

NACHHALTIGES BAUEN IM BESTAND -

Klimaeffiziente Sanierung im Bestand

ein Pilotprojekt für Köln am Beispiel des Gebäudes Senefelderstr. 44-48

Abschlussbericht Modul A

an den Klimakreis Köln



Antragsteller

GAG Immobilien AG, Josef-Lammerting-Allee 20-22, D-50933 Köln,
Herr Klaus Möhren
Telefon: 0221/ 20 11-129, Telefax: 0221/ 20 11-224



Autoren:

Svend Ulmer, Thomas Luzcak

mit Beiträgen von Klaus Möhren, Alfred Wallau, Thomas Heinrichs, Richard Kaus

Projektkonsortium

Antragsteller, Praxispartner & Eigentümer Demonstrationsobjekt

GAG Immobilien AG,
Klaus Möhren / Richard Kaus / Olaf Kühle, Josef-Lammerting-Allee 20-22, D-50933 Köln,
Telefon: 0221/ 20 11-0, Telefax: 0221/ 20 11-222

Wissenschaftliche Koordination

KATALYSE e.V. Institut für angewandte Umweltforschung, Köln,
Projektkoordinator Svend Ulmer c/o, Unter Krahenbäumen. 75, 50668 Köln, Telefon: 0221-
998 999 55, Email: sulmer@katalyse.de

Architekt:

Luczak Architekten

Thomas Luczak, Roland Lelke Architekten BDA, DWB, Senefelder Straße 42, D-50825 Köln,
Telefon: +49 (0) 221 51 30 50, Telefax: +49 (0) 221 51 30 51, Email: info[at]luczak-
architekten.de

Technische Gebäudeausrüstung & -Simulation:

Zibell, Willner & Partner,
Alfred Wallau, Bernd Pfeifer, An der Münze 12-18, 50668 Köln, Telefon (02 21) 97 31 82-0
Telefax (02 21) 97 31 82-40, E-Mail: koeln@zwp.de

Bauphysik:

Ing.-Büro für Bauphysik Heinrichs
Thomas Heinrichs, Kalscheurener Str. 19 (Atelier 17/18), 50354 Hürth-Efferen
Tel.: 02233-94664- 0

Statik / Tragwerksplanung:

Ingenieurteam Kinzer + Lindenberg Diplomingenieure für Tragwerkplanung,
Herr Lindenberg, Theodor-Babylon-Str. 1-3, 50679 Köln-Deutz, Telefon (0221) 92 30 315,
Telefax (0221) 92 03 318

Inhalte

Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
1 Hintergründe und Motive	8
1.1 Konfliktfeld Nachhaltiges Bauen.....	8
1.2 Das Gebäude	9
1.3 Ausgangslage für die Untersuchung des Gebäudes	10
2 Ziele des Projekts	11
3 Ablauf und Methoden	13
3.1 Ablauf der Untersuchung.....	13
3.1.1 Meilensteine des Moduls A	13
3.1.2 Mehrstufiger Bewertungsprozess.....	13
3.1.3 Drei Ebenen der Betrachtung.....	15
3.1.4 Lebenszyklusorientierung.....	15
3.1.5 Begriffsbestimmung Soziale Nachhaltigkeitskriterien	15
3.1.6 Methodischer Aufbau des Bewertungsprozesses	16
3.1.7 Untersuchungstiefe	16
3.1.8 Zusammensetzung des Projektteams.....	18
3.2 Methoden	19
3.2.1 Technisch-planerische Verfahren	19
3.2.2 Prozessuale Elemente	20
4 Ergebnisse	22
4.1 Substanzerkundung - Ist-Zustand des Gebäudes.....	24
4.2 Energie-Potenziale vor Ort (Physis des Ortes).....	25
4.3 Rahmenbedingungen	28
4.4 Grundmodelle der Sanierung – die Baukonstruktion	29
4.4.1 Prinzipielle Möglichkeiten zur Bestandsanierung.....	29
4.4.2 Pro-Contra-Betrachtung der Grundmodelle	30
4.4.3 Modell A: Sanieren im Bestand	33
4.4.4 Modell B: Abriss-Neubau.....	33
4.4.5 Modell C: Hybrid Alt-Neubau.....	33
4.5 Sondierung von Rahmenbedingungen.....	34
4.5.1 Bedarfsplanung	34
4.5.2 EnEV - Energetische Mindestqualitäten.....	35
4.5.3 Detail-Prüfung der örtlichen Energieoptionen	35
4.6 Vertiefungsphase 1: Sondieren der Technikoptionen	36
4.6.1 Wärmeerzeugung.....	36
4.6.1.1 Prinzipielle Möglichkeiten der Wärmeerzeugung.....	36
4.6.1.2 Auswertung der Pro- und Contra-Argumente	38
4.6.2 Lüftung.....	41
4.6.2.1 Prinzipielle Möglichkeiten der Lüftung	41
4.6.2.2 Auswertung der Pro- und Contra-Argumente	42
4.6.3 Warmwasserbereitung	45
4.6.3.1 Prinzipielle Möglichkeiten der Warmwasserbereitung	45
4.6.3.2 Auswertung der Pro- und Contra-Argumente Warmwasserbereitung	46
4.6.4 Wärmeübergabe.....	49
4.6.4.1 Prinzipielle Möglichkeiten der Wärmeübergabe.....	49
4.6.4.2 Auswertung der Pro- und Contra-Argumente Wärmeübergabe	49
4.6.5 Dämmung der Gebäudehülle (Fassade).....	51
4.6.5.1 Prinzipielle Möglichkeiten der Außenwand - Dämmung	51
4.6.5.2 Auswertung der Pro- und Contra-Argumente Dämmung.....	51
4.7 Vertiefungsphase 2: Erweiterte Nachhaltigkeitsbewertung von Baukomponenten.....	54
4.7.1 Nachhaltigkeitsbewertung der Baukomponenten	54

4.7.2	Voraussetzungen für die Nachhaltigkeitsbewertung.....	55
4.7.3	Bewertungskriterien Nachhaltigkeit.....	56
4.7.3.1	Auswahl der Bewertungskriterien	56
4.7.3.2	Bewertungskriterien Nachhaltigkeit.....	57
4.7.3.3	Ablauf der <i>Nutz-Wert-Analyse Nachhaltigkeit</i>	63
4.7.3.4	Gesamtergebnisse Nachhaltigkeitsbewertung.....	64
4.8	Auswahl der Sanierungsmodelle	66
4.8.1	Zielsetzungen für die Bildung der Sanierungsmodelle.....	66
4.8.2	Auswahlgründe für die Bildung der Sanierungsmodelle	67
4.8.3	Grundmodelle der Sanierung	67
4.8.3.1	Sanierungsmodell 1: <i>Sanieren im Bestand</i>	68
4.8.3.1.1	Wichtige Auswahlgründe/Ausschlussgründe:.....	68
4.8.3.2	Sanierungsmodell 2: Abriss-Neubau	69
4.8.3.2.1	Wichtige Auswahlgründe/Ausschlussgründe:.....	69
4.8.3.3	Sanierungsmodell 3: Hybrid Alt-Neubau.....	70
4.8.3.3.1	Wichtige Auswahlgründe/Ausschlussgründe:.....	70
4.8.3.3.2	Modell 3 als Grundlage für Innovationsvarianten - Begründung.....	71
4.8.4	Innovations-Varianten	71
4.8.4.1	Sanierungsmodell 3 a + c + d: Hybrid Alt-Neubau.....	72
4.8.4.2	Sanierungsmodell 4: Hybrid Alt-Neubau - Geothermie.....	72
4.8.4.3	Sanierungsmodell 5: Hybrid Alt-Neubau - Passivhaus-Standard	72
4.8.4.4	Sanierungsmodell 6: Hybrid Alt-Neubau - Solarer Langzeitspeicher.....	72
4.9	Nachhaltigkeits-Bewertung der Sanierungsmodelle	74
4.9.1	Ökologische Nachhaltigkeit der Sanierungsmodelle.....	74
4.9.1.1	Ökobilanz-Ergebnisse	74
4.9.1.1.1	Wirkungskategorien	74
4.9.1.2	Betrachtungsrahmen.....	75
4.9.1.2.1	Betrachtungszeiträume	76
4.9.1.2.2	Verbrauchsdaten	77
4.9.1.2.3	Datengrundlagen.....	77
4.9.2	Treibhausgas-Emissionen.....	78
4.9.3	Versauerungspotenzial.....	80
4.9.4	Primärenergiebedarf.....	82
4.9.5	Ökonomische Nachhaltigkeit der Sanierungsmodelle	84
4.9.5.1	Lebenszykluskosten.....	84
4.9.5.2	Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung	88
4.9.5.3	Volkswirtschaftliche Umwelt- und Gesundheits-Kosten.....	89
5	FAZIT	91
5.1	Umsetzung der Ziele des Förderantrags.....	91
5.2	Schlussfolgerungen für das Demonstrationsobjekt.....	93
5.2.1	Fazits zu Einzelergebnissen.....	93
5.2.1.1	Energieverbrauch der Sanierungsmodelle.....	93
5.2.1.2	Einzelfazit Ökobilanz.....	94
5.2.1.3	Einzelfazits Lebenszykluskosten, Wirtschaftlichkeitsberechnung und externe Kosten.....	95
5.2.1.4	Einzelfazit Soziale Wirkungen der Sanierungsmodelle	96
5.2.1.4.1	Durchgängige Bewertung in allen Untersuchungsphasen.....	96
5.2.1.4.2	Soziale Indikatoren auf Bauteilebene in der Sondierungsphase	96
5.2.1.4.3	Soziale Kriterien in der Nachhaltigkeitsbewertung der Bauteile auf Gebäudeebene	97
5.2.1.4.4	Soziale Kriterien in der Konfiguration und Untersuchung der Sanierungsmodelle.....	97
5.2.1.4.5	Fazit: Soziale Nachhaltigkeit als entscheidungsrelevante Größe.....	99
5.2.2	Integriertes Fazit – Gesamtschau	108
5.2.3	Stand der Umsetzung – Evaluation und Bauherrensentscheidung	109
5.3	Übertragbarkeit der Erfahrungen auf einen Handlungsleitfaden	110
5.3.1	Ablaufplan, Bewertungsprozess und Methodenrepertoire	110
5.3.2	Zusammensetzung des Projektteams.....	110
5.3.3	Lokale Energie-Potenziale	111
5.3.4	Bedarfsplanung	111
5.3.5	EnEV-Mindestqualitäten.....	111

5.3.6 Grundmodelle	111
5.3.7 Sondierung 1 - Technikoptionen	112
5.3.7.1 Wärmeerzeugungssysteme	112
5.3.7.2 Lüftung	112
5.3.7.3 Warmwasserbereitung	113
5.3.7.4 Dämmung	113
5.3.8 Vertiefungsphase 2 – Nachhaltigkeitsbewertung Baukomponenten	114
5.3.9 Bildung von Sanierungsmodellen.....	115
5.3.10 Ökobilanz und ökonomische Untersuchungen	116
5.4 Handlungsleitfaden für nachhaltiges Bauen im Bestand	117
5.5 Lessons learnt.....	120
5.5.1 Kostengrenze	120
5.5.2 Bewertungskriterien zur Nachhaltigkeit.....	120
5.5.3 Integrale Bewertung als Vorteil	121
5.5.4 Gutes nachhaltiges Bauen ist adaptives nachhaltiges Bauen	121
5.5.5 Es gibt keine „Gewinner“, nur „Profiteure“	121
5.5.6 Klimaschutz und Ökologie sind ökonomisch sinnvoll.....	121
5.5.7 Gestaltung und Energieoptimierung sind keine Gegner	122
5.5.8 Entscheidungsmatrix Nachhaltigkeit	122
5.6 Optionen für die weiteren Arbeiten in Modulen B und C.....	122
5.6.1.1 Erweiterung und Ausarbeitung des Handlungsleitfadens (“Blaupause”)	122
5.6.1.2 Kommunikation - Internetseite des Vorhabens & Veranstaltungen	123
5.6.1.3 Zielkonflikte aufarbeiten	124
5.6.1.4 Energiesparendes Bauen, Thermische Simulation:.....	124
5.6.1.5 Energiesparendes Bauen, Anlagenoptimierung:	124
5.6.1.6 Variantenprüfung einfacher Lüftungssysteme nach DIN 1946	125
5.6.1.7 Variantenprüfung Innendämmung/Außendämmung.....	125
5.6.1.7.1 Innendämmung	125
5.6.1.7.2 Variantenprüfung Außendämmung.....	126
5.6.1.8 Detailklärungen zur Energie- und Wärmeversorgung.....	127
6 Verwendete Literatur	128

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Das Gebäude –Straßenseite - 1929.....	9
Abbildung 2 Das Gebäude – Gartenseite heute - 2011.....	9
Abbildung 3: Ablaufplan des Gesamt-Vorhabens inkl. Modul A/Integrierte Planung	13
Abbildung 4: Kaskadenmodell des mehrstufigen Untersuchungsprozesses	14
Abbildung 5: Ausgangszustand – Beispiel Sanitärbereich	24
Abbildung 6: Physis des Ortes – Energieversorgungsmöglichkeiten vor Ort.....	25
Abbildung 7: Nutzungsrandbedingungen für die Sanierungsmodelle	34
Abbildung 9: Nachhaltigkeitsbewertung - Gesamtergebnisse und Teilergebnisse zu Lüftungs- und Warmwasserbereitungssystemen	64
Abbildung 10: Nachhaltigkeitsbewertung - Gesamtergebnisse und Teilergebnisse zu Wärmebereitstellung, Gebäudehülle und Wärmeübergabe	65
Abbildung 11: Sanierungsmodell A - Bestandssanierung - Rückfront	68
Abbildung 12: Entwurf Sanierungsmodell 3 – Hybrid Alt-Neubau	70
Abbildung 13: Treibhausgas-Emissionen der Sanierungsmodelle	78
Abbildung 14: Instandhaltung und Treibhausgasemissionen	80
Abbildung 15: Sanierungsmodelle und ihr Versauerungspotenzial	81
Abbildung 16: Primärenergieeinsatz der Sanierungsmodelle.....	82
Abbildung 17: Anteil erneuerbarer Energien.....	83
Abbildung 19: Rahmenbedingungen der Lebenszykluskostenrechnung	85
Abbildung 20: Lebenszykluskosten – Gesamtwert bei 4 % Energiepreissteigerung.....	86
Abbildung 21: Lebenszykluskosten – Gesamtwert bei 8 % Energiepreissteigerung.....	86
Abbildung 22: Lebenszykluskosten – Betriebskosten der Sanierungsmodelle	87
Abbildung 23: Gesamtbewertung Rendite plus Liquidität.....	88
Abbildung 24: Externe Kosten der Sanierungsvarianten.....	90
Abbildung 23: Kriterien der Wohnqualität im Qualitätssiegel Nachhaltiger Wohnungsbau ..	115
Abbildung 25: Handlungsleitfaden (“Blaupause”) für nachhaltiges Sanieren: Phasen-Verfahren-Diagramm	119
Abbildung 26: Internetseite des Projektes (Beispiel).....	123

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Untersuchungstiefe der Bewertungsphasen.....	16
Tabelle 2: Matrix Prinzipielle Möglichkeiten lokaler Energieversorgung	26
Tabelle 3: Matrix der Argumente Lokale Energiepotenziale A - G.....	27
Tabelle 4: Matrix Prinzipielle Möglichkeiten für die Bestandssanierung	30
Tabelle 5: Pro-Contra Argumente Grundmodelle für Bestandsanierungen	32
Tabelle 6: Prinzipielle Möglichkeiten zur Wärmeerzeugung	37
Tabelle 7: Pro-Contra-Argumente Wärmeerzeugungsoptionen	38
Tabelle 8: Prinzipielle Möglichkeiten zur Lüftung	41
Tabelle 9: Pro-Contra-Argumente Lüftung	43
Tabelle 10: Prinzipielle Möglichkeiten zur Warmwasserbereitung.....	45
Tabelle 11: Pro-Contra-Argumente Wassererwärmung	47
Tabelle 12: Prinzipielle Möglichkeiten zur Warmwasserbereitung.....	49
Tabelle 13: Pro-Contra-Argumente Wärmeübergabe	50
Tabelle 14: Prinzipielle Möglichkeiten zur Dämmung.....	51
Tabelle 15: Pro-Contra-Argumente Dämmung	53
Tabelle 16: Kriterien des Kurzbewertungsinstruments Nachhaltigkeitsaspekte.....	58
Tabelle 17: Bewertungsfunktionen Nachhaltigkeitsmatrix	63
Tabelle 18: Gewichtungen der Kriterienbereiche in der Nachhaltigkeitsmatrix	63
Tabelle 19: Kenndaten der ausgewählten Sanierungsmodelle	73
Tabelle 20: Sanierungsmodelle und Betrachtungsrahmen.....	76
Tabelle 21: Verbrauchsdaten der Sanierungsmodelle	77
Tabelle 22: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsrechnung der GAG	88
Tabelle 23: Kostenansätze für externe Kosten	89
Tabelle 24: Übersicht der bewerteten sozialen Aspekte	97
Tabelle 25: Übersicht der sozialen Aspekte der Sanierungsmodelle.....	101
Tabelle 25: Gesamtbewertung der Sanierungsmodelle	109

1 Hintergründe und Motive

Der hier vorliegende Bericht befasst sich mit der Musterplanung zur Sanierung eines bestehenden Mehrfamilienhauses in der Kölner Innenstadt und der Herleitung eines Handlungsleitfadens für nachhaltiges Sanieren im Bestand gemäß dem vom Klimakreis Köln am 29.7.2009 bewilligten Förderantrag.

Diese Musterplanung (im Sinne einer Sondierung der Sanierungsmöglichkeiten und ihrer Folgen) ist Gegenstand der ersten Arbeitsphase (Modul A) des auf insgesamt drei Phasen angelegten Vorhabens (Modul B: Umsetzungsphase, Modul C: Nutzungsphase). Der hier vorgelegte Abschlussbericht zum Modul A befasst sich sowohl mit den Ergebnissen, welche in den fachlich-technischen Themenbereichen erarbeitet wurden, wie auch mit den Erfahrungen, die mit den gewählten Verfahren gemacht wurden und ihrer Übertragbarkeit in einen Handlungsleitfaden.

1.1 Konfliktfeld Nachhaltiges Bauen

Das Projekt *NACHHALTIGES BAUEN IM BESTAND - Klimateffiziente Sanierung Senefelderstraße 44-48* beschäftigt sich mit der Frage, wie die vielzitierten Begriffe „Nachhaltiges Bauen“ und „Klimaschutz“ im alltäglichen Praxisfall einer Bestandssanierung umgesetzt werden können ohne der Verführung zu erliegen, ein weiteres, nur einmal ausführbares Leuchtturm- oder Pilotprojekt zu entwickeln. Die gemachten Erfahrungen sollen für ähnlich gelagerte Fälle ausgewertet und als eine Art Handlungsleitfaden („Blaupause“) dienlich gemacht werden. Eine der spannendsten Fragen des Vorhabens war die, welche Konsequenzen es hat, wenn zu der üblichen Betrachtung der klimaschützenden und betriebswirtschaftlichen Wirkungen des Bauens weitere Kriterien treten, die den Begriffen Nachhaltigkeit und Ganzheitlichkeit Rechnung tragen. Interessant ist dies für den Praxisfall vor allem deshalb, weil Konflikte zwischen den bekannten drei Säulen der Nachhaltigkeit Ökologie-Ökonomie-Soziales zu lösen sind, die üblicherweise hinter einem idealisierten harmonisierenden Nachhaltigkeitsbegriff verborgen bleiben. *Denn unklar bleibt in vielen Fällen: Wo verläuft eigentlich die Grenze zwischen gesamtökologischen Ansprüchen, ökonomischen Erfordernissen, sozialer Fairness und gesellschaftlichen Forderungen? Wie sollen die Interessen von Mietern/Nutzern und Eigentümern gegeneinander abgewogen werden? Was geschieht zum Beispiel, wenn das Unsoziale ökologisch ist? Im konkreten Fall müssen Bauherren, Nutzer/Mieter wie Gesellschaft unter anderem abwägen können: Welchen Preis darf die Warmmiete haben, um noch sozial zu sein? Ab wann ist Energieeffizienz in der Bestandssanierung wegen der umzulegenden Kosten unsozial? Bis zu welcher Rendite kann am meisten Klimaschutz betrieben werden und wie bestimmt sich diese Grenze überhaupt? Kann man die volkswirtschaftlichen Kosten der Bautätigkeit einbeziehen und wenn ja, wie verteilen sie sich zwischen Eigentümer und Mieter? Wenn Gestaltung eine Rolle spielen soll, wie bewertet man die städtebauliche Einfügung in das Quartier?*

Kernarbeiten dieses Projektes waren folglich die Untersuchung ökologischer, ökonomischer und sozialer Wirkungen nachhaltigen Bauens zusätzlich zu den „klassischen“ Größen von Klimabilanz und Wirtschaftlichkeit. Einer der Gründe für das Projekt ist schließlich die Tatsache, dass Wohnungsbaugesellschaften wie Einzeleigentümer Klimaschutzmaßnahmen oft nicht realisieren, weil wirtschaftliche und/oder soziale Auswirkungen den Maßnahmen entgegenstehen.

Das Vorhaben konzentrierte sich darauf, die Sanierungsplanung und -konzipierung von Bestandsgebäuden als positives Zusammenwirken der genannten Nachhaltigkeitsaspekte zu entwickeln. Zielkonflikte sind in diesem Verständnis, wie in allen Fällen ganzheitlicher Bewertung, ein natürlicher Teil des Arbeitsprozesses – eine Frage war also, für welche Zielkonflikte welche Lösungen erarbeitet werden können. Aus dieser komplexen Aufgabenstellung folgt ein prozessuales in Teilen iteratives Vorgehen bei der Lösungsfindung, welches Irrtümer als Teil des Prozesses einkalkuliert.

1.2 Das Gebäude

Das Mietswohngebäude Senefelderstraße 44 – 48 wurde im Jahre 1928 vom Architekten Arthur Hahn im zeitgenössischen Baustil, einer Mischung aus Bauhaus und traditionellen Backsteinelementen, errichtet. Die starke plastische Gliederung, die Kraggesimse und Fensterformate sind dem modernen, Bauhaus und Expressionismus verpflichteten Zeitgeist zuzuordnen; die symmetrische, mit Risaliten arbeitende Großform, die Mischung aus Backsteinsockel und Backsteinverzierungen mit Edelkratzputzflächen sowie das gegliederte Satteldach nehmen traditionelle wie auch regionale Architekturmerkmale auf. In diesem Stil der klassischen Moderne errichtete Gebäude finden sich in einiger Zahl in den westlichen Stadtbezirken Kölns; sie stellen typische architektonische Elemente im Kölner Stadtbild dar.



Abbildung 1 Das Gebäude –Straßenseite - 1929

Die bescheidenen, aber noch heute brauchbar strukturierten 3-Spanner haben ein niedriges Mietniveau, bieten aber eine durchaus gefragte Atmosphäre und sind ein für das Rheinland bzw. Köln typischer Siedlungsbau. Die Mängel am Wohnkomfort ließen sich durchaus mit erprobten Mitteln lösen, die Substanz der Gebäude mit ca. 1.800 m² Wohnfläche in 36 Wohnungen ist im Prinzip solide. Oberflächliche Sanierungsmaßnahmen konnten die Verschlechterung der Bausubstanz und den fehlenden Komfort aber bisher nicht durchgreifend kompensieren. Das Gebäude steht bis auf wenige Ausnahmen leer. Die noch verbliebenen Mieter werden von der GAG sozialverträglich mit Ersatzwohnraum versorgt.



Abbildung 2 Das Gebäude – Gartenseite heute - 2011

1.3 Ausgangslage für die Untersuchung des Gebäudes

Die Wohnungsbaugesellschaft beschäftigte sich aus den oben genannten Gründen seit Jahren mit der Frage, was mit diesem bei den Bewohnern zwar beliebten, aber mehr und mehr sanierungsbedürftigen Haus gemacht werden solle. Konkurrierende Denkansätze von Pinselsanierung bis hin zu Abriss und Neubau fanden ihren Niederschlag in Testentwürfen und Kalkulationen verschiedener Architekturbüros, ohne dass sich eine der vorgeschlagenen Varianten eindeutig als die wirtschaftlich vorteilhafteste herausstellte oder ein Entwurf auf andere Art wirklich überzeugte, eine Art strategisches Patt. Wurden zunächst nur die oben genannten Sanierungsvarianten abgewogen, fügten die Architekten noch eine Kombination aus Altbau- und Neubauteilen (mit einer Anbaukomponente gartenseitig) als dritte mögliche Sanierungsvariante hinzu.

Eine wirtschaftlich belegbare Entscheidung zwischen diesen prinzipiellen Sanierungsmöglichkeiten konnte aufgrund der fehlenden Daten zu den Nutzungs- bzw. Lebenszykluskosten sowie den gesellschaftlichen Folgekosten und den Klimaschutz-Effekten nicht getroffen werden. Optimierungen der haustechnischen und wärmetechnischen Denkansätze erforderten zudem einen integralen, mehrgliedrigen Untersuchungsansatz zur Betrachtung der bautechnischen Kombinationsmöglichkeiten, der für viele vergleichbare Projekte ebenso dringend gebraucht würde wie für das nach 80 Jahren immer noch ansehnliche Gebäude in der Senefelderstraße. Daraus ergab sich die Überlegung, ob nicht ein „Mehr“ an Bewertungsperspektiven im Sinne nachhaltigen klimafreundlichen Bauens dem Bauherrn eine bessere Entscheidungsgrundlage bieten könne. Anders gesagt: bei ähnlichem wirtschaftlichem Ergebnis könnten die Umweltbelastung, die sozialen und nutzerbezogenen Vorteile von Sanierungsoptionen das ausschlaggebende Kriterium werden.

Da das Gebäude mit seiner guten aber nicht denkmalgeschützten Architektur zugleich prototypisch für einen größeren Teil des bundesdeutschen Wohngebäudebestandes steht, bot es ein gutes Untersuchungsobjekt für die Frage, wie mit einem "Normalfall" im Bestand umgegangen werden könne und solle, wenn man die Sanierungsmöglichkeiten mit einem erweiterten Instrumentenrepertoire untersucht. Das Gebäude steht nicht unter Denkmalschutz, so dass weder die Einschränkungen für Gestaltveränderungen gelten noch die Vorteile einer öffentlichen Bevorzugung in energietechnischer Hinsicht. Die These war: Gelänge es, hier ein positives, wirtschaftlich tragbares Konzept von substanzschonender und nachhaltigkeitsorientierter Sanierung nachzuweisen, könnte dies als Vorbild für ähnliche Objekte in der Region dienen. In Folge dieser Überlegungen wurde von der GAG Immobilien AG mit Hilfe der Projektteilnehmer eine Untersuchung der bislang vorgeschlagenen wie auch neu zu entwickelnde Sanierungsmodellen veranlasst. Wichtig war es zudem zu klären, wie der Konflikt zwischen sozialer Verpflichtung und Wirtschaftlichkeit zufriedenstellend gelöst werden kann. Im Zentrum der Untersuchungen standen folglich die umfangreichen Bewertungskriterien nachhaltigen Bauens, welche in Ergänzung zu den betriebswirtschaftlichen die erhoffte bessere Entscheidungsgrundlage liefern sollten (s. a. weitere Hintergrundinformationen zu *Klimaschutz und Energiewende im Bestand* in Anhang 1).

2 Ziele des Projekts

Das Projekt „NACHHALTIGES BAUEN IM BESTAND - Klimageeffiziente Sanierung im Bestand“ soll anhand eines sanierungsbedürftigen Bestandsgebäudes in Köln-Ehrenfeld (Praxis- und Demonstrationsobjekt) eine beispielhafte Vorgehensweise für eine erfolgreiche klimageeffiziente Sanierung von Bestandsbauten entwickeln. Die Ergebnisse werden der Öffentlichkeit am Ende der Projektlaufzeit in Form eines Handlungsleitfadens zur Verfügung gestellt.

Im Zentrum des Vorhabens steht folglich die Entwicklung, wissenschaftliche Begleitung, Auswertung und Kommunikation eines integralen Bauprozesses für nachhaltige klimageeffiziente Bestandsanierung, der sich über die drei Projektphasen Planung, Umsetzung und Nutzung erstreckt (Module A – C). Der Kommunikationsplan besteht technisch aus projekteigener Internetseite und Referaten und Vorträgen von Fachpublikum und Öffentlichkeit im Raum Köln. Druckpublikationen in Form von Fachartikeln sind beabsichtigt aber zeitlich abhängig von dem Projektfortschritt. Zum Ende des Gesamtvorhabens entsteht ein praxisbezogener Handlungsleitfaden der nachhaltigen Bestandssanierung als Vorlage für die Durchführung ähnlicher Sanierungsvorhaben.

Der hier vorgelegte Abschlussbericht behandelt den Abschluss des Moduls A und dem entsprechenden Stand der Zielerreichung.

Zentrale Ziele

Die im Förderantrag formulierten zentralen Ziele des Vorhabens sind, aufzuzeigen

1. wie nachhaltige und klimafreundliche Sanierung von Bestandsbauten erfolgreich gelingen kann,
2. und diese ökonomisch anhand einer gleichzeitigen Wirtschaftlichkeitsberechnung rentabel gehalten werden kann,
3. wie integrale Bauplanung im Dienste eines solchen Zieles genutzt werden kann und eine Voraussetzung für den Erfolg darstellt,
4. wie sich unterschiedliche technische Sanierungsvarianten bezüglich der erreichbaren Nachhaltigkeitsstandards und Klimageeffizienz rechnerisch unterscheiden,
5. wie schließlich ein optimaler Ablauf der Entscheidungsprozesse und Bewertungsschritte für eine nachhaltige und klimafreundliche Sanierung von Bestandsbauten aussehen kann.

Darüber hinaus soll das Vorhaben im Sinne der Klimakreis Köln-Anforderungen in dreierlei Hinsicht innovativ sein:

1. Durch ein integrales transdisziplinäres Vorgehen mit Hilfe auch nicht-konventioneller Instrumente, die eine ökologisch-ökonomische Beurteilung ermöglichen,
2. durch die technische Kombination aus Energiesystemen, Lüftung und Gebäude- und Fassadenkonzept, der am Ende von Modul A entwickelten Umbauvariante,
3. in der Schaffung einer „Blaupause“ für klimaschonende nachhaltige Bestandsanierung, welche auf andere Bestandsanierungs-Projekte übertragbar sein wird.

Die Ziele der Untersuchung sind also in zwei Feldern angesiedelt:

1. **Wertziele:** Einerseits mit dem Planungsteam konkrete Modelle und technische Bestandteile für die Musterplanung von Sanierungsmodellen zusammenzustellen und ein erweitertes Bewertungsschema zu entwickeln, das neben der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung weitere ökonomische, ökologische sowie nutzerbezogene und soziale Aspekte der Sanierung verfügbar macht (dieses Kriterienset sollte zumindest eine Lebenszykluskostenanalyse und eine Ökobilanz¹ enthalten).
2. **Handlungsziele:** Zum Zweiten einen Lösungsweg zu finden, der die Vielzahl der Varianten und Einzelergebnisse ergebnisoffen einbezieht und integriert. Diese nachvollziehbare Verschränkung der Einzelergebnisse sollte die angestrebte erweiterte Entscheidungsbasis für den Bauherrn handhabbar machen und verhindern, dass aufgrund einzelner „wohl vertrauter Ergebnisgrößen“ aus reinem Bauchgefühl heraus verkürzt Zufallsentscheidungen getroffen werden ("machen wir immer so", "klappt auf jeden Fall" usw.). Aus diesen Prozessen sollte zudem ein „Handlungsleitfaden (“Blaupause“)" für ein optimales umfassendes Bearbeiten ähnlicher Bestandssanierungen erarbeitet werden.

¹ Ökobilanz (eng. LCA-Life Cycle Analysis): In einer Ökobilanz werden alle Phasen eines Produktes, in diesem Falle des Gebäudes, über seinen „Lebenslauf“ hinweg (d.h. von der Bereitstellung der Rohstoffe, seiner Herstellung, Betrieb/Nutzung und Instandhaltung bis zu seiner Entsorgung/Recyclierung) auf seine Umweltwirkungen in den Blick genommen. Bei einem Gebäude werden also nicht nur die Betriebsmittel (Energieträger und –verbräuche) sondern alle in der betrachteten Lebenszeit eingesetzten Materialien, vom Beton bis zur Türklinke, untersucht. Klassische Untersuchungsgrößen einer Ökobilanz sind: entstehende Treibhausgase, Verursacher-Gase für Sauren Regen, Überdüngung, Ozonschichtabbau und Sommersmog sowie die beanspruchte Primärenergie (PEI). Der umfassende Ansatz (Gebäude- und Energiesystem-Betrieb) und die Summenbildung aus regenerativer und nicht erneuerbaren PEI führt dazu, dass höhere Jahreswerte als bei der EnEV-Berechnung (nur Energiesystem-Betrieb) entstehen. Ein Umstand, der häufig Verwirrung stiftet. Ökobilanzen sollten nach den internationalen Standards der ISO 14000 berechnet werden, um ihre Vergleichbarkeit und Überprüfbarkeit zu ermöglichen.

3 Ablauf und Methoden

3.1 Ablauf der Untersuchung

3.1.1 Meilensteine des Moduls A

Idealtypisch wurde das Projekt innerhalb des hier behandelten Moduls A (Integrierte Planung bzw. Musterplanung, s. folgende Abbildung 3) gemäß dem Förderantrag in fünf Hauptarbeitsphasen (Meilensteine) unterteilt. Diese beschreiben wichtige Zwischenergebnisse, die in dem im Folgenden geschilderten mehrstufigen Arbeitsprozess erarbeitet wurden.

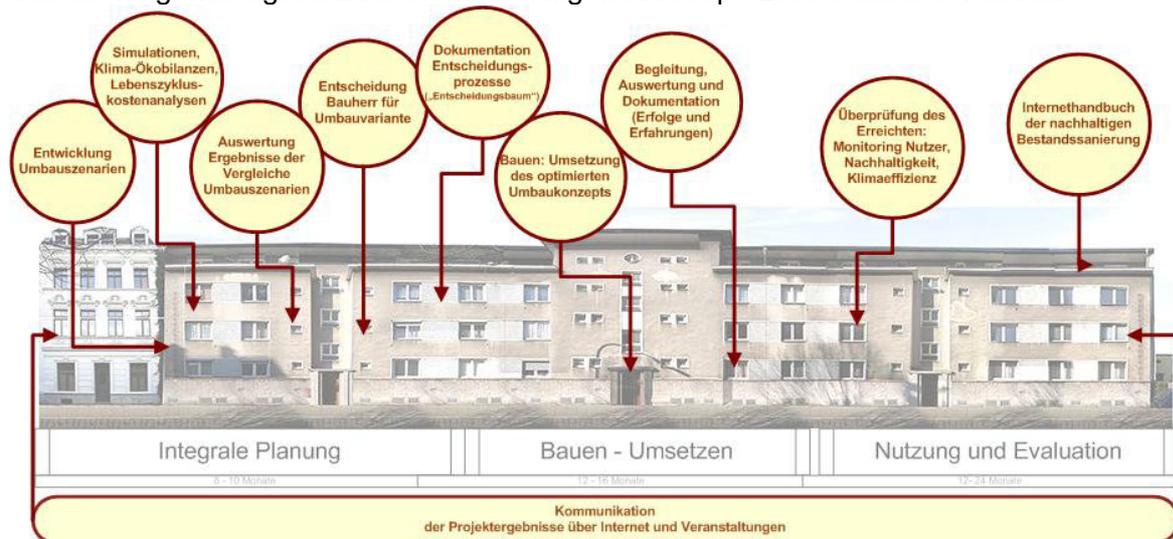


Abbildung 3: Ablaufplan des Gesamt-Vorhabens inkl. Modul A/Integrierte Planung

3.1.2 Mehrstufiger Bewertungsprozess

Um die oben beschriebenen Meilensteine zu erreichen und die angestrebte ganzheitliche Entwicklung und Betrachtung der Sanierungsoptionen unter Einbezug aller Nachhaltigkeitsdimensionen umzusetzen sowie gleichzeitig eine nachvollziehbare und übertragbare Auswahl und Bewertung zu gewährleisten, wurde ein mehrstufiges Auswahlverfahren (s.a. Abbildung 4) entwickelt.

Als **Arbeitsschritte der Musterplanung** in Modul A können drei Phasen der Untersuchung skizziert werden, in welchem durch

I. Sondierungen und Voruntersuchungen

- a. das Bestandsgebäude als Ausgangspunkt dokumentiert (Ist-Zustand),
- b. die lokalen Potenziale zur Energieversorgung erhoben,
- c. prinzipielle Sanierungsoptionen (Grundmodelle der Sanierung) festgelegt,
- d. eine Bedarfsanalyse hinsichtlich des zu erwartenden Verbrauchs an Energie, Wärme und Wasser durchgeführt und
- e. einzelne technische Elemente bzw. Bauteile einer möglichen Sanierung und Modernisierung energetisch, technisch-funktional, nutzerbezogen, wirtschaftlich, gebäudebezogen sowie
- f. anhand einer Nachhaltigkeitsbewertung vorab bewertet wurden.

Darauf erfolgte nach ausführlicher Diskussion zwischen Fachplanern und Bauherr die

II. Zusammenstellung von Sanierungsmodellen

- g. Aus den gewonnenen Erkenntnissen (aus a.-f.) wurden schließlich Sanierungsmodelle entwickelt, deren Effekte in einem den Modellen angemessenen Zeitraum (Restnutzungsdauern von 40-60-80 Jahren; Lebenszyklusperspektive) in weiteren Prüfschritten untersucht wurden.

Die Sanierungsmodelle wurden daraufhin einem zweiten Untersuchungsschritt unterzogen, der

III. Nachhaltigkeits-Bewertung der Sanierungsmodelle

- h. Diese untersuchte anhand einer **Ökobilanz** ihre Umweltwirkungen und
 i. ihre **ökonomischen Folgen** mit Hilfe von Lebenszykluskostenanalyse, Wirtschaftlichkeitsberechnung, der Analyse externen Kosten (m.a.W. gesellschaftliche Umweltkosten).
 j. Die **sozialen Auswirkungen** auf die Nutzer/Mieter wurden schließlich mittels einer Zusammenschau der Beurteilungen aus der Bauteilbetrachtung in der Sondierungs- und Voruntersuchungsphase sowie der nutzerrelevanten ökonomische Ergebnisse erörtert.

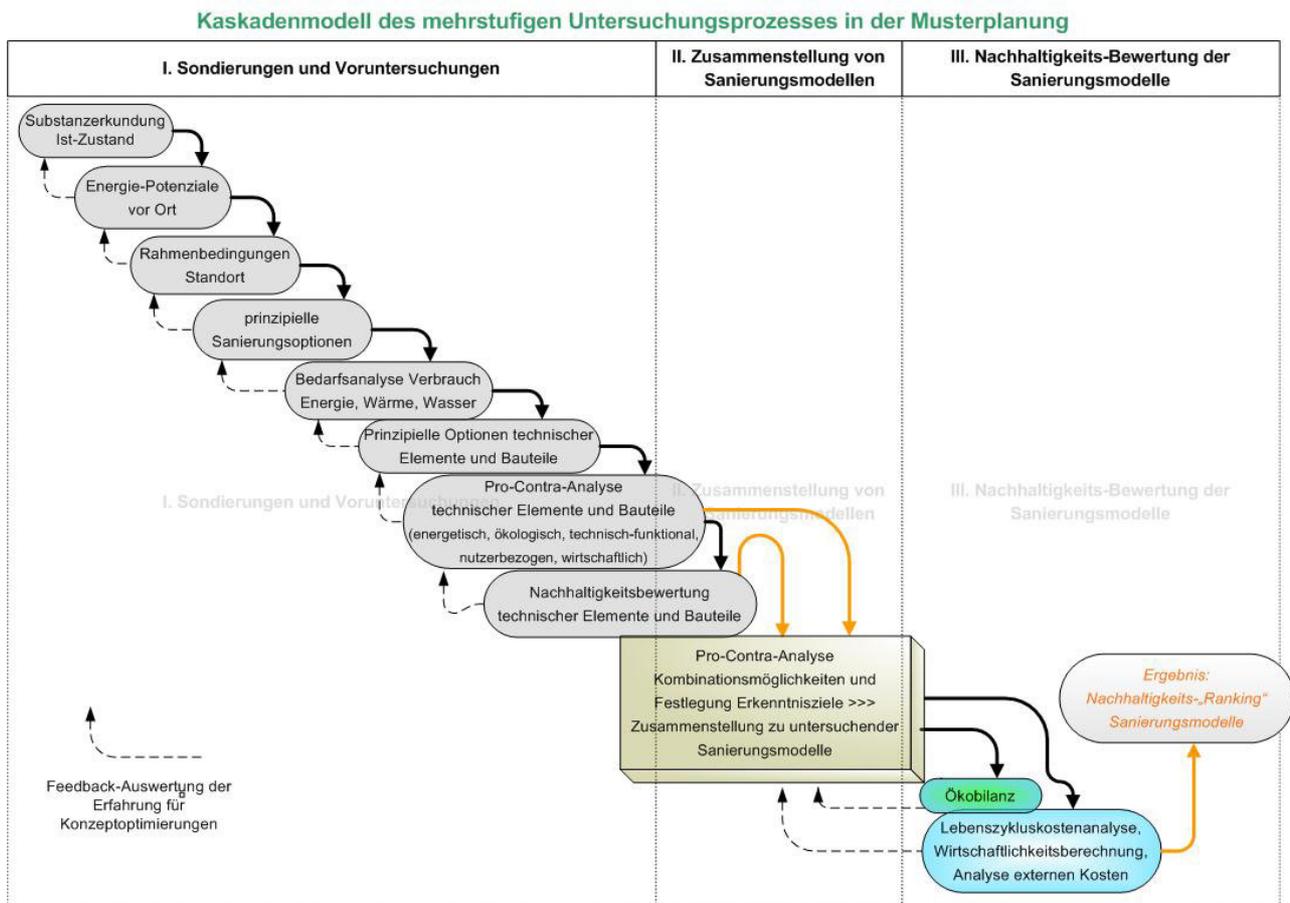


Abbildung 4: Kaskadenmodell des mehrstufigen Untersuchungsprozesses

3.1.3 Drei Ebenen der Betrachtung

In den oben genannten Phasen I. bis III. wurden drei Ebenen der Betrachtung berücksichtigt:

Zum einen die Evaluation der beiden objektbezogenen Ebenen

- (a) der gebäudespezifischen, technischen und energetischen Möglichkeiten der Bauteile in Phase I und
- (b) der Entwicklung von Sanierungsmodellen in Phase II und III sowie drittens die virtuelle Ebene der
- (c) ökonomischen, sozialen und ökologischen Wirkungen (Nachhaltigkeitsanforderungen) als Querschnittsbetrachtung in den Phasen I, II und III.

3.1.4 Lebenszyklusorientierung

Alle Bewertungsphasen beziehen sich zudem auf die Wirkungen der betrachteten Untersuchungsobjekte innerhalb einer angenommenen Nutzungsdauer der Bauteile bzw. des Gebäudes (statt Nutzungsdauer oft auch Lebenszyklusperspektive, Betrachtungszeitraum oder Restnutzungsdauer genannt) - Phase I durch rechnerische und expertenbasierte Abschätzungen zu den Bauteilen, Phase II durch begründete Auswahl möglichst langlebiger Sanierungsmodelle und Phase III durch die dort eingesetzten auf die angenommene Nutzungsdauer gerichteten Untersuchungsmethoden.

3.1.5 Begriffsbestimmung Soziale Nachhaltigkeitskriterien

Im Verlauf aller Bewertungs- und Untersuchungsphasen werden immer auch soziale Wirkungen der jeweils betrachteten Alternativen thematisiert. Als Themen sozialer Nachhaltigkeit gelten in dieser Musterplanungs-Studie sowohl

- individuelle auf die Nutzer (Mieter) bezogene Aspekte wie beispielsweise die resultierenden Nebenkosten oder der Wohnkomfort durch Platzbedarf von technischen Anlagen oder eventuelle Geräuschemissionen u.ä. (die gesundheitlichen Auswirkungen durch Baumaterialien werden erst in der Ausführungsphase behandelt)

wie auch

- soziale Kriterien, die Auswirkungen auf die Gesellschaft (Quartiers-, Stadt-, Gesamtgesellschaft) repräsentieren. Hierzu zählen beispielsweise die Gestaltung der Straßenfassade im Quartierskontext oder die volkswirtschaftlichen Kosten der unterschiedlichen Sanierungsmodelle.

In Umfang und Definitionsbreite des Begriffs der sozialen Nachhaltigkeit folgt das Vorhaben der UN-Kommission für nachhaltige Entwicklung (CSD – Commission for Sustainable Development) und der Charta von Leipzig, welche sowohl sozio-ökonomische wie individuelle gesundheitliche und Komfort-Kriterien als Kriterien des Sozialen betrachten. Darauf aufbauend existieren für soziale Nachhaltigkeit verschiedene Referenzsysteme, welche teilweise die Grundlagen für die in diesem Vorhaben ausgewählten Kriterien bilden. Dies sind insbesondere das Wohnwertbarometer (Hegger, M. 2010), soziale Indikatorensysteme (Henseling et al. 1999) und das Bewertungssystem nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh - Wohnraumqualität, BMVBS-GdW 2011)

3.1.6 Methodischer Aufbau des Bewertungsprozesses

Die Logik des Bewertungsprozesses ist auf eine nachvollziehbare sukzessive Bildung gut begründbarer Sanierungsoptionen gerichtet. Die Vorgehensweise entspricht dem einfachen Prinzip eines Baukastens aus

1. prinzipiellen Sanierungsmöglichkeiten (Grundmodelle der Sanierung) und vorab bewerteten Bauteilen und technischen Interventionen in Phase I,
2. aus welchen in Phase II eine transparent begründete Auswahl von Sanierungsmodellen für eine vertiefte Analyse erfolgt,
3. welche in Phase 3 Detailuntersuchungen unterworfen werden, um die angestrebte erweiterte Entscheidungsgrundlage zu liefern.

3.1.7 Untersuchungstiefe

Die Untersuchungsintensität in den einzelnen Phasen ist je nach Bewertungsthematik unterschiedlich, da eine effektive am Planungsalltag orientierte Bearbeitung eine gleichmäßig hohe Analysetiefe nicht erlaubt (die Kapazität eines üblichen Planungsprozesses sollte nicht überschritten werden) und diese bei Einbindung von Expertenwissen auch nicht für alle Phase der Bewertung erforderlich ist.

Durchgängig ist die Thematisierung von Nachhaltigkeitsanforderungen in allen drei Untersuchungsphasen, während andere Bewertungsbereiche nur punktuell zum Tragen kommen (s. auch Tabelle 1 auf der folgenden Seite).

Der **Grad der Prüfgenauigkeit** kann für die einzelnen Bewertungsphasen wie folgt beschrieben werden:

Tabelle 1: Untersuchungstiefe der Bewertungsphasen

Bewertungsphasen	Untersuchungstiefe
I. Sondierungen und Voruntersuchungen	
a. Dokumentation Bestandsgebäude (Ist-Zustand),	Eingehende Gebäudebegehung und Aufmaß aller Flächen und Baumassen.
b. Bedarfsanalyse Energie, Wärme und Wasser	Recherche von Durchschnittsdaten Energie, Wärme, Wasser und Hochrechnung auf die erwartete Bewohnerzahl nach der Sanierung.
c. Festlegung prinzipieller Sanierungsoptionen	Fachliche Abstimmung im Projektteam zu den allgemeingültigen Möglichkeiten der Sanierung auf Grundlage der Erfahrungen aus vergleichbaren Objekten. Darlegung der prinzipiellen Möglichkeiten (in Bezug auf Technik, Nachhaltigkeit, Sozialverträglichkeit etc.) von Bestandssanierungen.
d. Erhebung lokaler Potenziale zur Energieversorgung	Recherche der örtlichen Möglichkeiten, Erörterung der Umsetzbarkeit (technische Praktikabilität) .z.T. Detailsondierung zu Geothermie und Solarthermie)
e. Vorab-Bewertung technischer Elemente/Bauteile - energetisch, technisch-funktional und gebäudebezogen sowie	<u>Elemente/Bauteile</u> : Prüfung der Gebäudehülle durch thermische Simulation, Abschätzung Nutzenergiebedarf, EnEV-Abschätzung haustechnik-unabhängig, Einschätzung der technischen Umsetzbarkeit im gegebenen Gebäude/Neubau, Abschätzungen der ökologischen Qualität durch Leitindikator CO ₂ und der ökonomischen Güte durch Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067-1

Bewertungsphasen	Untersuchungstiefe
f. anhand einer Nachhaltigkeitsbewertung	<u>Elemente/Bauteile:</u> Abschätzungen der Nachhaltigkeitsanforderungen für ökologische, ökonomische, nutzerbezogene, sozial-kulturelle und planerische Qualitäten durch Leitindikatorenliste und Bewertungsmatrix auf der Grundlagen von Expertenwissen (Nachhaltigkeit). Aufgenommen werden in diese Gesamtbetrachtung die Ergebnisse der vorangegangenen Bewertungsschritte
II. Zusammenstellung von Sanierungsmodellen	
g. Entwicklung von Sanierungsmodellen aus den gewonnenen Erkenntnissen (aus a.-f.), um deren Effekte in einem dem Modell angemessenen Zeitraum (Restnutzungsdauern von 40-60-80 Jahren) in weiteren Prüfschritten zu untersuchen.	Aus den vorab bewerteten Elementen, Bauteilen und Grundmodellen der Sanierung (d.h. Auswahlkriterien waren die prinzipielle Eignung des Elemente für den Einbau im Bestandgebäude bzw. in den Neubau sowie die vorab in a.-f. gewonnenen Erkenntnisse zu Herstellungskosten, Wirtschaftlichkeit, Sozialverträglichkeit, Wirkungen auf Nutzer/Mieter, Energieverbrauch, bauphysikalische Eignung, CO ₂ -Emissionen und Lebensdauer) wurden für den vorliegenden Fall sinnvolle, d.h. technisch mögliche Sanierungsmodelle zusammengestellt. Grundlage für die Auswahl ist ein Katalog von Zielsetzungen, der für das spezifische Objekt die Erkenntniserwartungen formuliert und eine begrenzte Auswahl ermöglicht. Erstes Ziel war der Vergleich der Grundmodelle der Sanierung anhand unterschiedlicher technischer Ausstattungen zur weiteren Detailuntersuchung. Zweites Ziel war es, bei dem Vergleich die Bandbreite der heutigen Möglichkeiten auszuloten, um für Bauherr und Fachwelt Einschätzungen zu potenziellen „Zukunftstechniken“ zu ermöglichen. Daher wurden sowohl konventionelle wie „innovative“ Modelle entwickelt, die als repräsentativ für den Großteil der heute diskutierten gebäudetechnischen Konzepte für Bestandsanierungen angesehen werden können (Zielsetzungen ausführlich in Kap.4.8.1, S.66).
III. Nachhaltigkeits-Bewertung der Sanierungsmodelle	
h. Diese untersuchte anhand einer Ökobilanz ihre Umweltwirkungen und	Detailprüfung: Bewertung der gesamten Neubaumaterialien (Kostengruppen 300 und 400) und des Betriebs (Betriebsmittel) über einen Betrachtungszeitraum von 40 Jahren. Berücksichtigt werden hierbei Herstellung, Instandhaltung, Wartung, Reinigung, Betrieb und Entsorgung in der genannten Zeit.
i. ökonomischen Folgen mit Hilfe von Lebenszykluskostenanalyse (LCC), Wirtschaftlichkeitsberechnung, der Analyse externen Kosten (m.a.W. gesellschaftliche Umweltkosten) sowie die sozialen Auswirkungen für Nutzer/Mieter.	Detailprüfungen: LCC: Bewertung der Nutzungskosten des Gebäudes über einen Betrachtungszeitraum von 40 Jahren. Berücksichtigt werden hierbei die Kosten der Herstellung, Instandhaltung, Wartung, Reinigung, Betrieb und Entsorgung in der genannten Zeit. Berechnung erfolgt durch Diskontierung als Barwert. Wirtschaftlichkeitsberechnung: Bewertung durch den Bauherrn nach der Systematik einer Renditeberechnung nach dem Verfahren eines vollständigen Finanzplans (VoFi) sowie die Berechnung der Cashflows und des Liquiditätsverlaufs über die ersten fünf bis zehn Jahre. Externe Kosten: Berechnung der durch Gebäudesanie-

Bewertungsphasen	Untersuchungstiefe
	<p>rung und Nutzung über 40 Jahre verursachten gesellschaftlichen Umweltkosten (= externe Kosten) für die in der Ökobilanz errechneten Werte.</p> <p>Soziale Auswirkungen: Berechnung der entstehenden Kaltmieten je Sanierungsmodell und der umlegbaren Nutzungskosten (= Nebenkosten zzgl. zur Kaltmiete).</p>
<p>j. Ebenso wurden die sozialen Auswirkungen für Nutzer/Mieter mit Hilfe eines Sets unterschiedlicher Verfahren untersucht.</p>	<p>Neben den im oben beschriebenen ökonomischen Untersuchungsteil errechneten Kalt- und Warmmieten der Sanierungsmodelle wurden weitere für Nutzer/Mieter und für die Nachbarschaft und die Stadtbaukultur relevante Kriterien betrachtet. Dazu gehörten beispielsweise Tagelichtverfügbarkeit, Geräuscentwicklungen und Raumbedarf technischer Anlagen ebenso wie gestalterische Wirkungen auf das Gebäudeumfeld oder externe Kosten für die Gesellschaft. Diese wurden mittels einer Zusammenschau der Beurteilungen aus der Bauteilbetrachtung in der Sondierungs- und Voruntersuchungsphase sowie quantifizierbaren ökonomischen Ergebnisse (nutzer- wie auch gesellschaftsrelevante) analysiert.</p>

3.1.8 Zusammensetzung des Projektteams

Die Zusammensetzung des Projektteams spielte für den Erfolg der komplexen Musterplanungen eine zentrale Rolle. Die kontinuierliche Einbindung aller wichtigen Fachdisziplinen (Bauherren-Vertreter aus Planungs-, Vermietungs- und kaufmännischer Abteilung, Architekt, Fachplaner Haustechnik inkl. Energiekonzept, Bauphysiker, Statiker und Nachhaltigkeitsexperte) ermöglichte eine durchgängige Bearbeitung in den oben skizzierten Bewertungsphasen. Mit der kontinuierlichen Einbindung nicht nur mehrerer Fachdisziplinen (interdisziplinär) sondern auch des Praxispartners Bauherr folgt das Projektdesign den Ansätzen der Transdisziplinarität² (Bergmann et al. 2007 und 2011), um einen höchstmöglichen Realitätsbezug zur internen Bewertung der Wohnungsbaugesellschaft und zur praktischen Bauausführung sicherzustellen.

² Transdisziplinarität bezeichnet den über reine Interdisziplinarität hinausgehenden Ansatz, von Projekt-Beginn an Vertreter aus der Praxis in Forschungs- und Entwicklungsprojekte einzubinden.

3.2 Methoden

Zur Bearbeitung der im vorherigen Kapitel 3.1 (insb. 3.1.2 und 3.1.7) beschriebenen Bewertungs- und Auswahlprozesse wurden eine Reihe technisch-planerischer und prozessualer Verfahren eingesetzt, die im Folgenden aufgeführt sind.

3.2.1 Technisch-planerische Verfahren

Als technisch-planerische Verfahren werden die verschiedenen Verfahren zur Simulation, Bewertung und Messung von potenziellen Bauteilen, -elementen und Gebäudemodellen der Sanierung bezeichnet. Dies können einzelne Bauteile in der bauphysikalischen Analyse sein wie beispielsweise Fenstertypen oder auch die ökobilanzielle Betrachtung ganzer Gebäude-Modelle. Zur Untersuchung der Sanierungsmodelle und ihrer Elemente wurden folgende Verfahren angewandt (Darstellung der Ergebnisse Kapitel 4).

1. Bauliche Rahmenbedingungen

Die gründliche Erhebung des vorhandenen Gebäudes, seiner Baukonstruktion, der Materialien und der Haustechnik erfolgt durch eine Gebäudebegehung und anhand der Fachexpertise eines Statikers. Außerdem werden die lokalen Baubedingungen geprüft.

2. EnEV 2009-Abschätzungen und Berechnungen

Alle entwickelten Sanierungsmodelle wurden hinsichtlich ihrer EnEV 2009 -Tauglichkeit (Erfüllung von Mindestkriterien) untersucht (– unabhängig von der Frage, ob die EnEV letztlich zu erfüllen sein muss).

3. Bauphysikalische Aspekte

Insbesondere hinsichtlich Feuchteschäden und Schallschutz wurde auf interne und externe Expertenmeinungen und –abschätzungen zurückgegriffen.

4. Energetische Berechnung und Simulation

Die entwickelten Sanierungsmodelle, insbesondere die Möglichkeiten der Energie- und Wärmeversorgung wurden vom Fachplaner (ZWP) anhand verschiedener Rechenmodelle und Simulationen einer Vergleichsanalyse unterzogen. Die thermische Simulation liefert für verschiedene Ausführungsvarianten der Gebäudehülle zuverlässige Daten für den Nutzenergiebedarf des Hauses bzw. des Gesamtensembles. Durch eine dynamische, stundenbasierte Berechnung werden das Speicherverhalten des Gebäudes und die Auswirkung der konkreten Nutzung berücksichtigt.

5. Ideensammlung und Pro-Contra Bewertungen (Morphologische Matrix)

Im Rahmen der Sondierung der einzelnen gebäude- und haustechnischen Fragestellungen zur Sanierung wurden alle Optionen mit Hilfe einer Eigenschaftenmatrix (morphologische Matrix) ermittelt und in einem zweiten Schritt vom Projektteam auf ausgewählte Wunscheigenschaften hin bewertet (Pro-Contra-Bewertung). Diese Einordnung diente als erster Orientierungsschritt und erfolgte innerhalb der spezifischen Einsatzgebiete der betrachteten Elemente (Lüftung, Wärmeversorgung usw.). In der Folge wurden die untersuchten Elemente durch eine Nutzwert-Analyse (s. folgenden Absatz) auf ihren Beitrag zu einem umfassenden Katalog an Nachhaltigkeitskriterien bewertet.

6. Nutzwert-Analyse Nachhaltigkeit

Durch eine vom Projektteam entwickelte Matrix aus ökologischen, ökonomischen, technischen und sozialen Kriterien wurde eine Vielzahl von das Leitbild der Nachhaltigkeit repräsentierenden Aspekte bewertet. In die Aufstellung in Form einer Nutzwert-Analyse gingen sowohl Ergebnisse aus den bereits behandelten Themenbereichen der Vorab-Bewertungen (s.o., beispielsweise energetische Berechnung und Simulation, Klima-

freundlichkeit, LCC-, LCA-Einschätzungen) wie auch bis dato nicht bewertete Gesichtspunkte (nutzerbezogene Aspekte, technische Umsetzbarkeit usw.) ein. Erreicht wurde hierdurch eine integrierende Nachhaltigkeitsbewertung der Hauptelemente von Baukonstruktion und Haustechnik als eine der Grundlagen für die Bildung von Sanierungsmodellen. Die Nutz-Wert-Analyse bieten den Vorteil, dass sie „ein Verfahren zur Entscheidung bei Zielpluralität und insbesondere von Zielkonflikten“³ zur Verfügung stellt. „Das Ergebnis zeigt den relativen Nutzen der Alternativen im Verhältnis zueinander. Es liefert keine ‚objektiven‘ Ergebnisse, weil Objektivität nicht möglich ist, aber es systematisiert die vom Entscheidungsträger verwendeten Ziele und Werte (es schafft eine konsistente Präferenzordnung)“⁴. In diesem Projekt wurden auch monetäre Aspekte und eine Sensitivitätsanalyse durch zwei unterschiedliche Gewichtungsschlüssel in der Nutz-Wert-Analyse (Gewichtungen „Investor“ und „Nutzer“) durchgeführt.

7. **Ökobilanzen**

Auf Grundlage der unterschiedlichen Bauteile und technischen Elemente wurde für alle Sanierungsmodelle eine vergleichende Ökobilanz erstellt. In diesem Rahmen erfolgten auch erste Materialerkundungen für die potenziell einsetzbaren Dämmsysteme.

8. **Lebenszykluskostenanalyse⁵**

Um auch den Vergleich der durch die verschiedenen Sanierungsmodelle entstehenden Folgekosten, d.h. die Kosten für den Betrieb, die Instandhaltung, die Wartung und die Entsorgung/das Recycling des Gebäudes in den erwarteten Lebensdauern zu ermöglichen wurde diese Methode in Ergänzung zu der klassischen Wirtschaftlichkeitsrechnung angewandt.

9. **Investitionskosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung**

Mit Hilfe des beim Bauherren GAG Immobilien AG eingeführten Verfahrens (Investitionshandbuch GAG) wurden die zu erwartenden Renditen und Liquiditätsverläufe berechnet.

10. **Externe Kosten**

Die durch die Sanierungsmodelle verursachten volkswirtschaftlichen Kosten wurden anhand eines für das Bundesbauministerium entwickelten Berechnungsverfahrens (Ulmer, Streck 2010) ermittelt.

11. **Szenarienbildung**

Schließlich wurden die Ergebnisse der oben beschriebenen Untersuchungen durch Szenarien aus der Perspektive der verschiedenen Interessengruppen (Gesellschaft, Mieter, Eigentümer) bewertet. Die Bewertung erfolgte anhand von Leitzielen, die für die Akteure konstituierend sind (typisches Beispiel: hohe Ertragserwartung – niedrige Mietkosten).

3.2.2 Prozessuale Elemente

Kennzeichnend für den Anspruch einer möglichst umfassenden (ganzheitlichen) Bewertung der Sanierungsmodelle ist eine damit einhergehende Unüberschaubarkeit der Einzelergebnisse und die Schwierigkeit, diese sinnvoll und handhabbar einzuordnen.

Hinzu kommt, dass der Umfang der zu bearbeitenden Inhalte und Varianten im Laufe des Arbeitsprozesses alternierend zu- und wieder abnimmt. Die wiederholten Wechsel von Fokussierung und Ausweitung der Fragestellungen, von Konzentration auf Gesamtmodelle,

³ <http://www.olev.de/n/nwa-kurz.htm> vom 10.10. 2012

⁴ ebenda

⁵ Die Lebenszykluskostenrechnung erfolgt auf Basis der ISO 15686-5 - Buildings and constructed assets -- Service life planning -- Part 5: Life cycle costing

Erweiterungen auf viele Detailfragen und anschließende Refokussierungen auf neue Themen und deren wiederum zu analysierende Rückwirkung auf die Sanierungsmodelle sind charakteristisch für Entwicklungs- und Innovationszyklen. Die entstehende „Oszillation“ der Menge der Untersuchungsinhalte und die Komplexität der damit einhergehenden Erarbeitung und Verwertung von Teilergebnissen erfordern methodisch integrierende Elemente für den Ablauf und die Zusammenarbeit im Team.

Zentrale prozessorientierte Verfahren des Vorhabens waren

1. Projektgruppenarbeit / Integrale Teamarbeit

Mit Hilfe von rund 35 sogenannten integralen Projektgruppentreffen (IPT) wurde versucht, eine kontinuierliche Zusammenarbeit der Projektteam-Mitglieder zu bewerkstelligen. Diese Arbeitstreffen fanden zu gleichen Anteilen mit allen Teammitgliedern oder in Form begrenzter Arbeitseinheiten mit weniger Teilnehmern statt.

2. Variantenentwicklung

Konzeptionelle und technische Sanierungsoptionen und -varianten wurden im Projektteam entwickelt und abgestimmt.

3. Feedback-Spiralen/ Mehrfachrückkoppelung

Die oben beschriebenen Wechsel der Arbeitsschwerpunkte zwischen Detailfragen und Gesamtkonzeptionen ließen eine Routine von Feedbackspiralen entstehen, in denen die Sanierungsmodelle weiterentwickelt wurden (beispielsweise die energetische Bewertung der Dämmsysteme).

4 Ergebnisse

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse des in Kapitel 3 vorgestellten umfangreichen Untersuchungsprogramms dokumentiert.

Wichtig für die Übertragbarkeit der angewandten Methodik ist es, bereits an dieser Stelle auf zwei zentrale Fragestellungen hinzuweisen: Wie viel untersuche ich und wie wähle ich aus?

Häufig ist ein Problem in der Anfangsphase der Sondierung von Sanierungsmöglichkeiten, einen zu großen Umfang an baulichen und technischen Optionen explorieren zu können und eine sinnvolle Eingrenzung der zu betrachtenden Möglichkeiten vornehmen zu müssen.

Ein zweites Problem entsteht, wenn es darum geht in der Folge diese Optionssammlungen nachvollziehbar begründet auszuwerten. Dies betrifft gleichermaßen

1. die frühe Phase der Sondierung, in der noch keine Berechnungen vorliegen
2. wie auch Bewertungskriterien für die es keine eingeführten zahlenmäßigen Bewertungsmaßstäbe gibt (sog. „weiche Kriterien“ wie etwa *Eignung der Bauteile für das bestehende Gebäude, Wirkung auf die Nutzer* u.ä.)
3. und nicht zuletzt die abschließende Entwicklung von Sanierungsmodellen.

Zu ersten Problem gibt es eine einfache Lösung: Es wird keine vollständige Auslotung aller technischen Möglichkeiten geben können. Das gilt für Bauforschungsvorhaben mit Leuchtturmcharakter wie für den Fall der alltäglichen Sanierungsprojekte. Vollständigkeit im Sinne aller auf dem Markt vorhandenen Systeme und Varianten ist aber auch nicht notwendig, da der Erkenntnisgewinn bei der Betrachtung von reinen Varianten eines Technikprinzips sehr begrenzt ist. Es ist ausreichend, die prinzipiellen technischen Anforderungen und Lösungen zu formulieren, die gängigen Typvertreter in Augenschein zu nehmen und im Zuge der Recherche eine repräsentative Auswahl vorzunehmen.

Problem zwei kann durch den Einsatz von eingeführten Methoden zur Ideenfindung und Bewertung gelöst werden:

1. Zur Sammlung der Optionen (in Vertiefungsphase 1) beispielsweise auf der Ebene der Bauelemente und technischen Bauteile durch
 - a. Ideensammlung (lösungsoffene Darstellung) in einer morphologischen Matrix und
 - b. die folgende Auflistung der Pro- und Contra-Argumente aus Recherche und Teamdiskussion im Hinblick auf eine möglichst geringe Zahl an Kriterien.

Auf diese Weise entsteht ein Überblick über die prinzipiell möglichen technischen Optionen und eine „Argumente-Landschaft“ zu den für das jeweilige Gebäude geeigneten Typvertretern in den jeweils betrachteten Teilbereichen (in den folgenden Kapiteln Grundmodelle, Wärmeversorgung, Lüftung, Trinkwassererwärmung usw.). Es handelt sich also eigentlich um zwei Arbeitsschritte, die häufig der Einfachheit halber in einer Matrix dargestellt werden: Die Ideensammlung zu den prinzipiellen Möglichkeiten und die Bewertung geeigneter Elemente anhand von Voruntersuchungen, Recherche und Debatte im Team. Wichtig ist, dass die Ideensammlung (a) noch ungestört ohne den „Filter“ von K.O.-Kriterien (wie Preis, Wirtschaftlichkeit, Eignung für das Gebäude) abläuft. Die Auswahl aufgrund von Bewertungen erfolgt erst im zweiten Schritt der Pro- und Contra-Argumentation.

2. In einem zweiten die Kriterien erweiternden Arbeitsschritt (in Vertiefungsphase 2) werden die erhaltenen Einzelergebnisse schließlich durch eine Nutz-Wert-Analyse auf ihren Beitrag zu einem umfassenderen Katalog an Nachhaltigkeitskriterien bewertet. Die Projektteammitglieder vergeben bei diesem Verfahren für jede Option Bewertungspunkte in allen Kriterienbereichen. Grundlagen hierfür sind die bisherigen Rechercheergebnisse, Voruntersuchungen und/oder die eigene Erfahrung (es ist also sehr wichtig, entsprechende Fachleute im Team zu haben – z.B. für Nachhaltigkeit/ Nachhaltiges Bauen. Jeder Kriterienbereich trägt durch eine entsprechende Gewichtung zum Gesamtnutzwert der betrachteten Bauelemente bzw. Optionen bei (zur Vorstellung der Kriterien siehe Kapitel 4.7.3.1 auf S. 56). Die Methode der Nutz-Wert-Analyse bietet den Vorteil, dass Alternativen in ihren Vor- und Nachteilen umfassender vergleichend bewertet werden können, da auch Kriterien integriert werden können, für die keine festen Bezugsgrößen (Geld, Kilowattstunden pro Jahr usw.) existieren⁶. Dies erleichtert die Identifizierung und die Entscheidungsfindung bei Zielkonflikten. Der Gesamtnutzwert ist das Ergebnis von teils subjektiven Entscheidungen, die mit dem Verfahren nachvollziehbar gemacht werden und zeigt den relativen Nutzen von Einzeloptionen im Verhältnis zueinander. Vom Projektteam müssen aber nicht nur die Gesamtheit der Kriterien festgelegt werden sondern auch, welche als KO-Kriterien gelten sollen. Sind beispielsweise die Kostenunterschiede zwischen Alternativen zu groß, kann die teurere Variante auch bei deutlichen Vorteilen in anderen Bewertungsbereichen bereits in dieser Phase für die Bildung von Sanierungsmodellen ausgeschlossen werden. In die Nutz-Wert-Analyse gingen sowohl Ergebnisse aus den bereits behandelten Themenbereichen der Vorab-Bewertungen (s.o., beispielsweise Pro-Contra-Argumente, energetische Berechnung und Simulation, Klimafreundlichkeit, LCC-, LCA-Einschätzungen) wie auch bis dato nicht bewertete Gesichtspunkte (nutzerbezogene Aspekte, technische Umsetzbarkeit usw.) ein. Erreicht wurde hierdurch eine integrierende Nachhaltigkeitsbewertung der Hauptelemente von Baukonstruktion und Haustechnik als Grundlage für die Bildung von Sanierungsmodellen, die als Gebäudekonzepte einem dritten detaillierteren Untersuchungsschritt (Ökobilanz, Wirtschaftlichkeitsrechnung etc., siehe Kapitel) unterworfen wurden.

⁶ zum Verfahren s.a. <http://www.olev.de/n/nwa-kurz.htm>

4.1 Substanzerkundung - Ist-Zustand des Gebäudes

Die Entwicklung von Sanierungsmodellen und –varianten erfolgte in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten, Ein wichtiger erster Schritt war die, parallel zu der im folgenden Kapitel beschriebenen Erkundung der lokalen Energieversorgungsoptionen, vorgenommene Substanzerkundung.

Die Erhebung des Ist-Zustandes bildet den Ausgangspunkt für die Überlegungen zu den konstruktiven und technischen Aspekten der anstehenden Sanierung.

Das Gebäude verfügt über 36 Ein- bis Drei-Zimmer-Wohnungen in dem als 3-Spänner organisierten Baukörper. Die Wohnungsgrößen liegen zwischen 37,5 und 58,5 m² mit Sanitärbereichen, die nicht mehr den heutigen Standards entsprechen (eine ausführliche Fotodokumentation des Ist-Zustandes findet sich in Anhang 2). Erneuerungsbedürftig sind auch Fassade, Fenster und Haustechnik. Eine zentrale Wärmebereitstellungsanlage existiert ebenso wenig wie mechanische Lüftungsinstallationen. Die Baukonstruktion ist in einem funktional guten Zustand, allerdings sind bei erhaltenden Sanierungskonzepten statische und schallschutztechnische Ertüchtigungen für die Geschossdecken (insbesondere im heutigen Dachgeschoss) vorzusehen. Bestehende Schachtsysteme sind eventuell für haustechnische Installationen nutzbar. Im Zuge einer ausführlichen Begehung wurden alle Elemente des Bestandgebäudes als Baumassen- und Bauteil-Modell dokumentiert. Dieses bildet die Grundlage für die späteren Vergleichsanalysen der Sanierungsmodelle mit Hilfe von Ökobilanzen und Lebenszykluskostenrechnungen.

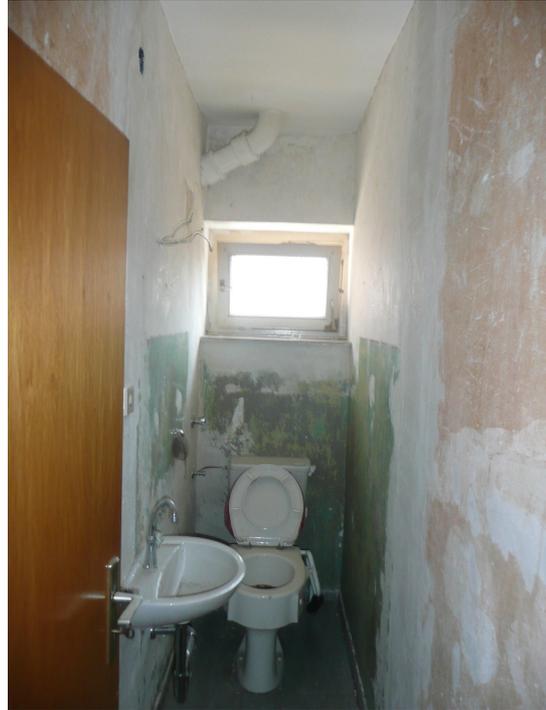


Abbildung 5: Ausgangszustand – Beispiel Sanitärbereich

4.2 Energie-Potenziale vor Ort (Physis des Ortes)

Ein zentraler Gegenstand der frühen Musterplanung war die Frage, welche energetischen Versorgungsmöglichkeiten für Heizung und Trinkwassererwärmung außer den normalerweise im Gebäude installierbaren Anlagentypen (Gasbrennwert, Holzpellets usw.) vor Ort gegebenenfalls genutzt werden können. Diese „Physis des Ortes“ wurde anhand einer Betrachtung des nahen Gebäudeumfelds untersucht. In Abbildung 6 sind die vorgefundenen möglichen Energiequellen dargestellt. Identifiziert wurde eine Vielzahl von Optionen:

- A: Solarenergie (Anlage auf dem rund 800 qm großen Dach des Gebäudes)
- B: Erdwärme (Anlage im Garten/Tiefgarage)
- C: Energiepartnerschaft 1: Nutzung überschüssiger Wärme des Krankenhauses
- D: Bau eines Langzeitspeichers für den Ganzjahresbetrieb mit Solarwärme
- E: Energiepartnerschaft 2: Nutzung des Daches der städtischen KITA (Solarwärme)
- F: zusammen mit E: Nutzung des Daches des benachbarten Theaters
- G: Nutzung von Wärmeüberschüssen des BHKW im Nachbargebäude

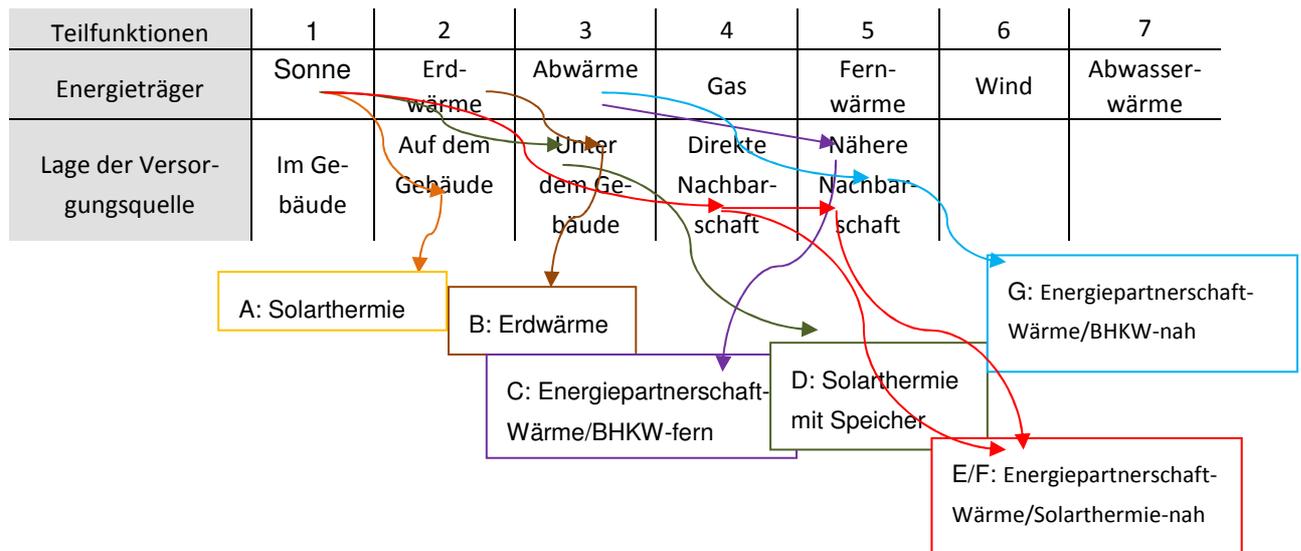


Abbildung 6: Physis des Ortes – Energieversorgungsmöglichkeiten vor Ort

Dies ist das Ergebnis für den hier exemplarisch behandelten Fall der Gebäude in der Kölner Senefelderstraße. Prinzipiell sind natürlich auch weitere Energieversorgungsmöglichkeiten möglich (Fernwärme, Windenergie, Abwärme aus Abwasserkanälen u.ä.), die hier nicht aufgeführt werden, da sie vor Ort keine umsetzbare Option boten.

Bei einem ähnlichen Vorhaben wären diese aber natürlich in die Erkundung der lokalen Energieversorgungsmöglichkeiten einzubeziehen. Sie können in einer Matrix gesammelt und anhand verschiedener Merkmale strukturiert, gegebenenfalls zu neuen Lösungen führen und/oder in einer anschließenden Pro-Contra-Bewertung als weiter zu untersuchende Varianten ausgewählt werden. In der Folge sind diese Schritte der Ideensammlung und – Auswahl beispielhaft dargestellt (Tabelle 2 und Tabelle 3).

Tabelle 2: Matrix Prinzipielle Möglichkeiten lokaler Energieversorgung



Von den in Abbildung 6 genannten Optionen der Erstsondierung (A-G) wurden einige für die Konstituierung näher zu untersuchender Sanierungsmodelle genutzt (A, B, D) und weiter untersucht.

Die restlichen (C, E, F, G - Energiepartnerschaften) wurden nicht weiterverfolgt, hauptsächlich aufgrund der erwarteten technischen und organisatorischen Aufwände, die eine zeitnahe Umsetzung unwahrscheinlich erschienen ließen. Die Argumente, die in der Entwicklungsdebatte zu den vorhandenen lokalen Energiepotenzialen eine Rolle spielten, sind in der folgenden Matrix (Tabelle 3) abgebildet.

Tabelle 3: Matrix der Argumente Lokale Energiepotenziale A - G

Potenziale	A	B	C	D	E/F	G
Lokales Energiepotenzial	Solarthermie	Erdwärme	Energiepartnerschaft-Wärme/BHKW-fern	Solarthermie mit Langzeitspeicher	Energiepartnerschaft-Wärme/ Solarthermie	Energiepartnerschaft-Wärme/BHKW-nah
Klimafreundlichkeit	erhöht	gut	moderat			moderat
Anteil regenerative Energie (Betrieb)	hoch	hoch	erhöht	hoch	hoch	erhöht
Technische Umsetzbarkeit	Einfach - auf neuer Dachkonstruktion	Etwas schwieriger, da Anlage in begrenzter Fläche im Garten	Schwieriger - notwendig sind Verbindungsleitung und Wärmetauscher/Speicher im Gebäude	Schwieriger - notwendig werden Betonbauarbeiten im Garten, ggf. unter einer Tiefgarage	Schwieriger - notwendig sind Verbindungsleitungen und Wärmetauscher/Speicher im Gebäude	Einfach - notwendig sind Verbindungsleitung und Wärmetauscher/Speicher im Gebäude
Rechtliche Umsetzbarkeit	Baurechtlich möglich	Baurechtlich möglich	Baurechtlich möglich – aber erhöhter vertraglicher Regelungsbedarf	Baurechtlich möglich	Baurechtlich möglich – aber erhöhter vertraglicher Regelungsbedarf	Baurechtlich möglich – aber erhöhter vertraglicher Regelungsbedarf
Versorgungssicherheit	Hoch – aber Spitzenlast-Ausgleich durch zweite Anlage (Gas) im Haus	Hoch – aber Spitzenlast-Ausgleich durch zweite Anlage (Gas) im Haus	Erschwert –Reserve für Last-Ausgleich vorhalten durch zweite Anlage (Gas) im Haus	Hoch – aber Spitzenlast-Ausgleich durch zweite Anlage (Gas) im Haus	Hoch – aber Spitzenlast-Ausgleich durch zweite Anlage (Gas) im Haus	Erschwert – vorhalten der Hauptlast im Gebäude, kein Raumgewinn
Wirkung auf die Nutzer	+: Fußbodenheizung, Raumgewinn	+: Fußbodenheizung, Raumgewinn	Raumgewinn durch geringere Anlagengrößen im Gebäude (Keller)	+: Fußbodenheizung, Raumgewinn	+: Fußbodenheizung, Raumgewinn	Raumgewinn durch geringere Anlagengrößen im Gebäude (Keller)
Preis (Herstellung Anlagen)	moderat	eher hoch	eher hoch	hoch	eher hoch -	moderat
Preis (Betrieb)	eher günstig	günstig	günstig	sehr günstig	günstig	günstig

4.3 Rahmenbedingungen

Bestandsanierungen unterliegen bei aller Freiheit der Konzipierung Rahmenbedingungen, welche durch Gebäudesubstanz, Haustechnik, Wirtschaftliche Rahmenbedingungen des Wohnungsunternehmens, Mieterinteressen bzw. Auswirkungen auf die Belastung der Mieter vorgegeben werden.

Am vorgestellten Sanierungsvorhaben Senefelderstraße lassen sich diese Rahmenbedingungen wie folgt charakterisieren.

Die Gebäudesubstanz des soliden Massivbaus ist auch heute noch gut. Die Grundrisse der bestehenden Wohnungen in Maßen verbesserbar. Dies betrifft allerdings nicht die Sanitärbereiche, da sie im Bereich tragender Bauteile liegen. Die Umsetzung eines Abrisses wäre möglich, stößt aber auf die Schwierigkeit eventuell größere Sicherungsmaßnahmen in der Gebäudereihe (Nachbargebäude) durchführen zu müssen. Eine Erweiterung des Gebäudes ist nur im Gartenbereich möglich.

Die Haustechnik besteht aus veralteten Elektro- und Wasserinstallationen. Der Einbau technischer Installationen, insbesondere einer Wärmeversorgung ist über bestehende nicht genutzte Schächte möglich. Weiterhin existieren Möglichkeiten im Keller und/oder auf dem Dach Wärmeerzeugung, Warmwasserbereitung und/oder Lüftungsanlagen unterzubringen.

Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen des Wohnungsunternehmens sind am Standort Köln von der stetig hohen Nachfragesituation auf dem Wohnungsmarkt geprägt. Das Gebäude ist in seinem derzeitigen Zustand dennoch nicht voll belegt. Das Interesse, durch eine Sanierung ein attraktives Wohnungsangebot in dem derzeit sehr belebten Stadtteil Ehrenfeld zu schaffen und einen höheren Mietzins zu erzielen, ist hoch. Eine innovative aber technisch zuverlässige Lösung wird erwartet. Die Renditeerwartungen des mehrheitlich in städtischer Eignerschaft befindlichen Unternehmens sind im Vergleich mit anderen Akteuren moderat.

Die Mieterinteressen (bzw. Auswirkungen auf die Belastung der Mieter) der jetzigen Bewohnerschaft sind auf eine Verbesserung ihrer Situation gerichtet, was sich auch dadurch äußert, dass sie für den Fall einer Sanierung das Angebot zum Umzug in andere Objekte des Wohnungsunternehmens angenommen haben.

Die Erwartungen der künftigen Mieterschaft eines sanierten Gebäudes werden sich, neben Lage und Mietpreis, an die Höhe der Nebenkosten und den angebotenen Wohnstandard richten. Für die zukünftigen Bewohner des Hauses wird also eine möglichst energieeffiziente Sanierung attraktiv sein, da der gegebenenfalls erhöhte Mietzins durch niedrigere Energiekosten kompensiert werden kann.

4.4 Grundmodelle der Sanierung – die Baukonstruktion

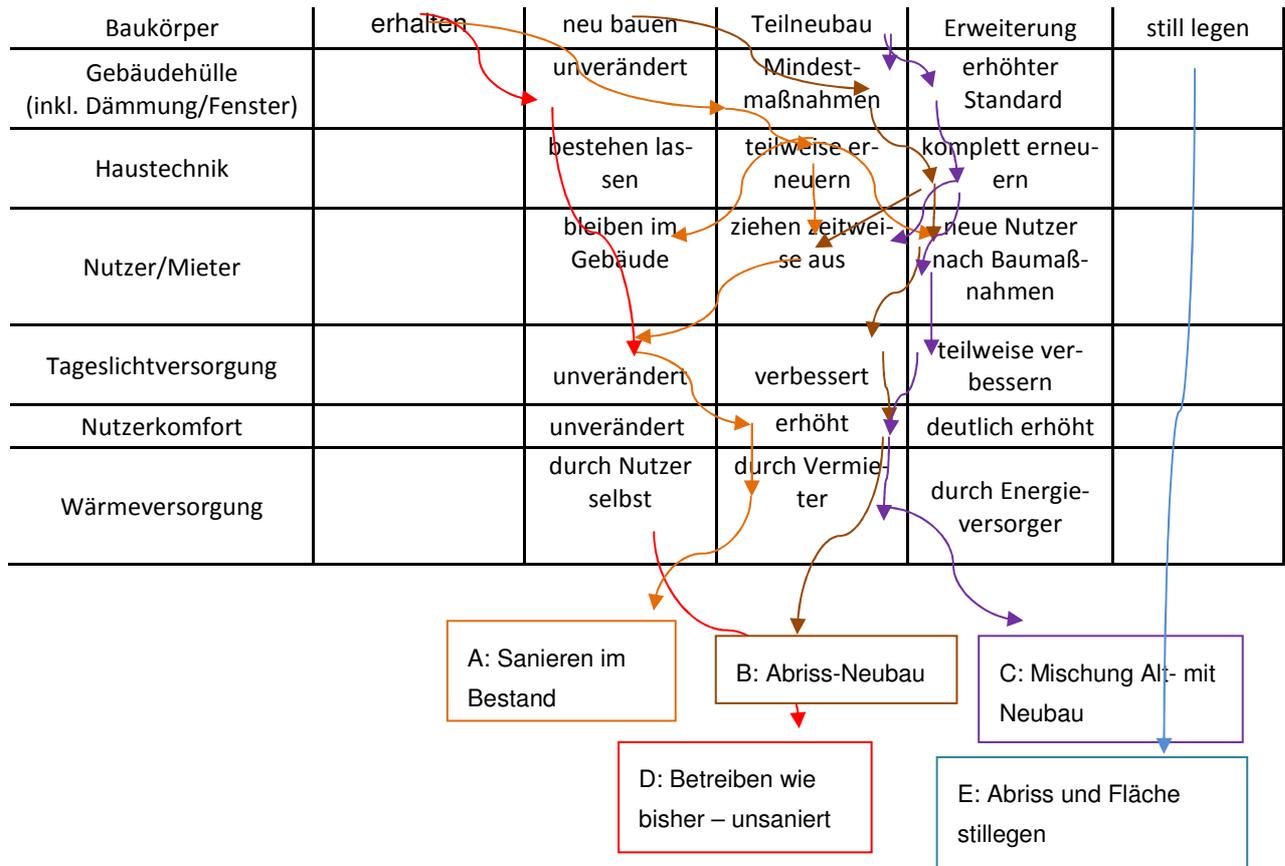
Für die Bildung von Sanierungsmodellen (d.h. die weiter zu untersuchenden Kombinationen aus Baukonstruktionen und haustechnischen Lösungen) ist die Verständigung über die grundsätzlich möglichen Modelle der künftigen Baukonstruktion der grundlegende Arbeitsschritt. Die Analyse der haustechnischen Optionen erfolgt im nächsten Arbeitsschritt und wird in den Kapiteln 4.6 bis 4.7 dargestellt.

4.4.1 Prinzipielle Möglichkeiten zur Bestandsanierung

Wenn eine Sanierung eines Bestandsgebäudes ansteht (alle Vorüberlegungen und – Untersuchungen sind abgeschlossen, die Entscheidung zur Sanierung ist getroffen) kommen, unabhängig vom beispielhaft dargestellten Fall, fünf mögliche Vorgehensweisen bzw. Entscheidungen in Frage (ausführlicher in der Matrix in Tabelle 4). Davon sind die ersten drei die tatsächlich relevanten, da sie weitere Arbeitsschritte einleiten, während die beiden weiteren eher der Vollständigkeit halber aufgeführt sind. Die aus diesen abzuleitenden Planungsschritte werden nicht weiter thematisiert.

- Eine minimale Sanierung, die nur die dringendsten Arbeiten umfasst. Es werden nach Schadenbild nur die notwendigsten Arbeiten durchgeführt (beispielsweise nur Gebäudehülle inkl. Dämmung, Fenster, Haustechnik/Wärmeversorgung, Sanitärbereiche).
- Ein aufwändiger Neubau, der eine vollständige Neugestaltung von Gebäude, Technik und Wohneinheiten umfasst. Diese Option ist relevant, wenn die Bausubstanz oder die Organisation der Wohneinheiten fragwürdig bis schlecht sind oder/und andere Faktoren (Lage, Nachfragesituation auf dem Wohnungsmarkt etc.) es ratsam erscheinen lassen, auf dem Grundstück einen Neubeginn zu machen.
- Eine Zwischenlösung, welche den Bestandsbau mit einem neuen Baukörper kombiniert - eine Möglichkeit, die geeignet ist, wenn die Baukonstruktion gut und erhaltenswert erscheint und das Grundstück einen Anbau zulässt. Dieser kann dann sowohl bestehende Grundrisse erweitern und verbessern wie auch neue Haustechniksysteme aufnehmen.
- Die Entscheidung gegen eine Sanierung. Eigentlich keine Sanierungsentscheidung, aber es kann auch nach der Phase der Vorüberlegungen Situationen geben, in denen das Gebäude unverändert betrieben werden muss, ein solches „Nicht-Sanieren“ also Sinn macht.
- Die Entscheidung, das bestehende Gebäude und die Funktion Wohnen still zu legen. In Gebieten rückläufiger demographischer Entwicklung eine sinnvolle Option.

Tabelle 4: Matrix Prinzipielle Möglichkeiten für die Bestandssanierung



4.4.2 Pro-Contra-Betrachtung der Grundmodelle

Die Grundmodelle werden in einem zweiten Schritt einer Vorbewertung durch das Projektteam unterzogen. Dies geschieht in Form einer Sammlung aller Vor- und Nachteile. Diese entstehen während der Debatte im Team und somit auf Grundlage der Kenntnisse des Objekts und der Expertisen der Teammitglieder. Die auf diese Weise entstehende Pro-Contra-Struktur wird mit Hilfe einer nun erweiterten und stärker bewertenden Kriteriensammlung strukturiert (ausführlicher in der Matrix in Tabelle 5).

Thematisiert werden mit dieser Pro-Contra- Bewertungsmatrix⁷ schon frühzeitig wichtige Bereiche nachhaltigen Bauens wie Fragen zu den Folgen für die (künftigen) Nutzer (Sozialverträglichkeit), nach der Klimafreundlichkeit, dem Wohnflächenangebot und nicht zuletzt den Einschätzungen zum Herstellungspreis.

Im hier betrachteten Fall der Gebäude Senefelderstraße wurden schon frühzeitig Umbauszenarien diskutiert, die zum Teil aus Überlegungen der vorangegangenen Jahre stammten:

- Variante *Baseline*: als Basis des Vergleichs dient eine Standard-Sanierung des bestehenden Gebäudes nach Erfahrungen des Bauherrin GAG,
- Variante *Nachhaltiger Bestandumbau*: Eine Umbauvariante mit gartenseitigem Teilneubau,
- Variante *Abriss-Neubau*: die Betrachtung der Option Abriss und kompletter Neubau. (Zusätzlich wurde die Möglichkeit einer Sanierung nach Passivhaus-Standard für die spätere Untersuchung dieser Modelle vereinbart.)

⁷ Die Bewertung des ökologischen Nachhaltigkeitskriteriums *Flächenverbrauchs* wurde in der Untersuchung ausgeklammert, da es ein Thema ist, welche man nur schlecht bezogen auf eine einzige Grundstückfläche bewerten kann. Gerade in der demographischen Wachstumsregion Köln kann durch verdichtende Baumaßnahmen in der Innenstadt Flächenverbrauch in den Außenbezirken verhindert werden.

Diese im Fall Senefelderstraße diskutierten Möglichkeiten entsprechen den oben genannten Sanierungsmodellen A, B und C. Diese Bezeichnungen werden für den weiteren Bericht übernommen.

Eine Besonderheit des Gebäudes Senefelderstraße war, dass für zwei der möglichen Grundmodelle (A, B) bereits Vorüberlegungen, Konzepte und Kostenkalkulation aus der Vergangenheit vorlagen. Für das Grundmodell C (Hybrid Alt-Neubau) wurde dagegen anlässlich des Forschungsvorhabens eine Grundriss-Erweiterung skizziert und eine Kostenkalkulation (Schätzung anhand marktgängiger Baupreise) vorgenommen, um eine Vergleichsbasis mit den Modellen A und B bereit zu stellen (zur Übertragbarkeit s. Kap. 5.3).

Die Auswertung der Pro-Contra-Argumente zu den Grundmodellen der Sanierung ergab im Beispiel Senefelderstraße einen Ausschluss der Modelle D und E. Auf der einen Seite ist die Nachfragesituation für Mietwohnungen in ganz Köln wie auch im Stadtteil Ehrenfeld so groß, dass eine Stilllegung der Fläche nicht sinnvoll ist. Andererseits ist der Sanierungsstau so groß (Wohn- und Ausstattungsstandard der Gebäude und Wohnungen liegen deutlich unter den heute üblichen Anforderungen und die Baukonstruktion bedarf einer grundlegenden Instandsetzung (s. a. Kap. 1.2 und Anhang 2), dass ein Betrieb ohne Sanierungsmaßnahmen absehbar Ertrag und Mieterbesatz mindern würde.

Im Hinblick auf die verbleibenden Modelle A, B und C zeigen sich jeweils eigene Vorteilskonstellationen (in Bezug auf Herstellungspreise, Grundrissveränderungen, Miethöhe, Komfort, Klimafreundlichkeit etc; Details in Tabelle 5 auf der folgenden Seite), so dass eine weitere Untersuchung dieser drei Grundmodelle in Kombination mit haustechnischen Komponenten beschlossen wurde. Letztere werden in den folgenden Kapiteln dargestellt.

Tabelle 5: Pro-Contra Argumente Grundmodelle für Bestandsanierungen

	A	B	C	D	E
	Sanieren im Bestand	Abriss und Neubau	Mischung Alt- mit Neu- bau (Anbau)	Betreiben wie bisher - unsaniert	Abriss und Fläche stilllegen
Flächenangebot	keine Erhöhung der Wohnfläche	Erhöhung der Wohnfläche möglich	Erhöhung der Wohnfläche möglich	keine Erhöhung der Wohnfläche	Verringerung der Wohnfläche
Herstellungsverpreis	preiswerteste Lösung für den Vermieter	etwas teurer als A	etwas teurer als A	keine Investkosten (aber Instandhaltungskosten)	Abrisskosten und künftig fehlende Mieteinnahmen
Grundriss-Qualität	Grundrissveränderungen nicht möglich	neue moderne Grundrisse möglich	veränderte moderne Grundrisse möglich	Grundrissveränderungen nicht möglich	-
Bauzeit	geringste Bauzeit	Bauzeit länger als A,C	Bauzeit länger als A	keine	keine
Wirkungen auf Mieter	Mieter können wieder einziehen	Mieter müssen raus, neue Mieterzielgruppen wahrscheinlich	Mieter müssen raus, zum Teil neue Mieterzielgruppen wahrscheinlich	Mieter können bleiben	Verlust der Wohnungen
Mieten	geringe Erhöhung der Mieten	Erhöhung der Mieten	Erhöhung der Mieten	Mieten bleiben gleich	-
Tageslichtversorgung	unverändert	verbessert	verbessert im Anbau	unverändert	-
Wirkungsdauer der Sanierung	kurze Lebensdauer der Maßnahmen, da nur Stückwerk	Dauerhaftigkeit der Maßnahmen gut	Dauerhaftigkeit der Maßnahmen mittel bis gut	keine dauerhafte Wirkung, aber andauernde erhöhte Instandhaltung	-
Energieeffizienz/Klimafreundlichkeit Gebäudebetrieb	Energieeffizienz und Klimafreundlichkeit in verbessertem bis gutem Standard planbar	Energieeffizienz und Klimafreundlichkeit in hohem Standard planbar	Energieeffizienz und Klimafreundlichkeit in hohem Standard planbar	schlechte Qualität von Energieeffizienz und Klimafreundlichkeit bleibt erhalten	-

Für das Demonstrationsgebäude Senefelderstraße wurden die drei Grundmodelle anhand der bereits erwähnten Grundrissentwürfe und Kostenkalkulationen für die nächste Untersuchungsphase wie folgt formuliert:

4.4.3 Modell A: Sanieren im Bestand

Als Basis des Vergleichs wird eine „Standard-Sanierung“ des bestehenden Gebäudes zugrunde gelegt. Die für das Objekt Senefelderstraße bereits vor einiger Zeit erstellten Planungen und Kostenschätzungen zu dieser Sanierungsvariante lagen dem Projektteam vor und dienten als Grundlage für die Vergleichsanalyse zwischen den Sanierungsmodellen.

Die Wohnfläche bleibt ebenso wie die Grundrisse des Bestandsgebäudes unverändert bei 1.863 m² (Hauptnutzfläche berechnet nach DIN 277 entspricht ca. 1.870 m² nach WoFIV⁸).

4.4.4 Modell B: Abriss-Neubau

Als zweites Sanierungsmodell wurde der Abriss und komplette Neubau der drei Gebäude skizziert. In der Vergleichsanalyse wurde insbesondere berücksichtigt, dass diese Variante mit schwierigen Sicherungsmaßnahmen für die bebauten Nachbargrundstücke/-gebäude verbunden sein wird. Die für das Objekt Senefelderstraße bereits vorhandenen Planungen dieser Sanierungsvariante lagen dem Projektteam vor. Die entstehende Wohnfläche beträgt 2.700 m², (Hauptnutzfläche berechnet nach DIN 277 entspricht 2.872 m² nach WoFIV). Die Grundrisse wie auch die Sanitärbereiche werden im Vergleich zu der bestehenden Situation moderner und größer gestaltet.

4.4.5 Modell C: Hybrid Alt-Neubau

Die Option „Hybrid“ ist namensgebend für eine Umbauvariante, welche eine Mischung aus Erhaltung und Neubaumaßnahme darstellt. Nach Konzepten von Luczak-Architekten und dem Ingenieurbüro Zibell, Willner und Partner wurde damit eine, so die Annahme der Planer, energieeffiziente und nachhaltige Sanierungsmaßnahme erdacht. Die entstehende Wohnfläche beträgt 2.700 m², (Nutzfläche berechnet nach DIN 277 entspricht 2.872 m² nach WoFIV). Die Grundrisse werden im Vergleich zu der bestehenden Situation (wie auch in der Abriss-Neubauvariante) moderner und größer gestaltet, was auch für die neuen Sanitärbereiche gilt.

⁸ 2. Wohnflächenberechnungs-Verordnung des Bundes

4.5 Sondierung von Rahmenbedingungen

Nach Festlegung der Grundmodelle der Sanierung müssen einige Rahmenbedingungen untersucht werden, um Auswahlkriterien für die technischen Systeme verfügbar zu haben (beispielsweise für die Wärmeenerzeugung oder die Dämmsysteme). Solche Rahmenbedingungen sind

1. die erwarteten Verbräuche an Wärme und Trinkwasser (Bedarfsplanung),
2. die energetischen Mindest-Anforderungen der EnEV 09,
3. die Ertragsgrößen der lokalen Energiepotenziale Sonne, Erdwärme (Kap. 4.2).

4.5.1 Bedarfsplanung

Für die weiteren Auswertungen wurden typische Rahmenbedingungen der Wohnungsnutzung in Form von anzunehmenden Verbrauchsdaten und Komfortparameter recherchiert und für das Objekt Senefelderstraße festgelegt.

Die zu erwartenden Verbrauchsdaten für ein Gebäude mit 38 Wohnungen und 78 Bewohnern mit erneuerter Haustechnik wurden aus statistischen Durchschnittswerten (Destatis 2006, VDEW 2006, HEA) abgeleitet. Die Ergebnisse dieser Recherchen und Festlegungen zeigt *Abbildung 7*, eine ausführliche Darstellung der Rechercheergebnisse und Bedarfsableitungen zu den voraussichtlichen Wärme- und Wasserverbräuchen findet sich in Anhang 3.

Ansatz für die Planung:

Solltemperatur Winter	20 °C
Luftwechsel	0.5 [-]
Personenanwesenheit	12 h/d
Innere Lasten aus Geräten	<i>Wohnungsansatz Strom</i>
Warmwasserverbrauch	40 l/Person und Tag
Wasserverbrauch gesamt	100 l/Person und Tag
Wohnungsgrößen mit Personenschlüssel	<i>Wohnungsansatz</i>

Dreizimmer Wohnung	Hälfte 3 und 2 Bewohner	
Personenanwesenheit	12 h/d	
	12 h/d	
	6 h/d	2.25 kWh/Whg*d
Stromverbrauch mittel	3880 kWh/a	10.63 kWh/Whg*d
<i>ohne Warmwasserbereitung und Energiesparende Geräte</i>	2981 kWh/a	8.17 kWh/Whg*d
Warmwasserbedarf	100 l/d	4.06 kWh/Whg*d

Zweizimmer Wohnung	Hälfte 2 und 1 Bewohner	
Personenanwesenheit	12 h/d	
	6 h/d	1.35 kWh/Whg*d
Stromverbrauch mittel	3030 kWh/a	8.30 kWh/Whg*d
<i>ohne Warmwasserbereitung und Energiesparende Geräte</i>	2456 kWh/a	6.73 kWh/Whg*d
Warmwasserbedarf	60 l/d	2.44 kWh/Whg*d

Abbildung 7: Nutzungsrandbedingungen für die Sanierungsmodelle

4.5.2 EnEV - Energetische Mindestqualitäten

Um die Grenzen der Konfigurationsmöglichkeiten von Gebäudehülle und –technik zu kennen, ist es für die weitere Arbeit notwendig, Mindeststandards für die energetische Qualität der Sanierung abzuschätzen.

Als Orientierungsgröße wurde stellvertretend für die oben beschriebenen Grundmodelle für das Grundmodell „Hybrid“⁹ berechnet, von welcher Mindestdämmung, unabhängig von der Gebäudetechnik, theoretisch auszugehen ist, um die Sanierung den Anforderungen der EnEV 2009 entsprechend durchführen zu können. Für das konstruktive Grundmodell A (Sanieren im Bestandsgebäude) gelten im Prinzip ähnliche Kennwerte, und auch für eine Neubauvariante wurde von einer EnEV-Eignung mit ähnlichen Dämmstärken als selbstverständliche Voraussetzung ausgegangen. Daraus ergab sich eine Abschätzung der notwendigen Dämmstärken für die möglichen Außen- und Innendämmsysteme. Diese Angaben zur Mindestdämmung (Anhang 4) dienten der Orientierung und waren vorerst theoretischer Natur, da nach der EnEV 2009 bekanntlich zwei Anforderungen zu erfüllen sind: Einmal diejenigen an die Dämmung der Gebäudehülle (Transmission) und zum zweiten die des Primärenergiebedarfs (für Transmission, Lüftung, Gewinne, Anlagentechnik, usw.).

In der Folge wurde auch die zweite Anforderung der EnEV 09 berücksichtigt (Anhang 5). Auf Basis der oben beschriebenen Grundmodelle wurden in einem zweiten Schritt die bereits im Team diskutierten Varianten der Energieversorgung, der Fensterqualitäten, der Lüftungstechnik sowie der Dämmung (Außen-/Innendämmung) auf ihre praktisch-energetischen Wirkungen (ihre EnEV-Zulässigkeit) hin untersucht. Dies war notwendig, da auch die gestalterischen und ensemble-bezogenen Aspekte sowie die Frage der technischen Umsetzbarkeit des Umbaus als Kriterien nachhaltigen Bauens einbezogen werden sollten. Da die Anlagentechnik wegen der zu diesem Zeitpunkt noch offenen Variantenentwicklung noch nicht festgelegt werden konnte, wurde eine Abschätzung zur Anlagenaufwandszahl (0,84) getroffen, mit der geeignete Anlagenvarianten angegeben werden konnten.

Einen Überblick über diese Ergebnisse der EnEV-Abschätzungen und der Einhaltung einiger beispielhafter technischer Kombinationsmodelle gibt die Abbildung in Anhang 5b, die Ergebnisse zu der anfangs zitierten Abschätzung der Mindestdämmung der Gebäudehülle sind in den Anhängen 4 und 5 dokumentiert.

4.5.3 Detail-Prüfung der örtlichen Energieoptionen

In einem dritten vorbereitenden Schritt wurden die Möglichkeiten zum Einsatz lokaler Energieversorgungssysteme sondiert. Die Abschätzung solarer Erträge und der geothermischen Potenziale ergab für beide Fälle positive Ergebnisse.

- Die durchgeführte Simulation solarer Erträge ergab bereits für die Dachfläche von rund 800 m² die (theoretische) Möglichkeit, das Gebäude Senefelderstraße 44-48 hinsichtlich der benötigten Wärmemengen ganzjährig autonom zu betreiben.
- Auch die Möglichkeiten, Erdwärme zur Versorgung des Gebäudes zu nutzen erwiesen sich als gut. Eine Abfrage dieser Option beim geologischen Dienst NRW ergab für das Grundstück Senefelderstr. 46 „hinsichtlich der geothermischen Nutzungsmöglichkeiten mittels Erdwärmesonden bis 100 m Tiefe“, dass die geothermische Ergiebigkeit im Bereich einer effizienten Nutzung liegt.

Die vollständige Dokumentation dieser Sondierungen findet sich in Anhang 6.

⁹ Das Modell „Hybrid“ wurde zum Gegenstand dieser EnEV-Abschätzung, da zu diesem noch keinerlei energetischen Vorstellungen im Planungsteam bestanden, es als Objekt für die Bildung weiterer Varianten vorgesehen war und zudem für die beiden anderen Modelle bereits Einschätzungen zur EnEV-Fähigkeit vorlagen.

4.6 Vertiefungsphase 1: Sondieren der Technikooptionen

Ein zentraler Bestandteil der weiteren Sondierung in Vertiefungsphase 1 ist die Auswahl der technischen Komponenten für die Wärmeerzeugung und sonstige Haustechniksysteme (Lüftung, Trinkwassererwärmung, Wärmeübergabe) sowie der energetischen Möglichkeiten zur Ausführung der Gebäudehülle (Dämmsysteme).

In gleicher Weise wie bei der Erarbeitung der konstruktiven Grundmodelle wurde für die haus- und dämmtechnischen Elemente zuerst ein lösungsoffener Katalog prinzipiell möglicher technischer Optionen zusammengestellt, diese daraufhin anhand ihrer Eignung für das konkrete Gebäude ausgewählt und anschließend einer Pro-Contra-Betrachtung unterzogen. Die Vor- und Nachteile wurden auch in diesen Fällen anhand der Debatte im Team, das heißt auf Grundlage der Kenntnisse des Objekts und der Expertisen der Teammitglieder zusammengestellt. Eine wichtige Rolle kam bei der Analyse der Technikooptionen den Ergebnissen einer Voruntersuchung von Eigenschaften und Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichen Systeme zu. Nachdem die Sammlung der technischen Optionen im ersten Arbeitsschritt abgeschlossen war, wurde eine entsprechende Voruntersuchung durchgeführt und deren Ergebnisse in die Pro-Contra-Struktur integriert. Die vollständige Vor-Untersuchung der technischen Komponenten ist in Kapitel 4 des Anhangs 7 (Planungsbericht ZWP) dokumentiert.

4.6.1 Wärmeerzeugung

4.6.1.1 Prinzipielle Möglichkeiten der Wärmeerzeugung

Im ersten Schritt wurden vom Team die Merkmale der Systeme zur Wärmeerzeugung in genereller Form zusammengetragen. Auf dieser Grundlage der möglichen technischen Optionen und Eigenschaften wurden daraufhin für das Gebäude geeignete Systeme definiert (siehe Tabelle 6). Die Zusammenstellung der technischen Möglichkeiten zur Wärmeerzeugung ist eng verbunden mit den (lokal) nutzbaren Energieträgern sowie der Art und Weise, wie die dazugehörigen Anlagen organisiert (Versorgungsart) sind und sich auf den Raumverbrauch im Gebäude (Platzbedarf) sowie die Wohnungen bzw. ihre Nutzer (Wirkungen auf die Wohnung) auswirken. Nicht zuletzt kann als allgemeingültiges Beschreibungsmerkmal die Frage nach der Art der Steuerung gestellt werden, da hierdurch sowohl die Einflussnahmemöglichkeiten der Nutzer wie auch die steuerungstechnische Organisation der Anlagen beschrieben werden kann.

Tabelle 6: Prinzipielle Möglichkeiten zur Wärmeerzeugung

Energieträger (100 %-Annahme)	Sonne	Erdwärme	Gas (Öl)	Holz/ Biomasse	Wind	Strom	Abwärme (BHKW)	Abwärme (Abwasser)	Fernwärme
Platzbedarf Anlagen (Leitungen, Lager, Tanks, Wärmespeicher etc.)		Platzbedarf auf dem Grundstück	Platzbedarf im Gebäude	Größerer Platzbedarf im Gebäude	Kein Platzbedarf im Gebäude	Platzbedarf auf dem Gebäude			
Versorgungsart		Zentral Grundstück	Zentral Dach	Zentral Keller	Dezentral - wohnungsweise	Dezentral - Etagenweise	zentrale externe Quelle	dezentrale externe Quelle	
Art der Steuerung/Regelung				Eigensteuerung durch Nutzer	zentrale Steuerung	etagenweise Steuerung			
Hoch- oder Niedertemperatur- (Wärmeübergabe-HT/NT)				HT	NT				
Wirkung auf die Wohnung				kein Einfluss	Raumbedarf in Wohnung				

A: Solarthermie

B: Erdwärme

C: Gas

D: Holz

Vor Auswertung der Pro-Contra-Argumente wurden beim Beispielvorhaben Senefelderstraße Energieträger ausgeschlossen, die von vornherein nicht für das Demonstrationsgebäude und sein Grundstück geeignet sind. Ein Ausschluss erfolgte für die Energieträger Öl (es ist ein Gasanschluss vorhanden), Wind (keine Standorte auf dem Grundstück), Strom (unrealistisch, da bereits jetzt im sanierungswürdigen Ist-Zustand mit dem relativ ineffizienten und klimaanfreundlichen Energieträger geheizt wird), Abwärme (Abwasser, absehbar keine ausreichenden Wärmemengen in der Umgebung vorhanden), Fernwärme und Biogas (keine Fernwärmeleitungen in der Nähe bzw. keine Verfügbarkeit von Biogas). Die potenziellen Biomasse-Energieträger Holzhackschnittel und Scheitholz schließlich wurden wegen des höheren Wartungsaufwandes (Ascheanteile höher) der Anlagen ebenfalls ausgeschlossen.

4.6.1.2 Auswertung der Pro- und Contra-Argumente

Auf Grundlage der für das Gebäude identifizierten Potenziale wurde eine Anzahl von Hoch- und Niedrigtemperatur-Systemen sondiert. In Anhang 7 sind die detaillierten Analyseschritte dokumentiert (Kap. 4 des Anhangs 7). In der folgenden Pro- und Contra-Tabelle sind die wichtigsten Ergebnisse dieser Voruntersuchung sowie der Debatte im Projektteam zusammengefasst.

Tabelle 7: Pro-Contra-Argumente Wärmeerzeugungsoptionen

	A	B	C	D
	Solarthermie:	Erdwärme	Gas	Holz
Technische Umsetzbarkeit	Einfach als Zusatzwärmequelle auf dem Dach. Aber als alleinige Wärmequelle werden Betonbauarbeiten im Garten/Keller notwendig	Etwas schwieriger, da Anlage in begrenzter Fläche im Garten	Einfach, Gasbrennwert-Kessel im Keller	Einfach, Holzpellet-Kessel im Keller
Verfügbarkeit Energieträger	Gute Verfügbarkeit	Verfügbarkeit ist gegeben	Gute Verfügbarkeit	Gute Verfügbarkeit, aber Anlieferung in enger Straßelage ist zu beachten
Versorgungssicherheit	gut – aber bei 100 Prozent-Versorgung Wärmespeicher nötig und Spitzenlast-Ausgleich durch zweite Anlage (Gas) im Haus	gut – aber auch Spitzenlast-Ausgleich durch zweite Anlage (Gas) im Haus nötig	gut	gut – aber auch Spitzenlast-Ausgleich durch zweite Anlage (Gas) im Haus nötig
Flächenbedarf Speicher/Systeme	Eher hoch, Langzeitspeicher in Garten, Kollektoren auf dem Dach	Moderat - Wärmepumpe und Gasbrennwert Keller-raum	Moderat - Gasbrennwert-Kessel im Kellerraum	Eher hoch -, Holzpellet-Kessel und Pelletlager im Keller
Klimafreundlichkeit	<i>sehr gut</i>	<i>sehr gut</i>	<i>moderat</i>	<i>gut</i>
Anteil regenerative Energie (Betrieb)	<i>hoch</i>	<i>Hoch</i>	<i>Nicht vorhanden (es sei denn, Biogas – nicht der Normalfall)</i>	<i>hoch</i>
Langlebigkeit	<i>sehr gut</i>	<i>gut</i>	<i>durchschnittlich</i>	<i>durchschnittlich</i>
Preis (Herstellung)	<i>eher hoch, wegen Speicher</i>	<i>eher hoch, wegen Erdsonden</i>	<i>günstig</i>	<i>günstig bis moderat</i>
Wartungs- und Betriebsaufwand	geringer Wartungs- und Bedienungsaufwand	geringer Wartungs- und Bedienungsaufwand	geringster Wartungs- und Betriebsaufwand	Relativ geringer Wartungs- und Betriebsaufwand

	A	B	C	D
	Solarthermie:	Erdwärme	Gas	Holz
				(Holzpellets)
Wirtschaftlichkeit (VDI 2067-1)	<i>viertbeste</i>	<i>zweitbeste</i>	<i>drittbeste</i>	<i>beste</i>
Preis (Betrieb)	<i>Sehr günstig</i>	<i>günstig</i>	<i>moderat</i>	<i>Günstig</i>
Finanzielle Wirkung für Mieter	Nebenkosten erniedrigt	Nebenkosten erniedrigt	Nebenkosten leicht erhöht	Nebenkosten erhöht
Wirkung auf die Nutzer	<i>Erhöhter Komfort durch Fußbodenheizung aber trägere Reaktion</i>	<i>Erhöhter Komfort durch Fußbodenheizung aber trägere Reaktion</i>	<i>Normaler Komfort durch Heizkörper</i>	<i>Normaler Komfort durch Heizkörper</i>
Innovationsgrad	<i>Hoch für eine Variante mit Langzeitspeicher</i>	<i>Erhöht, falls Bestandsanierung, ansonsten moderat</i>	<i>Gering</i>	<i>Erhöht</i>

Die Auswertung der Vor- und Nachteile der betrachteten Wärmeerzeugungsoptionen wurde im Demonstrationsvorhaben Senefelderstraße nach fünf Gesichtspunkten vorgenommen.

- Zum einen nach den praktischen Aspekten der Realisierbarkeit: D.h. der technischen Umsetzbarkeit der Systeme in bestehenden Gebäuden und Grundstück (für den Fall eines Neubaus ist das Gebäude natürlich kein limitierender Faktor), ihrer Verfügbarkeit und der Einschätzung der Versorgungssicherheit.
- Zum zweiten nach Aspekten der Nachhaltigkeit: der Klimafreundlichkeit des Betriebs, des Anteils an erneuerbarer Energie und der Langlebigkeit der Anlagen.
- Drittens wurden die Systeme auch im Hinblick auf die für institutionelle Bauherren häufig kritischen Größen der Investitionskosten, des Wartungsaufwandes und der Wirtschaftlichkeit¹⁰ betrachtet.
- In einem vierten Bereich standen die Belange der Mieter bzw. Nutzer des künftigen Gebäudes im Mittelpunkt der Betrachtung: Erörtert wurden die entstehenden Kosten des Betriebs der Systeme und damit der Nebenkosten, die auf Mieter zukommen, aber auch die Wirkung der Systeme auf den Nutzerkomfort am Beispiel der Wärmeübergabe in den Wohnungen.
- Fünfter und nicht unwichtiger Aspekt war die Frage, wie hoch der Innovationsgrad der Systeme für den Wohnungsbau und die Bestandssanierung ist. Diese Frage war insofern relevant, als auch eine weitere Untersuchung von sehr innovativen Systemen mit hohen Investitionskosten für den Auftraggeber Bauherr Sinn machen kann. Durch eine Untersuchung auch dieser Optionen erhält er die Möglichkeit, Wissen und Erfahrungen zu potenziellen Zukunftstechnologien zu sammeln und für sein Unternehmen insgesamt zu nutzen.

¹⁰ Diese Wärmeerzeuger wurden auf Basis der Ergebnisse einer Bedarfssimulationen für die beiden Dämmstandards HT-100 und HT-85-Gebäudehülle hinsichtlich der zu erwartenden Investitions- und Betriebskosten wirtschaftlich vorgeprüft (die Berechnung wurde anhand der Annuitätenmethode der VDI 2067-1 durchgeführt; zu den Randbedingungen der Berechnung siehe Anhang 7 – eine abschließende ökonomische Prüfung an den später festgelegten Sanierungsmodellen erfolgte durch eine Lebenszykluskostenanalyse (Kap. 4.9.5.1) und die Wirtschaftlichkeitsrechnung der GAG (Kap. 4.9.5.2). Im Ergebnis zeigt sich, dass, unabhängig vom Dämmstandard, die Ausrüstung mit einem Pelletkessel ohne Solaranlage die Variante mit den geringsten Investitionskosten ist, gefolgt von der Variante mit Gasbrennwertkessel mit Solaranlage. Die Solarthermie-Lösung mit Langzeitspeicher weist naturgemäß hohe Investitionskosten auf - nur diese Variante weist einen deutlicheren Unterschied hinsichtlich der Dämmstandards auf.

Die Auswertung dieser fünf Bereiche für das Demonstrationsvorhaben Senefelderstraße ergab für jedes der betrachteten Wärmeerzeugungssysteme relevante Vorteilsbilder, die noch keinen Ausschluss eines der vier betrachteten Systeme zuließen. Es wurde beschlossen, alle vier Systeme bei der Entwicklung von Sanierungsmodellen zu berücksichtigen und weiter zu untersuchen. Im Folgenden die Auswahl näher zu prüfender Wärmeerzeugungssysteme und ihre Vorteilsprofile:

- **Holzpelletkessel**
(wirtschaftlichste Variante, gute Klimafreundlichkeit, hoher Anteil regenerativer Energien, erhöhter Innovationsgrad)
- **Gasbrennwertkessel**
(gute Verfügbarkeit, geringer Platzbedarf, geringster Wartungs- und Betriebsaufwand)
- **Erdwärme**
(zweitbeste Wirtschaftlichkeit, sehr gute Klimafreundlichkeit, hoher Anteil regenerativer Energien, erhöhter Innovationsgrad)
- **Solarkollektoren mit Langzeitspeicher**
(beste Klimafreundlichkeit, geringste Betriebskosten, höchster Anteil regenerativer Energien, höchster Innovationsgrad)

4.6.2 Lüftung

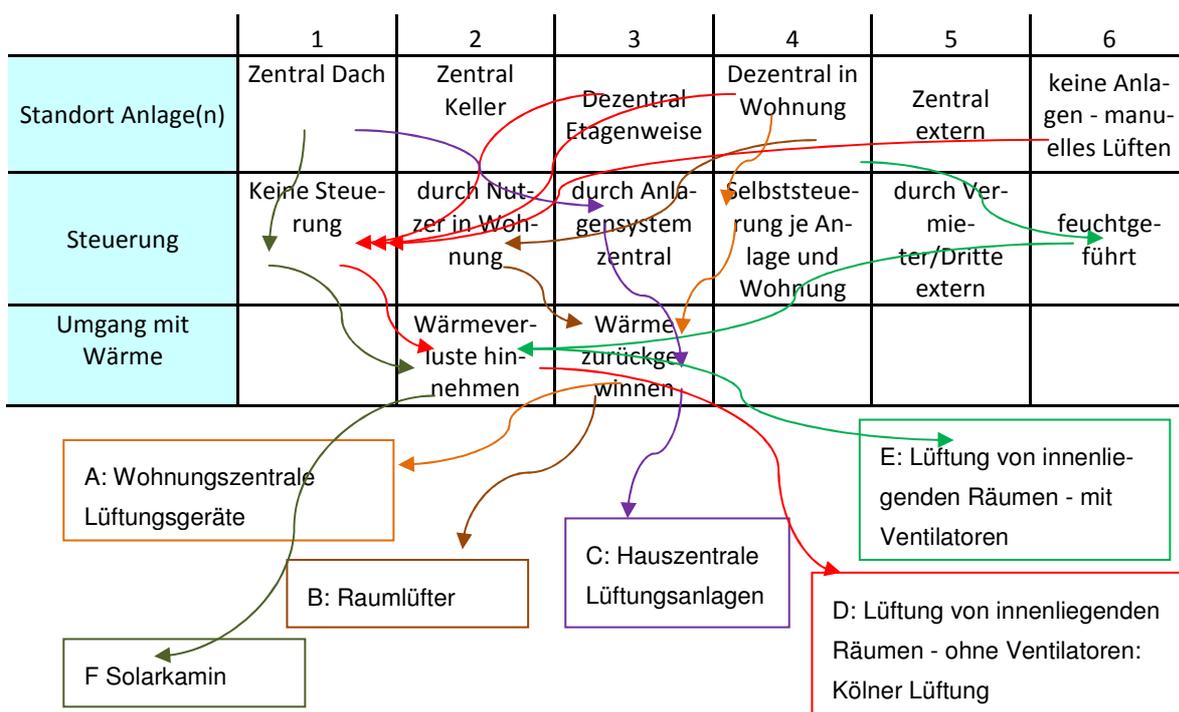
Lüftung soll dauerhaft und ohne unzumutbaren Aufwand für den Bewohner den hygienischen Mindestluftwechsel sicherstellen. In der DIN 1946-6 wird u.a. der aktuellen Rechtsprechung Rechnung getragen. Wesentlich ist dabei, dass nicht immer mit einer aktiven und sinnvollen Lüftung durch den Bewohner gerechnet werden darf, vielmehr muss auch bei zeitweiliger Abwesenheit der Bewohner der baulich erforderliche Mindestluftwechsel ermöglicht werden. Hierzu wird in der oben genannten Norm das Erstellen eines Lüftungskonzeptes gefordert. Dabei wird überprüft, welche Luftmengen erforderlich sind, mit welchen Luftwechseln aufgrund von Undichtigkeiten der Gebäudehülle zu rechnen ist und welche Luftwechsel durch zusätzliche Systeme ermöglicht werden müssen. Innen liegende Räume müssen über zusätzliche Systeme mit Frischluft versorgt werden. Unter energetischen Gesichtspunkten ist es wünschenswert, im Winter den Wärmeverlust durch den Luftaustausch zu vermindern. Dies lässt sich mit einer Wärmerückgewinnung (Wärmeüberträger zwischen Zu- und Abluft) realisieren. Andererseits ist der mechanisch angetriebene Luftaustausch immer mit Stromverbrauch der Ventilatoren sowie Wartungs- und Instandhaltungskosten verbunden. Im Folgenden werden die Entwicklung und erste Sondierung der für die Zusammenstellung der Sanierungsmodelle betrachteten Lüftungssysteme vorgestellt.

4.6.2.1 Prinzipielle Möglichkeiten der Lüftung

In gleicher Manier wie bei der Sondierung der Möglichkeiten zur Wärmeerzeugung wurden vom Projektteam mit Hilfe einer auf objektiv-technische Merkmale beschränkten Matrix die Eigenschaften für Lüftungssysteme zusammengetragen (s. Tabelle 8). Auf dieser Grundlage wurden daraufhin für das Gebäude geeignete Systeme definiert.

Die Zusammenstellung der technischen Möglichkeiten zur Lüftung definiert sich durch den Standort der Anlagen, die Art der Steuerung (spiegelt steuerungstechnische Organisation und Einflussnahmemöglichkeiten der Nutzer wieder) sowie den Umgang mit dem in der Abluft verbleibenden Wärmegehalt.

Tabelle 8: Prinzipielle Möglichkeiten zur Lüftung



Die aus den Anforderungen entwickelten Möglichkeiten zur Lüftung lassen sich in sechs Systemen beschreiben, deren Auswahlkriterien die Verfügbarkeit auf dem Haustechnik-Markt und ihre Repräsentativität als typische Vertreter einer technischen Lösungsoption waren. Diese sechs Optionen wurden in der folgenden Pro-Contra-Betrachtung untersucht. In diese Betrachtung flossen, wie schon bei den Wärmeerzeugungssystemen, Ergebnisse aus einer Voruntersuchung des Fachplaners ein (s. Anhang 7).

4.6.2.2 Auswertung der Pro- und Contra-Argumente

Die Auswertung der Vor- und Nachteile der betrachteten Lüftungssysteme erfolgte im Demonstrationsvorhaben Senefelderstraße entsprechend der Beschreibung in Kapitel 4.6.1.2 in fünf Bereichen a. Realisierbarkeit, b. Nachhaltigkeit-Klimafreundlichkeit, c. Investitionskosten-Wartungsaufwand-Wirtschaftlichkeit, d. Wirkungen auf den Mieter und e. Innovationsgrad. Die für die Lüftungssysteme gesammelten Argumente sind in Tabelle 9 auf den beiden folgenden Seiten aufgelistet.

Die Auswertung ergab für die betrachteten Lüftungssysteme ein sehr profiliertes Vorteilsbild für die Option der hauszentralen Lüftung mit Wärmerückgewinnung, da hier Wirtschaftlichkeit mit hoher Rückgewinnungseffizienz und entsprechender Klimafreundlichkeit einhergehen. Zusätzlich verstärkt wird dieses vorteilhafte Bild durch einen geringen Flächenbedarf und positive Effekte auf die Nebenkosten der Mieter. Für die Entwicklung der Sanierungsmodelle und ihrer Performanceanalyse wurde Option C empfohlen.

Für die Option C wurde vertiefend eine Wirtschaftlichkeits-Betrachtung durch Vergleich dreier Wärmeerzeugungssysteme durchgeführt (s. Kap. 4 in Anhang 7). Die größten Gesamteinsparungen ergeben sich beim Gaskessel (lange Laufzeit, hohe Preissteigerung der Wärmekosten). Auch bei der Wärmebereitstellung über Erdsonden und Wärmepumpe ist eine kontrollierte Wohnungslüftung wirtschaftlich. Unter den angesetzten Randbedingungen ist die kontrollierte Lüftung jedoch bei einer Pelletheizung gerade noch nicht wirtschaftlich.

In der folgende Pro- und Contra-Tabelle 9 sind die wichtigsten Ergebnisse von Voruntersuchung und Debatte im Projektteam zusammengefasst.

Tabelle 9: Pro-Contra-Argumente Lüftung

	A	B	C	D	E	F
	Wohnungszentrale Lüftungsgeräte (mit WRG)	Raumlüfter (mit WRG)	Hauszentrale Lüftungsanlagen (mit WRG)	Lüftung von innenliegenden Räumen (Ohne Ventilatoren)	Lüftung von innenliegenden Räumen (Mit Ventilatoren)	Solarkamin
Technische Umsetzbarkeit	Eher einfach, in den Eingangsfluren der Wohnungen	Eher einfach, an den Fenstern der Fassadenseiten	Einfach, im Dachgeschoss Technikraum	Schwierig, da ggf. zusätzliche Schachtkonstruktionen	Schwierig, da zusätzliche Schachtanlagen und Ventilatoren in Wohnung Einfach bei nur einem Ventilator (Badezimmerabluft)	Schwierig, durch nötige Kaminhöhe von deutlich mehr als 6 Metern
Flächenbedarf Speicher/Systeme	<i>Eher hoch, da Deckenkonstruktion in Wohnungen</i>	<i>Gering</i>	<i>Gering – Technikraum DG</i>	<i>Ggf. eher hoch durch Schachtanlagen in Wohnungen</i>	<i>Eher hoch durch Schachtanlagen plus Ventilatoren in Wohnungen</i>	<i>Eher hoch durch Schachtanlagen in Wohnungen</i>
Klimafreundlichkeit	<i>gut</i>	<i>eher gut</i>	<i>eher gut</i>	<i>eher gering</i>	<i>eher gering</i>	<i>sehr gut</i>
Effizienz der Wärmerückgewinnung	<i>sehr gut</i>	<i>durchschnittlich</i>	<i>sehr gut</i>	<i>schlecht, keine möglich</i>	<i>schlecht, keine möglich</i>	<i>schlecht, keine möglich</i>
Langlebigkeit	<i>durchschnittlich</i>	<i>durchschnittlich</i>	<i>durchschnittlich</i>	<i>hoch</i>	<i>durchschnittlich</i>	<i>hoch</i>
Preis (Herstellung Anlagen)	<i>Eher hoch, wegen Anlagenanzahl Leitungen</i>	<i>Eher hoch, wegen Anlagenanzahl</i>	<i>Mittlere Investitionskosten</i>	<i>Eher hohe Investitionskosten - Schachtanlagen</i>	<i>Eher hohe Investitionskosten - Schachtanlagen - Ventilatoren</i>	<i>Eher hohe Investitionskosten - Schachtanlage Solarkamin</i>
Wartungs- und Betriebsaufwand	Mittlerer Wartungsaufwand	Erhöhter Wartungsaufwand	geringer Wartungsaufwand	geringer Wartungsaufwand	Geringer Wartungs- und Betriebsaufwand	Geringer Wartungs- und Betriebsaufwand

	A	B	C	D	E	F
	Wohnungszentrale Lüftungsgeräte (mit WRG)	Raumlüfter (mit WRG)	Hauszentrale Lüftungsanlagen (mit WRG)	Lüftung von innenliegenden Räumen (Ohne Ventilatoren)	Lüftung von innenliegenden Räumen (Mit Ventilatoren)	Solarkamin
Wirtschaftlichkeit ¹¹	<i>erniedrigt</i>	<i>moderat</i>	<i>gut</i>	<i>erniedrigt</i>	<i>erniedrigt</i>	<i>gut</i>
Preis (Betrieb)	<i>moderat</i>	<i>günstig</i>	<i>günstig</i>	<i>Keine Kosten</i>	<i>Keine Kosten</i>	<i>Keine Kosten</i>
Finanzielle Wirkung auf den Mieter (nach Sanierung)	Miete leicht erhöht und Nebenkosten neutral	Miete und Nebenkosten leicht erhöht	Miete leicht erhöht und Nebenkosten niedriger	Miete erhöht und Nebenkosten niedriger	Miete erhöht und Nebenkosten leicht erhöht	Miete erhöht und Nebenkosten niedriger
Wirkung auf die Nutzer	Erhöhter Komfort durch individuelle Regelbarkeit Erniedrigt wegen Platzbedarf und ggf. Betriebsgeräusch der Anlagen	Erhöhter Komfort durch individuelle Regelbarkeit	keine individuelle Regelbarkeit möglich	Leicht erhöhter Komfort durch individuelle Regelbarkeit über per Hand einstellbare Verstellklappen	Erhöhter bis normaler Komfort durch individuelle Regelung der Ventilatoren in Wohnung und ggf. Betriebsgeräusch	keine individuelle Regelbarkeit möglich
Innovationsgrad	<i>Hoch - für ein Wohngebäude</i>	<i>Hoch - für ein Wohngebäude</i>	<i>Durchschnittlich</i>	<i>Gering</i>	<i>Gering</i>	<i>Hoch</i>

¹¹ Die Wirtschaftlichkeit der Lüftungsanlagen ist stark abhängig von der für das Gebäude gewählten Energieträger, da die Energiepreise und ihre Steigerungsraten eine zentrale Rolle für den Betriebsstrom der Lüftungsanlagen wie auch den Ertrag der Wärmerückgewinnung spielen. In der Voruntersuchung der Lüftungssysteme wurde beispielhaft die Wirtschaftlichkeit einer hauszentralen Anlage bei drei unterschiedlichen Energieträgern vertieft.

4.6.3 Warmwasserbereitung

Ein erheblicher Teil des Energieverbrauchs von Wohngebäuden wird durch die Warmwasserbereitung verursacht. In dem hier dokumentierten Fall der Gebäude in der Senefelderstraße führt der angesetzte Bedarf von 40 Litern pro Tag und Person (s. Kap. 4.5.1) zu einem Jahresverbrauch von ca. 1.138.800 Liter Warmwasser pro Jahr.

4.6.3.1 Prinzipielle Möglichkeiten der Warmwasserbereitung

Generell lassen sich die Möglichkeiten zur technischen Lösung der Trinkwassererwärmung einige wenige Merkmale bzw. Anforderungen beschreiben: Der Standort der Erwärmanlagen, die Frage wer, abgesehen von der Entnahmestelle, wie Einfluss auf die Warmwassertemperatur nehmen kann (die Steuerung), und nicht zuletzt die Art und Weise wie (und ob) technisch die Verknüpfung mit dem wärmeerzeugenden System erfolgt (Kopplung) und eine Abhängigkeit von der Temperaturführung der Wärmeerzeugung vorliegt (HT und NT-Systeme, s. 4.6.1). Anhand der bereits in den vorangegangenen Kapiteln verwendeten Matrix wurde objektiv-technische Merkmale für Wassererwärmungssysteme zusammengetragen (s. Tabelle 10) und in der Folge für das Gebäude geeignete Systeme definiert.

Tabelle 10: Prinzipielle Möglichkeiten zur Warmwasserbereitung

	1	2	3	4	5
Standort Anlage(n)	Zentral Dach	Zentral Keller	Dezentral etagenweise	Dezentral in Wohnung	Zentral extern
Steuerung		durch Nutzer in Wohnung	durch Anlagensystem zentral	durch Anlage und je Wohnung	durch Vermieter/Dritte extern
Abhängig von HT-NT-Systemen		Ja		Nein	
Koppelung mit Wärmeerzeugung		Über Speicher	Über zweite Leitung	Keine Kopplung	

The diagram below the table shows four boxes representing specific heating systems, with arrows indicating their compatibility with the options in the table:

- A: Durchlauferhitzer** (orange box) is connected to options 1, 2, 3, and 4.
- B: Gastherme** (orange box) is connected to options 2, 3, and 4.
- C: Wasserwärmeüberträger mit Heizwasser** (purple box) is connected to options 2, 3, and 4.
- D: Zentrale Warmwasserbereitung** (red box) is connected to options 3, 4, and 5.

Es bestanden angesichts der Gegebenheiten vor Ort einige Gründe für den Ausschluss von Kombinationen: Im Fall der Senefelderstraße bestand keine Möglichkeit, einen externen Anlagen-Standort zu wählen, da es absehbar war das weder auf dem Grundstück noch in der Nähe der Gebäude Optionen bestanden. Dies war auch durch die Tatsache begründet, dass die Nutzung von BHKW-Abwärme aus der Nachbarschaft bereits wegen technischer und rechtlicher Erwägungen ausgeschlossen war (s. Kap. 4.2 und 4.6.1). Die für die Wassererwärmung abgeleiteten (und auf dem Markt erhältlichen) Möglichkeiten bezogen sich folglich auf Anlagen im oder am Gebäude: Zum einen eine klassische Lösung über Durchlauferhitzer

(A), eine wohnungsweise installierte Gastherme (B), eine zentrale Warmwasserbereitung im Keller (C) neben einem Hochtemperatursystem (Heizkessel) und eine in der Wohnung installierte Wasserversorgung, deren Wasser über ein Gegenstromsystem mit dem Heizkreislauf erwärmt wird (D). Die folgende Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile dieser vier Möglichkeiten fasst die Gründe für das weitere Untersuchungs geschehen zusammen.

4.6.3.2 Auswertung der Pro- und Contra-Argumente Warmwasserbereitung

Die Auswertung der Vor- und Nachteile der betrachteten Warmwasserbereitungs-Systeme erfolgte im Demonstrationsvorhaben Senefelderstraße entsprechend der fünf in Kapitel 4.6.1.2 beschriebenen Bereiche. Die für die Warmwasserbereitung gesammelten Argumente sind in Tabelle 11 auf den folgenden Seiten aufgelistet.

In der auswertenden Debatte zu den dargestellten Vor- und Nachteilen ergab sich rasch der Ausschluss der Optionen Durchlauferhitzer (A) und Gastherme (B). Sie weisen aufgrund eines hohen Primärenergieeinsatzes (beide Optionen) und ihres hohen Wartungsaufwandes (beim Durchlauferhitzer auf Mieterseite – im Übrigen auch ein soziales Kriterium- bei der Gastherme auf Eigentümerseite) eindeutige Nachteile auf, die weder Grundanforderungen an Nachhaltigkeit noch solche der Wirtschaftlichkeit erfüllten.

Günstige Vorteilsprofile boten dagegen die Möglichkeiten von Wohnungsstationen mit Wasser-Wasser-Wärmeübertragung (C) wie auch die zentrale Warmwasserbereitung (D).

Bei der Option C ist die technische Umsetzbarkeit zwar nicht in allen Fällen einfach, insbesondere wird ein zweites Leitungsnetz erforderlich, wenn die Wärmeerzeugung durch Niedertemperatursystem erfolgt. Positiv wirken sich aber aus, dass kein Platzbedarf in der Wohnung besteht und die Klimakosten wie auch die Betriebskosten für den Mieter gering sind. Schließlich entstehen zwar erhöhte Investkosten falls ein NT-Wärmeerzeuger installiert wird. Diese Kombination kann aber, wie die selektive Vorprüfung¹² zeigte, unter bestimmten Bedingungen wirtschaftlich sein (Details s. Anhang 7, Kap. 4). Im Vergleich zu C zeigt die (bekannte) zentrale Warmwasserbereitung am (Heiz-)Kessel einige Vorteile. Zum einen die erfahrungsgemäß ebenfalls gute Wirtschaftlichkeit, zum anderen den erhöhten Nutzerkomfort (kein Raumbedarf in der Wohnung) und drittens geringe Wartungskosten. Auf der Negativseite allerdings stehen der Raumbedarf in den Technikbereichen, eine im Vergleich nur durchschnittliche Klimafreundlichkeit – was auch daran liegt, dass eine solare Unterstützung bei HT-Systemen wenig effizient ist – und die erhöhten Folgekosten für die Mieter. Als Vorteil kann dagegen sicherlich der mangelnde Innovationsgrad einer zentralen Warmwasserbereitung gesehen werden. Als eingeführte Technik bietet er sich dem Bauherrn als sichere Option an, die Option der Wärmetauscher in der Wand (C) dagegen birgt als technische Neuerung mit wenigen Erfahrungswerten aus dem praktischen Einsatz ein mögliches Risiko in puncto Nachbesserung und Wartung nach Einbau. Aufgrund dieser Erwägungen sollten im Projekt Senefelderstraße die Wohnungsstation mit Wasser-Wasser-Wärmeübertragung als Vergleichsvariante zur zentralen Warmwasserbereitung, Speicherung und Verteilung (diese auch in Kombination mit einer thermischen Solaranlage) weiter betrachtet werden.

¹² Unter der Randbedingung einer Wärmeerzeugung mit einer el WW Wärmepumpe wurden die folgenden Systeme in Bezug auf Kosten und Nutzen miteinander verglichen: Zentrale WW Bereitung: 1. Bivalent Wärmepumpe bis 40°C Nachheizung über zentrale Gastherme / 2. Wie vor zusätzlich mit solarer Unterstützung / Dezentrale WW Bereitung: 3. Wärme aus WP mit solarer Unterstützung W/W Tauscher in Wohnungen / 4. wie 3., jedoch niedriges Temperaturniveau mit el. Nachheizung.

Tabelle 11: Pro-Contra-Argumente Wassererwärmung

	A	B	C	D
	Durchlauferhitzer	Gastherme	Wasserwärme- überträger	Zentrale Warmwasser- bereitung
Technische Umsetzbarkeit	Einfach, als Wandinstallation in den Wohnungen aber nur elektrisch möglich! Keine solare Unterstützung möglich.	Einfach, als Wandinstallation in den Wohnungen aber nur gasbetrieben möglich! Keine solare Unterstützung möglich.	Eher einfach, als Wandinstallation in den Wohnungen. Unabhängig vom Energieträger. Schwieriger wenn NT-Erzeuger da zweiter Leitungsstrang	Einfach, als Anlage im (Heiz-)Keller Zusätzliches Verteilernetz für Warmwasser erforderlich! Unabhängig vom Energieträger Solare Unterstützung wegen hoher Temperatur wenig effizient
Flächenbedarf Speicher/Systeme	Gering - in Wohnungen	Etwas höher - in Wohnungen – aber auch Betriebsgeräusch, ggf. störend!	Keiner – In-Wand-Konstruktionen in Wohnungen	Eher hoch im Technik- bzw. Heizraum im Keller und Speicher erforderlich!
Klimafreundlichkeit	Schlecht	Nicht besonders	Eher gut	Durchschnittlich – mit solarer Unterstützung erhöht
Primärenergieaufwand	hoch	hoch	gering	Durchschnittlich
Langlebigkeit	durchschnittlich	durchschnittlich	hoch	hoch
Preis (Herstellung Anlagen)	<i>Eher hoch, wegen Anlagenanzahl</i>	<i>Eher hoch, wegen Anlagenanzahl</i>	<i>Höhere Investitionskosten ggf. wegen zweiter Leitung</i>	<i>Mittlere Investitionskosten höher mit solarer Unterstützung wegen Zusatzleitungen</i>
Wartungs- und Betriebsaufwand	Hoch	Hoch	geringer Wartungsaufwand	geringer Wartungsaufwand
Wirtschaftlichkeit ¹³	<i>moderat</i>	<i>moderat</i>	<i>gut</i>	<i>gut</i>

¹³ Die Wirtschaftlichkeit der Anlagen ist stark abhängig von den für das Gebäude gewählten Energieträgern, da die Frage, ob Wasser durch Hochtemperatur-Wärmeerzeugung (Gas/Pellets) oder Niedertemperatursystemen erwärmt wird und die Energiepreise und ihre Steigerungsraten eine zentrale Rolle für den Betrieb der Anlage spielen. In der Voruntersuchung der Wassererwärmung wurde beispielhaft die Wirtschaftlichkeit dreier Anlagen bei Wärmeerzeugung durch Erdwärme-Sonden untersucht.

	A	B	C	D
	Durchlauferhitzer	Gastherme	Wasserwärme- überträger	Zentrale Warmwasser- bereitung
Preis (Betrieb)	erhöht, und Wartung durch Mieter!	erhöht	günstig	durchschnittlich
Finanzielle Wirkung auf Mieter (nach Sanierung)	Miete und Nebenkosten leicht erhöht <i>und Wartungskosten durch Mieter!</i>	Miete und Nebenkosten erhöht	Miete leicht erhöht und Nebenkosten niedriger	Miete erhöht und Nebenkosten leicht erhöht
Hygiene	Keine hygienischen Probleme	Kaum hygienische Probleme	Kaum hygienische Probleme	Hygiene erfordert Temperatur $\geq 60^{\circ}\text{C}$
Wirkung auf die Nutzer	Erhöhter Komfort durch individuelle Regelbarkeit	Durchschnittlicher Komfort , ggf. erniedrigt wegen Betriebsgeräusch/Anlagen	Erhöhter Komfort durch Anlage ohne Platzbedarf	Erhöhter Komfort durch Anlage ohne Platzbedarf
Innovationsgrad	Keine Innovation	Keine Innovation	Hoch	Keine Innovation

4.6.4 Wärmeübergabe

4.6.4.1 Prinzipielle Möglichkeiten der Wärmeübergabe

Prinzipielle Möglichkeiten der Wärmeübergabe in die Wohnungen lassen sich durch die einfache Kombination der Merkmale wärmeübertragendes Medium (Festkörper, Gas), Art der technischen Installation (Rohrleitung, Luftschacht) sowie Einbauort (Wand, Decke, Boden) beschreiben.

Tabelle 12: Prinzipielle Möglichkeiten zur Warmwasserbereitung

	1	2	3	4	5
Übergabemedium		Flüssigkeit	Gas (Luft)		
Art der Installation		Rohrleitung		Luftschacht	
Wärmeübergabende Fläche		Punktuell	Kleinräumig	Großflächig	
Einbauort		Wand	Decke	Boden	

A: Heizkörper

B: Flächenheizung

C: Luftheizung

4.6.4.2 Auswertung der Pro- und Contra-Argumente Wärmeübergabe

Die Wahl des Wärmeübergabesystems kann endgültig nur in Verbindung mit weiteren Planungsparametern, insbesondere der gewählten Wärmeerzeugung und deren Energieträger sowie von Dämmstandard und Lüftungskonzept erfolgen. Diese wiederum werden erst nach einer Untersuchung mehrerer alternativer Sanierungsmodelle festgelegt. Für die in dieser Arbeitsphase anstehenden Sondierungen wurden folglich zunächst nur die prinzipiellen Vor- und Nachteile der Heizungssysteme in Tabelle 12 erörtert, um eine technisch sinnvolle Zuordnung zu den später gebildeten Sanierungsmodellen vornehmen zu können.

Die Größe der zu deckenden Heizleistung ist von der Wahl des Dämmstandards und des Lüftungskonzeptes abhängig. So ist die Luftheizung bei Erreichung des Passivhausstandards eine mögliche Alternative, da nur dort die erforderlichen Heizleistungen niedrig genug sind. Dies gilt jedoch nicht bei einer „normalen“ Außenhülle gemäß EnEV Standard.

Die Flächenheizung sollte gewählt werden, wenn die Effektivität der Wärmeerzeugung von der erforderlichen Temperatur abhängig ist (d.h. bei Niedrigtemperatur-Systemen wie Erdwärme/Wärmepumpe und Solarer Wärmeerzeugung mit Speicherung). Bei einer Hochtemperatur-Wärmeerzeugung (Gas- oder Pelletkessel) sind dagegen Heizkörper eine sinnvolle Lösung. Für die Flächenheizung spricht, dass sie für den Nutzer ein Mehr an Flächenverfügbarkeit bringt und zudem für ein von den meisten Menschen als angenehmer empfundenes Raumklima steht. Die mit dieser Wärmeübergabe verbundenen regenerativen Energieträger bewirken zudem aufgrund geringerer Gestehungskosten ein Absinken der Nebenkosten. Eindeutiger Nachteil hingegen ist die relative Trägheit der Steuerung. Temperaturänderungen sind mit Hilfe von Heizkörpern schneller und punktueller zu erreichen, und dies bei ge-

ringeren Herstellungskosten. Eine Entscheidung für Heizkörper bedeutet aber auch die Wahl eines Hochtemperatur-Wärmeerzeugers (Gas, Pellets) und einen, wenn auch begrenzten, Flächenbedarf in der Wohnung.

Tabelle 13: Pro-Contra-Argumente Wärmeübergabe

	A	B	C
	Heizkörper	Flächenheizung	Luftheizung
Technische Umsetzbarkeit	Einfach, als Auf-Wandinstallation in den Wohnungen. Erfordert hohe Vorlauftemperaturen	Einfach, als In-Wandinstallation in den Wohnungen. Niedrige Vorlauftemperaturen sind ausreichend	Einfach, als punktuelle In-Wandinstallation in den Wohnungen (Luftschächte)
Flächenbedarf Speicher/Systeme	Gering - in Wohnungen	Kein Flächenbedarf – in Wohnungen	Kein Flächenbedarf – in Wohnungen
Klimafreundlichkeit	durchschnittlich	Erhöht	gering
Langlebigkeit	durchschnittlich	durchschnittlich	durchschnittlich
Preis (Herstellung Anlagen)	Günstig	Moderat	Höhere Investitionskosten
Wartungs- und Betriebsaufwand	Gering	Gering	Gering
Wirtschaftlichkeit¹⁴	Durchschnittlich – nur sinnvoll mit HT-Wärmeerzeugung	gut– geeignet für NT-Wärmeerzeugung	Durchschnittlich – nur sinnvoll in Passivhaus o.ä.
Preis (Betrieb)	Durchschnittlich (HT)	Gering (NT)	Gering (Passivhaus)
Finanzielle Wirkung auf den Mieter (nach Sanierung)	Miete durch Investitionsumlage leicht erhöht	Miete durch Investitionsumlage leicht erhöht, Nebenkosten niedriger	Miete durch Investitionsumlage erhöht, Nebenkosten niedriger
Hygiene	Keine hygienischen Probleme	Kaum hygienische Probleme	Kaum hygienische Probleme
Wirkung auf die Nutzer	Erhöhter Komfort durch individuelle Regelbarkeit, relativ kurze Reaktionszeiten für Temperaturänderungen	Erhöhter Komfort durch individuelle Regelbarkeit und Anlage ohne Platzbedarf. Lufttemperaturen können abgesenkt werden - angenehmere Empfindung Regelverluste größer als bei Heizkörper	Erhöhter Komfort durch individuelle Regelbarkeit und Anlage ohne Platzbedarf
Innovationsgrad	Keine Innovation	Keine Innovation	Keine Innovation

¹⁴ Die Wirtschaftlichkeit der Anlagen ist stark abhängig von der für das Gebäude gewählten Energieträger, da die Frage ob Wasser durch Hochtemperatur-Wärmeerzeugung (Gas/Pellets) oder Niedertemperatursystemen erwärmt wird und die Energiepreise und ihre Steigerungsraten eine zentrale Rolle für den Betrieb der Anlage spielen. In der Voruntersuchung der Wassererwärmung wurde beispielhaft die Wirtschaftlichkeit dreier Anlagen bei Wärmeerzeugung durch Erdwärme-Sonden untersucht.

4.6.5 Dämmung der Gebäudehülle (Fassade)

4.6.5.1 Prinzipielle Möglichkeiten der Außenwand - Dämmung

Die Dämmung von Außenwänden lässt sich materialunabhängig anhand weniger Parameter in einfacher Weise definieren. Als zu beschreibende Anforderungen sind die Lage der Dämmung aus der Perspektive des zu dämmenden Innenraums und die Art der Konstruktion (belüftet vor der Tragkonstruktion oder im direkten Kontakt mit dieser (geklebt)) ausreichend. Weitergehende Fragen wie die nach den zu wählenden Dämmmaterialien oder der Wichtigkeit die EnEV einzuhalten, sind bereits mit Werturteilen verbunden und finden in der folgenden Pro-Contra-Debatte ihren Niederschlag.

Tabelle 14: Prinzipielle Möglichkeiten zur Dämmung

	1	2
Lage	Innen	außen
Konstruktion	Hinterlüftet/ belüftet	Nicht hinterlüftet

A: Außendämmung

B: Innendämmung

4.6.5.2 Auswertung der Pro- und Contra-Argumente Dämmung

Im Falle des Vorhabens Senefelderstraße war die Frage der Dämmungen für die Decken- und Bodenkonstruktionen innerhalb des Teams unstrittig (s. Anhang 8). Klar war auch, dass bei einer Sanierung durch Neubau eine Außendämmung erfolgen würde, da in diesem bauphysikalische Sicherheit und Gestaltungsfreiheit ohne Rücksicht auf bestehende Elemente die einfachste technische Umsetzung möglich machen würden (siehe folgende

Tabelle 15) - auf Kosten allerdings von Klimafreundlichkeit und althergebrachter Baukultur des Quartiers.

Dagegen wurde die Umsetzung der Dämmung der straßenseitigen Fassade zu einer paradigmatischen Debatte, welche den Konfliktstoff zwischen den unterschiedlichen Aspekten von Nachhaltigkeit deutlich zeigte. Die angestrebten Qualitäten für die Attraktivität des Gebäudes und die städtebauliche Wirkung im Stadtteil führten im Fall der straßenseitigen (nicht denkmalgeschützten) Fassade zu einer ausführlichen vergleichenden Betrachtung der beiden Optionen Außen- und Innendämmung. Zur Debatte standen die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der ursprünglichen Fassade oder eine Außendämmung, welche die Fassadenansicht eventuell in Teilen nachbilden könnte.

Die für Innendämmungen häufig angesprochenen Probleme (technisch aufwändige Anschlusslösungen, Wärmebrücken, Feuchtebildungen) werden unterschiedlich gewertet. Zum einen als Argument für eine Außendämmung, zum Anderen als eine durch viele Beispiele belegte Möglichkeit gelungener Innendämmung bei der gegebenen klimatisch günstigen Lage der Fassade (kein Schlagregen) und einer technisch akkuraten Ausführung. Die Tabellen und Abbildungen in Anhang 8 geben einige zentrale Ergebnisse dieser Debatte wieder: *die erste Auflistung der Pro- und Contra-Argumente sowie die Kosten der Dämmvarianten*. Favorisiert wurde im Team der Kompromiss einer die originale Struktur nachbildende Außendämmung. Letztendlich kam in der Frage der Dämmung der Straßenseite kein wirklich einheitliches Meinungsbild zustande. Aufgrund der Vor- und Nachteile beider Lösungsmöglichkeiten wurde eine Aufnahme beider Optionen bei der Bildung von Sanierungsmodellen beschlossen, um eine vertiefende Untersuchung zu ermöglichen.

Tabelle 15: Pro-Contra-Argumente Dämmung

	A	B
	Außendämmung	Innendämmung
Technische Umsetzbarkeit	Einfach	Einfach - aber technisch aufwändige Anschlusslösungen
Flächen- und Raumbedarf	Kein Flächenbedarf – in Wohnungen aber in Richtung des relativ engen Bürgersteigs	Geringer Flächenbedarf - in Wohnungen
Bauphysikalische Aspekte	ohne Bedingungen geeignet, aber witterungsabhängig	Geeignet in der bestehenden Bausubstanz und bei guter Ausführung, Bedenken wegen der Gefahr von Wärmebrücken und ggf. Feuchtbildungen (letztere sind aber materialabhängig). Witterungsunabhängig
EnEV-Einhaltung	Erfüllung und Übererfüllung leicht möglich durch Dämmdickenvariation	Erfüllung und Übererfüllung nur begrenzt möglich durch Dämmdickenvariation. Bei Innendämmung auf Straßenseite müssen die restlichen Außenflächen stärker gedämmt werden (HT85)
Relative Klimafreundlichkeit	Durchschnittlich bis gering bei Mineralwolle/Styropor	Erhöht bei Einsatz von Calciumsilikatplatten
Städtebauliche Qualität	Moderat- Straßenfassade kann ihrer ursprünglichen Plastizität entsprechend nachgebildet werden oder: Gering- monoplane Lösung	Gut-Straßenfassade kann in ihrer ursprünglichen Plastizität erhalten bleiben
Langlebigkeit	Durchschnittlich	Hoch, da nicht dem Klima ausgesetzt. Aber Gefahr der Beschädigung durch Nutzer
Preis (Herstellung Anlagen)	Günstig	Erhöht
Instandhaltungsaufwand	Durchschnittlich	Gering
Wirtschaftlichkeit¹⁵	Durchschnittlich	Erhöht, da geringere Instandhaltung
Finanzielle Wirkung auf den Mieter (nach Sanierung)	Miete durch Investitionsumlage leicht erhöht	Miete durch Investitionsumlage leicht erhöht
Wirkung auf die Nutzer	keine	Eventuell Einschränkungen der Möblierung auf der Straßenseite
Innovationsgrad	Keine Innovation	Innovation – falls Straßenfassade in ihrer ursprünglichen Plastizität erhalten bleibt

¹⁵ Die Wirtschaftlichkeit der Anlagen ist stark abhängig von der für das Gebäude gewählten Energieträger, da die Frage, ob Wasser durch Hochtemperatur-Wärmeerzeugung (Gas/Pellets) oder Niedertemperatursystemen erwärmt wird und die Energiepreise und ihre Steigerungsraten eine zentrale Rolle für den Betrieb der Anlage spielen. In der Voruntersuchung der Wassererwärmung wurde beispielhaft die Wirtschaftlichkeit dreier Anlagen bei Wärmeerzeugung durch Erdwärme-Sonden untersucht.

4.7 Vertiefungsphase 2: Erweiterte Nachhaltigkeitsbewertung von Baukomponenten

Die im vorherigen Kapitel durchgeführten Vorbewertungen der Baukomponenten bezogen sich auf praktische, umsetzungsbezogene Aspekte sowie auf eine vorbereitende Einschätzung ausgewählter energetischer, ökologischer und ökonomischer Parameter. In einer ernst zu nehmenden Definition von Nachhaltigkeit und nachhaltigem Bauens aber sind eine Vielzahl weiterer Aspekte und Kriterien zu berücksichtigen, um eine fundierte Auswahl an Baukomponenten und eine darauf fußende Entwicklung von Sanierungsmodellen vornehmen zu können. Die in vorangegangenen Kapiteln vorgestellte Voruntersuchung von Bauelementen wurde aus diesem Grund um eine Nachhaltigkeitsbewertung ergänzt, welche neben den Aspekten der Wirtschaftlichkeit und des Klimaschutzes weitere ökologische Qualitäten sowie nutzerbezogene, soziale und praktische Aspekte der geplanten Sanierung berücksichtigte.

4.7.1 Nachhaltigkeitsbewertung der Baukomponenten

In dem Vorhaben wurde Nachhaltiges Bauen definiert als „die ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen von Baumaßnahmen in einer Lebenszyklus-Perspektive berücksichtigendes Bauen“. Mit dieser Arbeitsdefinition lehnt sich das Vorhaben an die bekannten Definitionen und Kriterien des Leitfadens Nachhaltiges Bauen sowie der Bewertungssysteme des Bundes BNB¹⁶ (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundesbauministeriums), des von Wohnungswirtschaft getragenen Systems NaWoh¹⁷ (Nachhaltiger Wohnungsbau, dieses wurde erst nach Abschluss der Arbeiten veröffentlicht und konnte nicht mehr zur Bewertung des Demonstrationsobjektes herangezogen werden) und der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen¹⁸ (DGNB-System für Wohnbauten NBW) an. Diese Systeme sind in den letzten fünfzehn Jahren hauptsächlich aus Forschungsarbeiten für das Bundesbauministerium (BMVBS) im Rahmen des Runden Tisches Nachhaltiges Bauen entstanden.

Der Nachteil dieser Systeme liegt in dem hohen Aufwand an Dokumentation und Nachweisführung sowie in der Tatsache, dass Kriterien für Bestandssanierungen für Wohnbauten erst in der Entwicklung begriffen sind (s. dazu auch 4.7.2). Für Unternehmen der Wohnungswirtschaft ist die ganzheitliche Bewertung ihrer Bestandsmaßnahmen aber von hohem Interesse, um ihre Entscheidungsbasis zu erweitern. Um die bereits in den vorangegangenen Kapiteln energetisch und wirtschaftlich untersuchten Baukomponenten (siehe Kapitel 4.1 bis 4.6) auch hinsichtlich *weiterer* ökologischer, ökonomischer und sozial-kultureller Kriterien wie auch bezüglich ihrer technischen Realisierbarkeit einordnen zu können, wurde eine Nutzwert-Analyse in Anlehnung an die Kriterien von BNB und DGNB¹⁹ entwickelt. In die jeweiligen Themenbereiche der entstehenden Gesamtmatrix wurden auch die schon erarbeiteten Sondierungsergebnisse (z.B. zu Investitionskosten, energetische Qualität laut EnEV usw.) übertragen, um den beabsichtigten Überblick über alle Qualitäten der Nachhaltigkeit zu erreichen. Bewertet wurden jeweils die verschiedenen Möglichkeiten der Lüftung des Gebäudes, der Warmwassererzeugung, der Warmwasserbereitstellung, der Wärmebereitstellung, der Wärmeübergabe und der Fassadendämmung. Die innerhalb einer Nachhaltigkeitsuntersuchung zentralen Kriterien der Ökobilanz und der Lebenszyklusberechnung beziehen sich

¹⁶ <http://www.nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem-nachhaltiges-bauen-fuer-bundesgebaeude-bnb.html>

¹⁷ <http://www.nawoh.de/>

¹⁸ <http://www.dgnb.de/dgnb-system/de/nutzungsprofile/Alle-nutzungsprofile/>

¹⁹ Zwei der Teammitglieder sind DGNB-Auditoren, einer zusätzlich BNB- und NaWoh-Auditor sowie Mitglied der DGNB-AG zur Bewertung von Beständen im Wohnbau (Betrieb und Modernisierungen/Sanierungen)

auf das Verhalten des gesamten Gebäudes innerhalb eines bestimmten Betrachtungszeitraums, sie werden in dieser Vorbewertung der Baukomponenten „nur“ als Abschätzungen vorgenommen. Umfassend bewertet werden sie auf Grundlage tatsächlich erstellter Berechnungen erst anhand der vollständigen Sanierungsmodelle in den Kapiteln 4.9.1 und 4.9.5 (ebenso wie die volkswirtschaftlichen Umwelt- und Gesundheitskosten).

4.7.2 Voraussetzungen für die Nachhaltigkeitsbewertung

In der derzeitigen planerischen Praxis ist gerade im Wohnungsbau die Frage, ob derartige Bewertungssysteme mit ihrem zeitlichen und finanziellen Zusatzaufwand als Vorbild für ein Routineverfahren dienen können.

Die Anforderungen beruhen zwar in großen Teilen auf gängigen technischen Normen (DIN, VDI, EN usw.) - dies gilt beispielsweise für wichtige nutzerbezogene Kriterien des akustischen, visuellen oder thermischen Komforts (s. Tabelle 16) - sie sind aber nicht durchweg gängige Bearbeitungspraxis bei der Planung von Wohnbauten und Bestandssanierungen (= Modernisierungen und /oder Teilneubauten). Vielmehr werden die eben genannten Anforderungen in der Planungspraxis von Wohnungsunternehmen in vielen Fällen im Rahmen der gesetzlichen Standards und /oder der Landesbauordnungen als zu erfüllen betrachtet, ohne Übererfüllungen oder eigene Nachweisverfahren hierfür zu bemühen.

Ein Beispiel für diese Nachhaltigkeitsaspekte ist die für Attraktivität und Nutzerkomfort wichtige Größe der Tageslichtversorgung: Die LBO NRW gibt als einfache Regel vor, dass „...das Rohbaumaß der Fensteröffnungen ... mindestens ein Achtel der Grundfläche des Raumes betragen“ muss. Die Einhaltung dieser Forderung wird im Normalfall im Rahmen von Planungsrunden und beim Bauantrag vom Architekten zugesichert – ein Nachweis wird nicht erstellt. Setzt man den Fokus der Planung aber auf die Nachhaltigkeitskriterien des Gebäudes, stellt sich die Frage, wie eine gute Tageslichtversorgung dokumentiert werden kann. Nach dem Anfang 2012 fertig gestellten Bewertungssystem der Wohnungswirtschaft NaWoh wird beispielsweise ein Nachweis gefordert der a. den rechnerischer Nachweis der notwendigen Fensterflächen, b. einen Auszug aus der gültigen Landesbauordnung zu den Vorgaben bzgl. Fensterflächen und c. ggf. sogar die Berechnung des Tageslichtquotienten enthält.

Hinzu kommt, dass in der Vorbewertung von Bauelementen unter der Rubrik nachhaltigen Bauens auch Anforderungen formuliert werden, die a. nur zum Teil quantifizierbar sind. Ebenso Bewertungskriterien, welche b. rechnerisch erst anhand der vollständigen Sanierungsmodelle ermittelt werden können, deren Abschätzung aber bereits in der Vorbewertung benötigt wird (beispielsweise die der Beiträge von Bauelementen zu Ökobilanz und Lebenszykluskosten). Diese beiden Kategorien umfassen also (zum Zeitpunkt der Vorbewertung) „weiche“ Kriterien, für deren Einschätzung das Projektteam auf Experten- und Erfahrungswissen angewiesen ist.

In dem Demonstrationsvorhaben Senefelderstraße stellte sich also die Frage, wie die erforderlichen Vorbewertungen praxisnah erarbeitet werden ohne den umfangreichen Nachweisapparat einer Nachhaltigkeitszertifizierung mit dem einhergehenden Zeit- und Finanzaufwand in Gang zu setzen.

Dies ist allerdings nur realisierbar, wenn eine Voreinschätzung zu den beschriebenen Anforderungen auf der Grundlage von Erfahrungs- und Expertenwissen möglich ist, das heißt ein oder mehrere Teammitglieder Nachhaltigkeitsexperten sind (siehe hierzu auch Kap. 4.7.2 Voraussetzungen für die Nachhaltigkeitsbewertung).

Im Vorhaben Senefelderstraße war diese Voraussetzung gegeben. Das im Team vorhandenen Wissen der verschiedenen Experten umfasste alle Nachhaltigkeitsbereiche und konnte genutzt werden. Sowohl für die normenbasierten quantifizierbaren Kriterien (d.h. bauphysikalische, energie- oder kostenbezogene) wie auch für die Kriterien nachhaltigen Bauens, für die im Normalfall keine Expertise im Planungsteam vorhanden ist, konnten in dem Vorhaben fundierte Einschätzungen mit Hilfe einer umfangreichen Nutz-Wert-Analyse getroffen werden.

4.7.3 Bewertungskriterien Nachhaltigkeit

4.7.3.1 Auswahl der Bewertungskriterien

Das seit der Arbeit der Brundtland-Kommission (United Nations 1987) in Gesellschaft und Politik etablierte Leitbild der Nachhaltigkeit hat seinen politischen Niederschlag in der Nachhaltigkeitsstrategie und dem IKEP der Bundesregierung gefunden. Für den Bereich der Bau- und Wohnungswirtschaft haben seit 2001 zusätzlich die Ergebnisse des Runden Tisches Nachhaltiges Bauen und viele der dazu durchgeführten Forschungsprojekte der Bundesbauforschung zu praktisch anwendbaren Instrumenten nachhaltigen Bauens in den Nachhaltigkeitsdimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales geführt. Aus diesen Bemühungen entstanden seit 2007 Bewertungsinstrumente wie die bereits erwähnten BNB (Bewertungssystem nachhaltiges Bauen), DGNB (Deutsches Gütesiegel nachhaltiges Bauen) und NaWoh (Nachhaltiger Wohnungsbau, dieses Bewertungssystem erschien erst nach Abschluss der Arbeiten am Demonstrationsvorhaben).

Für das Demonstrationsvorhaben Senefelderstraße wurden aus diesen bereits evaluierten und erprobten Anforderungssystemen Nachhaltigkeitskriterien für Bestandssanierungen ausgewählt (Beispielhaft sind die Kriterien des Bewertungssystems NaWoh der Verbände der Wohnungswirtschaft in Anhang 9 dokumentiert).

Auswahlkriterien waren

- a. das Zutreffen der Kriterien für Bauelemente und
- b. Sanierungsmodelle in der Planungsphase oder/und
- c. eine ausreichende Repräsentativität für die Nachhaltigkeitsdimension.

Für den Wohnungsbau und insbesondere für Bestandsgebäude und deren Sanierung/Modernisierung als geeignet wurden die in der **Tabelle 16** dargestellten Bewertungskriterien ausgewählt.

Ausschlussgründe waren umgekehrt

- a. in der Planungsphase/Musterplanung keine Relevanz für die Bewertung der Bauelemente und Sanierungsmodelle
- b. ein zu hoher Arbeitsaufwand bei geringem Erkenntniswert – die Bewertung erfolgt im Arbeitsprozess ohne Dokumentation oder/und
- c. das Kriterium ist nicht relevant bzw. verzichtbar oder
- d. die Kriterien existierten zum Zeitpunkt der Bearbeitung noch nicht.

Nicht aufgenommen wurden folgende Nachhaltigkeitskriterien aus den oben beschriebenen Bewertungssystemen (beispielhafte Aufzählung), weil sie

- a. nicht für die Bewertung von Bauelementen und Sanierungsmodellen im Planungsprozess sondern erst zu einem späteren Zeitpunkt relevant sind, wie beispielsweise *Schaffung von Voraussetzungen für eine optimale Nutzung und Bewirtschaftung, Baustelle/Bauprozess,*
- b. sich auf die Ausschreibungsphase beziehen wie *Sicherung von Nachhaltigkeitsaspekten in Ausschreibung und Vergabe,*
- c. nicht gebäudebezogen sind wie *Risiken am Mikrostandort Wohnen, Image/Zustand, Verkehrsanbindung, Nähe zu nutzungsspezifischen Einrichtungen, Anliegende Medien/Erschließung, Soziale Integration,*
- d. sie sich auf Vermarktungsstrategien beziehen, die für Wohnungsunternehmen nur von untergeordneter Bedeutung sind wie *Umnutzungsfähigkeit der Wohnungen oder*
- e. im Demonstrationsvorhaben noch nicht bedacht wurden wie die *Reinigungsfreundlichkeit der Flächen/Konstruktionen* oder die *Rückbaubarkeit der Baukonstruktionen*

4.7.3.2 Bewertungskriterien Nachhaltigkeit

Die seitens der genannten Bewertungssysteme verfügbaren Kriterien bieten den Vorteil, dass sie eine umfassende Bewertung von ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten einer Baumaßnahme ermöglichen. Die Bewertungen beziehen sich in den Ursprungssystemen auf die Wirkung von Bauteilen und Haustechnik im Rahmen eines Gebäudekonzepts (gebäudebezogene Bewertung). Sie lassen sich im Falle des Gebäudes Senefelderstraße also auf alle drei Grundmodelle der Sanierung anwenden. Zudem liegt mit diesen Systemen ein in vielen Bereichen quantifizierbares und normenbasiertes Modell vor, das der Objektivierung auch „weicher“ Kriterien eine Legitimation bietet. Mit einer entsprechenden Einarbeitung und Kenntnis der Kriterien lässt sich also eine orientierende Bewertung der dargestellten Baukomponenten vornehmen. Der oft kritisierte Nachteil dieser Bewertungssysteme - die erforderlichen sehr umfangreichen Zusatzaufwände für Nachweisführung und Simulationen - wurde dadurch kompensiert, dass für dieses Projekt ein Kurzbewertungsverfahren in Form einer Nutz-Wert-Analyse entwickelt wurde, welches Kriterien in Anlehnung an Na-Woh/BNB/DGNB bereitstellt. Bei Kenntnis der für die Bewertung bekannten Normen und Einordnungsregeln ist eine schnelle Einschätzung wichtiger Nachhaltigkeitsaspekte auf der Grundlage des im Team versammelten Fach- und Erfahrungswissens ermöglicht. Prinzipiell wurde also das in vielen Projekten entstandene Experten- und Erfahrungswissen der Teammitglieder systematisiert und dokumentiert. Voraussetzung für eine wirksame Umsetzung dieser Bewertungsweise ist allerdings die kontinuierliche Integration aller relevanten Expertisen im Planungsteam (s. auch die Ausführungen in 4.7.2 Voraussetzungen für die Nachhaltigkeitsbewertung)

Für die orientierende Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten der Baukomponenten wurden folgende Kriterien (**Tabelle 16**)

Tabelle 16: Kriterien des Kurzbewertungsinstrument Nachhaltigkeitsaspekte

Kurzbewertungsinstrument Nachhaltigkeitsaspekte von Bauelementen			
Ökonomische Qualitäten	Norm - Bewertungsgrundlage	Beschreibung	Eignung und Grundlagen der Kriterien für Bestands-Sanierungen
Lebenszykluskosten (LCC inkl. Wirtschaftlichkeit)	DIN 18960 Nutzungskosten im Hochbau, DIN 276-1, DIN 277-1, VDI 2067, AMEV, Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Kostenkalkulationen gem. DIN 276-1 u.w.	Einschätzung der Folgekosten sowie der Wirtschaftlichkeit der Bauelemente im Lebenszyklus, in diesem Fall der Restnutzungsdauer von 40-60 Jahren. Vorläufige Abschätzung auf Grundlage von Fach- und Erfahrungswissen der Teammitglieder (Nachhaltigkeitsexperte/“LCC-Berechner“)	Geeignet für die langfristige Betrachtung von Folgekosten von Gebäuden in Neu- und Bestandsbau. Beinhaltet, neben den verbrauchten Betriebsmitteln, die Wirkungen der Gebäudeelemente Baukonstruktion und Haustechnik auf die Betrachtungszeit. Mit Wissen über die Lebensdauern und Verbrauchsdaten der Gebäudeelemente zu Vorbewertung verwendbar.
Investitionskosten (Erstellung)		Einschätzung der Beiträge der Bauelemente zu den Investitionskosten auf Grundlage von Kostenschätzungen der Architekten und Fachplaner	Einfache Vorbewertung für Bauherr/Architekt anhand üblicher Kostenkalkulationsprogramme und interner Datensammlungen.
Betriebskosten (Betrieb, Instandhaltung, Wartung)		Eigene Einschätzung der Folgekosten für den Betrieb der Gebäude, da relevant für künftige Warmmieten im Lebenszyklus, in diesem Fall der Restnutzungsdauer von 40-50 Jahren. Vorläufige Abschätzung auf Grundlage der Energieträger und prognostizierten Preissteigerungsraten.	Geeignet für Vorbewertungen und Vollbewertungen von Bauteilen und Gebäudemodellen. Bewertungsgrundlagen sind technische Merkblätter, Bedarfsplanung, Vorausberechnungen, EnEV-Vorab- und Vollberechnungen
Werthaltigkeit	Interne Kalkulationsgrundlagen des Wohnungsunternehmens	Eine Einschätzung der Wertstabilität der baulichen Strukturen wurde anhand der erwarteten Dauerhaftigkeit (Lebensdauern) der betrachteten Bauelemente getroffen. Abschätzung auf Grundlage von Fach- und Erfahrungswissen der Teammitglieder	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelemente/Haustechnik anhand Ihrer Lebensdauer und der entstehenden Nutzerkomforts – welchen Beitrag leisten sie zur Werthaltigkeit; Grundlage ist das Wertermittlungsverfahren des Wohnungsunternehmens
Erträge und Ertragsprognose (Miete, Attraktivität)		Einschätzung der durch Bauelemente eintretenden Effekte auf die Wohnungs- wie auf die Nebenkosten-Attraktivität (Einbauten von Haustechnik in Wohnungen haben nicht in beiden Fällen zwangsläufig positive Effekte) sowie die Abschätzung auf	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelemente/Haustechnik: welchen Beitrag leisten sie zum Wohnungskomfort und der unternehmensinternen Mietzins-Kalkulation

Kurzbewertungsinstrument Nachhaltigkeitsaspekte von Bauelementen			
		Grundlage von Angaben der Fachabteilung des Wohnungsunternehmens	
Ökologische Qualitäten	Norm - Bewertungsgrundlage	Beschreibung	Eignung und Grundlagen der Kriterien für Bestands-Sanierungen
Ressourcenverbrauch (Materialverbrauch)	DIN EN ISO 14040, 2009, DIN EN ISO 14044: 2006 Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen, Leitfaden Nachhaltiges Bauen	Einschätzung der durch Bauelemente eintretenden Ressourcenverbräuche bzw. Stoffströme im Lebenslauf des Gebäudes. Abschätzung auf Grundlage von Fach- und Erfahrungswissen der Teammitglieder (Nachhaltigkeitsexperte/“Ökobilanzierer“)	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik: welche Ressourcenentnahme aus der Umwelt (Landverbrauch, ökologische Transportaufwände) ist mit ihrer Herstellung und ihrem Einbau verbunden?
Versiegelung/ Flächenverbrauch	Technische Daten marktgängiger Produkte, Grundflächen der Sanierungsmodelle	Einschätzung der durch Bauelemente eintretenden Flächenverbräuche (Architekten und Fachplaner)	Eingeschränkt geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik: welcher Raum- bzw. Flächenbedarf wird durch betrachteten Elemente im Gebäude beansprucht?
Gefahrstoffverwendung/ Schadstoffausstoß	Baubegehung, Bewertungen gemäß GISCODE, SDB (Sicherheitsdatenblättern und Technischen Datenblättern)	Einschätzung der in Bauelementen vorhandenen Gefahrstoffe und potenziell durch Bauelemente eintretenden Schadstoffemissionen. (Nachhaltigkeitsexperte)	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand der vergleichenden Bewertung der Inhaltsstoffe bekannter markt-gängiger Produkte.
Ökobilanzen	DIN EN ISO 14040, 2009, DIN EN ISO 14044: 2006 Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen, Leitfaden Nachhaltiges Bauen	Vorläufige Abschätzung der durch Bauelemente bewirkten Größen von ökobilanziellen Umweltschadstoffen (Treibhausgase, Versauerungspotenziale, Primärenergieverbräuche) im Lebenslauf. Grundlage: Fach- und Erfahrungswissen der Teammitglieder (Nachhaltigkeitsexperte/“Ökobilanzierer“)	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand von Ökobilanz-Daten aus Literatur und bereits abgeschlossenen Gebäude-Ökobilanzen.
Nutzerbezogene Qualitäten	Norm - Bewertungsgrundlage	Beschreibung	Eignung und Grundlagen der Kriterien für Bestands-Sanierungen
Nutzerwünsche, -erwartungen, -anforderungen	NaWoh-Wohnqualität, Wohnwertbarometer, DGNB-NWO-Kriterien	Einschätzung der durch Bauelemente potenziell erfüllten Erwartungen künftiger Nutzer/Mieter. Grundlage: Erfahrungswissen der Teammitglieder.	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand von objektivierte Bewertungssystematiken zur Wohnungs- und Wohnqualität (NaWoh-Wohnqualität, Wohnwertbarometer (Hegger 2010), Erfahrungswissen der Teammitglieder sowie dem unternehmensinternen Mieterprofil für das Objekt.

Kurzbewertungsinstrument Nachhaltigkeitsaspekte von Bauelementen			
Nutzerseitige Steuerungsmöglichkeiten, Einflussnahme	NaWoh-Wohnqualität, Wohnwertbarometer, DGNB-NWO-Kriterien	Einordnung der von Bauelementen ermöglichten individuellen Einflussnahme durch den Nutzer auf die Haustechnik und Lüftung. Grundlage: Fach- und Erfahrungswissen der Teammitglieder.	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand der Steuerungsmöglichkeiten der technischen Systeme.
Nutzerinfosysteme für Energie, Wärme, Verbrauch	Keine Norm vorhanden	Vorhandensein von Informationssystemen für den Nutzer zur individuellen Optimierung seines Verbrauchsverhaltens.	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand der Informationsmöglichkeiten der technischen Systeme.
Potenzial für Nutzerräume/Gemeinschaftsbereiche	Grundriss-Skizzen der Sanierungs-Grundmodelle	Einschätzung der durch Bauelemente sich bietenden Flächenpotenziale für Nutzer- und Gemeinschaftsräume – (wohnungs- und nutzraumbezogener Raumbedarf der Systeme).	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand von Grundriss-Skizzen der Sanierungs-Grundmodelle
Wohnkomfort je TGA-Einsatz	Keine Norm vorhanden	Einschätzung der durch Bauelemente eintretenden Veränderungen im Wohnkomfort – nur für Lüftung und Warmwasserbereitung angewandt (zentrale versus dezentrale Systeme).	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand des wohnungsbezogenen Raumbedarfs der Systeme sowie der technischen Informationen (Betriebsgeräusch, Schaltfrequenzen u.ä.) zu marktgängigen Beispiel-Produkten.
Tageslichtverfügbarkeit	LBO NRW, DIN 5034	Einschätzung der durch Bauelemente eintretenden Veränderungen im Tageslicht – nur für Dämmsysteme angewandt (Außen- versus Innendämmung).	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand der Vorgabe der jeweiligen Landes- LBO.
Thermischer Komfort	DIN EN 15251, der DIN EN ISO 7730 und VDI 3804	Einschätzung der durch Bauelemente eintretenden Veränderungen im thermischen Komfort. Grundlage: Fach- und Erfahrungswissen der Teammitglieder.	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand
Schallschutz	4109 und VDI 4100	Einschätzung der durch Bauelemente eintretenden Wirkungen auf den Schallschutz (Körperschall / Installationen, Luft- und Trittschall, Außenlärm). Grundlage: Fach- und Erfahrungswissen der Teammitglieder.	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand von technischen Informationen (Betriebsgeräusch, Dämmmaße u.ä.) zu marktgängigen Beispiel-Produkten.

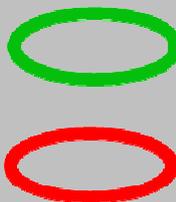
Kurzbewertungsinstrument Nachhaltigkeitsaspekte von Bauelementen			
Energetische Qualität	Norm - Bewertungsgrundlage	Beschreibung	Eignung und Grundlagen der Kriterien für Bestands-Sanierungen
Heizwärmebedarf (Gebäudehülle/Lüftung nach EnEV)	Aus EnEV-Voruntersuchung	Einschätzung der Wirkungen von Bauelemente auf die energetische Qualität nach EnEV 2009 – Primärenergiebedarfsgrößen nur bezogen auf den Betrieb (in der Ökobilanz wird PEI dagegen zusätzlich auf das gesamten Gebäude (Herstellung der Materialien) und seine Nutzungsphasen bezogen).	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand der EnEV-Voruntersuchungen aus 4.5.2 EnEV - Energetische Mindestqualitäten
Technische Anlagen (nach EnEV)			Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand der EnEV-Voruntersuchungen aus 4.5.2 EnEV - Energetische Mindestqualitäten
Gesamtprimärenergiebedarf (PEI _{ges})		Einschätzung der Wirkungen der Energieträger nach EnEV 2009	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand EnEV-Voruntersuchung
Anteil erneuerbarer Primärenergie (PEI _{en}) an PEI _{ges}			Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand EnEV-Voruntersuchung
Technische Qualitäten	Norm - Bewertungsgrundlage	Beschreibung	Eignung und Grundlagen der Kriterien für Bestands-Sanierungen
Planungsaufwand für Detailausbildung	-	Einschätzung der durch die Verwendung von Bauelementen entstehenden Planungsaufwände >> Architekten und Fachplaner.	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand der Einschätzungen der Teammitglieder
Qualitäten der Haustechnik			
Legionellensicherheit	-	Einschätzung der potenziellen gesundheitlichen Wirkungen bei der Warmwasserbereitung >> Fachplaner.	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand der Temperaturbereiche und Leitungssysteme der Warmwasserbereitung.
DIN 1946 - Lüftungskonzept		Einschätzung der Erfüllbarkeit genannter DIN 1946 – nur für Lüftungssystem angewandt- Fachplaner.	Einfach geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand von technischen Informationen zu marktgängigen Beispiel-Produkten und der Einschätzungen der Teammitglieder.
Mikrobielle Belastung	-	Einschätzung der potenziellen gesundheitlichen Wirkungen – nur für Lüftungssystem Fachplaner.	

Kurzbewertungsinstrument Nachhaltigkeitsaspekte von Bauelementen			
Funktionssicherheit	-	Einschätzung der Funktionssicherheit der Bauelemente auf Grundlage des Erfahrungswissens der Teammitglieder >> Architekten und Fachplaner.	
Ausbaugrad/technischer Installationsaufwand pro Wohnung	-	Einordnung des Installationsaufwandes der Haustechnik-Bauelemente – nur für Lüftung, Warmwasserbereitung und Wärmeübergabe angewandt >> Architekten und Fachplaner.	Einfach geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik anhand von Einschätzungen der Teammitglieder.
Gestalterische Qualitäten	Norm - Bewertungsgrundlage	Beschreibung	Eignung der Kriterien für Bestands-Sanierungen
Fassade	-	Einordnung der gestalterischen Wirkungen auf das Gebäudeumfeld (Integration in Straßenzug und auf Quartiersebene – nur Dämmsysteme >> Architekten, Fachplaner und Team.	Geeignet für Vorbewertungen von Bauelementen/Haustechnik und von Gebäudekonzepten anhand von ästhetischen Einschätzungen der Teammitglieder.
Innenräume (Aggregate)	-	Einordnung der gestalterischen Wirkungen von Haustechnik-Bauelementen auf die Wohnung.	

4.7.3.3 Ablauf der *Nutz-Wert-Analyse Nachhaltigkeit*

Die vorgestellten Bewertungskriterien wurden im Rahmen mehrerer Arbeitstreffen entwickelt und die Einzelkriterien von jedem einzelnen Teammitglied bewertet. Die Bewertung der dargestellten Thematiken erfolgte optional, das heißt einzelne Kriterienbereiche wurden nicht von allen Teammitgliedern bewertet. Das in der folgenden Tabelle 17 gezeigte Bewertungsschema war maßgeblich für die Punkte- bzw. Notenvergabe. Die anfänglich für diese Bewertungen verwendeten Plus-Null-Minus-Schemata wurden in einem zweiten Schritt mit Notenwerten korreliert und aus den vergebenen Einzelnotenwerten Durchschnittswerte errechnet - zuerst für die Einzelkriterien, dann als Summenwerte für die Kriterienbereiche (z.B. Ökologische Qualität) und abschließend als Gesamtwerte für das jeweilige Bauelement.

Tabelle 17: Bewertungsfunktionen Nachhaltigkeitsmatrix

<p>Legende/Zeichenerklärung: ++: sehr gut; Wert: 1 + : gut; Wert: 2 0 : mittel; Wert: 3 - : schlecht; Wert: 4 -- : sehr schlecht; Wert: 5 n.b.: nicht bewertbar/nicht zutreffend; Wert: kein Eintrag</p>		<p>Durchschnittswerte: grün umrandet: besser als 2,0 (gut) -1,9 bis 1,0</p> <p>rot umrandet: bes- besser als 3,0 (mittel) - 2,9 bis 2,0</p>
---	--	--

Die entstehenden Durchschnittswerte der Einzelkriterien unterlagen zudem einer Gewichtung hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Kriterienbereiche und diese wiederum einer Gewichtung in Bezug auf die resultierenden Gesamtnoten der betrachteten Bauelemente.

Um die Ergebnisse auch hinsichtlich der Ansprüche der beiden Hauptinteressengruppen im Wohnungsbau, Eigentümer und Mieter/Nutzer differenzieren zu können, wurden als Sensitivitätsanalyse außerdem zwei Gewichtungsschlüssel entwickelt: Die Gewichtung „Nutzer“ legt Schwerpunkte auf die ökologischen, ökonomischen und nutzerbezogenen Qualitäten, wogegen die Gewichtung „Invest“ weit stärker auf die ökonomische Ertragsseite fokussiert ist. Die energetischen Qualitäten sind in beiden Fällen nicht an der Notenberechnung beteiligt, um Doppelbewertungen zu vermeiden - ihre Bewertungsgrößen werden bereits durch die Wertung zur Ökobilanz und zu den Betriebskosten in den Bereichen Ökologische bzw. Ökonomische Qualität abgedeckt.

Tabelle 18: Gewichtungen der Kriterienbereiche in der Nachhaltigkeitsmatrix

Bewertungsmatrix "Einzelkomponenten" für Sanierung Senefelderstraße	Wichtung „Nutzer“	Wichtung „Invest“
	100,0%	100,0%
Ökonomische Qualitäten	30,0%	60,0%
Ökologische Qualitäten	30,0%	10,0%
Nutzerbezogene Qualitäten	25,0%	20,0%
Energetische Qualitäten	-	-
Technische Qualitäten	5%	5%
Gestalterische Qualitäten	10%	5%

4.7.3.4 Gesamtergebnisse Nachhaltigkeitsbewertung

Die resultierenden Gesamteinschätzungen der Bauelemente ergaben für die beiden Wichtungen „Nutzer“ und „Invest“ zum Teil divergierende Ergebnisse. So liegen beispielsweise die besten Gesamtnoten (jeweils in den obersten Zeilen in grüner Schrift) für die Warmwasserbereitung in beiden Szenarien bei den Warmwasserbereitungssystemen mit solarer Unterstützung eng beieinander – im Szenario „Invest“ zeigt allerdings die Schwerpunktsetzung auf die zu tätigen Investitionskosten ihre Wirkung – hier ist hauszentrale Warmwasserbereitung mit dem deutlich besten Wert versehen.

Ähnlich unterschiedlich werden die Lüftungssysteme eingeschätzt. Geht es nach dem Gewichtungmodell „Nutzer“ wird eine maschinelle hauszentrale Lüftungsanlage mit WRG aufgrund ihrer guten ökonomischen und ökologischen Bewertungen relevant für ein Sanierungsmodell. Werden die Einschätzungen der Teammitglieder nach dem „Invest“-Szenario mit seiner stärkeren Betonung der Investitionskosten gewichtet, ist die Badezimmerabluft mit „Fensterlüftung“ (gemeint sind damit Nachstromöffnungen in den übrigen Wohnungsfenstern) konkurrenzlos.

Bewertungsmatrix "EinzelKomponenten" für Sanierung Senefelderstraße	Wichtung "Nutzer"	Lüftung				Warmwasserbereitung			
		und Badezimmerabluft (keine WRG)	Fensterlüfter und Badezimmerabluft (keine WRG)	Masch. Lüftung wohnungszentral (mit WRG)	Masch. Lüftung Hauszentral (mit WRG)	zentral Standard Wärmeerzeugung	zentral mit Solar	dezentral WW Tauscher	dezentral WW 2 el. DEH
Qualitäten									
Gesamtnoten	100,0%	3,35	3,94	2,53	2,28	3,01	1,90	1,72	2,48
Ökonomische Qualitäten	30,0%	3,27	4,17	3,27	1,73	3,07	1,37	1,95	3,43
Ökologische Qualitäten	30,0%	4,04	4,33	1,38	1,67	4,09	2,00	1,00	1,70
Nutzerbezogene Qualitäten	25,0%	3,37	3,69	2,63	3,61	2,43	2,50	1,43	1,48
Energetische Qualität									
Technische Qualitäten	5%	1,67	2,33	2,67	1,56	1,11	1,22	2,83	2,83
Gestalterische Qualitäten	10%	2,33	3,50	3,50	2,83	2,00	2,00	3,33	4,33

Bewertungsmatrix "EinzelKomponenten" für Sanierung Senefelderstraße	Wichtung "Invest"	Lüftung				Warmwasserbereitung			
		Fensterlüftung und Badezimmerabluft (keine WRG)	Fensterlüfter und Badezimmerabluft (keine WRG)	Masch. Lüftung wohnungszentral (mit WRG)	Masch. Lüftung Hauszentral (mit WRG)	zentral Standard Wärmeerzeugung	zentral mit Solar	dezentral WW Tauscher	dezentral WW 2 el. DEH
Qualitäten									
Gesamtnoten	100,0%	2,25	3,71	3,45	3,00	2,52	2,84	2,99	3,20
Ökonomische Qualitäten	60,0%	1,62	3,75	4,13	3,16	2,44	3,30	3,82	3,96
Ökologische Qualitäten	10,0%	4,04	4,33	1,38	1,67	4,09	2,00	1,00	1,70
Nutzerbezogene Qualitäten	20,0%	3,37	3,69	2,63	3,61	2,43	2,50	1,43	1,48
Energetische Qualität									
Technische Qualitäten	5%	1,67	2,33	2,67	1,56	1,11	1,22	2,83	2,83
Gestalterische Qualitäten	5%	2,33	3,50	3,50	2,83	2,00	2,00	3,33	4,33

Abbildung 8: Nachhaltigkeitsbewertung - Gesamtergebnisse und Teilergebnisse zu Lüftungs- und Warmwasserbereitungssystemen

Die ebenfalls bewerteten Bauelemente der Wärmebereitstellung und der Gebäudehülle zeigen ähnliche Einschätzungstendenzen. Werden die Expertenbewertungen nach den Einschätzungen der Nutzerinteressen ausgewertet, ergeben sich Bestwerte für eine Wärmebereitstellung mit Geothermie oder mit Holzpelletkessel plus solarer Trinkwassererwärmung. Aus Sicht einer angenommenen „Invest“(oren)-Haltung wäre dagegen eine Holzpelletkesselanlage oder eine Gasbrennwertkesselanlage mit solarer Trinkwassererwärmung zu bevorzugen. An diesen Beispielen zeigen sich am deutlichsten die Grenzen einer Vorbewertung von

Einzelelementen. Die später anhand eines Sanierungsmodells (Gebäudekonzeptes) berechneten Daten zur Ökobilanz (s. Kap. 4.9.1) beziehen mehr Randbedingungen ein als die Einzelbetrachtung der Bauteile und ergeben aufgrund der erforderlichen Baumaßnahmen und Hilfs-Energieträger für den Spitzenlastausgleich beispielsweise für die hier favorisierte Geothermie-Lösung im Vergleich keine so günstigen Ergebnisse.

Auch in der Kurzbewertung der möglichen Dämm Lösungen für die Gebäudehülle zeigen sich Konflikte zwischen Nutzer- und Investoren-Perspektive. Während in der Gewichtungsvariante „Invest“ erwartungsgemäß die betriebsökonomisch im Einkauf günstigste HT-100-Außendämmung am besten bewertet wird, sind es aus Sicht der „Nutzer“-Gewichtung eher die energetisch bessere HT85- oder die Innendämmungsvariante. Ausschlaggebend ist dafür die Tatsache, dass in dieser Gewichtungsvariante geringe Betriebskosten einen größeren Effekt auf die Gesamtnote haben.

Abschließend wurde von den Teammitgliedern auch die Wärmeübergabe, d.h. Heizkörper oder Fußbodenheizung, bewertet. Die hier vergleichsweise leichten Unterschiede zwischen „Nutzer“- und „Invest“-Gewichtung lassen sich einfach zusammenfassen: Die investitionskosten günstigeren Heizkörper haben in der Invest-Wichtung, die Fußbodenheizung in der „Nutzer“-Wichtung den Vorrang.

Abbildung 9: Nachhaltigkeitsbewertung - Gesamtergebnisse und Teilergebnisse zu Wärmebereitstellung, Gebäudehülle und Wärmeübergabe

Bewertungsmatrix "Einzelkomponenten" für Sanierung Senefelderstraße	Wichtung "Nutzer"	Wärmebereitstellung					Gebäudehülle				Wärmeübergabe		
		Pelletkessel	Pelletkessel mit solarer TWWB	Langzeitspeicher, TWWB über Gasthermie	eLWP mit Geothermie	Gasbrennwertkessel mit solarer TWWB	HT-100	HT-85	HT-100 Innendämmung Fassadenseite	Passivhaus	Heizkörper	Flächenheizung (Fußbodenheizung)	
Qualitäten													
Gesamtnoten	100,0%	2,33	2,31	2,12	1,97	3,32	2,24	2,14	2,18	2,53	3,07	2,88	
Ökonomische Qualitäten	30,0%	2,10	2,00	2,65	1,85	3,63	1,85	1,50	1,60	1,85	2,93	2,85	
Ökologische Qualitäten	30,0%	2,19	2,19	1,40	1,92	4,46	2,45	2,00	2,30	1,96	3,00	3,00	
Nutzerbezogene Qualitäten	25,0%	2,23	2,23	1,86	1,69	2,52	2,21	2,42	2,39	3,44	3,19	3,12	
Energetische Qualität													
Technische Qualitäten	5%	1,83	2,00	2,88	2,33	1,17	2,13	2,27	2,80	2,60	1,79	3,02	
Gestalterische Qualitäten	10%	4,00	4,00	3,00	3,00	2,00	3,50	3,75	2,75	4,00	4,00	2,00	

Bewertungsmatrix "Einzelkomponenten" für Sanierung Senefelderstraße	Wichtung "Invest"	Wärmebereitstellung					Gebäudehülle				Wärmeübergabe	
		Pelletkessel	Pelletkessel mit solarer TWWB	Langzeitspeicher, TWWB über Gasthermie	eLWP mit Geothermie	Gasbrennwertkessel mit solarer TWWB	HT-100	HT-85	HT-100 Innendämmung Fassadenseite	Passivhaus	Heizkörper	Flächenheizung (Fußbodenheizung)
Qualitäten												
Gesamtnoten	100,0%	2,19	2,89	3,59	3,09	2,45	2,40	2,73	2,58	4,02	2,66	3,31
Ökonomische Qualitäten	60,0%	2,06	3,22	4,65	3,82	2,23	2,39	2,91	2,66	4,68	2,39	3,56
Ökologische Qualitäten	10,0%	2,19	2,19	1,40	1,92	4,46	2,45	2,00	2,30	1,96	3,00	3,00
Nutzerbezogene Qualitäten	20,0%	2,23	2,23	1,86	1,69	2,52	2,21	2,42	2,39	3,44	3,19	3,12
Energetische Qualität												
Technische Qualitäten	5%	1,83	2,00	2,88	2,33	1,17	2,13	2,27	2,80	2,60	1,79	3,02
Gestalterische Qualitäten	5%	4,00	4,00	3,00	3,00	2,00	3,50	3,75	2,75	4,00	4,00	2,00

4.8 Auswahl der Sanierungsmodelle

Nach Abschluss der in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Untersuchungen lag eine Vielzahl an Einzelerkenntnissen vor, welche aber noch keine zwingende Logik zur Zusammenstellung von Sanierungsmodellen enthielten.

Die Beantwortung der Leitfrage für die Bildung von Sanierungsmodellen welche Art von Sanierung in welchen Bereichen der Nachhaltigkeit wie viel Effekt bringen wird, bedarf daher einer Strukturierung der Einzelergebnisse zu Sanierungsmodellen (vollständigen Gebäudemodellen aus Baukonstruktion und haustechnischen Anlagen) deren Verhalten im Lebenszyklus untersucht werden kann.

4.8.1 Zielsetzungen für die Bildung der Sanierungsmodelle

Die in den Voruntersuchungen erarbeiteten Ergebnisse²⁰ bieten die Möglichkeit, eine Vielzahl von Kombinationen als Gebäudekonzepte für die Sanierung zu bilden²¹. Für die sinnvolle Eingrenzung der weiter zu untersuchenden Kombinationen bzw. Sanierungsmodelle müssen daher Zielsetzungen formuliert werden, die es möglich machen, Typvertreter für Sanierungsstrategien zu bilden, welche die für den konkreten Fall geltenden Erkenntnisziele erreichbar machen. Gleichzeitig sollen sie technisch unsinnige Modelle ausschließen und die Vielzahl der nicht betrachteten ähnlichen Kombinationsmöglichkeiten annähernd repräsentieren können.

Um die erarbeiteten Ergebnisse aus den Voruntersuchungen in dieser Weise nachvollziehbar und begründet als Sanierungsmodelle zu organisieren, wurden im Demonstrationsvorhaben Senefelderstraße Zielsetzungen formuliert, welche von den Sanierungsmodellen erreicht werden sollten. Die Diskussion zur Formulierung dieser Ziele wurde bereits während der Voruntersuchungen begonnen. Sie ermöglichte dem Eigentümer gemeinsam mit den anderen Mitgliedern des Planungsteams abzuwägen welche Fragestellungen beantwortet und welche Schwerpunkte für die Sanierungsentscheidung gesetzt werden sollen.

Folgende Ziele für die Bildung von Sanierungsmodellen wurden gesetzt:

1. Die vorliegenden Ergebnisse der Voruntersuchungen sollen so verwendet werden, dass sich die Handlungsmöglichkeiten für das Wohnungsunternehmen abstecken lassen. Die zu bildenden Sanierungsmodelle sollten zu diesem Zweck eine möglichst große Bandbreite aufweisen, welche von „vorsichtiger“ minimal-invasiver Sanierung bis hin zu „visionären“ innovativen Sanierungskonzepten reichen sollte.
2. Es sollten alle drei prinzipiellen Vorgehensweisen zur Sanierung laut Kap. 4.4.1 untersucht werden – die Grundmodelle Sanieren im Bestand – Abriss und Neubau – Mischkonzept aus Alt- und Neubau.
3. An einem Sanierungsmodell sollte das bisher in Objekten der Wohnungsbaugesellschaft übliche Vorgehen ablesbar sein.
4. An einem Modell sollte ein totaler Neubeginn auf dem Grundstück untersucht werden.
5. Es sollte die Wirkungen verschiedener haustechnischer Anlagen für Bestand und Neubauelemente eines künftigen Gebäude sichtbar gemacht werden

²⁰ zu den Energiepotenzialen, Grundmodellen und baulich-technischen „Einzelteilen“ in den Kapiteln 4.1 bis 4.7

²¹ 3 Grundmodelle x 4 Wärmeerzeugungssysteme x 3 Optionen solarer Unterstützung der Wärmeerzeugung x 4 Lüftungssysteme x 4 Warmwasserbereitungssysteme x minimal 4 Variationen der Fassaden-Dämmung = 2.304 Kombinationsmöglichkeiten

6. Die Sanierungsmodelle sollten alle bestbewerteten Elemente der Voruntersuchungen enthalten.
7. Die bereits in den Voruntersuchungen durch klare Ergebnisse ausgeschiedenen Bau- und Haustechnikelemente oder Potenziale (z.B. Durchlauferhitzer, Abwärme-BHKW-Abwasser) sowie nicht sinnvolle Kombinationen von haustechnischen Komponenten (z.B. Hoch – und Niedertemperatur-Wärmeerzeugung und daraus folgenden Ausschlüsse von Wärmeübergabe-Formen) sollten in den Sanierungsmodellen nicht bzw. nicht in unsinniger Kombination verwendet werden.
8. Ebenso sollten Untersuchungen, deren Ergebnisse bereits von vorneherein absehbare waren, nicht in Angriff genommen werden. Zum Beispiel kann der Vergleich von Holzpellet- versus Gasbrennwert-Wärmeerzeugung bei den bekannten Klimawirkungen und den ebenso bekannten Preissteigerungen nicht zu überraschenden Ergebnissen führen (Gas hat die höheren Kostenlast in allen Modellen) – interessant wäre ein solcher Vergleich nur wenn anderen energetische Maßnahmen hinzukommen, die eine uneindeutiges Ergebnis zeitigen könnten oder wenn beispielsweise Bio- statt Erdgas zur Verfügung stünde.
9. Die Untersuchungen der gebildeten Sanierungsmodelle sollten herausarbeiten können, welches Modell
 - a. das ökonomischste im Sinne der Wirtschaftlichkeit, der Mieter und der Gesellschaft,
 - b. das ökologischste,
 - c. das nutzerfreundlichste / sozialste und
 - d. das baupraktisch am besten umzusetzende ist.

4.8.2 Auswahlgründe für die Bildung der Sanierungsmodelle

In der Folge wurden Sanierungsmodelle zusammengestellt, die diese Ziele erfüllbar machten. Grundlage für die Bildung dieser Sanierungsmodelle war eine Matrix, die lösungsoffen alle Einzelergebnisse aus den Voruntersuchungen als Kombinationsmöglichkeiten darstellt (aus Platzgründen als Anhang 10 dokumentiert) und als Arbeitsinstrument diente um einen Überblick über die Auswahl- und Ausschlussgründe zu den einzelnen Elementen zu geben. Zu beachten ist bei der Durchsicht der Matrix, dass die Wahl der Wärmeerzeugung weitere Planungsentscheidungen wesentlich beeinflusst. Zunächst muss bei der Wahl der Wärmeverteilung und Übergabe die zur Verfügung stehende Heizmitteltemperatur berücksichtigt werden. Für die Niedertemperaturerzeuger (Wärmepumpe und saisonaler Speicher) ist nur eine Flächenheizung sinnvoll. Auch die Wahl der Warmwasserbereitung ist vom zur Verfügung stehenden Temperaturniveau der Wärmeerzeugung abhängig. Beispielsweise konnte gezeigt werden, dass bei einem Niedertemperaturerzeuger die dezentrale Warmwasserbereitung über Wasser-Wasser-Wohnungsstationen eine sinnvolle Alternative zur zentralen Warmwasserbereitung darstellt (s. auch Kap. 4.6.3.2 und Anhang 7).

4.8.3 Grundmodelle der Sanierung

Aufgrund der Zielsetzungen und der in Anhang 10 dargestellten Auswahlgründe wurden folgende drei Sanierungs-Grundmodelle sowie die im folgenden Kapitel beschriebenen Innovationsvarianten zusammengestellt:

4.8.3.1 Sanierungsmodell 1: *Sanieren im Bestand*

Das bei der Wohnungsbaugesellschaft dieses Demonstrationsgebäudes größtenteils anzutreffende Vorgehen entspricht der Sanierung ihrer Bestandsgebäude mit möglichst geringem Modernisierungsaufwand. Dieses Vorgehen ist gleichermaßen motiviert durch die Sozialverpflichtung den Mietern gegenüber (ein tradiertes Leitbild als städtisches Wohnungsunternehmen, welches sich in dem Ziel widerspiegelt, möglichst geringe Steigerungen in den Warmmieten zu verursachen) wie aus der unternehmerischen Verpflichtung zur Wirtschaftlichkeit (und folglich möglichst preisgünstigste Varianten der Sanierung zu wählen).

Diesem Vorgehen entspricht das Grundmodell der *Sanierung im Bestand* - ohne Veränderung des Wohnflächenangebots. Grundlegendes Ziel ist eine Sanierung mit geringstem Aufwand ohne die Mieterschaft mit Ersatzwohnraum versorgen zu müssen. Als Basis des Vergleichs werden Maßnahmen einer unternehmensüblichen „Standard-Sanierung“ zugrunde gelegt: Die zur Modernisierung eingesetzte Technik beschränkt sich auf gängige und minimale Lösungen. Als Sanierungsmaßnahmen sind zur energetischen Ertüchtigung eine Versorgung mit Erdgas und zur Wärmebereitstellung eine Gasbrennwerttherme sowie neue Fenster und eine Standard-Dämmung von mindestens 12 cm Wärmedämmverbundsystem als Außen-dämmung (Fassadengestaltung) vorgesehen. Als bauliche Veränderungen sind die Erneuerung der Sanitärbereiche und Teile der Elektroinstallationen sowie der Anbau von Stahlloggien auf der gartenseitigen Front, konzipiert. Als Lüftungssystem ist eine einfache Abluftanlage mit Nachströmelementen in den Fenstern (ohne Wärmerückgewinnung) geplant.



Abbildung 10: Sanierungsmodell A - Bestandssanierung - Rückfront

4.8.3.1.1 Wichtige Auswahlgründe/Ausschlussgründe:

Die Entwicklung des Sanierungsmodells erfolgte, um die Zielsetzung 3 „Untersuchung des in Objekten der Wohnungsbaugesellschaft üblichen Vorgehens ("Standard"-Verfahren der Sanierung“) umzusetzen. Im Rahmen dieses Vorgehens wurden die dafür charakteristischen Bauteile eingesetzt. Alternative Bauteile waren dadurch automatisch ausgeschlossen. Mit anderen Zielsetzungen wäre es beispielsweise möglich gewesen, das Bestandsgebäude auch mit einer Holzpellet-Anlage vergleichend zu untersuchen. Positive Effekte wie die resultierende CO₂-Einsparung wären im Vergleich mit den Sanierungsmodellen mit vergrößerter Wohnfläche allerdings in puncto Investitionskosten, Umlagen auf die Nutzer sowie Wohnfläche und Ertrag geringer geblieben.

4.8.3.2 Sanierungsmodell 2: Abriss-Neubau

Die Ausgangsthese für diese Variante ist die häufig anzutreffende Ansicht, dass sich eine Bestandsanierung nicht lohnt und nur mit einem Standard-Neubau Ertragsicherheit geschaffen werden kann. Als zweites Sanierungsmodell wurde der Abriss und komplette Neubau der drei Gebäude ausgewählt. In der Vergleichsanalyse sollte insbesondere berücksichtigt werden, dass diese Variante mit Sicherungsmaßnahmen für die bebauten Nachbargrundstücke/-gebäude verbunden sein wird. Die entstehende Wohnfläche für dieses Modell wurde zur besseren Vergleichbarkeit auf die gleiche Größe wie die folgenden alternativen Sanierungsmodelle, nämlich auf 2.700 m² festgelegt.

Die technische Ausstattung besteht aus einer Holzpelletkesselanlage, einer wohnungsweisen Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung mit Nachströmelementen in den Fenstern. Die Gebäudehülle wird mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS) gedämmt. Die Fassadengestaltung erfolgt im Standard der heute üblichen Wärmedämmverbundsysteme.

4.8.3.2.1 Wichtige Auswahlgründe/Ausschlussgründe:

Eine EnEV-Erfüllung zu 100 Prozent ist für alle Grundmodelle geplant, die Dämmstärke der Grundmodelle (HT100) entsprechend gewählt. Eine Übererfüllung beispielsweise als HT85-Gebäudehülle wurde als in der Wohnbestandssanierung kostenintensiv und innovativ eingestuft und ihre Wirkung ebenso wie die einer Innendämmung der Straßenfassade als alternative gestalterische Ausformung in einer Innovationsvariante (s.u.) untersucht.

Die Wärmeerzeugung mit Holzpelletkessel wurde aufgrund der guten Vorbewertungen, insbesondere in Ökologie und Ökonomie (Energiepreise, Wartung) ausgewählt. Zudem bietet sie eine Möglichkeit für alle drei Grundmodelle. Sie wird in den Sanierungsmodellen 2 und 3 eingesetzt, um ein marktgängiges neueres Verfahren einzuführen, welches technisch einfach umsetzbar ist und für den Basisvergleich von Komplettneubau und bestandserhaltendem Hybrid-Konzept dienen kann.

Die alternativ ebenfalls möglichen Optionen der Geothermie, des Passivhausstandards oder der solaren Versorgung wurden in dem Sanierungsmodell Hybrid Alt-Neubau als Innovationsvarianten eingesetzt, da dieses als Mischung aus Bestands- und Neubau als "stellvertretend für die Auswirkungen dieser Wärmeversorgung auf sowohl Alt- wie Neubau anzusehen ist." (zur ausführlichen Begründung dieses Vorgehens siehe den folgenden Abschnitt 4.8.3.3). Ein Einsatz im Sanierungsmodell Abriss-Neubau erbrächte (angesichts der vergleichbaren energetischen Standards) allenfalls einen faktoriellen Unterschied, aber keine zusätzlichen Erkenntnisgewinn. Eine Ausweitung der ohnehin schon hohen Zahl der Sanierungsmodelle und ihrer Varianten ist daher nicht gerechtfertigt. Gleiches gilt für die verschiedenen haustechnischen Alternativen, welche in den Innovationsvarianten untersucht werden. Beispielsweise ist das ausgewählte Lüftungssystem trotz nicht überzeugender Vorbewertung ein nach wie vor häufig eingesetzter kostengünstiger Standard. Hinzu kommt die Tatsache, dass die möglichen Erträge aus der Wärme-Rückgewinnung (WRG) aus der Raumluft sich auf eine vergleichsweise nur kleine Teilmenge der im gesamten Gebäude einzusparenden Wärmeverluste bzw. erzielbaren Energieeinsparung beziehen - je geringer der energetische Ausgangsstandard (wie im Demonstrationsobjekt Senefelderstraße), desto geringer ist der Anteil der durch WRG einsparbar erscheint. Angesichts des schlechten energetischen Ausgangszustands (und der vergleichsweise hohen Investitionskosten für WRG-Systeme) wurde entschieden in den drei Grundmodellen der Sanierung eine einfache Abluftanlage (Badezimmer) mit Nachströmöffnungen unter den Fenstern vorzusehen.

4.8.3.3 Sanierungsmodell 3: Hybrid Alt-Neubau

Diesem Sanierungsmodell liegt das Vertrauen zugrunde, dass sich erhaltenswerter Bestand ressourcenschonend und ohne Abriss mit neuem Anbau und neuer Technik in beiden Baukörpern verbinden lässt und sich Vorteile sowohl für Mieter und Bauherrn ergeben werden. Das Sanierungs-Grundmodell 3 beinhaltet eine 12 cm Außendämmung (HT100) sowie eine 110-kW-Holzpelletanlage zur Energiebereitstellung inklusive Trinkwassererwärmung. Das Lüftungssystem besteht wie bei den beiden anderen Grundmodellen aus einer Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung mit Nachströmelementen in den Fenstern. Die entstehende Wohnfläche beträgt ca. 2.700 m². Die Fassadengestaltung erfolgt im Standard der heute üblichen Wärmedämmverbundsysteme – untersucht wurden die Optionen einer Nachgestaltung der straßenseitigen Strukturen im Bestandsbau unter Erhalt respektive durch Wiederherstellung der ursprünglichen Fassadenstruktur und –körperlichkeit.

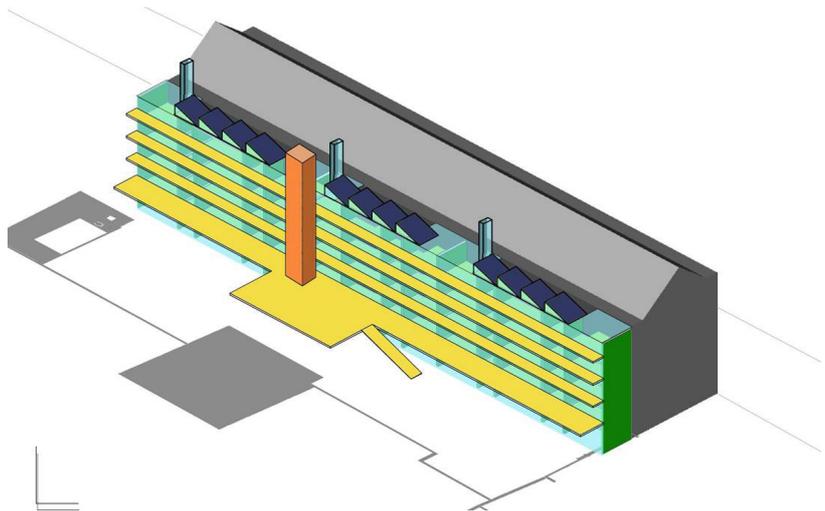


Abbildung 11: Entwurf Sanierungsmodell 3 – Hybrid Alt-Neubau

4.8.3.3.1 Wichtige Auswahlgründe/Ausschlussgründe:

Eine EnEV-Erfüllung zu 100 Prozent ist für alle Grundmodelle geplant, die Dämmstärke der Grundmodelle entsprechend gewählt. Eine Übererfüllung beispielsweise als HT85-Gebäudehülle wurde als in der Wohnbestandssanierung kostenintensiv und innovativ eingestuft und ihre Wirkung ebenso wie die einer Innendämmung der Straßenfassade als alternative gestalterische Ausformung in einer Innovationsvariante untersucht.

Die Wärmeerzeugung mit Holzpelletkessel wurde aufgrund der guten Vorbewertungen, insbesondere in Ökologie und Ökonomie (Energiepreise, Wartung) ausgewählt. Zudem bietet sie eine Möglichkeit für alle drei Grundmodelle. Sie wird in den Sanierungsmodellen 2 und 3 eingesetzt, um ein marktgängiges neueres Verfahren einzuführen, welches technisch einfach umsetzbar ist (was für Geothermie oder solaren Langzeitspeicher im Fall dieses Gebäudes nicht gilt) und für den Basisvergleich zwischen Komplettneubau und bestandserhaltendem Hybrid-Konzept dienen kann. Für die Auswahl der weiteren ebenfalls möglichen Optionen der Wärmeerzeugung und Haustechnik gilt das bereits zum vorherigen Sanierungsmodell Abriss-Neubau Gesagte.

4.8.3.3.2 Modell 3 als Grundlage für Innovationsvarianten - Begründung

Das Sanierungsmodell 3 wurde als Grundlage zur Bildung der Innovationsvarianten hinsichtlich Dämmstandards, Energieversorgung und Haustechnik verwendet. Diese werden im folgenden Kapitel 4.8.4 vorgestellt.

Das Sanierungsmodell Hybrid Alt-Neubau wurde zur Untersuchung von innovativeren Techniken (Zielsetzung 1, 5 und 6) eingesetzt, da es durch seine Mischung aus Bestands- und Neubau als stellvertretend für die Auswirkungen dieser Techniken auf sowohl Alt- wie Neubau anzusehen ist.

In Fall der Senefelderstraße gilt, dass es sowohl die Umstände der Umsetzung am Alt- wie am Neubau abbildet - insbesondere für die Dämmung der straßenseitigen Fassade.

Die Wahl dieses Gebäudemodells auch für die Innovationsvarianten der haustechnischen Anlagen folgt ebenfalls dieser Argumentation. Sie ist aber auch pragmatisch dadurch begründet, die Übersichtlichkeit der Sanierungsmöglichkeiten zu erhalten. Im Prinzip könnten die haustechnischen Varianten auch am Modell 2 Abriss-Neubau untersucht werden, da bei gleichen energetischen Standards, Wohnflächen und gleicher Anzahl an Wohneinheiten wie in diesem Fall die Vergleichbarkeit der haustechnischen Anlagen als verbrauchsabhängige Größen weitgehend unabhängig vom gewählten Gebäudemodell ist. Dies gilt für alle verbrauchsabhängigen Ergebnis-Daten aus Ökobilanz, Betriebsmittelkosten usw.) und mit Einschränkungen auch für Aspekte, die nicht von Verbrauchsdaten abhängen, wie dem Platzbedarf der Systeme, dem Nutzerkomfort u.ä. Unvergleichbar zwischen Neubau- und Bestands-Sanierungsmodellen ist allein der Grad der Gestaltungsfreiheit für Wohnungsgrundrisse und Lösungen für technische Infrastrukturen (Schacht- und Leitungsplanungen etc. - m.a.W. deren technische Umsetzbarkeit).

Ein Einsatz der genannten Systeme im Sanierungsmodell Abriss-Neubau erbrächte (angesichts der vergleichbaren Standards) allenfalls einen minimalen faktoriellen Unterschied durch kleine Abweichungen in den Bauteilkosten („plus/minus x Meter Leitung“), aber keinen zusätzlichen Erkenntnisgewinn. Eine Ausweitung der ohnehin schon hohen Zahl der Sanierungsmodelle und ihrer Varianten ist daher nicht gerechtfertigt.

4.8.4 Innovations-Varianten

Eine der Zielsetzungen zur Bildung der Sanierungsmodelle war die Erkundung innovativer Technologien und Anlagen-Kombinationen, die als vermeintlich nicht wirtschaftlich eingestuft wurden in Zukunft aber relevant für die Bestandssanierung werden könnten. Aus der Untersuchung derartiger Sanierungsmodelle versprachen sich Bauherr und Projektteam Entscheidungsgrundlagen für die weitere Verwendung der Komponenten in der tatsächlich umzusetzenden Sanierung bzw. für weitere Vorhaben im Wohnungsunternehmen.

Neben den drei Grundmodellen wurden vier weitere Innovations-Varianten des Hybrid-Grundmodells 3 entwickelt, um die ökonomischen und ökologischen Auswirkungen der einzelnen Komponenten und Maßnahmen am Gesamtsystem Gebäude und in Lebenszyklusperspektive untersuchen zu können:

1. ein ökologisch optimiertes Kombinationsmodell 3 a+c+d (hauszentrale Lüftung mit Wärmerückgewinnung plus HT100- Innendämmung und 3-fach-Isolierglasfenster),
2. eine Innovationsvariante 4 mit einer Geothermie- und Solaranlage,
3. das Modell 5 in Form einer Sanierung nach dem Passivhausstandard sowie
4. Modell 6 mit einer großflächigen Solaranlage und einem Wärme-Langzeitspeicher,

Im folgende sind die Profile dieser Innovations-Modelle vorgestellt:

4.8.4.1 Sanierungsmodell 3 a + c + d: Hybrid Alt-Neubau

Erprobt werden sollten Modell die Möglichkeiten und Grenzen die in der konzertierten Auf-rüstung eines Grundmodells liegen – drei technische Optionen wurden hier zusammenge-fasst.

Die Option „Hybrid“ 3 a+c+d beinhaltet die zusätzlichen technischen Elemente *hauszentrale Lüftung mit Wärmerückgewinnung, HT185- Außendämmung, HT100- Innendämmung der Straßenfassade und 3-fach-Isolierglasfenster*. Das Modell weist aufgrund des besseren energetischen Standards eine kleinere Holzpelletanlage zur Energiebereitstellung inklusive Trinkwassererwärmung auf. Die entstehende Wohnfläche beträgt ca. 2.700 m².

4.8.4.2 Sanierungsmodell 4: Hybrid Alt-Neubau - Geothermie

Wird kostenlos verfügbarer Erdwärme favorisiert, ergeben sich attraktive Nebenkosteneffekte für die Mieter und die Gesellschaft/Umwelt – so die These hinter diesem Modell. Als Ener-gieversorgungs-Variante des Grundmodells 3 wurde die Energieversorgung durch Geother-mie (mit Gasbrennwertkessel als Hilfsenergie) und eine Warmwasserbereitung durch 66 Quadratmeter Solarkollektoren auf dem Dach des Hauses sowie eine hauszentrale Lüftung mit Wärmerückgewinnung angenommen. Die Dämmung entspricht dem Grundmodell. Die entstehende Wohnfläche beträgt ca. 2.700 m²

4.8.4.3 Sanierungsmodell 5: Hybrid Alt-Neubau - Passivhaus-Standard

Die Ausgangsthese für dieses Modell ist: Es entstehen sehr geringe Heizkosten für die Mie-ter, der Eigentümer kann eine vergleichsweise hohe Förderung für den Umbau erhalten und die Gesellschaft profitiert durch geringe Umwelteffekte. Dieses dämmtechnisch hochwertigs-te Sanierungsmodell wurde entworfen, um die prinzipiellen Grenzen der Erträge für Umwelt, Nutzer und Eigentümer auszuloten. Aufgrund der sehr schwierigen technischen Umsetzbar-keit der notwendigen Dämm-Maßnahmen innerhalb des Gebäudes befindet sich dieses Mo-dell an der Grenze des Machbaren. Umbau des Modells 3 nach Passivhausstandard mit ent-sprechender Wärmedämmung/-Isolierung und Technik (25 cm Außendämmung, 3-fach-Verglasung, Gasbrennwertkessel für Luftheizung, solar unterstützte Warmwasserbereitung, dezentrale Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung). Die entstehende Wohnfläche be-trägt ca. 2.700 m²

4.8.4.4 Sanierungsmodell 6: Hybrid Alt-Neubau - Solarer Langzeitspeicher

Größtmögliche Unabhängigkeit von der Energiepreissteigerung bei der Wärmeversorgung, wird sich auch betriebswirtschaftlich für den Eigentümer rechnen. Das Innovationsmodell beschreibt ein weitgehend (wärme)energieautonomes Bestandsgebäude. Mit Hilfe eines so-laren Langzeitspeichers unter der Kellerebene werden die Erträge aus rund 440 Quadratme-ter Solarkollektoren gespeichert. Sie machen das Gebäude rechnerisch unabhängig von wei-terem Wärmeenergiebedarf. Ein kleiner Holzpelletkessel sorgt für die Warmwasserversor-gung im Winter. Eine hauszentrale Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung erhöht die Energieeffizienz so weit, dass der EnEV-Anforderungswert um ca. 15 Prozent unterschritten wird. Die entstehende Wohnfläche beträgt ca. 2.700 m².

In der folgenden Tabelle 19 werden die Sanierungsmodelle anhand ihrer Kenndaten be-schrieben.

Tabelle 19: Kenndaten der ausgewählten Sanierungsmodelle

Modell	1	2	3	3 a+c+d	4	5	6
	Sanierung Alt- bau	Abriss und Neubau	Hybrid (Alt- bau+Anbau) Minimale Dämmung	Hybrid Maßnahmen a + c + d	Hybrid Geothermie	Hybrid Passivhaus	Hybrid Solarer Langzeit- speicher
Restnutzungsdauer	40 Jahre	80 Jahre	60 Jahre	60 Jahre	60 Jahre	60 Jahre	60 Jahre
Wohnfläche (m ²)	1890 qm	2700 qm	2700 qm	2700 qm	2700 qm	2700 qm	2700 qm
Herstellungskosten pro m ² Wohnfläche (brutto incl. NK)	2.005 €	2.270 €	1.804 €	1.886 €	1.921 €	2.008 €	2.150 €
Gebäudehülle							
Dämmung	12 cm Außen- dämmung	12 cm Außen- dämmung	12 cm Außen- dämmung	6 cm Innendäm- mung Straßen- seite plus 12 cm Außendämmung	12 cm Außen- dämmung	25 cm Außen- dämmung	6 cm Innendäm- mung Straßen- seite plus 12 cm Außendämmung
Fenster	2-fach- Verglasung	2-fach- Verglasung	2-fach- Verglasung	3-fach- Verglasung	2-fach- Verglasung	3-fach- Verglasung wärmebrücken- frei	3-fach- Verglasung
Gebäudetechnik							
Wärmeerzeugung	Gasbrennwert- kessel für Hei- zung und Warm- wasser	Holzpelletkessel für Heizung und Warmwasser	Holzpelletkessel für Heizung und Warmwasser	Holzpelletkessel für Heizung und Warmwasser	Erdwärmesonden und Wärmepum- pe,	Gasbrennwert- kessel für Luft- heizung	Solarkollektoren über saisonalen Speicher,
Lüftung	Badezimmer- Abluft plus Nach- strömöffnungen Fenster ohne Wärmerückge- winnung	Badezimmer- Abluft plus Nach- strömöffnungen Fenster ohne Wärmerückge- winnung	Badezimmer- Abluft plus Nach- strömöffnungen Fenster ohne Wärmerückge- winnung	hauszentrale Wohnungslüftung mit Wärmerück- gewinnung	hauszentrale Wohnungslüftung mit Wärmerück- gewinnung	dezentrale Wohnungslüf- tung mit Wär- merückgewin- nung	hauszentrale Wohnungslüftung mit Wärmerück- gewinnung
Wassererwärmung	Zentral	Zentral	Zentral	Zentral	Dezentral, solar unterstützt	Zentral	Zentral, im Winter Pelletkessel
Wärmeübergabe	Heizkörper	Heizkörper	Heizkörper	Heizkörper	Flächenheizung	-	Flächenheizung

4.9 Nachhaltigkeits-Bewertung der Sanierungsmodelle

Nach der Auswahl der Sanierungsmodelle wurden diese einer ganzheitlichen Bewertung ihrer ökologischen und ökonomischen Güte unterzogen. Die Analyse der ökologischen Wirkungen erfolgte mit Hilfe einer Ökobilanz. Die ökonomischen Qualitäten der Sanierungsmodelle wurden mit Hilfe einer Lebenszykluskostenrechnung, einer Investitionskostenrechnung durch den Bauherrn und der Berechnung externer Umweltkosten, das heißt volkswirtschaftlicher Kosten für Umwelt- und Gesundheitsschäden, untersucht. Letztere stellen durch ihren Gesundheitsbezug gleichzeitig einen sozialen Aspekt der Bewertung dar. Soziale Nachhaltigkeitskriterien wurden bereits in den Voruntersuchungen qualitativ untersucht (beispielsweise Aspekte des Nutzerkomforts wie der Platzbedarf der Bauelemente, mögliche Betriebsgeräusche oder Tageslichtverfügbarkeit bzw. sozial-ökonomische der Wirkung auf die Miet- und Nebenkosten). Im Demonstrationsvorhaben wurden ergänzend dazu bei der Wirkungsanalyse der Sanierungsmodelle die sozialen Kriterien der entstehenden Mietkosten und der Höhe der umlagefähigen Kosten für den Mieter vertieft²². Mit der Methode der Lebenszykluskosten-Analyse werden neben den Investitionskosten vor allem die Folgekosten durch die Energieverbrauch, notwendig werdende Instandhaltungen und Wartungen sowie gegebenenfalls anfallende Entsorgungskosten bewertet.

4.9.1 Ökologische Nachhaltigkeit der Sanierungsmodelle

4.9.1.1 Ökobilanz-Ergebnisse

Unter einer Ökobilanz (engl. LCA – Life Cycle Assessment) versteht man eine systematische Analyse der Umweltwirkungen von Produkten, in diesem Falle den Sanierungsmodellen des Gebäudes inklusive der Haustechnik während des gesamten Lebensweges („von der Wiege bis zur Bahre“). Dazu gehören sämtliche Umweltwirkungen während der Produktion von Materialien, ihrer Nutzungsphase und schließlich ihrer Entsorgung sowie die damit verbundenen vor- und nachgeschalteten Prozesse (z. B. Herstellung der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, Transporte, Instandhaltungsarbeiten usw.). Zu den Umweltwirkungen zählt man alle umweltrelevanten Entnahmen aus der Umwelt (z. B. Erze, Rohöl) sowie die Emissionen in die Umwelt (z. B. Abfälle, Kohlendioxidemissionen). Die Berechnungen erfolgen nach international vereinbarten Standards in bis zu sieben Messparametern. Die in diesem Projekt erstellte vergleichende Ökobilanz der Sanierungsmodelle erfolgte als Ökobilanzierung (Sachbilanz und Wirkungsbilanz) auf Basis der ISO 14040 und der ISO 14044. Die verwendeten Sachbilanz-Datensätze wurden der vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) zur Verfügung gestellten Ökobau.dat 4/2010²³ entnommen.

4.9.1.1.1 Wirkungskategorien

In einer Ökobilanz werden die Wirkungen eines Produktes, in diesem Falle eines Hauses und seiner Prozesse (Energieverbrauch, Austausch von Komponenten usw.), in einem definierten Betrachtungszeitraum (bspw. 40, 50 oder 80 Jahre) analysiert. Untersucht werden diese Umweltwirkungen in der „Lebenszeit“ meist anhand von sechs Kriterien:

²² wengleich dies nicht die einzigen relevanten sozialen Nachhaltigkeitskriterien sind, s. die Anmerkungen in 4.7.3.1 und 4.7.3.4

²³ inzwischen weiterentwickelt zu Ökobau.dat 2011 abrufbar unter. <http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/oekobaudat.html>

1. Treibhauspotenzial in kg CO₂ Äq.
2. Versauerungspotenzial in SO₂ kg Äq.
3. Ozonschichtabbaupotenzial in kg CFC₁₁ Äq.
4. Überdüngungspotenzial in kg kg POP₄ Äq.
5. Sommersmogpotenzial kg Ethen Äq.
6. Gesamt-Primärenergiebedarf (erneuerbar und nicht erneuerbare) in MJ oder kWh

Die Untersuchungen zum Demonstrationsprojekt konzentrierten sich auf die Parameter Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial und Gesamt-Primärenergiebedarf im Lebenslauf der Gebäude. Die weiteren Parameter wurden zwar berechnet, zur besseren Übersichtlichkeit aber nicht in den Abschlussbericht aufgenommen. Die Ergebnisse zu diesen Wirkkategorien werden nach Abschluss des Gesamtvorhabens in einem Materialienband verfügbar gemacht. Die Bedeutung der Parameter für die Umwelt wird in den Ergebniskapiteln kurz erläutert.

4.9.1.2 Betrachtungsrahmen

Bei der Ökobilanz werden folgende Phasen berücksichtigt:

(hier nach Kostenarten der DIN 276 gegliedert):

- Herstellung
- Betrieb
- Reinigung
- Wartung
- Instandsetzung
- Rückbau (Ausbau) – Rückbaukosten von Modernisierungs-/Umbaumaßnahmen
- Rückbau (Austausch) – Rückbaukosten von zyklischen Instandsetzungsmaßnahmen
- Rückbau (Abriss) – Rückbaukosten am Ende des Betrachtungszeitraums
- Entsorgung – Entsorgungskosten des anfallenden Materials

Entscheidende Einflussfaktoren für die Ergebnisse einer Gebäude-Ökobilanz sind die Wahl des Energieträgers und der Energie- bzw. der Wärmebereitstellungs-Systeme wie auch der Aufwand für die jeweiligen Baukomponenten in Bezug auf Wartung, Instandhaltung, Instandsetzung und Entsorgung. Je nachdem, wie lange der Betrachtungszeitraum, d.h. die angenommene Lebensdauer (auch Restnutzungszeit), ist, werden die Bauteile mehr oder weniger oft erneuert, ausgetauscht, gewartet etc. Aus diesem Grund liegen der Ökobilanzierung von Gebäudebestandteilen verifizierte Annahmen zu ihrer Lebensdauer, ihren Wartungsfälligkeiten und ihrer Entsorgung zugrunde. Diese sogenannten Zyklen stammen aus öffentlich zugänglichen Quellen:

Die Wartungszyklen entsprechen entweder den Empfehlungen der Hersteller oder berücksichtigen gesetzliche Vorgaben aufgrund von Verordnungen. Sie berücksichtigen teilweise auch die Empfehlungen der AMEV²⁴.

Die Instandsetzungs- und Rückbauzyklen beziehen sich bei Baukonstruktionen weitgehend auf die Angaben im „Leitfaden für Nachhaltiges Bauen“ des Bundesministeriums für

²⁴ Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen

Verkehr, Bauen und Wohnen (veröffentlicht 2001 und erneuert 2011). Die Durchschnittswerte des Leitfadens wurden für einige Bauteile hinsichtlich der Gegebenheiten vor Ort angepasst (siehe Tabelle in Anhang 12). Instandsetzungszyklen für die technischen Anlagen beziehen sich auf die VDI 2067.

Reinigungszyklen: Reinigungsaufwände spielen als ökobilanziell relevante Größe im Wohnungsbau nur eine untergeordnete Rolle, da die Reinigung der privaten Wohnflächen von den Nutzern (Mietern oder Eigentümern) selbst, die der öffentlichen Bereiche wie Treppenhäuser, Keller etc. in einer großen Zahl von Mietshäusern entweder von den Nutzern selbst organisiert oder durch Dienstleister durchgeführt wird. Aufgrund dessen werden Reinigungsaufwände in dieser Untersuchung nicht behandelt.

Rückbau und Entsorgung: Für Rückbauarbeiten, die bei Austausch von Bauteilen in der Instandsetzung anfallen, sind in den derzeitigen Datenbanken keine Ökobilanzdaten verfügbar. Entsorgungsaufwände dagegen werden, aufgegliedert nach den materialspezifischen Entsorgungswegen, als validierte Datensätze in der bundeseigenen Datensammlung Ökobau.dat 4/2010 zur Verfügung gestellt. Sie werden für die Entsorgung der Materialien bei Instandhaltungen und als End-of-Pipe-Szenarien, das heißt für den virtuellen Fall eines Abrisses, für jedes Gebäude mit berechnet. Dies entspricht dem üblichen Vorgehen, um eventuell anfallende Entsorgungs-Wirkungen abschätzen zu können.

4.9.1.2.1 Betrachtungszeiträume

Den Ökobilanzen wie der Lebenszykluskostenanalyse der Sanierungsmodelle wurden die von der Wohnungsgesellschaft angenommenen Restnutzungsdauern als Betrachtungszeiträume zugrunde gelegt. Sie sind in Tabelle 20 dargestellt. Die unterschiedlichen Zeitangaben resultieren aus der Annahme, dass die Qualität und Tiefe der gewählten Sanierungsoptionen Einfluss auf die „Haltbarkeit“ des Gebäudes haben werden und unterschiedliche Nutzungsdauern bis zum nächsten entscheidenden Veränderungsschritt des Gebäudes angenommen werden müssen.

Die im Vorhaben ermittelten Ökobilanzwerte sind für den gesamten „Lebenslauf“ der Bauwerke berechnet worden und in der Folge zur besseren Vergleichbarkeit anteilig als Jahreswerte auf die entstehenden Wohnflächen bezogen worden.

Tabelle 20: Sanierungsmodelle und Betrachtungsrahmen

Sanierungsmodell	Betrachtungszeitraum (RND) in Jahren
0 Ist-Zustand / unveränderter Betrieb	40
1 Sanierung im Bestand	40
2 Abriss und Neubau	80
3 Hybrid (Altbau+Anbau)	60
3 Hybrid - Maßnahmen a+c+d	60
4 Hybrid - Geothermie	60
5 Hybrid - Passivhausstandard	60
6 Hybrid - Solarer Langzeitspeicher	60

4.9.1.2.2 Verbrauchsdaten

Die Höhe des Bedarfs und die Art der Energieträger der Sanierungsmodelle bilden eine wichtige Einflussgröße für die Umweltwirkungen eines Gebäudes. Auf Grundlage der von Zibell, Willner und Partner ermittelten Werte resultieren für das Demonstrationsvorhaben Senefelderstraße die in Tabelle 21 dargestellten Energieverbräuche.

Tabelle 21: Verbrauchsdaten der Sanierungsmodelle

Sanierungsmodelle	Mindestdämmung-Variante (HT100) Endenergiebedarf MWh/a				kWh/m ² *a	Verbrauch Medien/a
	Pellets	Gas	Strom	Gesamt		
0 (Ist-Zustand)			728,4 (Strom) 170,1 (Öl)	898,5	475,4	
1		198		198	104,8	19038,46 m ³ Erdgas
2 und 3	285,1			285,1	105,6	57020 kg Pellets
3a+c+d	174,0		10,7	184,7	68,4	28900 kg Pellets plus Hilfsenergie für WRG
4			48	48	17,7	Strom f. Wärmepumpe
5	72		10,7	82,7	30,6	14400 kg Pellets
6	30,7		10,7	41,4	15,3	6140 kg Pellets

4.9.1.2.3 Datengrundlagen

Als Datengrundlagen dienen folgenden Quellen und Datenbanken:

1. Die für die jeweiligen Sanierungsmodelle eingegebenen Bauteile beruhen auf Ausarbeitungen der beteiligten Architektur- und Fachplanungsbüros (Gebäudebegehung, Recherche der Bauteile für Neubauten) und der darauf folgenden Plausibilitätsprüfung durch das Katalyse-Institut. Die Eingaben dieser Elemente für Ökobilanz und Lebenszykluskostenanalyse erfolgte in der Software LEGEP – bei Bauteilen, die in der Datenbank des Programms nicht angeboten waren, wurden entsprechende Elemente im Analogieverfahren zusammengestellt.
2. Die Ökobau.dat Version 4/2010 des BMVBS zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Bauwerken in den Zertifizierungssystemen DGNB und BNB).
3. Die Datenbank Ecoinvent der ETH Zürich, welche in der internationalen Produktbewertung weitverbreitet ist.
4. Ausgewählte Datensätze aus der GEMIS-Datenbank des Umweltbundesamtes (betreut vom Ökoinstitut Freiburg).

4.9.2 Treibhausgas-Emissionen

„Deutschland hat sich (...) verpflichtet, seine Emissionen der sechs im Kyoto-Protokoll genannten Treibhausgase im Zeitraum 2008-2012 gegenüber 1990 um 21% zu reduzieren. Im Jahr 2006 erklärte die Bundesregierung bis zum Jahr 2020 eine Reduktion der Treibhausgase um 40% (gegenüber 1990) anzustreben und brachte in der Folge das Integrierte Energie- und Klimaprogramm (IEKP) auf den Weg. Insbesondere der Bereich Bauen und Wohnen bietet durch realisierbare Möglichkeiten, z.B. zur effizienteren Energienutzung, ein großes Einsparpotenzial. Das Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP) ist der potenzielle Beitrag eines Stoffes zur Erwärmung der bodennahen Luftschichten d.h. zum sogenannten Treibhauseffekt. Der Beitrag des Stoffes wird als GWP Wert relativ zu dem Treibhauspotenzial des Stoffes Kohlendioxid (CO₂) angegeben²⁵. Die zum anthropogenen Treibhauseffekt beitragenden Spurengase sind Wasserdampf, Kohlendioxid, Ozon, Distickstoffoxid, Methan (CH₄) sowie Fluorchlorkohlenwasserstoffe, Halone, perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe, Schwefelhexafluorid, teilhalogenierte und wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe²⁶. Ein Beispiel für die Ökobilanzeingabedaten und –Ergebnisse findet sich für das Sanierungsmodell 1 in Anhang 18.

Treibhausgaspotenzial

(Gesamtwerte für Herstellung, Instandhaltungen, Betrieb und Entsorgung in kg CO₂ pro Jahr und m² Wohnfläche)

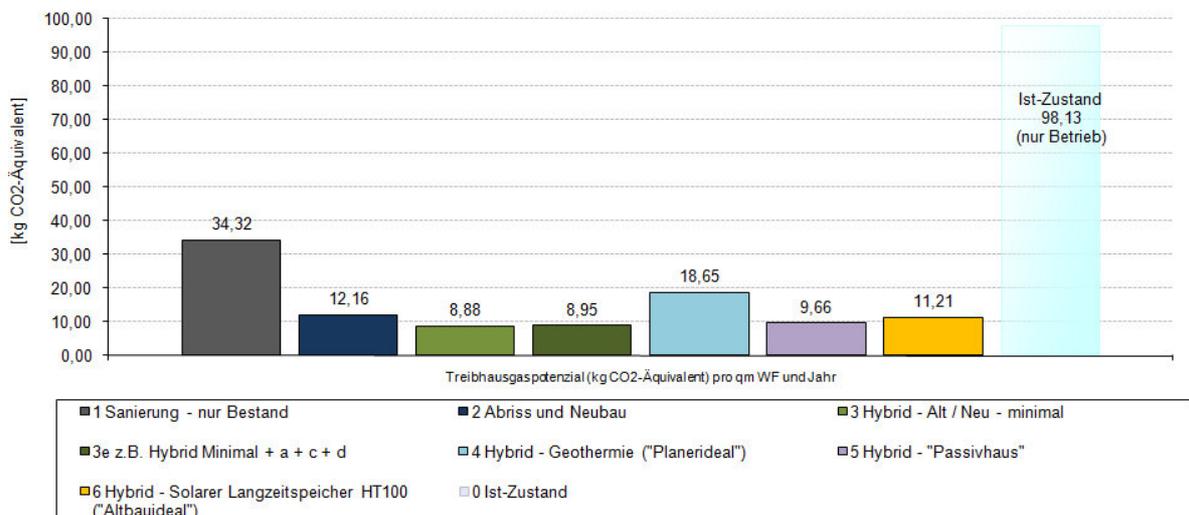


Abbildung 12: Treibhausgas-Emissionen der Sanierungsmodelle

Im Ergebnis zeigt sich im Fall des Demonstrationsvorhabens Senefelderstraße, dass die Treibhausgas-Emissionen über die gesamte Dauer der angenommenen Nutzungszeiten sowohl von der Art der eingesetzten Energieträger wie von der Tiefe und Güte der gewählten Sanierung abhängen. Die größte Gesamtminderung des Treibhausgas-Ausstoßes gegen-

²⁵ zitiert nach BMVBS 2012: Kriterium Treibhauspotenzial, Beschreibung des Kriteriums in pdf-Dokument unter http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/BNB_Steckbriefe_Buero_Neubau/aktuell/BNB_BN_111.pdf. Dieser Text steht in ähnlicher Form in allen entsprechenden Ökobilanz-Kriterienbeschreibungen von BNB und DGNB.

²⁶ Auflistung nach UBA 2012: <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodent=2348>

über dem heutigen unsanierten Zustand lassen die hybriden Sanierungsmodelle aus Alt- und Neubau erkennen.

Dies lässt sich einerseits sicher auf die relativ großen Effekte der eingesetzten regenerativen Energieträger zurückführen. Beispielsweise verwenden die Sanierungsmodelle 3 und 3a+c+d Holzpelletkesselanlagen mit einem weitgehend klimaneutralen Brennstoff – als Gegenbild: der hohe Wert des Modells 1 „Sanierung im Bestand“ rührt aus der Verwendung des fossilen treibhausgasintensiven Energieträgers Erdgas. Ein ähnlicher Effekt zeigt sich bei der als klimafreundlich bekannten Erdwärme-Lösung des Sanierungsmodells 4: Bezieht man die erhebliche Menge an benötigter Hilfsenergie für die Wärmepumpe der Anlage in die Betrachtung ein, ergibt sich eine Verminderung der Klimafreundlichkeit. Die durchgeführte Modellierung nahm als Energieträger für den Wärmepumpenbetrieb Erdgas an (eine neue Generation gasbetriebene Wärmepumpen ist auf den Markt gelangt), was zu dem insgesamt zweitschlechtesten Wert führte (Strom als Energieträger für die Wärmepumpe wäre aufgrund seines Herstellungs-Mixes²⁷ hätte sogar negativer ausgewirkt. Er hat nur dann einen deutlich positiveren Effekt, wenn er aus regenerativen Quellen stammt).

Doch die Art des Energieträgers ist nicht der einzige Einflussfaktor auf die Klimafreundlichkeit der Sanierungsmodelle. Deutlich wird das am Sanierungsmodell 2. Auch hier wird von einer Holzpelletkesselanlage ausgegangen, die Werte der CO₂-Bilanz über die 80 Jahre währende Modell-Betrachtung liegen aber dennoch relativ hoch. In diesem Fall bewirken die umfangreichen Abriss- und Neubauarbeiten und die mit den verwendeten Neu-Materialien einhergehenden Herstellungs- und Transportprozesse die deutliche Erhöhung der Werte, ebenso zeigen sich die Instandhaltungsaufwände aufgrund der größeren Mengen an Bauteilen erhöht und damit klimawirksam. Einen Vergleich der bei den drei Grundmodellen durch Instandhaltung bewirkten jährlichen Treibhausgasemissionen pro Quadratmeter Wohnfläche zeigt die folgende Abbildung 13. Aber auch bei dem als ökologisches Vorbild gedachten Modell mit solarem Langzeitspeicher macht sich der negative Effekt der aufwändigen Tiefbauarbeiten und der Materialmassen für den Bau des Erdspeichers bemerkbar (Stahlbeton, Edelstahlauskleidung und Wärmedämmung für rund 750 bis 800 Kubikmeter Speicherinhalt). Aufgrund dieses konstruktiven Aufwands weist das Sanierungsmodell weist entgegen der Erwartung nicht den günstigsten „Treibhausgas-Fußabdruck“ auf.

²⁷ der aktuelle deutsche Strommix beruht noch mehrheitlich auf fossile Energieträgern, siehe zum Beispiel: <http://www.umweltbundesamt.de/energie/archiv/strommix-karte.pdf>

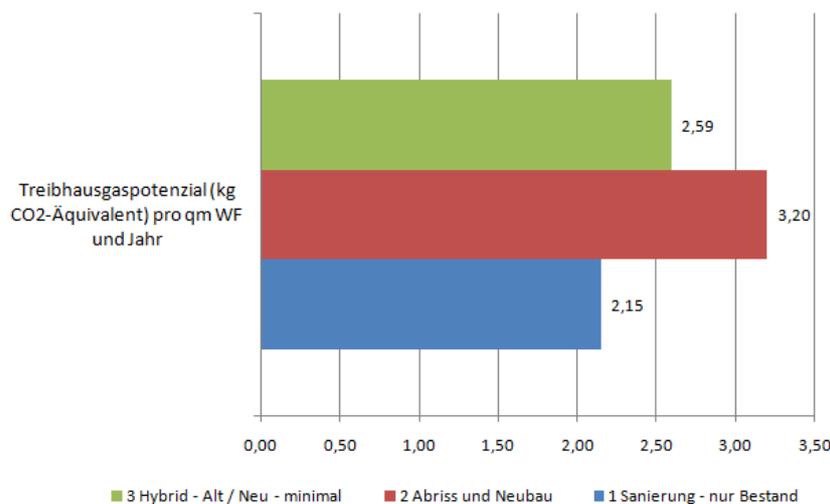


Abbildung 13: Instandhaltung und Treibhausgasemissionen

4.9.3 Versauerungspotenzial

Neben der ökobilanziell zentralen Größe der „Treibhausgase“ spielen weitere Indikatoren eine wichtige Rolle bei der Evaluation der Umweltwirkungen.

Das Versauerungspotenzial von Materialien beurteilt die während des Lebenszyklus des Produktes bzw. Energieträgers freigesetzten Mengen an Säurebildnern in Form von Schwefeldioxid-Äquivalenten. Schäden durch die sogenannte Versauerung entstehen an der Gebäudesubstanz sowie in der Forst- und Landwirtschaft durch entsprechende Luftemissionen. Waldschäden beeinträchtigen nicht nur die Forstwirtschaft, sondern auch die Allgemeinheit. Zu den Gebäudeschäden gehören insbesondere Farbverluste der Anstriche, Schädigung von Natursteinen, Polymeren und unter Umständen Betonaußenflächen, beschleunigte Korrosion von Metallen (Dachrinnen, Fallrohre etc.) sowie sekundäre Auswirkungen wie z.B. der Verlust kultureller Werte bei historischen Gebäuden und Denkmälern (Ulmer, Streck 2010 z.T. nach Adensam 2001).

Das Versauerungspotenzial, welches durch Gebäude und ihren Betrieb verursacht wird, zeigt auf eindrückliche Weise, dass negative Effekte auch durch bestimmte regenerative Energieträger verursacht werden können. Gegenüber dem Ist-Zustand sind, nicht verwunderlich, alle Sanierungsmodelle ein sichtbarer Fortschritt zur Reduzierung des Ausstoßes an Säurebildnern. Bei der Verbrennung von biogenen Stoffen wie Holzpellets entstehen dennoch erhebliche Mengen an Stickoxiden und ähnlichen Vorläuferstoffen für den sogenannten sauren Regen. Infolgedessen schneiden die in puncto Treibhausgasemissionen günstigen Sanierungsmodelle in diesem Punkt schlechter ab als beispielsweise die mit Gasbrennkesseln betriebenen Sanierungsmodelle. Wie schon beim Vergleich der Treibhausgase verschlechtert der höhere Neubaufwand des Modells 2 die Werte für das verursachte Versauerungspotenzial noch weiter.

Will man bei beiden Umweltkriterien, Treibhausgase und Versauerung, eine gute Gebäudeperformance erreichen, muss eines der Sanierungsmodelle gewählt werden, das durch zusätzliche Maßnahmen den Energiebedarf vermindert (Modell 3 a+c+d) oder auf andere regenerative Energieträger setzt (Modelle 4, 5 und 6) – Bestwerte werden bei beiden Parame-

tern von dem Konzept einer fast energieautarken solaren Versorgung in Sanierungsmodell 6 erreicht.

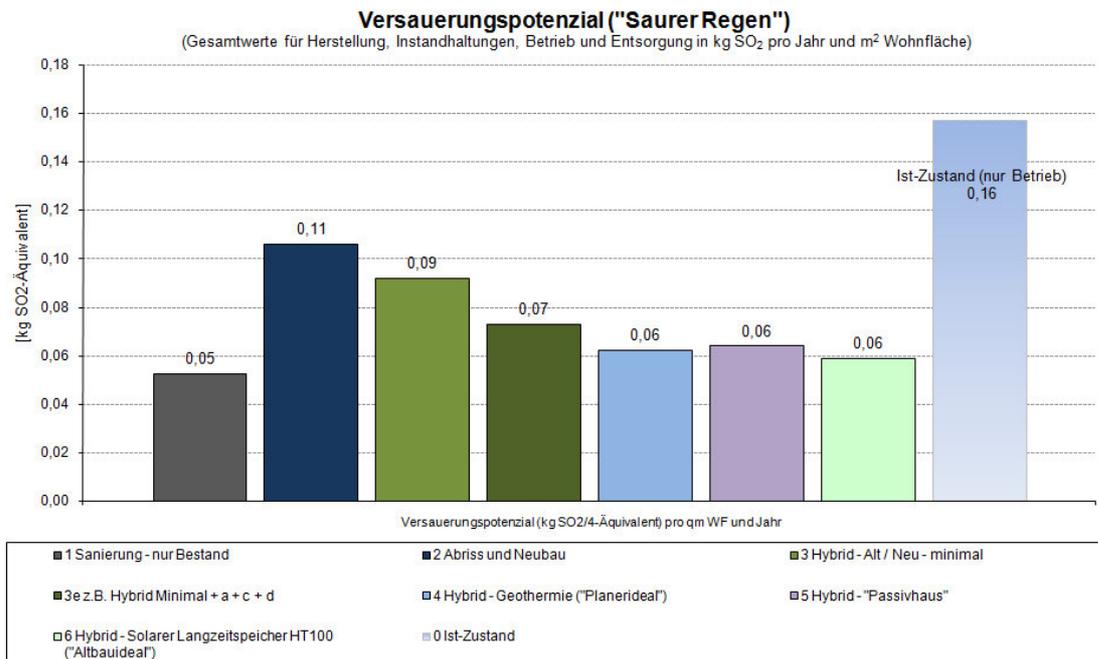


Abbildung 14: Sanierungsmodelle und ihr Versauerungspotenzial

4.9.4 Primärenergiebedarf

Als Primärenergie wird die in Energieträgern an ihrem Abbauort verfügbare Energiemenge bezeichnet. Diese Energiemenge wird im Verlauf der Verarbeitung und des Transports der Energieträger durch die für diese Prozesse aufgebrauchte Energie vermindert und die für den Endabnehmer tatsächlich zur Verfügung gestellte verbleibende Energiemenge als Endenergie bezeichnet²⁸. Als Umwelt-Indikator ist der Gesamt-Primärenergiebedarf²⁹ ein zentraler Baustein der deutschen Nachhaltigkeits- und Klimastrategie (UBA 2012). Der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energien ist neben dem Energiesparen und der effizienten Energienutzung die „dritte Säule einer nachhaltigen Energienutzung“ (nach UBA 2012). In dem 2010 erschienenen Energiekonzept der Bundesregierung ist als Ziel festgelegt, in den nächsten zehn Jahren den Primärenergieverbrauch um 20 Prozent zu senken (UBA 2011).

Zu den nicht erneuerbaren Energien zählen Steinkohle, Braunkohle, Erdöl, Erdgas und Uran, zu den erneuerbaren Sonnenwärme, Wind- und Wasserkraft, Erdwärme und Biomasse (Holz, Biogas etc.). Die vielfältigen Umwelteinflüsse, die mit der Energieerzeugung und -nutzung vor allem aus nicht erneuerbaren Quellen verbunden sind verursachen erhebliche Umweltbelastungen wie Flächenverbrauch, Luftverschmutzung, sauren Regen und Treibhauseffekt. Der Gesamt-Primärenergiebedarf wird daher als wichtiger Indikator für das Maß der Ressourcenschonung verwendet. Für Gebäude gibt er darüber hinaus Auskunft über die Energieeffizienz der Konstruktion und Haustechnik in der Nutzungsphase. Die innerhalb einer Ökobilanz berechneten Primärenergiedaten unterscheiden sich aufgrund der unterschiedlichen Berechnungsmethoden von denen der EnEV³⁰, was zu von der EnEV abweichenden Werten führt.

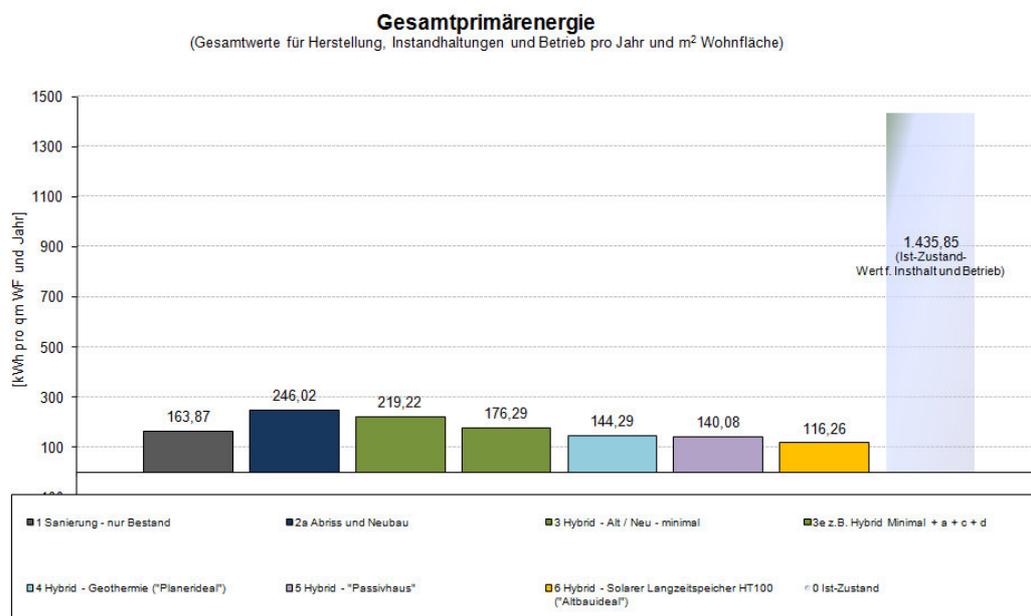


Abbildung 15: Primärenergieeinsatz der Sanierungsmodelle

²⁸ und die in Wärme, Licht, Kälte umgewandelte Endenergie ist die Nutzenergie

²⁹ definiert als Summe der Primärenergien aus nicht erneuerbaren und erneuerbaren Energieträgern, die EnEV berechnet dagegen nur die nicht erneuerbaren Primärenergien

³⁰ Während in der EnEV ausschließlich die Anteile der nicht erneuerbaren Primärenergie durch Faktorisierung der Endenergiedaten errechnet werden, beziehen die Berechnungen in einer Ökobilanz anhand von evaluierten Datensätzen und Recherchen die Herstellungsprozesse, Transport, Lagerung sowie die Wirkungsgrade in den eingesetzten Kesseltypen mit ein.

In den Sanierungsmodellen des Demonstrationsvorhabens erreichten Verringerungen der Jahresverbräuche an Primärenergie zeigen in jedem Fall eine deutliche Optimierungsleistung gegenüber dem heutigen Zustand (s. Abbildung 15). Haupttreiber für die Verminderung des Primärenergieverbrauchs sind die eingesetzten Betriebsmittel für die Wärmeerzeugung. Selbst das Modell mit dem schlechtesten Wert (im Modell 2 wirken sich die durch den Abriss und den kompletten Neubau verursachten Energieströme negativ aus) kann den Primärenergiebedarf gegenüber dem unsanierten Zustand fast halbieren, was auf den konventionellen aber sehr effizienten Gasbrennwertkessels zurückzuführen ist. Klare Effekte hat auch der geringere Energieverbrauch der Hybridmodelle. Die mit Holzpellets betriebenen Modelle weisen gegenüber dem Erdgasbetrieb einen höheren Gesamtprimärenergiebedarf auf. Dies ist auf die geringere Energiedichte von biogenen Energieträgern und die großen Mengen erneuerbarer Primärenergie zurückzuführen. Für die weitere Betrachtung und Entscheidungsfindung wird zentral sein, wie hoch der Anteile erneuerbarer Energieträger sind. In Abbildung 16 werden die Ergebnisse zu diesem Aspekt dargestellt.

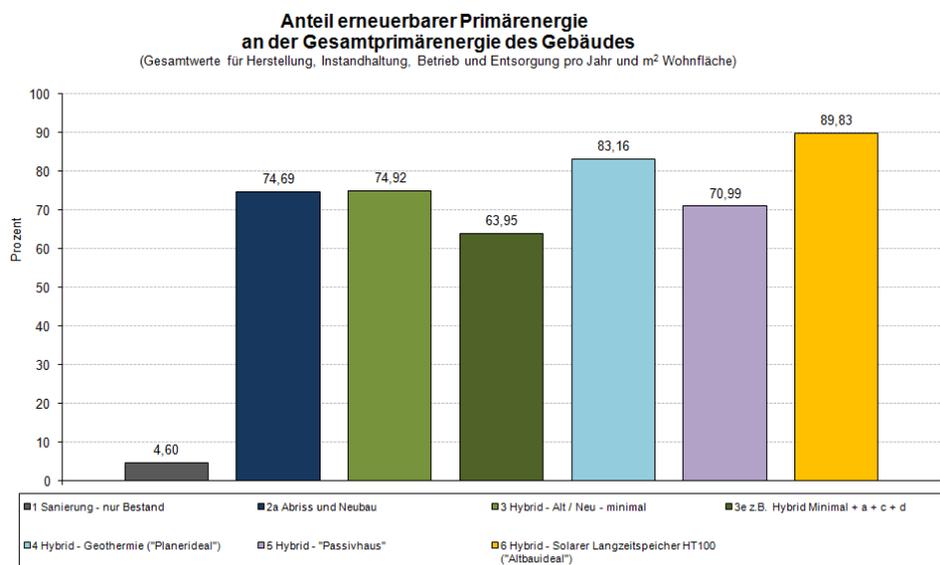


Abbildung 16: Anteil erneuerbarer Energien

Die Auswertung lässt an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig. Eine möglichst hohe Ausnutzung von solaren Energiequellen und regenerativen Energieträgern in Verbindung mit Effizienzmaßnahmen wie einer Lüftung mit Wärmerückgewinnung (Modelle 3 a+c+d bis 6) oder dreifachverglasten Fenstern (Modelle 5 und 6) ergeben das beste Verhältnis zwischen erneuerbarer und nicht erneuerbarer Primärenergie. Gleichzeitig zeigt sich bei den Modellen 3 und 5 auch der negative Effekt dieser Maßnahmen: Die umgesetzte Energieeffizienz wird durch die vermehrt eingesetzten Baumaterialien und –elemente (Dämmung, Lüftung, Verglasung) nicht so wirksam, dass die von der Herstellung diese Bauteile stammenden Anteile nicht erneuerbarer Primärenergie kompensiert werden können – der Anteil erneuerbarer Primärenergie bleibt im unteren Bereich. Dies gilt erst recht für die Bestandssanierung mit Gasbrennwertanlage.

4.9.5 Ökonomische Nachhaltigkeit der Sanierungsmodelle

4.9.5.1 Lebenszykluskosten

Die Bewertung nachhaltigen Bauens umfasst neben der Untersuchung ökologischer Folgewirkungen über die Erstellung einer vergleichenden Ökobilanz auch die (gleichberechtigte) Berücksichtigung der ökonomischen und sozio-kulturellen Nachhaltigkeit (s. 4.7). Die Bewertung der ökonomischen Wirkungen der Sanierungsmodelle wurde anhand einer vergleichenden Lebenszykluskostenrechnung durchgeführt, um nicht nur die Investitionskosten, sondern auch die Folgekosten für Betrieb, Instandhaltung/Instandsetzung, Wartung, Reinigung und letztendlich der Entsorgung der Baumaterialien am Ende der Lebenszeit des Gebäudes³¹ in den Blickpunkt der Sanierungsentscheidung zu rücken.

Anhand vorgegebener Preissteigerungsraten für Baupreise und Energiekosten sowie für Realzinsen (s. Abbildung 17) werden in diesem Verfahren die Herstellungs- und Folgekosten von Baumaßnahmen in einem bestimmten Betrachtungszeitraum (hier die angenommene Lebenserwartung der verschiedenen Sanierungsmodelle, diese wurden bereits im vorangegangenen Kapitel vorgestellt, s. 4.9.1.2.1) modelliert und untersucht. Als normative Basis für die Methodik dient die ISO-Norm 15686-5 - Buildings and constructed assets -- Service life planning -- Part 5: Life cycle costing. Datengrundlage für die Baupreise sind die Durchschnittswerte der SirAdos-Datenbank.

Im vorliegenden Fall wurden die notwendigen Baumaßnahmen, Betriebs-, Wartungs-, Reinigungs- und Instandhaltungskosten der Sanierungsmodelle verglichen. Im Einzelnen werden (falls zutreffend) bei der Betrachtung von Lebenszykluskosten folgende Kosten bewertet:

- **Herstellung** – nach DIN 276 KGR 200 – 700
- **Betrieb** - Ver- und Entsorgungskosten nach DIN 18960 KGR 310 – 320
- **Reinigung** – Reinigungs- und Pflegekosten nach DIN 18960 KGR 330
- **Wartung** – Bedienungs-, Inspektions- und Wartungskosten DIN 18960 KGR 350
- **Instandsetzung** – Instandsetzungskosten nach DIN 18960 KGR 400
- **Rückbau (Ausbau)** – selektive Rückbaukosten im Zuge von Modernisierungs- oder Umbaumaßnahmen
- **Rückbau (Austausch)** – selektive Rückbaukosten im Zuge von zyklusfixierten Instandsetzungsmaßnahmen
- **Rückbau (Abriss)** – Rückbaukosten am Ende des Betrachtungszeitraums
- **Entsorgung** – Entsorgungskosten des anfallenden Materials entsprechend des gewählten Entsorgungsszenarios.

³¹ Das Ende der Lebenszeit eines Gebäudes (oder auch Betrachtungszeitraum, Restnutzungsdauer) ist in den meisten Fällen eine virtuelle Größe, um ein abschließendes Szenario einberechnen zu können - die meisten Wohngebäude sind robust genug gebaut, dass die Bauwerke nach diesem Zeitraum nicht abgerissen sondern weitergenutzt werden. Manchmal wechseln sie dann vielleicht den Besitzer oder die Nutzungsform.

Prozentsatz der Baukosten, die eine Position erreichen muß, um als kostenintensiv eingestuft zu werden	<input type="text" value="2,00"/>	%
Zeitraum vor dem Abriss, in dem keine Instandsetzungsmaßnahmen mehr durchgeführt werden	<input type="text" value="0"/>	Jahre
Real-Zinssatz	<input type="text" value="5,5"/>	% / Jahr
Preissteigerung Energie	<input type="text" value="4,0"/>	% / Jahr

	Preis pro Einheit		Preissteigerung pro Jahr	
Hilfsenergie	<input type="text" value="0,18"/>	€ / kWh	<input type="text" value="4,000000"/>	%
Öl	<input type="text" value="0,65"/>	€ / l	<input type="text" value="4,000000"/>	%
Gas	<input type="text" value="0,62"/>	€ /	<input type="text" value="6,000000"/>	%
Holz/Hack	<input type="text" value="0,18"/>	€ / kg	<input type="text" value="4,000000"/>	%
Holz/Pellet	<input type="text" value="0,18"/>	€ / kg	<input type="text" value="4,000000"/>	%
Braunkohle	<input type="text" value="0,50"/>	€ / kg	<input type="text" value="4,000000"/>	%
Steinkohle	<input type="text" value="0,70"/>	€ / kg	<input type="text" value="4,000000"/>	%
Strom	<input type="text" value="0,17"/>	€ / kWh	<input type="text" value="4,000000"/>	%

Abbildung 17: Rahmenbedingungen der Lebenszykluskostenrechnung

Berechnet man mit Hilfe der Summe aus kalkulierten Herstellungskosten und den Barwerten der oben genannten Nutzungs- und Folgekosten im Verlauf des betrachteten Zeitraums (40-60-80 Jahre) einen Lebenszyklus-Gesamtwert (LCC-Gesamtwert) für die Sanierungsmodelle, erhält man eine Kennzahl für die ökonomische Nachhaltigkeit der vorgeschlagenen Sanierungen. In den folgenden Abbildungen Abbildung 18 und Abbildung 19 sind diese LCC-Gesamtwerte für angenommene jährliche Energiepreissteigerungen von 4 und 8 Prozent dargestellt. In der sich daran anschließenden Abbildung 20 sind die für die Nutzer entstehenden Betriebskosten herausgearbeitet worden. Aus diesen Werten lassen sich mehrere zentrale Sachverhalte ablesen. Zum einen erweisen sich in der Lebenszyklus-Perspektive die hybriden Sanierungsmodelle 3 und 3 a+c+d gegenüber der konventionellen Sanierungsvariante wie dem Abriss-Neubau-Modell als günstiger. Die energetisch oder dämmtechnisch optimierten Hybrid-Modelle 4,5 und 6 (Geothermie, Passivhausstandard, solarer Langzeitspeicher) erweisen sich im Lebenszyklus zwar auch als günstig, können sich aber auch bei höheren Steigerungsraten der Energiepreise aufgrund ihrer höheren Investitionskosten nicht deutlich verbessern. Angesichts der den Annahmen innewohnenden Prognoseunsicherheiten wäre aber ein deutlicher Abstand zum nächsten Wert erforderlich. Die bei einer achtprozentigen Energiepreissteigerung günstigste Sanierungsvariante Passivhausstandard ist zudem technisch im Bestand kaum oder nur mit eventuell noch höheren Kosten umzusetzen.

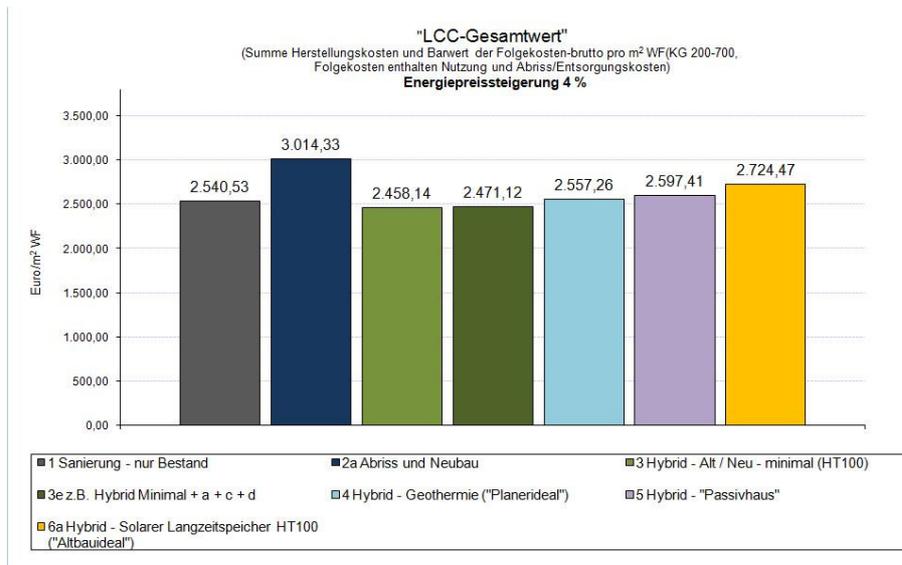


Abbildung 18: Lebenszykluskosten – Gesamtwert bei 4 % Energiepreissteigerung

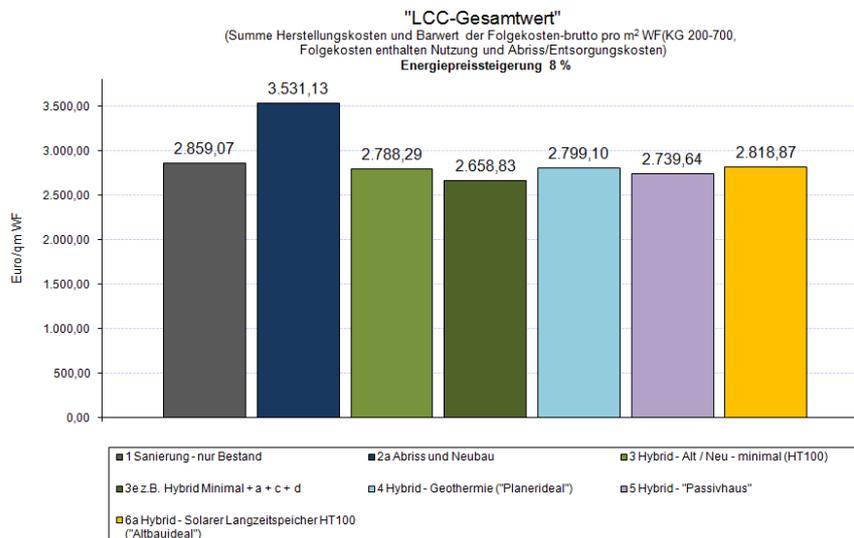


Abbildung 19: Lebenszykluskosten – Gesamtwert bei 8 % Energiepreissteigerung

Desweiteren sind die im Vergleich der LCC-Gesamtwerte besten Sanierungsmodelle nicht automatisch günstig für die Nutzer und/oder Mieter. Wie Abbildung 20 zeigt, sind die günstigsten Heiz- und Warmwasserkosten natürlich mit den energiesparsamsten Sanierungsmodellen zu erreichen. Am besten fährt ein Nutzer also mit den Hybridmodellen mit solarem Langzeitspeicher (Modell 6), Passivhausstandard (Modell 5) oder einer energetisch optimierten Variante mit Holzpelletkessel und solarer Trinkwassererwärmung (Modell 3a+c+d). Die nächstbeste Variante (Grundmodell 3) liegt von den Betriebskosten her zwar noch in einem guten Bereich (nur noch ein Sechstel des Kostenwertes des heutigen unsanierten Zustands), aber doch auch deutlich höher als die eben genannten Möglichkeiten.

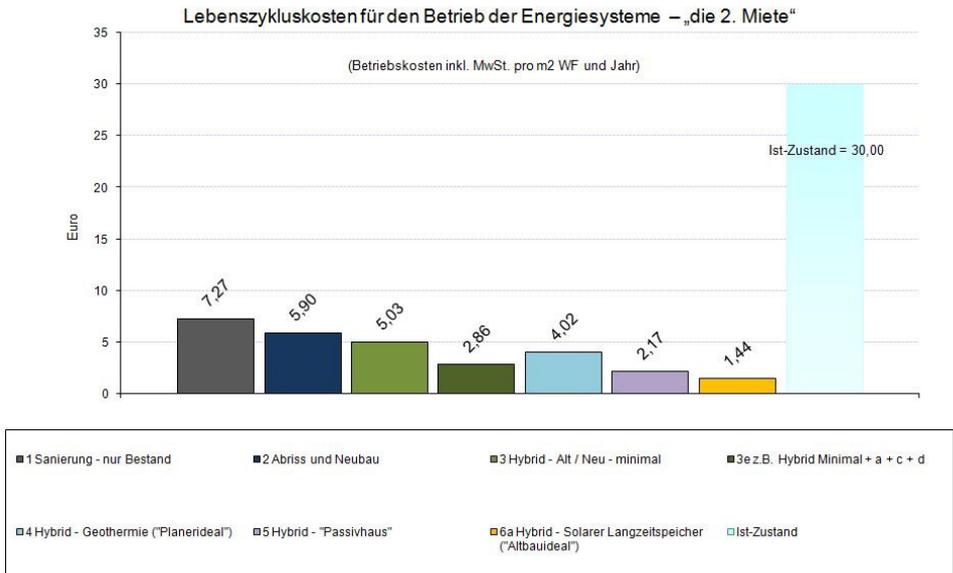


Abbildung 20: Lebenszykluskosten – Betriebskosten der Sanierungsmodelle

4.9.5.2 Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung

Abschließend wurden die entwickelten Sanierungsmodelle der bauherreneigenen Investitions- und Wirtschaftlichkeitsprüfung unterzogen. Die nach dem GAG-Investitionshandbuch vorgegebene Systematik sieht eine Renditeberechnung nach dem Verfahren eines vollständigen Finanzplans (VoFi) sowie die Berechnung der positiven und negativen Cashflows, des Liquiditätsverlaufs über die ersten fünf bis zehn Jahre vor. Wie in Tabelle 22 und der dazugehörigen Abbildung 21 zu erkennen ist, verfügen drei Hybrid-Sanierungsmodelle über die günstigsten Werte hinsichtlich der Mischgröße „Gesamtbewertung“ (eine kombinierte Auswertungsgröße für die Aspekte Rendite und Liquidität).

Die beste Rendite wird vom Sanierungsmodell 2 Abriss-Neubau erwirtschaftet, mit relativen 6,61 % Abstand zum nächsten, dem Sanierungsmodell 3 Hybrid (HT100). Bei diesem Modell 3 Hybrid (HT100) ist der günstigste Liquiditätsverlauf festzustellen, in dieser Bewertungskategorie dicht gefolgt von der optimierten und den weiteren Hybrid-Varianten. In Puncto Liquiditätsverlauf weisen die Sanierungsmodelle 1 und 2 die im Vergleich schlechtesten Werte auf.

Tabelle 22: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsrechnung der GAG

Sanierungsmodell	1	2	3	3 a+c+d	4	5	6
	Sanierung Altbau	Abriss und Neubau	Hybrid (HT100)	Hybrid a+c+d (HT100)	Hybrid - Geothermie	Hybrid - Passivhaus-Standard	Hybrid - Solarer Langzeitspeicher
(alle Werte in Euro)							
Investitionskosten	2.586.156	6.253.456	5.180.337	5.459.197	5.507.149	5.754.721	6.106.877
je m ² Wohnfläche	1.388	2.316	1.919	2.022	2.040	2.131	2.262
Renditebewertung	81,03%	100,00%	93,39%	91,19%	90,26%	87,93%	85,32%
Liquiditätsverlauf	70,66%	84,27%	100,00%	99,29%	97,24%	94,97%	92,89%
Gesamtbewertung	75,84%	92,13%	96,70%	95,24%	93,75%	91,45%	89,11%
Rang gesamt	7	4	1	2	3	5	6

Alle Angaben als relative Prozentsätze

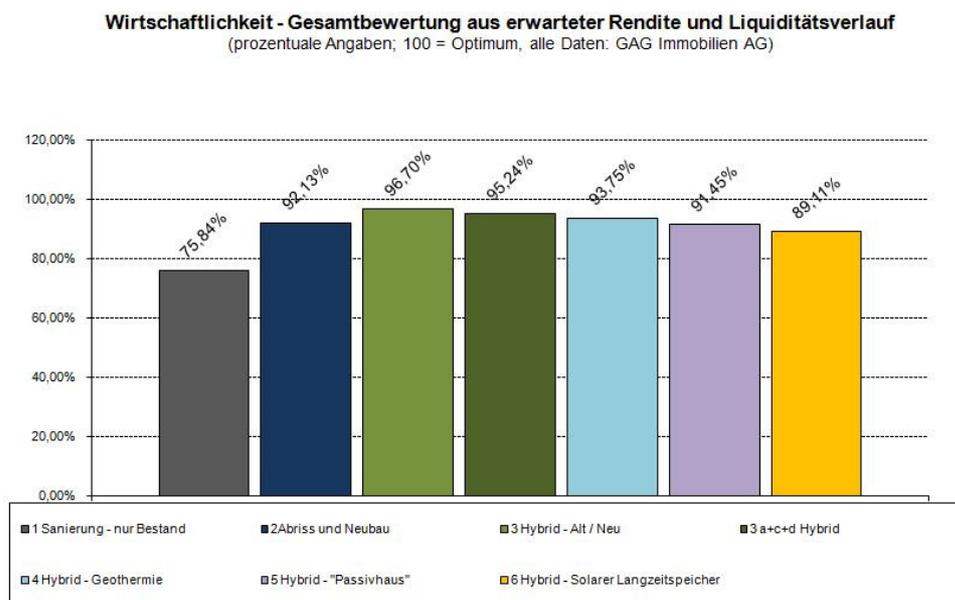


Abbildung 21: Gesamtbewertung Rendite plus Liquidität

4.9.5.3 Volkswirtschaftliche Umwelt- und Gesundheits-Kosten

Das Bauen und der Betrieb der Gebäude kosten uns als alle etwas, ohne dass es uns bewusst ist. Die durch Bauen und Wohnen verursachten Material- und Energieströme lassen Emissionen entstehen, die zu Gesundheits- und Umweltschäden führen (u.a. Morbidität, Mortalität, landwirtschaftliche und Gesundheitsschäden durch „Industrieemissionen“). Der Löwenanteil der Umwelt- und Gesundheitskosten, die bei der Herstellung und Nutzung von Materialien entstehen, wird von der Allgemeinheit, aber nur zu sehr geringen Teilen von den Verursachern selbst getragen. Seit 2007 liegt mit der vom Umweltbundesamt veröffentlichten Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten eine wichtige Grundlage für eine standardisierte ökonomische Berücksichtigung und Bewertung dieser Schäden vor (UBA 2007). Für eine umfassende umweltökonomische Analyse ist es erforderlich auch diese externalisierten Kosten der Sanierungsmodelle in den Blick zu nehmen. Eine Übersicht über die gewählten Kostenansätze zeigt Tabelle 23.

Tabelle 23: Kostenansätze für externe Kosten³²

Wirkungskategorie	externe Kosten	Einheit	Quelle	Bemerkung
Treibhausgase CO ₂	70 (280 max.)	€/t CO ₂ equiv.	Maibach u. a. 2007	Es ist zu berücksichtigen, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit nur ein Teil der tatsächlichen Schäden enthalten sind. Für Sensitivitätsanalysen sollte deshalb der Maximalwert von 280 €/t einbezogen werden.
Versauerungspotenzial SO ₂	5.200	€/t SO ₂ equiv.	Maibach u. a. 2007	Gewählt wurde die untere Grenze, dies deckt sich mit Daten aus dem ExterneE-Projekt.
Photosmog C ₂ H ₄	265	€/t C ₂ H ₄ equiv.	Adensam u. a. 2002	Die Schadenskosten berücksichtigen aufgrund der Datenlage nur die Erhöhung der allgemeinen Mortalität und stellen damit eine untere Grenze dar.
Ozonabbau-potenzial R11	11.850	€/t R11 equiv.	Adensam u. a. 2002	Gewählt wurde die Summe aus der oberen Grenze der Mortitätskosten, weil die Kosten grundsätzlich zu einer Unterschätzung tendieren.
Eutrophierungspotenzial PO ₄ ³⁻	1.700	€/t PO ₄ ³⁻ equiv.	Adensam u. a. 2002	Gewählt wurde der obere Wert der Bandbreite, da das zugrunde liegende Szenario für die Ermittlung der Schadenskosten als realistischer gelten kann.
Energieeinsatz zur Stromerzeugung kWh				Energieträger zur Stromerzeugung, Bezug: durchschnittliche Emissionen über alle Kraftwerke in Deutschland, 2005
Durchschnitt	5,8	Cent/kWh	Maibach u. a. 2007	
Braunkohle	8,7	Cent/kWh	Maibach u. a. 2007	
Steinkohle	6,8	Cent/kWh	Maibach u. a. 2007	
Heizöl	6,1	Cent/kWh	Maibach u. a. 2007	
Erdgas	3,9	Cent/kWh	Maibach u. a. 2007	
Wasserkraft	0,4	Cent/kWh	Maibach u. a. 2007	Laufwasser, 300 kW
PV DE	0,8	Cent/kWh	Maibach u. a. 2007	monokristallin, Dach, 3 kW peak
Wind DE	0,1	Cent/kWh	Maibach u. a. 2007	onshore, 800 kW peak
Kohlemix	7,7	Cent/kWh	Maibach u. a. 2007	Strombezug: kurzfristige Nachfrage

³² Aus Ulmer et al. 2010 und nach UBA 2007

Zur Berechnung externer Kosten sind die unterschiedlichen monetarisierbaren Faktoren, d.h. die Ökoschadenspotenziale bzw. Wirkkategorien aus den Ökobilanzen der Sanierungsmodelle von maßgeblicher Bedeutung. Die zugrunde gelegte Methodenkonvention des Umweltbundesamtes (UBA 2007, Maibach et al. 2007) sieht für Ökopotenziale und das Betriebsmittel Strom zwei unterschiedliche Ansätze vor. Für die Wirkpotenziale der Treibhausgase (CO₂-Äquivalente) und der Versauerung (SO₂-Äquivalente) werden eigene Kostensätze vorgegeben. Diese wurden in den folgenden Berechnungen angewandt und mit den Kostensätzen für Eutrophierung, Ozonabbau und Photosmog aus einem österreichischen Projekt (Adensam et al. 2002) ergänzt. Für den Stromverbrauch stellt die Methodenkonvention eigene Kostensätze vor. Diese wurden zur Berechnung der externen Kosten der nicht erneuerbaren Primärenergie verwendet (zur Beschreibung der einzelnen Indikatoren s. Anhang 13).

Analysiert man die durch die Sanierungsmodelle verursachten Emissionen auf ihre externen Kosten hin, spielt natürlich die von der Menge her größte Emission, die der Treibhausgase (CO₂-Äquivalente), auch die größte Rolle bei der Bildung des Kostenwertes. Die in Abbildung 22 dargestellten Ergebnisse dieser Berechnungen ergeben, dass die höchsten gesellschaftlichen Kosten entstehen, wenn starke Emissionen durch fossile Energieträger (Sanierungsmodell 1), durch säurebildende biogene Energieträger (Sanierungsmodell 3/Holzpelletfeuerung) oder durch größere Materialströme während Abriss- und Neubaumaßnahmen (wie in Sanierungsmodell 2) zu erwarten sind.

Umgekehrt sind die externen Kosten des Gebäudebetriebs gering, wenn Gebäudekonzepte und technische Maßnahmen die Verbräuche (und somit Emissionen) der Wärmebereitstellungssysteme merklich mindern oder über die Nutzung bestehender Gebäudestrukturen die sanierenden Baumaßnahmen in Grenzen gehalten werden können (beides ist der Fall in den hybriden Sanierungsmodellen 3 a+c+d, und 4 bis 6)

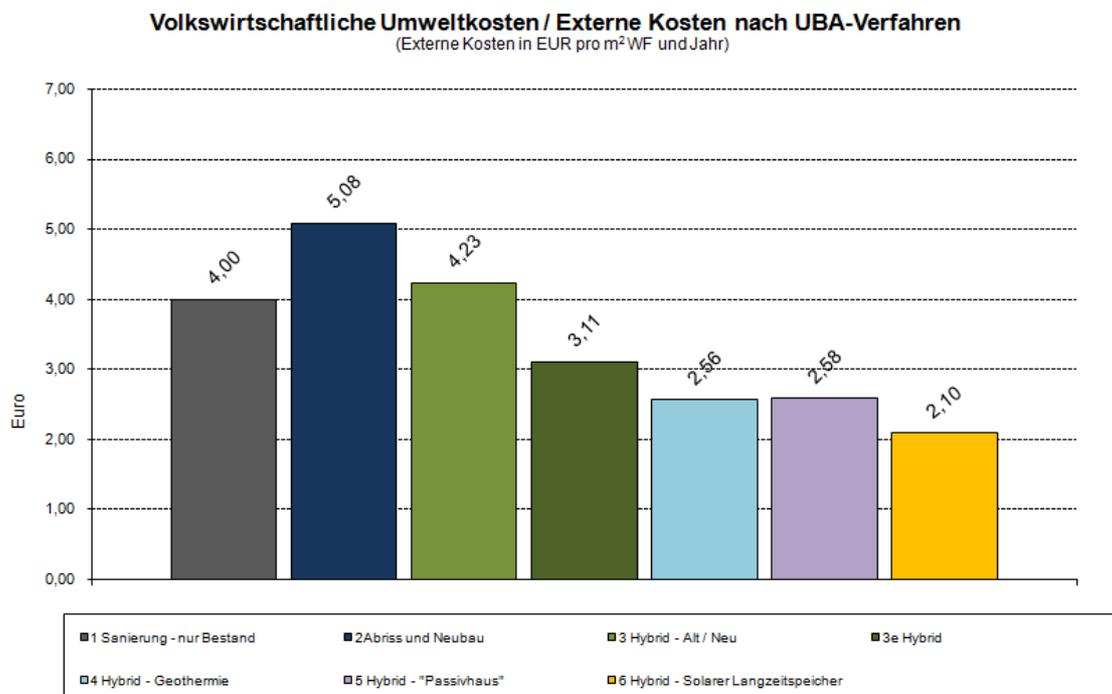


Abbildung 22: Externe Kosten der Sanierungsvarianten

5 FAZIT

In den folgenden Kapiteln werden Resümees zu den Fragestellungen des ersten Moduls A des Forschungsprojekts gezogen:

Zu dem Erfüllungsgrad der Ziele aus dem Förderantrag, zu den Ergebnissen im Demonstrationsprojekt Senefelderstraße, zu den daraus folgenden Entwicklungsmöglichkeiten eines Handlungsleitfadens ("Blaupause") für Nachhaltiges Bauen und nicht zuletzt zu den im Laufe der Musterplanung gewonnenen Erkenntnissen und den Aufgaben für die nächsten Arbeitsphasen des Projektes.

5.1 Umsetzung der Ziele des Förderantrags

In dem Förderantrag an den Klimakreis Köln wurden für das Modul A eine Reihe von Zielen formuliert, deren Erfüllungsgrad im Folgenden beschrieben wird:

Generelles Ziel

1. Das übergreifende Ziel der Studie war es, neben einer vertieften wirtschaftlichen Betrachtung, weitergehende Gesichtspunkte der Nachhaltigkeit wie Lebenszykluskosten, Ökobilanz und soziale nutzerbezogene Wirkungen in die Suche nach Sanierungsmodellen einzubeziehen. Dieses generelle Ziel wurde ohne Einschränkung erfüllt. Die in ihrer Erarbeitung sehr umfangreichen Voruntersuchungen wie auch die folgenden Schritte zu Bildung und Bewertung der Sanierungsmodelle umfassten alle drei Bereiche der Nachhaltigkeit. Sowohl die ökologischen und ökonomischen Dimensionen konnten mit zusätzlichen Kriterien bewertet werden. Ebenso wurden für die sozialen Wirkungen der Sanierung Bewertungskriterien entwickelt, die über die Frage der Warmmietkosten hinausgehen. Für diesen Bewertungsbereich ist gleichwohl noch Nachbearbeitungsbedarf für die Formulierung des Handlungsleitfadens festzustellen. Beispielsweise sind die Anforderungen an die Tageslichtverfügbarkeit bislang erst in den Vorbewertungen thematisiert worden und müssen als wichtiger Aspekt des Nutzerkomforts auch in der Untersuchung der Sanierungsmodelle berücksichtigt werden. Ebenso sind die in der Projektlaufzeit entstandenen Bewertungsverfahren der Wohnqualität in die Fertigstellung des Handlungsleitfadens in den Modulen B/C aufzunehmen (s. dazu Kap. 0).

Zentrale Ziele

Die im Förderantrag formulierten zentralen Ziele wurden wie folgt umgesetzt:

2. Es konnte anhand eines ausführlichen Planungsprozesses und mit Hilfe qualitativer und quantitativer Bewertungsverfahren gezeigt werden, dass *nachhaltige und klimafreundliche Sanierung von Bestandsbauten erfolgreich gelingen kann* (Zitat aus dem Förderantrag, s. a. Kap. 2). Die Ergebnisse des Moduls A ermöglichten der Wohnungsbaugesellschaft eine Entscheidung für ein Sanierungsmodell, zu dem der Bauantrag bereits gestellt wurde.
3. Diese Entscheidung wurde nach einer Lebenszykluskostenrechnung zusätzlich *ökonomisch anhand einer gleichzeitigen Wirtschaftlichkeitsberechnung* (Antragstext, s. hierzu Kap. 4.9.5.2) als rentabel nachgewiesen.

4. *Wie integrale Bauplanung im Dienste eines solchen Zieles genutzt werden kann und eine Voraussetzung für den Erfolg darstellt* wurde durch die Arbeit und die Outputs des interdisziplinären Planungsteams aufgezeigt. Die erreichten Ergebnisse wären ohne die kontinuierliche Mit- und Zuarbeit der Fachleute nicht erreicht worden (s. a. Kap. 3.1.8)
5. Ein zentrales Ergebnis des Moduls A ist außerdem die Vergleichsanalyse verschiedener technischer Varianten in den Sanierungsmodellen (s. Kap. 4.6 und 4.9). Mit dem angewandten Instrumentarium konnte nachgewiesen werden, *wie sich unterschiedliche technische Sanierungsvarianten bezüglich der erreichbaren Nachhaltigkeitsstandards und Klimateffizienz rechnerisch unterscheiden* (Antragstext).
6. Anhand des im Modul A entwickelten mehrstufigen Bewertungsprozesses, der sowohl lösungsoffenen Konzipierungsschritte, Pro-Contra-Analysen zum konkreten Sanierungsfall wie konkrete Bewertungsmethoden enthält konnte skizziert werden, *wie ein optimaler Ablauf der Entscheidungsprozesse und Bewertungsschritte für eine nachhaltige und klimafreundliche Sanierung von Bestandsbauten aussehen* (Antragstext, s. hierzu Kap. 3.1.2) können. Einschränkend muss aber angemerkt werden, dass dieser Prozess noch nicht zufriedenstellend beschreiben ist. Eine weitere Auswertung der bisherigen Arbeitsprozesse und die Erweiterung von Ablauf und Bewertungsmethoden werden Aufgaben für die weitere Arbeit an Dokumentation und Handlungsleitfaden wichtig sein (s. hierzu 5.6.1.1).
7. Als innovatives Element wurde im Modul A mit Hilfe des Planungsteams aus Architekten, Fachingenieuren, Nachhaltigkeitsexperten, Statiker und Bauherr *ein integrales transdisziplinäres Vorgehen* umgesetzt und nicht-konventionelle Instrumente, die eine ökologisch-ökonomische Beurteilung ermöglichen, entwickelt und angewandt (kursiv: Antragstext).
8. Die auf Grundlage der Musterplanung in Modul A entstandene Sanierungsvariante weist eine *technische Kombination aus Energiesystem, Lüftung und Gebäude-/Fassadenkonzept* auf, welche im Rahmen der ökonomischen Möglichkeiten des ausgewählten alltäglichen Sanierungsfalls Senefelderstraße als innovativ anzusehen ist (kursiv: Antragstext). Im Vergleich mit anderen Pilot- und Vorzeigeprojekten ist diese Einschränkung des Innovationsbegriffs von zentraler Bedeutung. Aus Sicht des Planungsteams wiesen im konkreten Fall neben dem letztendlich ausgewählten Sanierungsmodell (s. 5.2.3) anderen Sanierungsmodelle einen höheren Innovationsgrad und größere klimaschützende Wirkungen auf, waren aber angesichts von erhöhten Instandhaltungsaufwänden und Investitionskosten sowie ungünstigerer Renditen und Liquiditätsverläufen nicht durchsetzbar. Dieser Umstand der ökonomischen Innovationsgrenzen ist als wichtige Randbedingung in den Handlungsleitfaden für vergleichbare Vorhaben aufzunehmen.
9. Aus den in Modul A entwickelten Instrumenten des mehrstufigen Bewertungs- und Auswahlverfahrens (Kap. 3.1.2), der Konzipierung von Matrices zu lösungsoffenen Konzipierung und Pro-Contra-Analyse (siehe einleitenden Text zu Kap. 4) sowie den ebenfalls erarbeiteten Anforderungsprofilen konnte eine Übertragbarkeit *auf andere Bestandsanierungs-Projekte* (kursiv: Antragstext) geschaffen werden und ein Hand-

lungslaufplan bzw. die *Schaffung einer „Blaupause“ für klimaschonende nachhaltige Bestandsanierung, welche wird.*

Zusammenfassend sind sowohl mit dem Planungsteam konkrete Modelle und technische Bestandteile für die Musterplanung von Sanierungsmodellen zusammengestellt und ein erweitertes Bewertungsschema entwickelt worden, das neben der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung weitere ökonomische, ökologische sowie nutzerbezogene und soziale Aspekte der Sanierung verfügbar macht (s.a. in Kap. 2 „Wertziele“) und ein *Lösungsweg gefunden worden, der die Vielzahl der Varianten und der Einzelergebnisse ergebnisoffen einbezieht und integriert*. Damit wurde eine *erweiterte Entscheidungsbasis für den Bauherrn geschaffen* und ein *„Handlungslaufplan (Blaupause)“ für ein optimales umfassendes Bearbeiten ähnlicher Bestandsanierungen* erarbeitet (s.a. in Kap. 2 „Handlungsziele“).

Kommunikationsziele

Als kontinuierlich umzusetzendes Ziel des Vorhabens wurde im Förderantrag die Kommunikation der Ergebnisse durch *Konzept und Umsetzung Internetseite des Projektes und Referate auf Veranstaltungen in der Kölner Region (....)* als Ziel formuliert.

Beide Kommunikationsziele wurden erreicht (eine ausführliche Beschreibung findet sich in Kap. 5.6.1.2 auf Seite 123). Für die weitere Arbeit wird die Ergänzung des Handlungslaufplans im Internet sowie Publikationen in Fachzeitschriften und/oder als Buchveröffentlichung angestrebt.

5.2 Schlussfolgerungen für das Demonstrationsobjekt

Die in diesem Vorhaben angewandten Sondierungen und Untersuchungen ergaben in ihrer Gesamtheit eine erweiterte Entscheidungsgrundlage für den Bauherrn und eine Konkretisierung der zu erwartenden Nachhaltigkeit der Sanierung. Als Grundlagen dienten bildeten die folgenden thematischen und übergreifenden Schlussfolgerungen.

5.2.1 Fazits zu Einzelergebnissen

Im konkreten Fall der Gebäude in der Senefelderstraße zeigte sich: Egal wie man saniert – gegenüber dem Ist-Zustand ergibt jede Maßnahme einen enormen Zugewinn an Klimaschutz.

Das liegt natürlich auch an dem heutigen Zustand des Gebäudes. Die derzeitige „Wärmeversorgung“ mit mieter eigenen Heizgeräten auf Strom- bzw. Ölbasis ergibt in der Berechnung Verbrauchswerte, die noch deutlich über denen aktueller Studien zum Energieverbrauch von Bestandsgebäuden liegen (Arge Kiel 2011).

5.2.1.1 Energieverbrauch der Sanierungsmodelle

Die prognostizierten Endenergieverbräuche für die stellen eine deutliche Verminderung gegenüber dem heutigen unsanierten Zustand dar, in dem die Wärmeerzeugung durch Öfen, stromgespeiste Heizkörper und Durchlauferhitzer erfolgt. Der heutige Energieverbrauchswert wurde anhand der Bedarfsermittlungen (s. Kap. 4.5.1) für diese Energieträger hochgerechnet (80 Prozent Stromheizung, 20 Prozent Öfen und stromgespeiste Warmwassererzeugung) und liegt auf Grund dieser Versorgung mit einem jährlichen Endenergiebedarf von 475 kWh/qm WF x Jahr noch deutlich über den Zahlen aus Studien und Erhebungen zum Energieverbrauch von unsanierten Gebäuden. So gibt die aktuellste Studie als Energiekennzahl

199 kWh/qm WF/NF³³ für die zutreffende Baualtersgruppen der Mehrfamilienhäuser aus den Jahren 1918 bis 1945 als bundesdeutschen Durchschnittswert an (Arge Kiel 2011, S. 48). Andere Erhebungen aus den letzten Jahren gehen für dieses Gebäudealter von 224 (Discher et al. 2010) bis 300 kWh/qm NF/WF (Ecofys 2011) aus.

5.2.1.2 Einzelfazit Ökobilanz

Ausgehend von der derzeitigen Situation im Bestandsgebäude bescheinigen die Ergebnisse allen Sanierungsmodellen eine deutlich verbesserte Ökobilanzleistung gegenüber dem heutigen Betriebszustand. Insbesondere die Hybrid-Sanierungsmodelle weisen im Vergleich zu einer „konventionellen“ Bestandssanierung wie auch einem vollständigen Neubau nochmals verbesserte Werte auf.

Da in der Ökobilanz nicht nur die Betriebsphase sondern auch die innerhalb des Betrachtungszeitraums eingesetzten Baumaterialien in die Bewertung eingehen, sind innerhalb der Hybrid-Sanierungsmodelle Unterschiede zu verzeichnen – so weisen beispielsweise der notwendige Einsatz einer gasbetriebenen Wärmepumpe (bei Modell 4 Hybrid-Geothermie) oder auch der aufwändige Bau eines Langzeitspeichers (Modell 6 Hybrid – solarer Langzeitspeicher) gegenüber den Holzkesseln höhere Treibhausgas-Werte auf.

In der Gesamtbetrachtung aller vier Kenngrößen bilden die Sanierungsmodelle 1 und 4 (Sanieren im Bestand und die Geothermieausrüstung des Hybridgebäudes) die Schlusslichter einer der ökologischen Bewertung. Sie schneiden im wichtigen Aspekt der Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zu den anderen Modellen aufgrund ihres Einsatzes fossiler Energieträger (Erdgas) und ihrer teils aufwändigen Herstellung (Modell 4 mit den zusätzlichen Materialien der Erdwärmeanlage) und Instandhaltung (beispielsweise Austausch von Wärmepumpen) in der gewählten Betrachtungszeit schlechter ab.

Auch klare Vorteile der Energieeinsparungen durch extremere Dämmung (Modell 5 Passivhaus) oder hohe solare Autonomie des Gebäudes (Modell 6 Solarer Langzeitspeicher) werden durch den notwendigen Einsatz von Hilfsenergien (Strom im Falle des Passivhauskonzeptes) oder die hohen Materialströme (insbesondere die Betonwanne für den Langzeitspeicher und seine Isolierung und Edelstahlauskleidung) zur Umsetzung des Gebäudekonzeptes im Modell Solarer Langzeitspeicher konterkariert.

Im Ergebnis zeigen konsequenterweise die Sanierungsmodelle die besten Gesamtwerte, die auch in den einzelnen Wirkgrößen gute bis mittlere Werte aufweisen. Die Hybridmodelle 3 und 3 a+c+d erreichen die besten Durchschnittswerte, weil sie einen Mix aus dem Einsatz erneuerbarer Energie bei im Vergleich mäßigen Neubauaktivitäten und gleichzeitigem Erhalt der bestehenden Gebäudesubstanz darstellen. Dies führt sowohl bei den berechneten Treibhausgasen wie auch bei Primärenergieeinsatz zu einem sehr guten bis guten Ergebnis. Die ökologischen Nachteile eines erhöhten Versauerungspotenzials können diese vorteilhaften Werte nicht beeinträchtigen.

Das Modell 2 Abriss-Neubau kann dagegen die Vorteile regenerativer Energien (Holzpelletkessel) bei ganzheitlicher Sicht auf den Lebenszyklus nicht ausnutzen, da die durch die Entsorgung und Neubaumaßnahmen entstehenden Stoff- und Energieströme diesen positiven Effekt deutlich schmälern.

Insgesamt wird anhand der Ökobilanzergebnisse unter anderem sichtbar, dass die beiden „üblichen“ Vorgehensweisen der konventionellen gemäßigten Modernisierung oder eines

³³ Auf Grund der niedrigen Differenzen im Wohnungsbau wird bei den Referenzwerten nicht zwischen Wohn- und Nutzfläche unterschieden

kompletten Neubaus (Ersatzneubaus) im Vergleich zu der Hybrid-Lösung schlechter abschneiden, sowohl bei der Betrachtung der ökologischen Untersuchungsergebnisse als auch bei den ökonomischen und sozialen Bewertungskriterien.

Stellvertretend für die ökologischen Kriterien sei hier die Emission von Treibhausgasen im betrachteten Lebenszyklus genannt (s. Abbildung 12): hier weisen die Hybridmodelle deutlich bessere Werte (8,95 bis 10,88 kg CO₂-Äquivalente/m² Wohnfläche) auf als die Modelle der Abriss-Neubaus-Variante und der Sanierung im Bestand (12,16 und 34,32 kg CO₂-Äquivalente/m²).

Dieses relativ gute Abschneiden von Hybridvarianten trifft auch auf die meisten anderen Messgrößen der Ökobilanz zu – die Höhe des Primärenergieeinsatzes etwa liegt mit 116,26 – 144,29 versus 163,87 und 246,02 kWh/ m² Wohnfläche für die Modelle 4,5, und 6 klar günstiger.

Der angesichts seines extrem hohen Anteils an erneuerbaren klimaneutralen Energien erstaunlich hohe Wert für Treibhausgasemissionen für die Variante eines solaren Langzeitspeichers hat seine Ursache in der aufwändigen Konstruktion des Erdspeichers und seiner Materialien (Stahlbeton, Dämmung, Edelstahl und Sonden zur Wärmepumpe) – ein anderer Konstruktionsaufbau würde sicher günstigere Ergebnisse zeitigen.

Es zeigt sich aber auch, wie wichtig es ist, welche Art von Primärenergie verwendet wird, denn die Sanierungsmodelle mit den Holzpelletsystemen verbrauchen höhere Gesamtprimärenergiemengen als die mit Gasbrennwertkesseln, dafür sind sie aber zum größten Teil erneuerbar. Erst durch einen Blick auf die Anteile an erneuerbarer Primärenergie wird deutlich, dass die Holzpellet-Modelle auch hier Vorteile aufweisen (sie verfügen über einen Anteil von 62,95 bis 74,92 Prozent an erneuerbarer Primärenergie im Gegensatz zum „gasbetriebenen“ Modell 1 mit nur 4,60 Prozent). Nachteile haben die Holzpelletsysteme allerdings beim Parameter Versauerungspotenzial – durch ihre verstärkte Emission von Säurebildnern im Abgas kann ein günstiger Wert nicht erreicht werden.

5.2.1.3 Einzelfazits Lebenszykluskosten, Wirtschaftlichkeitsberechnung und externe Kosten

Zentrales Ergebnis der Lebenszykluskosten-Analyse ist, dass bei der methodischen Berücksichtigung von Herstellungs- und Folgekosten (Betrieb, Instandhaltung/Wartung, Entsorgung) die „ökologischen“, klimafreundlichen Varianten der Sanierung konkurrenzfähig geworden sind. In Form der Sanierungsmodelle 3 und 3a+c+d schneiden sie in dieser Vergleichsanalyse sogar etwas besser ab als die klassischen Optionen der Bestandssanierung mit geringen Eingriffen (Sanierung – nur Bestand) oder des Abrisses und Komplettneubaus.

Dies gilt in der Tendenz auch für die ergänzende Wirtschaftlichkeitsberechnung, die für Wohnungsunternehmen eine der zentralen Entscheidungshilfen darstellt (siehe Kap. 4.9.5.2).

Der Einfluss der oft in ihrer Größe umstrittenen Energiepreissteigerungen ist zwar spürbar, aber nicht so entscheidend für die Reihenfolge der Lebenszyklus-Gesamtwerte. Zwar finden bei höheren Preissteigerungsraten Angleichungen (s. Abbildung 18 und Abbildung 19) statt. Die investitionsintensiven energiesparenden Sanierungsmodelle werden günstiger, eine deutliche Veränderung der LCC-Gesamtwerte findet aber nicht statt.

Gute Lebenszyklus-Gesamtwerte bedeuten allerdings nicht automatisch die günstigsten Betriebskosten für die Nutzer bzw. Mieter s. Anhang 18). Die in Bezug auf die umlagefähigen Betriebskosten (Warmmieten) wie auch auf die Klimaschutzeffekte sehr guten Sanierungs-

modelle erfordern noch zu hohe renditemindernde Investitionskosten (Modelle 4, 5, 6) und sind in ihren Liquiditätsverläufen abhängig von den geringen Fördersummen, die seitens der KfW-Programme eingerechnet werden können.

Die Ergebnisse aus der Berechnung externer Kosten zeigen die Notwendigkeit, eine veränderte Förderpolitik zu debattieren. Die in der ökonomischen Bewertung sehr gut bis gut, in der Ökobilanz immerhin gut bewerteten Sanierungsmodelle mit Holzpellet-Anlagen verursachen durch ihren relativ hohen Anteil an Säurebildnern in der Emission (s. Abbildung 22) auch größere volkswirtschaftliche Kosten. Dieser Nachteil kann nur durch Optimierungen am Gebäude (Minderung des Energieverbrauchs, Modell 3 a+c+d) oder andere Energieträger (Modelle 4, 5, 6) ausgeglichen werden.

5.2.1.4 Einzelfazit Soziale Wirkungen der Sanierungsmodelle

5.2.1.4.1 Durchgängige Bewertung in allen Untersuchungsphasen

Soziale Kriterien wurden in allen drei Muster-Planungsphasen (Untersuchungsphasen) angewandt. Bewertet wurden soziale Wirkungen in der Sondierungsphase, bei der Auswahl von vertieft zu untersuchenden Sanierungsmodellen (Konfiguration) wie auch im Entscheidungsprozess zur Festlegung des tatsächlich umzusetzenden Sanierungsmodells.

Ausgehend von der Bewertung der Grundmodelle der Sanierung und der haus- und dämmtechnischen Bauteile wurde soziale Kriterien in die folgenden Arbeitsphasen übernommen und sukzessive um weitere ergänzt. In der Sondierungsphase wurde auf diese Weise sowohl auf der Ebene einzelner Bauteile wie auf der ganzen Gebäudemodelle bewertet. Bei der Konfiguration der Sanierungsmodelle zur weiteren Untersuchung und endgültigen Auswahl des zu bauenden Sanierungsmodells wurden die Ergebnisse zu den sozialen Kriterien als mit den ökologischen und ökonomischen Untersuchungsergebnissen erörtert.

Die sozialen Nachhaltigkeitskriterien sind im Folgenden noch einmal kurz zusammengefasst. Eine Übersicht aller angewandten sozial relevanten Kriterien wird in der folgenden Tabelle 24 auf Seite 97 gegeben.

5.2.1.4.2 Soziale Indikatoren auf Bauteilebene in der Sondierungsphase

In der Sondierungsphase werden der Ausgangszustand des Gebäudes und die möglichen Grundmodelle der Sanierung auf ihre Wirkungen in Bezug den bestehenden Verbesserungsbedarf und die heute anzunehmenden Mieterwünsche untersucht.

Auf der Ebene der Bauteile wurden soziale Kriterien angewandt um ihre Wirkungen auf die Mieter bzw. Nutzer des künftigen Gebäudes bewerten zu können. Erörtert wurden

1. die individuelle ökonomische Ebene der entstehenden Kosten durch die Investition in den Einbau und durch den Betrieb der Systeme (das heißt der Nebenkosten durch Betrieb, Wartung und Instandhaltung)
und
2. die Effekte auf die Lebensqualität, in diesem Fall die Wirkung der Systeme auf den Nutzerkomfort (Raumbedarf, akustische Emissionen, Tageslichtverfügbarkeit etc.).

5.2.1.4.3 Soziale Kriterien in der Nachhaltigkeitsbewertung der Bauteile auf Gebäudeebene

Um auch das Zusammenwirken der betrachteten Bauteile im *Gesamtmodell der Bauteile* bewerten zu können, wurden die Bauteile in einer gewichteten Nachhaltigkeitsbewertung³⁴ untersucht. Daraus ergibt sich die Möglichkeit eines direkten Vergleichs von potenziellen Kombinationen.

Die Untersuchung dieser Bauteil-Kombinationen wurden durch weitere Kriterien ergänzt: neben den bereits genannten wurden in diesem Untersuchungsschritt weitere nutzerbezogene soziale Aspekte bewertet. Zu diesen gehören die Möglichkeiten zur nutzerseitigen Steuerung und Information über die Haustechniksysteme der Wohnungen, die Wirkungen auf den Schallschutz oder die städtebauliche Qualität der Fassadendämmung.

5.2.1.4.4 Soziale Kriterien in der Konfiguration und Untersuchung der Sanierungsmodelle

Bei der Zusammenstellung (Konfiguration) der Sanierungsmodelle, die für weitere Untersuchungen ausgewählt wurden, spielen neben den zentralen Zielsetzungen der Sanierung die Ergebnisse der Sondierungsphase und damit auch die zu den sozialen Wirkungen eine wichtige Rolle. Einerseits indem sie bereits vorab zur Auswahl der infrage kommenden haus- und dämmtechnischen Bauteile beigetragen, zum zweiten indem sie nun ebenfalls implizit in den Zielsetzungen zur Konfiguration integriert sind (s. Seite 66 ff. - beispielweise durch die Zielsetzung „nur die bestbewerteten Komponenten zu berücksichtigen“).

Bewertet wurden im Verlauf der Studie die in Tabelle 24 auf der folgenden Seite zusammengefassten sozialen Wirkungen bzw. Aspekte.

Tabelle 24: Übersicht der bewerteten sozialen Aspekte

Soziales Kriterium / sozialer Aspekt	Bewertungszeitpunkt	Bewertungsebene
Individuelle auf die Nutzer (Mieter) bezogene soziale Aspekte		
Allgemeine Mieterinteressen und –wünsche	Sondierungsphase	Gebäude künftig
Verbesserungsbedarf für Nutzer/Mieter im Bestandsgebäude	Sondierungsphase: Erhebung Ist-Zustand	Gebäude aktuell
Interessensprofil künftiger Mieter aufgrund der Zielgruppenerwartung des Bauherren /oder der erfragten Erwartungen künftiger Nutzer/Mieter (durch Bauelemente potenziell erfüllten Erwartungen künftiger Nutzer/Mieter.)	Sondierungsphase: Nachhaltigkeitsbewertung von Bauteilen	Bauteile des künftigen Gebäudes und Gesamtmodell Bauteile
Wirkungen auf Mieter (Auszug – Wiedereinzug – Verbleib im Gebäude)	Sondierungsphase: Grundmodelle der Sanierung	Gebäudemodell

³⁴ Die Untersuchung möglicher Zusammenstellungen (Konfigurationen) technischer Systeme erfolgte mit Hilfe einer für diesen Zweck entwickelten Bewertungsmatrix (s. Kap. 4.7 ff.).

Soziales Kriterium / sozialer Aspekt	Bewertungszeitpunkt	Bewertungsebene
Grobeinschätzung zur Entwicklung der Mieten	Sondierungsphase: Grundmodelle der Sanierung	Gebäudemodell
Ökonomische Kosten für den Nutzer – Prognose-rechnung der Warmmieten (Mietzins plus Nebenkosten)	Auswahlphase: Prüfung Lebenszykluskosten	Gebäudemodell - Ausgewählte Sanie- rungsmodelle
Tageslichtversorgung	Sondierungsphase: Grundmodelle der Sanierung	Gebäudemodell
Technische Versorgungssicherheit für Wärme/Strom	Sondierungsphase: Lokale Energiepotenziale	Bauteile/Energieträger
Komforteffekte/-wirkung auf die Nutzer (z.B. räumliche Gewinne oder Verluste bzw. Flächenbedarf durch technische Anlagen/ Installationen / Speicher/Systeme)	Sondierungsphase: Bauteilbewertungen Haustechnik/Dämmung	Bauteile des künftigen Gebäudes und Gesamtmodell Bauteile
Preis für Herstellung der Anlagen – Effekt für die anzusetzenden Mietpreise (nach Sanierung)	Sondierungsphase: Bauteilbewertungen Haustechnik	Bauteile des künftigen Gebäudes
Preis (Betrieb) Betriebskosten – Effekte für die Nebenkosten (nach Sanierung)	Sondierungsphase: Lokale Energiepotenziale, Bauteil- bewertungen Haustechnik Auswahlphase: Prüfung Lebenszykluskosten	Bauteile des künftigen Gebäudes und Gesamtmodell Bauteile, ausgewählte Sanierungsmodelle
Hygiene	Wärmeerzeugungsoptionen, Lüftung, Warmwasserbereitung, Wärmeübergabe, Dämmung (Fassade)	Bauteile - Einzelbetrachtung
Nutzerwünsche, -erwartungen, -anforderungen (Einschätzung der durch Bauelemente potenziell erfüllten Erwartungen künftiger Nutzer/Mieter.)	Sondierungsphase: Nachhaltigkeitsbewertung – nutzer- bezogene Qualitäten	Bauteile und Gesamtmodell Bauteile
Steuerungsmöglichkeiten, Einflussnahme (Einordnung der von Bauelementen ermöglichten individuellen Einflussnahme durch den Nutzer auf die Haustechnik und Lüftung.)	Sondierungsphase: Bauteilbewertungen Haustechnik	Bauteile
Potenzial für Nutzerräume/Gemeinschaftsbereiche (Einschätzung der durch Bauelemente sich bietenden Flächenpotenziale für Nutzer- und Gemeinschaftsräume – (wohnungs- und nutzraumbezogener Raumbedarf der Systeme).)	Sondierungsphase: Nachhaltigkeitsbewertung – nutzer- bezogene Qualitäten	Gebäudemodell
Wohnkomfort je TGA-Einsatz Einschätzung der durch Bauelemente eintreten-	Sondierungsphase: Bauteilbewertungen	Gebäudemodell

Soziales Kriterium / sozialer Aspekt	Bewertungszeitpunkt	Bewertungsebene
den Veränderungen im Wohnkomfort – nur für Lüftung und Warmwasserbereitung angewandt (zentrale versus dezentrale Systeme.)	Haustechnik	
Tageslichtverfügbarkeit (Einschätzung der durch Bauelemente eintretenden Veränderungen im Tageslicht – nur für Dämmsysteme angewandt (Außen- versus Innendämmung).)	Sondierungsphase: Bauteilbewertungen Dämmung	Gebäudemodell
Thermischer Komfort Einschätzung der durch Bauelemente eintretenden Veränderungen im thermischen Komfort.	Sondierungsphase: Bauteilbewertungen Haustechnik/Dämmung	Gebäudemodell
Schallschutz Einschätzung der durch Bauelemente eintretenden Wirkungen auf den Schallschutz (Körperschall / Installationen, Luft- und Trittschall, Außenlärm).	Sondierungsphase: Bauteilbewertungen Haustechnik	Bauteile
Auf die Gesellschaft (Quartiers-, Stadt-, Gesamtgesellschaft) bezogene soziale Aspekte		
Externe Kosten (Volkswirtschaftliche – gesellschaftliche Umwelt- u. Gesundheitskosten)	Auswahlphase: Ökonomische Prüfung	Gebäudemodell, ausgewählte Sanierungsmodelle
Gestalterische Wirkung auf das Umfeld	Sondierungsphase: Grundmodelle für Sanierung, Außendämmung	Bauteile und Gesamtmodell Bauteile

5.2.1.4.5 Fazit: Soziale Nachhaltigkeit als entscheidungsrelevante Größe

Soziale, das heißt nutzerrelevante individuelle und gesellschaftliche auf das Gebäudeumfeld wirkende, Wirkungen spielten sowohl bei den Vorüberlegungen und Sondierungen und der Zusammenstellung von Sanierungsmodellen wie auch bei der endgültigen Auswahl der tatsächlich zu bauenden Variante eine wichtige Rolle. In Tabelle 24 wird eine Übersicht zu der Vielzahl der betrachteten Kriterien gegeben.

Ein klares Leitkriterium bildete die Frage der für den Nutzer entstehenden Nebenkosten (Warmmiete) – die Wahl des Sanierungsmodells 3 stellt aus Sicht der künftigen Nutzer wie auch des Eigentümers einen Kompromiss dar (unter den sieben untersuchten Sanierungsmodellen nimmt es in Punkto Nutzungskosten den Rang 5 von 7 ein). Hier setzt sich die traditionelle kaufmännische Logik der Wirtschaftlichkeitsberechnungen anhand von Investitionskosten gegenüber den Betrachtungen der langfristigen „Betriebskosten“ des Gebäudes (wie beispielsweise durch die Berechnung der Lebenszykluskosten, s. 84) durch. Berücksichtigt man aber alle umlagefähigen Kosten (s. Anlage 18) ergibt sich für Modell 3 eine verbesserte Position im Vergleich mit den anderen Sanierungsmodellen (Rang 4 von 7).

Entscheidungsrelevant waren aber auch die zahlreichen nicht-ökonomischen Wirkungen der Sanierungsmodelle wie der Nutzerkomfort: (Raumbedarf der technischen Systeme, Behag-

lichkeitsqualitäten, Bedienmöglichkeiten, Schallschutz), die Informationsmöglichkeiten für die Nutzer, Tageslichtverfügbarkeiten in den Sanierungsmodellen usw.

Soziale Wirkungen auf das Umfeld sind dagegen hauptsächlich über die gestalterischen Aspekte der Fassadengestaltungswaren der Straßenseite und die Wirkungen der technischen Installationen in den Innenräumen erfasst worden – in der folgenden Tabelle 25 wird auf den nächsten Seiten ein Überblick über die Untersuchungsergebnisse sozialen Aspekte gegeben, die in den unterschiedlichen Planungsphase bewertet oder thematisiert wurden.

Fasst man die auf Bauteil- und Gebäudemodellebene bewerteten sozialen Aspekte auf diese Weise zusammen, ergibt sich zwar ein guter Überblick, für einen Rückschluss auf *eine Gesamtnote* in punkto soziale Güte sind die einzelnen Wirkungskategorien aber zu unterschiedlich. Eine derartige Benotung wurde nur innerhalb der umfassenden Nachhaltigkeitsbewertung der Bauteile als sinnvoll erachtet. Die in Tabelle 25 aufgeführten Ergebnisse stellen dementsprechend eine Mischung aus qualitativen Bewertungen aufgrund von Erfahrungswissen und quantitativen Bewertungen aufgrund berechenbarer Größen dar. Zu beachten ist auch, dass einige Kriterien nicht bewertet wurden, da sie entweder erst zu einem späteren Zeitpunkt entschieden werden (Beispiele sind die Möglichkeiten für Car-Sharing oder Fahrradkomfort) oder noch keine Einigkeit über die Möglichkeit ihrer Einschätzung gegeben war (Beispiel Tageslichtverfügbarkeit).

Es lassen sich aufgrund der genannten Disparität der Aspekte allenfalls Bewertungsgruppen abbilden, die gemeinsam mit den nutzer-ökonomischen Kriterien der Sanierungsmodelle (Mietzins/Nebenkosten) ein Bild der sozialen Qualität ergeben. Es ist auch daran zu erinnern, dass die sozialen Aspekte innerhalb der Auswahlkriterien für das zu bauende Modell zudem nur einen Bewertungsaspekte neben vielen anderen darstellten. Die Bewertungszusammenfassung in der folgenden Tabelle 25 zeigt, dass das ausgewählte Sanierungsmodell (Nr. 3) einen Kompromiss in Form einer mittleren Güte sozialer Kriterienerfüllung darstellt, nicht zuletzt auch deshalb, weil die ökonomische Bewertung für viele Investitionsentscheidungen weiterhin eine Leitrolle spielt. Beide Erkenntnisse spiegeln sich im nächsten Kapitel in der alle Ergebnisse zusammenfassende *Tabelle 26: Gesamtbewertung der Sanierungsmodelle* – die Ergebnisse aus den Vorüberlegungen und Vertiefungsphasen sind in die Zeile *Nachhaltigkeitsbewertung* eingeflossen, in Punkto Nutzungskosten Mieter sind dort alle umlagefähigen Kosten berücksichtigt (Tabelle 25 umfasst nur die Betriebskosten).

Tabelle 25: Übersicht der Bewertungen von sozialen Aspekten

Übersicht: Bewertungen sozialer Aspekte und Wirkungen der ausgewählten Sanierungsmodelle - Beispiel Senefelderstraße -							
Modell	1	2	3	3 a+c+d	4	5	6
	Sanierung Altbau	Abriss und Neubau	Hybrid (Altbau+Anbau)	Hybrid	Hybrid	Hybrid	Hybrid
			Minimale Dämmung	Maßnahmen a + c + d	Geothermie	Passivhaus	Solarer Langzeitspeicher
Soziale Bewertungsaspekte aus den Vorüberlegungen							
lokale Energiepotenziale	keins - Gas	keins - Holzpellets	keins - Holzpellets	keins - Holzpellets	Erdwärme	keins - Gas	solare Wärme
Versorgungssicherheit	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch
Wirkung auf die Nutzer	Heizkörper, Raumverlust	Heizkörper, Raumverlust	Heizkörper, Raumverlust	Heizkörper, Raumverlust	Fußbodenheizung, Raumgewinn	Fußbodenheizung, Raumgewinn	Fußbodenheizung, Raumgewinn
Preis (Betrieb)	eher günstig	günstig	günstig	günstig	günstig	günstig	sehr günstig
Grundmodelle							
Wirkungen auf heutige Mieter (Auszug-Einzug nötig)	Mieter können wieder einziehen	Mieter müssen raus, neue Mieterzielgruppen wahrscheinlich	Mieter müssen raus, zum Teil neue Mieterzielgruppen wahrscheinlich	Mieter müssen raus, zum Teil neue Mieterzielgruppen wahrscheinlich	Mieter müssen raus, zum Teil neue Mieterzielgruppen wahrscheinlich	Mieter müssen raus, zum Teil neue Mieterzielgruppen wahrscheinlich	Mieter müssen raus, zum Teil neue Mieterzielgruppen wahrscheinlich
Mieten	geringe Erhöhung der Mieten	Erhöhung der Mieten	Erhöhung der Mieten	Erhöhung der Mieten	Erhöhung der Mieten	Erhöhung der Mieten	Erhöhung der Mieten
Tageslichtversorgung	unverändert	verbessert	verbessert im Anbau				

Übersicht:							
Bewertungen sozialer Aspekte und Wirkungen der ausgewählten Sanierungsmodelle - Beispiel Senefelderstraße -							
Modell	1	2	3	3 a+c+d	4	5	6
	Sanierung Altbau	Abriss und Neubau	Hybrid (Altbau+Anbau)	Hybrid	Hybrid	Hybrid	Hybrid
			Minimale Dämmung	Maßnahmen a + c + d	Geothermie	Passivhaus	Solarer Langzeitspeicher
Soziale Bewertungsaspekte aus der Vertiefungsphase 1							
Wärmeerzeugung	Gasbrennwertkessel für Heizung und Warmwasser	Holzpelletkessel für Heizung und Warmwasser	Holzpelletkessel für Heizung und Warmwasser	Holzpelletkessel für Heizung und Warmwasser	Erdwärmesonden und Wärmepumpe,	Gasbrennwertkessel für Luftheizung	Solarkollektoren über saisonalen Speicher,
Verfügbarkeit Energieträger	Gute Verfügbarkeit	Gute Verfügbarkeit, aber Anlieferung in enger Straßelage ist zu beachten	Gute Verfügbarkeit, aber Anlieferung in enger Straßelage ist zu beachten	Gute Verfügbarkeit, aber Anlieferung in enger Straßelage ist zu beachten	Verfügbarkeit ist gegeben	Gute Verfügbarkeit	Gute Verfügbarkeit
Versorgungssicherheit	gut	gut – aber auch Spitzenlast-Ausgleich durch zweite Anlage (Gas) im Haus nötig	gut – aber auch Spitzenlast-Ausgleich durch zweite Anlage (Gas) im Haus nötig	gut – aber auch Spitzenlast-Ausgleich durch zweite Anlage (Gas) im Haus nötig	gut – aber auch Spitzenlast-Ausgleich durch zweite Anlage (Gas) im Haus nötig	gut	gut – aber bei 100 Prozent-Versorgung Wärmespeicher nötig und Spitzenlast-Ausgleich durch zweite Anlage (Gas) im Haus
Flächenbedarf Speicher/Systeme	Moderat - Gasbrennwert-Kessel im Kellerraum	Eher hoch - , Holzpellet-Kessel und Pelletlager im Keller	Eher hoch - , Holzpellet-Kessel und Pelletlager im Keller	Eher hoch - , Holzpellet-Kessel und Pelletlager im Keller	Moderat - Wärmepumpe und Gasbrennwert Keller-raum	Moderat - Gasbrennwert-Kessel im Kellerraum	Eher hoch, Langzeitspeicher in Garten, Kollektoren auf dem Dach
Preis (Betrieb)	moderat	günstig	günstig	günstig	günstig	moderat	Sehr günstig
Finanzielle Wirkung für Mieter	Nebenkosten erhöht	Nebenkosten erhöht	Nebenkosten erhöht	Nebenkosten erhöht	Nebenkosten erniedrigt	Nebenkosten leicht erhöht	Nebenkosten erniedrigt
Wirkung auf die Nutzer	Heizkörper, Raumverlust -Normaler Komfort durch Heizkörper	Heizkörper, Raumverlust -Normaler Komfort durch Heizkörper	Heizkörper, Raumverlust -Normaler Komfort durch Heizkörper	Heizkörper, Raumverlust -Normaler Komfort durch Heizkörper	Raumgewinn - Erhöhter Komfort durch Fußbodenheizung aber trägere Reaktion	Heizkörper, Raumverlust -Normaler Komfort durch Heizkörper	Raumgewinn - Erhöhter Komfort durch Fußbodenheizung aber trägere Reaktion

Übersicht:							
Bewertungen sozialer Aspekte und Wirkungen der ausgewählten Sanierungsmodelle - Beispiel Senefelderstraße -							
Modell	1	2	3	3 a+c+d	4	5	6
	Sanierung Altbau	Abriss und Neubau	Hybrid (Altbau+Anbau)	Hybrid	Hybrid	Hybrid	Hybrid
			Minimale Dämmung	Maßnahmen a + c + d	Geothermie	Passivhaus	Solarer Langzeitspeicher
Lüftung	Badezimmer-Abluft plus Nachströmöffnungen Fenster ohne Wärmerückgewinnung	Badezimmer-Abluft plus Nachströmöffnungen Fenster ohne Wärmerückgewinnung	Badezimmer-Abluft plus Nachströmöffnungen Fenster ohne Wärmerückgewinnung	hauszentrale Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung	hauszentrale Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung	dezentrale Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung	hauszentrale Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung
Wirkung auf die Nutzer	keine individuelle Regelbarkeit möglich	keine individuelle Regelbarkeit möglich	keine individuelle Regelbarkeit möglich	keine individuelle Regelbarkeit möglich	keine individuelle Regelbarkeit möglich	keine individuelle Regelbarkeit möglich	keine individuelle Regelbarkeit möglich
Flächenbedarf Speicher/Systeme	Gering – Technikraum DG	Gering – Technikraum DG	Gering – Technikraum DG	Gering – Technikraum DG	Gering – Technikraum DG	Gering – Technikraum DG	Gering – Technikraum DG
Preis (Betrieb)	günstig	günstig	günstig	günstig	günstig	günstig	günstig
Finanzielle Wirkung auf Mieter	Miete leicht erhöht und Nebenkosten niedriger	Miete leicht erhöht und Nebenkosten niedriger	Miete leicht erhöht und Nebenkosten niedriger	Miete leicht erhöht und Nebenkosten niedriger	Miete leicht erhöht und Nebenkosten niedriger	Miete leicht erhöht und Nebenkosten niedriger	Miete leicht erhöht und Nebenkosten niedriger
Wassererwärmung	Zentral	Zentral	Zentral	Zentral	Dezentral, solar unterstützt	Zentral	Zentral, im Winter Pelletkessel
Flächenbedarf Speicher/Systeme	Gering - in Wohnungen, hoch im Technik- bzw. Heizraum im Keller	Gering - in Wohnungen, hoch im Technik- bzw. Heizraum im Keller	Gering - in Wohnungen, hoch im Technik- bzw. Heizraum im Keller	Gering - in Wohnungen, hoch im Technik- bzw. Heizraum im Keller	Gering - in Wohnungen, in Wandkonstruktion verborgen	Gering - in Wohnungen, hoch im Technik- bzw. Heizraum im Keller	Gering - in Wohnungen, hoch im Technik- bzw. Heizraum im Keller
Wartungs- und Betriebsaufwand	geringer Wartungsaufwand	geringer Wartungsaufwand	geringer Wartungsaufwand	geringer Wartungsaufwand	geringer Wartungsaufwand	geringer Wartungsaufwand	geringer Wartungsaufwand
Preis (Betrieb)	durchschnittlich	durchschnittlich	durchschnittlich	durchschnittlich	günstig	durchschnittlich	durchschnittlich
Finanzielle Wirkung auf Mieter	Miete erhöht und Nebenkosten leicht erhöht	Miete erhöht und Nebenkosten leicht erhöht	Miete erhöht und Nebenkosten leicht erhöht	Miete erhöht und Nebenkosten leicht erhöht	Miete leicht erhöht und Nebenkosten niedriger	Miete erhöht und Nebenkosten leicht erhöht	Miete erhöht und Nebenkosten leicht erhöht
Hygiene	Hygiene erfordert Temperatur >= 60°C	Hygiene erfordert Temperatur >= 60°C	Hygiene erfordert Temperatur >= 60°C	Hygiene erfordert Temperatur >= 60°C	Kaum hygienische Probleme	Hygiene erfordert Temperatur >= 60°C	Hygiene erfordert Temperatur >= 60°C

Übersicht:							
Bewertungen sozialer Aspekte und Wirkungen der ausgewählten Sanierungsmodelle - Beispiel Senefelderstraße -							
Modell	1	2	3	3 a+c+d	4	5	6
	Sanierung Altbau	Abriss und Neubau	Hybrid (Altbau+Anbau)	Hybrid	Hybrid	Hybrid	Hybrid
			Minimale Dämmung	Maßnahmen a + c + d	Geothermie	Passivhaus	Solarer Langzeitspeicher
Wirkung auf die Nutzer	Erhöhter Komfort durch Anlage ohne Platzbedarf	Erhöhter Komfort durch Anlage ohne Platzbedarf	Erhöhter Komfort durch Anlage ohne Platzbedarf				
Wärmeübergabe	Heizkörper	Heizkörper	Heizkörper	Heizkörper	Flächenheizung	Flächenheizung	Flächenheizung
Flächenbedarf Speicher/Systeme	Gering - in Wohnungen	Kein Flächenbedarf – in Wohnungen	Kein Flächenbedarf – in Wohnungen	Kein Flächenbedarf – in Wohnungen			
Preis (Betrieb)	Durchschnittlich (HT)	Durchschnittlich (HT)	Durchschnittlich (HT)	Durchschnittlich (HT)	Gering (NT)	Gering (NT)	Gering (NT)
Finanzielle Wirkung auf Mieter	Miete durch Investitionsumlage leicht erhöht	Miete durch Investitionsumlage leicht erhöht, Nebenkosten niedriger	Miete durch Investitionsumlage leicht erhöht, Nebenkosten niedriger	Miete durch Investitionsumlage leicht erhöht, Nebenkosten niedriger			
Wirkung auf die Nutzer	Erhöhter Komfort durch individuelle Regelbarkeit, relativ kurze Reaktionszeiten für Temperaturänderungen	Erhöhter Komfort durch individuelle Regelbarkeit, relativ kurze Reaktionszeiten für Temperaturänderungen	Erhöhter Komfort durch individuelle Regelbarkeit, relativ kurze Reaktionszeiten für Temperaturänderungen	Erhöhter Komfort durch individuelle Regelbarkeit, relativ kurze Reaktionszeiten für Temperaturänderungen	Erhöhter Komfort durch individuelle Regelbarkeit und Anlage ohne Platzbedarf. Lufttemperaturen können abgesenkt werden - angenehme Empfindung Regelverluste größer als bei Heizkörper	Erhöhter Komfort durch individuelle Regelbarkeit und Anlage ohne Platzbedarf. Lufttemperaturen können abgesenkt werden - angenehmere Empfindung Regelverluste größer als bei Heizkörper	Erhöhter Komfort durch individuelle Regelbarkeit und Anlage ohne Platzbedarf. Lufttemperaturen können abgesenkt werden - angenehme Empfindung Regelverluste größer als bei Heizkörper

Übersicht:							
Bewertungen sozialer Aspekte und Wirkungen der ausgewählten Sanierungsmodelle - Beispiel Senefelderstraße -							
Modell	1	2	3	3 a+c+d	4	5	6
	Sanierung Altbau	Abriss und Neubau	Hybrid (Altbau+Anbau)	Hybrid	Hybrid	Hybrid	Hybrid
			Minimale Dämmung	Maßnahmen a + c + d	Geothermie	Passivhaus	Solarer Langzeitspeicher
Dämmung	12 cm Außen-dämmung	12 cm Außen-dämmung	12 cm Außen-dämmung	6 cm Innendämmung Straßenseite plus 12 cm Außendämmung	12 cm Außen-dämmung	25 cm Außen-dämmung	6 cm Innendämmung Straßenseite plus 12 cm Außendämmung
Flächen- und Raumbedarf	Kein Flächenbedarf – in Wohnungen	Kein Flächenbedarf – in Wohnungen	Kein Flächenbedarf – in Wohnungen	Geringer Flächenbedarf - in Wohnungen	Kein Flächenbedarf – in Wohnungen	Kein Flächenbedarf – in Wohnungen	Geringer Flächenbedarf - in Wohnungen
Wirkungen auf den Mieter	Miete durch Investitionsumlage leicht erhöht	Miete durch Investitionsumlage leicht erhöht	Miete durch Investitionsumlage leicht erhöht	Miete durch Investitionsumlage leicht erhöht			
Wirkung auf die Nutzer	keine	keine	keine	Eventuell Einschränkungen der Möblierung auf der Straßenseite	keine	keine	Eventuell Einschränkungen der Möblierung auf der Straßenseite

Übersicht: Bewertungen sozialer Aspekte und Wirkungen der ausgewählten Sanierungsmodelle - Beispiel Senefelderstraße -							
Modell	1	2	3	3 a+c+d	4	5	6
	Sanierung Altbau	Abriss und Neubau	Hybrid (Alt-bau+Anbau)	Hybrid	Hybrid	Hybrid	Hybrid
			Minimale Dämmung	Maßnahmen a + c + d	Geothermie	Passivhaus	Solarer Langzeitspeicher
Nutzerbezogene Qualitäten aus der Nachhaltigkeitsbewertung aus Vertiefungsphase 2 (Durchschnittswerte gemäß den Einzelbewertungen)							
Durchschnittswerte aus den folgenden Einzelaspekten (graue Schrift = Aspekte wurden erörtert aber nicht mit "Noten" bewertet)	Bewertungen des Planerteams - "Durchschnittsnoten"						
Durchschnittswerte der u.g. Kriterien	2,81	2,75	2,75	2,77	2,41	2,97	2,68
Nutzerwünsche, -erwartungen, -anforderungen							
Nutzerseitige Steuerungsmöglichkeiten, Einflußnahme							
Eignung für Nutzerinfosysteme für Energie, Wärme, Verbrauch							
Potenzial für Nutzerräume/Gemeinschaftsbereiche							
Fahrradkomfort							
KfZ-Stellplätze							
Carpool, Carsharing-Stellplätze							
Behindertenfreundlichkeit							
Wohnkomfort je TGA-Einsatz							
Tageslichtverfügbarkeit							
Thermischer Komfort							
Schallschutz							

Übersicht: Bewertungen sozialer Aspekte und Wirkungen der ausgewählten Sanierungsmodelle - Beispiel Senefelderstraße -							
Modell	1	2	3	3 a+c+d	4	5	6
	Sanierung Altbau	Abriss und Neubau	Hybrid (Alt-bau+Anbau)	Hybrid	Hybrid	Hybrid	Hybrid
			Minimale Dämmung	Maßnahmen a + c + d	Geothermie	Passivhaus	Solarer Langzeitspeicher
Gestalterische Qualitäten aus der Nachhaltigkeitsbewertung aus Vertiefungsphase 2 (Durchschnittswerte gemäß den Einzelbewertungen)							
Durchschnittswerte aus den folgenden Einzelaspekten (graue Schrift = Aspekte wurden qualitativ erörtert aber nicht mit "Noten" bewertet)	Bewertungen des Planerteams - "Durchschnittsnoten"						
Durchschnittswerte der u.g. Kriterien	3,10	3,35	3,35	2,98	3,23	3,10	2,60
Fassade	3,5	3,5	3,5	2,75	3,5	4	2,75
Innenräume (Aggregate, abgehängte Decken usw.)	2,71	3,21	3,21	3,21	2,95	2,21	2,46
Integration auf Quartiersebene							
Einfügen ins Straßenbild							
Soziale nutzerbezogene ökonomische Qualitäten aus der Nachhaltigkeitsbewertung der Sanierungsmodelle (Durchschnittswerte gemäß den Einzelbewertungen)							
Nebenkosten (vollständige Kosten inkl aller umlagefähigen Kosten s. Anhang 18)							
Kosten Betrieb in Euro/qm WF	7,27	5,9	5,03	2,86	4,02	2,17	1,44
Rang	7	6	5	3	4	2	1
Externe Kosten							
Kosten Euro/qm WF	4	5,08	4,23	3,11	2,56	2,58	2,1
Rang	5	7	6	4	2	3	1

5.2.2 Integriertes Fazit – Gesamtschau

In der Gesamtbewertung können sich die Hybrid-Sanierungsmodelle mit Holzpelletsystemen (Modelle 3 und 3 a+c+d) behaupten, obwohl sie den Hybridvarianten Geothermie (Modell 4), Passivhaus (Modell 5) und solarer Langzeitspeicher (Modell 6) in Puncto erneuerbare Energieträger unterliegen. Das liegt auch daran, dass diese Systeme (Sanierungsmodelle 3 und 3 a+c+d) aufgrund ihrer vergleichsweise günstigen Betriebskosten bzw. Nebenkosten (5,03 bzw. 2,86 Euro/m² Wohnfläche) die Modelle 1 und 2 übertreffen und nur ihre niedrigeren Herstellungskosten sie auch gegenüber den noch günstigeren Geothermie-, Passivhaus- und Langzeitspeicher-Varianten in Vorteil bringen (s. Abbildung 18 - die Unterschiede in der Instandhaltung sind nicht so groß).

Gegenüber der Abriss-Neubau-Variante ist diese Best-Platzierung außerdem dadurch begründet, dass die Bestandssubstanz erhalten bleibt, mit dem angefügten Neubau und den drei neuen Penthäusern technisch aufgerüstet wird. Hierdurch wird Sanierungsmodell 3 in der Rendite- und Liquiditätsbewertung mit einem Bestwert versehen. Es entstehen zusätzliche Wohnflächen und die für den Bauherrn benötigten Eigenmittel können durch zusätzliche Fördermittel niedriger ausfallen.

Einer der Kernpunkte des Vorhabens war die Musterplanung („Vor-HOAI-Phase“) von Sanierungsvarianten und die Überprüfung ihrer Nachhaltigkeits-Güte anhand von Ökobilanz- und Lebenszykluskostenanalysen, sozialer Nachhaltigkeitsaspekte mit Hilfe der Auswertung der Bewertungsmatrix Nachhaltigkeit sowie ihrer Wirtschaftlichkeit (nach GAG-Verfahren).

Im Folgenden (Tabelle 26) sind die zentralen Ergebnisse der Untersuchungen zu den insgesamt sieben analysierten Sanierungsmodellen wiedergegeben. In der Darstellung der Tabelle 26 werden die bereits vorgestellten Einzelergebnisse noch einmal in ihrer Rangfolge abgebildet. Die Ränge 1 bis 3 sind in heller werdenden Grüntönen, der mittlere Rang 4 in schwachem Lila und die Ränge 5 bis 7 in dunkler werdenden Orange-Rot-Tönen gezeigt. Beispielsweise erreicht das Sanierungsmodell 3 im Variantenvergleich in Puncto Wirtschaftlichkeit den ersten, in Puncto Externe Kosten nur den fünften Rang.

Tabelle 26:
Gesamtbewertung der Sanierungsmodelle

Sanierungsmodell	1	2	3	3 a+c+d	4	5	6
Lebensdauer	40 Jahre	80 Jahre	60 Jahre				
Anzahl WE	35	35	35	35	35	35	35
Wohnfläche [m ²]	1.862,79	2.700,00 m ²					
Ø-Miete [EUR/ m ²]	9,50	11,00 EUR					
Investitionskosten [EUR]	2.586.156	6.253.456	5.180.337	5.459.197	5.507.149	5.754.721	6.106.877
EUR je m ² Wohnfläche	1.388	2.316	1.919	2.022	2.040	2.131	2.262
Wirtschaftlichkeit (Rendite + Liquidität)	7	4	1	2	3	5	6
Ökobilanz	7	5	1	2	6	3	4
Lebenszykluskosten	2	7	1	3	4	5	6
Externe Kosten	6	7	5	4	2	3	1
Nutzungskosten Mieter	7	6	4	3	1	5	2
Nutzungskosten Eigentümer	1	6	4	3	4	5	2
Gesamtnutzungskosten	3	7	5	2	6	4	1
Gestalterische Qualität (Bewertung von Einzelelementen/Hülle)	1	3	2	1	2	3	2
Nachhaltigkeitsbewertung Haustechnik	3	3	3	2	1	2	1
Technische Machbarkeit	1	2	1	2	2	3	3

5.2.3 Stand der Umsetzung – Evaluation und Bauherrntscheidung

Nach Abschluss des Moduls A der Musterplanung stellte die GAG ein Team zusammen, das die Kostensicherheit nachprüfen, eine erste Einschätzung möglicher Planungsoptionen und für eine Bauentscheidung notwendige Ergänzungen wie Tiefgarage u.a. prüfen sollte. Geprüft wurden insbesondere die in der Bewertung nah beieinander liegenden Sanierungsmodelle 2 und 3 (Abriss-Neubau- und Hybrid-Lösungen). Nach dieser investitionsorientierten Evaluation der Projektergebnisse wurde seitens der GAG entschieden, das Sanierungsmodell 3 praktisch umzusetzen. Der Baubeginn soll in 2013 erfolgen.

5.3 Übertragbarkeit der Erfahrungen auf einen Handlungsleitfaden

Unabhängig vom hier behandelten Demonstrationsprojekt Senefelderstraße haben sich Aufbau und Ablauf zur Planung einer nachhaltigen Bestandsanierung insgesamt bewährt. Er ist aus Sicht der Autoren übertragbar auf ähnliche Vorhaben, Altbausubstanzen im Wohnungsbau zu sanieren bzw. ertüchtigen.

Anhand des entworfenen mehrstufigen Auswahl- und Bewertungsprozesses (s. Kap. 3.1.2) und der mit diesem gemachten Erfahrungen zur Übertragbarkeit (s. Kap. 5.3) der Arbeitsschritte konnte ein Handlungsleitfaden³⁵ für die Planungsphase einer Bestandssanierung skizziert werden. Anhand der Prozessschritte im Demonstrationsvorhaben lassen sich die Bedingungen für eine Übertragung auf ähnliche Sanierungsprojekte konkretisieren:

5.3.1 Ablaufplan, Bewertungsprozess und Methodenrepertoire

Der entworfene dreistufige Ablaufplan und die für diese vorgeschlagenen Methoden haben sich bewährt. Das Vorschalten von zwei sich in ihrer Untersuchungstiefe (s. Kap. 3.1.7) steigenden Voruntersuchungs- und Sondierungsphasen erleichtern die Auswahl nachhaltiger Bauelemente (und -konzepte) und die Bildung von Sanierungsmodellen vor ihrer Detailuntersuchung und machen den Arbeitsaufwand auch für alltägliche Sanierungsvorhaben handhabbar.

Insbesondere die im Bewertungsprozess eingesetzten Instrumente der

- a. morphologischen Matrix,
- b. der Pro-Contra-Analyse und
- c. der Nutz-Wert-Analyse

und ihre jeweiligen Bewertungskriterien erlauben eine einfache Anwendung in ähnlichen Vorhaben nachhaltigen Bauens.

Mit ihrer Hilfe wird ermöglicht, dass alle Arbeitsschritte in denen es um die Zusammenstellung von technischen und baulichen Optionen³⁶ geht, mit Hilfe von nachvollziehbaren Verfahren eine Auswahl und Bewertung vorgenommen werden kann.

Erreicht wurde hierdurch eine integrierende Nachhaltigkeitsbewertung der Hauptelemente von Baukonstruktion und Haustechnik als Grundlage für die Bildung von Sanierungsmodellen, die als Gebäudekonzepte einem dritten detaillierteren Untersuchungsschritt (Ökobilanz, Wirtschaftlichkeitsrechnung etc., siehe Kapitel) unterworfen wurden.

5.3.2 Zusammensetzung des Projektteams

Das hier vorgeschlagene Vorgehen zum nachhaltigen Sanieren erfordert, wie jedes denkbare andere, einen integralen Planungsansatz und die kontinuierliche Bearbeitung durch ein interdisziplinäres Planungsteam, um die beschriebene kostengünstige Sondierung und Untersuchung zu ermöglichen. Erforderlich sind die Expertisen Architektur, Bauphysik, Haus-

³⁵ Eine nur schematische Übertragbarkeit der Sanierungsmodelle und Ergebnisse aus dem Demonstrationsvorhaben scheidet angesichts der spezifischen Probleme jedes Bestandssanierungsvorhaben vor vorneherein aus.

³⁶ als Darlegung der prinzipiellen Möglichkeiten (in Bezug auf Technik, Nachhaltigkeit, Sozialverträglichkeit etc.) von Bestandsanierungen.

technik/Technische Gebäudeausrüstung, Energieplanung und Nachhaltigkeit/Nachhaltiges Bauen (LCA, LCC). Eine solche Integration ist auch deswegen sinnvoll, um die weiteren Schritte der Untersuchung von Sanierungsmodellen effektiver zu gestalten, denn die Analysen zu Ökobilanz, Lebenszykluskosten und gesellschaftlichen/externen Kosten erfordern diese Expertisen ebenfalls.

5.3.3 Lokale Energie-Potenziale

Die eingehende Analyse der örtlichen Möglichkeiten ist ein wichtiges und einfaches Instrument zur Nutzung eventuell vorhandener Synergien und/oder ortsspezifischer Energiepotenziale, welche nach einhelliger Meinung der Teammitglieder noch viel zu selten genutzt wird. Und so die Entdeckung neuer Möglichkeiten und Techniken für Bauvorhaben verhindert.

Die im Demonstrationsvorhaben ausgeschlossenen Möglichkeiten von Energiepartnerschaften zur Nutzung von Wärmeüberschüssen aus der Nachbarschaft ist eine für jedes Vorhaben interessante Option, die mit entsprechendem zeitlichen Vorlauf vielversprechend sein kann und auf jeden Fall eine ebenfalls übertragbare Option ist. In der Untersuchung wurden weitere Optionen, wie die Nutzung der Abwärme des Abwassers thematisiert, aufgrund des erwarteten Aufwandes der technischen Umsetzung und der wenigen bislang zugänglichen Erfahrungen mit diesen Systemen aber nicht weiterverfolgt. Auch diese Optionen sind je nach Ausgangslage des Vorhabens zu prüfen.

Die für die Umgebung des Demonstrationsobjektes Senefelderstraße durchgeführte Überprüfung der tatsächlich möglichen Energieerträge ist in vergleichbaren Fällen ohne weiteres durchzuführen. Im Fall identifizierter regenerativer Energiequellen kann erst mit Hilfe der Ergebnisse über bestimmte Energie- und Wärmeerzeugungssysteme entschieden werden.

5.3.4 Bedarfsplanung

Für vergleichbare Fälle ist eine Bedarfsplanung in gleicher Weise durchführbar und erforderlich, um geeignete Dimensionierungen bei der Sondierung und Auswahl haustechnischer Systeme zu Hand zu haben.

5.3.5 EnEV-Mindestqualitäten

Um das beschriebene Vorgehen sinnvoll zu übertragen, ist die Wahl eines als Stellvertreter geeigneten konstruktiven Grundmodells essentiell. Die Wahl einer Mischkonstruktion aus Alt- und Neubau ergibt gute orientierende Durchschnittswerte für eine Mindestdämmung. Klar muss in allen vergleichbaren Fällen aber auch sein, dass in der Sondierungsphase 1 Orientierungswerte generiert werden, um Haustechnik-Auswahl und Kostenkalkulation realitätsnah zu gestalten. Sind die Sanierungsmodelle am Ende des Bewertungsprozesses endgültig gebildet und untersucht, muss das dann zu bauende Konzept selbstverständlich eine abschließende EnEV-Berechnung durchlaufen.

5.3.6 Grundmodelle

Die Begrenzung auf wenige, in diesem Fall drei, konstruktive Grundmodelle wurde vom Projektteam als sehr hilfreich empfunden, da die technischen Variationsmöglichkeiten auf diese Weise eine überschaubare aber dennoch realistische Grundlage erhalten.

Eine Besonderheit des exemplarisch dargestellten Falls der Gebäude Senefelderstraße war, dass für zwei der möglichen Grundmodelle (A, B) bereits Vorüberlegungen, Konzepte und Kostenkalkulation aus der Vergangenheit vorlagen. Für das Grundmodell C (Hybrid Alt-Neubau) wurde dagegen anlässlich des Forschungsvorhabens eine Grundriss-Erweiterung skizziert und eine Kostenkalkulation (Schätzung anhand marktgängiger Baupreise) vorgenommen, um eine Vergleichsbasis mit den Modellen A und B bereit zu stellen. Für die Übertragung auf ähnlich gelagerte Fälle muss eine entsprechende Vergleichsbasis erarbeitet werden. Eine skizzenhafte Entwicklung von Flächenprogramm und Wohnungsgrundrissen (diese können für die Modelle A und C anhand der Erhebungen des Ist-Zustandes erfolgen) sowie eine Kostenkalkulation für die drei Grundmodelle anhand von Kostenkennwerten aus marktüblichen Kostenkalkulationsprogrammen bzw. Baukosten-Katalogen.

5.3.7 Sondierung 1 - Technikoptionen

Ein zentraler Bestandteil der weiteren Sondierung in Vertiefungsphase 1 ist die Auswahl der technischen Komponenten für die Wärmeerzeugung und sonstige Haustechniksysteme (Lüftung, Trinkwassererwärmung, Wärmeübergabe) sowie der energetischen Möglichkeiten zur Ausführung der Gebäudehülle (Dämmsysteme).

Die beschriebene Vorgehensweise zur Sondierung der haustechnischen Optionen entspricht der eingangs des Ergebnis-Kapitels 4 beschriebenen und ist kann als bewährte Vorbildstruktur für ähnliche Vorhaben genutzt werden. Als Besonderheit ist in dieser Arbeitsphase die Voruntersuchung zu den Eigenschaften und der Wirtschaftlichkeit (nach VDI 2067-1) hervorzuheben, die ohne weiteres auf vergleichbare Sanierungsvorhaben zu übertragen ist. Voraussetzung für die Übertragung ist allein, dass im Entwicklungsteam eine Kompetenz für die beschriebenen Voruntersuchungen vorhanden ist (Fachplaner Haustechnik, Energieplaner o.ä.).

Eine einfache 1-zu-1-Übertragung der Ergebnisse zur Kombination möglicher technischer Systeme (morphologische Matrix) aus dem hier beschriebenen Demonstrationsobjekt erscheint zwar auch möglich, birgt allerdings die Gefahr, dass nicht alle Optionen und technischen Möglichkeiten in den Blick genommen werden. Für jedes vergleichbare Sanierungsvorhaben wird daher einer eigenständige Sondierung (de novo) nach dem hier beschriebenen Ablauf empfohlen

5.3.7.1 Wärmeerzeugungssysteme

In gleicher Weise wie bei der Erarbeitung der konstruktiven Grundmodelle wurde für die haus- und dämmtechnischen Elemente zuerst ein lösungsoffener Katalog prinzipiell möglicher technischen Optionen zusammengestellt, diese daraufhin anhand ihrer Eignung für das konkrete Gebäude ausgewählt und anschließend einer Pro-Contra-Betrachtung unterzogen. Die Vor- und Nachteile wurden auch in diesen Fällen anhand der Debatte im Team, das heißt auf Grundlage der Kenntnisse des Objekts und der Expertisen der Teammitglieder zusammengestellt. Einer von zahlreichen Umständen der auf die Wichtigkeit geeigneter Teammitglieder verweist.

5.3.7.2 Lüftung

Wichtig erscheint, auf die Auswahlkriterien hinzuweisen: Im positiven Sinne die Verfügbarkeit auf dem Haustechnik-Markt (in seltenen Fällen, z.B. bei großen Beständen, wird auch eine Entwicklungsmöglichkeit von maßgeschneiderten Techniklösungen in Frage kommen) und

ihre Repräsentativität als Typvertreter für eine technische Lösungsoption. Als Ausschlussgründe haben sicherlich eine nicht vorhandene bau- oder energietechnische Umsetzbarkeit und/oder eine bereits frühzeitig feststellbare Ineffizienz zu gelten. Eine Formulierung von Ausschlussgründen birgt aber immer die Gefahr, auf bequeme Weise zu früh planerisch und ingenieurtechnisch kreative Lösungen in der Sondierung auszuschließen. Es sollte daher in dieser Sondierungsphase hauptsächlich darum gehen, die Untersuchung von technischen Typvertretern voranzutreiben.

Hinsichtlich der Formulierung von Lösungen für Lüftungsprobleme in vergleichbaren Sanierungsfällen wird zudem empfohlen, eine Wirtschaftlichkeitsprüfung (nach VDI 2067-1) wie hier beschrieben für mehr als eine Lüftungsoption durchzuführen oder / und mehr als eine Lüftungsoption bei der Bildung von Sanierungsmodellen zu berücksichtigen. Auf diese Weise erhält man in der folgenden detaillierten Untersuchung Aussagen über die Wirkungen innerhalb der Lebenszeit des Gebäudes.

5.3.7.3 Warmwasserbereitung

Die am Beispiel Senefelderstraße dargelegten Konfigurationen für Wassererwärmungssysteme sind für jedes vergleichbare Objekt neu zu prüfen. Besteht beispielsweise zwischen Bauherr und Team bei der Prüfung der lokalen Energiepotenziale Einigkeit darüber, die Option von Abwärmepotenzialen in der Nachbarschaft zu untersuchen, kann sich eine sinnvolle Kombination von BHKW-Systemen und Wassererwärmung bilden.

Die Varianten der Warmwasserbereitung müssen in Abhängigkeit von den gewählten Energieträgern zur Wärmeerzeugung betrachtet werden. In dem Demonstrationsvorhaben Senefelderstraße wurden ausgewählte Varianten der Wärmeerzeugung nur für einen Energieträger (Erdwärme) im Detail (nach VDI 2067-1) untersucht, um den Umfang der möglichen Kombinationen auf diejenigen zu begrenzen, deren Wirtschaftlichkeit im Grenzbereich vermutet wurde und zu denen nicht auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden konnte. [Nach Aussage des Fachplaners sind die Ergebnisse sind aber dennoch teilweise übertragbar: Die dezentralen Lösungen (elektrischer Durchlauferhitzer und Gastherme) sind energetisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll. Das gilt auch für die Idee der dezentralen Nacherwärmung.] Eine generalisierte Untersuchung aller Systemoptionen macht wenig Sinn, wenn für einige, z.B. die von einem einzigen Energieträger abhängigen, bereits umfangreiche Erfahrungen und fundierte Einschätzungen vorliegen. Dies bedeutet wie in vielen anderen Sondierungs- und Bewertungsbereichen dieses Berichtes, dass die Bedeutung der Teamzusammensetzung auch für ein gutes nachhaltiges Bauen ein zentraler Faktor ist. Es ist darauf zu achten, dass genügend Erfahrungswissen am Tisch sitzt. Ist dies nicht der Fall, steigt der Untersuchungsumfang aufgrund eines vergrößerten Klärungsbedarfs und führt leicht zu hypertrophen Arbeitsumfängen. Zur Übertragung auf ähnliche Sanierungsvorhaben wird eine vergleichbare Vorgehensweise empfohlen: Die auf Wirtschaftlichkeit zu untersuchenden Systeme sollten sich auf die Optionen beschränken, bei denen die Wirtschaftlichkeit unklar erscheint, und diese sollten in Abhängigkeit von mehreren Energieträgern geprüft werden.

5.3.7.4 Dämmung

Die Varianten der Dämmung einer Gebäudehülle bietet sowohl für Neubau wie für Bestandsanierungen immer wieder vergleichbare Problemstellungen wie die im Vorhaben Senefelderstraße gegebenen. Eine Übertragung der Matrices für die Zusammenstellung der prinzipiellen technischen Möglichkeiten und die Kategorisierung der Vor- und Nachteile auf ähnli-

che Projekte und die Aufnahme in den zu erstellenden Handlungsleitfaden („Blaupause“) ist problemlos möglich.

5.3.8 Vertiefungsphase 2 – Nachhaltigkeitsbewertung Baukomponenten

Für die Bildung von Sanierungsmodellen ist die umfassende (ganzheitliche) Vorbewertung der Bauelemente eine der wichtigen Vorarbeiten. Die für diese Vorbewertung notwendigen Kriterien für nachhaltiges Bauen können mit Hilfe der von der öffentlichen Hand und dem privatwirtschaftlichen Sektor gelieferten Bewertungssysteme zusammengestellt werden.

Für die personelle und finanzielle Kapazität von alltäglichen Sanierungsfällen ist eine 1:1-Umsetzung eines der genannten Bewertungssysteme allerdings nicht möglich und auch nicht sinnvoll. Nach kritischer Würdigung des entstehenden Aufwands und der Tatsache, dass derzeit noch kein Bewertungssystem explizit für Bestandswohnbau existiert, wird ein Analogverfahren auf Grundlage von Expertenwissen empfohlen, zumal es ein schnelleres und qualitativ ausreichendes orientierendes Ergebnis liefert (Kurzbewertung zur Nachhaltigkeit von Bauteilen).

Dieses Vorgehen erfordert aber in jedem Falle die dauerhafte Integration von ausreichendem Expertenwissen im Planungsteam (ein nur punktueller Hinzuziehen wird nicht ausreichen) um die beschriebene kostengünstige Sondierung und Untersuchung zu ermöglichen. Erforderlich sind die Expertisen Architektur, Bauphysik, Haustechnik/Technische Gebäudeausrüstung, Energieplanung und Nachhaltigkeit/Nachhaltiges Bauen (LCA,LCC). Eine solche Integration ist auch deswegen sinnvoll, um die weiteren Schritte der Untersuchung von Sanierungsmodellen effektiver zu gestalten, denn die Analysen zu Ökobilanz, Lebenszykluskosten und gesellschaftlichen/externen Kosten erfordern diese Expertisen ebenfalls. Das bei frühzeitiger Beteiligung gegebene Vorwissen beschleunigt die Bearbeitungen.

Von einer ausreichenden Verfügbarkeit von Nachhaltigkeitsexperten ist auszugehen, da inzwischen rund 300 Personen allein im DGNB-System ausgebildet wurden und die relevanten Inhalte zunehmend in die Curricula der Studiengänge für Architekten und Bauingenieure Eingang finden.

Die in diesen Demonstrationsvorhaben entwickelte Matrix zur Nutz-Wert-Analyse kann mitsamt ihrer beiden Gewichtungsmöglichkeiten („Nutzer“- und „Investor“-Wichtung siehe Kap. 4.7.3.3) in den Handlungsleitfaden aufgenommen werden – die Matrices werden, wie auch die übrigen Tools diese Vorhabens, über die Internetseite des Vorhabens verfügbar gemacht.

Zur Übertragbarkeit sollte auch gesagt werden, dass ein Handlungsleitfaden, eine Blaupause nicht sklavisch befolgt werden muss, sondern gewissermaßen als „Reiseführer“ dient, der wichtige Pflicht-Stationen des Arbeitens beschreibt. Diese Stationen selbst können und sollten von dem jeweiligen Projektteam mit projektspezifischen Abwandlungen durchgearbeitet werden, indem etwa Kriterien ergänzt oder andere bzw. weitere Baukomponenten betrachtet werden.

Zu kurz kommen bislang die Kriterien sozialer Nachhaltigkeit. Für Übertragung auf andere Bestandsanierungen sollten zusätzlich die Kriterien zur Wohnqualität berücksichtigt werden, da diese eine noch umfassendere (ganzheitliche) Vorbewertung ermöglichen. Dies entspricht auch der Notwendigkeit, die im Demonstrationsvorhaben verwendeten nutzerbezogenen Kriterien um wichtige nicht-ökonomischen Anforderungen zu erweitern. Insbesondere der Bewertungsbereich der Wohnqualität sollte in den Handlungsleitfaden aufgenommen werden, ein Beispiel für die Bewertung dieser Qualitäten bietet das nach Abschluss der Arbeiten

fertig gestellte Bewertungssystem der Wohnungswirtschaft NaWoh. Es wird empfohlen, die NaWoh-Kriterien zur Wohnungsqualität zu übernehmen, da diese über Hilfsgrößen (Maßstabsgrößen für Stauraum, Küchen, Grundrissqualitäten u.v.m.) eine bessere Quantifizierbarkeit ermöglichen und darüber hinaus Kriterien wie Stellplatzarten, Freiraumqualität, Barrierefreiheit, gestalterische und städtebauliche Qualität, thermischen Komfort etc. abbilden (s. Abbildung 23).

Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau																				
Mehrfamilienhäuser - Neubau																				
Kriterien und Steckbriefe																				
Wohnqualität (Zusammenfassung von funktionaler u. sozialer Qualität)																				
bewertend	beschreibend																			
<table border="1"> <tr> <td>Funktionale Qualität der Wohnungen</td> <td>Funktionalität der Wohnbereiche Funktionalität Koch- & Essbereich Funktionalität Sanitärbereich Vorhandensein von Stau- und Trockenraum</td> </tr> <tr> <td>Freisitze / Außenraum</td> <td>Freisitze / Außenraum</td> </tr> <tr> <td>Barrierefreiheit Zugang und Wohnungen</td> <td>Barrierefreiheit des Zugangs zum Gebäude Barrierefreiheit des Zugangs zu den Wohnungen Grad der Barrierefreiheit von Wohnungen</td> </tr> <tr> <td>Stellplätze</td> <td>Stellplätze für Fahrräder Stellplätze für Kinderwagen / Rollatoren Stellplätze für PKW / Mobilitätskonzept</td> </tr> <tr> <td>Freiflächen</td> <td>Freiflächen für die Allgemeinheit Freiflächen für Kinder Freiflächen für Jugendliche</td> </tr> <tr> <td>Gestalterische und städtebauliche Qualität</td> <td>Gestalterische und städtebauliche Qualität</td> </tr> <tr> <td>Thermischer Komfort</td> <td>Thermische Behaglichkeit im Sommer</td> </tr> </table>	Funktionale Qualität der Wohnungen	Funktionalität der Wohnbereiche Funktionalität Koch- & Essbereich Funktionalität Sanitärbereich Vorhandensein von Stau- und Trockenraum	Freisitze / Außenraum	Freisitze / Außenraum	Barrierefreiheit Zugang und Wohnungen	Barrierefreiheit des Zugangs zum Gebäude Barrierefreiheit des Zugangs zu den Wohnungen Grad der Barrierefreiheit von Wohnungen	Stellplätze	Stellplätze für Fahrräder Stellplätze für Kinderwagen / Rollatoren Stellplätze für PKW / Mobilitätskonzept	Freiflächen	Freiflächen für die Allgemeinheit Freiflächen für Kinder Freiflächen für Jugendliche	Gestalterische und städtebauliche Qualität	Gestalterische und städtebauliche Qualität	Thermischer Komfort	Thermische Behaglichkeit im Sommer	<table border="1"> <tr> <td>Visueller Komfort / Tageslichtversorgung</td> </tr> <tr> <td>Raumlufthqualität</td> </tr> <tr> <td>Sicherheit</td> </tr> <tr> <td>Flächenverhältnisse</td> </tr> <tr> <td>Einrichtungen zum Müllsammeln u. -trennen</td> </tr> </table>	Visueller Komfort / Tageslichtversorgung	Raumlufthqualität	Sicherheit	Flächenverhältnisse	Einrichtungen zum Müllsammeln u. -trennen
Funktionale Qualität der Wohnungen	Funktionalität der Wohnbereiche Funktionalität Koch- & Essbereich Funktionalität Sanitärbereich Vorhandensein von Stau- und Trockenraum																			
Freisitze / Außenraum	Freisitze / Außenraum																			
Barrierefreiheit Zugang und Wohnungen	Barrierefreiheit des Zugangs zum Gebäude Barrierefreiheit des Zugangs zu den Wohnungen Grad der Barrierefreiheit von Wohnungen																			
Stellplätze	Stellplätze für Fahrräder Stellplätze für Kinderwagen / Rollatoren Stellplätze für PKW / Mobilitätskonzept																			
Freiflächen	Freiflächen für die Allgemeinheit Freiflächen für Kinder Freiflächen für Jugendliche																			
Gestalterische und städtebauliche Qualität	Gestalterische und städtebauliche Qualität																			
Thermischer Komfort	Thermische Behaglichkeit im Sommer																			
Visueller Komfort / Tageslichtversorgung																				
Raumlufthqualität																				
Sicherheit																				
Flächenverhältnisse																				
Einrichtungen zum Müllsammeln u. -trennen																				

Abbildung 23: Kriterien der Wohnqualität im Qualitätssiegel Nachhaltiger Wohnungsbau (nach Lützkendorf 2012)

5.3.9 Bildung von Sanierungsmodellen

Ein für alle Beteiligten transparentes und schriftlich festgelegtes Zielkompodium (Zielsetzungen) für die Bildung von Sanierungsmodellen und deren Untersuchung stellt den wichtigsten Zwischenschritt für den weiteren Planungsprozess dar. Angesichts der Unzahl an theoretisch möglichen Sanierungsmodellen, ist dieses Vorgehen ein, wenn auch zum Teil nicht bewusstes oder dokumentiertes, alltägliches Handeln im Planungsprozess, der hier für das Thema des nachhaltigen Sanierens im Bestand lediglich aufgearbeitet und systematisiert wird. Erst im Zusammenwirken von projektspezifischen Zielsetzungen und Voruntersuchungsergebnissen wird eine nachvollziehbar begründete Entwicklung und Eingrenzung von zu untersuchenden Sanierungsmodellen möglich.

Für den Handlungsleitfaden ist diese Setzung von Zielen „für das was die Untersuchung von Sanierungsmodellen erbringen soll“ auf einfache Weise übertragbar. Für die je spezifische Ausgangslage in vergleichbaren Sanierungsvorhaben kann auf dieser Grundlage eine Auswahl an Sanierungsmodellen für die weitere Untersuchung getroffen werden.

Auch die gut begründete Schaffung von „Stellvertreter-Lösungen“ (s. Kap.4.8.3.3.2) zur Eingrenzung des Untersuchungsaufwands ist ein wichtiges Instrument: Sind die ausgewählten Sanierungsmodelle mit gleichen energetischen Standards und Wohnflächen versehen, kann die in diesem Projekt praktizierte Lösung der Einengung eines repräsentativen Grundmodells und darauf fußenden Innovationsvarianten angewandt werden. Hierdurch lässt sich die Zahl der Vergleichsuntersuchungen beschränken, ohne an Aussagekraft in Bezug auf die Wirkung zu verlieren. Wenn sich allerdings die energetischen Standards, Wohnflächen und Anzahlen an geplanten Wohneinheiten zwischen Sanierungs-Grundmodellen unterscheiden, sind die daraus folgenden unterschiedlichen Verbrauchsprognosen und Energiebedarfe zu berücksichtigen. In diesem Fall ist eine Prüfung von ausgewählten Technikvarianten an jedem Sanierungs-Grundmodell notwendig.

Wichtig wird es sein, im Leitfaden darauf hinzuweisen, dass diese Ziele das Ergebnis eines vorangegangenen Arbeitsprozesses von Bauherr, Eigentümer und Planungsteam in der integralen Planung darstellen und nur auf diese Weise zustande kommen können (ein einmaliges Nachtreffen zur schnelle Festlegung von Zielen wird nicht die gleiche Qualität an Zielen und Einvernehmlichkeit über diese ergeben...).

Bei dem Demonstrationsobjekt Senefelderstraße lagen bereits Planungen, Daten, Kalkulationen und (Teil-) Angebote zu den Sanierungsvarianten Sanieren im Bestand und Abriss-Neubau vor und dienten als Grundlage für die Vergleichsanalysen zwischen den Sanierungsmodellen. In vergleichbaren Sanierungsvorhaben ist eine die Erstellung von Planungsskizzen, Flächenschätzungen und Baumassen- und Kostenkalkulationen anhand von Kostenkalkulations-Software möglich. Diese wurden auch im dokumentierten Demonstrationsprojekt eingesetzt und liefern unter anderem die für die Ökobilanzen wichtigen Materialinformationen – ein Beispiel für das Ergebnis eines derartigen Kostenkalkulationsprogramms ist in Anhang 11 dokumentiert.

5.3.10 Ökobilanz und ökonomische Untersuchungen

Der Vergleich der Sanierungsmodelle anhand der für nachhaltiges Bauen zentralen Bewertungsmethoden der Ökobilanz und der Lebenszykluskostenanalyse hat sich als Einzelmaßnahme seit Jahrzehnten bewährt und ist innerhalb der vorgeschlagenen mehrstufigen und integralen Bewertung gut verwendbar.

Die im Demonstrationsvorhaben erzielten Ergebnisse der Ökobilanz zeigen, dass sie stark von dem verwendeten Energieträger abhängen. Die Effekte von baukonstruktiven Maßnahmen wie auch vom Instandhaltungsbedarf erhalten aber in Fällen knapp beieinander liegender Ergebnisse große Bedeutung (s. beispielsweise die Ergebnisse der Sanierungsmodelle 3, 3a+c+d, 4 und 6 zum Treibhauspotenzial in Abbildung 12).

In ökonomischer Hinsicht sind die Folgekosten der Nutzung des Gebäudes, insbesondere die Analyse der umlage- und nicht umlagefähigen Kosten ideales Untersuchungsinstrument im Variantenvergleich (s. Anhang 17) aus der Lebenszykluskostenberechnung, da hier sowohl die Auswirkungen für Nutzer- wie für Eigentümerseite gezeigt werden können.

Die Investitionskostenrechnung dagegen ist aus einem anderen Grund von hohem Interesse. Sie liefert aus Sicht von Wohnungsunternehmen abschließende objektive Entscheidungszahlen (Rendite und Liquidität), die erst Entscheidungen für oder gegen Sanierungsmodelle im Unternehmen vertretbar machen.

5.4 Handlungsleitfaden für nachhaltiges Bauen im Bestand

Auch wenn nach der Musterplanung in Modul A die Arbeitsphasen des gesamten Projekts noch nicht alle durchlaufen sind, kann somit eine empfehlenswerte Abfolge von Arbeitsschritten, Inhalten und Verfahren festgelegt werden, die als Handlungsleitfaden („Blaupause“) für ähnliche Bestands-Sanierungen dienen kann. Dieser ist in den kommenden Arbeitsphasen weiter zu formulieren, zu detaillieren und weiter zu führen (s.a. Kap. 5.5).

Anders als ursprünglich angenommen, besteht dieser Handlungsleitfaden („Blaupause“) nicht aus einer Art „Entscheidungsbaum“ oder Bau-Rezeptbuch, in dem sich die Entscheidungsgründe nach einem Ja-Nein-Schema widerspiegeln und verfolgen lassen.

In der Realität der Variantenentwicklung liegen die „besten“ Lösungen bei vergleichbaren Vorteilen oft nah beieinander, ohne dass dies eine Entscheidungsgrundlage geboten hätte. Denn trotz dieser Nähe sind sie mit sehr unterschiedlichen Vor- und Nachteil-Profilen versehen. So entstehen Sowohl-als-auch-Situationen, in denen Zielkonflikte nicht vermieden werden können.

Zwei Beispiele für Sowohl-als-auch:

Die in diesem Bericht vorgestellten Untersuchungsergebnisse für die Sanierungsvarianten Abriss-Neubau und Hybrid Alt-Neubau haben nur einen geringen Abstand in Puncto Treibhausgas-Emission (12,16 versus 10,88 kg CO₂-Äquivalente/a * m² WF), verglichen mit dem heutigen Wert für den Betrieb des Ist-Zustands (98,13 kg CO₂-Äquivalente/a * m² WF) sowie bezüglich jeweils unterschiedliche Stärken in den wirtschaftlichen Daten zu Rendite bzw. Liquiditätsverlauf. Letztendlich ist eine endgültige Entscheidung von relativ kleinen Maßnahmen in der Entwicklungsplanung abhängig, die der einen oder anderen Variante einen Vorteil sichern könnten. Der Bauherr kann sich für beide Maßnahmen entscheiden.

Das andere Extrem: Es ist sowohl möglich, die besten Warmmiete-Bedingungen für die Nutzer mit dem Sanierungsmodell 6 (Solarer Langzeitspeicher) zu schaffen (1,44 EUR/m² WF) als auch der für die Investitionskosten weitaus günstigeren Lösung Hybrid (Sanierungsmodell 2 Hybrid) den Vorzug zu geben, bei gleichzeitig besseren Werten zu Treibhausgas-Emissionen (10,88 versus 11,21 kg CO₂-Äquivalente/a * m² WF), aber deutlich höherer Warmmiete (5,90 EUR/m² WF). Hier macht die Realität alle akademisch hergeleiteten Zielkonflikte zu nur vermeintlichen. Sowohl aus bautechnischer Sicht (der Bau des Speichers unter der Tiefgarage wird schwierig und eventuell kostenriskant) wie auch angesichts zu geringer Fördermittel für derart neue Lösungen mit hohem Investitionsaufwand wird sich eine unternehmerische Entscheidung nur nach den Investitionskosten richten können.

Ein nachahmendes Vorgehen muss also gebäudeunabhängig entwickelt werden, denn für die erfolgreiche Bearbeitung von Bestandssanierungen im Sinne nachhaltigen Bauens ist es viel wichtiger, wie und mit welchen Verfahren und Inhalten man diese Entscheidungen am besten herbeiführen (organisieren) kann. Die (erfolgreichen) Arbeitsschritte im Projekt können als Vorlage für ähnliche Fälle dienen. Dieser „Handlungsleitfaden („Blaupause“)“ umfasst die in Abbildung 24 dargestellten Arbeitseinheiten.

Zentrale im Projekt vollzogene und im Sinne eines Handlungsleitfadens ("Blaupause") empfehlenswerte Arbeitsschritte sind:

1. Physis des Ortes prüfen, um lokale energetische und sonstige Versorgungsmöglichkeiten zu nutzen
2. Bedarfssimulation durchführen und energetische Qualität der Optionen der Haus- und Dämmtechnik prüfen
3. Grundmodelle der Sanierung festlegen – und später variieren
4. Vertiefte Prüfung der Güte und konkreten Umsetzungsmöglichkeiten der TGA
5. Vertiefung Nachhaltigkeitsbewertung anhand Bewertungsmatrix (kurze Prüfphase vorsehen, da nur orientierender Beitrag!)
6. Formulierung von Zielsetzungen mit Bauherrn
7. Zusammenstellung von Sanierungsmodellen für die nächsten Prüfschritte
8. Ökobilanzen der Sanierungsmodelle (LCA)
9. Lebenszykluskostenanalyse der Sanierungsmodelle (LCC)
10. Berechnung der gesellschaftlichen Umweltkosten der Sanierungsmodelle
11. Wirtschaftlichkeitsrechnung der Sanierungsmodelle durch den Bauherrn (Evaluation)

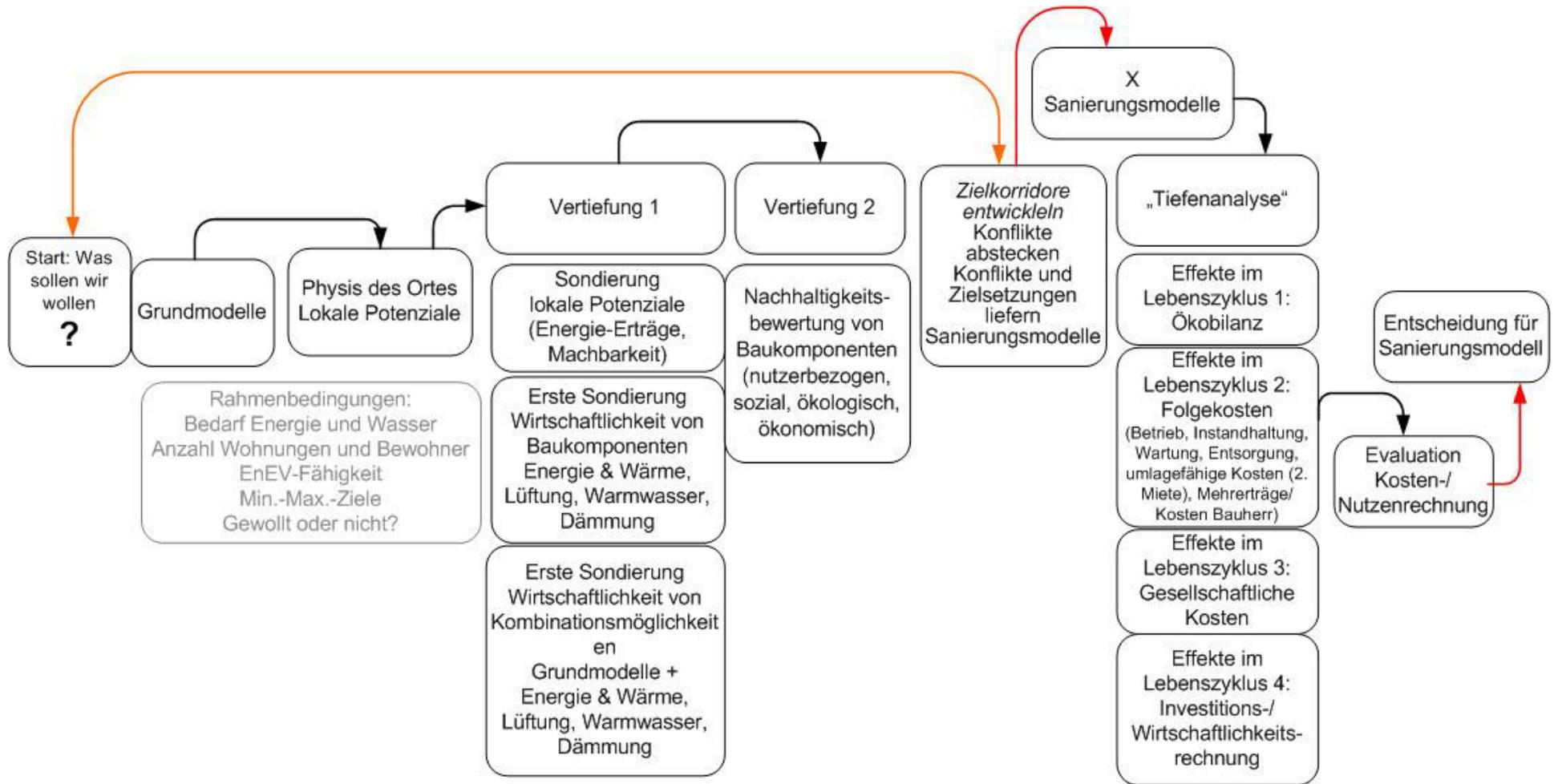


Abbildung 24: Handlungsleitfaden („Blaupause“) für nachhaltiges Sanieren: Phasen-Verfahren-Diagramm

5.5 Lessons learnt

Im Laufe der Musterplanung des Moduls A wurden die Diskussions-, Entwicklungs- und Entscheidungsprozesse im Projektteam auch deswegen dokumentiert, um zu erfahren, welche Erfahrungen und Erkenntnisse sich aus dem Bemühen gewinnen lassen, die selbstgesteckten Ziele integralen Arbeitens und umfangreicher Bewertung zu erreichen. Diese Art der Fragestellung, die Vielzahl der erarbeiteten Einzelergebnisse und die zwischen den Bewertungskriterien immanent bestehenden Zielkonflikte (u.a. das schon angeführte Beispiel Energieeffizienz versus Wirtschaftlichkeit) führen dazu, dass sich aus Modul A eher Erkenntnis-Bereiche (oder –Cluster) als einfache quantifizierbare Einzelergebnisse ableiten lassen. Die aus Sicht des Projektteams wichtigsten werden im Folgenden skizziert.

5.5.1 Kostengrenze

Zu den in der Praxis realistischen Auswahlbedingungen gehört auch die Tatsache, dass in der Bestandssanierung von Wohnbauten ökonomische Grenzen bereits die Vorauswahl der Bauelemente mitbestimmen. Das heißt, die Kosten sind von Anfang an „in den Köpfen“ und spielen eine große Rolle bei der Auswahl der Sanierungskombinationen noch vor deren weiterer Untersuchung. Sie bilden schon zu einem frühen Zeitpunkt der Planung eine unausgesprochene Grenze, die zulässige Visionen und Innovationen wie auch die erreichbaren Klimaschutz- und Energieeffizienzbeiträge festlegt.

Schlüssig ist daher aus Sicht des Projektteams der Ansatz, Grundmodelle der Sanierung zu schaffen, die für die Wirtschaftlichkeitsüberlegungen von Wohnungsunternehmen annehmbar sind, und Innovationsmodelle zu entwickeln, deren Ergebnisse positive Wirkungen für die spätere Umsetzung der Sanierung und/oder kommende Bestandssanierungen haben können.

5.5.2 Bewertungskriterien zur Nachhaltigkeit

Die Bewertungskriterien zur Nachhaltigkeit waren Gegenstand anhaltender Diskussion im Team (In Zentrum standen unter anderem die Fragen: „Wozu soll man weiche nicht messbare Kriterien wie soziale, nutzerbezogene oder gestalterische bewerten und geht das überhaupt?“ und“ Welche Bedeutungen und Gewichtungen soll man den einzelnen Kriterien zu-messen?“ Trotz der zum Teil mangelnden Erfahrung und der Vorbehalte, herrschte im Projektteam insgesamt Einigkeit darüber, dass Nachhaltigkeit seriös nur unter Einbezug dieser Kriterien vorbewertet und gesteuert werden kann. Übereinstimmung besteht auch in Bezug auf die Relevanz zentraler Elemente der Bewertung nachhaltigen Bauens, insbesondere die Lebenszyklus-Perspektive und die Berechnung der „Gebäudewirkungen“ mit Ökobilanz (LCA) und Lebenszykluskostenrechnung. Die Bewertung sozialer Wirkungen wurde ebenfalls als wichtig und projektspezifisch in Anlehnung an bestehende Bewertungssysteme vorzunehmen bewertet. Die oben genannten Debatten stellen zudem ein sehr gutes Instrument zur Debatte im Planungsteam und der Verständigung über die verschiedenen Qualitäten der Bauelemente.

Im Demonstrationsvorhaben wurden aber auch Risiken identifiziert, auf die ein Planungsteam achten sollte: Es besteht angesichts des Umfang der Kriterien, die Gefahren einer zu aufwändigen Bearbeitung, die sich zu sehr auf Einzelteile bzw. das Gebäude in zu engen Grenzen bezieht und die übergreifenden Wirkungen außer Acht lässt oder/und die Versu-chung nur den gemittelten Gruppenkonsens abzubilden und externe Quellen (auch Fachliteratur) auszusparen.

5.5.3 Integrale Bewertung als Vorteil

Die vorgenommene integrale Bewertung der Sanierungsmodelle (Verschränkung/Zusammenfließen der Einzelergebnisse & unternehmerische Bewertung) wurde mit der Absicht durchgeführt, unideologisch alle Aspekte sogenannten nachhaltigen Bauens würdigen zu können („zu Wort kommen zu lassen“) und so die oft übliche Verkürzung des Begriffs auf einen Bewertungsschwerpunkt (bspw. auf energetische Optimierungen) auf Kosten anderer Aspekte zu vermeiden. In den in diesem Geiste geführten Debatten wurde versucht, die unterschiedlichen Bewertungskriterien und Erkenntnisse in einen sinnvollen Zusammenhang zu bringen.

Diese Diskussionen um die „beste Lösung“ waren logischerweise von Zielkonflikten gekennzeichnet, die

- aus der dem Nachhaltigkeitsbegriff innewohnenden Sprengkraft (Ökologie, Ökonomie und Soziales vertragen sich als normative Elemente nie absolut, sondern in einer immer neu zu bestimmenden Relation zueinander) und
- der fachlichen Expertise sowie den Erfahrungen der einzelnen Teammitglieder herrührten (idealtypisch: der „Energieexperte“ vs. der „Gestaltungsexperte“ oder der „ökonomische Experte“ vs. der „ökologische Experte“ usw.)

5.5.4 Gutes nachhaltiges Bauen ist adaptives nachhaltiges Bauen

Die Sanierungsmodelle „Hybrid“ mit ihren je unterschiedlichen konstruktiven und technischen Zusammensetzungen stellen also (bereits) Kompromisslösungen in Sachen Nachhaltigkeit dar (vermittelte Nachhaltigkeit, „Nachhaltigkeitskompromisse,“) indem sie nicht Beste in einer Bewertungskategorie sondern überdurchschnittlich in ihrer Querschnittleistung in Sachen Klimafreundlichkeit plus Nachhaltigkeit sind. Dies ist übrigens Charakteristikum und Stärke der Konzipierung nachhaltigen Bauens, dass die Auswahl der zu errichtenden Strukturen auf vielfältige zum Teil divergierenden Bewertungsperspektiven beruht. Hierdurch ergibt sich ein für die jeweilige Situation bester Kompromiss in Sachen Nachhaltigkeit.

5.5.5 Es gibt keine „Gewinner“, nur „Profiteure“

Weder maximale Energieeinsparung noch totale Energieautonomie, weder kostengünstige Bestandssanierung noch grüne Luxuswohnung sind letztlich als tatsächlich zu realisierendes Konzept empfohlen worden.

Die im Projekt entwickelte Bewertungsgrundlage, die auf einer relativen Gleichwertigkeit und Ausgewogenheit der Kriterien beruht, hat vielmehr dazu geführt, dass die beste Sanierungslösung ein goldener Schnitt praktikablen nachhaltigen Bauens geworden ist. Die bestbewertete Lösung ist nachweislich ökologisch wirkungsvoll, ökonomisch mit besten Nutzungskosten wie auch Renditeerwartungen beleumundet und in sozialer wie städtebaulich-kultureller Hinsicht positiv – einerseits durch die neuen Grundrisse der Hybridvarianten und die geringen „Nebenkosten“ für die Nutzer und nicht zuletzt durch die Erhaltungs- bzw. Instandsetzungsmöglichkeit der klar und prägnant strukturierten Vorderfront des Gebäudes.

5.5.6 Klimaschutz und Ökologie sind ökonomisch sinnvoll

Ein zentrales Ergebnis des Vorhabens liegt in der Übereinstimmung von positiven ökologischen und ökonomischen Bewertungen für bestimmte Sanierungsmodelle und Good-Practice-Techniken wie Holzpelletkessel oder die Wärmerückgewinnung.

5.5.7 Gestaltung und Energieoptimierung sind keine Gegner

Die gefundene Lösung einer nachbildenden Außendämmung entspricht sowohl den Anforderungen von bauphysikalisch-energetischer Seite wie auch der ökologischen Materialbeurteilung und einer guten städtebauliche Einbindung (Qualität). Mit dieser Option werden zudem Energieeffizienzoptimierung und die Anforderungen an Attraktivität und Gestaltungsqualität in gleichem Maße eingehalten.

5.5.8 Entscheidungsmatrix Nachhaltigkeit

Mittels einer im Projektteam entwickelten Nutz-Wert-Analyse aus ökologischen, ökonomischen, technischen und sozialen Kriterien wurden Aspekte bewertet, die nicht durch die bis dato vorgestellten Instrumente abgedeckt wurden. Die einzelnen Kriterien wurden von Teammitgliedern in Anlehnung an bestehende Bewertungssysteme entwickelt. Die Relevanz dieser Methode, deren Ziel eine lineare Bewertungsskala von gut bis schlecht ist, wurde im Verlauf der Studie ausprobiert – und in Frage gestellt, weil sie für die Bauherrenentscheidung und für vergleichbare Fälle eine Mischung aus objektiven und subjektiven vom Fachpersonal abhängige formelle „Benotung“ ohne allgemeingültige Akzeptanz darstellt. Diese Art der Bewertung war für die Orientierung und Optimierung der Konzepte dennoch hilfreich. Zu beachten ist aber, dass die Formalisierung der Matrix auch bewirken kann, dass potenzielle Alternativen nicht mehr beachtet werden.

5.6 Optionen für die weiteren Arbeiten in Modulen B und C

In der mit diesem Bericht abgeschlossenen ersten Phase des Projekts (Modul A) wurden im Wesentlichen die möglichen und im konkreten Fall besten Sanierungsmodelle erarbeitet, die zugehörigen Kosten bestätigt sowie Varianten in der Haustechnik und Dämmung erörtert. Eine Entscheidung zu diesen baulichen Möglichkeiten erfolgt letztlich erst im Laufe der Ausführungsplanung.

Im Folgenden sind einige der bereits heute absehbaren Fragestellungen beschrieben, die über die bereits im Antrag beschriebenen Aufgaben für das zweite Modul des Vorhabens (Modul B) hinausgehen.

5.6.1.1 Erweiterung und Ausarbeitung des Handlungsleitfadens (“Blaupause”)

Die Bearbeitung der Thematik zwei Ebenen – der des konkreten Objektes und der einer abstrahierenden Betrachtung der Kriterien und Prozesse – hat zu einer noch fehlenden Ausarbeitung des Handlungsleitfadens für Internet und Druckwerke geführt. Hier wurde die zu leistende Arbeit offensichtlich unterschätzt. Diese ist in der kommenden Projektphase zu leisten. In dieser Bearbeitung sollte auch die Aufnahme weiterer sozialer Kriterien stattfinden, da diese derzeit noch unterrepräsentiert sind. Eine Aufnahme von Kriterien für Wohnqualität in Anlehnung aus dem System NaWoh würde diese Lücke schließen helfen. Ebenso muss für vergleichbare Fälle die Möglichkeit der Erstellung eines Bedarfsplans für die neuen Wohnungen mit Nutzern vorgesehen werden, wenn Mieter im Objekt verbleiben und oder die nach der Sanierung Einziehenden bekannt sind

Eine vollständige Erarbeitung und Formulierung des Handlungsleitfadens für Interessenten aus Die entwickelten Abläufe und Erfahrungen müssen für Dritte aufbereitet und detaillierter beschrieben werden. Diese Prozessanalyse und ihre öffentlichkeitswirksame Vermittlung soll außerdem in der nächste Phase (Modul B- Bauplanung und -ausführung) fortgeführt werden.

5.6.1.2 Kommunikation - Internetseite des Vorhabens & Veranstaltungen

Die erstellte Internetseite des Vorhabens ist analog den in diesem Bericht beschriebenen Hauptbestandteilen des Vorhabens gegliedert und arbeitet die Ergebnisse zu einem übertragbaren Handlungsleitfaden auf. Die umfangreiche Seite soll in den kommenden Projektphasen mit weiteren Beschreibungen aus der Bauausführung ausgebaut werden. Die Internetseite ist über <http://nachhaltig-bauen-im-bestand.de> zugänglich. Um die Abläufe des entwickelten Bewertungsprozesses nachvollziehbar zu machen, sind die Beschreibungen der jeweiligen Arbeitsphasen durch das Aktivieren von „Registerkarten“ (beispielsweise „Sondierung lokaler Energieoptionen“) sukzessive aufrufbar. Die im Modul A entwickelten Matrices zur lösungsoffenen Konzipierung der Bauelemente und zur Pro-Contra-Analyse werden als Hilfsmittel (Formulare in Excel) zum Herunterladen zur Verfügung gestellt.

Nachhaltig Bauen im Bestand



HOME PROJEKTINFORMATIONEN **HANDLUNGSLEITFADEN** PILOTGEBÄUDE PARTNER WISSEN

Handlungsleitfaden

Mit diesem Handlungsleitfaden für die Praxis des nachhaltigen Bauens im Bestand wird ein "Reiseführer für Bestandssanierungen" bereitgestellt, um für die Planung wie Ausführung dieser oft komplexen Bauvorhaben erprobte und erfolgreiche Abläufe und Verfahren verfügbar zu machen. Die wichtigsten methodischen Bestandteile werden in Form von Registerkarten vorgestellt: Eine Beschreibung der Vorgehensweise wie detaillierte Beschreibungen der Untersuchungs- und Arbeitsschritte. Um ein rasches Nachvollziehen und die Umsetzung für Ihre Projekte zu ermöglichen, stehen Ihnen Formularvorlagen und beispielhafte Auswertungen für Ihr eigenes Sanierungsvorhaben zum Download zur Verfügung (*Klicken Sie auf die Registerkarten um diese zu öffnen oder zu schließen*). Beschrieben wird derzeit die Musterplanung als erste der drei Phasen Musterplanung-Ausführung-Nutzung. Mit dem Fortschreiten des Projektes (und des Pilotgebäudes) werden auch die Phasen der Ausführung und Nutzung beschrieben werden. Eine vollständige Fassung dieser Internettexpte ist im Abschlussbericht des Vorhabens nachzulesen. Der Handlungsleitfaden ist ein lernender – er wird bei neuen Erkenntnissen aktualisiert werden.

Musterplanung -Beschreibung der Vorgehensweise

Mehrstufiger Bewertungsprozess Lebenszyklusorientierung Untersuchungstiefe Zusammensetzung des Teams

I. Sondierung

a. Substanz-Erkundung b. Energiepotenziale vor Ort c. Rahmenbedingungen c.1 Sanierungsoptionen – Baukonstruktion c.2 Bedarfsanalyse
 c.3 Energetische Mindestqualitäten c.4 Detailprüfung lokale Energiepotenziale d. Prinzipielle technische Optionen d.1 Wärmeerzeugung d.2 Lüftung
 d.3 Warmwasserbereitung d.4 Wärmeübergabe d.5 Dämmung Gebäudehülle e. Nachhaltigkeitsbewertung

Abbildung 25: Internetseite des Projektes (Beispiel)

Veranstaltungen: Die Ergebnisse aus Modul A wurden auf den zweitägigen Groß-Veranstaltungen der Rheinenergie für Architekten und Bauingenieure der Region „Technikerherbst 2010“ und „Technikerherbst 2011“ einem Publikum aus mehreren Hundert Fachleuten (2010 ca. 600, 2011 ca 300; s. Anhänge 14 und 15) vorgestellt. Ebenfalls 2011 wurde das Projekt rund 90 Teilnehmern „Der energieeffiziente Raum“, einer als Fortbildung von der Architektenkammer NRW anerkannten Veranstaltung der Architekturfakultät der FH Köln, vorgestellt. In 2012 erfolgte die Teilnahme an der „plan12 - Internationales Forum aktueller Architektur“, in der interessierten Fachleuten und Öffentlichkeit eine Woche lang Forschungs-

vorhaben und Sanierungsplanung im Gebäude Senefelderstraße anhand von Vorträgen, Führungen und Plakaten erläutert wurde (s. Anhang 16).

Als zusätzliche Maßnahmen zur Kommunikation sind Artikel in der Fachpresse geplant. Diese sollen aber möglichst bereits die Begleitung der Ausführung des Gebäudes umfassen und sind daher noch nicht zum Abschluss des Moduls A zu erwarten. Dazu wurden bereits Vorgespräche mit den Redaktionen von Detail, Bundesbaublatt, Bauwelt und Green Building geführt. Mit einer Veröffentlichung ist 2015 zu rechnen.

Des Weiteren soll der Handlungsleitfaden gegebenenfalls als eigenes Druckwerk erscheinen. Hierzu werden mit der GAG AG sowie Fachverlagen Gespräche zu führen sein.

5.6.1.3 Zielkonflikte aufarbeiten

Nicht wirklich aufgearbeitet wurden zudem die in der Planung auftretenden Zielkonflikte zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Zielsetzungen und Interessen. Diese Zielkonflikte sind aber, wie in allen Fällen ganzheitlicher Bewertung, ein natürlicher Teil des Arbeitsprozesses und wichtiger Teil von Entscheidungsprozessen. Aus diesem Grund sollen diese Konflikte unter der Fragestellung aufgearbeitet werden, für welche Zielkonflikte welche Lösungen erarbeitet werden konnten.

5.6.1.4 Energiesparendes Bauen, Thermische Simulation:

In Bezug auf die Lüftung ergeben sich folgende Fragestellungen, die in einer zweiten Phase simulativ überprüft werden könnten: Inwieweit lässt sich eine thermische Behaglichkeit innerhalb der einzelnen Räume in Abhängigkeit zum gewählten Lüftungs- oder auch Heizungssystem, Fußbodenheizung, Heizkörper für den Winter als auch für den Sommer erreichen?

Welche Raumtemperaturen entstehen in einzelnen Räumen/Raubereichen im Sommer?

Wir empfehlen, die vorgenannten Fragestellungen in Bezug auf ausgewählte Räume simulativ untersuchen zu lassen, so dass sowohl maximale Raumtemperaturen als auch Überschreitungshäufigkeiten von z.B. 28 °C in den Räumen ausgewiesen werden können. Darüber hinaus lassen sich Behaglichkeitsunterschiede auch in Bezug auf das gewählte Heizsystem aufzeigen. Mit einer derartigen Simulation lassen sich valide Entscheidungsgrundlagen für den Bauherrn darlegen.

5.6.1.5 Energiesparendes Bauen, Anlagenoptimierung:

Bisher sind nur grundlegende Entscheidungen für bzw. gegen bestimmte Arten der Energieerzeugung getroffen worden. Neben der Energieerzeugung ist jedoch die Energieverteilung und die Energieverwendung mit erheblichem Optimierungspotential versehen, das sinnvollerweise ausgeschöpft wird. Hierbei handelt es sich um:

1. Netzoptimierungen mit Hilfe einer Optimierungsrechnung von Verteilnetzen der Heizungs- und Lüftungsanlagen, in denen über die Grundleistung der HOAI mit Bemessung der Leitungsanlagen für den ungünstigsten Strang hinaus das gesamte Netz einer Optimierung zugeführt wird. Hierbei wird nicht nur der ungünstigste Strang ausgelegt und die Pumpen- und Fördereinrichtungen danach bemessen, sondern es wird der ungünstigste Strang dahingehend optimiert, dass der Druckverlust reduziert und in allen anderen Teilstrecken optimiert wird.
2. Im Rahmen der Analyseberechnung werden die Geschwindigkeiten und Druckverluste in allen Teilstrecken rechnerisch und grafisch ausgewertet. Mit der Optimierungs-

rechnung werden die Pumpen und Ventilatoren hinsichtlich des notwendigen Differenzdrucks reduziert, so dass der im weiteren Betrieb entstehende Energieaufwand reduziert wird.

3. Darüber hinaus ist es sinnvoll, eine Optimierungsanalyse hinsichtlich der Dämmung durchzuführen. Hierbei werden die unterschiedlichen Temperaturniveaus der einzelnen Leitungsanlagen im Verhältnis zur Umgebungstemperatur berücksichtigt und eine unter energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimierte Dämmung mit Dämmstoffstärken ermittelt.
4. Beide Maßnahmen führen sowohl in den Investitionskosten als auch bei den späteren Betriebskosten zu einer Reduktion.

5.6.1.6 Variantenprüfung einfacher Lüftungssysteme nach DIN 1946

Nach der im Projektverlauf herausgegebenen DIN 1946 sind für Neu- und Umbaumaßnahmen Lüftungskonzepte für die Gebäude zu erstellen. Das von der GAG Immobilien AG zur Ausführung vorgesehene Sanierungsmodell 3 sieht gemäß Musterplanung und Investitionsentscheidung eine einfache Lüftung mit Nachströmelementen unter jedem Fenster der Wohnungen vor. Für diese Systeme bietet der Markt inzwischen technische Elemente an, die einen energieeffizienteren Betrieb zulassen als das ursprünglich konzipierte System mit kontinuierlichem Luftdurchsatz (dezentrale feuchtegesteuerte Kleinsysteme unter den Fenstern). Im Modul B sollten die Einsatzmöglichkeiten dieser Systeme und ihre Folgekosten (monetär wie ökologisch) geprüft werden.

5.6.1.7 Variantenprüfung Innendämmung/Außendämmung

5.6.1.7.1 Innendämmung

Die Frage nach der geeigneten Dämmung für die vom Projektteam und von Fachleuten des Denkmalschutzes als erhaltenswert eingeschätzte Straßenfront ist weniger kostenrelevant als strategisch bedeutungsvoll. Allen Beteiligten war zu Beginn der Abwägung bewusst, dass bauphysikalisch die Unterstützung der Fachöffentlichkeit bei der Außendämmung liegt. Deshalb kam das Planungsteam, trotz der gestalterischen Bedenken des Architekten, zum Ergebnis, dass auch in diesem Fall ein WDVS die beste Lösung sei.

Aus Sicht des Projektteams des Klimakreis Köln-Projektes war jedoch eine vertiefte Analyse der Folgen für Raumklima, Ästhetik, Baukosten und Ökobilanz in einer Realisierungsphase wünschenswert, denn hinsichtlich der technischen Machbarkeit und der Suche nach der bauphysikalisch besten Lösung entwickelten sich Konflikte zwischen Gestaltungszielen und einer bestmöglichen und risikoärmsten energetischen Gestaltung der Gebäudehülle. Zudem waren im Ergebnis der bauphysikalischen Abschätzungen aus Modul A sowohl Innen- wie Außendämmsysteme nach EnEV vergleichbar effektiv und geeignet.

Schwieriger zu beurteilen blieb für die Option Innendämmung die Frage nach der technischen Risikosicherheit, der Haltbarkeit und Eignung für die Nutzer/Mieter. Während der überwiegende Teil der Fachöffentlichkeit die Außendämmung eindeutig bevorzugt (Vermeidung von Wärmebrücken, Reduzierung von Tauwasserproblematik, Vermeidung von Flächenverlusten usw.), macht sich – bezogen auf erhaltenswerte Altbaufassaden – eine Position verstärkt bemerkbar, die nicht generell, aber in vielen Fällen eine Innendämmung bevorzugen würde, da so die spezielle Materialität der Fassade erhalten bliebe und die eben genannten Risiken beherrschbar sind.

Die spezifische Eignung eines Baukörpers für eine Innendämmung ist nach einschlägiger Fachmeinung³⁷ an 4 Prüfkriterien für die sichere Ausführung von Innendämmungen gebunden:

1. temperaturbedingte Dehnung der Außenhülle: die bei einer Innendämmung zu erwartende Dehnung der Außenfassade muss beherrschbar sein, der Außenputz muss elastisch genug und rissfrei sein – dies ist bei geeigneter Neuausführung des Außenputzes auf den bestehenden Vollziegeln gegeben.
2. Schlagregensicherheit: die innengedämmte Fassadenseite sollte sicher vor Durchfeuchtung durch Schlagregen sein, um Feuchteschäden der nun „kalten“ Wand zu verhindern – hierfür sind Putzsysteme auf mineralischer oder Kunstharzbasis vorhanden
3. Holzbalken, welche die Gebäudehülle durchstoßen bzw. tangieren, stellen ein Ausschlusskriterium für Innendämmung dar – in den Gebäuden Senefelderstraße ist dieses Problem nicht vorhanden (Betondecken).
4. Innenbauteile: die Innendämmung muss an den Geschossdecken und Innenwänden von der Fassadenseite aus 80-100 cm nach innen geführt werden. Bei diffusionsoffenen Dämmsystemen ist eine Nutzung der Flächen (Nägel) weiterhin möglich.

Alle beschriebenen Risikofaktoren (Ausschlusskriterien) sind im Objekt Senefelderstraße nicht vorhanden, was aber nicht zwangsläufig bedeutet, dass der Bauherr ohne weiteres diesen Weg gehen musste.

Denn es blieben offene nicht-technische Fragen nach

- der Wirtschaftlichkeit:
 - Innendämmung ist nicht unbedingt kostengünstiger,
 - technisch wurde zwar probeweise demonstriert, dass der Originalzustand der Ziegelbänder wieder herstellbar ist, der Aufwand für die Wiederherstellung der Frontfassade konnte aber nicht beziffert werden.
- dem Flächenverlust: ist dieser in den Innenräumen hinnehmbar oder nicht?
- dem Mieterverhalten: Risiken bei unsachgemäßer Innenwandbehandlung?
- den Optionen einer visuell nachempfundenen Außengestaltung mit außenliegender Dämmung im Vergleich zu Innendämmung (Mehrkosten? Haptik? usw.)

Letztlich wurde die Frage mit Abschluss des Moduls A zugunsten einer Außendämmung entschieden und die in der Ausführungsphase anstehenden Untersuchungsfragen zu den Vor- und Nachteilen auf diese beschränkt.

5.6.1.7.2 Variantenprüfung Außendämmung

Für die Ausführung der Dämmung der Gebäudehülle eröffnen sich mehrere gestalterische und technische Möglichkeiten für die straßenseitige Fassade, welche die Erhaltung bzw. Wiederherstellung (der Originalzustand ist teilweise unter Putzschichten verborgen) berücksichtigen. Die Wertschätzung erhaltenswerter Fassaden als wichtige Bestandteile der Quartierscharakteristik spiegelt sich auch durch die in jüngster Zeit erfolgte Veränderung der KfW-

³⁷ Prof. Pohlentz, Aachen - mündliche Mitteilung September 2011

Förderbedingungen für energetische Ertüchtigungen von Bestandsbauten, die nun mehr Handlungsmöglichkeiten für die Dämmung bieten.

Die möglichen Ausführungen der Außendämmung der straßenseitigen Fassade haben jeweils unterschiedliche Folgen für die Dämmung der verbleibenden Gebäudehülle, die Dimensionierung der Haustechnik und somit die Energieeffizienz des Gesamtgebäudes. Welche Folgen sich ergeben, inwieweit sich energetische, wirtschaftliche und gestalterische Ziele „annähern“ können, ist durch eine zweite vertiefte Untersuchung in der Ausführungsplanung zu klären. Kernaufgabe ist hierbei die bauphysikalische Detailuntersuchung der Außendämmvarianten, welche in der Musterplanung des Moduls A noch anhand von Abschätzungen vorgenommen werden musste. Die Untersuchungen sollten die Effekte von Varianten mit Voll- und Teildämmungen der Gebäudehülle sowie deren Wirkungen in kritischen Bereichen des Baukörpers umfassen (EnEV 2009 -Berechnungen inklusive Detailuntersuchungen wie Isothermenverläufe an Außenwänden und den relevanten Übergangsbereichen und Bauteilbetrachtungen).

5.6.1.8 Detailklärungen zur Energie- und Wärmeversorgung

Die nach Abschluss des Moduls A erfolgten investitionswirtschaftlichen Veränderungen (geänderte Fördermöglichkeiten für BHKW) sowie die Frage, inwieweit das Votum des Bauherrn für die Sanierungsvariante 3 (Hybrid aus Alt- und Neubau mit zentraler Holzpelletanlage) in allen praktischen Belangen ohne Schwierigkeiten praktisch umsetzbar ist - insbesondere die mehrmals pro Jahr notwendigen Anlieferungen per LKW (für rund 58 t Jahresbedarf entsteht Stellplatzbedarf für die Einfüllzeiten) - und die Möglichkeit von Seiten des Energieversorgers Biogas statt Erdgas zu beziehen, machen es sinnvoll den zu Beginn des Moduls A debattierten Betrieb eines Blockheizkraftwerkes als alternative Wärmeversorgung erneut zu untersuchen.

6 Verwendete Literatur

- Adensam H, Bruck M u.a. (2002) Externe Kosten im Hochbau, Band I-V. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit. Selbstverlag, Wien, abrufbar unter <http://www.bmwa.gv.at/NR/rdonlyres/A929BC97-828E-464E-ABF0-B01D81577B54/0/ExterneKosten1.pdf>
- Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (Hrsg.): Walberg, Dietmar; Holz, Astrid; Gniechwitz, T.; Schulze, Th. (2011): *Wohnungsbau in Deutschland - 2011 - Modernisierung oder Bestandersatz, Studie zum Zustand und der Zukunftsfähigkeit des deutschen „Kleinen Wohnungsbaus“*, Kiel 2011
- BBR (Hrsg.) (2003): *Erneuerung älterer Wohnungsbestände in Stufen*. Bonn, BBR
- BBR (Hrsg.) (2007): *Kostengünstig und qualitätsbewusst Bauen - Wohnungsobjekte im Bestand Ein ExWoSt-Forschungsfeld*. Bonn, BBR
- Bergner, A.; Scharp, M.; Spars, G. (2006): *Nachhaltige Wohnungswirtschaft*. Berlin, Institut für Zukunftsstudien- und Technologiebewertung
- BMVBS-GdW (2011): *Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau - Entwurf* -, <http://www.nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem-nachhaltiger-wohnungsbau-entwurf.html>
- BMVBS; BBR (2007): *Veränderungen der Anbieterstruktur im deutschen Wohnungsmarkt und wohnungspolitische Implikationen*. Bonn, Selbstverlag des Bundesamtes, http://www.bbr.bund.de/nn_23494/DE/Veroeffentlichungen/Forschungen/2007/Heft124__DL,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Heft124_DL.pdf
- BMVBS; BBR (2007): *Grundlagen für die Ermittlung von Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudebestand - Untersuchung über die bautechnische Struktur und den Ist-Zustand des Gebäudebestandes in Deutschland*. Bonn, BBR-Online-Publikation
- BMVBS; BBR (Hrsg.) (2007): *Energieeinsparung contra Behaglichkeit?*. Bonn, Selbstverlag des BBR
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi 2011): *2. Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) der Bundesrepublik Deutschland - Gemäß EU-Richtlinie über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen (2006/32/EG) sowie Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G)*, Berlin Juli 2011
- Bodenschatz, H. (2008): *Jahrhundertdisziplin - wie Städtebau zur Kunst des Stadtumbaus wurde: ein Rück- und Vorausblick*. In: *Deutsches Architektenblatt* 07/2008, S. 11 - 13, Hamburg, corps-Verlag
- Boos, H. (2007): *Der Energieausweis - Fragen und Antworten aus der Sicht der Wohnungswirtschaft*. Bonn, VdW - Verband der Wohnungswirtschaft
- Bredenbals, B.; Willkomm, W. (2002): *Abfallvermeidung beim Bauen*. Aachen, LB
- Burkhardt, K.; Schrader, K. (2010): *Megatrend fürs Wohnen in Deutschland im 21. Jahrhundert - so individuell wie der Mensch selbst, greenbuilding* 12–15.
- Dena (2008): *Energieeffizienz trifft Architektur*, Berlin 2008
- Deutscher Bundestag (1998): *Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung. Abschlußbericht der Enquete-Kommission Schutz des Menschen und der Umwelt*. Bonn

- DIN EN ISO 14040:2009-11 Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen, Beuth Verlag, Berlin 2009
- DIN EN ISO 14044:2006-10 Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen, Beuth Verlag, Berlin 2006
- Discher, H.; Hinz, E.; Enseling, A.; dena (2010): dena-Sanierungsstudie. Teil 1: Wirtschaftlichkeit energetischer Modernisierung im Mietwohnungsbestand. Begleitforschung zum dena-Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“, Berlin Dezember 2010
- Ecofys GmbH (2011): „Umweltwirkungen von Heizungssystemen in Deutschland“, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin 2011
- Eduard Pestel Institut für Systemforschung e.V. (2006): *Veränderung der Wohnungsnachfrage und Reaktion des Wohnungsangebots in Nordrhein-Westfalen bis 2025*. Düsseldorf, Eduard Pestel Institut für Systemforschung e.V.
- Eichener, V. (2003): *Zukunft des Wohnens - Konsequenzen des demographischen und gesellschaftlichen Wandels für Produkte und Märkte*. Münster, INWIS
- Eichener, V. (2006): Visionen und Möglichkeiten einer Partnerschaft zwischen Wohnungswirtschaft und Kommunen - Fachtagung der Wohnungsmarktbeobachtung NRW "Die Zukunft der kommunalen Wohnungspolitik". Bochum, InWIS Institut für Wohnungswesen, Immobilienwirtschaft, Stadt- und Regionalentwicklung
- Finkenbusch, V.; Heinemann, A. (2007): *"Strategische Bestandsentwicklung" Eine Recherche im neuen Handlungsfeld des ILS NRW*. ILS
- Fox, Meisel, Ulmer (2009): *Strategische Bestandsentwicklung – Instrumente für nachhaltige Investitionsentscheidungen in der Wohnungswirtschaft NRW*, Abschlussbericht, ILS 2009
- Fox-Kämper, R., Meisel, U.; Ulmer, S. (2008): Studienpraxisprojekt: Zukunftspotenziale: Was tun? Ergebnisse einer Online-Umfrage zur Strategischen Bestandsentwicklung, Bundesbaublatt 12/2008
- Fuhrich, M. (2003): *Zukunft findet Stadt - Strategien und Indikatoren nachhaltiger Stadtentwicklung*. Bonn, BBR
- GdW (2006): *Unternehmensstrategie und Balanced Scorecard - Strategieimplementierung in Wohnungsunternehmen*. Berlin, Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen
- GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen (Hrsg.) (2006): *Wohnungs- und Immobilienwirtschaft in Deutschland - wirtschaftlicher Erfolg durch Innovationen*. Berlin, GdW
- Heijungs R., et al (1992): *Environmental Life Cycle Assessment of Products – Backgrounds*, CML, Leiden 1992
- Hegger, M.(Hrsg.; 2010): *Wohnwert-Barometer Erfassungs- und Bewertungssystem nachhaltiger Wohnqualität*, in der Reihe Bauforschung für die Praxis Bd. 90, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2010
- Henseling, Chr.; Eberle, U.; Griebhammer, R. (1999): *Soziale und ökonomische Nachhaltigkeitsindikatoren*, Öko-Institut e.V., Freiburg, 1999
- Jones Lang LaSalle (2008) OSCAR 2008 Office Service Charge Analysis Report – Büronebenkostenanalyse, abrufbar unter www.joneslanglasalle.com

- Jost, F. (2008): *Wer will in die City? Nachfrageorientierte Wohnungspolitik*. In: DW Die Wohnungswirtschaft - Sonderheft "Urbanes Wohnen" 07/2008, S. 12, Hamburg, Hammonia-Verlag
- König, H. (2007): Orientierungswerte für die Bewertung von Hochbauten – erste Stufe: Bürogebäude, 2. Zwischenbericht für das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn 2007
- Kuder, T. (2004): *Nicht ohne: Leitbilder in Städtebau und Planung. Von der Funktionstrennung zur Nutzungsmischung*. Berlin, Leue Verlag
- Lehmann, H.; Stanetzky, C. (2000): *Stoffströme beim Modernisieren - Einsparpotenzial, Konstruktionsvergleiche, Rechenbeispiele*. Aachen, LB
- Lehrstuhl für Wohnbau der RWTH Aachen (Hrsg.) (2005): *Studienarbeit Praxisprojekt "Zukunft Wohnen" am Borgschenhof in Duisburg-Friemersheim. Architekturconsulting, Altbaumodernisierung, strategische Bestandsentwicklung*. Aachen, Lehrstuhl für Wohnbau der RWTH Aachen
- Lehrstuhl für Wohnbau der RWTH Aachen (Hrsg.) (2006): *Studienarbeit: Praxisprojekt "Zukunft Wohnen" - Wohnkomplex Essen-Huttrop. Architekturconsulting, Altbaumodernisierung, strategische Bestandsentwicklung*. Aachen, Lehrstuhl für Wohnbau der RWTH Aachen
- Lützkendorf, Th. (2012): Das Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau – Präsentation auf dem Symposium "Nachhaltig Bauen - Zukunft gestalten" am 23.02.2012 auf der Bautec 2012 in Berlin, Internetquelle: <http://www.nawoh.de/downloads>, pdf-Dokument, Folie Nr. 17
- Maibach M u.a. (2007) Praktische Anwendung der Methodenkonvention: Möglichkeiten der Berücksichtigung externer Umweltkosten bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen von öffentlichen Investitionen. Endbericht zum UFOPLAN-Vorhaben 203 14 127, bearbeitet von FIFO Köln und INFRAS, Zürich, Umweltbundesamt, Dessau 2007; abrufbar unter www.umweltbundesamt.de
- Meisel, U. (1996): *Typische Schadenspunkte an Wohngebäuden von 1900 bis 1980 - Ratgeber mit Prüflisten nach Gebäudebaualtergruppen*. Aachen, LB
- Meisel, U. (2005): *Handbuch Altbaumodernisierung. Methoden für die Energie sparende und nachhaltige Entwicklung von Baubeständen*. Aachen/Dortmund, ILS
- Meisel, U.; Krings, E. (2008): *Baukosten 2008. Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung*. Essen, Verlag für Wirtschaft und Verwaltung Hubert Wingen
- Mitscherlich, A. (1965): *Die Unwirtlichkeit unserer Städte. Thesen zur Stadt der Zukunft*. Frankfurt, Suhrkamp
- NRW Bank (2008): *Wohnungsbestand NRW und seine Struktur*. NRW Bank, <http://www.nrwbank.de/de/wohnraumportal/service/fachlexikon/index.html>
- Ökologie-Institut Österreich (2001): *Externe Kosten im Hochbau / Adensam, Heidi; Bruck, Manfred; Geissler, Susanne; Fellner, Maria (Mitarb.) ; Ökologie-Institut – ÖI (Band 1-5); Wien 2001*
- Rebitzer, D. (2007): *Aktuelle und zukünftige strukturelle Entwicklung der Wohnungsmärkte: Konsequenzen für die Anforderungen und die Markttransparenz*. Frankfurt am Main, IWU - Institut Wohnen und Umwelt GmbH, www.wohnungswirtschaft-aktuell.de/fileadmin/www.vdw-wowi.de/downloads/VA_210507_Rebitzer.pdf
- Scharp, M. (2006): *Was denken Wohnungsunternehmen über das Thema "Nachhaltige Wohnungswirtschaft"? - Materialien zum 28. Diskussionsforum Ökobilanzen "Bauen-Wohnen-Lebensstile"*. Berlin, Institut für Zukunftsstudien- und Technologiebewertung
- Schmidt-Bleek, F. (1997): *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? Faktor 10 - das Maß für ökologisches Wirtschaften*. München, DTV

- Schneider, B.; Eichener, V. u. (2002): *Zukunft des Wohnens – Perspektiven für die Wohnungs- und Immobilienwirtschaft in Rheinland und Westfalen*. Düsseldorf, Verband d. Wohnungswirtschaft Rheinland Westfalen
- Selle, K. (2008): *Bestand entwickeln? Kontinuität und Wandel eines Themas*. In: Bestand? Perspektiven für das Wohnen in der Stadt, S. 654 - 673, Dortmund, Edition Stadt Entwicklung
- Statistisches Bundesamt (2007): *Bautätigkeit und Wohnungen - Bestand an Wohnungen*. Wiesbaden, Statistisches Bundesamt
- Statistisches Bundesamt (2010): *Gebäude und Wohnungen*. Wiesbaden, 2010
- Stern N (2006) Stern-Review on the Economics of Climate Change. Cabinet Office - HM Treasury, UK, abrufbar unter www.hm-treasury.gov.uk, Rubrik "Independent Reviews"
- Stieß, Immanuel/ Land, Victoria van der et al. (2010): *Handlungsmotive, -hemmnisse und Zielgruppen für eine energetische Gebäudesanierung - Ergebnisse einer standardisierten Befragung von Eigenheimsanierern*, Frankfurt am Main 2010
- UBA Umweltbundesamt (Hrsg.), (2007): *Ökonomische Bewertung von Umweltschäden – Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten*. Selbstverlag Umweltbundesamt, Dessau 2007; abrufbar unter www.umweltbundesamt.de
- UBA Umweltbundesamt (2012a): *Statusbericht zur Umsetzung des Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramms der Bundesregierung*, Dessau-Roßlau, April 2011 - Online-Publikation unter <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3971.pdf>
- UBA Umweltbundesamt (2012b): <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodent=2848>
- Ulmer, S.; Streck, St. (2010): *Externe Kosten im Hochbau*; BMVBS-Online-Publikation 17/2010. Hrsg.: BMBVS, Oktober 2010.
- United Nation - Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (1987): *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future* (Brundtland Bericht | Brundtland Report), New York 1987
- VDI (1999): *VDI 2067, Blatt1: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung*, Düsseldorf 1999
- VdW Verband der Wohnungswirtschaft Rheinland-Westfalen (2007): *Zukunftssicheres Wohnen und Leben - Jahresbericht 2006/2007*. Düsseldorf, VdW
- Weiß, Julika/ Vogelpohl, Thomas (2010): *Politische Instrumente zur Erhöhung der energetischen Sanierungsquote bei Eigenheimen - Eine Analyse des bestehenden Instrumentariums in Deutschland und Empfehlungen zu dessen Optimierung vor dem Hintergrund der zentralen Einsparpotenziale und der Entscheidungssituation der Hausbesitzer/innen*. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin.