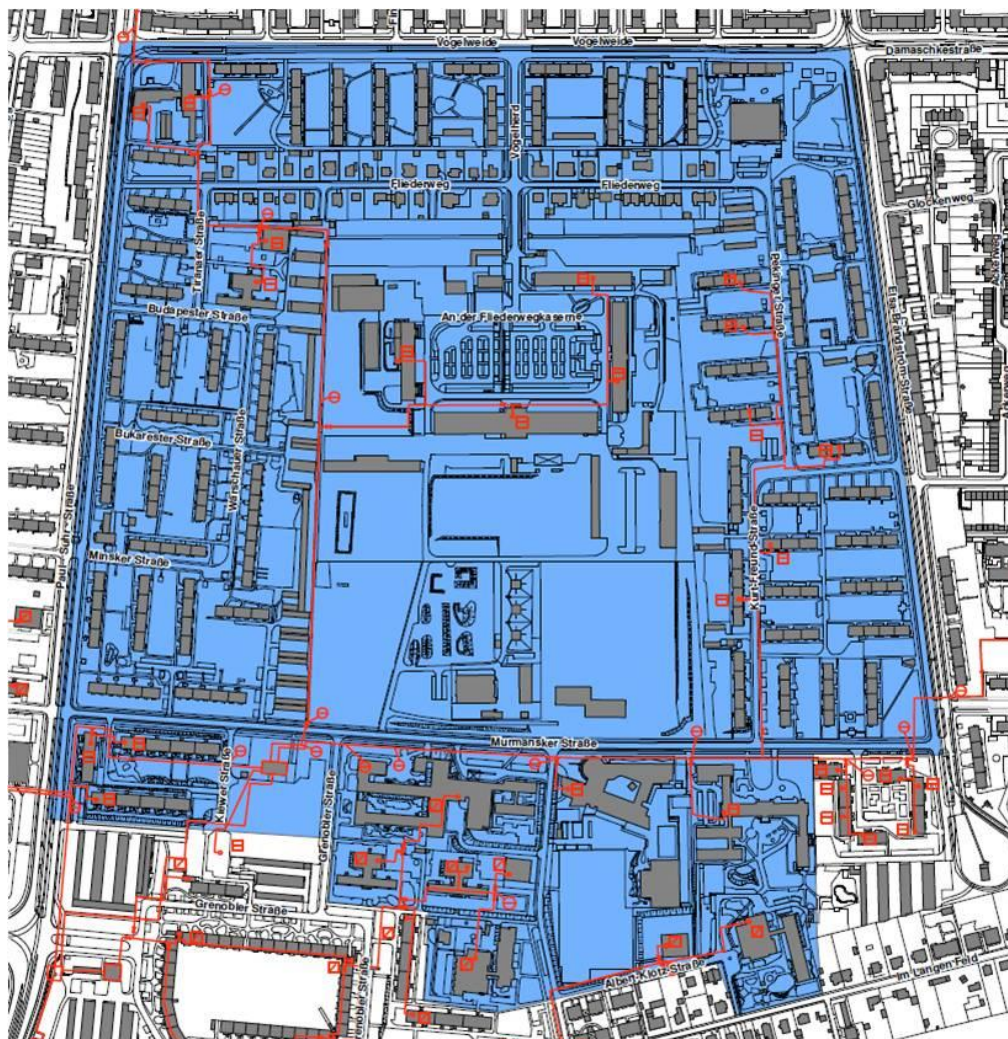
## 2.2 Prämissen für die Gebietsauswahl

Nachdem grundsätzliches Einvernehmen zwischen den Netzwerkpartnern zur Etablierung eines Modellprojekts zur energetischen Quartiersentwicklung erzielt worden war, wurde das Stadtplanungsamt Halle um die Erarbeitung eines Gebietsvorschlags gebeten. Dieser sollte sich an folgenden **Prämissen** orientieren:

Prämisse	Thematische Relevanz
Gebiet/Quartier im Besitz mehrerer Wohnungsunternehmen	Suche nach unternehmensübergreifenden Lösungen unter den Bedingungen der Bestandsdifferenzierung (energetischer Standard, Erneuerungszyklen, verwendete Wärmeversorgungssysteme etc.)
Räumlicher Zusammenhang in einem gut abgrenzbaren Quartier	Ermöglichen konsistenter, umsetzbarer technischer Lösungen, Ausblenden von Insellösungen, Eindämmen von Störfaktoren (Schneidende Hauptverkehrsstraßen, größere Grünzüge u.ä.)
Lage in einem laut ISEK 2007 zukunftsfähigen Quartier	Konsens zum langfristigen Erhalt der Quartiersstruktur zur Entwicklung wohnungswirtschaftlich und infrastrukturell nachhaltiger Lösungsvorschläge notwendig
Abbildung einer für die Region Halle charakteristischen Quartiersstruktur	Übertragbarkeit auf eine weit verbreitete, größere Zahl von Wohnungen und Wohnquartieren, Multiplizierbarkeit im Regionsmaßstab
Vorhandensein verschiedener Wärmeversorgungssysteme bzw. Medien	Optionsvielfalt und Kombinationsmöglichkeiten verschiedener vorhandener Systeme als auch Prüfung von Alternativen (z.B. Einbindung von erneuerbaren Energien) möglich

**Tabelle 1: Prämissen für die Quartiersauswahl**

Das Stadtplanungsamt Halle entwickelte daraufhin einen an diesen Prämissen orientierten Vorschlag für ein „Energiequartier Halle-Süd“. Die darauf folgende Abstimmung mit dem örtlichen Versorgungsunternehmen (Energieversorgung Halle GmbH) ergab, dass das Gebiet aus Sicht der technischen Infrastruktur für ein Pilotvorhaben geeignet erscheint, weil dort verschiedene Versorgungssysteme (Fernwärme, Gas) anliegen und daher verschiedene Versorgungsoptionen und technologische Varianten dargestellt werden können. Der entwickelte Gebietsvorschlag „Energiequartier Halle-Süd“ (vgl. Abbildung 5) wurde auf einer Arbeitsgruppensitzung des Netzwerks „Stadtentwicklung in Halle“ im Frühjahr 2013 zustimmend zur Kenntnis genommen.

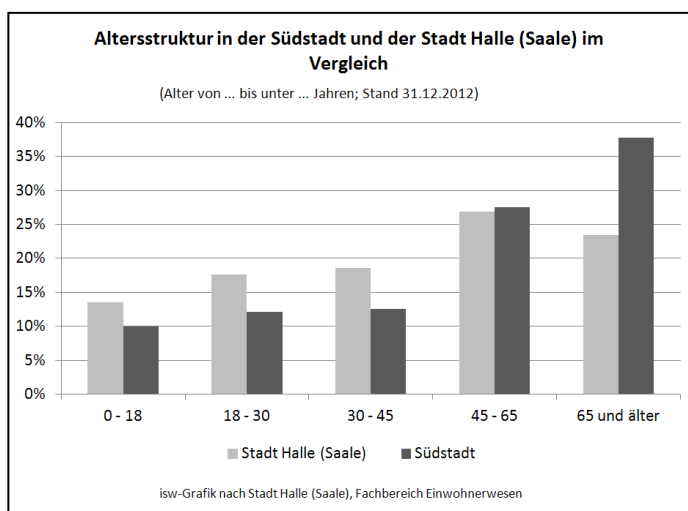


**Abbildung 5: Für das Modellprojekt vorgeschlagenes "Energiequartier Halle-Süd"**  
(Quelle: Stadt Halle, Stadtplanungsamt/FB Planen)

### 2.3 Gebietsspezifika des „Energiequartiers Halle-Süd“

Das ausgewählte „Energiequartier Halle-Süd“ befindet sich im Stadtteil Südstadt, umfasst eine Fläche von etwa 72 ha und ist wie folgt abgegrenzt: Norden: Vogelweide, Westen: Paul-Suhr-Straße, Osten: Elsa-Brändström-Straße, Süden: Murmansk Straße. Der geographische Mittelpunkt des Gebiets wird durch die Liegenschaften der ehemaligen Fliederwegkaserne gebildet, die sich zum größten Teil in Landesnutzung befinden. Hinsichtlich der Wohngebäudestruktur dominieren im Gebiet meist viergeschossige Mehrfamilienhäuser in Großblock-Bauweise (Typ IW 58), errichtet in den 1950er/1960er Jahren in der zeittypischen offenen Zeilenbauweise mit dazwischenliegenden großzügigen Grünflächen. Hinzu kommen diverse öffentliche Gebäude wie Schulen und weitere Liegenschaften (THW, Anlagen der Stadtwerke etc.) sowie kleinteilige Wohnbebauung entlang des Fliederwegs.

**Aus wissenschaftlicher Sicht** war das „Energiequartier Halle-Süd“ in mehrfacher Hinsicht für ein Modellprojekt zur energetischen Quartiersentwicklung geeignet. Zum einen handelt es sich aus dem Blickwinkel der Stadtentwicklung um ein Erhaltungsgebiet, das trotz seines Siedlungscharakters innenstadtnahes Wohnen mit guter ÖPNV-Anbindung und Nähe zu Versorgungseinrichtungen ermöglicht. Hier gilt es, den in den nächsten Jahren zu erwartenden Generationenwechsel (vgl. Altersstruktur im Gebiet Südstadt, Abbildung 6) in einem städtebaulich eher monotonen Gebiet (überwiegend offene Zeilenbauweise) zu bewältigen und mögliche pull-Faktoren zu identifizieren, die zu einem Nachzug jüngerer Altersgruppen führen. Eine Steigerung der Gebietsattraktivität setzt eine gesteigerte Identifikation der Bewohner mit dem Quartier voraus. Drohende Leerstände könnten abgewendet werden, wenn die Bestandsmieter in ihrem Bleibewunsch unterstützt und neue Bewohner für das Quartier gewonnen werden könnten, möglicherweise auch aufgrund eines „energetischen Mehrwerts“.



**Abbildung 6: Einwohner nach Altersgruppen in der Südstadt und der Stadt Halle (Saale) im Vergleich**

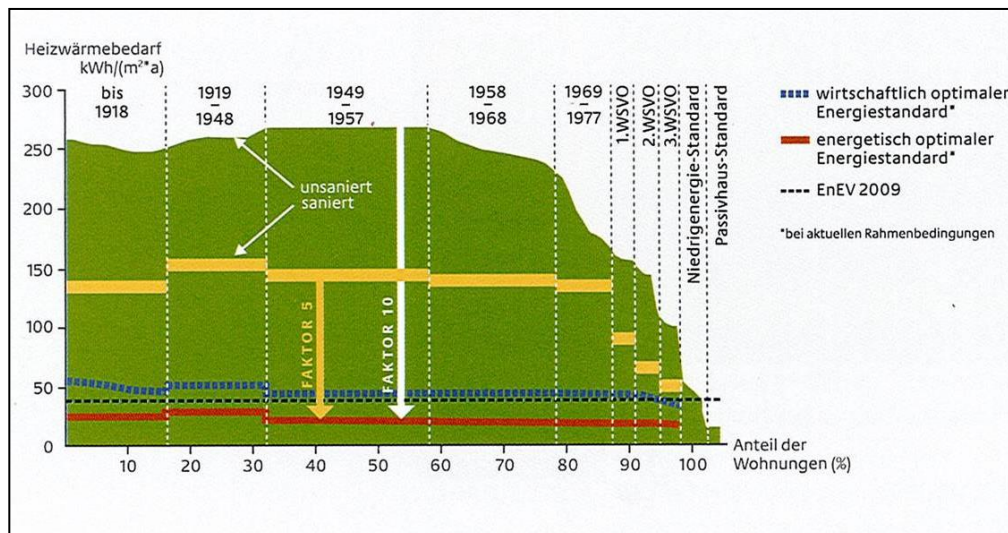
Eigene Darstellung nach Daten der Stadt Halle (Saale)

Soll die **bauliche Eignung des Quartiers** für ein energetisches Modellprojekt bewertet werden, so ist zu beachten, dass energetische Einsparpotenziale in einzelnen Stadtstrukturtypen unterschiedlich verteilt sind<sup>5</sup>. Mit Blick auf das „Energiequartier“ dominieren Wohnungsbestände, deren energetische Sanierung aufgrund der Baualtersklassen und des heterogenen Sanierungsstands grundsätzlich einen besonders großen Effekt hinsichtlich der Effizienzverbesserung und des möglichen CO<sub>2</sub>-Einsparvolumens erwarten lässt (vgl. Abbildung 7). Hinzu kommt, dass die beschriebenen Gebietsstrukturen mit offener Zeilenbauweise (Typ IW-58 und weitere) nach wie vor einen dominanten Wohngebiets-Strukturtyp in zahlreichen Mittel- und Kleinstädten der Region Halle bilden. Für diese Standorte gilt generell, dass sie heute als gewachsene Siedlungsbestände betrachtet werden und hinsichtlich der Lagequalitäten und Bewohnerstrukturen meist ähnliche Eigenschaften aufweisen wie das ausgewählte Quartier. Dies erscheint nicht nur im Hinblick auf die theoretische Übertragbarkeit der Projektergebnis-

<sup>5</sup> Vgl. Koziol, M. (2012): Energieeffizienz in der Stadt. Integration in den Stadtbau. In: BDA (Hrsg): Energetische Sanierung – Denken im Quartier, S. 20f.



se relevant, sondern ist mit Blick auf energetische Sanierungsmaßnahmen auch in praktischer Hinsicht für die Verkürzung von Innovationszyklen, die Erschließung neuer Geschäftsfelder und die regionale Marktdurchdringung von KMU von Belang.



**Abbildung 7: Spezifischer Wärmebedarf bei unterschiedlichen energetischen Sanierungs- und Gebäudezuständen**

Quelle: Koziol (2012) in BDA (Hrsg.), S. 22



**Abbildung 8: Impressionen aus dem "Energiequartier Halle-Süd"**

## 2.4 IST-Analyse

Die IST-Analyse im „Energiequartier Halle-Süd“ diente der Erfassung wesentlicher Gebäude-merkmale des einzubeziehenden Wohnungsbestands. Zunächst erfolgte innerhalb des ge- nannten Straßenvierecks eine Vollerhebung aller Mehrfamilienhäuser. Ein- und Zweifamilien- häuser entlang des Fliederwegs sowie die Landesliegenschaften im Quartierszentrum (ehem. Fliederwegkaserne) wurden hingegen nicht betrachtet.

Somit wurden 60 Gebäude erfasst, fast ausschließlich (n=59) mit 3-4 Geschossen. Das einzi- ge vielgeschossige Gebäude, ein markantes Wohnhochhaus, befindet sich an der Vogelwei- de/ Ecke Paul-Suhr-Straße. Da für den weiteren Projektablauf die Zuordnung der Wohnge- bäude zu den einzelnen Eigentümern entscheidend für die räumliche Verknüpfung ist, wurde dieses Merkmal primär mittels Kartierung erfasst (Tabelle 2).

Eigentümer	Anzahl Wohneinheiten (WE) im Energiequartier
HW Freiheit	865
Frohe Zukunft WG	364
WG Eisenbahn (inkl. ETG)	305
Sonstige (HWG, private)	712
<b>Summe</b>	<b>2.246</b>

**Tabelle 2: IST-Analyse der Eigentümerstruktur im Energiequartier**

Von den 2.246 erfassten Wohneinheiten befinden sich 1.534 WE in der Hand der drei betei- ligten Genossenschaften. Dies entspricht etwa 70% des erfassten Wohnungsbestands im Quartier und erlaubt unter Einhaltung der sonstigen „quartiersbildenden“ Prämissen (vgl. Tabelle 1) eine Vernachlässigung der sonstigen Bestände. Dabei zeigte sich, dass die Be- schränkung auf ein Teilgebiet des „Energiequartiers“ nicht nur im Sinne dieser Prämissen geboten erscheint („störende“ Lage der nicht einzubeziehenden Liegenschaft ehem. Flieder- wegkaserne in der Quartiersmitte), sondern auch aufgrund des begrenzten Projektzeitraums.

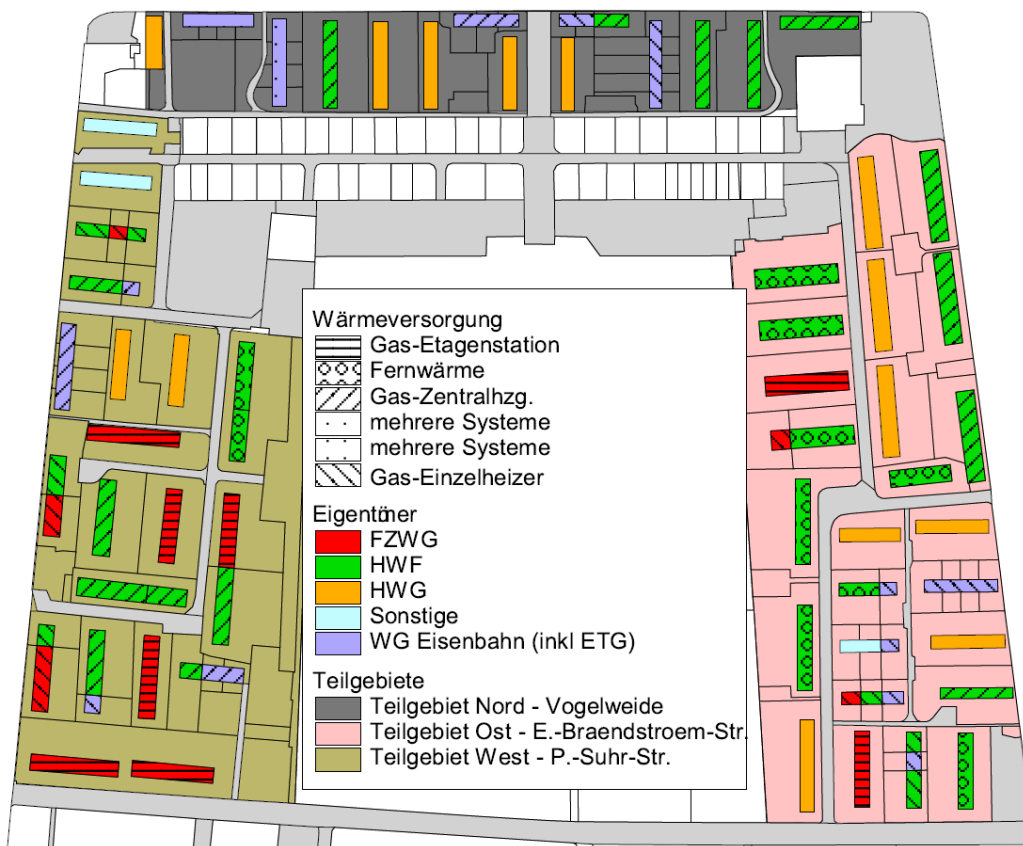
In einem zweiten Schritt wurde die „energetische Gemengelage“ überprüft, und zwar durch Verknüpfung der kartographisch erfassten Eigentümerstruktur mit den Angaben der Genos- senschaften bezüglich der in den einzelnen Gebäuden (n=44; 1.534 WE) vorhandenen Wär- meversorgungssysteme. Demnach kann hier von einer „energetischen Gemengelage“ zwi- schen Fernwärme- bzw. Gasversorgung ausgegangen werden (Tabelle 3). Dabei dominieren eindeutig die gasbetriebenen Anlagen, die bei Gaszentralheizungen eine interessante Diffe- renzierung hinsichtlich der installierten Verteilungssysteme aufweisen: Zum einen mit konven- tioneller, d.h. vertikal-aufgangsweiser Verteilung (n=557), zum anderen bei der Variante „Eta- genstationen“ horizontal-etagenweise (n=280). Hinzu kommen in den Wohnungen installierte Gas-Einzelheizer (n=308).



Eigentümer	Fernwärme	Gas-Zentralheizung/ konventionell	Gas-Zentralheizung/ Etagenstation	Gas-Einzelheizer	Mehrere Systeme im Gebäude
HW Freiheit	309	464		92	
Frohe Zukunft WG			280	84	
WG Eisenbahn (mit ETG)		93		132	80
<b>Summe</b>	<b>309</b>	<b>557</b>	<b>280</b>	<b>308</b>	<b>80</b>

**Tabelle 3: IST-Analyse der Wärmeversorgungsstruktur im Energiequartier**

Diese Verteilung widerspiegelt zugleich unternehmensspezifische Unterschiede bei der Gebäudeerschließung. Das Vorhandensein mehrerer Systeme in einzelnen Wohngebäuden zeigt zudem die differenzierten Sanierungsstrategien der Genossenschaften, da es sich hierbei um „geteilte“, d.h. im eingangsweisen Besitz befindliche Wohnblocks handelt. Abbildung 9 zeigt die Zuordnung der Gebäude nach Eigentümer und Wärmeversorgungssystem.



**Abbildung 9: IST-Analyse der Wärmeversorgung nach Bewirtschaftungseinheiten**

Kartengrundlage: Stadt Halle (Saale), Abt. Vermessung; Gebäude und Eigentümerstruktur: isw-Kartierung, Stand 31. Mai 2013; Wärmeversorgung: Angaben der WU, Stand 30. Juni 2013

## 2.5 Auswahl des Teilgebiets West und Feinanalyse

Wie erläutert, ist die Auswahl eines Teilgebiets nach den in Tabelle 1 formulierten Prämissen aus forschungsökonomischen Gründen erforderlich. Zusätzlich muss eine Repräsentativität hinsichtlich des gesamten „Energiequartiers“ gegeben sein, um Ergebnisse sinnvoll auf die Modell-Quartiersebene übertragen zu können und auf weitere Quartiere multiplizierbare Ergebnisse zu erhalten. Die gegebene Gebietsstruktur mit ihrer gut erkennbaren Dreiteiligkeit (Abbildung 9) legt nahe, einen dieser drei Teilgebiete als Untersuchungsgebiet auszugliedern, anhand der Auswahlkriterien zu überprüfen und einer Feinanalyse zu unterziehen.

Das westliche Teilgebiet erwies sich als am besten geeignet. Hier befinden sich 781 der 2.246 Wohnungen (Anteil ca. 35%), davon 653 WE in der Hand der drei Genossenschaften. Diese verteilen sich auf 16 Gebäude und bilden aufgrund der Gebäudeaufteilungen 25 Bewirtschaftungseinheiten. Hinsichtlich der Eigentümerstruktur (bezogen auf 2.246 WE, vgl. Abbildung 10) wird keine vollständige Repräsentativität erreicht (WE-Anteile der FZWG im Gebiet West überdurchschnittlich hoch, HWG unterrepräsentiert). Mit Blick auf die Kooperationsstruktur kann dieser Umstand jedoch vernachlässigt werden. Hinsichtlich der Struktur der Wärmeversorgung (bezogen auf die genossenschaftlichen 1.534 WE) bildet das Teilgebiet West das Gesamtquartier hinreichend ab (Tabelle 4), weil trotz der Unterrepräsentation der Fernwärme alle Systeme grundsätzlich vorhanden sind.

Eigentümer	Fernwärme	Gas-Zentralheizung/ konventionell	Gas-Zentralheizung/ Etagenstation	Gas-Einzelheizer	Summe
HW Freiheit	56 WE	172 WE		60 WE	<b>288 WE</b>
Frohe Zukunft WG			216 WE	68 WE	<b>284 WE</b>
WG Eisenbahn		69 WE		12 WE	<b>81 WE</b>
<b>Summe</b>	<b>56 WE</b>	<b>241 WE</b>	<b>216 WE</b>	<b>140 WE</b>	<b>653 WE</b>

**Tabelle 4: Feinanalyse der Wärmeversorgungsstruktur im Teilgebiet West**

Berechnungsgrundlage: IEMB (1996): Wohnbauten in Fertigteilbauweise

Für die anschließende Feinanalyse wurde ein Erfassungsbogen entwickelt, mit dem für alle Bewirtschaftungseinheiten Merkmale aus folgenden Kategorien aufgenommen wurden:

- Etagengrundrisse, Wohnflächen, Nebenflächen
- bauphysikalische Eigenschaften der Gebäudehülle
- Wärmeerzeugung und -verteilung auf Gebäudeniveau
- Daten zum Wärme- und Warmwasserverbrauch

Die Etagengrundrisse (Abbildung 11) konnten mithilfe der einschlägigen Literatur zu Gebäuden in Montagebauweise eindeutig zugeordnet werden. Dies wurde zum einen durch die während der ersten Phasen des industriellen Bauens nur geringe Variationsbreite der erstellten Gebäude erleichtert, zum anderen durch die bislang im wesentlichen ausgebliebenen Eingriffe in die Grundrissstruktur seitens der Eigentümer.

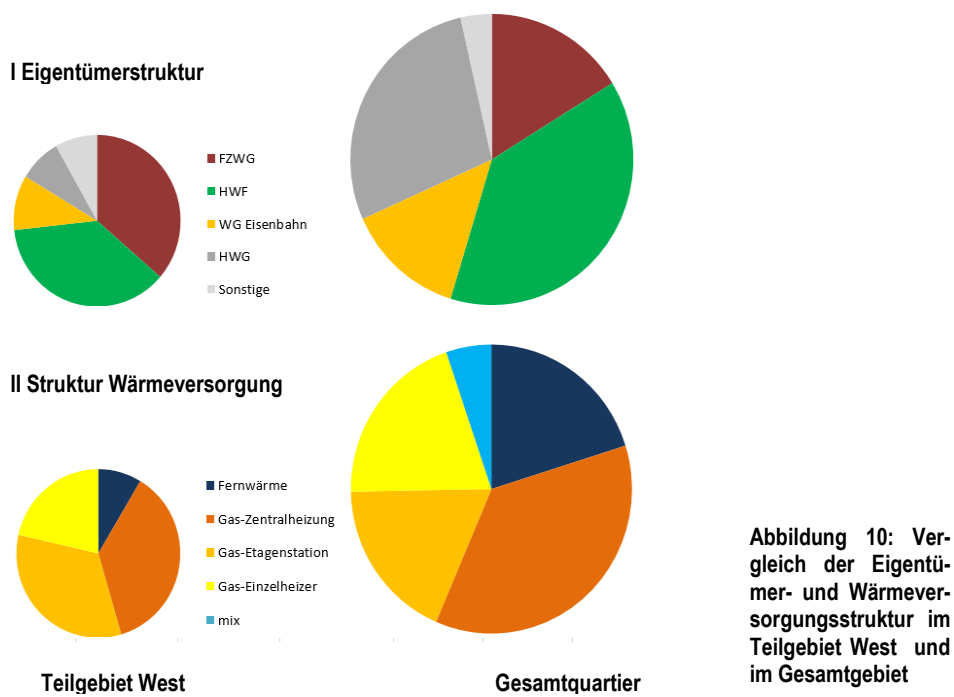
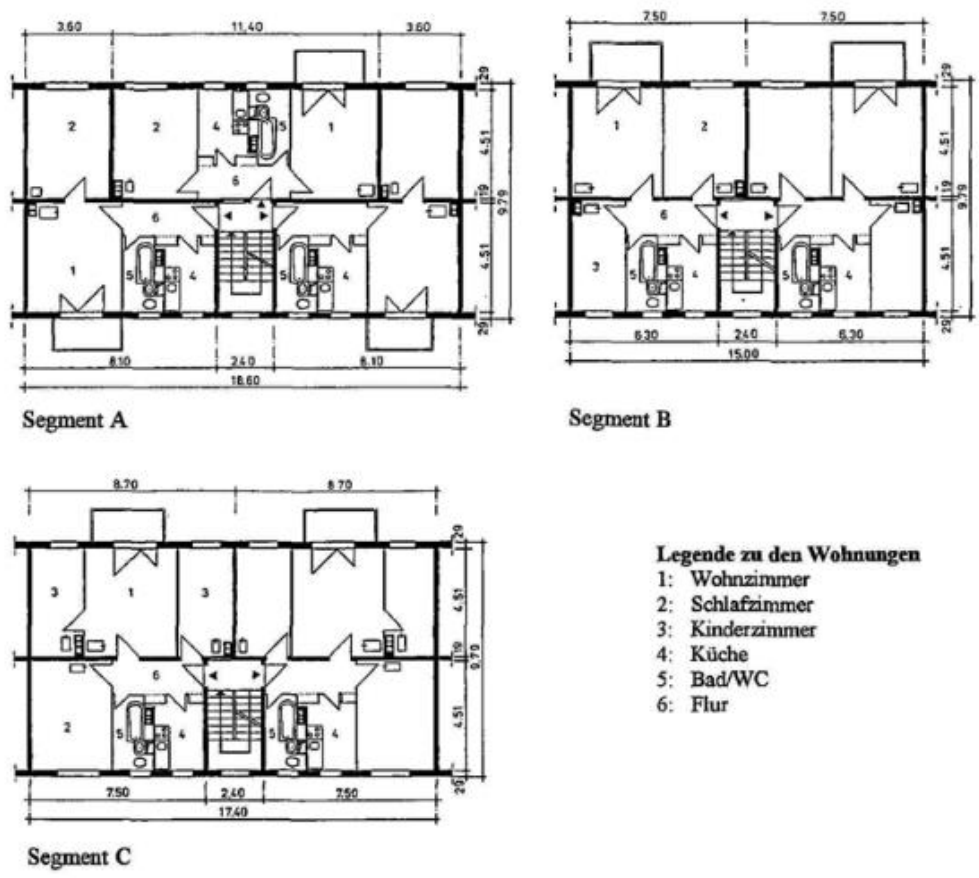


Abbildung 10: Vergleich der Eigentümer- und Wärmeversorgungsstruktur im Teilgebiet West und im Gesamtgebiet



- Legende zu den Wohnungen**
- 1: Wohnzimmer
  - 2: Schlafzimmer
  - 3: Kinderzimmer
  - 4: Küche
  - 5: Bad/WC
  - 6: Flur

Abbildung 11: Etagengrundrisse der Bauweise IW-58 nach Segmenttypen A, B und C  
Quelle: IEMB e.V. (1996): Wohnbauten in Fertigteilbauweise.

Bezüglich der bauphysikalischen Eigenschaften der Gebäudehüllen wurde der äußere Eindruck der Quartiersbegehung bestätigt, dass die Eigentümer bereits größere Investitionen in die energetische Erneuerung der Gebäudehüllen getätigt haben (Bezugsgröße: U-Werte EnEV 2009). Hinsichtlich der Wärmeerzeugung auf Gebäudeniveau zeigte sich zudem, dass bereits 18 der 25 Bewirtschaftungseinheiten über ein Heizungssystem mit einem Nutzungsgrad von  $\geq 90\%$  verfügen.

## 2.6 Schlussfolgerungen und Zwischenfazit

Innerhalb des Netzwerks „Stadtentwicklung in Halle“ hatten Wohnungsunternehmen und Stadtwerke den Vorschlag bestätigt, einen Teil der in Zeilenbauweise errichteten Südstadt I als Quartier der 1950er/60er Jahre für die modellhafte Untersuchung zur energetischen Quartierssanierung auszuwählen. Aus Sicht der Stadtentwicklung stellen diese Quartiere Erhaltungsgebiete dar, deren energetische Optimierung auch vor dem Hintergrund des demographischen Wandels lohnenswert erscheint. Neben der Baualtersstruktur (spezifische Einsparpotenziale, Abbildung 7) war die Praktikabilität bezüglich der Eigentümerbeteiligung ein wichtiges Kriterium während der Auswahlprozesses.

Im Zuge der IST-Analyse war zu untersuchen, ob das ausgewählte Gebiet den formulierten Prämissen (vgl. Tabelle 1) für das Modellprojekt entspricht und damit als Modellgebiet grundsätzlich geeignet ist. Dies konnte bestätigt werden.

Die darauf folgende Feinanalyse zeigte hinsichtlich der vorhandenen Wärmeversorgungssysteme ein differenziertes Bild auf („energetische Gemengelage“). Die weitere Differenzierung nach technologischen Parametern ergab, dass hinsichtlich der gasbasierten Technologien seitens der Unternehmen offensichtlich verschiedene Lösungen umgesetzt wurden, die teilweise auf die zum Zeitpunkt der Sanierung gängige Technik zurückzuführen ist, zudem aber auch auf strategische Präferenzen der Unternehmen. In Kenntnis von Verbrauchsdaten zur Raumheizung und Warmwasserbereitung und den gebäudespezifischen Grundrissparametern wurde festgestellt, dass im weiteren Projektverlauf der durchschnittliche jährliche Energieverbrauch des Gesamtbestands modelliert werden kann.

Die Feinanalyse zeigte zudem den bei allen untersuchten Gebäuden erreichten hohen Wärmeschutzstandard auf, der weitere Dämmmaßnahmen unwahrscheinlich, zumindest aber unwirtschaftlich erscheinen lässt<sup>6</sup>. Unter den Projektpartnern wurde daher eingeschätzt, dass die erreichten Wärmeschutzstandards für kurz- bis mittelfristige Szenarien als konstant angesehen werden sollten. Daher erschien mit Blick auf die Szenarienentwicklung die Konzentration auf die Untersuchung verschiedener technologischer Varianten der Wärmeerzeugung und -verteilung geboten, wofür gemeinsam folgende Rahmenbedingungen festgelegt wurden:

---

<sup>6</sup> Es wurde eingeschätzt, dass mit weiteren Dämmmaßnahmen an den Gebäuden eine maximale Verbesserung von 20% beim Energieverbrauch erreicht werden könnten, die jedoch in einem extremen Missverhältnis zum Aufwand stehen würden.

- Nutzung zum Zeitpunkt der Untersuchung marktgängiger Technologien auf Basis der im Gebiet anliegenden technischen Infrastruktur sowie ggf. weiterer Energieträger;
- Anspruch minimaler baulicher Veränderungen an den Wohngebäuden, Systemtemperaturen der Heizanlage im Bestand, Wärmeverteilung über Heizkörper;
- keine maßgebliche Veränderung der Einwohnerzahl im Quartier; konstant bleiben: Wohnungsbestand, Belegung der Wohnungen/ Leerstand, Verbräuche, Nutzerverhalten.

Folgende Ausgangsthesen sind für die Konzeption des Untersuchungsrahmens wesentlich:

1. Zur Erreichung der EU-2020-Ziele sind CO<sub>2</sub>-Einsparvolumina notwendig, die erst im **Quartiersmaßstab** erreichbar sind. **Gemeinschaftliches Handeln** bietet höhere Effizienzpotenziale als gebäudebezogene Einzellösungen. Auf den verschiedenen Politik- und Fachebenen hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass Ideallösungen auf Einzelhausebene zwar im Einzelfall hohe relative CO<sub>2</sub>-Einsparungen ermöglichen, das absolute Einsparvolumen aber begrenzt bleibt. Damit sind Einzelhauslösungen im Bereich der Energieeffizienz nicht ohne weiteres auf die Quartiersebene und darüber hinaus multiplizierbar. Gefragt sind Lösungen im Quartiersmaßstab, die bereits messbare Einspareffekte bringen und durch eine Übertragbarkeit auf weitere Quartiere die lokale und regionale CO<sub>2</sub>-Bilanz deutlich verbessern.

2. Der Gebäudebestand der großen Vermieter hat einen relativ **guten energetischen Standard** erreicht; völlig unsanierte Quartiere existieren nur noch vereinzelt. Es ist nicht zu erwarten, dass die bereits sanierten Wohnungsbestände innerhalb „normaler“ Erneuerungszyklen durch erneute Sanierungsmaßnahmen auf einen wesentlich höheren energetischen Standard gebracht werden. Weitere wesentliche **CO<sub>2</sub>-Einsparungen** sind damit nur durch Veränderungen bei Energieerzeugung und -verteilung auf Quartiersebene zu erreichen. Diese Effizienzpotenziale gilt es am Beispiel eines Modellquartiers zu untersuchen.

3. Die stadträumlich differenziert ausgeprägte Eigentümergeviertelvielfalt mit unterschiedlichen Eigentumsformen, Unternehmensstrategien, Erneuerungszyklen und anderen „Gemengelagen“ erschwert gemeinschaftliches Handeln auf der Quartiersebene. Die Etablierung einer „energetischen Allianz“ auf Quartiersebene zwischen Wohnungseigentümern und Versorgern hätte daher Modellcharakter und würde die **Übertragbarkeit auf andere Quartiere** ermöglichen. Im Rahmen des vorliegenden Projekts ist daher herauszuarbeiten, wie dies beispielhaft für eine überschaubare Anzahl von Akteuren zu realisieren ist, um Möglichkeiten und Grenzen der Kooperation auszuloten.

4. Wenn das Modell einer unternehmensübergreifenden energetischen Zusammenarbeit auf Quartiersebene „multipliziert“ werden kann, werden sich daraus in Abhängigkeit von strategischen Unternehmensentscheidungen **neue Geschäftsfelder für die regionale Wirtschaft** entwickeln. Umgekehrt heißt dies aber auch, dass kaum neue Impulse mit Breiten- und Tiefenwirkung für die regionale Wirtschaft zu erwarten sind, wenn die Quartiersebene nicht als Aktionsfeld erkannt wird und energetische Sanierungsmaßnahmen auf Einzelhausebene die Regel bleiben.

### 3 Konzeption des Untersuchungsrahmens

#### 3.1 Kernthesen des Modellprojekts

Wie aus den bisherigen Darstellungen folgt, sind innerhalb des Untersuchungsgebiets Szenarien für eine Quartierswärmeversorgung zu entwickeln, die vom Status Quo des erreichten passiven Wärmeschutzes ausgehen. Die Verbrauchsseite wird als konstant betrachtet; es geht demnach nicht um die Mengenreduzierung der verbrauchten Wärmeenergie, sondern um deren effizientere und CO<sub>2</sub>-ärmere Erzeugung und Verteilung im Quartiersmaßstab (vgl. Abbildung 12).

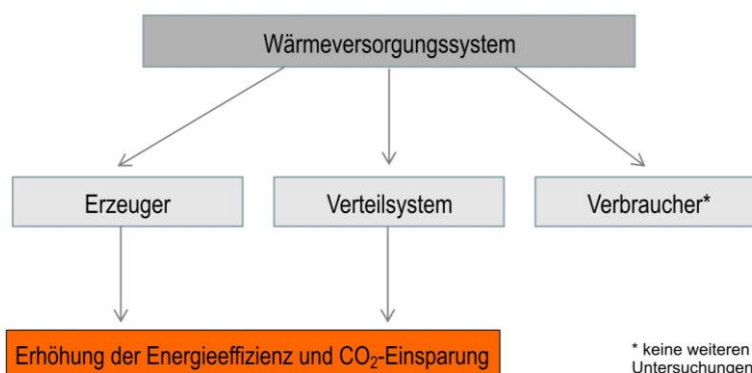


Abbildung 12: Prinzipieller Aufbau von Wärmeversorgungssystemen

Innerhalb des somit abgesteckten Untersuchungsrahmens wird als **Kernthese** formuliert, dass die Umsetzung einer gemeinsamen Wärmeversorgungslösung im Quartier zu höheren Einspareffekten führt, als mit unternehmensindividuellen Lösungen zu erreichen wären. Diese These basiert auf der Annahme, dass gemeinsame technologische Lösungen eine optimalere Anlagenauslegung ermöglichen. Insbesondere bei Nutzung einer zentralen Wärmeverteilung und der daraus entstehenden Synergieeffekte (bedingt durch Heterogenität der Mieter, Speicherfunktion des Nahwärmenetzes) ist zum einen eine geringere Gesamtwärmeanschlussleistung erforderlich, zum anderen ist bei zentraler Wärmeerzeugungstechnik mit geringeren Betriebskosten im Vergleich zur dezentralen Wärmeversorgung zu rechnen.

Im Konkreten kann die Option der Zwischenspeicherung von Wärmeenergie eher realisiert werden, wenn mehrere Einspeiser zu unterschiedlichen Zeiten ihre Überschussenergie in ein Speichersystem laden und andere Verbraucher diese Energie entnehmen können. Diese beiden Punkte wurden übereinstimmend als klare Vorteile von Quartierslösungen anerkannt. Demnach sind Potenziale der Effizienzsteigerung, der Einsparung sowie der regenerativen Erzeugung zu analysieren, die im Quartiersmaßstab zu einer CO<sub>2</sub>-Reduktion gegenüber dem durch die vorhandenen Systeme determinierten IST-Zustand führen.



### 3.2 Grundlagen für die Berechnung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen

Für die Entwicklung technologischer Varianten der Quartiers-Wärmeversorgung und deren Bewertung hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist eine anerkannte Berechnungsgrundlage erforderlich, die eine plausible Zuordnung spezifischer Emissionswerte zu den verschiedenen Energieträgern ermöglicht. Dabei stellen bilanzielle Fragen einen wesentlichen Aspekt dar. Zum einen muss die Bilanzierung berücksichtigen, innerhalb welcher Zeiträume das durch Wärmeerzeugungsprozesse freigesetzte CO<sub>2</sub> vorher im Energieträger gebunden wurde. Daraus wird für gewöhnlich abgeleitet, ob es sich um einen fossilen oder um einen erneuerbaren Energieträger handelt<sup>7</sup>. Zum zweiten sind über den reinen Wärme-Umwandlungsprozess weitere Energieströme in die Ökobilanz einzubeziehen, die auf dem Wege der Bereitstellung des Energieträgers auftreten, beispielsweise beim notwendigen Trocknen von Holzresten zur Herstellung von Pellets und dem Transport zum Verbraucher<sup>8</sup> oder der erforderlichen landwirtschaftlichen Prozesskette zur Gewinnung von Biogas aus Mais<sup>9</sup>. Bei der Bilanzierung solarthermischer Anlagen durch Flach- oder Vakuumröhrenkollektoren sind unter anderem der Herstellungsprozess inklusive der Gewinnung von Kupfer als wichtigstem metallischen Bestandteil sowie der Stromverbrauch der Kreislaufpumpe zu berücksichtigen<sup>10</sup>.

Für die vorliegende Aufgabenstellung wurden die CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Energieträger einer Veröffentlichung des Umweltbundesamts (UBA) entnommen. „Die Emissionsfaktoren für die fossilen und erneuerbaren Energieträger fassen die Gesamtemissionen über die Energiebereitstellungsketten zusammen. Neben den direkten Emissionen aus dem Anlagenbetrieb beinhalten sie die so genannten Vorkettenemissionen, d.h. alle relevanten Emissionen von der Gewinnung, der Aufbereitung und dem Transport der Brennstoffe über die Herstellung der Anlagen bis zum Einsatz von Hilfsenergie sowie -stoffe im Anlagenbetrieb einschließlich deren Vorketten. Hervorzuheben ist, dass die ... Emissionsfaktoren ... den durchschnittlichen Anlagenbestand in Deutschland [repräsentieren] <sup>11</sup>.“ Damit korrespondiert diese Art der Bilanzierung mit der Aufgabenstellung des Modellprojekts und bildet daher die Berechnungsgrundlage für die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Szenarien. Da zur Fernwärmeversorgung im Testgebiet ausschließlich die Fernwärme der EVH zur Verfügung steht, wurde der im Rahmen eines Zertifizierungsverfahrens ermittelte Emissionswert übernommen (Tabelle 5).

---

<sup>7</sup> Als erneuerbare Energien, regenerative Energien oder alternative Energien werden Energieträger bezeichnet, die innerhalb des menschlichen Zeithorizonts praktisch unerschöpflich zur Verfügung stehen oder sich verhältnismäßig schnell erneuern. Diese Definition erlaubt die Abgrenzung zu fossilen Energiequellen, die sich erst über den Zeitraum von Millionen Jahren bilden; vgl. Quaschnig, V. (2011), Regenerative Energiesysteme. Technologie - Berechnung - Simulation. München, S. 34.

<sup>8</sup> Dieser Aufwand wird durch das „Deutsche Pelletinstitut“ mit 2,7% der in den Pellets enthaltenen Energie angegeben, vgl. [http://www.depi.de/de/energietraeger\\_pellets/pelletlexikon/pelletlexikon\\_o/](http://www.depi.de/de/energietraeger_pellets/pelletlexikon/pelletlexikon_o/)

<sup>9</sup> Vgl. Umweltbundesamt Österreich (2012): Ökobilanzen ausgewählter Biotreibstoffe. Wien, S. 13ff.

<sup>10</sup> Umweltbundesamt (2013): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Dessau-Roßlau, S. 105

<sup>11</sup> Umweltbundesamt (2013), a.a.O., S. 27f.

Energieträger	Spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionen
Klärgas (→ BHKW)	0,0 g/kWh
Deponiegas (→ BHKW)	0,0 g/kWh
Scheitholz	10,4 g/kWh
Biogas (Mais) (→ BHKW)	20,2 g/kWh
Solarthermie (Flachkollektor)	20,6 g/kWh
Solarthermie (Röhrenkollektor)	29,0 g/kWh
Pellet	30,5 g/kWh
<b>Fernwärme EVH</b>	<b>180,0 g/kWh</b>
oberflächennahe Geothermie/ Umweltwärme (Wärmepumpe)	203,1 g/kWh
Erdgas	225,8 g/kWh
Fernwärme (inkl. Netzverluste)	309,4 g/kWh
Heizöl (Haushalte)	311,7 g/kWh
Braunkohlenbriketts (Haushalte)	414,8 g/kWh
Stromheizung (inkl. Netzverluste)	600,4 g/kWh

**Tabelle 5: CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Energieträger**

Eigene Zusammenstellung nach Umweltbundesamt (2013): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, CLIMATE CHANGE 15/2013; Fernwärme EVH: nach Angaben der Stadtwerke Halle GmbH, zertifiziert durch die TU Dresden

### 3.3 Modellierung einer CO<sub>2</sub>-Startbilanz für das Teilgebiet West

Die Basis für die Modellierung der CO<sub>2</sub>-Startbilanz bildeten die 653 Wohneinheiten des Teilgebiets West. Der Wohnungsbestand ist homogen, das heißt es befinden sich auf der betrachteten Liegenschaft ausschließlich Wohnbauten in Fertigteilbauweise, Gebäudetyp IW 58. Diese wiederum bestehen aus den Segmenttypen A, B und C. Aus den vorliegenden Verbrauchswerten für Heizung und Warmwasser wurden die segmentspezifischen durchschnittlichen Jahresverbräuche modelliert (Tabelle 6). Die Plausibilisierung erfolgte einerseits mittels Abgleich mit entsprechenden Richtwerten aus der Fachliteratur, andererseits im Rückgriff auf Erfahrungswerte der Wohnungsunternehmen.

Gebäudetyp IW 58	Netto-Wohnfläche ohne öffentliche Bereiche	Modellierter Energieverbrauch in kWh/a	
		Heizung	Warmwasser
<b>Segment Typ A</b>	149 m <sup>2</sup>	42.000	14.000
<b>Segment Typ B</b>	118 m <sup>2</sup>	30.000	12.000
<b>Segment Typ C</b>	139 m <sup>2</sup>	37.000	16.000

**Tabelle 6: Modellierter Wärme-Verbrauchswerte im Teilgebiet West nach Segmenten**

Eigene Berechnungen auf Grundlage der Angaben der WU

Anhand der vorhandenen Anzahl an Segmentflächen in den Wohngebäuden der jeweiligen Wohnungsgenossenschaft ergibt sich für das betrachtete Quartier eine Gesamtfläche von rund 37.400 m<sup>2</sup>. Durch Zuordnung der einzelnen Segmente zu den Bewirtschaftungseinheiten der drei WGN wurden die durchschnittlichen Jahresverbräuche aller 653 WE im Teilgebiet West modelliert (Tabelle 7). In Summe ergab sich ein durchschnittlicher Jahreswärmeverbrauch von 3.426.000 kWh.

Eigentümer	Wohnflächen in m <sup>2</sup>	Energiebedarf Heizung in kWh/a	Energiebedarf Warmwasser kWh/a	Summe kWh/a
HW Freiheit	16.418	1.095.000	422.000	1.517.000
Frohe Zukunft WG	16.391	957.000	414.000	1.371.000
WG Eisenbahn (mit ETG)	4.568	422.000	116.000	538.000
<b>Summe</b>	<b>37.376</b>	<b>2.474.000</b>	<b>952.000</b>	<b>3.426.000</b>

**Tabelle 7: Modellierte Wärme-Verbrauchswerte im Teilgebiet West nach Eigentümern**

Eigene Berechnungen

Unter Zugrundelegung der Technik im Bestand sowie der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen entsprechend Tabelle 5 konnte die CO<sub>2</sub>-Startbilanz modelliert werden. Tabelle 8 zeigt den durchschnittlichen Gesamt-Wärmeverbrauch des Gebietes in Höhe von 3,426 GWh pro Jahr. Etwa 3/4 (72%) dieser Energiemenge werden für Heizzwecke aufgewendet, die restliche Menge zur Erwärmung von Trinkwasser (TWW). Über die verschiedenen Arten der Wärmeerzeugung hinweg wurden damit einhergehende durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 787 t/Jahr ermittelt, die in ähnlicher Aufteilung auf Heizung/TWW entfallen.

<b>Merkmale des Quartiers (Teilgebiet West)</b>	
Anzahl Wohnungen	653 WE
Wohnfläche gesamt	37.376 m <sup>2</sup>
Gebäude- und Wohnungstypen	IW 58 (A, B, C)
<b>Modellierung Energieverbrauch</b>	
Gesamt-Wärmeverbrauch	3,426 GWh/a
- davon Heizung	2,474 GWh/a
- davon zur Trinkwassererwärmung (TWW)	0,952 GWh/a
<b>Modellierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>	
Gesamt-Emission	787,0 t/a
- davon Heizung inkl. Hilfsenergie	562,5 t/a
- davon Trinkwarmwassererwärmung (TWW)	224,5 t/a
<b>„Quartiers-Energiepass“ (Energieverbrauchskennwert)</b>	
- bezogen auf Wohnfläche	92 kWh/a
- bezogen auf Gebäudenutzfläche (Faktor 1,2)	76 kWh/a

**Tabelle 8: Modellierte CO<sub>2</sub>-Startbilanz des Teilgebietes West**

Mit Blick auf die Energieverbrauchskennwerte eines fiktiven „Quartiers-Energieausweises“ nach Energieeinsparverordnung (EnEV) führten die bereits durchgeführten Wärmeschutzmaßnahmen offensichtlich zu einem guten Standard beim Energieverbrauch<sup>12</sup>.

Im Zuge der Modellierung der Startbilanz waren auch künftige **energetische Sanierungsmaßnahmen** der Wohnungsunternehmen **im Rahmen bestehender Planungen** (Erneuerungszyklen) zu erfassen und zu bewerten. Dies ergab, dass in den nächsten Jahren lediglich die verbliebenen Gas-Einzelheizkörper (vgl. Tabelle 3) nach und nach durch Umrüstung der Wohnungen bzw. Gebäude auf Gasbrennwerttechnik ersetzt werden sollen. Mit diesen Modernisierungsmaßnahmen kommt eine Technologie zum Einsatz, die gegenüber dem IST-Zustand mit höherem Wirkungsgrad arbeitet. Da die bestehenden Gaszentralheizungen bereits komplett Brennwertstandard besitzen, wären mit Umsetzung dieser Maßnahmen alle mit Gas versorgten Gebäude auf dem höchsten Standard angekommen. Damit erscheinen Effizienzverbesserungen durch Veränderungen an den bestehenden Systemen, ohne Eingriffe in vorhandene dezentrale Gebäude-Wärmeversorgung, nach heutigem Stand der Technik ausgereizt. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen dieses mit „Stand der Technik“ bezeichneten Entwicklungspfad werden auf 725 t/a geschätzt. Gegenüber dem IST-Zustand würde auf diesem Pfad mit hin eine Reduktion um 62 t/a oder 8% erreicht.

---

<sup>12</sup> Bei Einzelgebäuden würden diese Werte im grünen Bereich der Skala liegen, deren roter Bereich bei etwa 350 kWh/a beginnt. Da hier jedoch kein Bezug auf ein Einzelgebäude vorliegt, ist eine vergleichende Interpretation der ermittelten „Quartierswerte“ nur mit gewissen Einschränkungen möglich.

## 4 Szenarien eines realisierbaren Endzustands

### 4.1 Vorgehensweise bei der Szenarientwicklung

Zum besseren Verständnis der nachfolgend dargestellten Szenarien ist zunächst die Erläuterung der Begriffe „Grundlast“ und „Spitzenlast“ erforderlich. Allgemein wird als Wärmegrundlast die Last bezeichnet, die sich aus dem durchschnittlichen Bedarf an Warmwasser und Heizwasser ergibt. Die Wärmespitzenlast wird nur an wenigen Tagen im Jahr benötigt, etwa bei sehr niedrigen Außentemperaturen und entsprechend hohem Heizbedarf.

Kommen für die Wärmeversorgung einer Liegenschaft bivalente Versorgungssysteme zum Einsatz, werden die regenerativen Wärmeerzeuger i. d. R. als Grundlasterzeuger eingesetzt. Nur die Spitzenlastversorgung wird meist durch konventionelle Wärmeerzeuger übernommen. Dies liegt darin begründet, dass regenerativ gewonnene Energie in den Verbrauchskosten meist kostengünstiger ist. Insbesondere Wärme aus Solarthermie (Szenarien IV, V und VI) steht jedoch nur temporär im Jahr zur Verfügung. Während der solare Wärmegegewinn in Zeiten hoher Wärmeabnahme nur sehr gering ist, stehen in den Sommermonaten (geringste Wärmeabnahme im Jahresvergleich) meist Überschüsse zur Verfügung. Um diese kostengünstig erzeugte Energie maximal auf der Liegenschaft nutzen zu können, wird die lokal erzeugte Solarenergie zur Grundlastversorgung eingesetzt. Immer dann, wenn die solarthermisch erzeugte Energie vorhanden ist, wird diese Wärme zur Versorgung der Liegenschaft genutzt. Reicht die regenerativ erzeugte Wärmemenge nicht mehr aus, wird ein Spitzenlastversorger zugeschaltet, der die Versorgungsdifferenz zum maximalen Wärmebedarf übernimmt.

In den nachfolgend beschriebenen Szenarien I bis III sowie VII wird jeweils ein Blockheizkraftwerk (BHKW) zur Grundlastversorgung der Liegenschaft/ des jeweiligen Wohngebäudes eingesetzt. BHKWs weisen hohe Investitionskosten auf und können, bedingt durch ihr Arbeitsprinzip, nur in engen Grenzen in ihrer Leistung angepasst werden. Sie sind daher nur wirtschaftlich, wenn sie eine hohe Vollbenutzungszeit (ein üblicher anzustrebender Kennwert liegt bei mindestens 4000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr) aufweisen. Dies wiederum kann nur erreicht werden, wenn die thermische Leistung des BHKW möglichst gering (meist maximal 20 % der erforderlichen Heizlast) ist. Vor diesem Hintergrund werden sie als Grundlasterzeuger eingesetzt. Ein Spitzenlastversorger übernimmt die Versorgungsdifferenz zum maximalen Wärmebedarf.

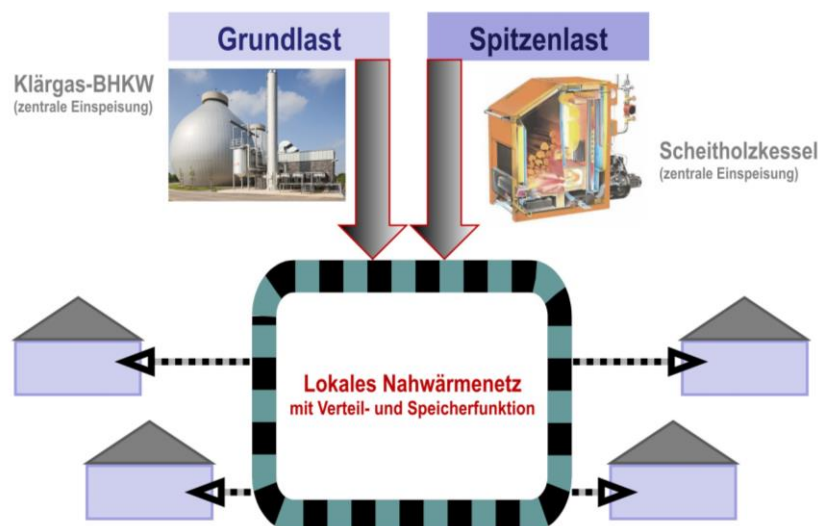
## 4.2 Modellierung der energetischen Idealstruktur

Am Beginn der Szenariendiskussion zur Quartierswärmeversorgung stand die Frage, welche Technologien unter den gegebenen Rahmenbedingungen und Prämissen die größten CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale besitzen. Dabei wurden Fragen der Finanzierung, des Images bestimmter Anlagen oder auch technische Details bewusst ausgeblendet, um eine „energetische Idealstruktur“ nach dem Stand der Technik zu entwerfen. Die Entwicklung dieser Variante diente aus konzeptioneller Sicht ausschließlich der Bestimmung einer unteren „Leitplanke“ und wurde somit von den „realisierbaren“ Szenarien abgegrenzt, die ihrerseits unter anderem hinsichtlich der Umsetzbarkeit unter wirtschaftlichen Kriterien zu bewerten waren.

Auf Basis von Tabelle 5 wurde der Vorschlag für ein bivalentes Wärmeversorgungssystem mit minimaler CO<sub>2</sub>-Emission entwickelt. Dessen wesentliche Komponenten sind:

1. ein mit Klärgas betriebenes BHKW zur Wärmegrundlastversorgung
2. ein Scheitholzkessel zur Spitzenlastversorgung
3. eine Ringleitung mit Wärmespeicher- und -verteilungsfunktion als konstituierendes Element eines lokalen Nahwärmenetzes<sup>13</sup> auf der Liegenschaft.

Grund- und Spitzenlastversorger sind im Bereich der Liegenschaft untergebracht und bilden die Wärmezentrale. Hier befindet sich auch die Kopfstation des Nahwärmerings (Abbildung 13). Auf Grundlage der angenommenen Verbrauchswerte für Heizung und TWW (vgl. Tabelle 8) und der UBA-Tabelle (Tabelle 5) verbliebe bei Realisierung der „energetischen Idealstruktur“ eine durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Emission von 88 t/Jahr.



**Abbildung 13: Prinzipskizze der energetischen Idealstruktur**

Eigene Darstellung; Bildnachweis: [www.ismo-anlagenbau.com](http://www.ismo-anlagenbau.com), [www.nabenhauer.de](http://www.nabenhauer.de)

<sup>13</sup> Als Best-Practice-Beispiel gilt das Nahwärmenetz auf einem ehemaligen Militärstandort im bayerischen Bad Aibling, bei dem ein intelligentes Steuerungssystem u.a. die Einbindung solarer Wärme regelt und damit die bedarfsgerechte Energieerzeugung mit der optimalen Nutzung regenerativer Energiequellen verbindet.  
vgl. <http://www.ikz.de/nc/news/article/militaerstaetuepunkt-wird-zur-nullenergie-stadt-br-001.html>



### 4.3 Szenarien eines realisierbaren Endzustands

Im weiteren Verlauf waren „Szenarien eines realisierbaren Endzustands“ zu entwickeln und hinsichtlich der zu erwartenden CO<sub>2</sub>-Emissionen zu modellieren (Abbildung 14). Aus wissenschaftlicher Sicht können die bereits gewonnenen Erkenntnisse in ein Szenario-Modell überführt werden. Dessen Ausgangspunkt bildet die modellierte CO<sub>2</sub>-Startbilanz des Testgebiets für das Untersuchungsjahr (Emission von 787 t/a), der als Referenz- und Bezugswert bei der Darstellung möglicher Einspareffekte dient. Der Entwicklungspfad „Stand der Technik“, modelliert anhand der im Rahmen normaler Erneuerungszyklen zu erwartenden Maßnahmen, bildet die obere Begrenzung des Möglichkeitsraums innerhalb des Szenariotrichters. Gemäß der Prämissen zum Vorteil von Quartierslösungen gegenüber Einzelhauslösungen müssen alle zu entwickelnden Szenarien den CO<sub>2</sub>-Emissionswert dieses Entwicklungspfades (725 t/a) unterschreiten. Analog dazu bildet der Entwicklungspfad „energetische Idealstruktur“ die untere Begrenzung des Möglichkeitsraums (88t/a). Zwischen diesen beiden Werten sollen sich die Emissionen der zu entwickelnden Szenarien eines realisierbaren Endzustands bewegen.

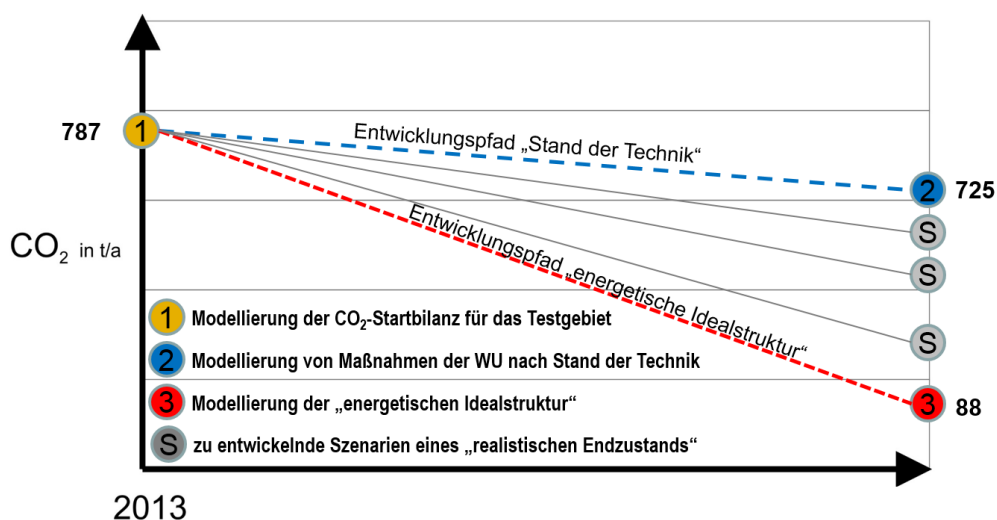
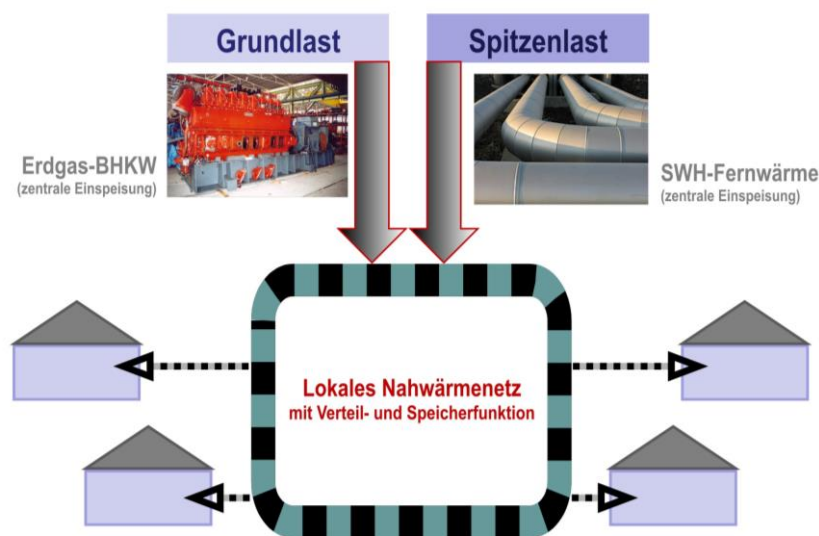


Abbildung 14: Szenariotrichter mit Möglichkeitsraum zwischen den Entwicklungspfaden „Stand der Technik“ und „energetische Idealstruktur“

#### 4.3.1 Szenario I: Erdgas-BHKW + Fernwärme, Nahwärmenetz (Contractor)

Grundsätzliche Motivation dieses Szenarios (Abbildung 15) ist die Einbindung der vorhandenen Versorgungssysteme (Gas und Fernwärme) in ein Nahwärmenetz, um somit auf Basis der vorhandenen Infrastruktur und deren Ergänzung durch zusätzliche Wärmeerzeugungs- und -verteilkomponenten Effizienzgewinne zu erzielen.

Die Grundlastversorgung an Wärme für die Beheizung der Wohngebäude des Quartiers wird über ein Erdgas-BHKW mit Kraft-Wärme-Kopplung vorgenommen. Für den Betrieb des BHKW kann die bestehende Gasversorgung genutzt werden. Die Auslegung des BHKW erfolgt auf ca. 20 % der benötigten Heizlast und eine Betriebsstundenzahl von > 4000 h. Zur Spitzenlastwärmeversorgung ist ein zentraler Fernwärme-Einspeisepunkt durch Neuverlegung zu schaffen. Die gesamte Technik wird separat in einem zentralen Technikgebäude (Neubau) untergebracht. Szenario I weist in technischer Hinsicht sowohl klare Vorteile als auch Nachteile auf. Klarer Vorteil beim Einsatz von zentraler Technik ist der verringerte Wartungsaufwand gegenüber dezentraler Technik. Der mittels BHKW als Wärmegrundlasterzeuger parallel erzeugte Strom könnte darüber hinaus in öffentlichen Bereichen der Liegenschaft genutzt werden. Zur Reduzierung mit dem Betrieb des BHKW einhergehender Geräuschemissionen sind, insbesondere in Wohngebieten, Maßnahmen vorzusehen.



**Abbildung 15: Prinzipskizze Szenario I**

Eigene Darstellung; Bildnachweis: [www.romecon-expert.de](http://www.romecon-expert.de), [www.energiewelt.de](http://www.energiewelt.de)

Ein positiver Aspekt dieses Szenarios ist, aufgrund des eingesetzten Grundlasterzeugers, die Inanspruchnahme eines relativ klein dimensionierten, d.h. in seiner Anschlussleistung reduzierten und damit kostengünstigeren Fernwärmeanschlusses. Dieser muss allerdings als zentrale Fernwärmebereitstellung neu verlegt werden. Die bestehende Gas- bzw. Fernwärmeversorgung der Einzelgebäude ist zurückzubauen. Maßgeblicher Vorteil der zentralen Wärmeversorgung und Verteilung über ein neu zu errichtendes, örtliches Nahwärmenetz ist die Möglichkeit, dieses Netz als Pufferspeicher zu nutzen; zugleich treten in einem solchen Netz jedoch auch Wärmeverluste auf. Die Realisierung dieses Szenarios ist über ein Contracting vorgesehen. Hierbei übernimmt ein erfahrener Energiedienstleister die Finanzierung und die Betreuung der zentralen Technik. Energie wird in der Form zur Verfügung gestellt, in der sie benötigt wird. Die Refinanzierung erfolgt über eine Contracting-Rate.

Szenario I überschreitet den CO<sub>2</sub>-Emissionswert des Pfads „Stand der Technik“ (Tabelle 9).

#### 4.3.2 Szenario II: Biogas-BHKW + Erdgas-Brennwertkessel, Nahwärmenetz (Contractor)

Grundsätzliche Motivation von Szenario II ist der Ersatz fossiler Brennstoffe in der Wärmegrundlastversorgung durch regenerative Energien (Biogas) in Kombination mit einem Erdgas-Brennwert-Spitzenlastkessel und deren Einbindung in ein Nahwärmenetz (Abbildung 16), um somit einerseits die CO<sub>2</sub>-Bilanz deutlich zu verbessern und andererseits auf Basis vorhandener Medien (Erdgas) Effizienzgewinne zu erzielen.

Die Grundlastversorgung an Wärme für die Beheizung der Wohngebäude des Quartiers wird über ein biogasbetriebenes BHKW vorgenommen. Die Auslegung des BHKW erfolgt wie in Szenario I auf ca. 20 % der benötigten Heizlast und eine Betriebsstundenzahl von > 4000 h. Die Spitzenlastversorgung wird über zentrale Gasbrennwerttechnik realisiert. Die Wärmeverteilung erfolgt über ein neu zu errichtendes, örtliches Nahwärmenetz. Die zentrale Technik wird separat in einem Technikgebäude untergebracht (Wärmezentrale). Die bestehende Gas- bzw. Fernwärmeversorgung der Einzelgebäude ist zurückzubauen.

Aus technischer Sicht weist ein mit Biogas betriebenes BHKW die gleichen Vor- und Nachteile auf wie ein Erdgas-BHKW. Hinzu kommt jedoch, dass in diesem Szenario von „echtem Biogas“ ausgegangen wird, das nicht bilanziell über das Gasnetz bezogen werden kann. Dafür ist stattdessen ein separater Biogasspeicher auf der Liegenschaft unterzubringen. Wesentlicher Vorteil der gewählten Kombivariante ist die Nutzung der vorhandenen Erdgasbereitstellung im Quartier für die Spitzenlastversorgung.

Die in Szenario I dargelegten Vor- und Nachteile von Nahwärmenetzen und der verminderte Wartungsaufwand zentraler Technik gelten analog. Die Realisierung dieses Szenarios ist über ein Contracting vorgesehen (s.o.).

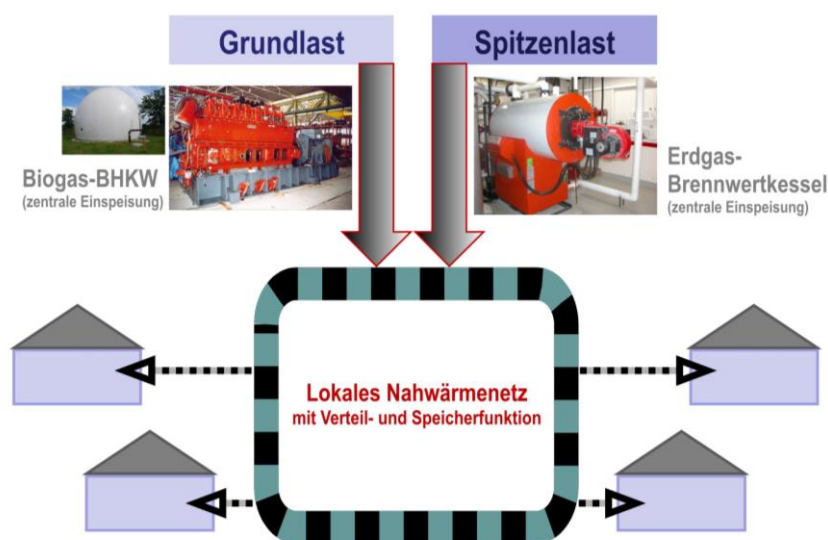


Abbildung 16: Prinzipskizze Szenario II

Eigene Darstellung; Bildnachweis: [www.biogas-anlagenbau-n-e-st.de](http://www.biogas-anlagenbau-n-e-st.de), [www.romecon-expert.de](http://www.romecon-expert.de), [de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org)

### 4.3.3 Szenario III: Biogas-BHKW + Bestandstechnik, Nahwärmenetz (Contractor)

Grundsätzliche Motivation von Szenario III ist der Ersatz fossiler Brennstoffe in der Wärmegrundlastversorgung durch regenerative Energien (Biogas) in Kombination mit der in den Wohngebäuden vorhandenen Anlagentechnik, die zur Spitzenlastabdeckung weitergenutzt wird (Erdgas-Brennwertkessel bzw. Fernwärmeanschluss einzelner Gebäude). Mit der Einbindung des regenerativen Grundlasterzeugers in ein Nahwärmenetz (Abbildung 17) soll die CO<sub>2</sub>-Bilanz deutlich verbessert werden, andererseits sollen auf Basis vorhandener Technik Effizienzgewinne erzielt werden.

Die Grundlast an Wärme für die Beheizung der Wohngebäude des Quartiers wird wie bei Szenario II über ein biogasbetriebenes BHKW erzeugt (separates Technikgebäude) und über ein neu zu errichtendes, örtliches Nahwärmenetz verteilt. Die Spitzenlastversorgung wird über die dezentralen Wärmeerzeuger im Bestand realisiert.

Die Vor- und Nachteile von BHKWs im Allgemeinen sowie von Biogas-BHKWs samt separaten Speichern gelten analog Szenario II. Das gleiche gilt für die bereits dargelegten Vor- und Nachteile von Nahwärmenetzen. Nachteilig erscheint, dass das bestehende Gasnetz und die teilweise vorhandene Fernwärmeversorgung parallel weiterbetrieben werden müssen, was den erklärten Entflechtungsbemühungen seitens der EVH widerspricht. Für die Gebäudeeigentümer stellt sich dies unter wirtschaftlichen Aspekten als Vorteil dar, da die Anlagentechnik im Bestand (vorhandene Gas- und Fernwärmeversorgung) für die Spitzenlastversorgung des Quartiers weiterhin genutzt werden kann (keine Demontage noch nicht abgeschriebener Anlagen notwendig). Aufgrund der Nutzung der dezentralen Technik im Bestand ist jedoch mit höheren Wartungskosten gegenüber zentralen Varianten zu rechnen.

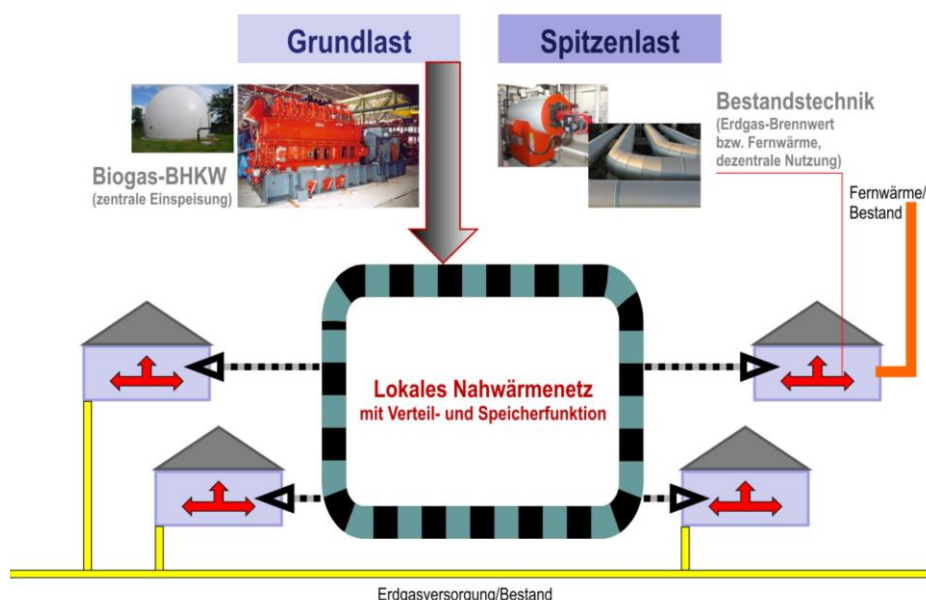


Abbildung 17: Prinzipskizze Szenario III

Eigene Darstellung; Bildnachweis: biogas-anlagenbau-n-e-st.de, romecon-expert.de, de.wikipedia.org, energiewelt.de

#### 4.3.4 Szenario IV: Solarthermie + Pelletanlage, Nahwärmenetz (Contractor)

Grundsätzliche Motivation von Szenario IV ist die vollständige Umstellung der bisher auf fossilen Energieträgern basierenden Quartierswärmeversorgung auf regenerative Energien und deren Einbindung in ein Nahwärmenetz (Abbildung 18). In Folge dessen würden die bestehende Infrastruktur (Gas/ Fernwärme) sowie die bestehende dezentrale Anlagentechnik bei dieser Versorgungsvariante nicht weiter genutzt und wären zurückzubauen.

Die Grundlast des Wärmebedarfs des Quartiers wird bei dieser Variante über eine dezentral konzipierte Solarthermieanlage abgedeckt. Hierbei werden die Solarkollektoren ausschließlich auf den Süddächern der sieben in Ost-West-Richtung angeordneten Wohngebäude installiert. Damit wird eine solare Deckungsrate von ca. 25 % des Gesamtwärmebedarfs der Liegenschaft erreicht. Die solar gewonnene Wärme wird zum einen direkt in den zugehörigen Gebäuden genutzt, zum anderen in das Nahwärmenetz eingespeist (intelligente Steuerung). Die Spitzenlastversorgung wird über eine zentrale Pelletanlage realisiert. Diese wird separat in einem Technikgebäude untergebracht. Die Verteilung der ausschließlich über erneuerbare Energien erzeugten Wärme erfolgt über ein neu zu errichtendes, örtliches Nahwärmenetz.

Die kostengünstige Gewinnung solarer Wärme im Quartier und deren Zwischenspeicherung im Nahwärmenetz sprechen für Szenario IV; zugleich treten in einem solchen Netz jedoch auch Wärmeverluste auf. Diese Verteilungsverluste können bei diesem Szenario temporär über Solarthermie ausgeglichen werden, was als wesentlicher Vorteil dieser Kombination zu werten ist. Ein Nachteil ist der relativ hohe Wartungsaufwand des Betriebs der Pelletanlage. Zudem muss ein zentrales Pelletlager (ca. 135 m<sup>3</sup> bei 6 Befüllungen pro Jahr) errichtet werden. Nachteilig sind Geräuschemissionen im Betrieb analog BHKW.

Die Realisierung des Szenarios ist über ein Contracting vorgesehen.

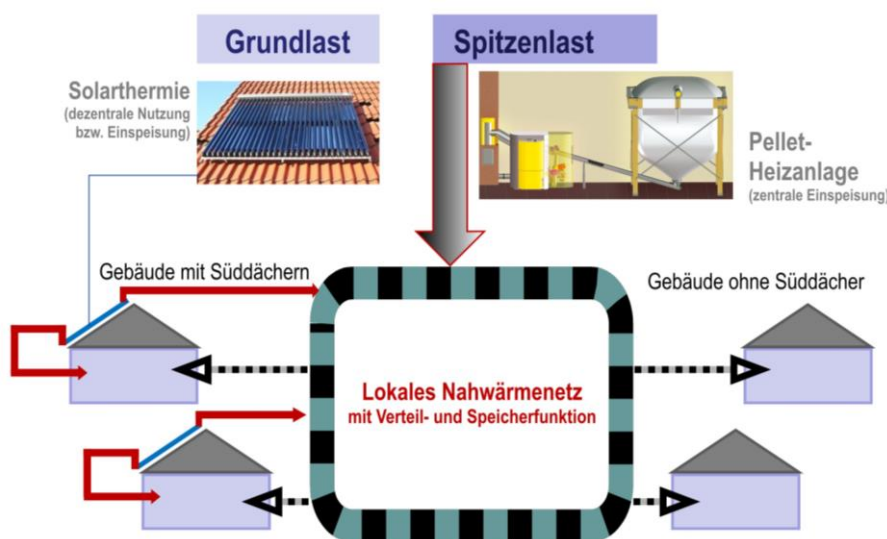


Abbildung 18: Prinzipskizze Szenario IV

Eigene Darstellung; Bildnachweis: [www.trace-ltd.de](http://www.trace-ltd.de), [www.paradigma-hungaria.hu](http://www.paradigma-hungaria.hu)

#### 4.3.5 Szenario V: Solarthermie + Erdgas-Brennwertkessel, Nahwärmenetz (Contractor)

Grundsätzliche Motivation von Szenario V ist die teilweise Umstellung der bisher auf fossilen Energieträgern basierenden Quartierswärmeversorgung auf regenerative Energien (Solarwärme) in Kombination mit der vorhandenen Gasversorgung des Quartiers und deren Einbindung in ein Nahwärmenetz (Abbildung 19).

Die Grundlast des Wärmebedarfs des Quartiers wird bei dieser Variante analog Szenario IV über eine Solarthermieanlage auf den Süddächern abgedeckt. Die Spitzenlastversorgung übernimmt zentrale Gasbrennwerttechnik, die separat in einem Technikgebäude untergebracht wird. Die Verteilung der Wärme erfolgt über ein neu zu errichtendes, örtliches Nahwärmenetz. Die bestehende Gas- bzw. Fernwärmeversorgung der Einzelgebäude ist zurückzubauen.

Die Aussagen zur solarthermisch erzeugten Grundlast, deren Verteilung und temporärer Speicherung gelten analog Szenario IV. Die Nutzung der bestehenden Gasversorgung für einen zentralen Brennwertkessel mit geringem Wartungsaufwand ist zudem ein Vorteil dieser Variante.

Die Realisierung des Szenarios ist über ein Contracting vorgesehen.

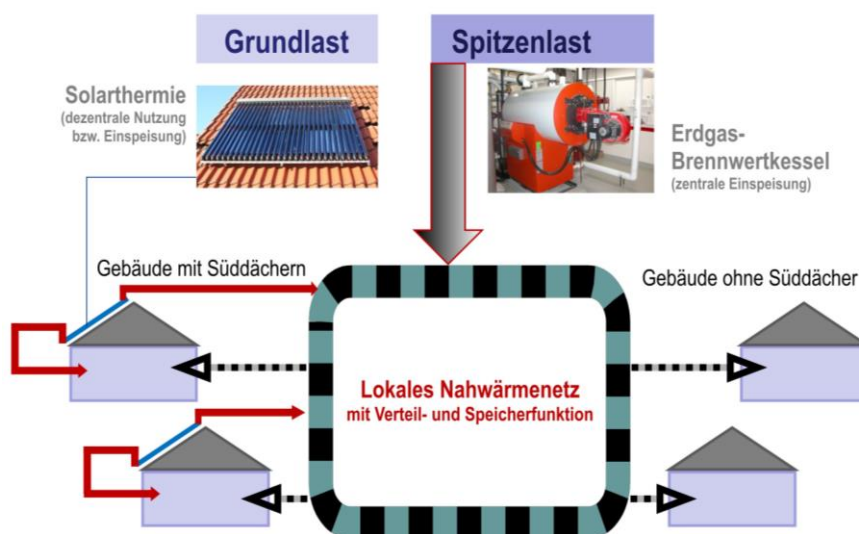


Abbildung 19: Prinzipskizze Szenario V

Eigene Darstellung; Bildnachweis: [www.trace-ltd.de](http://www.trace-ltd.de), [de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org)



#### 4.3.6 Szenario VI: Solarthermie + Fernwärme, Nahwärmenetz (Contractor)

Grundsätzliche Motivation von Szenario VI ist die teilweise Umstellung der bisher auf fossilen Energieträgern basierenden Quartierswärmeversorgung auf regenerative Energien (Solarwärme) in Kombination mit der im Gebiet anliegenden Fernwärme und deren Einbindung in ein Nahwärmenetz (Abbildung 20). Hintergrund ist die Analyse von Kombinationsmöglichkeiten von erneuerbaren Energien mit der EVH-Fernwärme, die sich ihrerseits durch einen relativ geringen Primärenergiefaktor auszeichnet.

Die Grundlast des Wärmebedarfs des Quartiers wird analog den Szenarien IV und V über eine Solarthermieanlage auf den Süddächern realisiert. Zur Spitzenlastwärmeversorgung ist ein zentraler Fernwärme-Einspeisepunkt durch Neuverlegung zu schaffen. Die zentrale Fernwärmestation für das Quartier wird separat in einem Technikgebäude (Neubau) untergebracht. Die Verteilung der Wärme auf dem Quartier erfolgt über ein neu zu errichtendes, örtliches Nahwärmenetz. Die bestehende Gas- bzw. Fernwärmeversorgung der Einzelgebäude ist zurückzubauen.

Die Aussagen zur solarthermisch erzeugten Grundlast, deren Verteilung und temporärer Speicherung gelten analog Szenario IV/V. Als Nachteil dieses Szenarios kann die Neuverlegung der zentralen Fernwärmebereitstellung genannt werden. Die bestehende Gas- bzw. Fernwärmeversorgung der Einzelgebäude ist zurückzubauen. Zudem muss, aufgrund des nur temporär zur Verfügung stehenden Grundlasterzeugers und damit in klarer Abgrenzung zu Szenario I, der Leistungspreis für Fernwärme in vollem Umfang entrichtet werden.

Die Realisierung des Szenarios ist über ein Contracting vorgesehen.

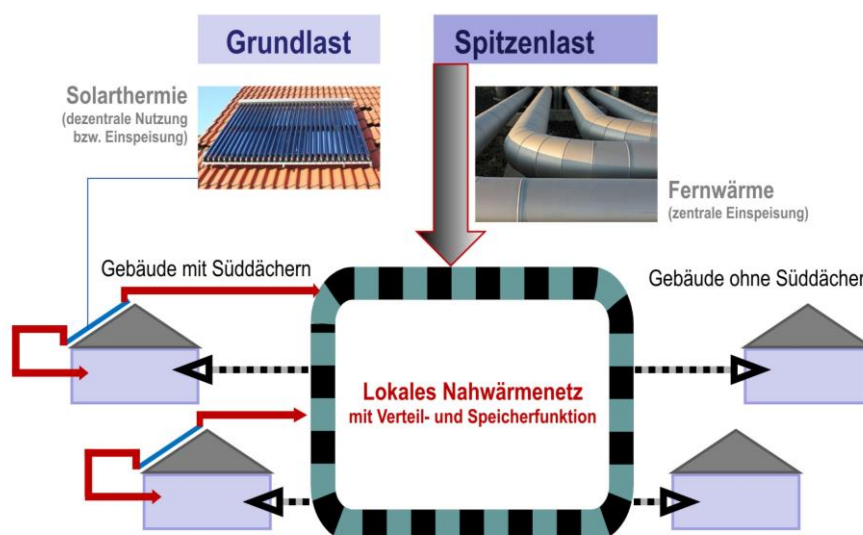


Abbildung 20: Prinzipskizze Szenario VI

Eigene Darstellung; Bildnachweis: [www.trace-ltd.de](http://www.trace-ltd.de), [www.energiwelt.de](http://www.energiwelt.de)



#### 4.3.7 Szenario VII: Mini-BHKW + Bestandstechnik, Weiternutzung hausinterner Verteilungssysteme

Grundsätzliche Motivation von Szenario VII (Abbildung 21) ist die Minimierung der Investitionskosten für eine effiziente Grundlastversorgung durch Mini-BHKWs bei weitestgehender Weiternutzung der bestehenden Anlagentechnik in den Wohngebäuden.

Die Grundlastversorgung an Wärme für die Beheizung der Wohngebäude des Quartiers wird über dezentrale, erdgasbetriebene Mini-BHKW in den einzelnen Wohngebäuden realisiert. Diese werden jeweils auf maximal 20 % der benötigten Heizlast und eine Betriebsstundenzahl von > 4000 h ausgelegt. Die Spitzenlastversorgung wird über die vorhandenen, dezentralen Wärmeerzeuger (Erdgas/Fernwärme) realisiert. Bei bisher ausschließlich über Fernwärme versorgten Wohngebäuden ist die Neuverlegung der Gasversorgung für die Mini-BHKW erforderlich.

Auch für die Mini-BHKW-Variante ist von Vorteil, dass der über Kraft-Wärme-Kopplung erzeugte Strom für den Eigenverbrauch genutzt oder in das Netz des öffentlichen Energieversorgers eingespeist werden kann. Aufgrund der geringen Grundlast pro Gebäude ist die Größenordnung des Eigenverbrauchs als eher gering zu bewerten. Die Nutzung der Bestandstechnik (vorhandene Gas- und Fernwärmeversorgung) im Quartier für die Spitzenlastversorgung ist ein wesentlicher Investitionskostenvorteil dieser Variante, wobei jedoch mit höheren Wartungskosten gegenüber zentralen Varianten zu rechnen ist. Zudem müssen das bestehende Gasnetz und die teilweise vorhandene Fernwärmeversorgung parallel aufrechterhalten werden, was den erklärten Entflechtungsbemühungen seitens der EVH widerspricht. Es sind Maßnahmen zur Reduzierung der Geräuschemissionen der Mini-BHKW vorzusehen. Die Kosten für das Nahwärmenetz können gespart werden, womit auch dessen spezifische Vor- und Nachteile entfallen. Mit der Umsetzung dieser Variante wird zudem der Gemeinschaftsgedanke des Projektes, der die Vorteile von Quartierslösungen aufgreift, nicht weiter verfolgt.



Abbildung 21: Prinzipskizze Szenario VII

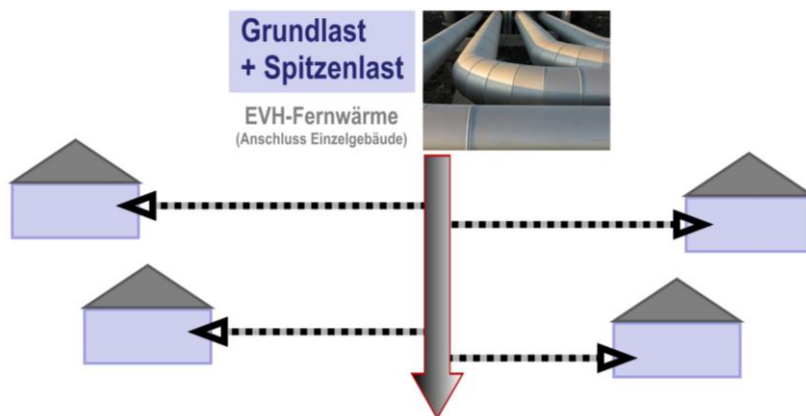
Eigene Darstellung; Bildnachweis: [www.ihr-bhkw.de](http://www.ihr-bhkw.de), [de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org), [www.energiewelt.de](http://www.energiewelt.de)

#### 4.3.8 Szenario VIII: Fernwärmeversorgung der Einzelgebäude

Grundsätzliche Motivation von Szenario VIII (Abbildung 22) ist die komplette Fernwärmeversorgung des Quartiers. Hintergrund ist die Erweiterung des bisherigen Quartiersgedankens auf den ausschließlichen Einsatz der EVH-Fernwärme, die sich durch ihren relativ geringen Primärenergiefaktor auszeichnet. Dies erlaubt zudem anhand eines konkreten Quartiers den Vergleich von CO<sub>2</sub>-Emissionen dezentraler und zentraler Wärmeversorgungs-systeme.

Die Grund- und Spitzenlastversorgung an Wärme für die Beheizung der Wohngebäude des Quartiers wird über dezentrale Fernwärmestationen vorgenommen. Dabei kann die bestehende Fernwärme-Infrastruktur weitergenutzt werden, erforderlich ist deren Ausweitung auf die bisher mit dezentralen Wärmeerzeugern auf Gasbasis ausgestatteten Wohngebäude. Die Technik zur Wärmeversorgung (Fernwärmestation) wird im jeweiligen Wohngebäude untergebracht.

Die teilweise Nutzung der Technik im Bestand (vorhandene Fernwärmeversorgung) im Quartier ist ein Vorteil dieser Variante. Da derzeit der geringere Teil der Gebäude über Erdgas versorgt wird, ist die Neuverlegung von Fernwärmeanschlüssen für den überwiegenden Teil der Gebäude des betrachteten Quartiers erforderlich. Dafür ist mit dem Komplettrückbau des Gasnetzes eine konsequente Entflechtung möglich. Mit dieser dezentralen Variante können zudem, wie in Szenario VII, die Kosten für das Nahwärmenetz mit Pufferspeicher gespart werden. Zu beachten ist, dass der Gemeinschaftsgedanke des Projektes nicht auf Quartiersebene vermittelt wird, sondern auf die Ebene des gesamten Fernwärmeversorgungsgebiets projiziert werden muss. Aufgrund der fehlenden Nahwärmeverteilung und der somit nicht realisierbaren Synergieeffekte zwischen den Gebäuden im Quartier ergeben sich pro Wohngebäude höhere Fernwärmeanschlussleistungen.



**Abbildung 22: Prinzipskizze Szenario VIII**

Eigene Darstellung; Bildnachweis: [www.energiwelt.de](http://www.energiwelt.de)

#### 4.4 Gegenüberstellung der Szenarien bezüglich CO<sub>2</sub>-Bilanz und Investitionskosten

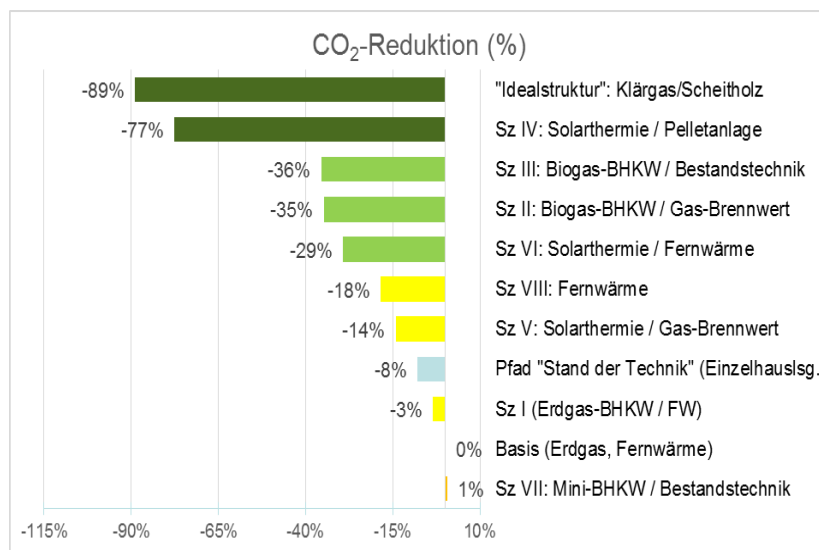
Im Anschluss an die Entwicklung und Definition der einzelnen Szenarien sowie die jeweilige Benennung technologischer Vor- und Nachteile erfolgte deren Gegenüberstellung in einer Auswertungstabelle (Tabelle 9). Diese Übersicht erlaubt zum einen den Vergleich zwischen Idealstruktur und den einzelnen Szenarien bzw. der Szenarien untereinander hinsichtlich der erforderlichen Komponenten. Zum anderen enthält die Tabelle essenzielle Informationen für eine Szenarienbewertung nach der zentralen Aufgabenstellung, der CO<sub>2</sub>-Reduzierung gegenüber dem IST-Zustand. Basis für die Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Mengen in **Spalte 3** bildete die Beschreibung des jeweiligen Szenarios unter Kap. 4.3. In die anteilige Aufteilung der Wärmemengen für Grund- und Spitzenlastversorgung sind Erfahrungswerte eingeflossen, die sich aus Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen bivalenter Wärmeversorgungssysteme ergeben. Konkret erfolgte die überschlägige Dimensionierung der jeweiligen Anlage mit dem Ziel möglichst hoher CO<sub>2</sub>-Einsparungen gegenüber dem Bestand bei Erreichung einer wirtschaftlichen Darstellbarkeit. Für die Bemessung der Hilfsenergie wurden die erforderlichen Energiemengen für den Pumpenbetrieb zur Verteilung der zentral (Szenario I-VI) bzw. dezentral (Szenario VII-VIII) erzeugten Wärme zugrundegelegt. Die einzelnen CO<sub>2</sub>-Mengen sind in **Spalte 4** summiert und in **Spalte 5** gegenüber dem IST-Zustand bilanziert worden (CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial bezogen auf den modellierten jährlichen Durchschnittsverbrauch). **Spalte 6** können die kalkulierten Projektkosten entnommen werden, diese enthalten die Investitionskosten für die technologischen Hauptkomponenten des jeweiligen Szenarios sowie einen pauschalierten Zuschlag für Planungskosten etc. Explizit nicht enthalten sind weitere Kosten, die im Rahmen eines Modellprojekts nicht abgebildet werden können, sondern erst mit der Übertragung der jeweiligen technologischen Lösung auf ein konkretes Quartier seriös kalkulierbar sind (z.B. Kosten für Grunderwerb, Umverlegung von Leitungen, Umfeldgestaltung etc.). **Spalte 7** enthält die auf Basis der kalkulierten Projektkosten sowie der modellierten CO<sub>2</sub>-Emissionen berechneten, szenariospezifischen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten in €/t<sub>CO2</sub>. Dieser Vermeidungswert erlaubt einen Effizienzvergleich bezüglich der unterschiedlich hohen, spezifischen Investitionskosten. Damit wird ein Entscheidungskriterium generiert, das unter der primären Zielstellung der CO<sub>2</sub>-Vermeidung Entscheidungsoptionen aufzeigt. Dies ist freilich nur für einen „idealen Investor“ von Belang, der als Anbieter von Quartierslösungen über gewisse Freiheitsgrade bei der Kalkulation der realen Wärmekosten verfügt (z.B. als Contractor). Die Wohnungsgenossenschaften kommen als Adressat dieses Vergleichs nur sehr eingeschränkt in Frage, da für sie u.a. die Frage der Umlegbarkeit von energetischen Innovationen ein wesentliches Entscheidungskriterium darstellt. Auch die Vergleichbarkeit mit anderen Erhebungen zu CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten, etwa im produzierenden Gewerbe oder im Straßenverkehr, ist aufgrund der gewählten Vorgehensweise nur sehr bedingt möglich.

Szenario	Grundlast + Spitzenlast; Verteilung	Aufteilung CO <sub>2</sub> -Emissionen	CO <sub>2</sub> -Emission gesamt	CO <sub>2</sub> -Bilanz gegen-über IST	kalkulierte Projektkosten (Brutto)	CO <sub>2</sub> - Vermeidungs- kosten
Ideal- struktur	<u>zentral</u> Klärgas BHKW + Scheitholzessel; Nahwärmenetz (Contractor)	(1) Klärgas-BHKW - 0 t/a (2) Scheitholzessel - 19 t/a (3) Hilfsenergie - 69 t/a	88 t/a	-699 t/a	> 10.000.000 €	> 14.327 €/t
I	<u>zentral</u> BHKW + Fernwärme; Nahwärmenetz (Contractor)	(1) Erdgas-BHKW - 361 t/a (2) Fernwärme - 329 t/a (3) Hilfsenergie - 69 t/a	759 t/a	-28 t/a	2.280.000 €	84.133 €/t
II	<u>zentral</u> Biogas-BHKW + Gasbrennwertkessel Nahwärmenetz (Contractor)	(1) Biogas-BHKW - 32 t/a (2) Brennwertkessel - 412 t/a (3) Hilfsenergie - 69 t/a	513 t/a	-274 t/a	2.204.000 €	8.073 €/t
III	<u>zentral</u> Biogas-BHKW + Technik Bestand; Nahwärmenetz (Contractor)	(1) Biogas-BHKW - 32 t/a (2) Bestand - 406 t/a (3) Hilfsenergie - 69 t/a	507 t/a	-280 t/a	2.153.000 €	7.717 €/t
IV	<u>zentral</u> Solarthermie + Pelletanlage; Nahwärmenetz (Contractor)	(1) Solarthermie - 26 t/a (2) Pelletkessel - 82 t/a (3) Hilfsenergie - 69 t/a	177 t/a	-610 t/a	4.803.000 €	7.887 €/t
V	<u>zentral</u> Solarthermie + Gasbrennwertkessel; Nahwärmenetz (Contractor)	(1) Solarthermie - 26 t/a (2) Brennwertkessel - 580 t/a (3) Hilfsenergie - 69 t/a	675 t/a	-112 t/a	4.302.000 €	38.757 €/t
VI	<u>zentral</u> Solarthermie + Fernwärme; Nahwärmenetz (Contractor)	(1) Solarthermie - 26 t/a (2) Fernwärme - 462 t/a (3) Hilfsenergie - 69 t/a	557 t/a	-230 t/a	4.474.000 €	19.512 €/t
VII	<u>dezentral</u> Mini-BHKWs + Technik Bestand; Nutzung vorhand. hausinterne Verteilungssysteme	(1) Mini-BHKW - 361 t/a (2) Bestand - 406 t/a (3) Hilfsenergie - 25 t/a	792 t/a	+ 5 t/a	1.633.000 €	keine CO <sub>2</sub> - Ersparnis
VIII	<u>dezentral</u> Fernwärme; Einzelgebäude-Anschluss an FW- Netz/HAST	(1) Fernwärme - 616 t/a (2) Hilfsenergie - 25 t/a	641 t/a	-146 t/a	1.256.000 €	8.662 €/t

Tabelle 9: Zusammenfassende Übersicht  
der Szenarien

Die Übersicht der für die untersuchten Szenarien erforderlichen technologischen Hauptkomponenten zeigt die große finanzielle Bandbreite möglicher Investitionen. Am günstigsten stellen sich die Szenarien dar, die vollständig oder teilweise auf die Nutzung vorhandener Anlagentechnik bzw. Infrastruktur setzen (Szenarien VII und VIII). Es folgen Varianten, die ebenfalls vorhandene Medien nutzen, aber durch Errichtung eines Nahwärmenetzes Effizienzgewinne erzielen (Szenarien I, II, III). Am teuersten sind Lösungen, die die vorhandenen Technologien teilweise oder vollständig durch regenerative Energieerzeuger ersetzen (Szenarien IV, V, VI). Diese liegen kostenseitig bei weniger als 50% der Idealstruktur.

Da die CO<sub>2</sub>-Reduktion für die vorliegende Aufgabenstellung eine wesentliche Messgröße darstellt, erscheint eine entsprechende Klassifizierung der Szenarien sinnvoll (Abbildung 23). Dies zeigt, dass neben der Idealstruktur allein das „vollregenerative“ Szenario IV eine Reduktion von deutlich mehr als 50% erreicht. Mit größerem Abstand folgen die Szenarien III, II und VI, deren Gemeinsamkeit in der Kombination konventioneller Energieträger mit erneuerbaren Energien liegt. Diese erreichen etwa ein Drittel CO<sub>2</sub>-Reduktion gegenüber der Basis (IST-Zustand). Gegenüber dieser Klasse erreichen die Szenarien VIII und V etwa die Hälfte des Einsparvolumens. Interessant erscheint hierbei, dass die EVH-Fernwärme trotz ihres „fossilen“ Charakters gegenüber dem „halbregenerativen“ Szenario V eine bessere CO<sub>2</sub>-Bilanz aufweist. Die geringste Reduktion gegenüber IST bzw. sogar eine negative CO<sub>2</sub>-Bilanz weisen die Szenarien I und VII auf. Dies zeigt, dass die Installation eines Nahwärmenetzes, das allein auf der Einbindung der vorhandenen Energien Erdgas und Fernwärme basiert, kaum Vorteile gegenüber der dezentralen Versorgung bietet. Demgegenüber zeigt der hier nachrichtlich aufgeführte Pfad „Stand der Technik“ mit einer unternehmensspezifischen Optimierung der vorhandenen Technik (Brennwerttechnik) eine deutlichere Reduzierung von ca. 8%.



**Abbildung 23: Vergleich der Szenarien nach relativer CO<sub>2</sub>-Reduktion gegenüber IST**

Innerhalb dieser drei Gruppen bestehen jedoch auch Unterschiede hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Bilanz, weshalb die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten als Vergleichs- und Orientierungsgröße sinnvoll erscheinen<sup>14</sup>. Diese Dimension (vgl. Tabelle 9, letzte Spalte) verdeutlicht, dass das relativ hohe Einsparpotenzial bei einigen Szenarien durch hohe spezifische Kosten begleitet wird, was deren Realisierungschancen schmälern könnte. Andererseits weisen andere Szenarien mit geringerem Einsparpotenzial geringere spezifische Kosten auf, was deren Multiplizierbarkeit erleichtern dürfte. Den statistischen Zusammenhang zwischen den absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen der entwickelten Szenarien und den geschätzten Investitionskosten für die Hauptkomponenten zeigt Abbildung 24, dargestellt als Bestimmtheitsmaß  $R^2=0,61$ <sup>15</sup>.

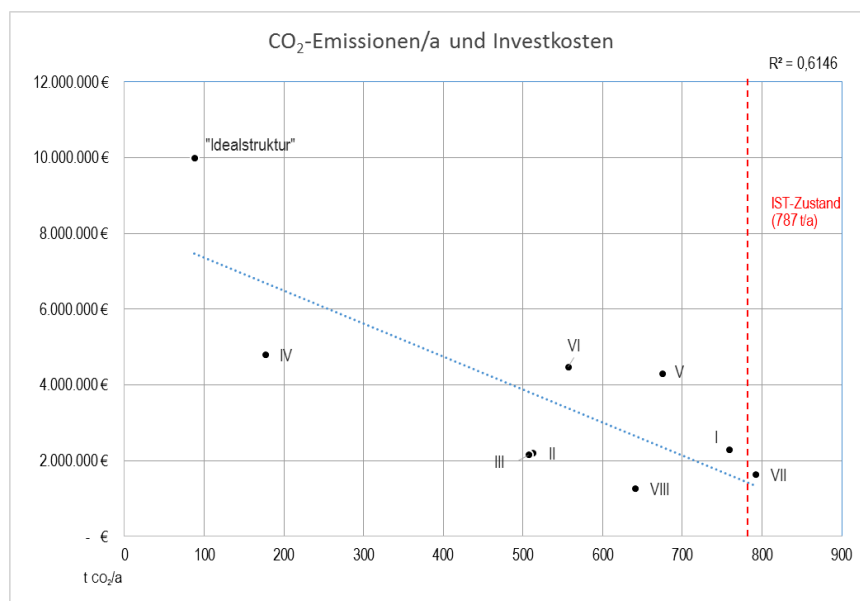


Abbildung 24: Investitionskosten und modellierte jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionen der entwickelten Szenarien

#### 4.5 Vergleich der Szenarien aus Sicht der Projektpartner

Die Szenarien wurden bei der Arbeitssitzung im November 2013 vorgestellt. Dabei wurden die bereits weiter oben ausgeführten technologischen Vor- und Nachteile der einzelnen Varianten thematisiert. Nach kurzer Diskussion wurde vereinbart, dass die einzelnen Projektpartner die jeweiligen Vor- und Nachteile der Varianten in Form einer leitfadengestützten Stellungnahme an das isw Institut übermitteln. Diese enthielt folgende *aus der jeweiligen Sicht* zu berücksichtigenden Gesichtspunkte (keine abschließende Auflistung):

<sup>14</sup> Die Vermeidungskosten bilden die Relation zwischen kalkulierten Projektkosten und der PRO JAHR eingesparten CO<sub>2</sub>-Menge ab. Um Vergleiche mit möglichen Vermeidungskosten in anderen Bereichen zu ermöglichen, müsste dieser Kostenwert durch die Nutzungsdauer (Abschreibungszeitraum) der Anlagentechnik dividiert werden. Damit würde das Verhältnis zwischen Investitionshöhe und während der Nutzungsdauer eingespartem CO<sub>2</sub> ersichtlich.

<sup>15</sup> Bei der einfachen Korrelation entspricht das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  dem Quadrat des Pearsonschen Korrelationskoeffizienten.  $R^2$  erklärt den Anteil der Variation von Y (hier: geschätzte Investitionskosten), der durch die lineare Regression mit X (hier: CO<sub>2</sub>-Emission) erklärt werden kann (hier: 61%). Der nicht durch die Regression erklärte Teil der Variation (hier: 39%) ist auf andere Einflussfaktoren zurückzuführen.

- Vorteile und Nachteile der vorgeschlagenen Lösungen
- Passfähigkeit mit jeweiligen Interessen bzw. Strategien
- Welche Szenarien halten Sie hinsichtlich des ausgewählten Quartiers für realisierbar, welche nur unter bestimmten Rahmenbedingungen, welche schließen Sie aus?
- Welche Aspekte würden Sie hinsichtlich der Übertragbarkeit auf andere Quartiere hervorheben?

Entsprechend der Kooperationsstruktur gingen bis Ende Dezember 2013 die folgenden schriftlichen Stellungnahmen ein:

- je eine Stellungnahme der beteiligten Wohnungsgenossenschaften FZWG, HW Freiheit, und WG Eisenbahn;
- zwei Stellungnahmen aus dem Bereich der Stadtwerke (Energieversorgung Halle GmbH, Energieversorgung Halle Netz GmbH)
- drei Stellungnahmen aus dem Bereich der Energiegemeinschaft Halle (Vorstand der Energiegemeinschaft, Vorstand der Fachgruppe Gas, Vorstand der Fachgruppe Fernwärme)
- eine Stellungnahme der Stadt Halle (Saale), abgestimmt zwischen dem Fachbereich Planen und dem Dienstleistungszentrum Klimaschutz).

Die Auswertung der Stellungnahmen wurde durch das isw, S&P sowie die regionalen Forschungspartner der Hochschule Merseburg sowie des Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik Halle vorgenommen. Diese werden im Folgenden verkürzt wiedergegeben.

### **Frohe Zukunft Wohnungsgenossenschaft (FZWG)**

Der Vorschlag, ein Nahwärmenetz mit Verteil- und Speicherfunktion zu errichten, wird insbesondere mit Blick auf die Einbeziehung solarer Einträge und deren Nutzung durch die Quartiersgemeinschaft begrüßt. Zugleich wird auf den erheblichen baulichen Aufwand und spezifische Nachteile von Nahwärmenetzen eingegangen. Die FZWG weist zudem auf die getätigten Investitionen hin. Zum einen sei modernste Technik installiert worden (Gas-Brennwert), zum anderen besteht aufgrund der Konzeption des Verteilsystems (Etagenstationen) eine prinzipielle technologische Offenheit gegenüber der Einbindung der Gebäude in ein Nahwärmenetz bzw. des Anschlusses an regenerative Energieerzeuger. Die FZWG betont besonders die Notwendigkeit des Zusammenwirkens der Eigentümer, „die für ein abgestimmtes und einheitliches Handeln die grundlegende Voraussetzung“ sei. Als realisierbare Szenarien werden die Varianten II und III gesehen, wobei die Ausgewogenheit zwischen CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Projektkosten als entscheidendes Kriterium genannt wird. Hinsichtlich der Übertragbarkeit der entwickelten Szenarien auf andere Quartiere erscheint der FZWG die Einbindung vorhandener Energieerzeuger in zu installierende Nahwärmenetze besonders relevant. Dies sei vor allem bei bereits getätigten Investitionen in erneuerbare Energien betriebswirtschaftlich sinnvoll. Demnach werden Effizienzgewinne auch in bereits sanierten Gebieten als möglich und wünschenswert erachtet.



### **Hallesche Wohnungsgenossenschaft „Freiheit“ (HWF)**

Die HWF konzentriert sich vorrangig auf technische Aspekte der entwickelten Szenarien. Die Biogas-Varianten II und III werden im Hinblick auf die vorgeschlagenen örtlichen Speicher kritisch gesehen, stattdessen wird die virtuelle Beschaffung von Biomethan über das bestehende Gasnetz und dessen Einspeisung in die bestehenden Anlagen befürwortet. Bezüglich der Einbindung der Bestandstechnik wird auf den notwendigen hohen Steuerungs- und Regelungsaufwand und den Einsatz „intelligenter“ Technik verwiesen. Die Einbindung solarthermischer Anlagen wird generell als problematisch betrachtet (Differenz Systemtemperaturen). Für die Nutzung von Pellets werden konkrete Gestaltungsvorschläge hinsichtlich technischer Parameter der Lagerung und der Anlagenauslegung unterbreitet, um deren Effizienz zu erhöhen. Speziell für Genossenschaften seien BHKW-Lösungen nur im Rahmen von Contractingmodellen denkbar, da die Vergütung des erzeugten Stroms „direkt den Nutzern des Gebäudes zu Gute kommen kann“. Die höheren Investitionskosten eines BHKW gegenüber einer Gaskesselanlage, kombiniert mit dem geringeren thermischen Wirkungsgrad, seien für eine Genossenschaft nicht darstellbar. Insgesamt favorisiert die HWF zum gegenwärtigen Zeitpunkt konventionelle Lösungen auf Erdgas- bzw. Fernwärmebasis.

### **Wohnungsgenossenschaft „Eisenbahn“ (WG Eisenbahn)**

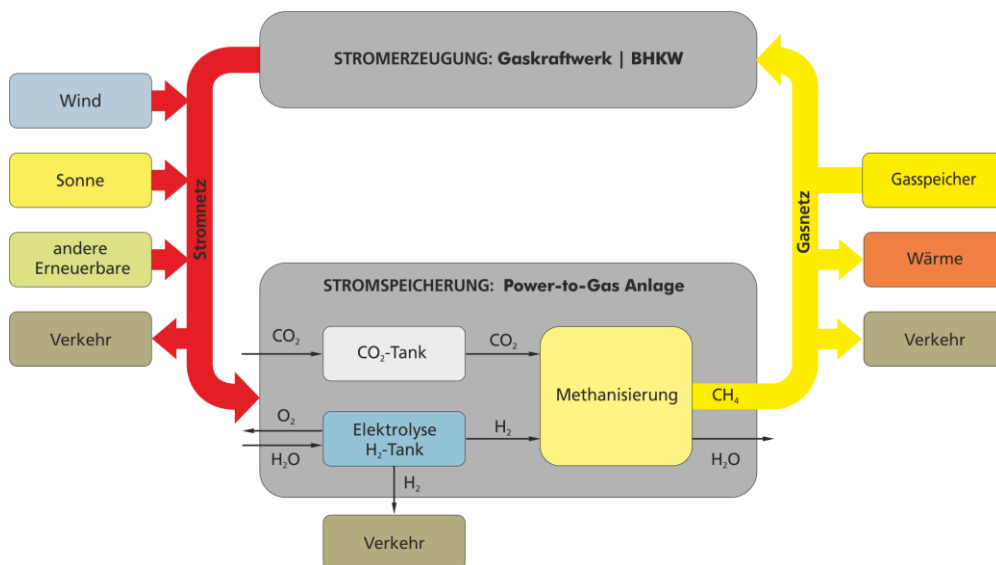
Hier werden zunächst die aus Unternehmenssicht unter den örtlichen Gegebenheiten nicht umsetzbaren Varianten ausgeschlossen. Dies betrifft die Szenarien, die Bio- oder Klärgas sowie Scheitholz oder Pellets verwenden. Des Weiteren wird vorgeschlagen, die vorhandenen Energieversorgungssysteme Erdgas und Fernwärme mit regenerativen Energieträgern zu kombinieren (Szenarien III, V, VI, VII) und gemeinsam in ein Nahwärmenetz einzuspeisen. Die Vorteile werden in der gemeinsamen Nutzung, Speicherung und Verteilung gesehen, was ein deutlicher Vorteil gegenüber Einzelgebäuelösungen sei. Eine deutliche Forderung wird in Richtung der Politik formuliert, die Rahmenbedingungen für unrentierliche energetische Maßnahmen im Bestand durch gezielte Investitionsförderung zu ermöglichen. Die WG Eisenbahn plädiert zudem für die Nutzung regenerativer Energien innerhalb der vorhandenen Infrastruktur (stärkere Beimischung regenerativ erzeugten Gases in das Erdgasnetz sowie Einspeisung und Speicherung solarthermisch erzeugter Wärme in das Fernwärmenetz). Diese Verfahrensweise ermögliche eine Multiplikation der erzielten Einsparungen auf mehrere Quartiere und nutze zudem bereits vorhandene Infrastrukturen und Anlagentechnik optimal aus.

### **Energieversorgung Halle GmbH (EVH)**

Die EVH setzt eingangs die Prämisse, dass bei Quartierslösungen die „gegenseitige Wechselwirkung im gesamten Umfeld“ zu berücksichtigen sei. Eine Verbesserung der Energieeffizienz innerhalb eines Quartiers dürfe nicht zu deren Verschlechterung auf gesamtstädtischer Ebene führen. Alleinig Favorit ist für die EVH das Szenario VIII (Fernwärme, konventioneller Anschluss über Hausanschlussstationen [HAST]). Dies wird mit der besonders effizienten

Erzeugung von Elektro- und Wärmeenergie im örtlichen Gas- und Dampfkraftwerk (GUD) begründet. Unter Hinweis auf den zertifizierten Primärenergiefaktor von 0,21 wird dargelegt, dass bei diesem Prozess die CO<sub>2</sub>-Einsparung an zentraler Stelle durch hocheffiziente Anlagentechnik mit bestmöglicher Brennstoffausnutzung realisiert wird. Dies sei „vergleichbar mit der Wärmebereitstellung aus nachwachsenden Rohstoffen“<sup>16</sup>. Als zusätzliche Maßnahmen, die zu einer Effizienzsteigerung durch technischen Fortschritt an zentraler Stelle einen sekundären CO<sub>2</sub>-Einspareffekt bei allen angeschlossenen Haushalten führen, werden in Aussicht gestellt:

- Bau eines neuen, größeren Fernwärmespeichers am GUD-Standort Dieselstraße
- Power-To-Heat: Erzeugung von Wärme aus „überschüssigem Windstrom“ (Anwendung Tauchsiederprinzip im Wärmespeicher)
- Power-To-Gas (Abbildung 25): Elektrolytische Wasserzerlegung mithilfe regenerativ gewonnener Energie und Nutzung des gewonnenen Wasserstoffs als Speichermedium; um H<sub>2</sub> entweder im Bedarfsfall als Brenngas zu verwenden und damit Elektro- und Wärmeenergie zu gewinnen oder alternativ unter Hinzunahme von CO<sub>2</sub> Methan zu erzeugen (Methanisierung). Dieses regenerativ erzeugte Erdgas-Substitut könnte in das bestehende Gasnetz eingespeist werden.



**Abbildung 25: Prinzip von Stromspeicherung und Stromerzeugung nach dem Power-To-Gas-Prinzip**  
 Quelle: www.iwes.fraunhofer.de

<sup>16</sup> Der Primärenergiebedarf eines Systems umfasst zusätzlich zum eigentlichen Energiebedarf an einem Energieträger die Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers benötigt wird (Primärenergie). Zur Ermittlung der Energiebilanz wird der entsprechende Energiebedarf unter Berücksichtigung der beteiligten Energieträger mit einem Primärenergiefaktor (PEF) multipliziert. Beispiele für PEF: Erdgas 1,1 – Braunkohle 1,2 – Holz 0,2 – Strom 2,6

Die EVH plädiert daher für einen weiteren Ausbau der Fernwärmeversorgung in Halle, weil von einer weiteren Effizienzsteigerung alle angeschlossenen Quartiere profitieren würden. Maßnahmen im Bereich der zentralen Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Wärme werden als effektiver angesehen als reine Quartiersmaßnahmen. Der Effekt der Einbeziehung innovativer Maßnahmen und deren Einsatz an zentraler Stelle auf eine Vielzahl von Quartieren erscheinen plausibel. Allerdings wird für Quartiere, die nicht wirtschaftlich an das Fernwärmesystem angeschlossen werden können, ein teilregeneratives Alternativszenario empfohlen (Szenario V, Solarthermie/Gasbrennwerttechnik in einem Nahwärmenetz).

### **Energieversorgung Halle Netz GmbH (EVH Netz)**

Die Stellungnahme der EVH Netz bezieht sich zum einen auf Möglichkeiten und Grenzen der technischen Umsetzung der entwickelten Szenarien, zum anderen auf strategische Aspekte im Sinne der Netzentwicklung ein. Dazu zählen die Notwendigkeit eines Gas-Transportnetzanschlusses im Falle des Errichtens von Netzanschlusspunkten mit hoher Anschlussleistung (BHKW, zentrale Gasbrennwerttechnik), der technische und finanzielle Aufwand des Baus eines Biogasspeichers, der erhebliche Speicherbedarf für solar gewonnene Wärme bei der angestrebten ganzjährigen Grundlastversorgung oder auch die notwendige Berücksichtigung von Leitungsnetzen im öffentlichen Raum. Demgegenüber werden die technischen und infrastrukturellen Vorteile eines dezentralen Fernwärmeanschlusses des Quartiers (Szenario VIII) betont. Aus Sicht der EVH Netz bildet das „Energiequartier“ ein Gebiet, in dem der momentane Parallelbetrieb eines Gas- sowie eines Fernwärmenetzes zu entflechten ist. Aus strategischer Sicht ist die vollständige Einbeziehung des Quartiers zwischen Vogelweide, Elsa-Brändström-Straße, Murmanker und Paul-Suhr-Straße vorgesehen, allerdings ohne zeitlichen Horizont („Strategie Netzausbauplanung FW/Gas“).

### **Vorstand der Energiegemeinschaft (EG-V) sowie Fachgruppen (FG) Gas u. Fernwärme**

Der Grundgedanke, dass Quartierslösungen gegenüber Einzelobjektlösungen bei der Wärmeversorgung energetische Vorteile bieten, wird durch den EG-V mit Blick auf das bestehende Fernwärmesystem auch für einen größeren räumlichen Zusammenhang bejaht. Vor allem die Skaleneffekte beim Anschluss weiterer Quartiere an das bestehende Erzeugungs- und Verteilsystem bilden eindeutige Vorteile, weshalb der Fernwärmeversorgung Vorrang einzuräumen sei. Die Fachgruppe Fernwärme erwartet darüber hinaus weiter sinkende spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen der Fernwärme (vgl. Argumentation der EVH zu Effekten des zentralen Einsatzes von Innovationen). Darüber hinaus regt die FG Fernwärme den Vergleich der (kommunal-) wirtschaftlichen Auswirkungen verschiedener Szenarien an.

Die FG Gas favorisiert das Szenario V (Solarthermie/Gasbrennwerttechnik in einem Nahwärmenetz) und verweist dabei neben der einfachen Übertragbarkeit auf andere Quartiere auf die positiven Erfahrungen mit bereits umgesetzten Projekten sowie auf einen stabilen gesetzlichen Rahmen. Darüber hinaus wird ein strategischer Vorteil in der Verknüpfung von Solarthermie und Gas gesehen. Mit der Verbreitung der Power-To-Gas-Technologie und der

Einspeisung des damit erzeugten Gases sei perspektivisch eine drastische Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erwarten. Diese Argumentation erscheint deshalb so interessant, weil der Übergang zu einer regenerativen Wärmeversorgung als abgestufter, evolutionärer Prozess betrachtet wird. Würde in einem Quartier heute mit Szenario V eine teilregenerative Wärmeversorgung installiert, so gelänge mit Power-To-Gas perspektivisch eine vollregenerative Wärmeversorgung samt enormer CO<sub>2</sub>-Reduktion ohne erneute Eingriffe in die bestehende Anlagentechnik. Der EG-V ist bei der Bewertung des Szenarios V zurückhaltender, empfiehlt dessen Betrachtung aber für Gebiete, in denen der Ausbau des Fernwärmenetzes wirtschaftlich nicht darstellbar sei.

### **Stadt Halle (Saale)**

Aus städtischer Perspektive werden die Ziele des Modellprojekts zunächst im Zusammenhang mit einer möglichen Attraktivitätssteigerung für Quartiere und Städte gesehen, die durch „günstige Energiepreise bzw. Betriebskosten“ zu erreichen ist. Die am Quartiersrand errichtete erste Passivhausschule Grundschule St. Franziskus wird in einer Leuchtturmfunktion für das Quartier gesehen. Daran anknüpfend sollten sich die künftigen energetischen Sanierungsmaßnahmen bei derzeit noch unsanierten Wohngebäuden an diesem hohen Maßstab orientieren. Die Einbindung solarer Erträge in die Wärmeversorgung wird als Schlüsselbaustein für die Quartierssanierung gesehen, weshalb die Szenarien IV, V und VI als Vorzugsvarianten näher betrachtet werden. Deutlicher Kritikpunkt bei Szenario IV ist die Verwendung von Pellets, neben der Feinstaubproblematik einer ausreichend dimensionierten Anlage vor allem „aufgrund der umstrittenen Herkunft“. Tatsächlich gehen namhafte wissenschaftliche Untersuchungen davon aus, dass die steigende Nachfrage nach Holzpellets nicht mehr aus Sägewerk-Abfallholz befriedigt werden kann, sondern zunehmend Raubbau an Wäldern außerhalb Deutschlands und Europas betrieben wird. Die damit steigenden Transportwege führen den Ursprungsgedanken, einen regional anfallenden Abfallstoff nachhaltig zu verwerten, ad absurdum<sup>17</sup>. Szenario V (Solarthermie, Gasbrennwert, Nahwärmenetz) wird als sehr gebietsverträglich bewertet, jedoch hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten als ungünstig. Szenario VI (Solarthermie, Fernwärme, Nahwärmenetz) ist aus städtischer Sicht die Vorzugsvariante, weil neben den direkten Positiveffekten der Solarnutzung perspektivisch auch der zur Fernwärmeerzeugung genutzte Energieträger verändert (d.h. durch einen regenerativen ersetzt) werden könnte. Wird dieser Argumentation gefolgt, erscheint es verständlich, dass Szenario VIII zwar ebenfalls als möglich betrachtet wird, „jedoch auf das örtliche Potenzial regenerativer Sonnenenergie nicht zurück[greift]“.

---

<sup>17</sup> Vgl. Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (2012): Bioenergie – Möglichkeiten und Grenzen. Halle (Saale).

**Zusammenfassend sind folgende Hauptargumentationslinien erkennbar:**

1. Große Einsparpotenziale können durch die fortwährende Umsetzung des technischen Fortschritts im Bereich Fernwärme erschlossen werden. Als Beispiele könnten die Fernwärme-Speicherung (Pufferung), die Nutzung zeitweilig „überschüssigen“ Windstroms sowie der zentrale Einsatz der Power-to-Gas-Technologie genannt werden. Zudem wird das Gesamtsystem effizienter, wenn eine höhere Abnahme erfolgt (Skaleneffekte). Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen sinken damit, womit Einspareffekte wesentlich einfacher, schneller und wirtschaftlicher umsetzbar seien als bei Einzelgebäude- oder Quartierslösungen. Von daher wird die Argumentation, dass ganzheitliche Lösungen zu favorisieren sind, von der Quartiers- auf die Stadtebene transformiert. Diese These wird von der EVH, deren Netzgesellschaft und der FG Fernwärme vertreten, aber auch von der WG Eisenbahn.

2. Der Einspareffekt durch die Etablierung von Nahwärmenetzen wird allgemein positiv bewertet, auch wenn vereinzelt Kritikpunkte zu technologischen Aspekten geäußert werden. Damit können dort, wo die Realisierung von Fernwärme-Anschlüssen nicht wirtschaftlich darstellbar ist, Effizienzgewinne erzielt werden. In der Gesamtbetrachtung ökonomischer und ökologischer Aspekte wird die Verknüpfung von Solarthermie und Gasbrennwerttechnik als nachhaltigste Variante gesehen. Damit können einerseits solare Potenziale erschlossen werden, andererseits bestehen Möglichkeiten der Einbeziehung regenerativer Quellen über das vorhandene Gasnetz, z.B. über die Beimischung von aufbereitetem Biogas oder die Power-To-Gas-Technologie (über Methanisierung Verknüpfung zwischen regenerativ erzeugtem Strom und dem Gasnetz). Diese These wird von der EVH sowie der FG Gas vertreten, teils auch von der WG Eisenbahn und der FZWG.

3. Die Wohnungsgenossenschaften sind generell sehr daran interessiert, ihre bestehende Anlagentechnik weiterhin nutzen zu können. Dies scheint auch vor dem Hintergrund der allseits bereits erfolgten Sanierungsmaßnahmen ein wesentlicher Faktor bei der Etablierung von Quartierslösungen zu sein (Umlegbarkeitsprobleme u.a.). Zudem werden größere Eingriffe in das Wohnumfeld kritisch betrachtet (Baustellenproblematik, Attraktivitätsverlust). Daher werden die rein gasbasierten Lösungen favorisiert (FZWG) bzw. allgemein die bestehenden Systeme als zurzeit alternativlos betrachtet (HWF).

## 4.6 Energiequartiere als nachhaltige Geschäftsfelder für regionale KMU?

Im Rahmen der Abschlussveranstaltung am 14. Januar 2014 wurde im Nachgang der Ergebnispräsentation zu einer Diskussionsrunde: „Energiequartiere“ als nachhaltiges Geschäftsfeld für die regionale Wirtschaft?“ geladen. Welche Schlussfolgerungen aus den vorliegenden Ergebnissen hinsichtlich der Bedeutung für die regionale Wirtschaft zu ziehen sind, bildete dabei eine Schlüsselfrage<sup>18</sup>.

Zunächst wurde mit Hinweis auf den nachweisbar hohen Energiestandard im Wohnungsbestand und die modellierten CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten für weitere Maßnahmen von Seiten der Wohnungswirtschaft die grundsätzliche Frage aufgeworfen, ob im Sinne einer maximalen CO<sub>2</sub>-Einsparung der Mitteleinsatz an anderer Stelle, z.B. bei der Vermeidung von Emissionen aus Verkehr und Industrie, zielführender sei. Die Runde zeigte Übereinstimmung, dass aus energiepolitischer Sicht stets das komplette Spektrum an Einsparpotenzialen zu betrachten und eine breite Zielgruppenorientierung beibehalten werden sollte.

Anschließend wurde die grundsätzliche Frage diskutiert, ob durch bundespolitische Rahmenseetzungen die regionalwirtschaftlichen Potenziale der Nutzung erneuerbarer Energien wesentlich zu verbessern sind. So könnte beispielsweise der als „überschüssig“ bezeichnete, im Land gewonnene Windstrom konsequenter zur regionalen Wertschöpfung beitragen, wenn schwer regelbare Braunkohlekraftwerke nicht die leichter regelbaren Anlagen zum Herunterfahren zwingen würden, sobald die Windstrommenge eine bestimmte Kapazität überschreitet. Dazu wurden **aus Sicht der Stadtwerke** folgende Aspekte herausgearbeitet:

- Fernwärmesysteme bieten gute Möglichkeiten der Pufferung/Speicherung von Windstrom (Power-To-Heat), was der großräumlichen Überleitung des Windstroms in verbrauchsstarke Gebiete vorzuziehen ist;
- Effizienzpotenziale bei der Fernwärmeversorgung können zusätzlich durch Einkopplung von Abwärme aus industriellen Prozessen erschlossen werden;
- bei der Installation örtlicher BHKW-Lösungen dürfen keine negativen Rückkopplungen zu bestehenden KWK-Systemen auftreten;
- Braunkohleanteil an der Energieerzeugung ist so hoch, weil der CO<sub>2</sub>-Zertifikatehandel nicht funktioniert. Eine Reform des Zertifikatehandels wird durch eine anhaltende politische Unterstützung für die Kohleverstromung durch bestimmte Bundesländer bzw. EU-Mitgliedsstaaten gebremst.

---

<sup>18</sup> Teilnehmer waren Ingo English (Geschäftsführer Energiegemeinschaft Halle), Norman Klüber (Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik Halle), Prof. Matthias Krause (Geschäftsführer Stadtwerke Halle GmbH), Mario Kremling (Projektleiter, isw Institut), Marko Mühlstein (Geschäftsführer Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt LENA), Dirk Neumann (Vorstand Hallesche Wohnungsgenossenschaft „Freiheit“), Daniel Zwick (Dienstleistungszentrum Klimaschutz, Stadt Halle (Saale)). Die Moderation übernahm Michael Schädlich vom isw Institut, Moderator des Netzwerks „Stadtentwicklung in Halle“.

Damit wurde deutlich, dass übergeordnete politische Rahmensetzungen einen direkten Einfluss auf regionale Wertschöpfungspotenziale ausüben können. Für regionale KMU aus dem Energiebereich steht in Frage, inwiefern die herausgearbeiteten Aspekte zu tragfähigen Entwicklungstrends führen, die Geschäftsfelderweitungen oder Spezialisierungen betriebswirtschaftlich lohnenswert erscheinen lassen. Im Bereich des Wohnungswesens ist dabei entscheidend, wie die großen Vermieter (Gesellschaften und Genossenschaften) agieren werden, die im Wesentlichen die handelnden Quartiersakteure bilden.

**Aus Sicht der beteiligten Wohnungsgenossenschaften** war zunächst das Zustandekommen des Modellprojekts bemerkenswert. Dank der Projektpartnerschaft von HWF, FZWG und WG Eisenbahn hatte sich eine handlungsfähige „Quartiersebene“ gebildet, auf der innerhalb eines relativ kurzen Projektzeitraums wesentliche Erkenntnisse zu Effizienzpotenzialen herausgearbeitet werden konnten. Zum einen ist dies auf den „gesellschaftlichen Auftraggeber“ und damit die grundsätzliche Projektkonstruktion zurückzuführen, zum anderen auf die langjährige Zusammenarbeit der wohnungswirtschaftlichen Akteure und der Stadtwerke im Netzwerk „Stadtentwicklung in Halle“. Diese multilaterale Diskussionsebene müsste in einem Handlungsraum ohne vergleichbare Netzwerkstrukturen erst geschaffen werden.

Den Modellcharakter des Projekts, bei dem gemeinsam praktikable Instrumente zur Übertragung der Arbeitsergebnisse auf andere Quartierszusammenhänge entwickelt wurden, bewerteten die Wohnungsgenossenschaften ebenso positiv wie die Diskussion über neue mögliche Kooperationsformen bei der Etablierung von Quartierslösungen. Unter klimapolitischen Aspekten erscheint dies besonders bemerkenswert, da für Wohnungsunternehmen im Rahmen der Bestandsorientierung das Vorhalten eines Angebots modern ausgestatteter Wohnungen essenziell ist, ohne dass dabei deren CO<sub>2</sub>-Bilanz im Vordergrund steht.

Welcher Energieträger zur Quartiersversorgung in Frage kommt, wird sich in der Praxis auch an den bereits vorhandenen Medien orientieren. Der Zusammenhang zwischen der CO<sub>2</sub>-Bilanz von Wärmeversorgungssystemen und der Höhe der notwendigen Investitionskosten erschwert die Installation völlig neuer Systeme. Zum einen, weil auf die WU nicht umlegbare Investitionskosten zukommen, zum anderen, weil für energetische Maßnahmen auch bestimmte Grenzen bezüglich der Miethöhe gesetzt sind. Aufgrund mangelnder Umlegbarkeit sind wirksame Effizienzmaßnahmen über Kredite nicht refinanzierbar. Das heißt, dass regionalwirtschaftliche Effekte von Effizienzbemühungen im Wohnungsbestand mit erheblicher Breiten- und Tiefenwirkung erst dann eintreten werden, wenn durch einen gesellschaftlichen Investor echte Investitionszuschüsse zur Verfügung gestellt werden, der damit im Gegenzug die angestrebten Klimaschutzziele erreichen kann. Bis dahin bleiben Effizienzpotenziale in Größenordnungen ungenutzt, wie anhand der Modellierung verschiedener Szenarien demonstriert werden konnte.

**Aus Sicht der Energiegemeinschaft** wurden unterschiedliche Bewertungsmuster zwischen den Fachgruppen Gas und Fernwärme deutlich. Der Fokus der Fachgruppe Fernwärme liegt dabei auf der bestmöglichen Veredelung des Brennstoffs zu Nutzenergie. Die Effizienzpotenziale einer Ringleitung, für Nahwärmenetze charakteristisch, werden auf einer höheren Maß-



stabsebene auch bei der Fernwärme gesehen (Kraftwerk=Wärmezentrale). Für die Hebung der aufgezeigten Wachstumspotenziale, sowohl bei der Effizienzsteigerung des Fernwärmesystems als auch bei der Umsetzung anderer technologischer Szenarien, sind aus Sicht der Energiegemeinschaft Anreizmodelle zu schaffen. Die Höhe der zur Verringerung oder Schließung des „Deltas“ zur Wirtschaftlichkeit notwendigen Fördermittel sollte über die Laufzeit gesenkt werden können.

**Im haleschen Klimaschutzkonzept** wurde die energetische Quartierssanierung als ein wichtiger Baustein zur CO<sub>2</sub>-Einsparung verankert. Um die Aussagen des Konzepts in konkrete Maßnahmen zu übersetzen, stehen als nächste Schritte Entwicklung und Beschluss eines „klimapolitischen Leitbilds“ auf der Agenda. Die damit einhergehende, notwendige Positionierung der Kommunalpolitik wird zeigen, welche Akzente in Halle gesetzt werden. Daraus wird sich ableiten lassen, in welcher Form und Intensität durch kommunale Projekte künftig Impulse gesetzt werden, um regionalwirtschaftliche Wertschöpfungspotenziale zu erschließen.

**Aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitforschung** bestand ein Schlüssel für die Multiplizierbarkeit der Projektergebnisse mit positiven Auswirkungen auf die regionale Wertschöpfung in der Frage, wie bereits sanierte Quartiere weiter zu optimieren sind. Dabei wurde der erreichte Effizienzgrad bei der Fernwärme sehr positiv gesehen, der systembedingt auch Ansätze für weitere Effizienzgewinne beinhaltet. Innovative Ideen wie die Einspeisung von Windkraft (Power-To-Heat) wurden begrüßt, die Nutzung der solaren Potenziale übereinstimmend als ein Schlüssel für deutliche CO<sub>2</sub>-Reduzierungen im Bestand gesehen. Beide Entwicklungslinien beinhalten ein beachtliches regionalwirtschaftliches Potenzial, zu dessen Hebung zugleich eine weitere technologische und effizienztechnische Unterersetzung dieser möglichen Maßnahmen angeregt wird. Die vorliegenden Arbeitsergebnisse zuzüglich der als Ausblick formulierten weiterführenden Vorschläge und Ideen bilden eine solide Grundlage, um zukunftsfeste strategische Entscheidungen für die nächsten 5-10 Jahre zu treffen.

## 5 Zusammenfassung

### 5.1 Fazit zur Projektdurchführung

Die ursprünglich vorgesehene Projektlaufzeit begann mit der Vergabe an das isw Institut am 05.06.2013 und sollte sich über einen 6-Monats-Zeitraum erstrecken. Aufgrund der vorhandenen Kooperationsstruktur innerhalb des Netzwerks „Stadtentwicklung in Halle“ und der Erklärungen zur Projektpartnerschaft gelang ein zeitnaher Projektstart. Während der gesamten Projektlaufzeit wurden im etwa gleichen zeitlichen Abstand drei große Beratungsrunden (Sitzungsort in der Freyburger Straße 3, Geschäftsstelle der HWF) zuzüglich der Abschlussveranstaltung mit einem erweiterten Einladerkreis (Dorint-Hotel Halle) realisiert.

Die Auftaktveranstaltung wurde am 4. Juli 2013 durchgeführt. Dabei wurde die Kooperationsstruktur vorgestellt sowie die grundsätzliche Zielstellung des Modellprojekts diskutiert und mit den Erwartungen der Projektpartner abgeglichen. Anschließend wurden erste Ergebnisse der IST-Strukturanalyse präsentiert. Zudem wurde das Testgebiet für die Feinanalyse gemeinschaftlich festgelegt. Abschließend folgte eine Diskussion zu den Datengrundlagen, zum weiteren Projektverlauf sowie den Mitwirkungsmöglichkeiten der Projektpartner.

Die zweite Sitzung wurde am 26. September 2013 durchgeführt. Hier wurden die Ergebnisse der Feinanalyse sowie auf deren Basis die Ergebnisse der Modellierung der CO<sub>2</sub>-Startbilanz für das Testgebiet präsentiert. Hinzu kam die Diskussion von Auswirkungen möglicher Maßnahmen der Wohnungsunternehmen auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz im Testgebiet im Rahmen „normaler“ Erneuerungszyklen. Schließlich wurden die Ergebnisse der Modellierung eines „energetischen Idealzustands“ im Testgebiet vorgestellt und anschließend intensiv, teils kontrovers diskutiert. Dies führte im Ergebnis zur Abstimmung von Leitlinien und Rahmenbedingungen für die Entwicklung von Szenarien eines „realistischen Endzustands“, wobei die Projektpartner zahlreiche, aus ihrer jeweiligen Sicht relevante Eckpunkte einbrachten (Szenarientwicklung durch isw / S&P bis zur dritten Sitzung).

Die dritte Sitzung fand am 11. November 2013 statt. Hierbei dominierte die Diskussion der durch isw / S&P entwickelten und vorgestellten Szenarien eines realisierbaren Endzustands. Wichtige Eckpunkte waren die technologische Konfiguration, die Motivation für die Auswahl der Versorgungsmedien sowie technische Vor- und Nachteile der einzelnen Szenarien. Die anschließende Erörterung dieser Szenarien durch die Projektpartner orientierte sich zwar in erster Linie an den Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Modellgebiets, fokussierte jedoch auch auf die Übertragbarkeit auf andere Quartiere. Seitens der wissenschaftlichen Projektbegleitung war folgerichtig eingeschätzt worden, dass während dieser Sitzung keine allumfassende Positionierung der Projektpartner zu relevanten Aspekten der Szenarienevaluation möglich sein würde. Dem unterbreiteten Vorschlag, die Szenarien unternehmens- bzw. institutionsintern zu beraten und zu bewerten und daraus individuelle Stellungnahmen zu entwickeln, wurde daher zugestimmt.

Zwischenzeitlich wurde den Projektpartnern eine überarbeitete Szenarien-Übersichtstabelle zugesandt, die die Investitionskosten aller notwendigen Hauptkomponenten und eine Berechnung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten umfasste. Dies bildete eine wichtige Grundlage für die zu erarbeitenden Stellungnahmen. Diese gingen bis Jahresende 2013 beim isw Institut ein. Am 7. Januar 2014 wurden diese schriftlichen Zuarbeiten durch die wissenschaftliche Begleitgruppe aus isw, S&P, Fraunhofer IWMH und HS Merseburg gemeinsam beraten und ausgewertet.

Die Überschreitung des ursprünglich vorgesehenen Projektzeitraums (Projektende im Dezember 2013) war mit dem Auftraggeber abgestimmt worden. Zudem lag zum Jahresende 2013 ein vorläufiger Endbericht im Powerpoint-Format vor, der bereits wesentliche Projektergebnisse enthielt.

Die Abschlussveranstaltung wurde am 14. Januar 2014 durchgeführt. Dabei wurden die Projektergebnisse im Rahmen des Netzwerks „Stadtentwicklung in Halle“ und weiterer regionaler Partner einem breiteren Publikum präsentiert (ca. 40 Gäste). Als prominenter Gastredner konnte Herr Marko Mühlstein, Geschäftsführer der Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt (LENA), gewonnen werden, der das Modellprojekt in einen größeren thematischen wie räumlichen Zusammenhang stellte. Anschließend präsentierte Projektleiter Dr. Mario Kremling die Arbeitsergebnisse und stellte die wesentlichen Schlussfolgerungen zur Diskussion. Eine Gesprächsrunde mit Vertretern der Projektpartner ging abschließend der Frage nach, inwiefern im Lichte der Projektergebnisse „Energiequartiere“ als Geschäftsfelder für die regionale Wirtschaft intensiver zu erschließen sind (vgl. Kapitel 4.6).

Wie vorgesehen wurden die Projektergebnisse im Rahmen der Jahresversammlung der Energiegemeinschaft Halle am 20. Januar 2014 durch den Projektleiter Dr. Kremling in einem etwa halbstündigen Vortrag präsentiert. Diese Versammlung hatte ca. 400 Teilnehmer.

Wie erwartet, konnten im Projektverlauf wissenschaftlich fundierte Aussagen über die Wirksamkeit energetischer Quartierskonzeptionen im Hinblick auf Energieeffizienz und messbare CO<sub>2</sub>-Einspareffekte erarbeitet werden. Mit Blick auf die ISEK-Fortschreibung wurden überdies Aussagen zu Möglichkeiten und Grenzen der Übertragbarkeit auf andere Quartiere getroffen. Aus praktischer Sicht ist dabei wesentlich, dass sowohl hinsichtlich der Vorzugsvariante als auch der notwendigen Investitionen für die jeweilige technologische Lösung ohne Kenntnis der genauen örtlichen Gegebenheiten nur eingeschränkte Aussagen möglich sind. Dennoch war der gewählte breite Ansatz möglicher technologischer Varianten bei der Szenarienbildung aus wissenschaftlicher Perspektive sinnvoll, weil nunmehr ein „Katalog“ von Möglichkeiten zur Verfügung steht, der die Nachvollziehbarkeit und Vergleichbarkeit an einem konkreten Quartier ermöglicht. Daher wurde der Anspruch erfüllt, mit dem Modellprojekt im Rahmen einer „bottom-up-Strategie“ eine Blaupause für künftige Effizienzmaßnahmen im gesamtstädtischen wie im regionalen Kontext zu entwickeln.

Bei der Durchführung des Modellprojekts waren grundsätzlich zwei miteinander verknüpfte Handlungsebenen mit jeweils zentralen Akteuren zu berücksichtigen: die Ebene Quartiersakteure (Wohnungsunternehmen) sowie die Ebene Technologie (Forschungseinrichtungen, KMU). Die Verknüpfung dieser Ebenen erfolgte innerhalb des Modellprojekts sowie über die Akteure Stadtverwaltung und Energieversorgung, die jeweils aus einer übergeordneten, auf die Gesamtstadt bzw. das Unternehmen Stadtwerke Halle bezogenen Interessenlage heraus agierten. Damit wurde mit dem Modellprojekt ein hoher Integrationsgrad zwischen Analyse, Konzeption, Forschung und praktischer Anwendung im Bereich Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Einsparung erreicht.

Über Arbeits- und Zwischenergebnisse des Modellprojekts wurde durch das isw Institut in den regulären Sitzungen des Netzwerks „Stadtentwicklung in Halle“ und seiner Arbeitsgruppen fortlaufend informiert. Während des Projektverlaufs wurde zudem großer Wert auf die Kommunikation des Modellprojekts gegenüber der Energiegemeinschaft Halle gelegt, in der lokale und regionale Produzenten und Dienstleister (KMU) aus den Bereichen Gebäudetechnik, Wärmedämmung, innovativer Steuerungstechnik zusammenwirken. Die Einbindung von Vertretern der Energiegemeinschaft in das Modellprojekt erfolgte nach dem Delegationsprinzip aus den Reihen der Fachgruppenvorstände Gas und Fernwärme. Diese Vertreter nahmen an allen Arbeitssitzungen teil und fungierten als Multiplikatoren in die Energiegemeinschaft Halle hinein. In umgekehrter Richtung wurde der Informationsfluss durch die Projektvorstellung (28. September 2013, Markkleeberg) sowie die Ergebnispräsentation (20.01.2014, siehe oben) seitens des isw Instituts sicher gestellt. Die zwischenzeitliche Kommunikation wurde über die Geschäftsstelle der Energiegemeinschaft (Geschäftsführer Herr English) organisiert.

Die Projektbegleitung wurde durch regionale Forschungseinrichtungen unterstützt, die auf vielfältige Erfahrungen auf dem Gebiet des Wissenstransfers verfügen und mit den betreffenden Unternehmen der Region Halle gut vernetzt sind. Somit formierte sich eine wissenschaftliche Begleitgruppe aus isw, S&P sowie Vertretern des Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik Halle (Fraunhofer IWMH) und der Hochschule Merseburg, Fachbereich Ingenieur- und Naturwissenschaften. Deren Arbeitsgruppentreffen zwischen den Sitzungen der großen Runde ermöglichten eine ständige Rückkopplung zwischen praktischer und konzeptioneller Ebene. Im Sinne eines „lernenden Projekts“ wurden die Ergebnisse der bisherigen Arbeit konstruktiv aufgearbeitet und die weitere Vorgehensweise feinjustiert. Besonders hilfreich war dabei der rege Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis.

Zusammenfassend kann somit eingeschätzt werden, dass die Projektdurchführung im Sinne der Zielerreichung optimal verlaufen ist. Die der Komplexität der Aufgabenstellung und der intensiven Zusammenarbeit der Projektpartner geschuldete Überschreitung des ursprünglichen Projektzeitraums war dafür unabwendbar.

## 5.2 Haupteckkenntnisse in Thesenform

Abschließend werden die Haupteckkenntnisse des Modellprojekts hinsichtlich notwendiger Rahmenbedingungen und Handlungserfordernisse zusammengefasst. Der Fokus liegt dabei auf der Verknüpfung der Themen Energieeffizienz auf Quartiersebene und der Analyse neuer Geschäftsfelder für die regionale Wirtschaft.

**1) Auch in bereits energetisch sanierten Wohnquartieren bestehen erhebliche CO<sub>2</sub>-Einsparungspotenziale bei der Wärmeversorgung, ohne dass dabei wesentlich in die vorhandene Gebäudesubstanz eingegriffen werden müsste.**

Grundlegende Erkenntnis bei der Analyse von CO<sub>2</sub>-Einsparungspotenzialen ist, dass vor dem Hintergrund des bereits erreichten energetischen Standards keine wesentlichen Effizienzgewinne durch weitere Wärmeschutzmaßnahmen erreicht werden können, da diese für die Wohnungsunternehmen nicht wirtschaftlich darstellbar sind. Deshalb waren Prämissen für die Analyse von Effizienzpotenzialen formuliert worden, die bei wesentlichen Parametern der gebäudeinternen Wärmeverteilung auf den Status Quo fokussierten. Wie aufgezeigt werden konnte, bestehen dennoch CO<sub>2</sub>-Einsparungspotenziale, die durch Veränderungen bei der Wärmeerzeugung und -verteilung im Quartier erschlossen werden können.

**2) Zur Hebung dieser Potenziale ist es notwendig, verstärkt erneuerbare Energien in die Wärmeversorgung der Quartiere einzubeziehen und den Anteil fossiler Energieträger zu verringern. Quartiersbezogene Lösungen können gegenüber Einzellösungen das Einsparpotenzial erheblich steigern.**

Wie aufgezeigt werden konnte, können bereits durch Effizienzverbesserungen bei der Erzeugung und Verteilung von Wärme mittels der vorhandenen fossilen Energieträger (Erdgas, KWK-Fernwärme auf Erdgasbasis) auf Quartiersebene CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale gehoben werden. Diese sind jedoch gegenüber dem IST-Zustand relativ gering. Erst durch Einbeziehung erneuerbarer Energien verbessert sich die CO<sub>2</sub>-Bilanz deutlich, was anhand der verwendeten Emissionsbilanzierung (Umweltbundesamt) nachvollzogen werden kann. Diese Lösungen können ihr volles Potenzial jedoch meist erst ausschöpfen, wenn sie in eine Quartiersversorgung eingebunden werden. Dadurch wird der Ausgleich zwischen gebäudespezifischen Einstrahlungsunterschieden bei der solaren Wärmenutzung (Verteilung) ebenso ermöglicht wie die Pufferung zwischen Einstrahlungs- und Nutzungsmaxima (Speicherung innerhalb des Nahwärmerings).

**3) Weil die Investitionskosten der im Projekt untersuchten Varianten tendenziell mit der einzusparenden CO<sub>2</sub>-Menge steigen ( $R^2=0,61$ ), sind durchgreifende Lösungen teuer, weniger kostenintensive Lösungen hingegen nur wenig erfolversprechend.**

Die Übersicht der erforderlichen technologischen Hauptkomponenten zeigt die große finanzielle Bandbreite des Investitionsbedarfs. Am günstigsten sind die Szenarien darstellbar, die vollständig oder teilweise die vorhandene Anlagentechnik bzw. Infrastruktur nutzen. Es folgen Varianten, die zwar ebenfalls vorhandene Medien nutzen, aber durch den „Quartiereffekt“

(Errichtung eines Nahwärmenetzes) Effizienzgewinne erzielen. Am teuersten sind Lösungen, die die vorhandenen Technologien teilweise oder vollständig durch regenerative Energieerzeuger ersetzen. Dies resultiert vorrangig aus dem Einsatz solarthermischer Anlagen, die einerseits stark kostentreibend wirken, andererseits bei intelligentem Einsatz hohe Einsparpotenziale bieten. Innerhalb dieser drei Gruppen bestehen jedoch auch Unterschiede hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Bilanz, weshalb die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten als Vergleichs- und Orientierungsgröße betrachtet wurden. Der Vergleich anhand dieser Dimension verdeutlicht, dass das relativ hohe Einsparpotenzial bei einigen Szenarien mit hohen spezifischen Kosten einhergeht, was deren Realisierungschancen schmälern könnte. Andererseits weisen andere Szenarien mit geringerem Einsparpotenzial geringere spezifische Kosten auf, was deren Multiplizierbarkeit erleichtern dürfte.

**4) Die betriebswirtschaftlich bedingte Bestandsorientierung zwingt die Wohnungswirtschaft und die Versorgungsunternehmen dazu, bei Effizienzverbesserungen von den vorhandenen Technologien auszugehen, nicht von der technologischen Ideallösung.**

Die Bestandsorientierung basiert auf der Langfristigkeit von Anlageinvestitionen der beteiligten Akteure. So wurden auf Seiten der Wohnungswirtschaft Mittel in erheblichem Umfang in die Erneuerung der Anlagen- und Haustechnik sowie in die Wohnumfeldgestaltung investiert, auf Seiten der Versorgungsunternehmen in die Errichtung und Modernisierung der Fernwärmeerzeugung und -verteilung. Deren kurzfristiger Austausch gegen neue Hocheffizienztechnologien ist aufgrund mangelnder Wirtschaftlichkeit nicht zu erwarten. Daher ist es nachvollziehbar, wenn beim Erschließen weiterer Effizienzpotenziale auf die Optimierung des Vorhandenen fokussiert wird. Wie die Untersuchungsergebnisse gezeigt haben, können dies technologische Varianten sein, deren Effizienzpotenziale erst langfristig erschließbar sind. Umgekehrt sind „Idealvarianten“, wenn sie mit einer völligen Umstellung der Wärmeversorgung verbunden sind, betriebswirtschaftlich nicht darstellbar, weil sie die bereits getätigten Investitionen in Infrastruktur und Anlagentechnik „entwerten“ würden und damit keine finanzielle Nachhaltigkeit gegeben wäre.

**5) Bei der Frage, welche technologischen Varianten bei der Effizienzsteigerung auf Quartiersebene favorisiert werden, zeichnen sich zwei Hauptentwicklungslinien ab. Entlang dieser Linien könnten sich neue Geschäftsfelder für regionale KMU entwickeln, wenn diese Impulse aufgegriffen und in marktfähige Produkte und Dienstleistungen überführt werden.**

- Optimierung der zentralen Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Fernwärme (Power-To-Heat-, Power-To-Gas-Technologie, Einsatz von Bio-Erdgas u.a.)
- Etablierung von bivalenten Nahwärmenetzen mit Systemvorteilen – dabei z.B. Kombination solarthermischer Anlagen und herkömmlicher Technologien (Gas).

Hinsichtlich der Interessen von Wohnungsunternehmen und Stadtwerken gibt es Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede. Da zukunftsfähige Lösungen auf Quartiersebene und darüber hinaus nur konsensual zu erzielen sind, müssen gemeinsam getragene Entwicklungslinien identifiziert werden. Dies ist Voraussetzung dafür, dass regionale KMU zukünftig

über Einzelaufträge hinaus ihre Geschäftsfelder wesentlich erweitern können. Damit schreiten auch innerbetriebliche Innovationsprozesse fort, die die Wettbewerbsfähigkeit und die in KMU gebundene Fachkompetenz steigern. Zudem verbessert sich deren überregionale Wettbewerbsposition, wenn der „heimische“ Markt hinreichende Profilierungschancen bietet.

**6) Um Wohnquartiere als wichtige Handlungsebene für klimafreundliche Strom- und Wärmeversorgung zu etablieren, müssen die Quartiersakteure die Bildung und Umsetzung neuartiger strategischer Kooperationsformen und Betreibermodelle vorantreiben. Politische, förderpolitische und steuerrechtliche Rahmenbedingungen sind durch den Gesetzgeber anzupassen.**

Für die Etablierung nachhaltiger Lösungen ist die Zusammenarbeit von Wohnungsunternehmen und Stadtwerken im Rahmen einer strategischen Partnerschaft erforderlich. Um Quartierseffekte zu generieren und deren Multiplizierbarkeit zu ermöglichen, sind jeweils alle in Frage kommenden Akteure des betreffenden Quartiers in eine gemeinschaftlich agierende Kooperationsstruktur einzubeziehen. Blicke dieser Themenkreis der bilateralen Ebene von Geschäftsbeziehungen vorbehalten, wären aufgrund der Langfristigkeit von Investitionsentscheidungen beider Seiten Konflikte vorprogrammiert, die optimale Lösungen auf mittelfristige Sicht verhindern. Im Rahmen von Contractor-Modellen können dabei Lösungen entwickelt werden, die beispielsweise die spezifischen Vorteile von BHKW (Ertrag aus Stromerzeugung) in die Gestaltung des Wärmepreises einbeziehen oder die gemeinschaftliche Nutzung solarer Erträge für die Mieterschaft kostenneutral gestalten. Neben der Steigerung der Energieeffizienz führt dies zu einem Attraktivitätsgewinn des Quartiers und einem Akzeptanzfortschritt in Bezug auf die „Energiewende“.

**7) Ein gesellschaftlicher Investor ist gefordert, durch gezielte Investitionsförderung die Lücke zur Wirtschaftlichkeit weiterer energetischer Maßnahmen im weitgehend sanierten Wohnungsbestand zu schließen. Dadurch werden Innovationen gefördert, die der regionalen Wirtschaft neue Geschäftsfelder eröffnen.**

Um die gesellschaftlich gewünschten CO<sub>2</sub>-Einspareffekte und Effizienzgewinne UND zugleich den angestrebten Wirtschaftsförderungseffekt zu erzielen, muss die energetische Quartiersanierung eine erheblich intensivere Breiten- und Tiefenwirkung entfalten. Die Wohnungsunternehmen sehen sich vor die Aufgabe gestellt, ihre bereits sanierten Bestände hinsichtlich der Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien umzustellen, was aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht darstellbar erscheint. Eine entsprechend ausgestattete Investitionsförderung würde diese durchgreifenden energetischen Sanierungen im erforderlichen Umfang auslösen und durch Skalen- und Lerneffekte mittelfristig verbilligen. Damit wäre beiden angestrebten Zielen gedient.



### 5.3 Ausblick

Aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitforschung zeigen die Projektergebnisse einerseits, welche Effizienzgewinne auf Grundlage der formulierten Prämissen durch Veränderungen bei der Wärmeerzeugung und -verteilung auf Quartiersebene möglich sind. Andererseits bleibt dabei unberücksichtigt, welche CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale außerhalb der spezifischen Projektgrenzen erschlossen werden können. Abschließend sollen daher weitergehende Überlegungen der regionalen Forschungspartner dargestellt werden.

#### **Stellungnahme des IWMH zu erwarteten Effizienzsteigerungspotenzialen im Gebäudebestand (Gebäudehülle) von Norman Klüber und Sven Wüstenhagen**

Die im Teilgebiet untersuchten Gebäude sind mehrheitlich 2000-2008 energetisch ertüchtigt worden. Dies spiegelt sich in den modellierten Heizverbrauchskennwerten von 66 kWh/m<sup>2</sup> wieder, die etwa den energetischen Standards der EnEV 2002/2007 (Altbau) entsprechen.

Die Technologieentwicklung bei **Dämmstandards der Gebäudehülle** zeigt derzeit eine zunehmende Verbreitung von Hochleistungsdämmstoffen, um z.B. die hohen Anforderungen des Passivhausstandards auch bei energetischen Sanierungen umzusetzen. Diese Dämmstoffe zeichnen sich durch eine signifikant niedrigere Wärmeleitfähigkeit aus, z.B. Phenolharzschäume (WLG 023), Aerogele (WLG 013) und Vakuum-Isolations-Paneele (WLG 007), mit denen sich gegenüber EPS (WLG 035) die notwendigen Dämmstoffstärken auf bis zu 1/5 reduzieren lassen. Die Anwendungen sind mittlerweile erprobt, trotzdem sind diese Dämmstoffe in der Herstellung noch zu teuer, so dass Baustoffhersteller hier auch auf Hybriddämmstoffe setzen. **Dämmstoffe auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen** erreichen mittlerweile ähnlich gute bauphysikalische Kennwerte wie marktübliche, erdölbasierte Dämmstoffe. Hier ist wegen der besseren Ökobilanz eine wachsende Marktdurchdringung zu erwarten. Zur Verbesserung der energetischen Kennwerte bereits gedämmter Fassaden („Upgrading“) könnten modular aufgebaute Fassadensysteme in naher Zukunft wirtschaftliche Lösungen darstellen. Zudem wächst, bei sinkenden Preisen, das Anwendbarkeitspotenzial von Innendämmssystemen, die im Bestand auch partiell, etwa bei Modernisierung einzelner Wohnungen, und additiv zu bestehenden WDVS zur Anwendung kommen könnten. Große Bedeutung kommt den Fassaden- und Dachflächen bei der dezentralen Strom- und Wärmegegewinnung aus solarer Einstrahlung zu. Leichtbausolarmodule und aktive Fassadensysteme sind derzeit in der Prototyp- bzw. Pilotanwendungsphase.

Die im Passivhaus übliche **Dreifach-Verglasung bei Fenstern** kann in naher Zukunft auch durch Kunststoff-Glas-Kombinationen oder Einsatz von vakuumisolierten Glaspaneelen kosten- und materialeffizienter gestaltet werden. Bei gut gedämmten Gebäudehüllen wächst die Bedeutung der Lüftungswärmeverluste, die sich im Passivhausstandard nur über eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kompensieren lassen. Im Mehrfamilienhausbereich, vor allem bei Sanierungen, erfolgt der Einsatz wegen relativ hoher Investitions- und

Wartungskosten, aber auch der Brandschutzproblematik, nur begrenzt. Dezentrale Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung könnten sich in naher Zukunft durchsetzen, wenn ihr Wirkungsgrad erhöht und Betriebskosten signifikant gesenkt werden können. **Flächenheizungen auf Niedrigtemperaturniveau** bzw. Bauteiltemperierung kommen auch bei Gebäudesanierungen zunehmend in Betracht. Dies kann nicht nur zur Erhöhung des Wohnkomforts (Behaglichkeit), sondern auch erheblich zur Energieeinsparung beitragen. Durch die niedrigen Vor- und Rücklauftemperaturen wächst der Wirkungsgrad von Solarthermie- und Wärmepumpenanlagen. Hier ist eine frühzeitige Abstimmung der langfristigen Planung von Anlagentechnik und Bauwerk notwendig.

Die **Preisentwicklung** für Dämmsysteme lag in den letzten Jahren etwas über den allgemeinen Inflationsraten. Bei erdölbasierten Dämmstoffen bzw. energieintensiven Hochleistungsdämmstoffen ist trotz verbesserter Produktionstechnologien daher kein signifikanter Preisabfall zu erwarten. Bei Dämmstoffen auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen bzw. Kompositen ist mit zunehmenden Absatzzahlen mit einer Kostenreduktion zu rechnen. Bei Passivhaus-Fenstern und Wärmeschutzverglasungen ist ein deutlicher Preisrückgang zu verzeichnen, der zeitnah durch erhöhte Materialeffizienz beschleunigt werden könnte.

Von großer Bedeutung sind die **zukünftigen politischen Rahmenbedingungen**. Der Heizenergiebedarf für das Referenzhaus nach EnEV 2009 liegt bei 30-40 kWh/m<sup>2</sup>. Der Primärenergiebedarf für Neubauten soll mit der EnEV 2014 um nochmals 12,5% gesenkt werden. Auf eine Verschärfung der Anforderungen für Altbau-Sanierungen wurde in der EnEV 2014/2016 verzichtet, da mit dem derzeitigen Stand des Marktes (Dämmsysteme, Heizungs- und Lüftungstechnik) die Kosten für die erhöhten Anforderungen an die Grenze der Wirtschaftlichkeit solcher Maßnahmen geraten (gem. EU-Richtlinie geforderter „kostenoptimaler Energiestandard“).

Mit Blick auf die derzeit bei ca. 1% stagnierende Sanierungsrate sind daher die Klimaschutzziele der Bundesrepublik (nahezu klimaneutraler Gebäudebestand bis 2050) als sehr ehrgeizig einzustufen (notwendige Sanierungsrate 2-3%). Entsprechend ist damit zu rechnen, dass bis zu der ab 2020 anvisierten Modernisierungswelle entsprechend ordnungspolitische (EnEV) und förderpolitische Instrumente (KfW/Bafa) mit erhöhtem Druck angepasst werden. Wie aus der Leitstudie 2011 und dem Koalitionsvertrag 2013 hervorgeht, soll neben der Erhöhung der Gebäudehülle verstärkt der Einsatz erneuerbarer Energien im Gebäudesektor und die dezentrale Strom- und Wärmeversorgung gefördert werden. Die Bedeutung der **Kraft-Wärme-Kopplung**, auch dezentraler Lösungen, wird auch mit Hinblick auf die derzeitige Umgestaltung des Strommarktes (Außerbetriebnahme von Altkraftwerken, Zunahme volatiler, erneuerbarer Energien) betont.

**Bezüglich der Untersuchungsergebnisse** im Modellquartier wird eingeschätzt, dass mit Blick auf die o.g. Technologie- und Preisentwicklung und die bereits getätigten langfristigen Anlageinvestitionen im Quartier, eine weitere, grundlegende Modernisierung des Gebäudebestands (Gebäudehülle) in den nächsten 20 Jahren nicht wirtschaftlich und damit nicht wahrscheinlich erscheint. Die der Bundesregierung anzuwendenden Instrumente zur Umset-

zung der Klimaschutzziele im Gebäudesektor werden vorwiegend im Bereich unsanierter MFH und EFH greifen. Trotzdem ist davon auszugehen, dass einzelne Modernisierungsmaßnahmen (Austausch von Fenstern, Einbau von Lüftungsanlagen), aber auch komplette Umbauten im Zuge struktureller Anpassung (altersgerechtes Wohnen, Rückbau) zur Erhöhung der Energieeffizienz im Gebäudebestand beitragen. Nach unserer Einschätzung wird die Sanierungsrate im Quartier im Zeitraum 2020-2050 nicht 1% übersteigen. Die damit verbundenen, zu erwartenden Einsparpotenziale (Heizenergie) durch Verbesserung der Gebäudehülle und der Lüftungskonzepte dürften auf das ganze Quartier bezogen bei 10-15% liegen. Das Modellprojekt hat jedoch ebenso aufgezeigt, dass wesentlich höhere Einsparpotenziale in der quartiersbezogenen Modernisierung der Wärmeversorgungsanlagen liegen, die allein oder unterstützend zur weiteren Ertüchtigung der Gebäudehülle signifikante CO<sub>2</sub>-Reduktionen erzielen kann.

### **Stellungnahme von Prof. Dietmar Bendix, Hochschule Merseburg, zur Fernwärme**

Die Weiterentwicklung der Fernwärme hinsichtlich ihrer Erzeugung und Verteilung wurde im Modellprojekt als eine Hauptentwicklungslinie für die Erhöhung der Energieeffizienz und die CO<sub>2</sub>-Einsparung im Wohnungsbestand herausgearbeitet. Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung dieser Thematik durch unsere Hochschule haben wir deutschlandweit Tendenzen identifiziert, die diese Arbeitsergebnisse bestätigen. Dabei geht es einerseits um die **Reduzierung der Verteilverluste**, oft mit simultaner Übernahme weiterer Aufgaben (sommerliche Wärmeentsorgung, Stabilisierung des Elektroenergienetzes) und andererseits um die **Nutzung erneuerbarer Energien in Fernwärmesystemen**.

Ein Ansatzpunkt zur Reduzierung der Verteilverluste ist die **Erhöhung des „Temperaturgliedes“**. Zur Verringerung der Wärmeverluste von der Rohrleitung an das umgebende Erdreich werden einerseits verbesserte Wärmeisolationen bei Neuleitungen verwendet, andererseits wird bei bestehenden Anlagen die Temperatur drastischer als bisher den Bedürfnissen gemäß der Außentemperatur angepasst. Das heißt z.B., dass bei -20°C viel Wärme bei hohem Temperaturniveau benötigt wird, damit ist aufgrund der erforderlichen Vorlauftemperatur von 120°C die Triebkraft der Verluste (120°C – [-20°C]) extrem hoch. Hingegen wird bei +10°C Außentemperatur wenig Wärme benötigt, die Heizungen können mit einem Vorlauf von 60°C betrieben werden. Die somit mögliche Senkung der Vorlauftemperatur auf 70°C reduziert die Triebkraft der Verluste. Die Extrapolation dieser Idee führt zur „kalten Fernwärme“, wobei z.B. die in gewerblichen Abwässern enthaltene Wärmeenergie (kontinuierlich anfallende Mengen, konstante Temperatur von ca. 30°C) in Niedrigtemperatursysteme öffentlicher Gebäude eingespeist wird. Eine Zwischenlösung zur Erhöhung der Energieeffizienz wäre die **dezentrale Installation von Wärmepumpen**, die mit hoher Leistungszahl die Wärme für die Nachwärmung (von  $T_{\text{Heiz}}$  bis auf 60°C) des Warmwassers bereitstellen. Auf Basis der Niedertemperatur der Fernwärme wird diese Nachwärmung in Zeiträumen vorgenommen, wenn der Börsenpreis für Elektroenergie niedrig ist; ein Vorortspeicher wird dabei mit warmem Wasser beladen. Die Vorlauftemperatur der Fernwärme richtet sich dann nur noch nach der für die Hei-

zung notwendigen Temperatur (März – Oktober im Bereich 30°C). Eine weitere Möglichkeit zur Effizienzerhöhung bieten **Vierleitersysteme** mit simultaner Wärmeentsorgung im Sommer. Dabei werden zwei Leitungen kleinen Querschnittes mit ganzjährig konstantem Temperaturniveau für die Warmwasserbereitstellung gefahren. Dies ermöglicht die Reduzierung der Verluste aufgrund der kleinen Kontaktfläche zwischen Rohrleitung und Erdreich. Zwei größer dimensionierte Leitungen mit stark schwankendem Temperaturniveau (bei -20°C Außentemperatur: 120°C Vorlauftemperatur; bei +25°C: 6°C) übernehmen die Ver- und Entsorgung von Wärme zur Temperierung von Räumen („Fernkälte“, z.B. in Chemnitz).

Die **Einbindung regenerativer Energien** kann **mit und ohne Netzstabilisierung** erfolgen. Bei der Einbindung regenerativer Energien ohne Netzstabilisierung erfolgt die Bereitstellung der notwendigen Wärme durch Biogasanlagen im Vorrangbetrieb (Fernwärme Bad Dürrenberg), in Kombination z.B. mit durch Hackschnitzel befeuerten Hochlastkesseln (Trocknen der Hackschnitzel im Sommer mit Überschusswärme der Biogasanlage) oder Spitzenlastgaskesseln. Die Einbindung von Solarthermie in Fernwärmesysteme ist wirtschaftlich meist weit ungünstiger als alle anderen Möglichkeiten. So wurde bei einem Solarthermie-Projekt in Crailsheim ein Wärmepreis von 219€/MWh ermittelt, während der Marktpreis im Bereich von 20-80€/MWh Wärme liegt.

Moderne GUD-Kraftwerke (nach dem KWK-Prinzip) ermöglichen die Einbindung regenerativer Energien **mit Netzstabilisierung**. Dafür wird ein Kraftwerk benötigt, das sowohl eine Gegendruckturbine (Einkoppeln der Kondensationswärme in die Fernwärme<sup>19</sup>) als auch eine Kondensationsturbine (Entsorgung der Kondensationswärme über einen speicherbasierten Kühlturm<sup>20</sup>) besitzt. Nach bisheriger Praxis erfolgt eine nächtliche Herunterkühlung des Speicherwassers, um mittags geringe Temperaturen durch Speichernutzung für die Kondensation nutzen zu können. Zur Einbindung regenerativer Energien könnte das Prinzip eines „Eisspeichers“ angewandt werden. Dabei wird in Zeiträumen mit Stromüberschuss (Windkraft) das Kraftwerk in ein weitgehendes stand-by versetzt. Die **Fernwärme wird mittels Wärmepumpe** bereitgestellt, und zwar durch Wärmeentzug aus dem Wasserspeicher, was zur Vereisung des Wassers führt. Bei Elektroenergiebedarf wird die Kondensationswärme im Eisspeicher entsorgt. Dies ermöglicht dann eine geringere Kondensationstemperatur, womit der Wirkungsgrad kurzzeitig steigt und mehr Elektroenergie zur Netzstabilisierung zur Verfügung steht. Eine weitere Variante ist die **Nutzung der Speicherwirkung des Fernwärmenetzes** in Abhängigkeit vom Strombedarf. Dabei wird in Zeiträumen mit Elektroenergiebedarf der gesamte Dampf auf die Kondensationsturbine gegeben. Das damit verbundene langsame Auskühlen des Fernwärmenetzes ist für den Verbraucher kaum spürbar. In Zeiträumen mit Elektroenergieüberschuss wird hingegen aller Dampf auf die Gegendruckturbine gegeben. Der damit einhergehende Temperaturanstieg im Fernwärmenetz ist handhabbar, solange die Zeitintervalle nur wenige Stunden betragen, da die Speicherwirkung des Netzes ausreichend groß ist.

<sup>19</sup> Entspannung des Dampfes bis auf 6 bar, Kondensation des Wassers bei etwa 150°C

<sup>20</sup> Entspannung des Dampfes bis auf 0,03...0,07 bar, Kondensation des Wassers bei etwa 20...40°C

© isw Institut gGmbH  
Hoher Weg 3  
06120 Halle (Saale)

Redaktionsschluss: 17. März 2014