



ABSCHLUSSBERICHT

INTEGRIERTES QUARTIERSKONZEPT NORDSTADT



Förderung:

Das diesem Bericht zugrunde liegende Projekt wurde aus Mitteln der KfW im Programm 432 gefördert.

Impressum**Auftraggeber:**

Magistrat der Universitätsstadt Marburg
Markt 1
D-35035 Marburg

Ansprechpartner:

Theo Pauly
Fachdienst Stadtgrün,
Klima- und Naturschutz
Tel: 06421/201-1965
Email: theo.pauly@marburg-stadt.de
www.klimaschutz-Marburg.de

Auftragnehmer:

Hochschule Trier
Umwelt-Campus Birkenfeld
Postfach 1380
55761 Birkenfeld

Wissenschaftliche Leitung:

Prof. Dr. Peter Heck
Geschäftsführender Direktor des IfaS

Projektleitung:

Tobias Gruben
Daniel Oßwald

Projektbearbeitung:

Christian Bender, Kevin Hahn, Jasmin Jost,
Bernd Junge, Tobias Molter, Sara Schierz,
Sabrina Seiler, Karsten Wilhelm

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	III
1 Ziele und Projektrahmen	5
1.1 Ausgangssituation und Projektziel	5
1.2 Quartiersabgrenzung	5
1.3 Arbeitsmethodik	6
2 Ausgangsanalyse	8
2.1 Vorhandene Konzepte und Planungen	8
2.2 Baukulturelle und städtebauliche Ausgangssituation	9
2.3 Energetische Ausgangssituation	13
2.3.1 Wohngebäude	13
2.3.2 Öffentliche und Wirtschaftsgebäude	14
2.3.3 Verteilung Wärmebedarf	14
2.3.4 GIS-basiertes Wärmekataster	15
2.4 Energie- und Treibhausgasbilanzierung (Startbilanz)	17
2.4.1 Analyse des Gesamtenergieverbrauches und der Energieversorgung	18
2.4.2 Gesamtstromverbrauch und Stromerzeugung	18
2.4.3 Gesamtwärmeverbrauch und Wärmeerzeugung	19
2.4.4 Zusammenfassung Gesamtenergieverbrauch	20
2.4.5 Treibhausgasemissionen	22
3 Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit	24
3.1 Lenkungsgruppe zum Quartierskonzept Nordstadt	24
3.2 Veranstaltungen und Workshops	25
3.3 Einzelgespräche mit Akteuren	26
4 Potenzialanalyse	29
4.1 Energieeinsparung und Energieeffizienz	29
4.1.1 Studien zum Energieeinsparpotenzial in Deutschland	31
4.1.2 Anmerkungen zu Szenarien der Energieeinsparpotenziale für die Nordstadt	32
4.1.3 Energiebedarf der privaten Haushalte	34
4.1.4 Energiebedarf im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	48
4.1.5 Energiebedarf der kommunalen Gebäude	67
4.1.6 Zusammenfassung der Potenziale zur Energieeinsparung	69
4.2 Erneuerbare Energien	70
4.2.1 Solarpotenziale auf Dachflächen,	70
4.2.2 Biomassepotenziale	76
4.2.3 Wasserkraftpotenziale	78

4.2.4	Weitere erneuerbare Energien	78
4.3	Energie- und Treibhausgasbilanz (Szenarien).....	79
4.3.1	Struktur der Strombereitstellung bis zum Jahr 2050.....	80
4.3.2	Struktur der Wärmebereitstellung bis zum Jahr 2050.....	82
4.3.3	Szenarien Gesamtenergieverbrauch 2030 und 2050	83
4.3.4	Szenarien der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050	84
5	Handlungsempfehlungen.....	86
5.1	Spezifische Herausforderungen des Quartiers	86
5.2	Energetische Sanierung der Wohngebäude	92
5.2.1	Energetische Sanierung denkmalgeschützter Gebäude.....	95
5.2.2	Energetische Sanierung der Baualterklassen 1919 bis 1978	100
5.2.3	Energetische Sanierung der Baualterklassen 1979 bis 1983	103
5.2.4	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	106
5.3	Ausbau der Fernwärmeversorgung	107
5.3.1	Technische Aspekte	109
5.3.2	Ökonomische Aspekte.....	110
5.3.3	Vorteile Fernwärme	111
5.3.4	Strategische Empfehlungen	112
5.4	Controlling-Konzept	114
5.4.1	Personalstelle für Sanierungsmanagement.....	114
5.4.2	Elemente des Controlling-Systems	115
6	Fazit.....	117
	Tabellenverzeichnis	CXIX
	Abbildungsverzeichnis	CXXI
	Abkürzungsverzeichnis	CXXII
	Quellenverzeichnis.....	CXXVI

Anlage: Maßnahmenkatalog Integriertes Quartierskonzept Nordstadt

1 Ziele und Projektrahmen

1.1 Ausgangssituation und Projektziel

Die Nordstadt war bereits in der Vergangenheit Projektgebiet für eine vorbildliche Quartiersentwicklung mit anspruchsvollen Zielen zu energetischer Sanierung und dem Ausbau erneuerbarer Energien. Das integrierte Quartierskonzept baut auf den gewonnenen Erkenntnissen auf, ergänzt bisher fehlende Aspekte und nimmt eine Zielanpassung mit den Meilensteinen 2030 und 2050 vor.

Die Universitätsstadt Marburg hat sich auf Basis des „Integrierten Klimaschutzkonzeptes“ aus dem Jahr 2011 das Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen beim stationären Energieverbrauch bis 2030 um 50% gegenüber 2009 zu reduzieren. Dies soll erreicht werden, indem im Mittel jährlich 2,5% der Gebäude energetisch saniert, die Stromeffizienz um 1% jährlich erhöht und der Anteil erneuerbarer Energien stark ausgebaut werden. Kernfrage des vorliegenden integrierten Quartierskonzeptes ist, welchen Beitrag die Nordstadt mit ihren Spezifika zur Erreichung der städtischen Klimaschutzziele leisten kann.

1.2 Quartiersabgrenzung

Die Quartiersabgrenzung orientiert sich am Modellvorhaben „Energetische Stadterneuerung an der Lahn“.



Abbildung 1-1: Untersuchungsgebiet des Quartierskonzeptes Nordstadt¹

¹ TU Darmstadt, Ergebnispräsentation zum Modellvorhaben „Energetische Stadterneuerung an der Lahn“ (09.09.2013)

Das Untersuchungsgebiet ist grob umgrenzt von der Lahn im Osten, Norden und Süden sowie von den Straßen Pilgrimstein, Elisabethstraße und Wehrdaer Weg und dem Übergang in die Oberstadt im Westen. Hinzu kommt ein Areal um den Bahnhof auf der östlichen Lahn-Seite.

1.3 Arbeitsmethodik

Die Arbeitsschritte des Quartierskonzeptes orientieren sich nach den inhaltlichen Vorgaben des Fördermittelgebers und sind in der folgenden Darstellung zusammengefasst:

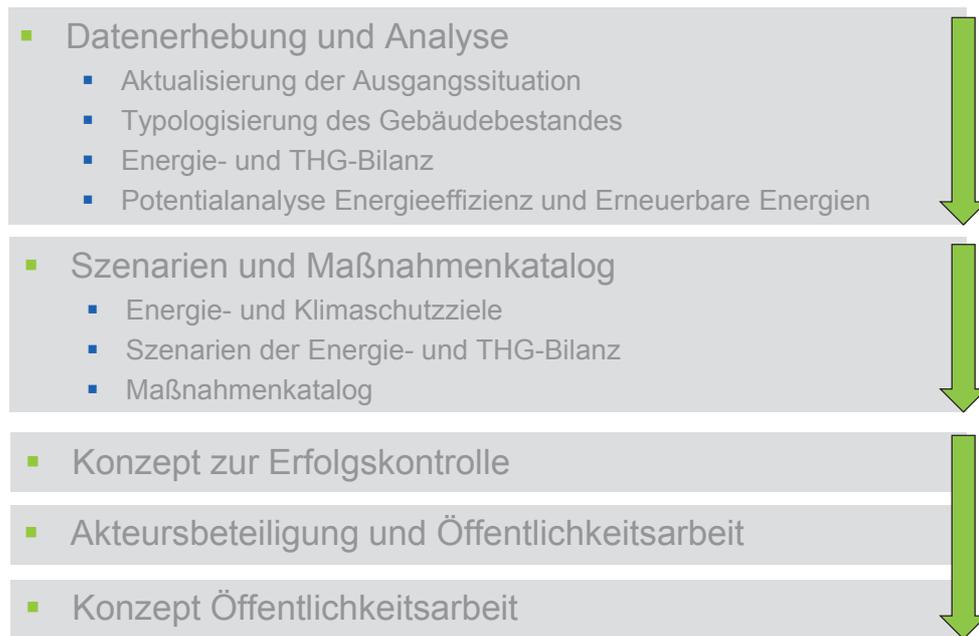


Abbildung 1-2: Arbeitspakete des integrierten Quartierskonzeptes

Der vorliegende Abschlussbericht befasst sich zunächst mit der **Ausgangsanalyse (Kapitel 2)**. Darin ist die Analyse und Bearbeitung vorhandener und erhobener Daten aufgeführt, um zu einer integrierten Ist-Analyse mit einer Energie- und Treibhausgasbilanz des Quartiers zu gelangen.

Im Anschluss sind die **Kommunikationswege und -mittel (Kapitel 3)** aufgezeigt, welche zu einem besseren Verständnis des Quartiers beitragen und der weiteren Konzeptentwicklung dienen.

In der **Potenzialanalyse (Kapitel 4)** sind die Möglichkeiten zu Energieeinsparung und zum Ausbau erneuerbarer Energien erläutert. Die Erschließung der Potenziale ist in drei Szenarien gegliedert, welche sich am integrierten Klimaschutzkonzept der Universitätsstadt orientieren. Sie umfassen ein Trend-, ein Aktiv- und ein Pionierszenario mit unterschiedlich ambitionierten Annahmen zur Erschließung der verfügbaren Potenziale. Die Potenzialanalyse mündet in eine Energie- und Treibhausgasbilanz, welche mögliche Entwicklungsszenarien für das Quartier bis zum Jahr 2050 aufzeigt.

In den **Handlungsempfehlungen (Kapitel 5)** sind die wesentlichen quartierstypischen Maßnahmen und Projektansätze aufgeführt, um die Quartiersentwicklung im Sinne des Konzeptes zu gestalten. Das Kapitel wird durch einen Maßnahmenkatalog zu verschiedenen Handlungsfeldern ergänzt, welcher diesem Abschlussbericht als separates Dokument zugehört.

2 Ausgangsanalyse

2.1 Vorhandene Konzepte und Planungen

Für das Quartier Nordstadt wurde bereits im Jahr 2010 im Rahmen des „Experimentellen Wohnungs- und Städtebaus (ExWoSt)“ des BMVBS/BBSR ein Modellvorhaben „Energetische Stadterneuerung an der Lahn“ durchgeführt. Das Modellvorhaben untersuchte schwerpunktmäßig die Einsatzmöglichkeiten erneuerbarer Energien und die rechtlichen Rahmenbedingungen energetischer Stadterneuerung. Die Untersuchung wurde von der Technischen Universität Darmstadt in Kooperation mit der Phillips-Universität Marburg durchgeführt.

Es wurde ein Stadtentwicklungskonzept erarbeitet, das zum Ziel hat, den Primärenergiebedarf sowohl beim Wärmebedarf als auch bei der Stromversorgung und damit einhergehend auch die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2015 um mindestens 50% gegenüber dem Referenzjahr 2010 zu reduzieren. Es wurden drei Szenarien entwickelt: „Referenzszenario 2015“, „Szenario der Förderung regenerativer Wärmeerzeugung“ und „Szenario der Förderung kombinierter regenerativer Strom- und Wärmeerzeugung“.

Für den Modellraum wurde der Energiebedarf anhand von Nutzungsstrukturen und stadtraumtypischen Bebauungsstrukturen bilanziert. Durch Zuordnung aller bestehenden Gebäude in Nutzungs- bzw. Gebäudegruppen mit charakteristischen Energiebedarfswerten wurde näherungsweise der Energiebedarf ermittelt. Dieser wurde mit den vorhandenen Energieverbrauchsdaten der Stadtwerke Marburg sowie Wärmebedarfsberechnungen für den Campus abgeglichen.

Die Wohn- und Mischbebauung wurde nach Gebäudetypologie und Baualtersklasse in Kategorien der Studie „Deutsche Gebäudetypologie“ des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) zugeordnet. Das IWU hat 1989 und 1993 das Energieeinsparpotenzial durch Wärmeschutzmaßnahmen für den deutschen Gebäudebestand bestimmt. Hierzu wurde der Bestand nach Baualter und Gebäudegröße in Kategorien eingeteilt, die in der Untersuchung als Grundlage für die Klassifizierung der Wohngebäude im Quartier dienten.

Darüber hinaus liegen auf Stadtebene weitere Studien und Konzepte vor. Besonders zu erwähnen ist das integrierte Klimaschutzkonzept für die Universitätsstadt Marburg, in welchem sich die Universitätsstadt Klimaschutzziele im energetischen Bereich gesetzt und die Entwicklung energetischer Stadtteilkonzepte beschlossen hat. So wurde 2013 das integrierte energetische Quartierskonzept Richtsberg aufgestellt und Anfang 2015 ein Sanierungsmanager für die Umsetzung des Quartierskonzeptes eingestellt.

Ergebnisse und Erkenntnisse der bestehenden Untersuchungen sind in das vorliegende energetische Quartierskonzept Nordstadt eingeflossen. Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht.

Tabelle 2-1: Vorhandene Konzepte und Studien

Abschlussjahr	Studientitel
Feb 2014	„Integriertes Energetisches Quartierskonzept Richtsberg“
Dez 2013	„Innovatives Klimaschutz-Teilkonzept“ (Energetische Sanierung und Denkmalschutz)
Dez 2013	„Klimaschutz-Teilkonzept Erneuerbare Energien“
Jun 2013	ExWoSt-Studie „Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere (EQ)“
Dez 2011	„Integriertes Klimaschutzkonzept für die Universitätsstadt Marburg“
Jun 2011	Modellvorhaben „Energetische Stadterneuerung an der Lahn“

2.2 Baukulturelle und städtebauliche Ausgangssituation

Die Nordstadt erstreckt sich über ein Gebiet von 60 ha im Norden der Universitätsstadt Marburg und ist gekennzeichnet durch eine sehr heterogene Eigentums- und Nutzenstruktur sowie Gebäudetypologie. Etwa 1.600 Personen leben in der Nordstadt. Circa 13,4 ha der Nordstadt sind überbaut, der Überbauungsgrad beträgt damit etwa 22%. Weitere 12% entfallen auf die Gleisanlagen der Bahn sowie 6% auf den Fluss Lahn. Ein hoher Anteil der Gebäude in der Nordstadt stammt aus der Gründerzeit – entsprechend hoch ist mit 40% auch der Anteil der Gebäude, welche unter Denkmalschutz stehen. Denkmalschutz stellt besondere Herausforderungen an die energetische Sanierung dieser Gebäude.

Bezüglich des Denkmalschutzes im Quartier sind insbesondere die Biegenstraße und die Deutschhausstraße zu nennen, die zwischen 1896 und 1906 entstanden. Hier befindet sich ein Großteil der denkmalgeschützten Wohngebäude. Die Eigentumsstruktur in diesem Viertel ist sehr heterogen. Etliche Gebäude wurden in den letzten Jahren modernisiert, es ist aber auch eine Vielzahl von Gebäuden vorhanden, die seit den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts nicht mehr grundlegend saniert wurden. Die historischen Gebäude in der Biegenstraße besitzen allesamt den gleichen Grundriss, die Fassadengestaltung ist hingegen unterschiedlich, zumeist sehr dekorativ, aufwändig und abwechslungsreich.

Der Sanierungsbedarf der Altbauten in der Nordstadt ist relativ hoch, durch den hohen Druck auf dem Wohnungsmarkt kann allerdings auch unsanierter Wohnraum problemlos vermietet werden. Hier ist ein Grund für die Zurückhaltung bei der energetischen Sanierung zu vermuten.

Die Nordstadt ist geprägt durch eine vielfältige Eigentums- und Nutzungsstruktur, auf welche in Kapitel 5.1 detaillierter eingegangen wird.

Das Quartier erfuhr in den letzten Jahren eine dynamische Entwicklung:

- 2015 wurde der Umbau von Bahnhof und Bahnhofsvorplatz abgeschlossen, mit neuer Verkehrsführung und einer Platzgestaltung, die eine Umsteiganlage vom Busverkehr auf den schienengebundenen Verkehr enthält.
- Die Phillips-Universität Marburg errichtet bis 2017 den zukünftigen Campus Firmanei. Für den Neubau wurden 17 Gebäude – darunter das Schwesternwohnheim und die Häuser der ehemaligen Frauenklinik – für den im alten botanischen Garten geplanten Neubau der Zentralen Universitätsbibliothek und den neuen Campus abgerissen. Die Zentralbibliothek ist im Rohbau fertiggestellt und ist im vorliegenden Konzept mit ihrem Energiebedarf berücksichtigt. Darüber hinaus ist der Neubau des Sprachatlasses im Pilgrimstein kurz vor der Fertigstellung.
- Im Juni 2013 begann der Umbau des Erwin-Piscator-Hauses in der Biegenstraße, das als Stadthalle dient. Anfang 2016 ist der Umbau nahezu abgeschlossen.

Zusätzlich wird seit 2012 ein Verkehrskonzept für die Nordstadt entwickelt. Ziel ist eine straßenräumliche Aufwertung in der Nordstadt unter Einbeziehung des Campus Firmanei und eine Verkehrsreduzierung in den Straßen Wehrdaer Weg, Elisabethstraße und Pilgrimstein.² Einige Maßnahmen zur Änderung der Verkehrsführung im Bereich Bahnhofstraße und Robert-Koch-Straße sind bereits durchgeführt.

In Abbildung 2-2 ist die Gebäudenutzung im Quartier ersichtlich. Zusätzlich ist der Denkmalschutz dargestellt. Im südlichen Teil befindet sich das bereits beschriebene Biegentviertel mit Biegen- und Deutschhausstraße aus der Gründerzeit. Demgegenüber stehen die Klinikums- und Universitätsbauten, die sich über einen Großteil des Gebietes erstrecken. Der nördliche Gebietsteil ist von seiner Nutzung her eher durch Industrie und Gewerbe geprägt. Die Bahnhofstraße weist eine starke Durchmischung der Bebauung in Nutzung und Entstehungszeit auf, deren gewerblicher Anteil in Bahnhofsnähe zunimmt. Das Bahnhofsgelände im Norden unterscheidet sich in Nutzung und Erscheinungsbild von der übrigen Bebauung.

Neben der Gebäudenutzung wurden im Rahmen des Quartierskonzeptes weitere Karten und Abbildungen erstellt, aus denen zusätzliche gebäudespezifische Informationen wie z. B. Gebäude-Baujahr, Geschosshöhe und Anzahl der Bewohnerinnen und Bewohner hervorgehen. Die Datenquellen wurden aufwändig aus den Informationen der Vorkonzepte, Daten der Universitätsstadt Marburg, der Philipps-Universität Marburg, eigener Recherchen etc. abgeleitet und zur Kartenerstellung in ein Geobasiertes Informationssystem (GIS) übertragen.

Aus nachfolgender Abbildung 2-1 gehen die Altersklassen der im Quartier vorhandenen Wohngebäude hervor. Hieraus geht die große Gruppe der Wohngebäude hervor, die vor

² Vorhabensbeschreibung - FÖRDERPROGRAMM 432 FÜR EIN INTEGRIERTES ENERGETISCHES QUARTIERSKONZEPT "NORDSTADT"

1918 errichtet wurden. In dieser Gruppe befindet sich auch hauptsächlich die denkmalgeschützte Gebäudestruktur.

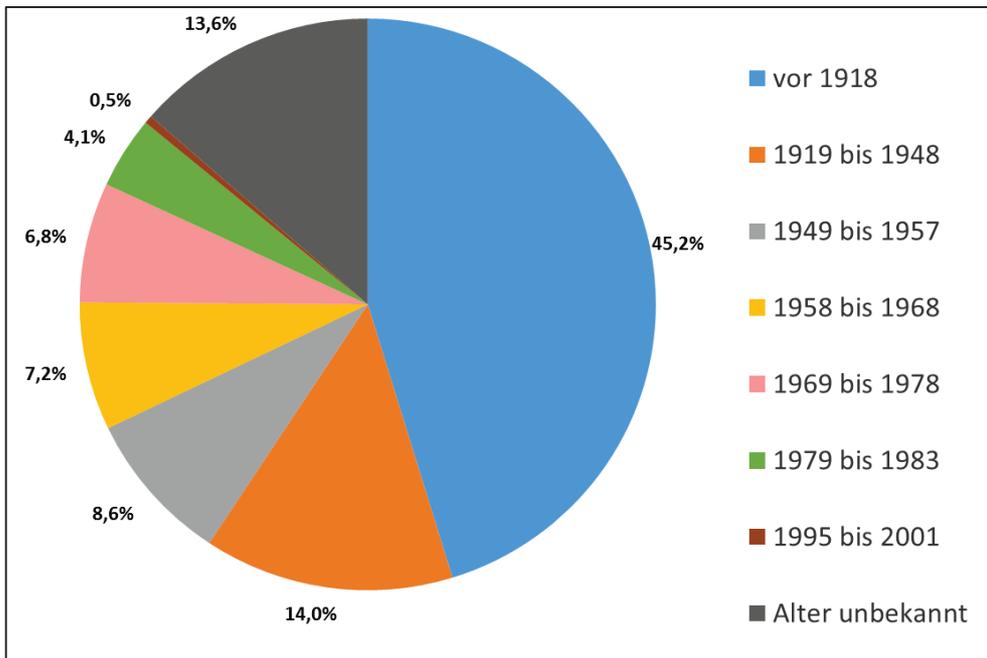


Abbildung 2-1: Altersstruktur der Wohngebäude im Quartier

Die Baualterklassen dienen in der weiteren Konzeptbearbeitung zur Berechnung der Wärmeenergiebedarfe (vgl. Abschnitt 2.3.1) und Einsparpotenziale durch energetische Sanierungsmaßnahmen (Kapitel 4.1.3.1).

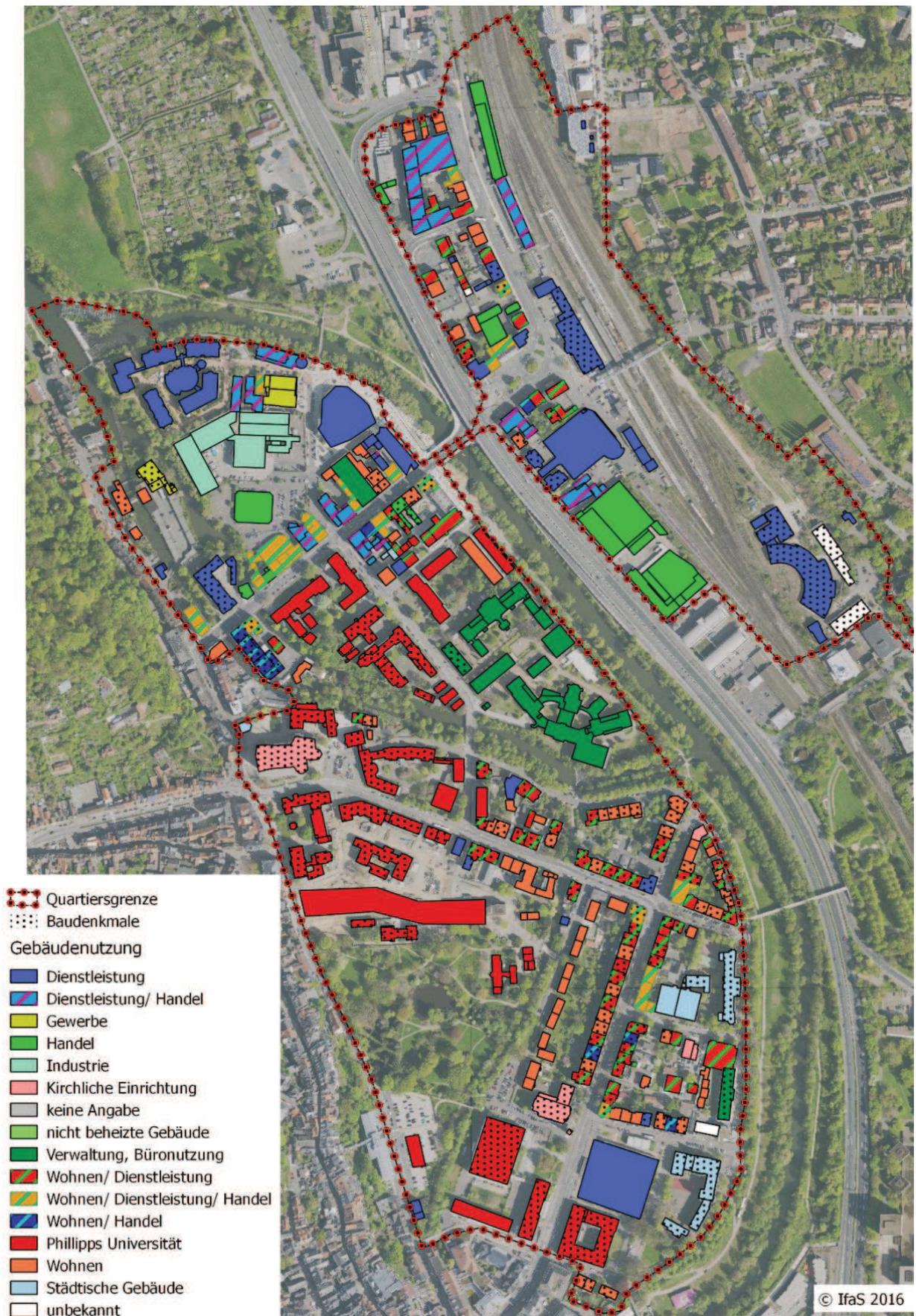


Abbildung 2-2: Gebäudenutzung und Denkmalschutz im Quartier

2.3 Energetische Ausgangssituation

2.3.1 Wohngebäude

Um den Energieverbrauch der Wohngebäude im gesamten Quartier zu ermitteln, wurde die Gebäudetypologie nach IWU verwendet. Bei dieser wird zwischen Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus und Reihenhaus unterschieden. Zusätzlich wird jeder Gebäudetyp in eine Altersklasse eingeteilt. Durch die in den entsprechenden Baujahren typischerweise verwendeten Baumaterialien und die energetischen Standards der entsprechenden Zeit lassen sich Kennwerte für den Energieverbrauch dem jeweiligen Gebäudetyp zuordnen.

Bei der IWU-Typologie werden diese Kennwerte nach einem Standard-Bilanz-Verfahren berechnet, bei dem von idealisierten Verhältnissen und Standard-Bedingungen ausgegangen wird. Berechnungsgrundlage sind verschiedene europäische Normen, insbesondere EN ISO 13790 für die Berechnung der Heizwärmebilanz. Die Standard-Bedingungen beziehen sich u. a. auf die Raumtemperatur, den Luftwechsel und den Warmwasserbedarf. Werden diese Standards im Gebäudebestand durch unterschiedliches Nutzerverhalten nicht erreicht, liegen die gemessenen Energiekennwerte systematisch niedriger als die unter Standardbedingungen berechneten.

Um die aus dem Standard-Bilanz-Verfahren ermittelten Kennwerte an das typische Verbrauchsniveau anzupassen, werden diese durch die Anwendung eines pauschalen Faktors korrigiert. Der Anpassungsfaktor ist aus einer Reihe von Felduntersuchungen abgeleitet und ist abhängig vom energetischen Standard. Gerade bei schlechtem energetischen Standard liegt der gemessene Energieverbrauch deutlich niedriger als der berechnete Bedarf.³ Dies liegt vor allem daran, dass die Bewohnerinnen und Bewohner eines Hauses mit schlechtem energetischen Standard wissen, dass ihr Gebäude einen höheren Energieverbrauch hat und daher ihr Nutzungsverhalten anpassen. Zum Beispiel werden nicht alle Räume voll geheizt oder die Raumtemperatur bewusst niedriger gehalten, um Energiekosten zu sparen. Dieser, an das typische Verbrauchsniveau angepasste Kennwert, wurde bei diesem Quartierskonzept verwendet. Die verwendeten Kennwerte sind bezogen auf den oberen Heizwert, auf die beheizte Nettogrundfläche und berücksichtigen die Warmwasserbereitung.

Um den Gesamtenergieverbrauch eines Wohngebäudes zu ermitteln, wurde der Energiekennwert mit der Grundfläche des Hauses und mit der Anzahl der Stockwerke, die zu Wohnzwecken genutzt werden, multipliziert. Wird ein Stockwerk nicht zu Wohnzwecken genutzt, z. B. weil es gewerblich genutzt wird, wurde der entsprechende Gewerbekennwert zum Ansatz gebracht.

³ Vgl. Webseite des IWU, Deutsche Gebäudetypologie, 2011

2.3.2 Öffentliche und Wirtschaftsgebäude

Von der Methodik her wurde bei den übrigen Gebäuden

- Dienstleistung,
- Dienstleistung / Handel,
- Handel,
- Gewerbe,
- Industrie,
- Universität,
- Kirchliche Einrichtungen,
- Städtische Gebäude und
- Verwaltung / Büro

ähnlich vorgegangen wie bei den Wohngebäuden. Wird ein Gebäude gewerblich genutzt, wurde der jeweilige Energiekennwert des Gewerbes mit der Gewerbefläche multipliziert. Als Datenquelle für die Energiekennwerte diente die Literatur „Klimaschutzstrategien für Nichtwohngebäude in Stadtquartieren“⁴.

2.3.3 Verteilung Wärmebedarf

Nachfolgendes Diagramm zeigt die Wärmebedarfsverteilung der einzelnen Gebäudegruppen im Quartier. Zu erkennen ist der relativ hohe Wärmebedarfsanteil der Wohngebäude (32%). Dies lässt sich vor allem durch die historische Gebäudesubstanz mit einem hohen Anteil denkmalgeschützter drei bis vierstöckiger Gebäude begründet. Die Gebäudegruppe Dienstleistung, Dienstleistung/Handel und Handel haben zusammengekommen einen Anteil von 34%. Eine weitere große Verbrauchsgruppe bilden mit 17% die Gebäude der Philipps-Universität. Verwaltungs- und Bürogebäude sind anteilig mit 10% vertreten. Städtische Gebäude und kirchliche Einrichtungen haben zusammengekommen einen Anteil von 5%, ebenso wie Gewerbe und Industriebauten.

⁴ Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH: Hamann, Achim : Klimaschutzstrategien für Nichtwohngebäude in Stadtquartieren

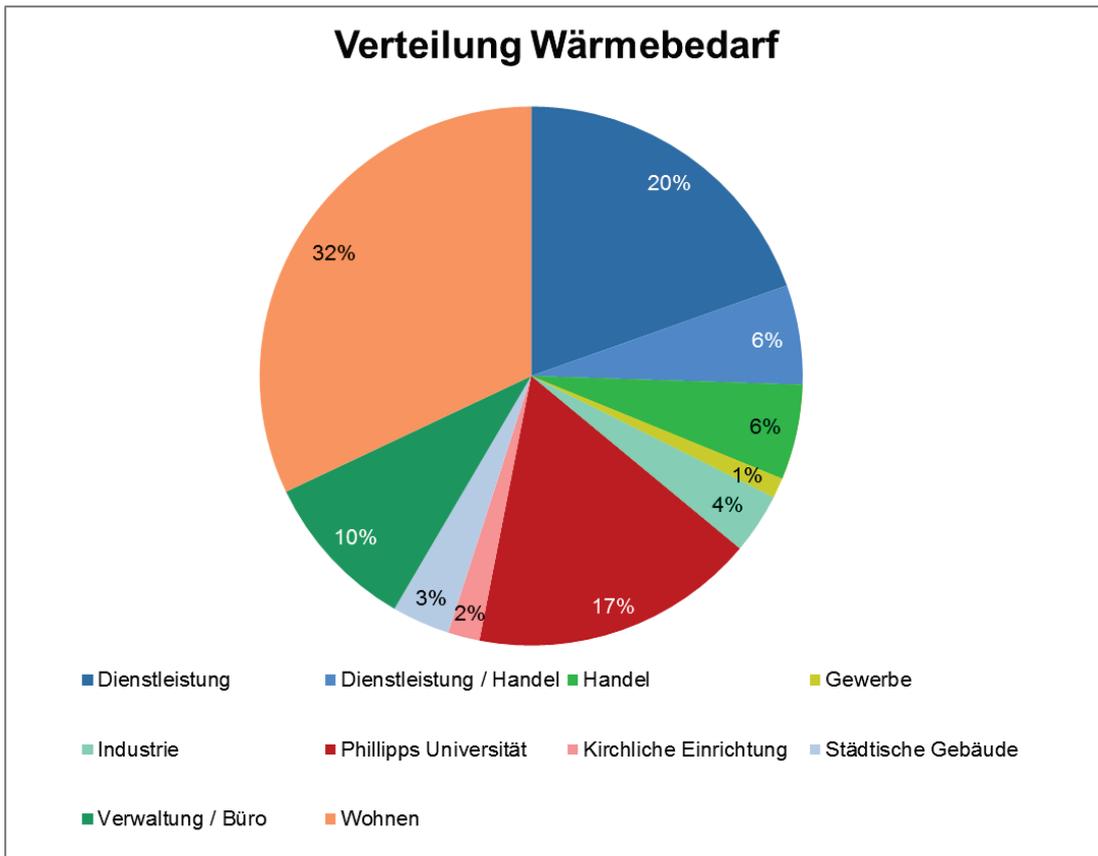


Abbildung 2-3: Wärmebedarfsverteilung nach Verbrauchergruppe

2.3.4 GIS-basiertes Wärmekataster

Die folgende Abbildung zeigt die gebäudescharfe Darstellung des Wärmebedarfes in kWh/a. Auf Basis der räumlichen Verknüpfung der Wärmebedarfe lassen sich Maßnahmen für den Einsatz von Kraftwärme-Kopplung oder erneuerbarer Energien ableiten sowie Ansätze für Wärmenetze identifizieren. Zusätzlich ist das bestehende Fernwärmenetz und das zugehörigen Heizkraftwerk Ortenberg zu erkennen. Mit dem Fernwärmenetz werden überwiegend die Gebäude der Philipps-Universität mit Wärme versorgt. Das Netz war bisher im Eigentum der Universität bzw. dem Bundesland Hessen. Eine Übernahme der örtlichen Stadtwerke Marburg steht kurz vor dem Abschluss. Das Wärmenetz wird im Zuge des Eigentümerwechsels sukzessive saniert, wobei die Sanierungsarbeiten von Teilbereichen bereits abgeschlossen sind. Versorgt wird das Netz durch das Heizkraftwerk Ortenberg, welches sich im Eigentum der örtlichen Stadtwerke befindet. Es sind derzeit zwei Erdgasheizkessel mit einer Leistung von jeweils 10 MW_{th} und eine Gasturbine mit Wärmeauskopplung und einer elektrischen Leistung von 5 MW_{el} sowie einer thermischen Leistung von 8 MW_{th} in Betrieb.

Neben dem Fernwärmenetz sind die Stadtwerke Betreiber des Erdgasnetzes, welches nahezu das gesamte Stadtquartier versorgt.



Abbildung 2-4: Gebäudescharfe Darstellung des Wärmebedarfs

2.4 Energie- und Treibhausgasbilanzierung (Startbilanz)

Um Klimaschutzziele innerhalb eines Betrachtungsraumes quantifizieren zu können, ist es unerlässlich, die Energieversorgung, den Energieverbrauch sowie die unterschiedlichen Energieträger zu bestimmen. Die Analyse bedarf der Berücksichtigung einer fundierten Datengrundlage und muss sich darüber hinaus statistischer Berechnungen⁵ bedienen, da derzeit keine vollständige Erfassung der Verbrauchsdaten für das Quartier Nordstadt vorliegt.

Die Betrachtung der Energiemengen bezieht sich im Rahmen des Konzeptes auf die Form der Endenergie (z. B. Heizöl, Holzpellets, Strom). Die verwendeten Emissionsfaktoren beziehen sich auf die relevanten Treibhausgase CO₂, CH₄ sowie N₂O und werden als CO₂-Äquivalente⁶ (CO₂e) ausgewiesen. Die Faktoren stammen aus dem **G**lobalen **E**missions-**M**odell **i**ntegrierter **S**ysteme (GEMIS) in der Version 4.9⁷. Sie beziehen sich ebenfalls auf den Endenergieverbrauch und berücksichtigen keine Vorketten z. B. aus der Anlagenproduktion oder der Brennstoffbereitstellung. Das vorliegende Konzept bezieht sich im Wesentlichen systematisch auf das Gebiet des Quartiers Nordstadt. Dementsprechend ist die Energie- und Treibhausgasbilanzierung nach der Methodik einer „endenergiebasierten Territorialbilanz“ aufgebaut, welche im Praxisleitfaden „Klimaschutz in Kommunen“ für die Erstellung von Klimaschutzkonzepten nahegelegt wird.⁸

Streng genommen dürften nach dem Bilanzierungsprinzip („endenergiebasierte Territorialbilanz“) auch Emissionsminderungen, welche durch lokale Erzeugung aus erneuerbaren Energien erfolgen, nicht mit den Emissionen der Stromversorgung verrechnet werden, da sich jede regenerative Erzeugungsanlage vom Prinzip im Emissionsfaktor des Bundesstrommix widerspiegelt.⁹ Die Größenordnung dieser Doppelbilanzierung ist jedoch, gemessen am gesamtdeutschen regenerativen Kraftwerkspark, als verschwindend gering zu betrachten.¹⁰ Eine vollständige Zurechnung der lokal erzeugten Strommengen auf die Bilanz soll in diesem Konzept aufzeigen, inwieweit ein bilanzieller Ausgleich der tatsächlich im Gebiet verursachten Emissionen möglich ist.

Im Folgenden werden sowohl die Gesamtenergieverbräuche als auch die derzeitigen Energieversorgungsstrukturen des Quartiers Nordstadt im IST-Zustand analysiert. In Kapitel 4.3 werden prognostizierte Szenarien für die Zieljahre 2030 und 2050 beschrieben.

⁵ An dieser Stelle erfolgen insbesondere die Berechnungen für die nicht leitungsgebundenen Energieträger im Wärmebereich (Verbrauch und Anteil EE) über entsprechende Kennwerte sowie eine Auswertung der Schornsteinfegerprotokolle, da auf keine Primärdatensätze zurückgegriffen werden kann.

⁶ N₂O und CH₄ wurden in CO₂-Äquivalente umgerechnet (Vgl. IPCC 2007, Climate Change 2007: Synthesis Report, S. 36)

⁷ Vgl. Fritsche und Rausch 2013

⁸ Der Klimaschutzleitfaden spricht Empfehlungen zur Bilanzierungsmethodik im Rahmen von Klimaschutzkonzepten aus. Das IfaS schließt sich im vorliegenden Fall dieser Methodik an, da die Empfehlungen des Praxisleitfadens unter anderem durch das Umweltbundesamt (UBA) sowie das Forschungszentrum Jülich GmbH (PTJ) fachlich unterstützt wurden.

⁹ Vgl. Difu 2011, S. 218.

¹⁰ Das im Rahmen dieser Studie ermittelte lokale Gesamtpotenzial regenerativer Stromproduktion des Quartiers Nordstadt, trägt lediglich zu < 0,01% zur prognostizierten regenerativen Gesamtstromerzeugung aus EE (Deutschland) 2050 bei. Vor diesem Hintergrund kann der Einfluss der betrachteten Anlagen auf den Bundesemissionsfaktor Strom 2050 im Rahmen des Konzeptes vernachlässigt werden.

2.4.1 Analyse des Gesamtenergieverbrauches und der Energieversorgung

Mit dem Ziel, den Energieverbrauch und die damit einhergehenden Treibhausgasemissionen des Betrachtungsgebietes im IST-Zustand abzubilden, werden an dieser Stelle die Bereiche Strom und Wärme hinsichtlich ihrer Verbrauchs- und Versorgungsstrukturen bewertet. Auf eine Bilanzierung des Verkehrssektors wurde aufgrund der Kleinteiligkeit des Untersuchungsgebietes und mangelnder Datengrundlagen verzichtet.

Zur Analyse des aktuellen Gesamtenergieverbrauchs wurden die Gebäude nach Nutzung, Gebäudetyp und Baualtersklasse eingeteilt (Vgl. Kapitel 2.3). Darauf aufbauend erfolgte in einem nächsten Schritt eine Einteilung des Gebietes in die vier Verbrauchergruppen Wohnen, Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) & Industrie, öffentliche Gebäude & kirchliche Einrichtungen sowie Gebäude der Philipps Universität.

2.4.2 Gesamtstromverbrauch und Stromerzeugung

Zur Ermittlung des Stromverbrauches des Betrachtungsgebietes wurden zunächst die zur Verfügung gestellten Daten des zuständigen Netzbetreibers¹¹ über die gelieferten und durchgeleiteten Strommengen herangezogen. Die aktuellsten vorliegenden Verbrauchsdaten gehen auf das Jahr 2014 zurück und weisen für das Betrachtungsgebiet einen Gesamtstromverbrauch von ca. 35.700 MWh/a aus. Da aus den zur Verfügung gestellten Daten des Netzbetreibers keine Aufteilung in die einzelnen Verbrauchergruppen ersichtlich war, wurde eine prozentuale Verteilung anhand von flächenspezifischen Kennwerten vorgenommen.¹² Darüber hinaus lagen reale Verbrauchsdaten für die Universitätsgebäude vor, die bei der Einteilung in die Verbrauchergruppen berücksichtigt wurden.

Mit einem jährlichen Verbrauch von ca. 19.300 MWh weist der Sektor GHD & Industrie den höchsten Stromverbrauch auf. Die Universitätsgebäude benötigen jährlich ca. 6.000 MWh während die Verbrauchsgruppe öffentliche Gebäude & kirchliche Einrichtungen einen jährlichen Stromverbrauch von rund 5.400 MWh aufweist. Gemessen am Gesamtstromverbrauch stellt die Verbrauchsgruppe Wohnen mit einer jährlichen Verbrauchsmenge von etwa 5.000 MWh die kleinste Verbrauchsgruppe dar.

Heute wird bilanziell betrachtet weniger als 1% des Gesamtstromverbrauches des Betrachtungsgebietes aus erneuerbarer Stromproduktion gedeckt. Damit liegt der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromproduktion deutlich unter dem Bundesdurchschnitt von 27,8 %¹³ im Jahr 2014. Die lokale Stromproduktion beruht dabei auf der Nutzung von Photovoltaikanlagen auf Dachflächen und einer Wasserkraftanlage.

¹¹ Im Betrachtungsgebiet ist der zuständige Netzbetreiber die Stadtwerke Marburg.

¹² Vgl. IWU 2015 und TU Darmstadt 2012

¹³ Vgl. BMWi 2015, S. 4

2.4.3 Gesamtwärmeverbrauch und Wärmeerzeugung

Die Ermittlung des Gesamtwärmebedarfes des Betrachtungsgebietes stellt sich im Vergleich zur Stromverbrauchsanalyse deutlich schwieriger dar. Neben den konkreten Verbrauchszahlen für leitungsgebundene Wärmeenergie (Erdgas und Fernwärme), kann in der Gesamtbeurteilung aufgrund einer komplexen und zum Teil nicht leitungsgebundenen Versorgungsstruktur, lediglich eine Annäherung an tatsächliche Verbrauchswerte erfolgen. Zur Ermittlung des Wärmebedarfes auf Basis leitungsgebundener Energieträger wurden Verbrauchsdaten über die Erdgas- und Fernwärmeliefermengen im Verbrauchsgebiet des Quartiers Nordstadt für das Jahr 2014 des Netzbetreibers¹⁴ herangezogen. Da auch an dieser Stelle keine Aufteilung in die einzelnen Verbrauchergruppen vorlag, wurde ebenfalls eine prozentuale Verteilung anhand flächenspezifischer Kennwerte vorgenommen.¹⁵

Ferner wurden für die Ermittlung nicht leitungsgebundener Energieträger, wie Heizöl und Biomassefestbrennstoffe, die Daten der Schornsteinfeger zu den einzelnen Feuerstätten im Quartier Nordstadt ausgewertet und in die Berechnungen mit einbezogen. Des Weiteren wurden die durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gelieferten Daten über geförderte innovative Erneuerbare-Energien-Anlagen (Solarthermie-Anlagen¹⁶, Wärmepumpen¹⁷) bis zum Jahr 2015 herangezogen. Da die von der BAFA gelieferten Daten nur auf Ebene des Stadtgebietes vorlagen, wurden diese über die Anzahl der Wohngebäude auf das Betrachtungsgebiet herunter gebrochen. Darüber hinaus lagen im Wärmebereich die realen Verbrauchsdaten der Universitätsgebäude vor.

Insgesamt konnte für das Betrachtungsgebiet ein jährlicher Gesamtwärmeverbrauch von rund 61.500 MWh ermittelt werden.¹⁸

Mit einem jährlichen Anteil von ca. 36% des Gesamtwärmeverbrauches (ca. 22.100 MWh), stellt die Verbrauchsgruppe GHD & Industrie mit Abstand den größten Wärmeverbraucher des Betrachtungsgebietes dar. An zweiter Stelle steht die Verbrauchsgruppe Wohnen mit einem Anteil von rund 32% (19.800 MWh). Die Universitätsgebäude sowie die Verbrauchsgruppe öffentliche Gebäude & kirchliche Einrichtungen dagegen sind mit jeweils ca. 16% (ca. 9.800 MWh) am Gesamtwärmeverbrauch beteiligt.

Derzeit können weniger als 1% des Gesamtwärmeverbrauches über erneuerbare Energieträger abgedeckt werden. Damit liegt der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmebereit-

¹⁴ Im Betrachtungsgebiet ist der zuständige Netzbetreiber die Stadtwerke Marburg.

¹⁵ Vgl. IWU 2015 und Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH 2014

¹⁶ Vgl. Webseite Solaratlas

¹⁷ Vgl. Statistisches Landesamt RLP o.J.

¹⁸ Der Gesamtwärmeverbrauch setzt sich aus folgenden Punkten zusammen: Angaben zu gelieferten Erdgas- und Fernwärmemengen des Netzbetreibers, Auswertung der Daten zu den Feuerstätten der Schornsteinfeger zur Ermittlung des Wärmeverbrauchs der nicht leitungsgebundenen Energieträger, Angaben zu den Wärmeverbräuchen der Universitätsgebäuden sowie Auswertung der BAFA-Daten über geförderte EE-Anlagen.

stellung weit unter dem Bundesdurchschnitt, der 2014 bei 9,9 %¹⁹ lag. Auf dem Gebiet des Quartiers Nordstadt beinhaltet die Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energieträgern vor allem die Verwendung von Biomasse-Festbrennstoffen und solarthermischen Anlagen. Die folgende Darstellung verdeutlicht, dass die Wärmeversorgung im IST-Zustand jedoch überwiegend auf fossilen Energieträgern basiert.

Allerdings stellt die bestehende Fernwärmeversorgung rund ein Drittel des Wärmebedarfes, was aufgrund der teilweisen Erzeugung aus effizienter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) positiv hinsichtlich des Primärenergieaufwandes zu bewerten ist.

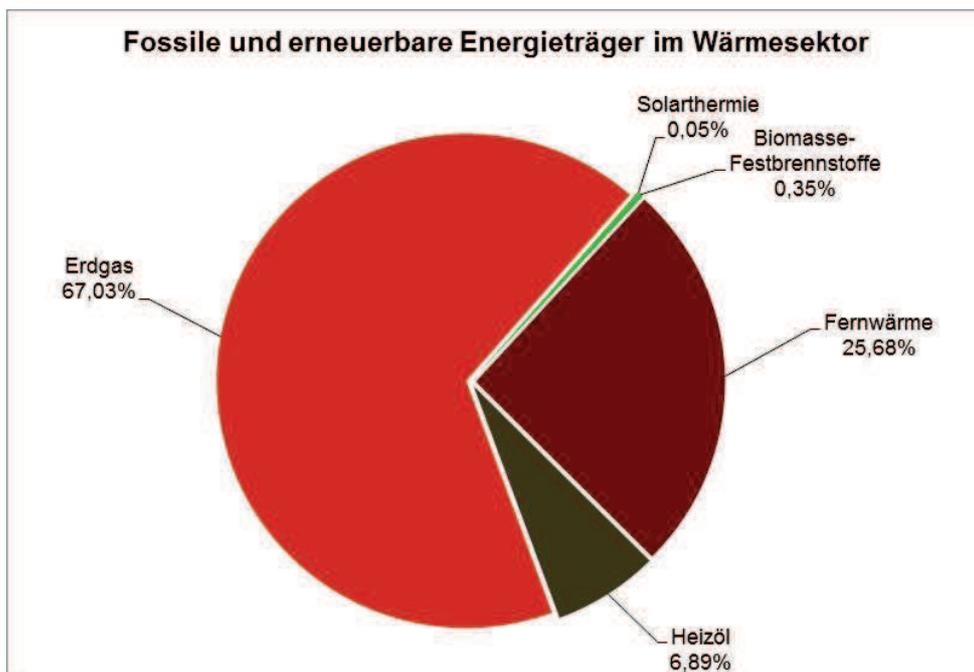


Abbildung 2-5: Übersicht der Wärmeerzeuger im Quartier Nordstadt

2.4.4 Zusammenfassung Gesamtenergieverbrauch

Der Gesamtenergieverbrauch für den stationären Bereich bildet sich aus der Summe der zuvor beschriebenen Teilbereiche und beträgt im abgeleiteten IST-Zustand ca. 97.200 MWh/a. Der Anteil der erneuerbaren Energien am stationären Verbrauch liegt im Betrachtungsgebiet bei weniger als 1%. Die nachfolgende Grafik gibt einen Gesamtüberblick über die derzeitigen Energieverbräuche, unterteilt nach Energieträgern und Verbrauchsgruppen:

¹⁹ Vgl. BMWi 2015, S. 4

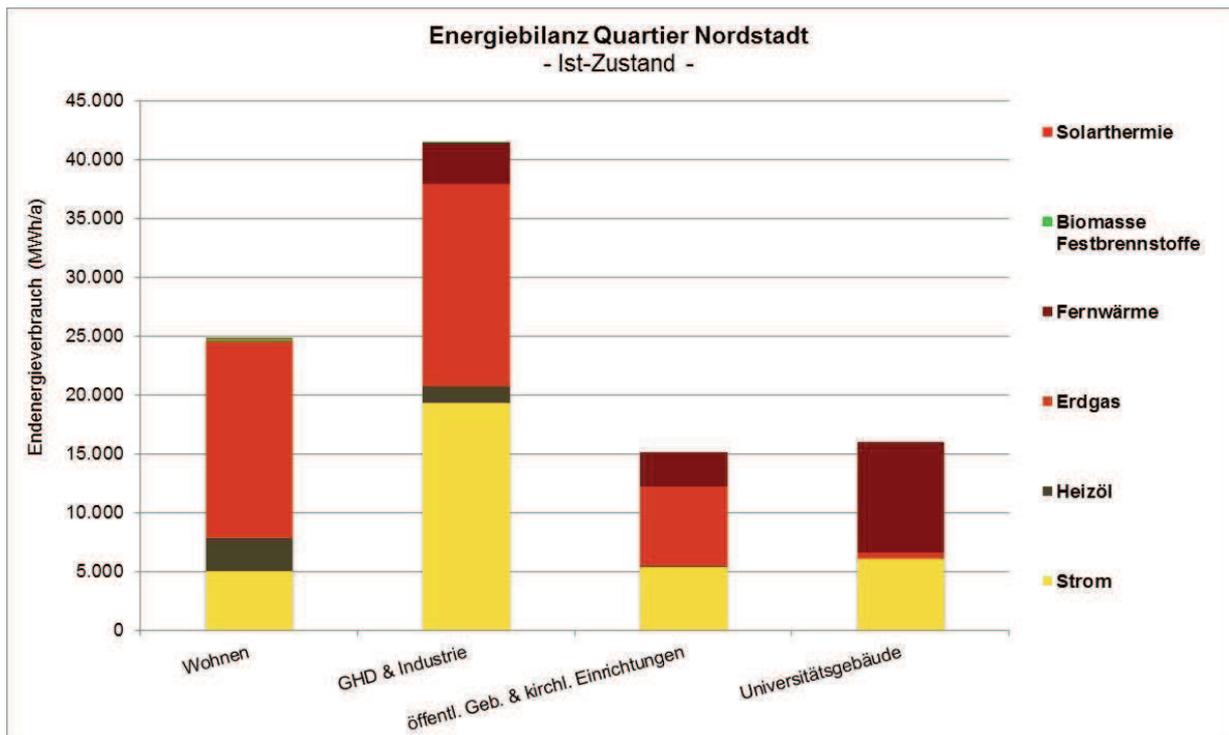


Abbildung 2-6: Energiebilanz im IST-Zustand nach Energieträgern und Verbrauchssektoren

Die zusammengefügte Darstellung der Energieverbräuche nach Verbrauchsgruppen lässt erste Rückschlüsse über dringliche Handlungssektoren des Quartierskonzeptes zu. Das derzeitige Versorgungssystem ist vor allem im Wärmebereich augenscheinlich durch den Einsatz fossiler Energieträger geprägt. Für die regenerativen Energieträger ergibt sich demnach ein großer Ausbaubedarf.

Des Weiteren lässt sich ableiten, dass das Quartier einen relativ hohen Anteil öffentlicher Gebäude (kommunale Gebäude, Landesbehörden, Philipps Universität, Kirchen) aufweist. Diese nehmen heute schon eine Vorbildfunktion bei Energieeffizienz und erneuerbaren Energien ein, welche künftig weiter auszubauen ist. Mit einem jährlichen Anteil von ca. 43% am Gesamtenergieverbrauch stellen GHD & Industrie mit Abstand die größte Verbrauchsgruppe dar. An zweiter Stelle steht die Verbrauchsgruppe Wohnen mit einem Anteil von ca. 26%.

Nachfolgende Abbildung zeigt den Primärenergieverbrauch im Verhältnis zum Endenergieverbrauch der einzelnen Verbrauchsgruppen auf:

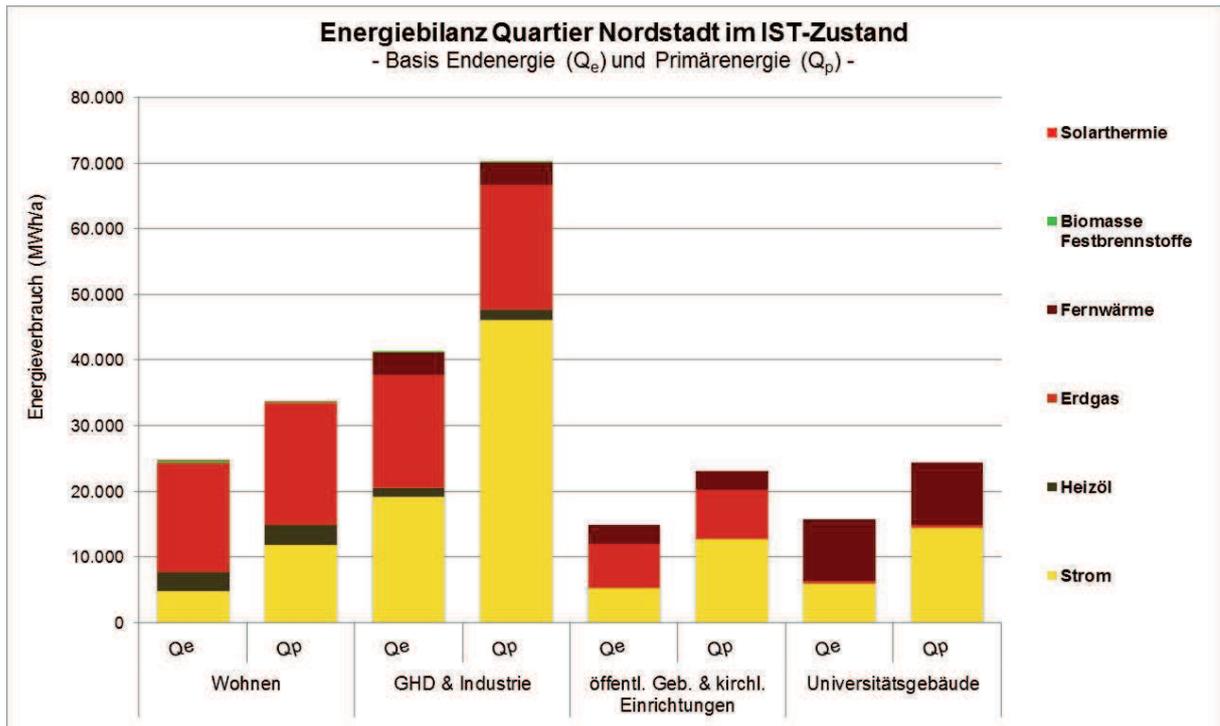


Abbildung 2-7: Energiebilanz im IST-Zustand nach Endenergie- und Primärenergieverbrauch

Auffällig ist, dass Strom aus dem Bundesstrommix durch den derzeitigen Kraftwerkspark immer noch einen relativ hohen Primärenergieaufwand aufweist. Für Erdgas, Heizöl und Fernwärme liegt der Primärenergieaufwand nur geringfügig über der Endenergiemenge.

2.4.5 Treibhausgasemissionen

Ziel der Treibhausgasbilanzierung auf kommunaler Ebene ist es, spezifische Referenzwerte für zukünftige Emissionsminderungsprogramme zu erheben. In der vorliegenden Bilanz werden auf Grundlage der zuvor erläuterten Verbräuche die territorialen Treibhausgasemissionen (CO_2e) in den Bereichen Strom und Wärme quantifiziert. Die folgende Darstellung bietet einen Gesamtüberblick der relevanten Treibhausgasemissionen im IST-Zustand auf dem Gebiet des Quartiers Nordstadt.

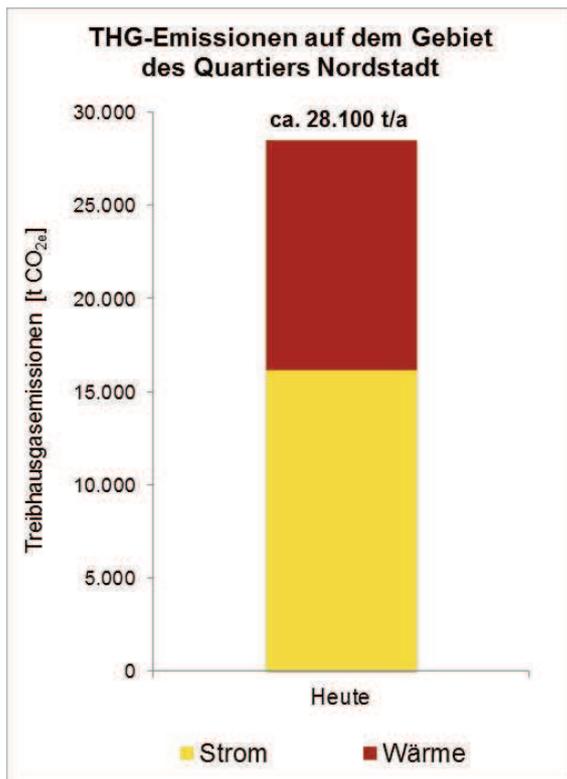


Abbildung 2-8: Treibhausgasemissionen im Quartier Nordstadt im IST-Zustand

Für den ermittelten IST-Zustand wurden jährliche Emissionen in Höhe von rund 28.100 t CO_{2e} kalkuliert.

3 Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit

Im Unterschied zu häufig rein technisch orientierten Studien enthalten energetische Quartierskonzepte eine Ansprache lokaler Zielgruppen sowie Multiplikatorinnen und Multiplikatoren mit der Absicht die Akzeptanz für das Konzept zu steigern und eine gemeinsame Maßnahmenentwicklung zu erreichen.

Dabei ist zunächst eine regelmäßige Rückkopplung der Konzepterstellung mit der auftraggebenden Stelle hilfreich, damit ein kontinuierlicher Informationsfluss über die gesamte Projektlaufzeit aufrecht erhalten bleibt. Dazu wurde eine Lenkungsgruppe einberufen.

Im Rahmen des Quartierskonzeptes erfolgte eine umfangreiche Ansprache der Zielgruppen über fünf Veranstaltungen und Workshops. Die Auswahl der entsprechenden Themen, der Ablauf der Termine sowie die Organisation erfolgten in enger Abstimmung mit den projektverantwortlichen Ansprechpersonen der Stadtverwaltung.

Darüber hinaus wurden 15 persönliche Abstimmungs- und Beratungsgespräche mit Akteurinnen und Akteuren vor Ort geführt, um ein breites Stimmungsbild zu erhalten sowie Maßnahmvorschläge aufzunehmen.

3.1 Lenkungsgruppe zum Quartierskonzept Nordstadt

Bereits während der Konzepterstellung fand ein intensiver und regelmäßiger Austausch mit den Akteurinnen und Akteuren vor Ort statt. Nach der Auftaktbesprechung mit dem Fachdienst Stadtgrün, Klima- und Naturschutz der Stadtverwaltung wurden regelmäßige Abstimmungstermine in einer Lenkungsgruppe aus Vertreterinnen und Vertretern der Stadtverwaltung, Stadtwerke, GeWoBau, Philipps Universität und dem IfaS durchgeführt. Die Mitglieder der Lenkungsgruppe sind mit ihrer Funktion in folgender Tabelle aufgeführt.

Tabelle 3-1: Eingeladene Mitglieder der Lenkungsgruppe

Name	Institution/Funktion
Jürgen Rausch	Fachbereichsleitung Planen, Bauen, Umwelt
Reinhold Kulle	Fachdienst Stadtplanung und Denkmalschutz
Marion Kühn	Fachdienstleitung Stadtgrün, Klima- und Naturschutz
Wiebke Lotz	Klimaschutzbeauftragte
Theo Pauly	Sanierungsmanager
Matthias Knoche	GeWoBau Marburg
Jens Kock	GeWoBau Marburg
Dr. Bernhard Müller	Stadtwerke Marburg
Thorsten Gerhardt	Stadtwerke Marburg
Alexander Sauer	Stadtwerke Marburg
Dr. Eckhard Diehl	Philipps Universität
Tobias Gruben	Bereichsleitung IfaS
Daniel Oßwald	Projektleitung IfaS
Christian Bender	Projektmanagement IfaS

Insgesamt fanden vier Sitzungen der Lenkungsgruppe von Mai 2015 bis Januar 2016 statt. Die Termine dienten dazu, Zwischenergebnisse zu diskutieren und die jeweils nächsten Bearbeitungsschritte vorzubereiten.

3.2 Veranstaltungen und Workshops



Abbildung 3-1: Impressionen der durchgeführten Veranstaltungen

Die Themen- und Zielgruppenauswahl der Veranstaltungen erfolgte anhand aktueller Diskussionen in der Lenkungsgruppe und aus Erkenntnissen der Projektarbeit. Bei den meisten Veranstaltungen wurde ein Vortrag des IfaS durch weitere Beiträge ergänzt. Darunter waren die Stadtwerke, ein Architekturbüro und ein Energieberater für Unternehmen.

Tabelle 3-2: Durchgeführte Veranstaltungen und Workshops

Nr.	Workshop, Veranstaltung	Datum	Teilnehmer	Themen, Schwerpunkte
1.	Informationsveranstaltung	22.09.2015	Bewohner, Unternehmer Banken Stadtwerke	Energetische Gebäudesanierung Fernwärmeausbau Nordstadt
2.	Erfahrungsaustausch "Energetische Sanierung und Denkmalschutz"	25.11.2015	Mitglieder "Alles im Biegen e. V."	Gebäudesanierung und Denkmalschutz Fernwärmeausbau im Biegentviertel
3.	Workshop im Arbeitskreis Energie des BUND Hessen	28.01.2016	Mitglieder des BUND Hessen	Diskussion und Ergänzung der Ergebnisse des Quartierskonzeptes
4.	Infoveranstaltung und Erfahrungsaustausch "Energieeffizienz in Unternehmen"	03.02.2016	Unternehmensvertreter Stadtwerke Energieberater	Praxisbeispiele für Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen
5.	Abschlussveranstaltung des Quartierskonzeptes Nordstadt	16.02.2016	Bewohner, Institutionen, Stadtverordnete	Öffentliche Präsentation und Diskussion der Konzept-Ergebnisse

Aus den Veranstaltungen konnten wesentliche Hinweise für zielgruppenspezifische Maßnahmen oder Hintergrundinformationen zum Quartier aufgenommen werden. Die Themen

- Energetische Sanierung und Denkmalschutz,
- Fernwärmeausbau,
- Energieeffizienz in Unternehmen und
- Nachhaltigkeit im studentischen Leben (Wohnen und Mobilität)

sollten regelmäßig, z. B. jährlich über eine Veranstaltung diskutiert werden. Hinzu kommen die Punkte erneuerbare Energien und Beteiligungsmodelle, welche vereinzelt diskutiert aber auf Quartiersebene noch verstärkt behandelt werden sollten.

3.3 Einzelgespräche mit Akteuren

Zu bestimmten Themen wurden einzelne Vertreterinnen und Vertreter von Institutionen befragt, welche für die Energieversorgung oder beim Energiekonsum des Quartiers eine Schlüsselposition einnehmen können. Eine Auflistung der Gesprächspartnerinnen und -partner, welche persönlich besucht wurden, zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 3-3: Gesprächspartner im Rahmen der Akteursbeteiligung

Nr.	Institution	Gesprächspartner
1	Phillips-Universität Marburg	Dr. Eckhard Diehl
2	AStA	Nora Hilbert
3	Stadtwerke Marburg	Thorsten Gerhardt
4	Werbekreis Marburg-Nord e. V. (Einzelhandel/Gastronomie)	Christian Großmann
5	Evangelische Kirchengemeinde	Pfarrer Dietrich
6	Katholische Kirchengemeinde	Pfarrer Klaus Nentrich
7	Deutsche Bahn	Roland Meuschke
8	Deutsche Vermögensberatung AG (DVAG)	Herr Schick
9	Alles im Biegen e.V.	Dr. Renate Buchenauer
10	Stadtsparkasse	Christina Scholz
11	Volksbank Mittelhessen	Frank Thiemann
12	S+S Grundbesitz GmbH	Karsten Schreyer
13	Hessisches Baumanagement	Karlheinz Günther
14	Martin Luther-Schule	Karl Goecke
15	Sophie v. Brabant-Schule	Klaus Schäfer

Hinzu kommen Telefongespräche und Kontakte am Rande von Veranstaltungen, welche in die Konzepterstellung einfließen. Insgesamt zeigte sich in den Einzelgesprächen ein deutliches Interesse an einer nachhaltigen Quartiersentwicklung.

Im Gebäudeneubau bzw. in der Kernsanierung werden vorbildliche Energiestandards und -versorgungskonzepte realisiert. Bei den abgeschlossenen und geplanten Bauvorhaben der S+S Grundbesitz GmbH bspw. werden regelmäßig Photovoltaikanlagen und Blockheizkraftwerke (BHKW) zur Strom- und Wärmeversorgung eingesetzt.

Eine besondere Herausforderung kristallisiert sich für die energetische Gebäudesanierung im Bestand heraus. Hier fehlt es den privaten Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern häufig an Investitionsanreizen. Insbesondere bei Mietobjekten besteht aufgrund des angespannten Wohnungsmarktes wenig Interesse an energetischer Modernisierung. Die Vermietung gelingt problemlos auch bei Wohnungen mit hohen Heizkosten und die Mieterinnen und Mieter befürchten einen weiteren Anstieg der Kaltmieten durch energetisch begründete Sanierungsmaßnahmen. Ein weiterer Hemmschuh liegt vermeintlich am hohen Anteil denkmalgeschützter Gebäude und Ensembles. Hier gilt es weiter zu kommunizieren, dass auch unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes wirkmächtige Maßnahmen möglich sind.

Der Fernwärmeausbau stößt auf reges Interesse, aber es gibt auch skeptische Stimmen, welche im weiteren Prozess berücksichtigt werden müssen.

Was den Bereich der erneuerbaren Energien angeht, gibt es Überlegungen zur Entwicklung von PV-Anlagen auf größeren Dachflächen (Gewerbe, öffentliche Gebäude). Biomasse-Anlagen sind selten ein Thema, könnten aber in Form von Pellets an Bedeutung gewinnen.

Einige Akteurinnen und Akteure befürworten eine verstärkte Nutzung der Solarthermie, auch in Wärmenetzen. Dazu fehlt es aber derzeit an Investitionsanreizen aufgrund der langen Amortisationszeiten.

Kritik gibt es an der Verkehrsbelastung und -führung in der Nordstadt. Hier sollten insbesondere den Interessen des Einzelhandels mit einer guten Anbindung der Kundschaft und den der Studierenden mit sicheren und praktischen Fahrradverbindungen Rechnung getragen werden.

Ziel sollte es sein, den aufgenommenen Gesprächsfaden nicht abreißen zu lassen und insbesondere mit den bestehenden Gruppen und Multiplikatorinnen und Multiplikatoren die weitere Quartiersentwicklung zu gestalten.

4 Potenzialanalyse

4.1 Energieeinsparung und Energieeffizienz

Vor dem Hintergrund zunehmender Ressourcenknappheit ist eines der Kernziele der Europäischen Union die Verringerung des Energieverbrauches in ihren Mitgliedsstaaten. Hierzu verabschiedete die EU im Jahre 2011 zwei Strategiepapiere. Der Fahrplan für eine kohlenstoffarme Wirtschaft 2050 beschreibt, wie die Treibhausemissionen bis 2050 möglichst kosteneffizient um 80 bis 90% reduziert werden können. Dabei spielen vor allem Energieeffizienz- und Energiesparmaßnahmen eine entscheidende Rolle.²⁰ Die EU hat Regelungen zum Thema Effizienz getroffen. Die EU-Richtlinie (2010/31/EU-Neufassung) fordert Niedrigstenergiegebäude bei Neubauten ab 2021. In Deutschland wird die Energieeffizienz von Gebäuden vor allem durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) geregelt. Im Energieeffizienzplan 2011 sind konkrete Energieeffizienzmaßnahmen zur Steigerung der Energieeinsparungen für private Haushalte, Unternehmen und öffentliche Liegenschaften enthalten.²¹

Die Bundesregierung unterstützt die Ziele der EU und möchte bis zum Jahr 2020 u. a. die gesamtwirtschaftliche Energieproduktivität (gegenüber dem Jahr 1990) verdoppeln. Durch das Programm „Klima schützen – Energie sparen“ soll die Erforschung und Weiterentwicklung von Energieeffizienztechnologien sowie die Investition in Energiesparmaßnahmen gefördert werden. Zu den Maßnahmen zählen u. a. der Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) von derzeit 12% auf 25% bis zum Jahr 2020 sowie die Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden (z. B. durch Wärmedämmung, Einsatz von Brennwert-Heizanlagen).²²

Die ambitionierten Ziele des Quartiers Nordstadt sind allein durch den Ausbau erneuerbarer Energien nicht zu erreichen. Dabei spielen vor allem Energieeffizienz- und Energieeinsparmaßnahmen eine entscheidende Rolle.

In diesem Zusammenhang sind besonders der sorgsame Umgang mit Ressourcen sowie ein optimiertes Stoffstrommanagement in allen Verbrauchssektoren von hoher Bedeutung. Die Themen Energieeinsparung und -effizienz sind dazu zentrale Ansatzpunkte, da diese Potenziale ohne weiteren Energieträgerbedarf zu realisieren sind und langfristig große regionale Wertschöpfungseffekte bewirken. Es gilt bei der Priorisierung von Klimaschutzmaßnahmen grundsätzlich immer zunächst den Energiebedarf zu reduzieren, bevor eine Umstellung der Energieversorgungsstrukturen auf den optimierten Bedarf hin erfolgt.

²⁰ Vgl. Webseite Europäische Kommission.

²¹ Vgl. Webseite BAFA.

²² Vgl. Webseite Bundesregierung.

Energieeinsparungen und Effizienz betreffen dabei die verschiedenen Bereiche in unterschiedlicher Weise. Der Endbericht „Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative“ im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) hat das Thema Energieeffizienz näher untersucht und dazu das folgende Schema veröffentlicht.

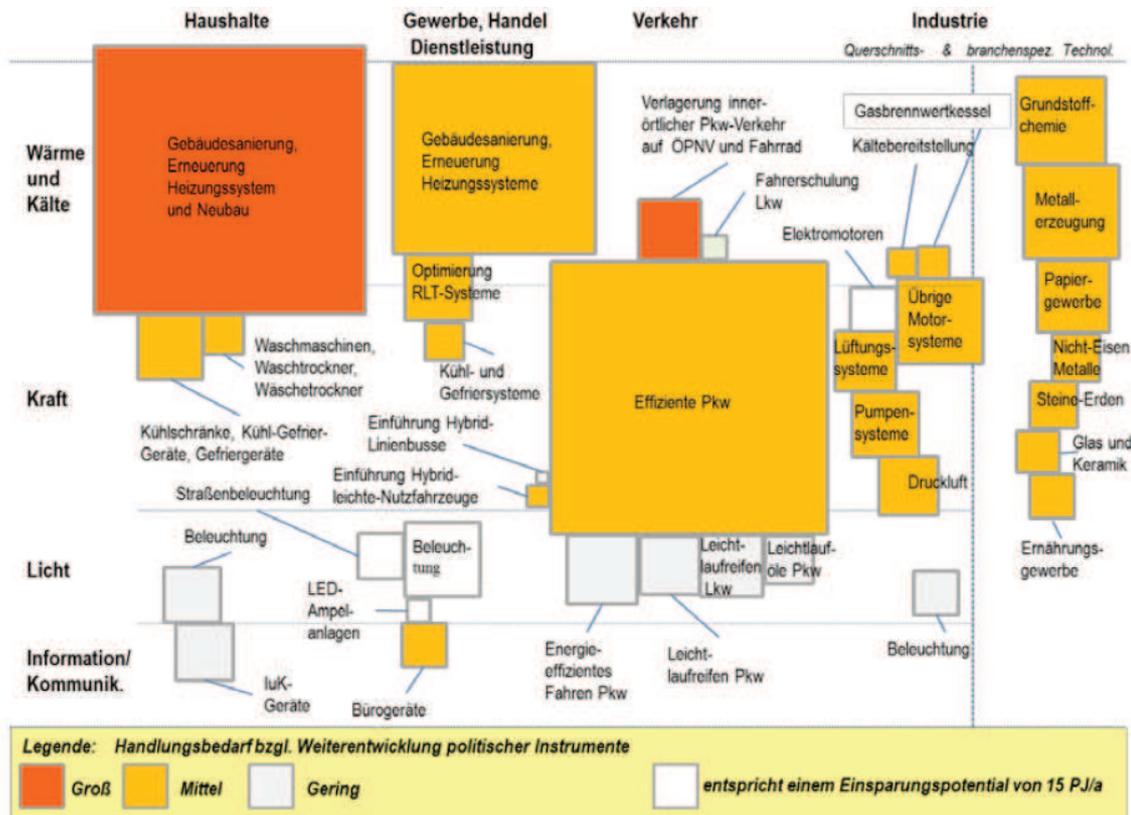


Abbildung 4-1: Übersicht der bis 2030 realisierbaren Effizienzpotenziale²³

Die Darstellung zeigt die verschiedenen Sektoren „Haushalte“, „Gewerbe, Handel, Dienstleistung“, „Verkehr“ und „Industrie“ mit den Endenergieverbrauchsbereichen „Wärme und Kälte“, „Kraft“, „Licht“ und „Information/Kommunikation“. Anhand der Darstellung sind die Relationen der Effizienzpotenziale in den verschiedenen Bereichen abzulesen. Des Weiteren veranschaulicht die Grafik die Komplexität des Themas Energieeinsparungen und Effizienz. Aufgrund dieser Komplexität werden in dem Klimaschutzkonzept nur die Bereiche mit der höchsten Relevanz dargestellt.

Im vorliegenden Konzept sollen sowohl Energieeinspar- als auch Energieeffizienzmaßnahmen für die Bereiche

- Private Haushalte
- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)
- Kommunale Gebäude

²³ Vgl. Ifeu et al. 2011: S. 21.

aufgezeigt werden.

4.1.1 Studienlage zum Energieeinsparpotenzial in Deutschland

Werden Maßnahmen in großem Umfang und verstärkt umgesetzt, kann der Energieverbrauch im Quartier Nordstadt signifikant sinken. Die Ermittlung der Einsparpotenziale erfolgt dabei in Orientierung an vorgegebenen Zielwerten aus den nachfolgend genannten Studien:

- Die Annahmen der WWF-Studie „Modell Deutschland“ für das Referenzszenario legen fest, dass die Entwicklungen wie bisher weitergeführt werden. Energiepolitische Maßnahmen wie das EEG und die EnEV bleiben bestehen und werden weiter angepasst, so dass z. B. ab 2021 Neubauten auf Niedrigstenergieniveau errichtet werden. Moderate Effizienzgewinne im technischen Bereich kombiniert mit Hilfsmitteln zur Verbesserung des Nutzerverhaltens führen zu Energieeinsparungen. Im Wärmebereich wächst der Anteil an Wärme aus erneuerbaren Energiequellen, Abwärmenutzung und Einsatz von Wärmepumpen.
- Den Einsparungen des „Plan B“ von Greenpeace und der „Leitstudie“ der Bundesregierung liegen die Annahmen zugrunde, dass die Klimaschutzziele der Bundesregierung erreicht werden, verstärkt Effizienz- und Optimierungspotenziale genutzt werden und ein starker Ausbau der erneuerbaren Energien stattfindet.
- „Plan B“ sieht darüber hinaus vor, dass im Handel nur noch Geräte der beiden besten Energieklassen angeboten werden und die Gebäudesanierungsquote sowie die Qualität der Sanierungen steigt, d. h. dass die kompletten Einsparpotenziale bei einer Gebäudesanierung ausgeschöpft werden und Altbauten auf Passivhausniveau saniert werden sowie Neubauten Null-Energie-Häuser sein werden.
- Die Studie des Umweltbundesamtes sieht eine Umstellung von Brennstoffverbrauch auf Stromverbrauch, d. h. Einsatz von Elektrofahrzeugen und Wärmepumpen vor. Die privaten Haushalte haben hier bis 2050 keinen Brennstoffverbrauch mehr, da die komplette Wärmeerzeugung durch Strom bereitgestellt wird. Insgesamt führen diese Annahmen mit den umgesetzten Maßnahmen zu höheren Energieeinsparungen und damit zu einem geringeren Energieverbrauch im Jahr 2050.
- Die zentralen Fragestellungen im Klimaschutzszenario 2050 von Öko-Institut und Fraunhofer ISI sind, welche Emissionsminderungen erreicht werden können, wenn die aktuelle Energie- und Klimapolitik fortgeschrieben wird bzw. welche Maßnahmen und Strategien notwendig sind, um die gesetzten Klimaziele zu erreichen. Innerhalb der Studie wurden drei Klimaschutzszenarien mit dem Zeithorizont 2050 erstellt. Grundlagen der Szenarienentwicklung waren dabei die Zielvorgaben für Deutschland aus dem Energiekonzept der Bundesregierung von 2010/2011. Die Annahmen für

das gewählte „Klimaschutzszenario 80“ legen fest, dass die im Energiekonzept der Bundesregierung festgelegten Ziele für THG-Emissionen, erneuerbare Energien und Energieeffizienz gerade erreicht werden. Für das Treibhausgasziel wird an dieser Stelle der weniger ambitionierte Wert von 80% Reduktion gegenüber 1990 in Ansatz gebracht.

Ein Vergleich der oben genannten Studien hinsichtlich der Zielaussagen bzgl. des Energieverbrauchs im Jahr 2050 zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 4-1: Vergleich der Studien hinsichtlich des Energieverbrauchs im Jahr 2050

Energieverbrauch 2050	WWF Modell Deutschland bezogen auf 2005	Greenpeace Plan B 2050 bezogen auf 2007	Leitstudie 2011 Szenario A bezogen auf 2010	Umweltbundesamt 100 % Strom aus EE bezogen auf 2005	Öko-Institut, Fraunhofer ISI Klimaschutzszenario 2050 Szenario 80 bezogen auf 2008
Private Haushalte					Primärenergie -51%
davon Wärme	-45%	-60%	-47%	-100%	Gebäudewärme -70%
davon Strom	-26%	-46%	-25%	-25%	Endenergie Verkehr -48%
GHD					
davon Wärme	-69%	-61%	-67%	-69%	
davon Strom	-11%	-22%	-25%	-35%	
Industrie					Stromverbrauch (klasisch) -26%
davon Wärme	-25%	-38%	-27%	-31%	Steigerung Energieproduktivität 2,1% p.a.
davon Strom	-11%	-22%	-25%	-11%	

4.1.2 Anmerkungen zu Szenarien der Energieeinsparpotenziale für die Nordstadt

In den nachfolgenden Kapiteln werden Effizienz- und Einsparpotenziale für das Quartier Nordstadt berechnet. In den Fällen, bei denen keine spezifische Betrachtung möglich ist, weil für die Berechnung detaillierte Angaben und Berechnungen zu zukünftigen Entwicklungen nicht vorliegen bzw. die Beschaffung einen erheblichen Zeitaufwand ausmacht, wurden Ergebnisse aus den im vorherigen Kapitel erwähnten Studien zugrunde gelegt.

Für das **Trendszenario** wurde auf die Studie „WWF Modell Deutschland“ und hier auf das Referenzszenario zurückgegriffen. In diesem Szenario wird angenommen, dass Entwicklungen sich in dem heute üblichen Rahmen weiterbewegen und Energieeffizienzmaßnahmen umgesetzt werden, wenn sie wirtschaftlich sind. Weitere Annahmen sind, dass die Bevölkerungszahlen bei einer Erhöhung der Lebenserwartung sinken und daraus eine Überalterung der Bevölkerung resultiert, d. h. die Anzahl erwerbstätiger Personen gegenüber Rentnerinnen und Rentnern verringert sich. Die Studien von WWF und die Leitstudie 2011 nehmen an, dass bis 2050 die Bevölkerung in der Bundesrepublik auf knapp 70 Mio. Menschen schrumpft und die Zahl der Erwerbstätigen um 15% gegenüber dem Jahr 2005 auf ca. 33 Mio. sinkt. Das Klima verändert sich. Die Zahl der Heiztage sinkt, wohingegen die Zahl der Kühltage steigt: Dies bedeutet, dass einem sinkenden Raumwärmebedarf ein steigender Strombedarf zur Kühlung gegenübersteht. Energiepolitisch werden Richtlinien und Fördermaßnahmen zu Energieverbrauch und -einsparung weiter ausgebaut. Neue Technologien,

die moderat entwickelt werden, führen zu einer verbesserten Energieeffizienz. Die WWF-Studie der Prognos AG und dem Öko-Institut wird an dieser Stelle verwendet, weil hier detaillierte Berechnungen für zukünftige Entwicklungen in den einzelnen Bereichen zugrunde liegen.

Für das **Aktivszenario** wurde das Szenario 80 des Klimaschutzszenarios 2050 des Öko-Instituts hinterlegt. Kern und Grundlage des Szenarios bildet dabei das System von Zielvorgaben für Deutschland, welches mit dem Energiekonzept 2010/2011 auf die energie- und klimapolitische Agenda gesetzt wurde. Dies bedeutet, dass die bundespolitischen Rahmenbedingungen stets derart angepasst werden, sodass eine Erfüllung der bundespolitischen Zielstellungen erreicht wird.

Im **Pionierszenario** erfolgen die Annahmen zu Energieeinspar- und Effizienzpotenzialen an den Stellen, an denen keine eigenen Berechnungen zu Grunde liegen, in Anlehnung an die Ziele der Universitätsstadt Marburg, die im Pionierszenario des integrierten Klimaschutzkonzept 2011 definiert wurden.²⁴

Als **Ausgangswert** für alle Berechnungen gilt der in Kapitel 2.4 ermittelte gesamte Energieverbrauch für das Betrachtungsgebiet in Höhe von rund 97.200 MWh, wovon ca. 35.700 MWh auf Strom und ca. 61.500 MWh auf Wärme entfallen.

Der Gesamtenergieverbrauch im Betrachtungsgebiet verteilt sich dabei auf die Verbrauchergruppen

- Wohnen,
- GHD & Industrie,
- öffentliche Gebäude & kirchliche Einrichtungen sowie
- Universitätsgebäude.

Die jeweiligen Anteile am Gesamtenergieverbrauch zeigt folgende Abbildung:

²⁴ Vgl. Integriertes Klimaschutzkonzept für die Universitätsstadt Marburg, S. 44 ff.

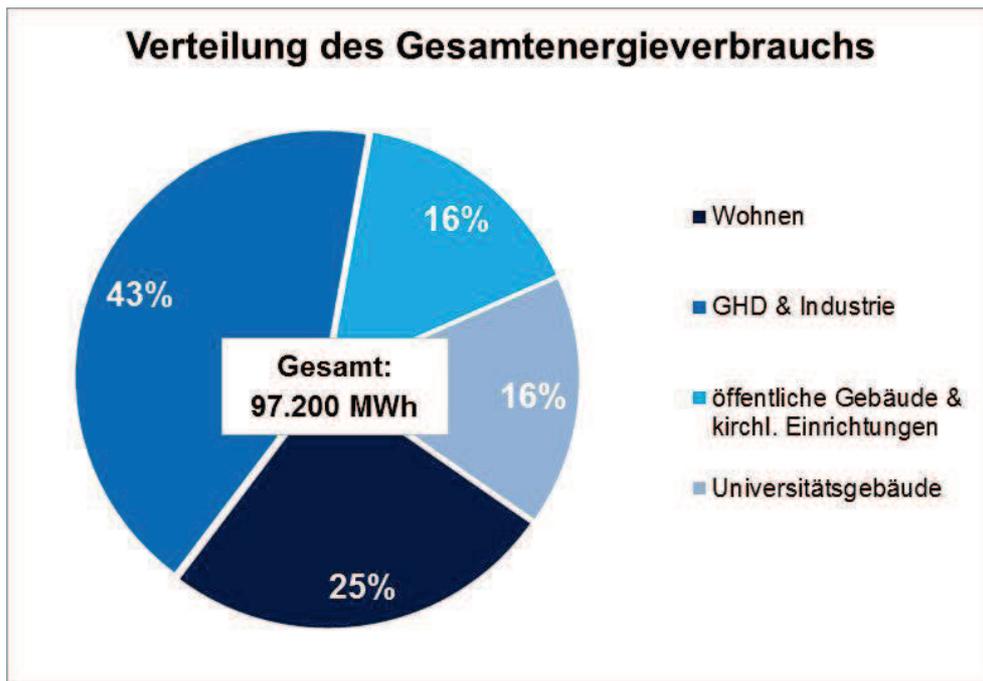


Abbildung 4-1: Anteile der Verbrauchergruppen am Gesamtenergieverbrauch

Im Folgenden werden die einzelnen Verbrauchergruppen genauer betrachtet und Effizienz- und Einsparpotenziale zur Senkung des Energieverbrauches aufgezeigt. Zur Ermittlung dieser Potenziale wurden eigene Betrachtungen, soweit möglich, mit einbezogen. Spezifische Berechnungen für die Nordstadt wurden für den Gebäudesektor mit Wohnanteil durchgeführt. Für die städtischen Gebäude wurden Handlungsoptionen aufgezeigt. Für die übrigen Gebäude und den Stromsektor wurden allgemein gültige Einsparpotenziale entsprechend der oben zitierten Studien zugrunde gelegt.

4.1.3 Energiebedarf der privaten Haushalte

Die privaten Haushalte in der Nordstadt verbrauchen jährlich 5.000 MWh Strom und 20.000 MWh Wärme. Der größte Anteil wird im Allgemeinen zur Erzeugung von Raumwärme benötigt. Die Details sind in der nachstehenden Abbildung dargestellt. Die Verteilung der Energieverbräuche und die möglichen Einsparungen beziehen sich auf die Prognosen aus dem Referenzszenario der WWF-Studie „Modell Deutschland“.

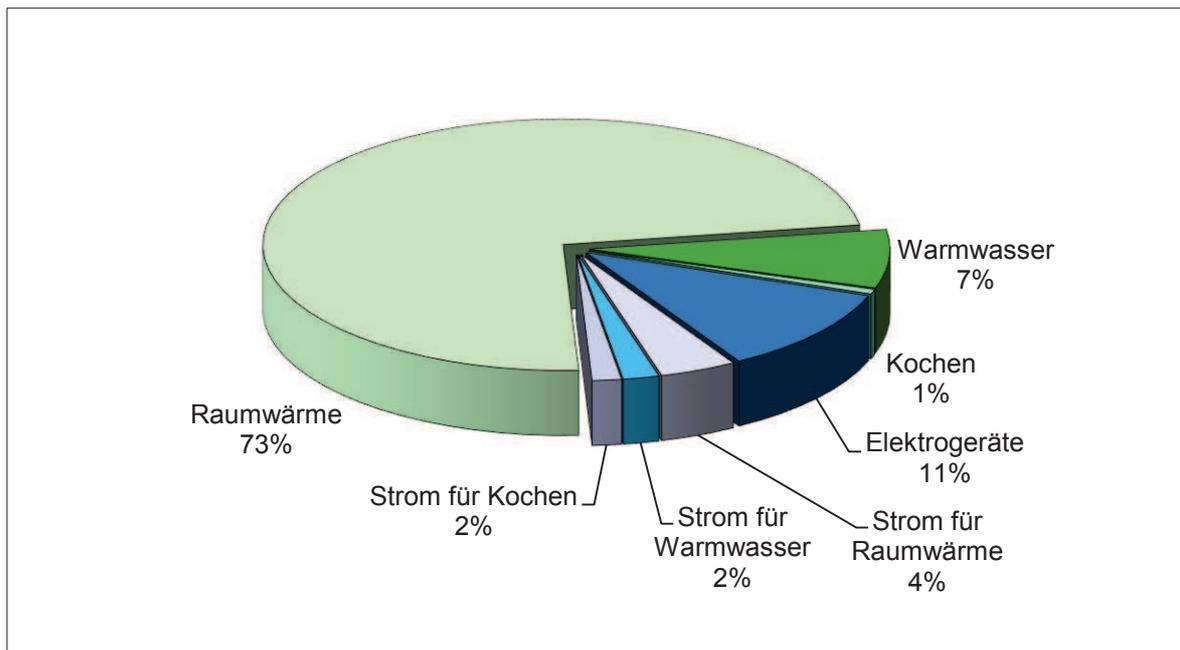


Abbildung 4-2: Anteile Nutzenergie am Endenergieverbrauch privater Haushalte²⁵

In der WWF-Studie wird davon ausgegangen, dass sich die Situation im Bereich der privaten Haushalte verändern wird. Die Anzahl der privaten Haushalte steigt bis ungefähr 2030, nimmt aber anschließend ab, wobei die Anzahl der in einem Haushalt lebenden Personen sinkt. Damit einhergehend wird auch die Wohnfläche pro Person größer. Die „Leitstudie 2011“ geht von einem Wohnbedarf von fast 50 m² pro Kopf aus, was einen negativen Einfluss auf die Energieverbräuche hat. Energieeinsparungen werden für die privaten Haushalte notwendig, da mit steigenden Energiepreisen zu rechnen ist. Unter den für die WWF-Studie getroffenen Annahmen von Prognos und Öko-Institut steigen die Verbraucherpreise für private Haushalte bis 2050 für leichtes Heizöl um das Dreifache und für Erdgas und Treibstoffe um das Doppelte gegenüber 2005. Ein durchschnittlicher Haushalt brauchte 2005 15.700 kWh für die Wärmeerzeugung und 3.600 kWh für Strom. Dies führte 2005 zu Kosten für die Wärmeerzeugung von rund 840 € für leichtes Heizöl (1.500 l bei einem Preis von 0,536 €/l). Bei einer Verdreifachung des Heizölpreises nach der WWF-Studie steigen die Heizölkosten für den gleichen Haushalt auf über 2.500 € im Jahr.

4.1.3.1 Effizienz- und Einsparpotenziale privater Haushalte im Wärmebereich

Die Gebäudestruktur im Quartier wurde bereits in der Ausgangsanalyse unter Kapitel 2.2 aufgeführt. Um das energetische Einsparpotenzial im Wohngebäudebereich zu untersuchen, wurden die folgenden Baualtersklassen berücksichtigt.

²⁵ Eigene Darstellung nach WWF, Modell Deutschland.

- Großes Mehrfamilienreihenhaus vor 1918 – Denkmalschutz
- Mehrfamilienreihenhaus 1919 – 1948
- Freistehendes Mehrfamilienhaus 1949 – 1957
- Freistehendes Mehrfamilienhaus 1958 – 1968
- Freistehendes Mehrfamilienhaus 1969 – 1978
- Freistehendes Mehrfamilienhaus 1979 – 1983

Die Gebäudeklasse "1995 bis 2001" fand keine Berücksichtigung, da sie zum Einen keine repräsentative Gebäudeanzahl darstellt und zum Anderen kein wesentliches Energieeinsparpotenzial zu erwarten ist, da bereits zum 1. Januar 1995 die 3. Wärmeschutzverordnung in Kraft trat.

In diesem Kapitel werden die Einsparpotenziale der unterschiedlichen Gebäudetypen, Baualtersklassen und Sanierungsstufen erläutert. Die berechneten Sanierungsstufen sind in folgender Tabelle exemplarisch für den Gebäudetyp: „Mehrfamilienreihenhaus 1919 - 1948“ dargestellt.

Tabelle 4-1: Sanierungsstufen für Wohngebäude

Sanierungsstufe	Maßnahmenintensität
1	Dämmung oberste Geschoß- u Kellerdecke; hydraulischer Abgleich, Dämmung Heizungsleitung, Hocheffizienzpumpe
2	EnEV-Niveau mit Gas-Brennwertheizung
3a	KfW Effizienzhaus-100 mit Gas-Brennwertheizung
3b	KfW Effizienzhaus-100 mit Fernwärme
3c	KfW Effizienzhaus-100 mit Pellet
4b	KfW Effizienzhaus-70 mit Fernwärme

In Abbildung 4-3 sind die Einsparergebnisse der Sanierungsstufen für die Primärenergie, die CO₂-Emissionen und die Transmissionswärmeverluste eines freistehenden Mehrfamilienhauses aufgeführt. Der Verlauf der Einsparungen über die einzelnen Sanierungsstufen ist bei allen Baualtersklassen gleich. Lediglich die absoluten Zahlen sind unterschiedlich.

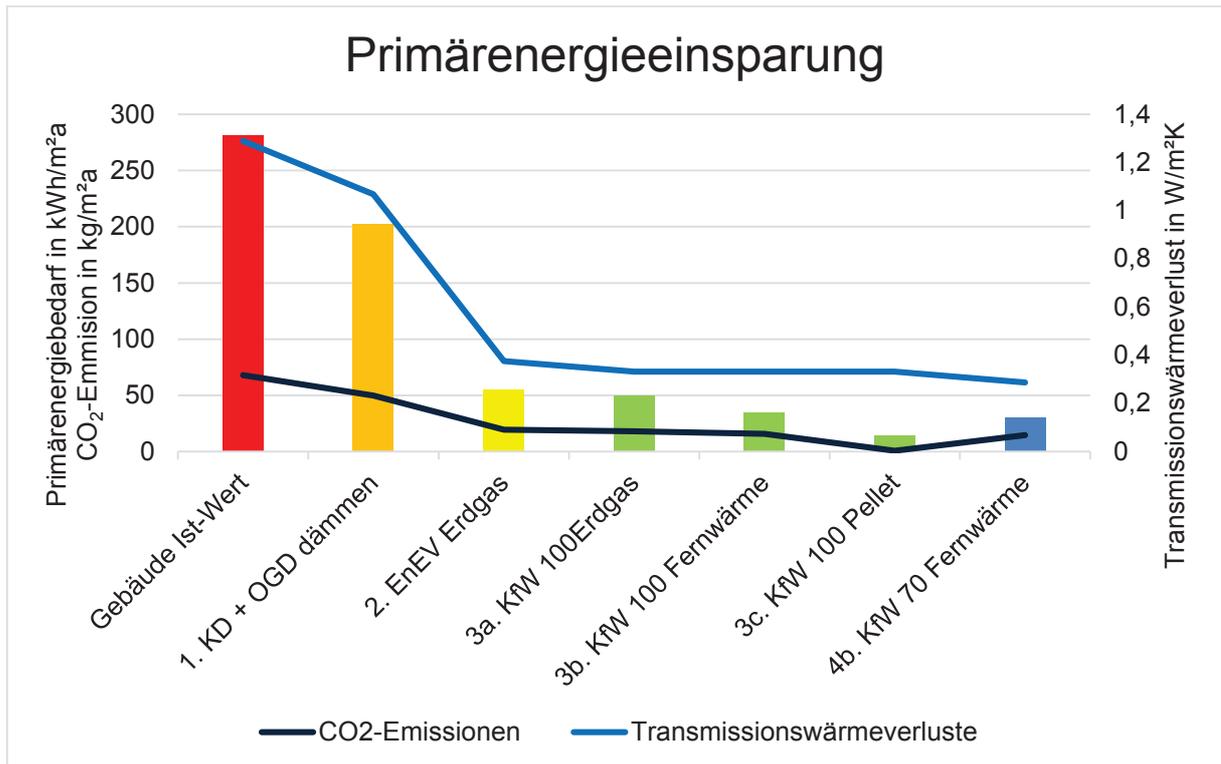


Abbildung 4-3: Primärenergieeinsparung bei Wohngebäuden nach Sanierungsstufen

Mit der Variante 1 können zwischen 21% und 37% der Primärenergie eingespart werden. In dieser Variante werden gering investive Maßnahmen durchgeführt. Bei der Komplettsanierung auf EnEV-Niveau in Variante 2 wird eine deutliche Einsparung von 69% - 80% erzielt, je nach Gebäudetyp (freistehendes Haus oder Reihenhaus) und Baualtersklasse. Die zusätzlichen Einsparungen bei Sanierung auf das KfW Effizienzhaus-100 (KfW EH-100) und KfW EH-70 sind nur noch marginal. Eine etwas deutlichere Einsparung erzielt lediglich der Brennstoffwechsel zu Pellets aufgrund des niedrigen fossilen Primärenergiebedarfes nahe Null.

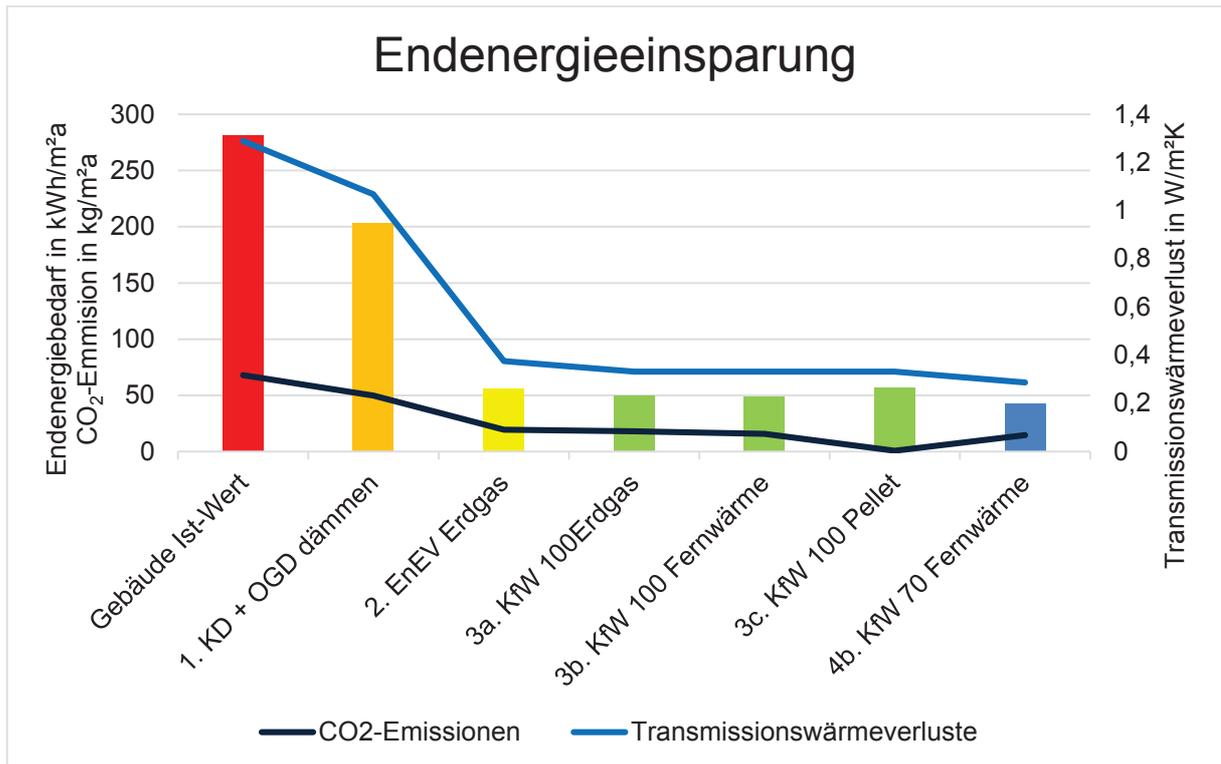


Abbildung 4-4: Endenergieeinsparung bei Wohngebäuden nach Sanierungsstufen

Die Endenergieeinsparung zeigt mit einer Ausnahme denselben Verlauf wie die Primärenergieeinsparung. Der Endenergiebedarf für die Beheizung mit Pellets steigt bei gleicher energetischer Qualität der Gebäudehülle an. Dies hängt mit dem durchschnittlich schlechteren Wirkungsgrad der Pellet-Heizanlage gegenüber einer Gas-Brennwertheizung zusammen.

Für das Erreichen der Klima- und Einsparziele im Quartier spielt es eine untergeordnete Rolle, welche energetische Qualität (EnEV 2014, KfW-100 oder KfW-70) die Gebäudehülle bei einer Komplettisanierung erreicht. Es ist vielmehr ausschlaggebend, dass bis 2050 möglichst viele Gebäude überhaupt energetisch modernisiert werden und dass eine ganzheitliche energetische Sanierung durchgeführt wird. Für eine geringere Anzahl an Gebäuden ist es ausreichend, nur die Heizungstechnik, Wärmeverteilung und Wärmeübergabe zu optimieren, sowie die oberste Geschoss- und Kellerdecke zu dämmen (Sanierungsvariante 1). Für Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer ist es i. d. R. wirtschaftlicher mit verhältnismäßig geringen Mehrkosten einen höheren KfW-Standard zu erfüllen und über die guten Zinskonditionen, Zinszuschüsse und Energieeinsparung diese Mehrinvestitionen zu refinanzieren.

Von der höheren Nutzungsqualität des Gebäudes wird bei Eigennutzung direkt und bei Vermietung indirekt über den Werterhalt der Immobilie profitiert. Durch die energetische Modernisierung wird i. d. R. auch eine Steigerung des Wohnkomforts erreicht, weil Zugerscheinungen, kalte Außenwände/Fensterscheiben sowie eine ungleichmäßige Temperaturverteilung beseitigt werden. Eine Erläuterung einzelner Sanierungsmaßnahmen ist unter den Handlungsempfehlungen (Kapitel 5.2) aufgeführt.

Hochrechnung des Einsparpotenzials im Wärmebereich

Als Basis für die Berechnung der Einsparpotenziale im Wärmebereich privater Haushalte dienen die Ergebnisse der energetischen Bestandsanalyse in Kapitel 2.4.4. Auf die privaten Haushalte entfällt ein Heizwärmebedarf von ca. 20.000 MWh/a.

Zur Ermittlung der Einsparpotenziale der privaten Haushalte im Quartier wurden, wie weiter oben beschrieben, energetische Sanierungsmaßnahmen für je ein Mustergebäude der verschiedenen Baualtersklassen berechnet. Diese Sanierungsmaßnahmen wurden in unterschiedliche Sanierungsstufen aufgegliedert. Für die drei Zielszenarien „Trend“, „Aktiv“ und „Pionier“ wurde anhand der Sanierungsrate und der Verteilung der einzelnen Sanierungsstufen ein Einsparpotenzial berechnet.

In der folgenden Tabelle sind die Anteile der einzelnen Sanierungsstufen in den einzelnen Baualtersklassen dargestellt. Die Sanierungsstufen wurden unterschiedlich verteilt, je nachdem wie wahrscheinlich eine Gebäudesanierung auf diesen Standard für die jeweilige Gebäudealtersklasse durchführbar ist. Je anspruchsvoller das Szenario, desto mehr Gebäude, wurden den intensiveren Sanierungsstufen zugeordnet.

Eine Erläuterung einzelner Sanierungsmaßnahmen ist unter den Handlungsempfehlungen (Kapitel 5.2) aufgeführt.

Tabelle 4-2: Verteilung der Sanierungsstufen nach Baualtersklassen

		Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3 a	Stufe 3 b	Stufe 3 c	Stufe 4 b
Trend	vor 1918	35%	40%	10%	5%	10%	
	1919-1948	40%	30%	12%	5%	12%	1%
	1949-1957	40%	30%	12%	5%	12%	1%
	1958-1968	40%	30%	12%	5%	12%	1%
	1969-1978	40%	30%	12%	5%	12%	1%
	1979-1983	40%	30%	12%	5%	12%	1%
Aktiv	vor 1918	30%	40%	10%	10%	10%	
	1919-1948	39%	30%	10%	10%	10%	1%
	1949-1957	39%	30%	10%	10%	10%	1%
	1958-1968	39%	30%	10%	10%	10%	1%
	1969-1978	39%	30%	10%	10%	10%	1%
	1979-1983	39%	30%	10%	10%	10%	1%
Pionier	vor 1918	30%	40%	10%	10%	10%	
	1919-1948	35%	30%	5%	20%	5%	5%
	1949-1957	35%	30%	5%	20%	5%	5%
	1958-1968	35%	30%	5%	20%	5%	5%
	1969-1978	35%	30%	5%	20%	5%	5%
	1979-1983	32%	30%	5%	20%	5%	8%

Abbildung 4-5 zeigt die Aufteilung der einzelnen Sanierungsstufen in den drei Szenarien. In allen drei werden die meisten Gebäude mit den Sanierungsstufen 1 und 2 saniert. Stufe 4b hat den kleinsten Anteil. Das liegt an der Sanierungstiefe der darin enthaltenen Maßnahmen und unterliegt auch einer Kosten-Nutzen-Bewertung. Danach wird es weder als sinnvoll noch

als realistisch erachtet, sämtliche Gebäude einer vollständigen und weitgehenden Sanierung zu unterziehen. Entscheidend ist vielmehr die Dynamik der Sanierungen, welche nur unter gewissen Abstrichen bei der Intensität zu erreichen ist.

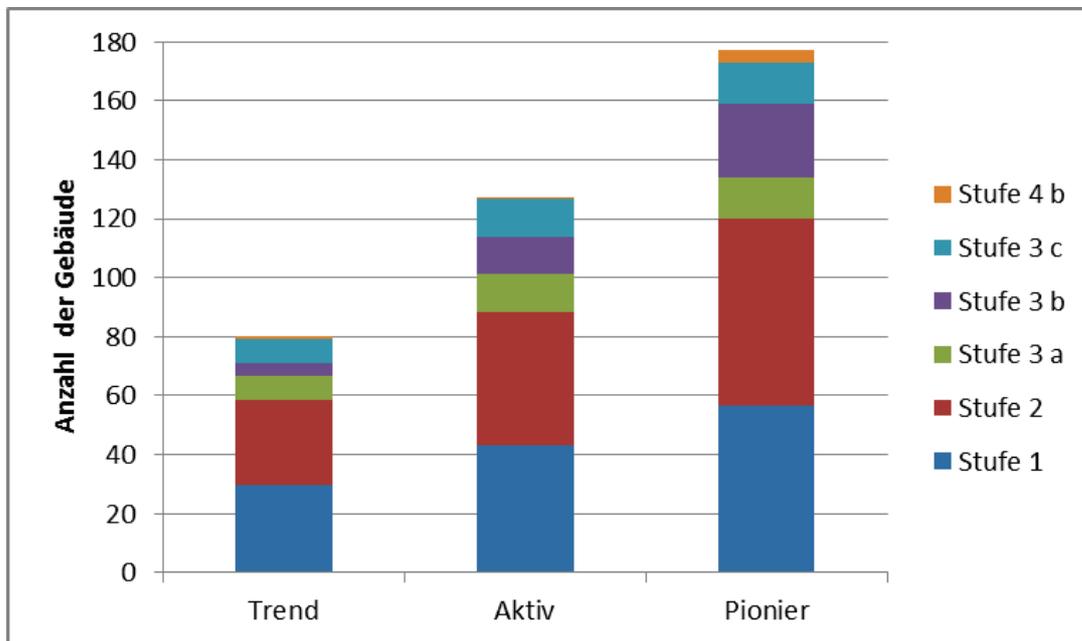


Abbildung 4-5: Aufteilung der Gebäudesanierungsstufen nach Szenarien

Nachfolgende Tabelle zeigt die verwendeten Sanierungsraten in den drei Szenarien. Dabei wird von einer stetig ansteigenden Sanierungsrate ausgegangen.

Tabelle 4-3: Gebäudesanierungsraten nach Szenarien und Dekaden

		Sanierungs- Gebäude rate	Gebäude pro Jahr	Gebäude insgesamt
Trend	bis 2020	1,0%	1,8	9
	2020-2030	1,2%	2,1	30
	2030-2040	1,4%	2,5	55
	2040-2050	1,6%	2,8	80
Aktiv	bis 2020	1,5%	2,7	11
	2020-2030	1,8%	3,2	42
	2030-2040	2,2%	3,9	80
	2040-2050	2,7%	4,8	127
Pionier	bis 2020	2,0%	3,5	14
	2020-2030	2,5%	4,4	58
	2030-2040	3,0%	5,3	110
	2040-2050	3,9%	6,9	177

Im Pionierszenario werden somit bis zum Jahr 2050 alle Wohngebäude im Quartier energetisch saniert. Dabei wird deutlich, dass eine deutliche Steigerung der Sanierungsaktivitäten notwendig ist, um den Gesamtbestand bis 2050 zu sanieren. Bei der Erstellung des Trendszenarios wurde davon ausgegangen, dass die derzeitige Sanierungsrate von knapp unter 1% bis zum Jahr 2050 leicht ansteigt. Bei dieser Entwicklung kann weniger als die

Hälfte des betrachteten Gebäudebestands saniert werden. In nachstehender Abbildung ist die unterschiedliche Entwicklung bei der Anzahl energetischer Gebäudesanierungen in den Szenarien grafisch dargestellt.

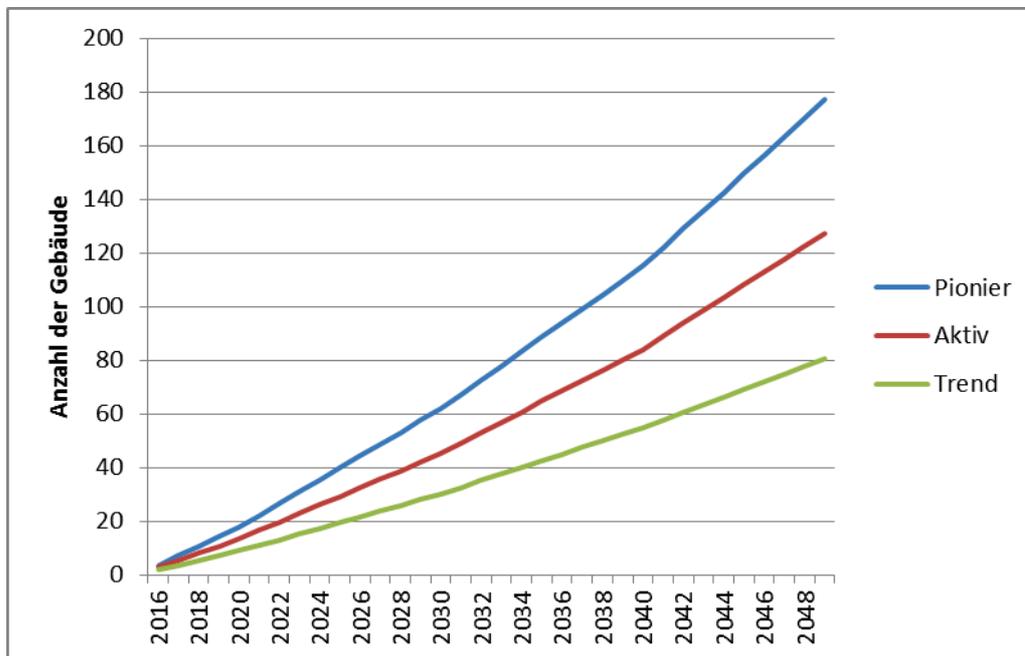


Abbildung 4-6: Anzahl sanierter Gebäude bis 2050 nach Szenarien

Bei den privaten Haushalten besteht ein Reduktionspotenzial des Wärmeenergiebedarfs je nach Szenario von 25% bis 59%. Durch die Sanierung der Gebäudehülle und dem Austausch der Heizungsanlage bis zum Jahr 2050 ergeben sich folgende Entwicklungen der Energieverbräuche in den einzelnen Szenarien:

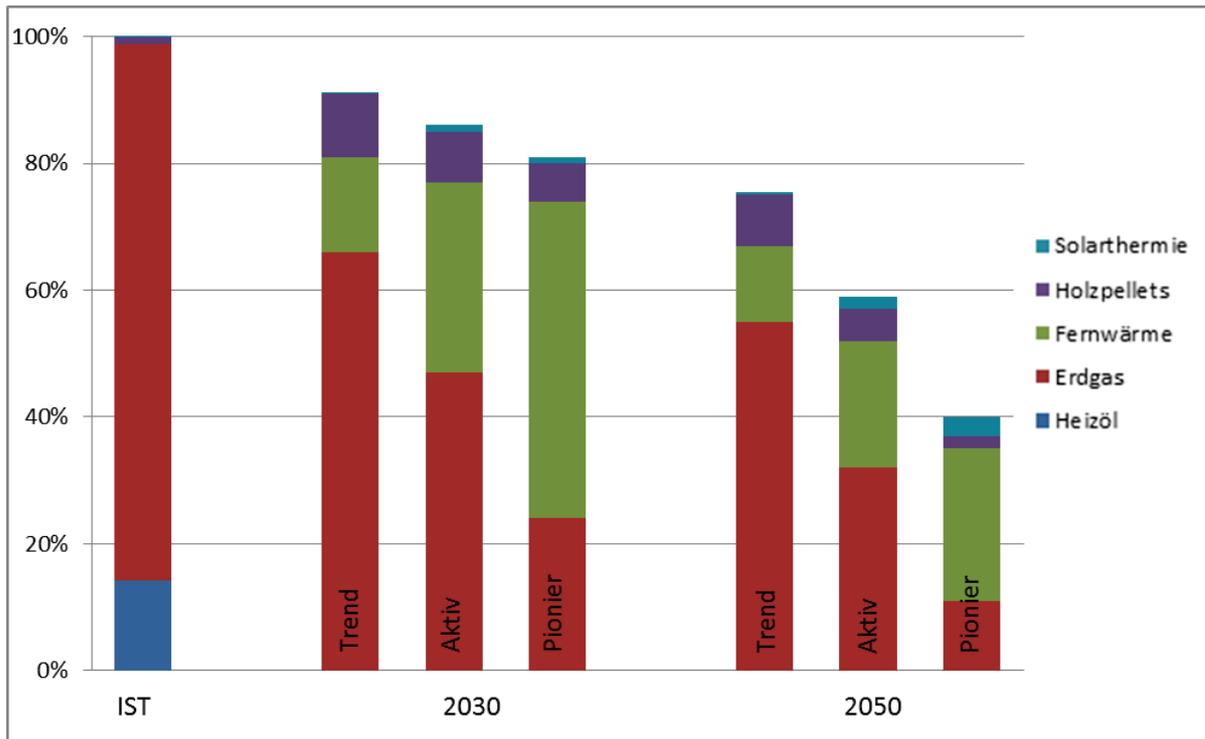


Abbildung 4-7: Entwicklung der Energieverbräuche nach Energieträgern

Demzufolge kann der jährliche Gesamtwärmebedarf im Gebäudebereich bis zum Jahr 2050 bei Anwendung des Trendszenarios um 25% gesenkt werden. Beim Aktivszenario kann der Wärmeverbrauch um 40% gesenkt werden, beim Pionierszenario um 59%. Den Energiemengen ist bereits ein neuer Energieträgermix zugeordnet, welcher der Potenzialanalyse erneuerbarer Energien vorgreift. Insgesamt fließen die Ergebnisse in die Einsparpotenziale des Quartiers und die Szenarienrechnung in Kapitel 2.4 ein.

4.1.3.2 Einsparpotenziale bei historischen Gebäuden

Infolge einer energetischen Sanierung von Gebäuden können grundsätzlich folgende Bereiche auf ihre Umsetzung überprüft werden:

- Dämmung der Außenwand
- Dämmung des Daches oder der obersten Geschossdecke
- Dämmung der Kellerdecke
- Erneuerung oder Sanierung der Fenster
- Einbau einer Lüftungsanlage
- Austausch der Heizungsanlage und
- Kombination mit einer thermischen Solaranlage
- Austausch der Beleuchtung

Bei erhaltenswertem Erscheinungsbild des Gebäudes (Denkmalschutz) sind direkt die Außendämmung, die Fenster und die thermische Solaranlage betroffen. Diese Bauteile dürfen nur verändert werden, sofern das gesamte äußere Erscheinungsbild des Hauses erhalten bleibt. Auch bei der Dachdämmung ist häufig nur die Zwischensparrendämmung erlaubt und

somit eine Einschränkung der Dämmstoffdicke gegeben. Eine zusätzliche Aufsparrendämmung kann die Kubatur und somit das äußere Erscheinungsbild des Gebäudes ändern. Die Denkmalbehörden erlauben 2 - 6 cm dicke Aufdachdämmung, wenn das Gesamtbild dadurch nicht zu sehr gestört wird. Alle weiteren Bereiche einer energetischen Sanierung sind vom äußeren Erscheinungsbild des Gebäudes nicht betroffen und können unabhängig davon saniert werden. Steht bei einem Gebäude nicht nur das Erscheinungsbild, sondern das gesamte Gebäude mit all seinen verarbeiteten Materialien unter Denkmalschutz, muss jegliche Veränderung mit der Denkmalschutzbehörde abgeklärt werden. Allgemein sollte vor einer Sanierung bei der Wahl der Materialien auf die Verträglichkeit mit der Bausubstanz geachtet werden. Viele moderne Werkstoffe sind für die Sanierung alter Gebäude nur bedingt geeignet, da durch einen unsachgemäßen Einbau langfristig Bauschäden an den Häusern hervorgerufen werden können.

Dämmung der Außenwand

Aufgrund der Tatsache, dass die Außendämmung bei denkmalgeschützten Gebäuden Schwierigkeiten mit sich bringt, wird meistens auf eine Innendämmung der Außenwand zurückgegriffen. Eine Alternative dazu stellt die Außendämmung mit Nachahmung der Fassadestruktur dar. Diese Möglichkeit beinhaltet jedoch einen großen Zeitaufwand und hohe Kosten.

Bei einer Innendämmung ist im Hinblick auf Feuchteschutz und Wärmebrücken auf eine gute Planung und Ausführung zu achten. Das Material der Innendämmung sollte kapillaraktiv sein, um das entstehende Tauwasserkondensat aufzunehmen bzw. verteilen zu können.

Grundsätzlich ist das diffusionstechnische Verhalten im Hinblick auf Wärmebrücken zu untersuchen. Um Schäden für die Bausubstanz auszuschließen, muss zusätzlich beim Anbringen einer Innendämmung gewährleistet sein, dass die Außenwände trocken sind und zukünftig trocken bleiben. Dem einen Vorteil einer unveränderten Fassade stehen einige Nachteile gegenüber:

- Die Fassaden mit Schlagregenbelastung müssen feuchteabweisend sein oder geschützt werden
- Mehr Wärmebrücken im Vergleich zur Außendämmung
- Feuchteschutz aufgrund der kalten Wand sehr wichtig (→ kontrollierte Lüftung)
- Aufwändiger bei der Planung und Ausführung
- Platzverlust im Innenraum
- Das Wärmespeichervermögen der Außenwand bleibt nahezu ungenutzt
 - Aber vorteilhaft bei temporär genutzten Räumen (schnelleres Aufheizen)
- Die Fassade ist starken Temperaturschwankungen ausgesetzt: kann Spannungsrisse verursachen

Ein weiterer Vorteil der Innendämmung liegt darin, dass die Maßnahmen wohnungsweise und somit bei Mieterwechsel und im Zuge von Wohnungserhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden kann.

Mit Hilfe der Innendämmung können Wärmeverluste über die Außenwand um 50 - 70% reduziert werden. Es ist explizit darauf hinzuweisen, dass eine Innendämmung immer von einer erfahrenen Fachkraft geplant und durchgeführt werden sollte.

Fenstererneuerung

Die ursprünglichen Fenster spielen eine entscheidende Rolle beim optischen Erscheinungsbild denkmalgeschützter Gebäude. Aufgrund dessen sollte ein Erhalt der bisherigen Fenster oder ein Ersatz dieser in identischer Optik angestrebt werden. Die Denkmalschutzbehörde kann das Sanierungsvorhaben durch Auflagen, die bei der Sanierung einzuhalten sind, beeinträchtigen. Die Auflagen richten sich bei der Fenstererneuerung danach, wie sehr der Charakter des Gebäudes durch die alten Fenster geprägt ist. Weiterhin werden der Materialzustand sowie die Farben und Lacke der Fenster berücksichtigt. Eine komplette Entfernung der Fenster darf nur dann erfolgen, wenn die Funktionsfähigkeit nicht wieder hergestellt werden kann. Dieses Vorhaben bedarf ebenso einer Genehmigung.

Jedoch bringt der Einbau neuer Fenster auch Nachteile mit sich. So kann beispielsweise beim Einbau neuer Fenster an einer schlecht gedämmten Außenwand Kondenswasser entstehen, da die neuen Fenster luftdicht eingebaut werden und unter Umständen eine geringere Oberflächentemperatur aufweisen als die umgebende Wand. Dies kann erhebliche Bauschäden wie Schimmelbildung bis hin zur Durchfeuchtung der Innenwandflächen mit sich bringen. Die Ursache hierfür liegt darin, dass die neuen Fenster im Gegensatz zu den alten Fenstern dicht mit der Außenwand abschließen. Der Tauwasserausfall, der vor der Sanierung unschädlich an den alten Fenstern stattfand, findet nun an der relativ kalten Außenwand statt. Somit sollte beim Austausch der Fenster auch gleichzeitig eine Dämmung der Außenwand vorgenommen werden oder der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) der neuen Fenster etwas schlechter sein als der der Außenwand. Im Zuge eines Fensteraustausches muss der Gebäudenutzer ggf. auch sein Lüftungsverhalten anpassen, um die Luftfeuchte kontrolliert abzuführen. Alternativ ist der Einbau einer mechanischen Lüftungsanlage möglich.

Bei der Erneuerung der Fenster gibt es drei Varianten, dem Denkmalschutz gerecht zu werden.

- **Energetische Sanierung bestehender Fenster:**
Sind die alten Fensterrahmen noch in einem guten Zustand, können der Rahmen neu lackiert, die Mechanik des Fensters erneuert und zum Teil auch Dichtungen eingebaut werden. Sind die Fenster statisch in der Lage die schwereren doppelverglasten Scheiben zu tragen, können die bestehenden einfachverglasten Scheiben ausgetauscht werden.
- **Austausch alter Fenster:**
Beim Austausch der alten Fenster ist darauf zu achten, dass das entsprechende Rahmenmaterial verwendet wird und die Optik erhalten bleibt. Falls Sprossen in den alten Fenstern vorhanden waren, müssen auch die neuen Fenster Sprossen haben.
- **Herstellen eines Kastenfensters:**
Falls eine energetische Sanierung der bestehenden Fenster nicht möglich ist, kann das äußere Fenster zum Erhalt des optischen Erscheinungsbildes beibehalten werden. In diesem Fall wird auf die Innenseite ein zweites Fenster eingebaut. Auf diese Weise ist sowohl eine energetische Sanierung als auch der Erhalt der Optik gewährleistet.

Einbau einer kontrollierten Lüftung

Durch den Einbau von neuen Fenstern werden die Gebäude luftdichter. Spätestens dann sollten die Bewohnerinnen und Bewohner ihr Lüftungsverhalten den neuen Gegebenheiten anpassen. Um die Luftfeuchtigkeit während der Wintermonate in den Räumen nicht über einen längeren Zeitraum über 65% ansteigen zu lassen, muss mehrmals täglich stoßgelüftet werden. Sollte das Lüften vernachlässigt werden, birgt es die Gefahr von Tauwasserausfall an den kalten, ungedämmten Außenwänden. Dies wiederum erhöht die Gefahr von Schimmelpilzbildung. Aus diesen Gründen empfiehlt es sich, eine Lüftungsanlage zu installieren und über diese die Raumluftqualität zu garantieren. Es sollte bei der Planung einer Lüftungsanlage darüber nachgedacht werden, sie mit einer Wärmerückgewinnung zu versehen, da dadurch je nach Technik 60 - 80% der Lüftungswärmeverluste wieder nutzbar gemacht werden können. Es gibt sowohl zentrale Lüftungsanlagen, bei denen die wichtigsten Räume über Lüftungskanäle angefahren werden als auch Einzelraumlüfter (mit Wärmerückgewinnung), die in den entsprechenden Räumen direkt in die Außenwand eingebaut werden. Hygrometrisch gesteuerte Lüftungsanlagen regeln das Volumen der Zu- und Abluftelemente über den Feuchtegehalt und sorgen so für einen bedarfsgerechten Luftaustausch mit geringen Wärmeverlusten.

Lüftungsanlagen können in denkmalgeschützten Gebäuden wegen des Erscheinungsbildes nicht immer installiert bzw. es muss auf die Positionierung der jeweiligen Anlagenelemente geachtet werden.

Thermische Solaranlage

Aufgrund des Denkmalschutzes kann die Errichtung einer thermischen Solaranlage auf dem Dach des betreffenden Gebäudes versagt werden. Jedoch bieten sich verschiedene Varianten an, um die Sonnenenergie dennoch nutzen zu können.

Die Solaranlage kann auf einem nebenstehenden Gebäude errichtet werden, das nicht unter Denkmalschutz steht (z. B. ein Schuppen, eine Garage) oder auf dem der Straßenseite abgewandten Dach. Des Weiteren gibt es Anbieter von Solaranlagen, die ihre Module farblich an die Dachfarbe angleichen und auch Module, die von der Form her den Dachschindeln nachgeahmt sind und somit optisch kaum auffallen. Diese Solaranlagen können nach Absprache mit dem Denkmalschutzamt teilweise auf den Dächern installiert werden. Es ist bei solchen Anlagen jedoch zu bedenken, dass bedingt durch den hohen Preis eine Wirtschaftlichkeit kaum zu erreichen ist und die Wärmeerträge nicht so hoch ausfallen wie bei schwarzen Absorbern.

Fazit

Eine energetische Sanierung von denkmalgeschützten Gebäuden sollte nur mit guten Fachkenntnissen durchgeführt werden. Diese Gebäude können oftmals in einer Gesamtsanierung auf ein sehr hohes energieeffizientes Niveau verbessert werden. Es stellt sich daher die Herausforderung, bei den Gebäuden nur die wirtschaftlich vertretbaren Sanierungsmaßnahmen durchzuführen und den restlichen Energiebedarf mit einem ökologisch vorteilhaften Brennstoff zu erzeugen. In der Nordstadt bietet sich beispielsweise der Anschluss an das bestehende Fernwärmenetz an, was unter Denkmalschutzaspekten unbedenklich ist.

4.1.3.3 Effizienz- und Einsparpotenziale der privaten Haushalte im Strombereich

Die privaten Haushalte haben nach der Startbilanz einen Stromverbrauch von 5.000 MWh pro Jahr. Dieser wird sich auch in der Nordstadt in etwa nach Abbildung 4-8 aufteilen. Für die privaten Haushalte in der Nordstadt wurden die einzelnen Teilwerte nicht spezifisch berechnet. Die folgenden Berechnungen beziehen sich auf eine durchschnittliche Aufteilung nach der WWF-Studie.

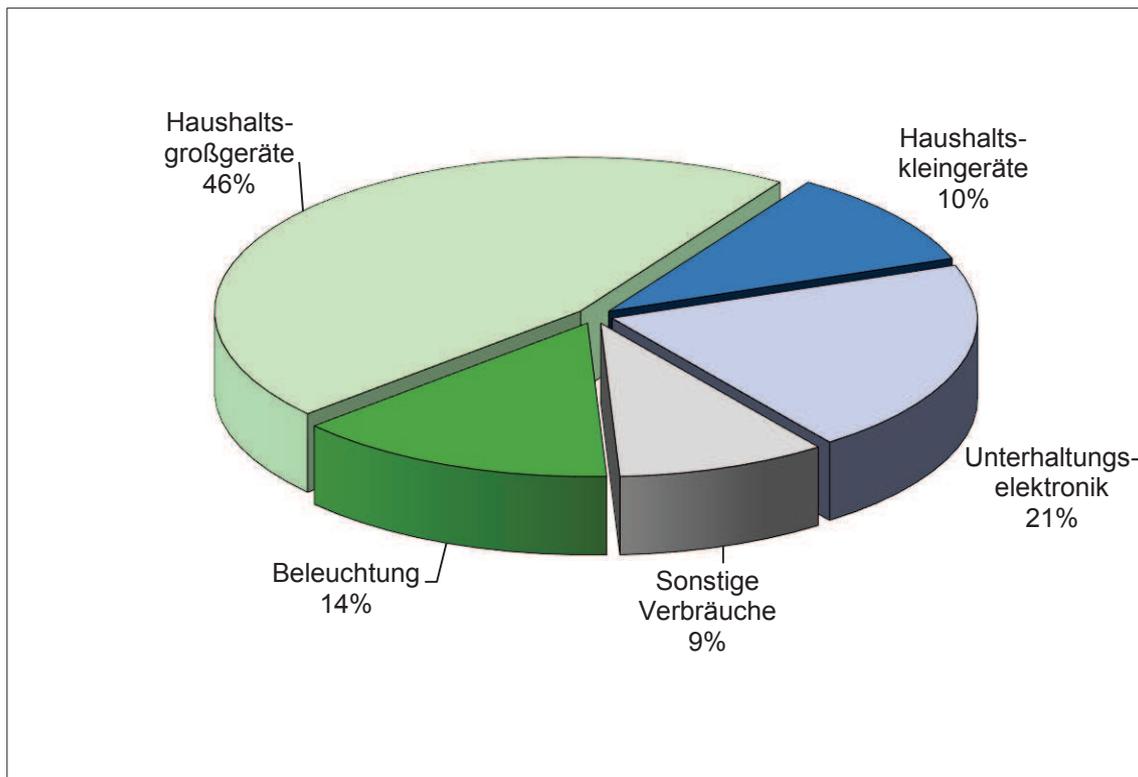


Abbildung 4-8: Anteile Nutzenergie am Stromverbrauch^{26,27}

Die Haushaltsgroßgeräte wie Kühlschrank, Waschmaschine und Spülmaschine machen hier den größten Anteil aus, da sie viele Betriebsstunden bzw. große Anschlussleistungen aufweisen.

Bei den Haushaltsgroßgeräten dienen die größten Energieverbraucher zur Kühlung. Einsparungen können durch den Austausch alter Geräte gegen effiziente Neugeräte erfolgen. Hierbei hilft die EU Verbraucherinnen und Verbrauchern durch das EU-Energie-Label. Das Label bewertet den Energieverbrauch eines Gerätes auf einer Skala. Neben dem Energieverbrauch informiert das Label über das herstellende Unternehmen und weitere technische Kennzahlen wie den Wasserverbrauch oder die Geräuschemissionen.

Bei der Neuanschaffung eines Kühlschranks können durch die bewusste Entscheidung für ein Gerät mit der besseren Kennzeichnung bis zu 60% des Energieverbrauchs eingespart werden. Im Folgenden werden die Stromkosten eines Kühlschranks über eine Nutzungsdauer von 10 Jahren der verschiedenen Energieeffizienzklassen verglichen. Ohne eine Strompreissteigerung beläuft sich die jährliche Kostenersparnis auf 30 € im Vergleich zwischen einem Gerät der besten Effizienzklasse und einem zehn Jahre alten Kühlschrank aus 2002. Bei einer Strompreissteigerung von 2,44% pro Jahr spart der Kühlschrank der besten Klasse über die Nutzungsdauer 330 € Stromkosten.

²⁶ Eigene Darstellung nach WWF, Modell Deutschland

²⁷ Ohne elektrische Wärmeerzeugung.

Tabelle 4-2: Energieeinsparung durch den Austausch eines Kühlschranks

Kühlschrank 150 l	Premium Tischkühlschrank	Tischkühlschrank	Gerät aus 2002
Energieeffizienzklasse	A+++	A++	
Jahresverbrauch (in kWh)	64	86	166
Investitionskosten (in €)	464	290	
Verbrauchskosten pro Jahr (in €)	19	25	48
Einsparung gegenüber Gerät aus 2002 (in €)	30	23	
statische Amortisation (Jahre)	16	13	
Verbrauchskosten über 10 Jahre (in €)	186	249	481
Verbrauchskosten über 10 Jahre (inkl. Energiekosten in €)	207	279	538
Einsparung über 10 Jahre (inkl. Energiekostensteigerung in €)	330	259	
Gesamtkosten (in €)	671	569	538

Annahmen

Strompreis (Brutto €/kWh)

0,29

Weiterhin lassen sich relativ einfach und schnell Stromeinsparungen über die Beleuchtung realisieren. Der Anteil der Beleuchtung am Stromverbrauch eines privaten Haushaltes beträgt 14%, d. h. ca. 500 kWh, also rund 130 € im Jahr. Laut der WWF Studie können im Bereich Beleuchtung über 80% der Energie eingespart werden. Diese Einsparungen werden durch den Ersatz von Glühlampen durch LED-Leuchtmittel erreicht. Wird eine 60 Watt-Glühlampe gegen eine LED mit 11 Watt ausgetauscht, ergibt dies bei gleicher Betriebsdauer eine Einsparung von 25 €. Ein weiterer Vorteil der LED-Lampen ist ihre längere Nutzungsdauer. Durch die Stromeinsparung amortisiert sich der Kaufpreis von 17 € für eine LED schnell.

Tabelle 4-4: Energieeinsparung durch Beleuchtungsmittel

Beleuchtung (Leuchtmittel E27)	LED	Energiespar- lampe	Halogen- leuchte	Bestand Glühbirne
Leistung (in W)	11	11	42	60
Lebensdauer (in Betriebsstunden)	15.000	10.000	4.000	1.000
Kosten (in €)	17	10	2	1
Verbrauchskosten pro Jahr (in €)	6	6	22	32
Einsparung pro Jahr gegenüber Glühbirne (in €)	26	26	10	
statische Amortisation (Jahre)	0,66	0,39	0,21	

Annahmen

Betriebsstunden pro Tag

5

Strompreis (Brutto/kWh)

0,29

Laut der WWF-Studie lässt sich der Stromverbrauch um 28% reduzieren. Eine genaue Ermittlung der Einsparpotenziale für die Nordstadt ist nicht möglich, da keine spezifischen Verbrauchswerte ermittelt werden konnten.

4.1.4 Energiebedarf im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) haben den größten Anteil am Energieverbrauch. Er liegt für Strom und Wärme in den Unternehmen bei 41.000 MWh (vgl. Kapitel 2.4). Unter GHD fallen die Branchen Landwirtschaft, Gärtnerei, industrielle Kleinbetriebe, Handwerksbetriebe, Baugewerbe, Handel und Gesundheitswesen. Für die Quantifizierung

der Einsparpotenziale wird auch der Bereich der Kommunen mit dem Unterrichtswesen und der öffentlichen Verwaltung zum Dienstleistungsbereich gezählt. In Kapitel 4.1.5 wird auf Grund der Vorbildfunktion jedoch näher auf Einsparpotenziale in kommunalen Gebäuden eingegangen. Die Ergebnisse werden allerdings nicht explizit in der Ergebnistabelle ausgewiesen, sondern fließen in die Ergebnisse von Gewerbe, Handel und Dienstleistungen mit ein.

Die Energieverteilung im GHD-Sektor wird wie folgt angenommen.

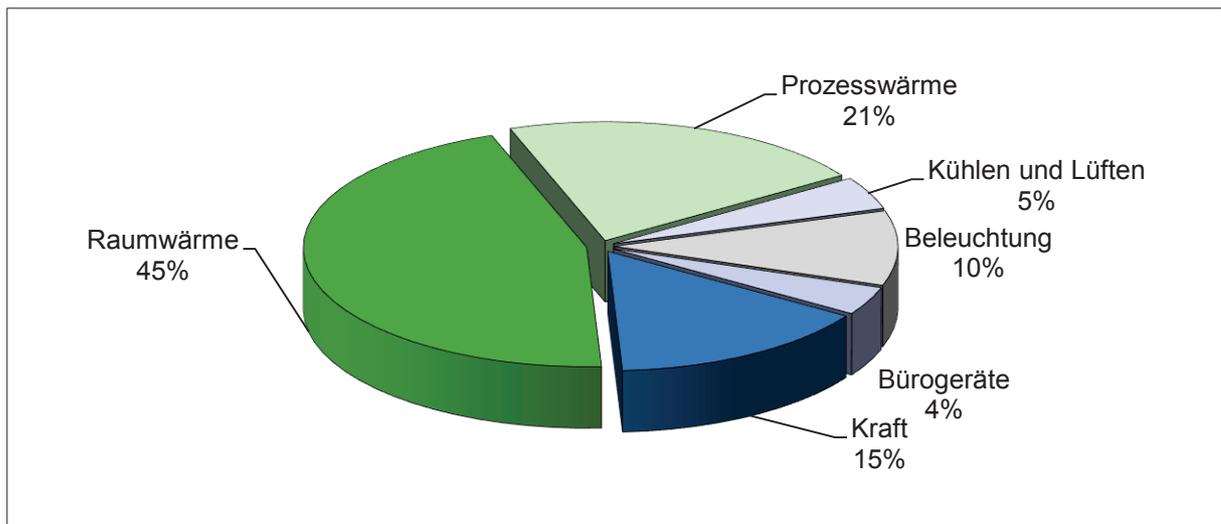


Abbildung 4-9: Anteile Nutzenergie am Energieverbrauch im Bereich GHD; eigene Darstellung nach WWF Modell Deutschland

4.1.4.1 Effizienz- und Einsparpotenziale Gewerbe, Handel und Dienstleistungen im Wärmebereich

Den größten Anteil hat auch im GHD-Sektor die Wärmeerzeugung mit der Bereitstellung von Raum- und Prozesswärme. Dies liegt an den zum GHD-Sektor zugehörigen Branchen mit einem hohen Wärmebedarf wie Gesundheits- und Unterrichtswesen sowie der öffentliche Sektor mit Krankenhäusern, Altenheimen, Schulen und Verwaltungsgebäuden. Diese haben im Gegensatz zu Handels- und Handwerksbetrieben einen hohen Raumwärmebedarf. Die Senkungspotenziale liegen in der energetischen Sanierung der Gebäude analog zu den privaten Haushalten. Allerdings gehen verschiedene Studien davon aus, dass hier durch den steigenden Anteil an Energiekosten für öffentliche Gebäude, Schulen und Krankenhäuser Sanierungsaktivitäten schneller stattfinden als im privaten Bereich. Die Sanierungs- und Neubaurate liegt heute in diesem Sektor im Vergleich zu Wohngebäuden wesentlich höher (3%/a).²⁸ Dadurch setzen sich neue Baustandards (EnEV) schneller durch, womit auch der spezifische Energieverbrauch dieser Gebäude auf 83 kWh/m² im Jahre 2030 gesenkt wer-

²⁸ Vgl. Ifeu et al. 2011: S. 53.

den kann.²⁹ Der Wärmebedarf kann bis 2050 um fast 70% gesenkt werden, wobei der Raumwärmebedarf in einzelnen Bereichen um über 90% gesenkt werden kann. Diese Einsparungen werden zum Einen durch die Umsetzung der gleichen Maßnahmen erreicht, z. B. durch die Dämmung der Gebäudehüllen, wie sie weiter oben für die privaten Haushalte beschrieben wurden.

Im Gewerbebereich ergeben sich abweichend zu privaten Haushalten meist jedoch höhere Einsparpotenziale im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung, weiterer technischer Geräte sowie der Produktionsanlagen. Nicht nur das Gebäude, auch die Produktionsprozesse müssen je nach Prozess mit Wärme versorgt werden oder stellen umgekehrt ein Abwärmepotenzial dar, das wieder für die Gebäudeheizung oder andere Prozesse genutzt werden kann. Die Art der wärmebrauchenden Systeme ist stark abhängig von der Branche. Selbst branchenintern können große Unterschiede auftreten. Auch innerhalb des Quartiers Nordstadt sind die Gewerbebetriebe heterogen vertreten, sodass keine pauschalen Effizienzpotenziale aufgezeigt werden können. Auch der Versand von Fragebögen an die ansässigen Unternehmen ergab keine repräsentative Rücklaufquote, um quartiersspezifische Einsparpotenziale zu berechnen.

Im Rahmen der Projektbearbeitung fand am 03.02.2016 ein Gewerbeworkshop statt, in dem beispielhafte Handlungsfelder und Effizienzpotenziale für Gewerbebetriebe aufgezeigt wurden. Die Ergebnisse der Energiebilanz (vgl. Kapitel 2.4.3) zeigen, dass alleine der Sektor GHD und Industrie einen Anteil von ca. 36% am Gesamtwärmeverbrauch des Quartiers ausmacht und damit neben den Wohngebäuden den höchsten Wärmeverbrauch aufweist.

Allgemein ergeben sich folgende Handlungsfelder, um Energie und / oder Kosten im Wärmebereich einzusparen:

- Energieträgerwechsel (Bsp. Umstellung auf Fernwärmeversorgung)
- Einführung eines Energiemanagements (Ganzheitliche Optimierung des Systems)
- Wärmerückgewinnung (bspw. an Lüftungsanlagen, Druckluftanlagen, Kälteanlagen, Produktionsanlagen)
- Prozess- und Produktionsoptimierung nach energetischen Aspekten
- Wärmedämmung von warmwasserführenden Rohrleitungen

Beispielhaft werden zwei Effizienzpotenziale aus dem Gewerbebereich aufgezeigt, welche jedoch nicht auf einer Detailanalyse in der Nordstadt beruhen.

²⁹ Vgl. Ifeu et al. 2011: S. 53.

Beispielmaßnahme: Wärmerückgewinnung an einer Lüftungsanlage

Ausgangssituation: Eine Lüftungsanlage aus dem Baujahr 2010 (vgl. Abbildung 4-10) mit Zuluft- und Abluffunktion wird ohne Wärmerückgewinnung betrieben. Die von der Heizungsanlage aufgewendete Wärme zur Gebäudebeheizung wird durch den Abluftvolumenstrom nach außen abgeleitet. Die zugeführte kalte Frischluft (Außenlufttemperatur) muss wieder vollständig von der Heizungsanlage aufgeheizt werden.



Abbildung 4-10: Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung

Maßnahme: Als Maßnahme wird die Nachrüstung einer Wärmerückgewinnung mit Hilfe eines Kreislaufverbundsystems (KV-System) vorgeschlagen. Dazu wird jeweils zuluft- und abluftseitig ein Wärmeübertrager eingebaut und mittels Rohrleitungen (Vor- und Rücklauf) und Förderpumpe hydraulisch verbunden. Ein Großteil der Wärmeenergie aus der Abluft kann dadurch auf die Zuluft übertragen werden. Dadurch wird je nach Außenlufttemperaturen eine Vorerwärmung oder eine vollständige Temperierung der Zuluft erreicht.

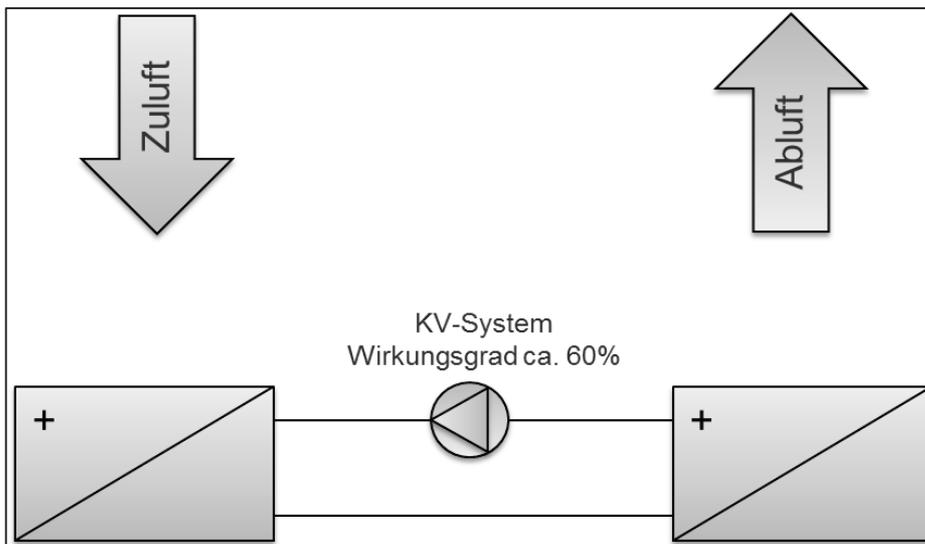


Abbildung 4-11: Wärmerückgewinnung mit einem Kreislaufverbundsystem

Durch die Realisierung der Maßnahme ergeben sich folgende Investitionen und Energieeinsparungen:

- Stromeinsparung: 61.000 kWh/a
- Investition für K-V-System und Montage: 10.960 €
- Dynamische Amortisation: 1,7 a

Beispielmaßnahme: Installation eines Blockheizkraftwerkes (BHKW)

Allgemeines: Durch die Möglichkeit der Stromerzeugung erfordert das BHKW z. T. erheblich höhere Investitionen als eine konventionelle Heizungsanlage. Zudem muss berücksichtigt werden, dass fast immer eine zusätzliche Heizkesselanlage installiert bzw. vorhanden sein muss, um beispielsweise bei kalter Witterung die Heizlast zu decken.

Bei der Auslegung ist darauf zu achten, dass ein möglichst gleichmäßiger Strom- und Wärmebedarf über das ganze Jahr besteht. Dadurch würde ein BHKW auf lange Laufzeiten (Grundregel: mind. 5.000 bis 6.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr) kommen. Dies ist meist die Bedingung für einen wirtschaftlichen Betrieb. Daher kommt ein BHKW nicht für jedes Unternehmen infrage. Die Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb müssen individuell geprüft werden.

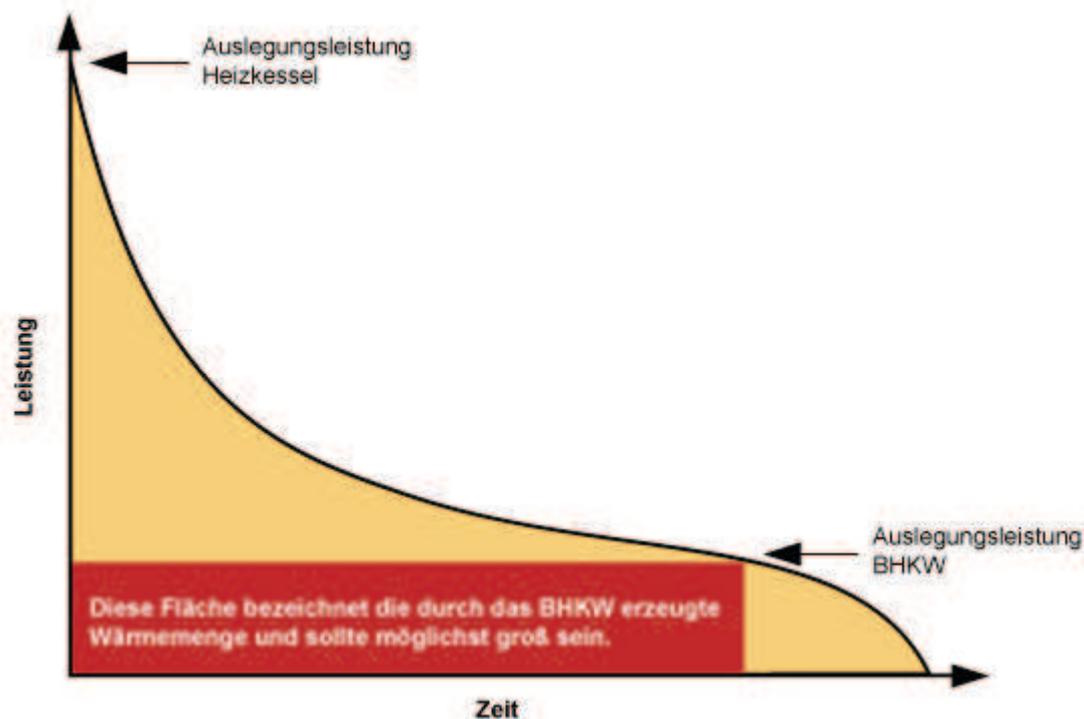


Abbildung 4-12: Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs und Auslegung eines BHKW³⁰

³⁰ Webseite Viessmann

Die Mehrpreise können sich dennoch über unterschiedliche Positionen refinanzieren, eine sorgfältige Planung der Anlage vorausgesetzt:

- Senkung des Strombezugs aus dem öffentlichen Netz durch Stromeigenproduktion,
- Einspeisevergütung für den in das öffentliche Netz eingespeisten Überschussstrom,
- Einnahmen aus vermiedenen Netznutzungsentgelten für den erzeugten Strom
- Rückerstattung der für das eingesetzte Erdgas entrichteten Energiesteuer und
- KWK-Zuschlag auf den erzeugten Strom gemäß Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Maßnahme: In einem Unternehmen der Getränkeherstellung wird ein Dampfkessel zur Prozess- und Raumwärmerversorgung eingesetzt. Als Maßnahme (Untersuchung im Jahr 2013) wird der bestehende Dampfkessel mit einem mit Heizöl betriebenen BHKW kombiniert. Erdgas ist am Standort nicht verfügbar. Dabei soll das BHKW, welches eine Leistung von 50 kW_{el} und 82 kW_{th} besitzt, die Grundlast des Prozesswärmebedarfs abdecken. Der vorhandene Dampfkessel dient in diesem Fall als Spitzenkessel und wird redundant betrieben. Des Weiteren wird ein 5 m³ großer Pufferspeicher benötigt, um das vom BHKW und vom Dampfkessel erwärmte Wasser zu speichern. Dieses kann je nach Bedarf den unterschiedlichen Verbrauchern wie bspw. Flaschenreinigungsmaschine, CIP/KZE und Luftheritzer zur Verfügung gestellt werden.

Da das genannte BHKW in der Regel ein Wärmeniveau des Wassers zwischen 90 °C und 120 °C im Vorlauf und ca. 70 °C im Rücklauf bereitstellen kann, ist folglich eine Vorerwärmung des Wassers auf ca. 100 °C möglich.

Durch die Realisierung der Maßnahme ergeben sich folgende Investitionen und Energieeinsparungen:

- | | |
|---|---------------|
| • Stromeinsparungen: | 275.000 kWh/a |
| • Mehrverbrauch an Heizöl: | 252.784 kWh/a |
| • Kosteneinsparung | 20.100 €/a |
| • Investition inkl. Zusatzmaterial und Montage: | 166.450 € |

4.1.4.2 Effizienz- und Einsparpotenziale Gewerbe, Handel und Dienstleistungen im Strombereich

Der Strombedarf für den Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie Industrie wird auf 19.000 MWh/a geschätzt. Der Stromverbrauch im GHD-Sektor setzt sich zusammen aus Verbräuchen für Bürogeräte, Beleuchtung und Strom für Anlagen und Maschinen. Durch den Einsatz effizienterer Maschinen und Bürogeräte lassen sich hier 11,5% einsparen. Diese geringen Einsparpotenziale resultieren aus der Verrechnung mit dem steigenden Strombedarf für Kühlen und Lüften. In dem Bereich Beleuchtung, Bürogeräte und Strom für Anlagen liegen die Einsparungen bei um die 50%. Bei der Beleuchtung kann neben dem Einsatz von LED-Lampen auch durch die Optimierung der Beleuchtungsanlage und durch den Einsatz von Spiegeln und Tageslicht der Stromverbrauch reduziert werden.

Zur Abschätzung von Stromeinsparpotenzialen für unterschiedliche Gewerbegruppen, die im Quartier vertreten sind, wird auf gewerbespezifische Literaturwerte zurückgegriffen. Dabei lassen sich den nachfolgend aufgeführten Branchen unterschiedliche Energieverbrauchsgruppen und spezifische Energieeinsparmaßnahmen zuordnen. Der Erfolg der aufgeführten Einsparmaßnahmen ist abhängig von der Ausgangssituation der Betriebe. Auch die anteilige Aufteilung der Energieverbrauchsgruppen ist als Durchschnittswert zu verstehen und kann je nach Einzelbetrieb deutlich abweichen. Nachfolgend ist eine Auswahl der vertretenen Gewerbe mit deren jeweiligen Energieverbrauchsgruppen aufgeführt. Es werden Energieeinsparpotenziale aufgezeigt und Maßnahmen zur Energieeinsparung beschrieben. Aufgrund der Heterogenität der im Quartier vorhandenen Branchen kann hier nicht auf alle im Detail eingegangen werden. Viele der genannten Einsparmaßnahmen sind jedoch auf viele andere nicht genannten Branchen übertragbar.

Lebensmittel-Einzelhandel

Im Lebensmittel-Einzelhandel wird der Stromverbrauch vor allem von den Kälteanlagen dominiert. Diese haben einen Anteil von bis zu 65% am gesamten Stromverbrauch und besitzen mit bis zu 25% vergleichsweise das höchste Einsparpotenzial aller Verbrauchsgruppen. In nachfolgender Abbildung sind die Verbrauchsgruppen und das jeweilige Einsparpotenzial grafisch dargestellt. Bei den Prozentwerten handelt es sich um statistische Werte, welche im Einzelfall deutlich variieren können.

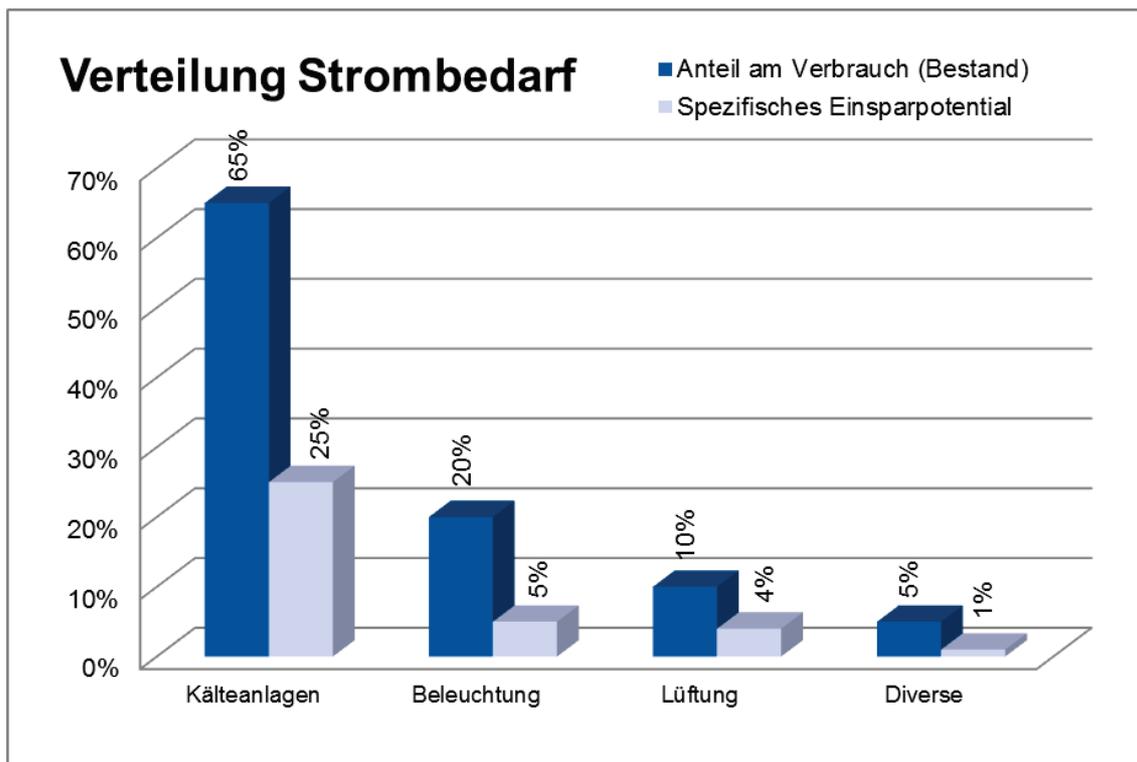


Abbildung 4-13: Anteile am Strombedarf und Einsparpotenzial im Lebensmittel-Einzelhandel³¹

Nachfolgend sind verschiedene Maßnahmen aufgezeigt, wie sich Energie in unterschiedlichen Bereichen des Lebensmittel-Einzelhandels einsparen lässt.

³¹ Statistische Werte, Quelle: Webseite Energie.ch Lebensmittel Einzelhandel.

Kühlmöbel

Bei den Kühlmöbeln fällt ein Anteil von ca. 80% auf die Kälteerzeugung und ca. 20% auf die technische Einrichtung der Kühlmöbel. Sie verbrauchen oft unnötig Energie durch warme Umgebungsluft und durch Beladung mit zu warmen Waren.

Tabelle 4-5: Lebensmittel-Einzelhandel: Maßnahmen zur Energieeinsparung bei Kühlmöbeln³²

Geräte	<p>Bei Neuanschaffungen auf den Energieverbrauch achten:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Kühlmöbel mit hohen effektiven Verdampfungstemperaturen wählen → je höher die Verdampfungstemperatur, desto niedriger der Energieverbrauch Nach Möglichkeit auf „steckerfertige“ Kühlmöbel verzichten³³: → Wärme wird in den Verkaufsraum abgegeben und nicht über den Kühlkreislauf (Verflüssiger an einem andern Ort) abgegeben → Evtl. wird dadurch eine Klimaanlage notwendig → Der Einsatz von „steckerfertigen“ Kühlmöbeln sollte auf kurzfristige Verkaufssituationen beschränkt werden <p>Möbel mit doppeltem Kaltluftschleier haben einen niedrigeren Energieverbrauch → Mehrkosten: ca.15%</p>
Aufstellort	<p>Kühlmöbel nicht der Sonne aussetzen → 10-15% mehr Energie bei 5 °C höherer Außentemperatur</p> <p>Offene Kühlmöbel sollten nicht im Durchzug oder in der Nähe von Luftauslässen von Lüftungsanlagen aufgestellt werden → Wind zerbläst den Kaltluftschleier</p> <p>Kühlmöbel nach Möglichkeit in Gruppen und gegenüberliegend aufstellen</p>
Beladung	<p>Ware im Kühlregal richtig stapeln → falsche Stapelung lenkt den Kälteschleier aus dem Regal</p> <p>Stapelmarken der Möbel nicht überschreiten → Überschreitung der Stapelhöhe leitet Kaltluft aus der Truhe → Kühlmöbel wird weitgehend außer Funktion gesetzt</p> <p>Ansaugöffnungen nicht zustellen oder verkleben → die Luftzirkulation wird behindert</p> <p>→ Regelmäßige Überprüfung der Ansaugöffnungen</p>
Glasabdeckungen und Abdeckungen für die Nacht	<p>Tiefkühltruhen mit Glasabdeckung verbrauchen bis zu 50% weniger Energie</p> <p>Bei „steckerfertigen“ Kühlmöbeln entsteht bei Verwendung einer Glasabdeckung eine geringere Wärmeentwicklung im Verkaufsraum</p>

³² Webseite Bayerisches Landesamt für Umwelt Lebensmittel-Einzelhandel.

³³ Bei „steckerfertigen“ Kühlmöbeln befindet sich das gesamte Kühlaggregat (Verdampfer und Verflüssiger) im Möbel.

	<p>Wandkühlregale mit Glasschiebescheiben sparen bis zu 35% an Energie</p> <p>→ Glasabdeckungen und Glasschiebescheiben sind zur Nachrüstung erhältlich</p> <p>Außerhalb der Verkaufszeiten offene Kühlmöbel mit Rollos versehen → Mit Rollos und Abdeckungen für die Nacht sind Energieeinsparungen von bis zu 20% jährlich möglich → Rollos und Abdeckungen werden herstellerunabhängig angeboten</p>
--	---

Kälteanlagen

Eine Kälteanlage führt in ihrem Kreislauf die Wärme (z. B. von den Kühlmöbeln) an einen anderen Ort zum Verflüssiger, wo sie entweder an die Umgebung abgegeben oder sogar mittels einer Wärmerückgewinnung genutzt werden kann.

Tabelle 4-6: Lebensmittel-Einzelhandel: Maßnahmen zur Energieeinsparung bei Kälteanlagen³⁴

Aufstellort	<p>Getrennte Aufstellung von Verdichtern und Verflüssigern</p> <p>Der ideale Ort für den bzw. die Verflüssiger ist außerhalb des Gebäudes</p> <p>Verflüssiger sollten großzügig dimensioniert und schattig platziert werden → je niedriger die Umgebungstemperatur des Verflüssigers, desto höher die Energieeffizienz</p>
Reinigung	<p>Schmutz auf Verdampfer und Verflüssiger behindern den Wärmetransport → die Leistungszahl sinkt und der Energieverbrauch steigt</p> <p>Regelmäßige Reinigung notwendig → monatliche Reinigung (je nach Staubaufkommen)</p> <p>Die Reinigung der Lamellen des Verflüssigers kann mittels Wasserstrahl erfolgen → ein Wasseranschluss sollte am Aufstellort vorhanden sein</p> <p>Um ca. 5% höherer Verbrauch gegenüber der Neuanlage bei unregelmäßiger Reinigung</p>
Kältemittel	<p>Kälteanlage regelmäßig warten lassen und die Füllmenge regelmäßig kontrollieren</p> <p>Zu wenig Kältemittel führt zur Reduzierung der Kälte transportleistung bei gleichzeitigem Anstieg des Temperaturunterschiedes zwischen Verflüssiger und Verdampfer → Verschlechterung der Energieeffizienz</p>

³⁴ Webseite Bayerisches Landesamt für Umwelt Lebensmittel-Einzelhandel.

Einzelhandel (Non-Food)

Im Gegensatz zum Lebensmittel Einzelhandel wird im Einzelhandel (Non-Food) keine Energie für eine Lebensmittelkühlung benötigt. Den größten Anteil am Stromverbrauch hat hier die Beleuchtung. Sie hat einen Anteil von ca. 54% und bietet mit bis zu 27% auch das größte spezifische Einsparpotenzial. Je nach Anwendung und Bestandsbeleuchtung sind auch deutlich größere Einsparpotenziale z. B. beim Ersatz durch LED-Leuchten zu erzielen. In nachfolgender Abbildung sind die Verbrauchsgruppen und das jeweilige Einsparpotenzial grafisch dargestellt.

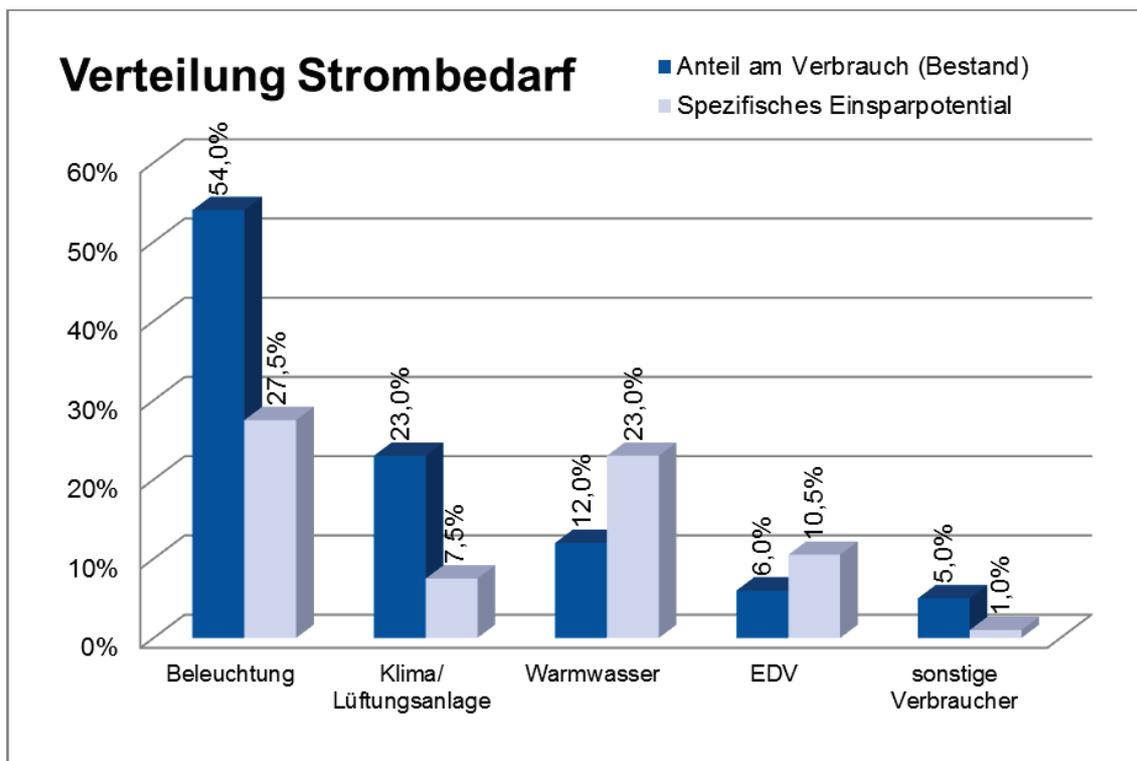


Abbildung 4-14: Anteile am Strombedarf und Einsparpotenzial im Einzelhandel (Non-Food)³⁵

Nachfolgend sind verschiedene Maßnahmen aufgezeigt, wie sich Energie in unterschiedlichen Bereichen des Einzelhandels (Non-Food) einsparen lässt.

³⁵ Statistische Werte, Quelle: Webseite proklima Hannover und energieeffizienz-im-betrieb.net

Beleuchtung

Maßnahmen zur Einsparung der Beleuchtung sind im Folgenden aufgeführt.

Tabelle 4-7: Einzelhandel (Non-Food): Maßnahmen zur Energieeinsparung bei der Beleuchtung³⁵

Verkaufsraum	Durch den Einsatz von energieeffizienten Leuchtmitteln und innovativer elektrischer Steuerung lässt sich die Lichtqualität in den Verkaufsräumen verbessern und gleichzeitig Energie einsparen → LED-Lampen verbrauchen bei gleicher Helligkeit ca. 85-90% weniger Energie als Glühlampen und ca. 80-85% weniger als Halogenlampen
Akzent- und Effektbeleuchtung	Es empfehlen sich Halogen-Metaldampflampen. Sie sind fünfmal effizienter in der Lichtausbeute als herkömmliche Halogenlampen → Sie können aber nur dann eingesetzt werden, wenn sie selten geschaltet werden
Reklame und Schaufensterbeleuchtung	Diese sollte nur in der werbewirksamen Zeit und wenn das Tageslicht nicht ausreicht eingeschaltet sein → Reklame- und Schaufensterbeleuchtungen können mit Zeitschaltuhren, Dämmerungsschaltern oder Bewegungsmeldern geregelt werden → diese können den Verbrauch der Außenbeleuchtung um bis zu 50% reduzieren

Klima- und Lüftungsanlagen

Kunden fühlen sich bei Temperaturen um 20-22 °C und bei einer Luftfeuchtigkeit von 50 - 65% am Wohlsten.

Tabelle 4-8: Einzelhandel (Non-Food): Maßnahmen zur Energieeinsparung bei Klima- und Lüftungsanlagen³⁶

Allgemeines	Der Luftfilter sollte regelmäßig gewartet werden Bei einer Reduzierung der Ventilatorleistung um 20% lässt sich der Energieverbrauch des Ventilators halbieren Bei der Verwendung einer Klimaanlage im Sommer, Fenster und Türen möglichst geschlossen halten → kann dies nicht gewährleistet werden, ist der Einsatz einer Klimaanlage nicht sinnvoll Außerhalb der Öffnungszeiten den Luftmengentausch und die Kühlung der Raumluft über eine Klimaanlage möglichst ausschalten
-------------	--

³⁶ Webseite Bayerisches Landesamt für Umwelt Lebensmittel-Einzelhandel.

Büro- und Elektrogeräte

Der Stromverbrauch von Informations- und Kommunikationsgeräten kann mit einem großen Anteil zu den Energiekosten beitragen. Durch die Anbringung klarer Anweisungen an Elektrogeräten, dass diese bei Nichtgebrauch auszuschalten sind, kann das Verkaufspersonal sensibilisiert werden, Energie einzusparen.

Tabelle 4-9: Einzelhandel (Non-Food): Maßnahmen zur Energieeinsparung bei Büro- und anderen Elektrogeräten³⁷

Allgemeines	<p>Leerlaufverluste vermeiden und Geräte auch während kurzer Pausen in den Schlafmodus versetzen → dadurch sind Einsparungen von bis zu 15% möglich</p> <p>Verzicht auf Bildschirmschoner → den Monitor bei kurzen Unterbrechungen in den Ruhemodus schalten</p> <p>Beim Neukauf von Bürokommunikationsgeräten auf die Energieeffizienzklasse achten</p> <p>Memo-Switch-Schalter schalten Geräte selbstlernend in den Stand-by-Betrieb → Die Einsparung liegt bei ca. 40%.</p> <p>Verwendung von Steckerleisten mit Netzschalter, um Geräte nach Arbeitsende vom Stromnetz zu trennen → Jedes Watt Stand-by-Leistung kostet im Dauerbetrieb jährlich etwa 2 Euro</p>
-------------	--

³⁷ Webseite Bayerisches Landesamt für Umwelt Lebensmittel-Einzelhandel.

Gastronomie

In der Gewerbegruppe Gastronomie sind reine Gaststättenbetriebe ohne Übernachtungsmöglichkeit eingeordnet. In der Gastronomie sind, wie in der unteren Abbildung ersichtlich, in den Verbrauchsgruppen Kochen, Kälte, Abwaschen und Beleuchtung spezifische Energieeinsparungen von bis zu 50% bezogen auf die jeweilige Verbrauchsgruppe möglich.

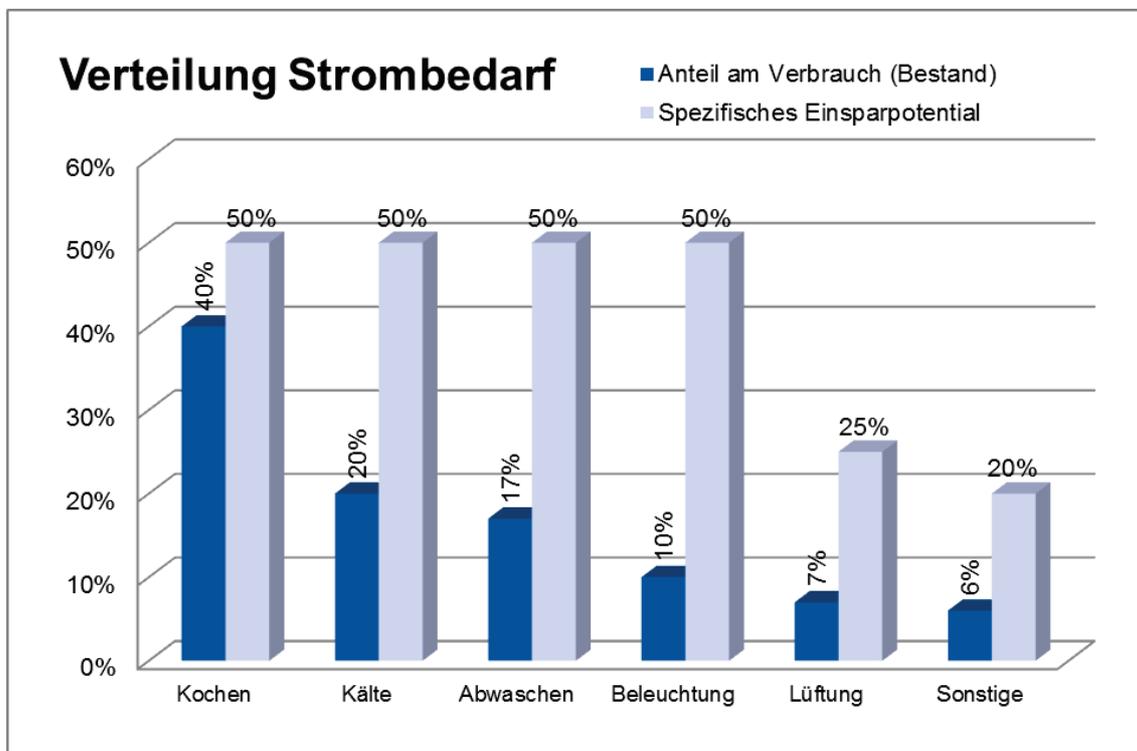


Abbildung 4-15: Anteile am Strombedarf und Einsparpotenzial in der Gastronomie³⁸

Nachfolgend sind verschiedene Maßnahmen aufgezeigt, wie sich Energie in unterschiedlichen Bereichen der Gastronomiebetriebe einsparen lässt. Einige Maßnahmen gelten auch für die Gewerbegruppe Beherbergung, da dort ähnliche Verbrauchsgruppen vorhanden sind.

Küche

In der Küche sind erhebliche Einsparungen möglich. Voraussetzung dafür ist, dass das Personal gut instruiert und motiviert wird, Energie einzusparen. Ein Anzeigegerät, welches die elektrische Leistung in der Küche anzeigt, kann helfen, die Mitarbeiter für den Stromverbrauch zu sensibilisieren. Die Einsparungen in der Küche gelten auch für Beherbergungsbetriebe, wenn dort gastronomischer Service geboten wird.

³⁸ Statistische Werte, Quelle: Webseite Energie.ch Gastronomie.

Tabelle 4-10: Gastronomie: Maßnahmen zur Energieeinsparung in der Küche³⁹

Lüftungsanlage	<p>Die Lüftungsanlage sollte mehrstufig regelbar sein, damit sie dem jeweiligen Bedarf angepasst werden kann</p> <p>Lüftungsanlagen mit einer Ventilatorleistung ab 4 kW und einer Laufzeit von über 1.000 Stunden pro Jahr, sollten auf ihren Energieverbrauch hin genauer auf Optimierungsmöglichkeiten untersucht werden</p> <p>Eine Abwärmenutzung durch eine entsprechende Abwärmenutzungsanlage (evtl. kombiniert mit einer Wärmepumpe) sollte für die Warmwasseraufbereitung und die Raumheizung untersucht werden → Mit einer Wärmerückgewinnung lassen sich etwa 60% der thermischen Lüftungsverluste zurückgewinnen</p>
Küchengeräte und Kochen	<p>Ca. 15% des Energieverbrauchs werden durch leistungsstarke Geräte zur Speiseherstellung verursacht</p> <p>Beim Startvorgang mehrerer leistungsstarker Geräte können Leistungsspitzen entstehen, die hohe Kosten verursachen</p> <p>→ Eine Umstellung auf Gas als Energieträger kann Kosten reduzieren (günstigerer Energieträger)</p> <p>Bei der Geräteauswahl bei Neuanschaffungen sollten die jährlichen Betriebskosten, und nicht der Anschaffungspreis im Vordergrund stehen</p> <p>Bei der Verwendung von Töpfen mit unebenem Boden kann ein 30% höherer Energieverbrauch entstehen</p>
Kochen und Backen	<p>Lebensmittel rechtzeitig auftauen → Ca. dreifacher Energieverbrauch zum Erhitzen von einem Pfund tiefgekühlten Hackfleisch (Temperatur -18 °C) auf 60 °C im Vergleich zum aufgetauten Hackfleisch (Temperatur 4,5 °C) auf 60 °C</p> <p>Kochen unter Druck spart Energie → Verwendung von Schnellkochtöpfen</p> <p>Dämpfen oder Vakuumgaren statt kochen</p>
Spülen	<p>Bei Neuanschaffung Spülmaschinen mit Wärmerückgewinnung verwenden → Die Mehrkosten machen sich durch geringere Stromkosten bezahlt</p> <p>Temperatur und Filter bei Spülmaschinen kontrollieren</p> <p>→ Vorwaschen: 40-45 °C (evtl. kalt), für den Waschgang: 55 °C, Spülen: 80 °C</p> <p>→ Regelmäßige Filterreinigung zur Vermeidung von unnötigen Spülgängen</p>
Allgemeines	Für kleine Geräte sollten auch kleine Kochgeräte verwendet werden

³⁹ Webseite DEHOGA, Energiesparen leicht gemacht.

Restaurant und Bar

Die Einsparmaßnahmen im Restaurant- und Barbereich sind teilweise übertragbar auf die Gewerbegruppe Beherbergung, da Beherbergungsbetriebe in der Regel auch einen gastronomischen Bereich besitzen.

Tabelle 4-11: Gastronomie: Maßnahmen zur Energieeinsparung im Restaurant und in der Bar⁴⁰

Eismaschinen	Moderne Eismaschinen können nachts abgeschaltet werden → Nutzung von Zeitschaltuhren zur automatischen Abschaltung
Zapfanlagen	Bei kleineren Biermengen ist die Lagerung des Bierfasses im Kühlschrank ausreichend Der Einsatz von Zapfanlagen mit Trockenkühlung ist empfehlenswert → Sie sind bereits nach ca. zehn Minuten einsatzbereit Wassergekühlte Anlagen verbrauchen mehr Energie → Sie sind erst nach bis zu zwei Stunden einsatzbereit
Speisen und Teller	Wärmeplatten nur bei Bedarf einschalten und sorgfältig regulieren Vorzugsweise warme Teller aus der Spülmaschine verwenden
Spülen von Gläsern	Gläserespülmaschinen im Tresenbereich entlasten große Küchenmaschinen → Energiesparender Warmwasseranschluss von Geräten ohne Wärmerückgewinnung Temperaturen von 55-60 °C für den Waschgang und 63-67 °C beim Klarspülen sind völlig ausreichend Getränkereste vor dem Einräumen auskippen (nicht in die Spülmaschine) → Vermeidung von unnötigen Waschgängen
Klimaanlage und Lüftung	Klimaanlagen sind sehr energieintensiv Im Restaurant ist der Klimatisierungsbedarf gut vorhersehbar → Sinnvollen Ausschaltplan entwickeln Lüftungsanlagen nur bei Bedarf einschalten und den Einsatz einer Wärmerückgewinnung prüfen Mehrstufig regelbare Anlagen verwenden, wobei die richtige Einstellung je nach Bereich variiert → Nichtraucherbereich 12-30 m ³ /h → Raucherbereich 50-70 m ³ /h
Sanitärbereich	Papier statt Trockner für die Hände → Wärmeerzeugung mit Strom ist kostenintensiv Bei Trocknereinsatz eine Doppelstrahltechnik verwenden → Starker Luftstrom statt Wärme zur Händetrocknung

⁴⁰ Webseite DEHOGA, Energiesparen leicht gemacht.

	Nachrüstung von Wasserhähnen mit Durchflussbegrenzer → Reduzierung von 15-18 Liter/min auf 6-8 Liter/min
--	---

Kälte

Beim Kauf von Kältegeräten sollte auf die Effizienzklasse geachtet werden. Ein höherer Anschaffungspreis amortisiert sich meistens in kurzer Zeit durch einen geringeren Energieverbrauch. Bei Kälteanlagen haben die Kühltemperatur sowie der Aufstellungsort Einfluss auf den Energieverbrauch.

Tabelle 4-12: Gastronomie: Maßnahmen zur Energieeinsparung im Bereich Kälte⁴¹

Kühltemperatur	Die Kühltemperatur von Fleisch beträgt 2- 7 °C, für eine Tiefkühlung beträgt sie -18 °C Pro 1 °C niedrigerer Temperatur werden 4-6% mehr Energie verbraucht
Standortwahl	Die Standortwahl von Kühl- und Gefriergeräten hat ebenfalls Einfluss auf den Energieverbrauch Der Mindestabstand der Kühlrippen zur Wand sollte 5 cm betragen → Der Energieverbrauch kann sonst um bis zu 10% steigen Möglichst kühler und gut belüfteter Raum als Aufstellort Niemals neben Herd oder Heizung → Pro 1 °C abgesenkter Umgebungstemperatur können bis zu 5% Energie eingespart werden
Befüllung von Kühlgeräten	Verwendung von wenigen aber gut gefüllten Geräten Notfalls Schaumstoffblöcke zur Reduzierung des Luftvolumens verwenden → Fast leere Geräte arbeiten nicht effizient Speisen vor der Kühlung abkühlen lassen → Die Kühlung von warmen Speisen ist energieintensiv Speisen gut verpacken → Feuchtigkeit setzt sich sonst an den Kühlelementen der Kühlgeräte ab und führt zur Vereisung
Allgemeines	Kühlrippen von Kühlgeräten regelmäßig entstauben → Staub verhindert die Wärmeabfuhr und führt zu erhöhtem Energiebedarf Klimaanlagen und Lüftungsanlagen regelmäßig warten Dichtungen an Kühl- und Gefriergeräten kontrollieren → Schon kleine Risse führen zu hohen Verlusten

⁴¹ Webseite DEHOGA, Energiesparen leicht gemacht.

Beleuchtung

Tabelle 4-13: Gastronomie: Maßnahmen zur Energieeinsparung bei der Beleuchtung⁴²

Einsatz von Bewegungsmeldern	Phasenweise benötigtes Licht in Korridoren, Toiletten, Kühlräumen, etc. → Austausch der Lichtschalter durch Bewegungsmelder
Austausch von Lampen	Glühlampen und Halogenstrahler durch LEDs ersetzen
Tageslicht ausnutzen	Beleuchtung bei Tageslicht abschalten

Beherbergung

In der Gewerbegruppe Beherbergung sind Hotels, Gaststätten mit Übernachtungsmöglichkeit und sonstige Beherbergungsbetriebe eingeordnet. Wie in unten stehender Abbildung ersichtlich, sind in der Gruppe Beherbergung allgemein hohe Einsparpotenziale vorhanden.

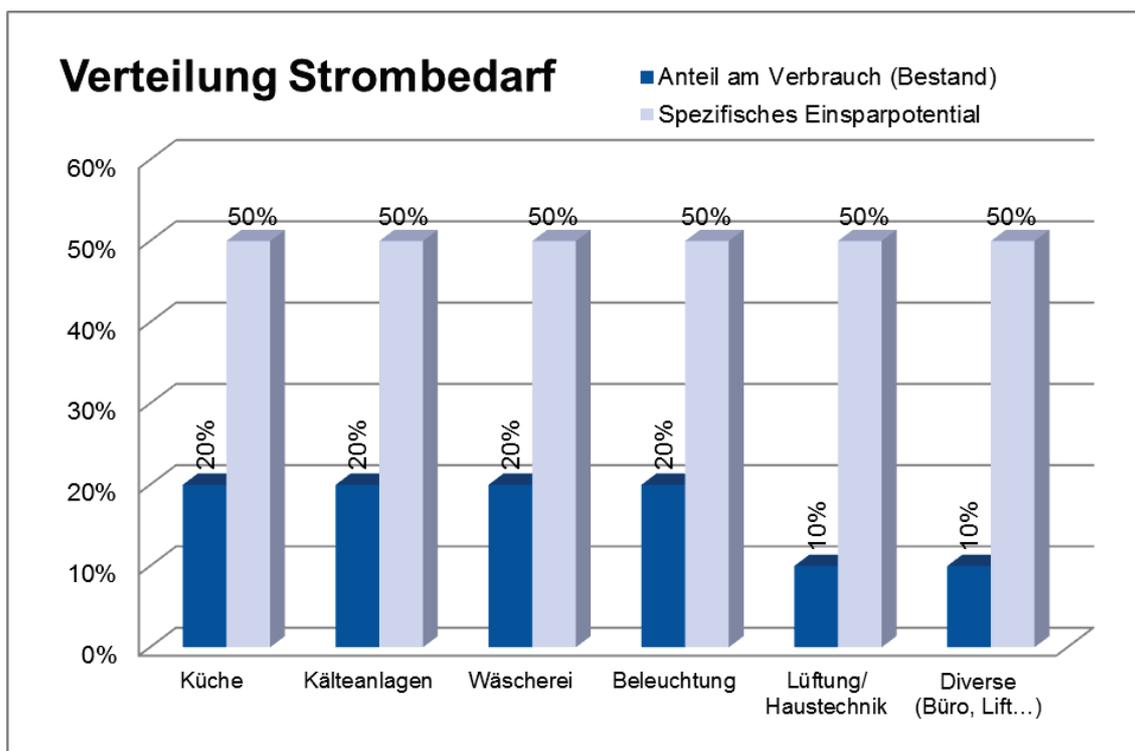


Abbildung 4-16: Anteile am Strombedarf und Einsparpotenzial in Beherbergungsbetrieben⁴³

Nachfolgend sind verschiedene Maßnahmen aufgezeigt, wie sich Energie in unterschiedlichen Bereichen der Beherbergungsbetriebe einsparen lässt. Da einige Parallelen zu reinen Gaststättenbetrieben vorhanden sind, gelten einige Maßnahmen der Gastronomie auch für die Branche Beherbergung.

⁴² Webseite DEHOGA, Energiesparen leicht gemacht

⁴³ Webseite Energie.ch Hotel

Beleuchtung

Tabelle 4-14: Beherbergung: Maßnahmen zur Energieeinsparung bei der Beleuchtung⁴⁴

Außenbeleuchtung	<p>Anpassung der Beleuchtung an das Umgebungslicht</p> <p>Abstufung der Außenbeleuchtung in der Nacht</p> <p>→ Nach Mitternacht muss der Gast nur noch sehen, dass das Hotel geöffnet ist und wo der Eingang ist</p>
Innenbeleuchtung	<p>Tageslichtabhängige Lichtregelung in Räumen mit Fenstern</p> <p>Bewegungsmelder in Korridoren, Toiletten, Kühlräumen</p> <p>→ Austausch der Lichtschalter durch Bewegungsmelder</p> <p>Glühlampen und Halogenstrahler durch LEDs oder Kompaktleuchtstofflampen ersetzen → Bei einer Laufzeit von ca. 3.000 Betriebsstunden im Jahr amortisiert sich diese Anschaffung in bereits weniger als einem Jahr</p>

Gästezimmer

Tabelle 4-15: Beherbergung: Maßnahmen zur Energieeinsparung in den Gästezimmern⁴⁵

Minibar	<p>Kompressorkühlschränke haben um einen mehr als die Hälfte geringeren Stromverbrauch als Absorberkühlschränke</p> <p>→ Gute Kompressorkühlschränke hört man kaum und sind nicht teurer als geräuschlose Absorberkühlschränke</p>
Allgemein	<p>Reduktion von Stand-by-Verlusten ohne Anwesenheit des Gastes durch einen Hauptschalter, der durch den Zimmerschlüssel aktiviert wird oder durch eine Fernsteuerung über die Lobby → ein unbelegtes Zimmer sollte keinen Strom verbrauchen</p>

Wäscherei

Sollte der Beherbergungsbetrieb eine eigene Wäscherei besitzen, sind auch hier Einsparungen von bis zu 50% möglich. Aber auch wenn keine eigene Wäscherei genutzt wird, können Kosten eingespart werden, indem unnötige Wäsche vermieden wird. Der Gast sollte selber entscheiden, ob er sein Handtuch wiederverwenden möchte oder nicht, indem er es entweder aufhängt oder z. B. auf dem Boden liegen lässt.

⁴⁴ Webseite DEHOGA, Energiesparen leicht gemacht.

⁴⁵ Webseite DEHOGA, Energiesparen leicht gemacht.

Tabelle 4-16: Beherbergung: Maßnahmen zur Energieeinsparung in der Wäscherei

Geräte	<p>Bei Neuanschaffungen von Waschmaschinen auf den Strom- und Wasserverbrauch achten.</p> <p>Bei Neuanschaffungen Waschmaschinen mit Wärmerückgewinnung verwenden → Die Mehrkosten machen sich durch geringere Stromkosten bezahlt</p> <p>Waschmaschinen ohne Wärmerückgewinnung an den Warmwasser- und nicht an den Kaltwasseranschluss anschließen</p>
Allgemeines	<p>Waschmaschinen nach Möglichkeit nur voll beladen und mit einem sparsamen Waschprogramm betreiben</p> <p>Eine hohe Schleudernzahl spart Zeit und Energie beim Tumbler (Trockner)</p>

Allgemeines

Tabelle 4-17: Beherbergung: Allgemeine Maßnahmen zur Energieeinsparung⁴⁶

Verbrauchsspitzen	<p>Spülgeräte, Trockner, Waschmaschinen möglichst zu unterschiedlichen Zeiten nutzen, um Verbrauchsspitzen zu vermeiden</p> <p>→ Höherer Energiepreis der Energieversorger für Verbrauchsspitzenlasten</p>
-------------------	--

4.1.5 Energiebedarf der kommunalen Gebäude

Steigende Energiepreise betreffen nicht nur die Bürgerinnen und Bürger, sondern auch zunehmend Kommunen und Gemeinden. Allein durch ein Energiemanagement, also die Steuerung und Kontrolle der Energieverbräuche, ist eine Energie- und Kosteneinsparung von 15% bis 20% erreichbar.

In diesem Kapitel werden die Effizienz- und Einsparpotenziale der kommunalen Gebäude überschlägig bewertet, da die Universitätsstadt eine Vorbildfunktion für die privaten Akteurinnen und Akteure innehat. Die Einsparpotenziale der Kommune werden im Ergebnis zusammen mit denen des GHD-Sektors verrechnet. Maßnahmen können insbesondere beim Bau und Betrieb kommunaler Liegenschaften ergriffen werden. Weitere wichtige Handlungsansätze bieten Infrastrukturmaßnahmen wie z. B. der LED-Einsatz zur Straßenbeleuchtung, Maßnahmen an kommunalen Kläranlagen und der kommunale Fuhrpark. Da die Universitätsstadt Marburg bereits intensiv dabei ist, die Straßenbeleuchtung im gesamten Stadtgebiet auf LED umzurüsten und Kläranlage sowie Fuhrpark keine quartiersspezifische Herausforderung darstellen, werden diese Bereiche hier nicht näher untersucht.

⁴⁶ Webseite DEHOGA, Energiesparen leicht gemacht.

Allerdings wurden die städtischen Liegenschaften im Quartier auf Ihre Energieeffizienz hin bewertet. Dazu wurden bei der Stadtverwaltung Daten zum Heizenergie und Stromverbrauch sowie den Gebäudenutzflächen abgefragt. In die Betrachtung sind nur Gebäude eingeflossen, von denen die notwendigen Ausgangsdaten zur Verfügung standen.

In den folgenden Abbildungen werden die spezifischen Verbrauchskennwerte der Gebäude für Wärme und Strom (in kWh/m²*a) den Vergleichswerten der EnEV 2014 gegenübergestellt. Hierbei wird auf der horizontalen Achse die prozentuale Abweichung im Wärmebereich und auf der vertikalen Achse die prozentuale Abweichung im Strombereich dargestellt. Die Größe der Kreise stellt den prozentualen Anteil des Energieverbrauchs des Gebäudes am Gesamtenergieverbrauch der dargestellten Gebäude dar.

Die Wärmeverbräuche wurden außerdem witterungsbereinigt und beziehen sich auf die berechneten Nutzflächen der jeweiligen Gebäude. Nutzerverhalten oder Belegungszeiten der Gebäude bleiben in der Betrachtung unberücksichtigt.

Gebäude, die sich rechts der Vertikal- und oberhalb der Horizontalachse befinden, weisen sowohl einen erhöhten Strom- als auch Wärmeverbrauch verglichen mit den Kennwerten auf. Gebäude, die unten rechts eingeordnet sind, haben einen erhöhten Wärmeverbrauch, der Stromverbrauch liegt unter dem Kennwert. Dagegen liegen die Gebäude oben links unter dem Kennwert für Wärme, haben aber einen erhöhten Stromverbrauch. Bei den Gebäuden im unteren linken Bereich sind sowohl der Strom- als auch der Wärmeverbrauch niedriger als der entsprechende Kennwert. Für die Auswertung standen die Daten von fünf Gebäuden zur Verfügung. Abbildung 4-17 zeigt die Bewertung für diese fünf Gebäude.

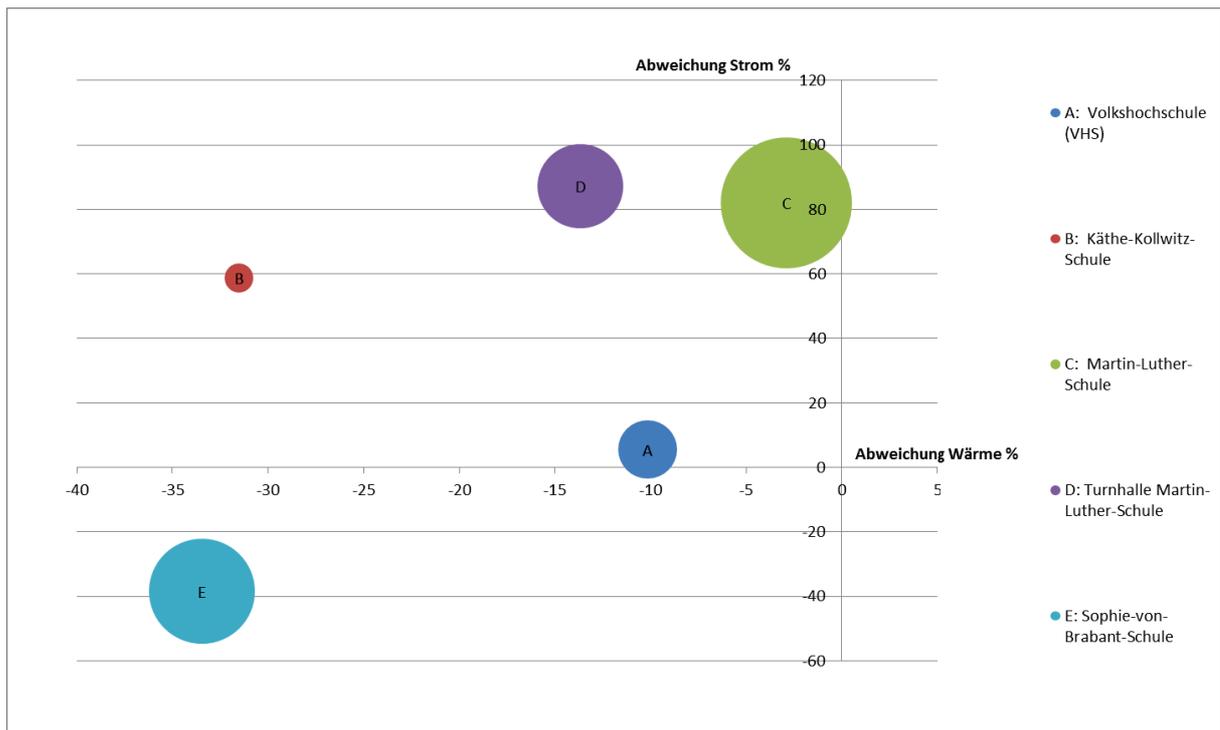


Abbildung 4-17: Strom-Wärme-Diagramm städtischer Gebäude

In der Bewertung ist festzustellen, dass die Martin-Luther-Schule (C) sowie die Turnhalle der Martin-Luther-Schule (D) einen relativ erhöhten Stromverbrauch aufweisen. Im Wärmebereich liegen die Gebäude alle unter den jeweiligen Vergleichskennwerten. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Einsparpotenziale vollumfänglich erschöpft sind. Ziel sollte es vielmehr sein, beim Energieverbrauch deutlich besser als der Durchschnitt zu liegen.

4.1.6 Zusammenfassung der Potenziale zur Energieeinsparung

Die oben beschriebenen Potenziale können den Energieverbrauch von 97.200 MWh auf 49.000 MWh in den Bereichen Wärme und Strom senken. Entsprechend unterschiedlich großer Anstrengungen bei Sanierungsmaßnahmen und Effizienzverbesserungen wurden drei verschiedene Szenarien berechnet. Im besten Fall können rund 50% des stationären Energiebedarfes bis 2050 reduziert werden. Eine Zusammenfassung der möglichen Einsparpotenziale in den unterschiedlichen Szenarien zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 4-18: Zusammenfassung der Energieeinsparpotenziale

Energieeinsparungen	IST-Verbrauch [MWh/a]	SOLL-Verbrauch 2050			Veränderung IST vs. Soll		
		Trend [MWh/a]	Aktiv [MWh/a]	Pionier [MWh/a]	Trend [%]	Aktiv [%]	Pionier [%]
Wohnen	24.796	21.338	17.506	12.334	-14%	-29%	-50%
davon Wärme	19.774	17.616	13.782	8.825	-11%	-30%	-55%
davon Strom	5.021	3.722	3.723	3.509	-26%	-26%	-30%
GHD & Industrie	41.374	35.180	27.602	21.890	-15%	-33%	-47%
davon Wärme	22.089	19.410	13.331	8.460	-12%	-40%	-62%
davon Strom	19.285	15.770	14.271	13.430	-18%	-26%	-30%
öffentliche Geb. & kirchl. Einrichtungen	15.106	12.472	9.714	7.048	-17%	-36%	-53%
davon Wärme	9.749	8.091	5.750	3.317	-17%	-41%	-66%
davon Strom	5.357	4.381	3.964	3.731	-18%	-26%	-30%
Universitätsgebäude	15.925	13.186	10.329	7.585	-17%	-35%	-52%
davon Wärme	9.854	8.221	5.837	3.357	-17%	-41%	-66%
davon Strom	6.071	4.965	4.493	4.228	-18%	-26%	-30%
Summe Energieeinsparungen	97.200	82.175	65.150	48.856	-15%	-33%	-50%

Diese Ergebnisse stellen neben der Potenzialanalyse zu erneuerbaren Energien die wesentliche Basis für die Berechnung der künftigen Energieszenarien für die Nordstadt dar. Grundsätzlich ist die Darstellung der Effizienz- und Einsparpotenziale jedoch als ein mögliches Szenario zu verstehen und nicht als Prognose.

4.2 Erneuerbare Energien

Die Potenzialanalyse zu erneuerbaren Energien beschränkt sich auf die für das Quartier relevanten Bereiche. Für eine flächendeckende Potenzialanalyse zu erneuerbaren Energien im gesamten Stadtgebiet sei auf das „Integrierte Klimaschutzkonzept“ und das „Klimaschutzteilkonzept Erneuerbare Energien“ der Universitätsstadt Marburg verwiesen.

4.2.1 Solarpotenziale auf Dachflächen,

Die Analyse der Solarenergiepotenziale beschränkt sich auf die Dachflächen des Quartiers Nordstadt und umfasst sowohl Photovoltaik (PV) zur Stromgewinnung als auch Solarthermie (ST) zur Wärmenutzung.

4.2.1.1 Photovoltaik auf Dachflächen

Mit der letzten Novellierung des EEG im Jahr 2014 haben sich die Rahmenbedingungen für den Bau und Betrieb von PV-Anlagen in vielerlei Hinsicht geändert. Diese Änderungen umfassen z. B. die Anpassung von Anlagenklassen und Vergütungssätzen sowie eine Neuregelung zum Eigenverbrauch.

Nach dem derzeit gültigen EEG⁴⁷ sind für PV-Anlagen, in Abhängigkeit von der Spitzenleistung zwei wesentliche Vermarktungsmethoden vorgesehen:

- die Einspeisevergütung über 20 Jahre, die mit Beginn des Jahres 2016 nur noch für Anlagen bis zu einer Spitzenleistung von maximal 100 kWp möglich ist,
- die verpflichtende Direktvermarktung, mit der Möglichkeit von der s. g. Marktprämie zu profitieren. Sollte die Vermarktung an Endabnehmerinnen und -abnehmer nicht möglich sein, ist eine Kooperation mit einem Direktvermarkter nahezu unumgänglich.

Für die Umsetzung und demzufolge auch für die Wirtschaftlichkeit von PV-Projekten spielt vor allem die Wahl des Betreibermodells eine wesentliche Rolle, da dieses maßgeblich die Höhe der Abgaben und Umlagen beeinflusst (EEG-Umlage, Netznutzungsentgelte, Energiesteuer). Für Anlagen bis zu einer Leistung von 10 kWp entfällt die EEG-Umlage für den selbst verbrauchten Strom bis 10.000 kWh/a vollständig. An dieser Stelle bieten sich für viele Gebäude im Quartier Möglichkeiten durch einen hohen Eigennutzungsanteil relevante Einsparungen zu erzielen, da die solaren Gestehungskosten wesentlich geringer als die Netzbezugskosten sind. Der eingespeiste Überschussstrom wird hingegen den Profit der Gesamtanlage nicht wesentlich steigern, da sich hier Gestehungskosten und die zu erzielende Vergütung nahezu aufheben. Da ein nahezu vollständiger Eigenverbrauch des erzeugten Solarstromes bei gleichzeitig hohem Anlagendeckungsgrad in der Praxis auch mit Hilfe von Speichertechniken nur sehr schwer umsetzbar ist, sind im Vorfeld einer Investition detailliertere Untersuchungen zu empfehlen.

Aktuellen Trends zufolge gewinnt ein möglichst hoher Eigenverbrauchsanteil aufgrund der zuvor beschriebenen Aspekte weiter an Bedeutung. Dieser muss bereits bei der Anlagendimensionierung, unter Berücksichtigung des individuellen Lastprofils des Gebäudes berücksichtigt werden. Liegt ganztägig ein hoher Strombedarf vor, bietet eine ost-/westausgerichtete PV-Anlage ein breites Spektrum direkt nutzbarer Sonnenenergie. Überschüssige Stromerträge lassen sich zudem kurz- bis mittelfristig direkt vor Ort speichern oder müssen ins Netz eingespeist werden.

Bei der folgenden Potenzialbestimmung wurde beachtet, dass sich tendenziell viele historische und denkmalgeschützte Gebäude innerhalb des Quartiers befinden. Dennoch lassen sich Solaranlagen in Abstimmung mit der zuständigen Denkmalschutzbehörde auch auf Baudenkmalen installieren, ohne zu stark in das äußere Erscheinungsbild einzugreifen oder die Substanz nachhaltig zu beeinträchtigen. Für die Potenzialbestimmung wurde Denkmalschutz nicht als Ausschlusskriterium betrachtet, bei Detailuntersuchungen bzw. konkreten Planung müssen hier neben der Statik, evtl. vorhandene historische Dachaufbauten und deren Verschattung miteinbezogen werden.

⁴⁷ Stand Januar 2016, weitere Novellierung des EEG für 2017 ist in der Planung.

Für die Ermittlung des verfügbaren Solarpotenzials auf Dachflächen innerhalb des Quartiers wurde das Solarkataster der Universitätsstadt Marburg ausgewertet. Dieses gibt sowohl Auskunft über die potenzielle Eignung zur elektrischen sowie zur thermischen Energiegewinnung der einzelnen Dächer. Ein Datenauszug wurde dem IfaS zur weiteren Spezifizierung zur Verfügung gestellt.

Weiterhin sind durch die Untersuchungen des Quartierskonzeptes weitergehende Informationen zum Gebäudebestand, der Nutzung der Gebäude sowie weitere Details zum Stadtquartier bekannt (vgl. Abschnitt 2.2). Diese wurden via GIS adressspezifisch mit den Daten des Solarkatasters verknüpft. Somit ist die Einteilung der Solarpotenziale in die Nutzungskategorien:

- Gebäude inkl. Wohnanteil,
- Gebäude im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistung,
- Öffentliche Gebäude,
- Städtische Gebäude,
- Kirchliche Gebäude,
- Industrielle Gebäude und
- Gebäude der Phillips Universität

möglich.

Berücksichtigt wird insbesondere die Eignung der Dachfläche bzgl. der erreichbaren Globalstrahlungswerte. Hierbei wird die direkte und diffuse Sonneneinstrahlung für jeden Quadratmeter eines Daches anhand der Eignung in vier Klassen mit den Prädikaten „sehr gut“, „gut“, „bedingt geeignet“ und „ungeeignet“ eingeordnet. Das kartografische Ergebnis zur Eignung der Dächer hinsichtlich Solarenergienutzung in einer flächenscharfen Darstellung zeigt der GIS-Auszug der folgenden Abbildung, ebenfalls markiert sind installierte PV-Anlagen innerhalb des Quartiers.

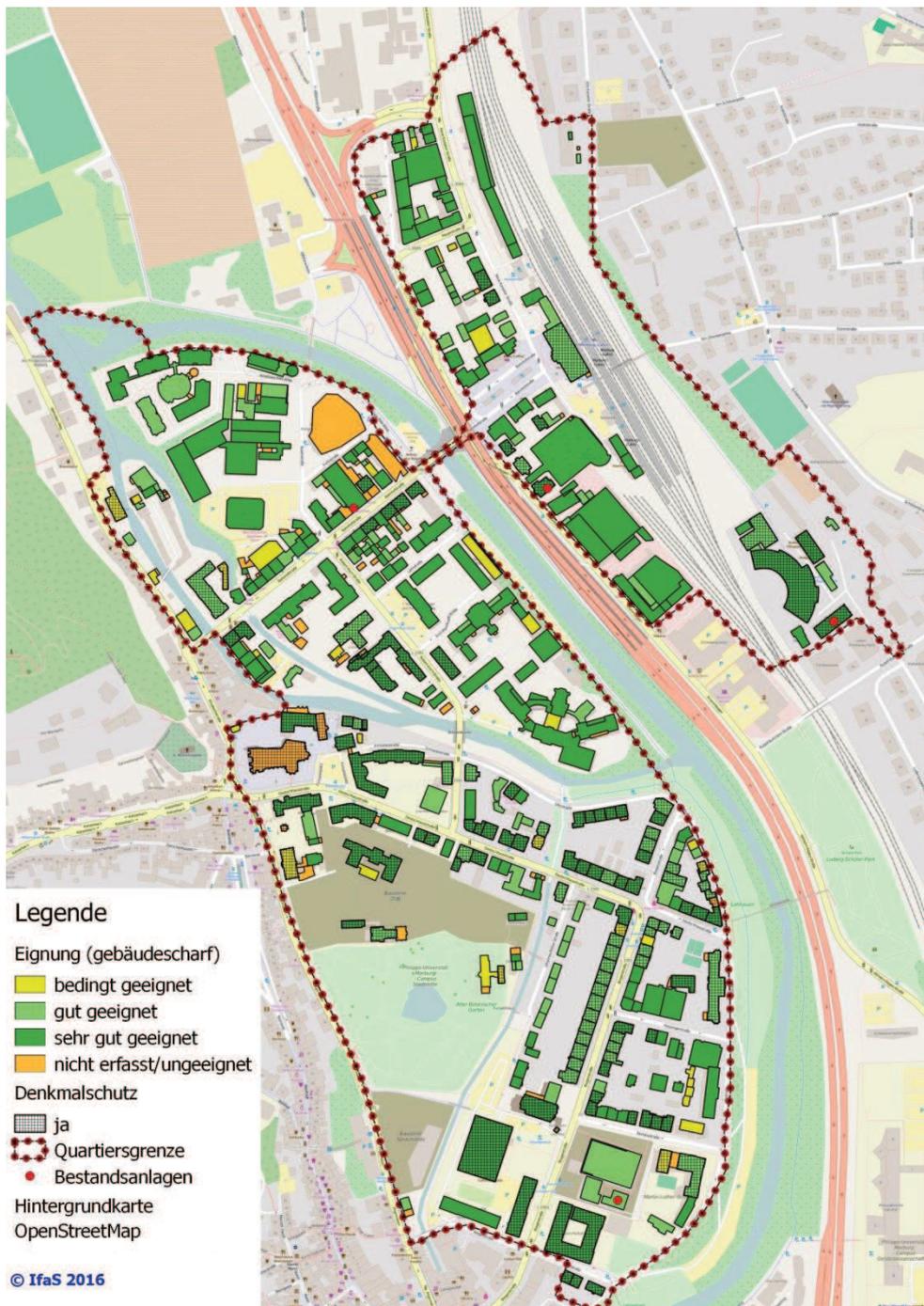


Abbildung 4-18: Solardachkataster Universitätsstadt Marburg-Nordstadt

Folgende Informationen konnten letztlich für die Potenzialanalyse weiterverarbeitet werden:

- Dachtyp (geneigtes Dach, Flachdach)
- Nutzbare Fläche (abzgl. Verschattung, Berücksichtigung der Ausrichtung)
- Eignung bzgl. Globalstrahlung
- Empfehlung der Modulwahl (Kristallin oder Dünnschicht)
- Anzahl und Größe der technisch nutzbaren Dachflächen

Zur Ermittlung des solaren Energiepotenzials wurde eine Annahme für die Nutzung beider Solarenergiearten (Photovoltaik und Solarthermie) getroffen. Solarthermie wurde bei der fol-

genden Clusterung nur für Gebäude mit Wohnanteil betrachtet, da dort tendenziell ein verlässlicher Warmwasserbedarf besteht.⁴⁸ Diese Ausschließlichkeit besteht jedoch in der Praxis nicht. Für weitere Gebäudearten ist zu empfehlen, dass ein ausreichend hoher Anteil an Solarkollektoren auf Basis des tatsächlichen Bedarfs installiert wird.

Die Kombination von Photovoltaik (PV) und Solarthermie (ST) ist in vielerlei Hinsicht von Vorteil. Solarenergie kann in solarthermischen Anlagen sehr effizient umgewandelt werden, ebenso ist regenerative Wärme generell schwerer zu erschließen als Strom. Bei Betrachtung der natürlichen Ressourcen sollte es daher ein primäres Anliegen sein, die fossile Wärmeerzeugung stetig zu verringern. Die Ergebnisse zur Betrachtung des ST-Potenzials sind dem anschließenden Kapitel zu entnehmen.

Bei der derzeitigen Preisentwicklung der PV-Module ist es bereits empfehlenswert, eine Anlage mit 1 kW_p - vornehmlich für den Eigenverbrauch - zu betreiben.

Nachstehende Tabelle fasst das nach vorstehenden Prämissen ermittelte Photovoltaikpotenzial auf Dachflächen zusammen.

Tabelle 4-19: Potenziale im Bereich Photovoltaik

Photovoltaik auf Dachflächen im Quartier Marburg Nordstadt		
Gebäudeart	Leistung	Stromerträge
	[kW _p]	[kWh/a]
Gebäude inkl. Wohnanteil	3.090	2.651.000
Gewerbe, Handel, Dienstleistung	3.210	2.889.000
Öffentliche Gebäude	1.670	1.499.000
Städtische Gebäude	70	58.000
Gebäude der Philipps Universität	1.980	1.744.000
Kirchliche Einrichtung	160	140.000
Industrie	370	346.000
unbekannt	140	124.000
Gesamtpotenzial	10.690	9.451.000
Bestand	40	36.000
Ausbaupotenzial	10.650	9.415.000

Würden alle noch zur Verfügung stehenden Dachflächen photovoltaisch genutzt, könnten mit etwa 10,7 MW_p installierter Leistung jährlich ca. 9.400 MWh Strom produziert werden. Dies entspricht rund 25% des heutigen Stromverbrauchs im Quartier. Aufgrund der historischen Gebäude im Quartier ist das theoretische Potenzial jedoch schwer auszuschöpfen. Über die Ergebnisse des Solarkatasters hinaus sind weitere Einschränkungen durch ungeeignete Dachstatiken bzw. historische Bausubstanz nicht auszuschließen. Daher werden für eine realistische Potenzialabschätzung nochmals 20% in Abzug gebracht (vgl. Tabelle 4-22 auf Seite 80).

⁴⁸ Die Solarthermie-Anlage dient an dieser Stelle sowohl zur Warmwasserbereitung als auch zur Heizungsunterstützung.

Solarenergieanlagen auf den Dächern sollten immer in Verbindung mit Dämmmaßnahmen betrachtet werden. Dabei werden die Dächer entweder komplett erneuert oder die vorhandene Sparrenlage verstärkt, so dass es keine statischen Probleme gibt.

Für die möglichst unauffällige Integration von Photovoltaik-Anlagen bieten sich mehrere Möglichkeiten. Insbesondere in die Dacheindeckung integrierte Solarmodule sowie die modernen Glas-Glas-Lamine auf verglasten Dach- und Fassadenpartien können sehr gut in das architektonische Gesamtbild eingebunden werden. Vor allem die variable Anordnung und farbliche Gestaltung der PV-Module lässt Freiraum für gestalterische Vorgaben, wobei die wesentlichen Rahmenbedingungen wie Ausrichtung, Neigung und Verschattung besonders beachtet werden sollten.⁴⁹

In der gängigen Praxis auftretende Konflikte zwischen Denkmalschutz, historischem Stadtbild und der Nutzung von Solarenergie werden oft durch die Anbringung der Module auf Dachflächen, die vom öffentlichen Raum nicht einsehbar sind, gelöst. Oft werden diese an untergeordneten Nebengebäuden oder rückwärtig ausgerichteten Dachflächen angebracht.⁵⁰

Die eventuellen Mehrkosten, die durch die aufwändigere Dachintegration der Anlagen entstehen, können durch einen Zuschuss kompensiert werden. Die Universitätsstadt Marburg fördert denkmalgerechte Photovoltaikanlagen mit bis zu 1.500 €. Für die Finanzierung von Photovoltaik-Anlagen können Kreditprogramme der KfW-Förderbank genutzt werden.⁵¹

4.2.1.2 Solarthermie auf Dachflächen

Die Installation von Solarthermiekollektoren bietet sich überall dort an, wo ein konstanter Wärme- bzw. Warmwasserbedarf vorliegt. Bei entsprechender Auslegung kann die Solaranlage in den Sommermonaten mindestens zur Deckung des Warmwasserbedarfs beitragen. In den Wintermonaten leistet sie einen geringeren Anteil am Wärmebedarf. Bei reiner Warmwasseraufbereitung sollte die Kollektorfläche auf Basis des Warmwasserbedarfes ermittelt werden, bei einer zusätzlichen Heizungsunterstützung sollte neben dem Warmwasserbedarf auch die benötigte Heizenergie über das Jahr sowie die Heizgewohnheiten analysiert werden.

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle bietet spezielle Förderprogramme für die Installation von ST-Anlagen. Um von einer Förderung profitieren zu können, sind bestimmte Voraussetzungen nötig, beispielsweise der Einsatz bestimmter zertifizierter Kollektoren mit Anforderungen an Ertrag und Wirkungsgrad. Förderberechtigt sind neben Kommunen, kommunalen Gebietskörperschaften und Zweckverbänden, auch gemeinnützige Organisationen, Privatpersonen sowie Unternehmen.

⁴⁹ Vgl. Energiesparen in Kirchengemeinden, Energieagentur NRW

⁵⁰ Vgl. Klimaschutz und Denkmalschutz, DIFU

⁵¹ Vgl. www.marburg.de/leben-in-marburg/umwelt-klima/energieberatung/foerderprogramme.

Darüber hinaus gewährt die Universitätsstadt Marburg Zuschüsse für die Errichtung von Solarthermieanlagen in Höhe von 500 € für Anlagen zur Warmwasserbereitung oder 1.000 € bei zusätzlicher Heizungsunterstützung.

In der Universitätsstadt Marburg kann von einer durchschnittlichen jährlichen Sonneneinstrahlung von 1.000 kWh/m² ausgegangen werden. Je nach Art und Qualität der Komponenten lassen sich so jährlich 250 - 400 kWh Wärme pro Quadratmeter Kollektorfläche gewinnen. Das entspricht dem Heizwert von 25 - 40 l Heizöl im Jahr. Neben der Anlagendimensionierung spielt dabei vor allem das Nutzungsverhalten eine wichtige Rolle.

Neben dem vorstehend ermittelten Potenzial an Photovoltaik auf Dachflächen wurde parallel das solarthermische Potenzial untersucht. Vor diesem Hintergrund konnte folgendes Potenzial an Solarthermie ermittelt werden:

Tabelle 4-20: Potenziale im Bereich Solarthermie

Solarthermie auf Dachflächen im Quartier Marburg Nordstadt		
Gebäudeart	Kollektorfläche ¹	Wärmeerträge ²
	[m ²]	[kWh/a]
Gebäude inkl. Wohnanteil	2.700	945.000

1) 14m² Solarthermiekollektoren auf geeigneten Dachflächen

2) 350 kWh/m² Kollektorfläche

Bei der solarthermischen Nutzung aller Dachflächen könnten unter Berücksichtigung der zuvor dargestellten Abschläge und Einschränkungen etwa 2.700 m² Kollektorfläche installiert werden. Der jährliche Wärmeenergieertrag würde in der Summe fast 1.000 MWh betragen, was einem Anteil von 1,6% des Bedarfs entspricht.

Da in dieser Analyse nur das Potenzial auf Gebäuden, die mindestens eine Wohneinheit beherbergen, betrachtet wurde, kann die installierbare Kollektorfläche auf geeigneten Dachflächen anderer Gebäudetypen insgesamt zu Lasten des PV-Potenzials steigen. Auch ist es denkbar, dass die Kollektorfläche auf Basis des individuellen Warmwasserbedarfs, gerade bei Mehrparteienhäusern größer zu veranschlagen ist. Neben Wohneinheiten bieten sich vor allem Kranken-, Pflege- und Altenheime sowie Kindergärten und Unternehmen mit Personaluschen an.

4.2.2 Biomassepotenziale

Die Biomassepotenzialanalyse erfolgt in zwei Bezugsräumen und bezieht sich lediglich auf holzige Biomassen für die Brennstoffgewinnung. Da mit geringfügigen Biomassepotenzialen im Quartier zu rechnen ist, wurden weitere Potenzialkategorien (Grüngut; Landschaftspflegematerial, Agrarhölzer im Kurzumtrieb) im Stadtgebiet betrachtet. In Bezug auf die darge-

stellte Vorgehensweise werden die Herkunftsbereiche der holzigen Potenziale unterschieden in

- Biomassen, die dem Quartier zuzuordnen sind sowie
- Biomassepotenziale, die in der Kommune akquiriert werden können.

Die Potenziale werden nach Herkunftsbereich und Menge identifiziert und in Endenergiegehalt sowie Liter Heizöläquivalente ausgedrückt. Bei der Potenzialdarstellung wird eine konservative Betrachtungsweise zugrunde gelegt, basierend auf praktischen Erfahrungs- und Literaturwerten.

4.2.2.1 Biomassepotenziale im Quartier

Eine ehemalige Bahnfläche im Quartier mit der Größe von rund 2,7 ha könnte durch eine Rekultivierungsmaßnahme mit Gehölzen bepflanzt werden.⁵² Der Baumbestand hat zum einen positive ökologische Effekte und zum anderen kann der Aufwuchs zu Brennstoff aufbereitet werden. Bei der Annahme, dass rund 2,2 ha (ca. 70%) als Produktionsfläche verwendet werden, könnten durchschnittlich ca. 10 - 15 t/a holzige Biomassen mit einem Energiegehalt von rund 65 MWh/a bereitgestellt werden. Dies entspricht einem Heizöläquivalent von rund 6.500 l/a.

4.2.2.2 Biomassepotenziale aus dem Stadtgebiet

Die Biomassepotenziale im Stadtgebiet beziehen sich auf Agrarhölzer, Grüngut und Landschaftspflegematerial.

Grüngut

Für die Erhebung des nachhaltigen Potenzials aus Grüngut wurden die Mengenangaben der Landesabfallbilanz (26 kg/Ew*a) zugrunde gelegt. Bei etwa 79.000 EW werden jährlich etwa 2.000 - 2100 t/a Grüngut dem öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (öRE) überlassen⁵³. Abhängig von der Aufbereitungstechnik können im Durchschnitt zwischen 30 - 50 Massen% als Brennstoff verwendet werden. Unter den dargestellten Annahmen verfügt das Grüngut im Betrachtungsraum über einen energetisch nutzbaren Holzanteil von etwa 800 - 900 t. Hieraus resultiert ein Energiepotenzial von rund 2.500 MWh/a, äquivalent zu 250.000 l Heizöl.

Potenziale aus der Landschaftspflege

Im Bereich Landschaftspflege wurden die Potenziale für eine energetische Verwertung aus den Bereichen Straßen- und Gewässerbegleitgrün untersucht. Unter Berücksichtigung der Straßen- und Gewässerlängen von ca. 110 km innerhalb des Stadtgebietes beträgt das nachhaltige Potenzial aus der Landschaftspflege rund 140 - 160 t/a. Wird zum Zeitpunkt der

⁵² Vgl. Modellvorhaben Energetische Stadterneuerung an der Lahn (2011); S. 32.

⁵³ Integriertes Klimaschutzkonzept für die Universitätsstadt Marburg (2011); Seite 28

Verwendung ein Wassergehalt von 35% angesetzt, resultiert hieraus ein Gesamtheizwert von rund 450 MWh/a, was einem Heizöläquivalent von rund 45.000 l entspricht.

Agrarholz im Kurzumtrieb

Um Potenziale aus dem Anbau von Energiepflanzen aus Ackerflächen darzustellen, wurde angenommen, dass etwa 1% der Ackerfläche im Stadtgebiet zur Energieholzproduktion bereitgestellt werden kann. Bei einer Ackerfläche von rund 2.300 ha⁵⁴, ergibt sich ein Flächenpotenzial von rund 20 - 25 ha. Hieraus ergeben sich Brennstoffpotenziale von rund 360 t/a mit einem Energiegehalt von ca. 1.100 MWh/a, äquivalent zu 110.000 l Heizöl.

4.2.3 Wasserkraftpotenziale

Für die Ermittlung der Wasserkraftpotenziale im Quartier wurde auf die Ergebnisse des Klimaschutzteilkonzeptes „Erneuerbare Energien“ (2013) zurückgegriffen. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 4-21: Wasserkraftpotenziale Universitätsstadt Marburg-Nordstadt

Wasserkraft - Bestand	Leistung [kW]	Erträge [kWh/a]
Afföller Wehr, „Elisabethmühle“ - Bestand	16	25.000
Wasserkraft - Ausbaupotenziale	Leistung [kW]	Erträge [kWh/a]
Afföller Wehr, „Elisabethmühle“ - Reparatur	16	25.000
Afföller Wehr Hauptgewässer - Neubau	244	1.100.000

Die bestehende Elisabethmühle hat derzeit nur eine Turbine in Betrieb. Eine zweite Turbine könnte instand gesetzt werden und würde weitere 25 MWh Strom pro Jahr erzeugen. Hinzu kommen Pläne für einen Neubau am Afföller Wehr, welche die Fließenergie der Lahn in 1.100 MWh Elektroenergie jährlich umwandeln könnte. Die Wasserkraft eignet sich aufgrund ihres kontinuierlichen Angebotes sehr gut, um die Grundlast des Quartiers zu decken. Bei dem Ausbau der Anlagen ist ein sinnvolles Betreibermodell für die Direktvermarktung des erzeugten Stroms zu empfehlen, da bei der Netzeinspeisung nach dem EEG keine attraktiven Erlöse erzielt werden können.

4.2.4 Weitere erneuerbare Energien

Windkraft

Große Windkraftanlagen sind innerhalb des Quartiers aufgrund genehmigungsrechtlicher Einschränkungen nicht möglich. Auch sogenannte Kleinwindkraftanlagen wurden nicht berücksichtigt, da aufgrund der Lage im Lahntal keine ausreichenden Windgeschwindigkeiten

⁵⁴ Integriertes Klimaschutzkonzept für die Universitätsstadt Marburg (2011); Seite 110

zu erwarten sind. Selbst bei besseren Windgeschwindigkeiten sind Kleinwindkraftanlagen nur in Einzelfällen wirtschaftlich zu betreiben.

Geothermie

Nach Analyse der verfügbaren Karten des hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie befindet sich die Nordstadt in einem hydrogeologisch ungünstigen Gebiet für den Einsatz von Erdwärmesonden. Daher wird von einer Empfehlung von Wärmepumpen mit Erdwärmesonden abgesehen. Auch Erdwärmekollektoren, welche horizontal im Erdreich zu verlegen sind, eignen sich aufgrund der mangelnden Freiflächen innerhalb des Quartiers nicht. Allerdings schließt dies die Nutzung der Geothermie (insbesondere Erdwärmesonden) nicht grundsätzlich aus. Bei entsprechenden Planungen ist aber darauf zu achten, dass nennenswerte Primärenergieeinsparungen nur bei Neubauten oder vollsanierten Gebäuden zu erwarten sind.

Abwasserwärme

Das Modellvorhaben „Energetische Stadterneuerung an der Lahn“ (2011) zeigt ein Potenzial zur Abwasserwärmerückgewinnung aus der Kanalisation von 1.000 MWh/a auf. Problematisch sind dabei die hohen Investitionen und der zusätzliche Bedarf von Wärmepumpen, um die Temperatur von max. 15 °C auf ein nutzbares Niveau anzuheben. Dies wiederum führt bei älteren Gebäuden mit großen Heizlasten zu einem relativ hohen Stromverbrauch. In der Abwägung wird eine Potenzialerschließung in Konkurrenz zum Ausbau des bestehenden Fernwärmenetzes nicht empfohlen.

4.3 Energie- und Treibhausgasbilanz (Szenarien)

Mit dem Ziel, ein auf den lokalen Potenzialen aufbauendes Szenario der zukünftigen Energieversorgung und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 abzubilden, werden an dieser Stelle die Bereiche Strom und Wärme hinsichtlich ihrer Entwicklungsmöglichkeiten der Verbrauchs- und Versorgungsstrukturen analysiert. Die zukünftige Strom- und Wärmebereitstellung wird auf der Grundlage ermittelter Energieeinsparpotenziale (bauliche Sanierungsvarianten), unterschiedlichen Möglichkeiten der Effizienzsteigerung sowie Potenzialen regenerativer Energieerzeugung errechnet.

Insgesamt wurden dabei drei Szenarien abgebildet. Ein Trendszenario, ein Aktivszenario und ein Pionierszenario. Diese dreifache Analyse soll die Bandbreite der Entwicklungsperspektive für die Nordstadt widerspiegeln und orientiert sich am integrierten Klimaschutzkonzept der gesamten Universitätsstadt sowie am Quartierskonzept für den Richtsberg. Die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale der Szenarien stellen sich wie folgt dar.

Im Trendszenario erfolgt nur ein reduzierter Ausbau der regional verfügbaren erneuerbaren Energien-Potenziale sowie des Fernwärmenetzes. Als jährliche Gebäudesanierungsrate wurde bis zum Jahr 2020 ein Wert von 1,0% angenommen. Die Sanierungsrate wird dann im Zeitverlauf bis 2050 auf 1,6% p.a. gesteigert. Der Stromverbrauch soll bis zum Jahr 2050 um 20% reduziert werden, was dem Zielwert der Studie des WWF „Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken“⁵⁵ entspricht.

Das Aktivszenario geht von einem stärkeren Ausbau der ermittelten Potenziale zur Erschließung der verfügbaren erneuerbaren Energien und Fernwärme aus. Die jährliche Sanierungsrate beträgt 1,5% bis zum Jahr 2020. Anschließend wird die Sanierungsrate bis zum Jahr 2050 auf 2,7% p.a. gesteigert. Der Stromverbrauch soll bis zum Jahr 2050 um 26% reduziert werden. Grundlage für die Stromeinsparung ist die Studie „Klimaschutzszenario 2050“ des Ökoinstituts und Fraunhofer ISI⁵⁶.

Im Pionierszenario werden die ermittelten EE-Potenziale zu 80% erschlossen. Es wird eine ambitionierte jährliche Sanierungsquote von 2,0% bis zum Jahr 2020 angenommen, welche im Zeitverlauf bis 2050 auf einen Wert von 3,9% p.a. ansteigt. Hinsichtlich der Stromeffizienz wird angenommen, dass der Stromverbrauch über alle Verbrauchsgruppen hinweg um 1% p.a. sinkt. Dieses ambitionierte Ziel zur Stromeinsparung orientiert sich an den Zielstellungen der Universitätsstadt Marburg, die im integrierten Klimaschutzkonzept formuliert wurden.

4.3.1 Struktur der Strombereitstellung bis zum Jahr 2050

Im Folgenden wird das Entwicklungsszenario zur regenerativen Stromversorgung kurz- (bis 2020), mittel- und langfristig (bis 2030, 2040 und bis 2050) auf Basis der ermittelten Potenziale erläutert. Der sukzessive Ausbau der Potenziale „erneuerbarer Energieträger“ erfolgt unter der Berücksichtigung nachstehender Annahmen:

Tabelle 4-22: Ausbau der Potenziale im Strombereich bis zum Jahr 2050

Potenzialbereich Strom	Nachhaltiges Potenzial	Ausbaugrad der Potenziale bis zum Jahr 2050									
		2014		2020		2030		2040		2050	
Trendszenario:											
Photovoltaik auf Dachflächen	10,69 MW	0,04 MW	0,4%	0,7 MW	7%	1,9 MW	18%	3,1 MW	29%	4,3 MW	40%
Wasserkraft	0,28 MW	0,02 MW	2%	0,03 MW	4%	0,03 MW	4%	0,03 MW	4%	0,03 MW	4%
Reduktion Stromverbrauch	WWF	0,0%		15,1%		16,4%		12,9%		20,0%	
Aktivszenario:											
Photovoltaik auf Dachflächen	10,69 MW	0,04 MW	0,4%	1,1 MW	10%	2,9 MW	27%	4,6 MW	43%	6,4 MW	60%
Wasserkraft	0,28 MW	0,02 MW	2%	0,03 MW	4%	0,03 MW	4%	0,03 MW	4%	0,03 MW	4%
Reduktion Stromverbrauch	Ökoinstitut	0,0%		11,9%		16,5%		21,2%		26,0%	
Pionierszenario:											
Photovoltaik auf Dachflächen	10,69 MW	0,04 MW	0,4%	1,5 MW	14%	3,8 MW	36%	6,2 MW	58%	8,6 MW	80%
Wasserkraft	0,28 MW	0,02 MW	2%	0,03 MW	4%	0,28 MW	100%	0,28 MW	100%	0,28 MW	100%
Reduktion Stromverbrauch	Ziele Marburg	0,0%		5,8%		14,8%		22,9%		30,3%	

⁵⁵ Vgl. WWF 2009

⁵⁶ Vgl. Ökoinstitut und Fraunhofer ISI 2015

Auf dem Gebiet des Quartiers Nordstadt bilden Photovoltaik und Wasserkraft die einzigen Potenziale an erneuerbaren Energieträgern im Strombereich. Darüber hinaus können gezielte Effizienz- und Einsparmaßnahmen bis zum Jahr 2050 zu enormen Einsparpotenzialen innerhalb der verschiedenen Stromverbrauchssektoren führen. Die in obenstehender Tabelle gezeigten Ziele zur Reduktion des Stromverbrauchs in den unterschiedlichen Szenarien werden dabei im vorliegenden Konzept auf den Endenergieverbrauch bezogen. Darüber hinaus können die Einsparungen nur auf die bestehenden Stromverbraucher bezogen werden. Zukünftig werden weitere Trendentwicklungen und neue Technologien die Stromnachfrage erheblich beeinflussen. So werden z. B. Trendentwicklungen im Verkehrssektor (Elektromobilität), der Eigenstrombedarf dezentraler, regenerativer Stromerzeugungsanlagen oder Technologien, die massiv brennstoffbezogene Energienutzung durch stromverbrauchende Energienutzung ersetzen, zu einer steigenden Stromnachfrage führen. Dies wird im vorliegenden Konzept jedoch nicht weiter berücksichtigt.⁵⁷

Im Jahr 2020 können durch erneuerbare Energien in Abhängigkeit des gewählten Szenarios zwischen 700 MWh/a und 1.300 MWh/a elektrischer Strom produziert werden. Bei ambitionierter Umsetzung auf Grundlage der im Pionierszenario getroffenen Annahmen können im Jahr 2050 rund 8.700 MWh/a an regenerativem Strom produziert werden. Dies entspricht ca. 35% des prognostizierten Stromverbrauches des Pionierszenarios im Jahr 2050. Die dezentrale Stromproduktion stützt sich dabei lediglich auf die Energieträger Photovoltaik und Wasserkraft.

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass erneuerbare-Energien-Anlagen aufgrund ihrer dezentralen und fluktuierenden Strom- und Wärmeproduktion besondere Herausforderungen an die Energiespeicherung und Abdeckung von Grund- und Spitzenlasten im Verteilnetz mit sich bringen. Intelligente Netze und Verbrauchsgeräte werden in Zukunft in diesem Zusammenhang unerlässlich sein. Um die forcierte dezentrale Stromproduktion im Jahr 2050 zu erreichen, ist folglich der Umbau des derzeitigen Energiesystems unabdingbar.⁵⁸

⁵⁷ Folgende Technologien und Verbraucher werden bei der Betrachtung der Stromeffizienz ausgeschlossen: Elektromobilität, CCS, Power-to-gas für den Endverbraucher, Power-to-heat für Wärmenetze.

⁵⁸ Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes konnte eine Betrachtung des erforderlichen Netzausbau, welcher Voraussetzung für die flächendeckende Installation ausgewählter dezentraler Energiesysteme ist, nicht berücksichtigt werden. An dieser Stelle werden Folgestudien benötigt, die das Thema Netzausbau / Smart Grid im Betrachtungsgebiet im Detail analysieren.

4.3.2 Struktur der Wärmebereitstellung bis zum Jahr 2050

Für die Entwicklungsszenarien im Wärmebereich wurden folgende Annahmen getroffen:

Tabelle 4-23: Ausbau der Potenziale im Wärmebereich bis zum Jahr 2050

Potenzialbereich Wärme	Nachhaltiges Potenzial	Ausbaugrad der Potenziale bis zum Jahr 2050									
		2014		2020		2030		2040		2050	
Trendszenario:											
Solarthermie	1,36 MW	0,05 MW	3%	0,06 MW	4%	0,08 MW	6%	0,11 MW	8%	0,14 MW	10%
Reduktion Wärmeverbrauch		0,0%		0,0%		1,0%		7,0%		13,0%	
Aktivszenario:											
Solarthermie	1,36 MW	0,05 MW	3%	0,12 MW	9%	0,30 MW	23%	0,49 MW	36%	0,68 MW	50%
Reduktion Wärmeverbrauch		0,0%		2,0%		9,5%		20,0%		37,0%	
Pionierszenario:											
Solarthermie	1,36 MW	0,05 MW	3%	0,17 MW	12%	0,45 MW	35%	0,75 MW	57%	1,08 MW	80%
Reduktion Wärmeverbrauch		0,0%		11,0%		33,0%		50,0%		61,0%	

Die Bereitstellung regenerativer Wärmeenergie stellt im Vergleich zur regenerativen Stromversorgung eine größere Herausforderung dar. In Bezug auf die Solarpotenzialanalyse ist eine Heizungs- und Warmwasserunterstützung durch den Ausbau von Solarthermieanlagen auf Dachflächen eingerechnet. Neben der Nutzung erneuerbarer Brennstoffe sind die Wärmeeinsparung und auch der Ausbau von KWK-Anlagen von großer Bedeutung, da durch die Nutzung von Erdgas in Kraft-Wärme-Kopplung Primärenergie eingespart werden kann. Hinzu kommt der Ausbau der Fernwärmeversorgung, welcher bisher auf fossilem Erdgas fußt, aber durch den hohen KWK-Anteil deutliche Primärenergieeinsparungen mit sich bringt.

Die folgende Abbildung gibt einen Gesamtüberblick der Szenarien im Bereich der regenerativen Wärmeversorgung. Dabei wird das Verhältnis der regenerativen Wärmeproduktion (Säulen) gegenüber der sukzessiv reduzierten Wärmebedarfsmenge (Linie) deutlich.

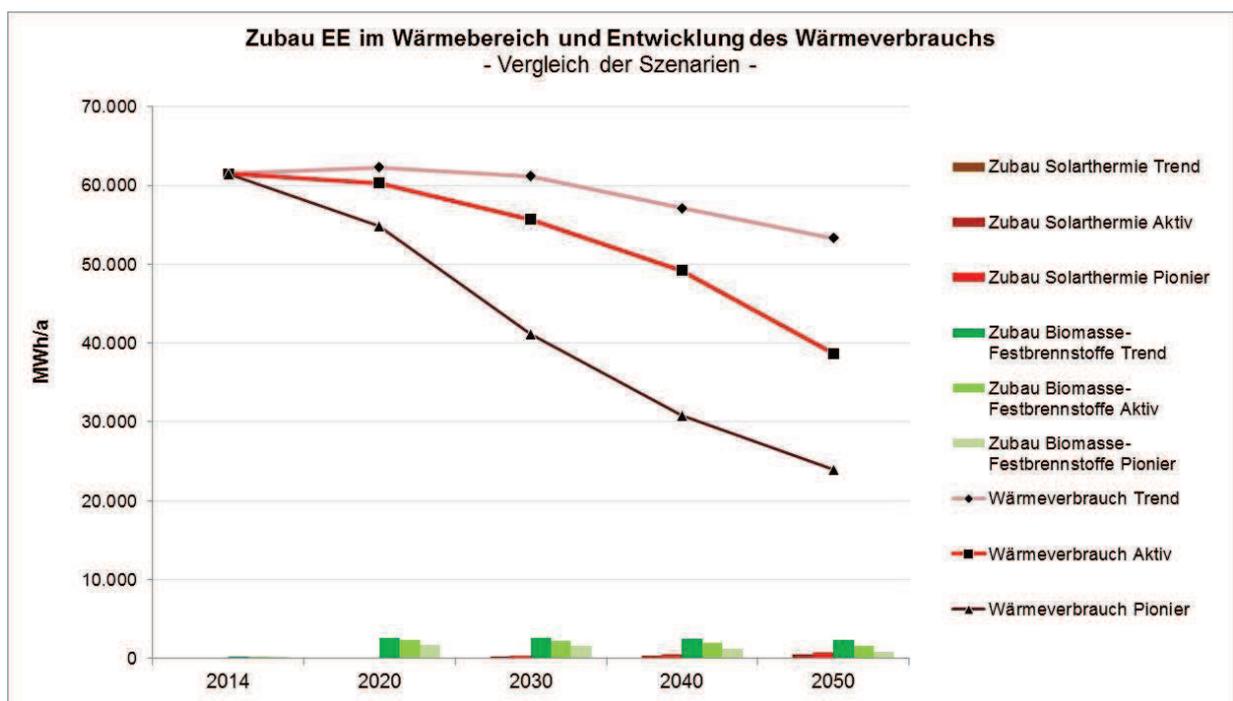


Abbildung 4-19: Entwicklung der Wärmeversorgung bis 2050 nach Szenarien

Der aktuelle Gesamtwärmebedarf des Betrachtungsgebietes in Höhe von ca. 61.500 MWh/a reduziert sich im Jahr 2020 um bis zu 11%, je nach Szenario. Zu diesem Zeitpunkt können zwischen 1.800 MWh/a und 2.600 MWh/a durch erneuerbare Energieträger bereitgestellt werden, was einem Anteil von ca. 32% bis 37% entspricht. Für den Gesamtwärmeverbrauch des Betrachtungsgebietes kann bis zum Jahr 2050⁵⁹ ein Einsparpotenzial im ambitionierten Pionierszenario von bis zu 61% gegenüber dem IST-Zustand erreicht werden. Die Potenzialanalysen kommen zu dem Ergebnis, dass die Wärmeversorgung bis zum Jahr 2050 in allen drei Szenarien nicht komplett aus regenerativen Energieträgern abgedeckt werden kann. Es bleibt Erdgas als Energieträger erhalten, welches allerdings effizient in KWK-Anlagen genutzt werden kann.

4.3.3 Szenarien Gesamtenergieverbrauch 2030 und 2050

Der Gesamtenergieverbrauch auf dem Gebiet des Quartiers Nordstadt lässt sich aufgrund der zuvor beschriebenen Entwicklungsszenarien in den Bereichen Strom und Wärme von derzeit ca. 97.200 MWh/a um bis zu 50% (Pionierszenario) im Jahr 2050 reduzieren.

Folgende Abbildung fasst die Entwicklung des Gesamtenergieverbrauchs in den unterschiedlichen Szenarien im Zeitverlauf zusammen:

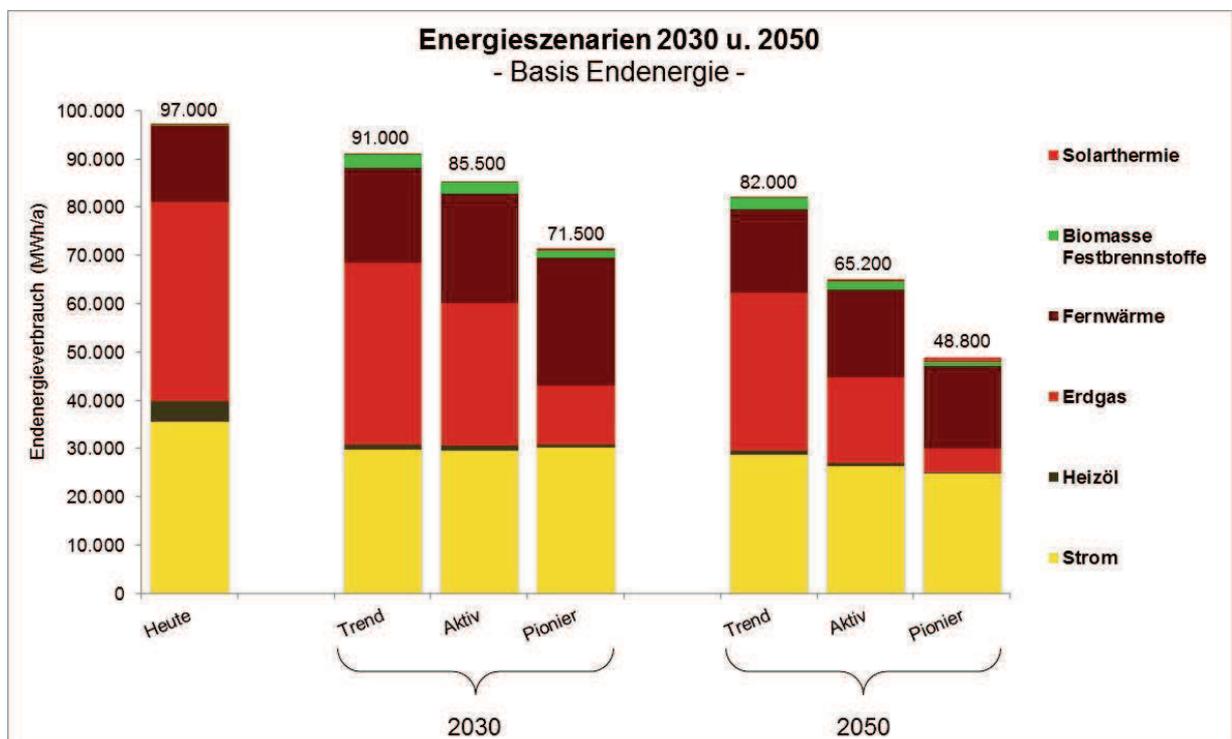


Abbildung 4-20: Entwicklung des Gesamtenergieverbrauchs bis 2050 nach Szenarien

⁵⁹ Die Entwicklungsprognosen bis zu den Jahren 2040 und 2050 wurden strategisch betrachtet. Es ist davon auszugehen, dass die Prognosen hier an Detailschärfe verlieren.

Alle Verbrauchsgruppen können zu einer Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs beitragen, indem sie durch Effizienz- und Sanierungsmaßnahmen ihren Energieverbrauch stetig bis 2050 senken. Im Pionierszenario wird über weite Teile des Quartiers eine Umstellung von der bisherigen Erdgasversorgung auf Fernwärme angestrebt.

4.3.4 Szenarien der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050

Durch den Ausbau einer regionalen Strom- und Wärmeversorgung sowie die Erschließung der Effizienz- und Einsparpotenziale lassen sich über die drei Entwicklungsszenarien bis zum Jahr 2050 folgende Treibhausgasäquivalente gegenüber dem IST-Zustand einsparen:

- Trendszenario: 18.500 t CO₂e/a
- Aktivszenario: 22.900 t CO₂e/a
- Pionierszenario: 25.400 t CO₂e/a

Dies entspricht einer Gesamteinsparung zwischen 65% und 89% gegenüber dem IST-Zustand.

Den größten Beitrag hierzu leisten in allen drei Szenarien die Emissionsminderungen im Stromsektor, welche gegenüber heute durchschnittlich um 93% zurückgehen. Im Bereich der Wärmeversorgung werden im Jahr 2050 gegenüber heute zwischen 30% und 80% der Emissionen eingespart. Durch den zuvor beschriebenen Aufbau einer nachhaltigen Wärmeversorgung im Betrachtungsgebiet können die Treibhausgasemissionen in diesem Bereich stark abgesenkt, jedoch nicht vollständig vermieden werden. Die nachfolgende Grafik veranschaulicht die Entwicklungsszenarien der Emissionsbilanz, die zuvor beschrieben wurden.

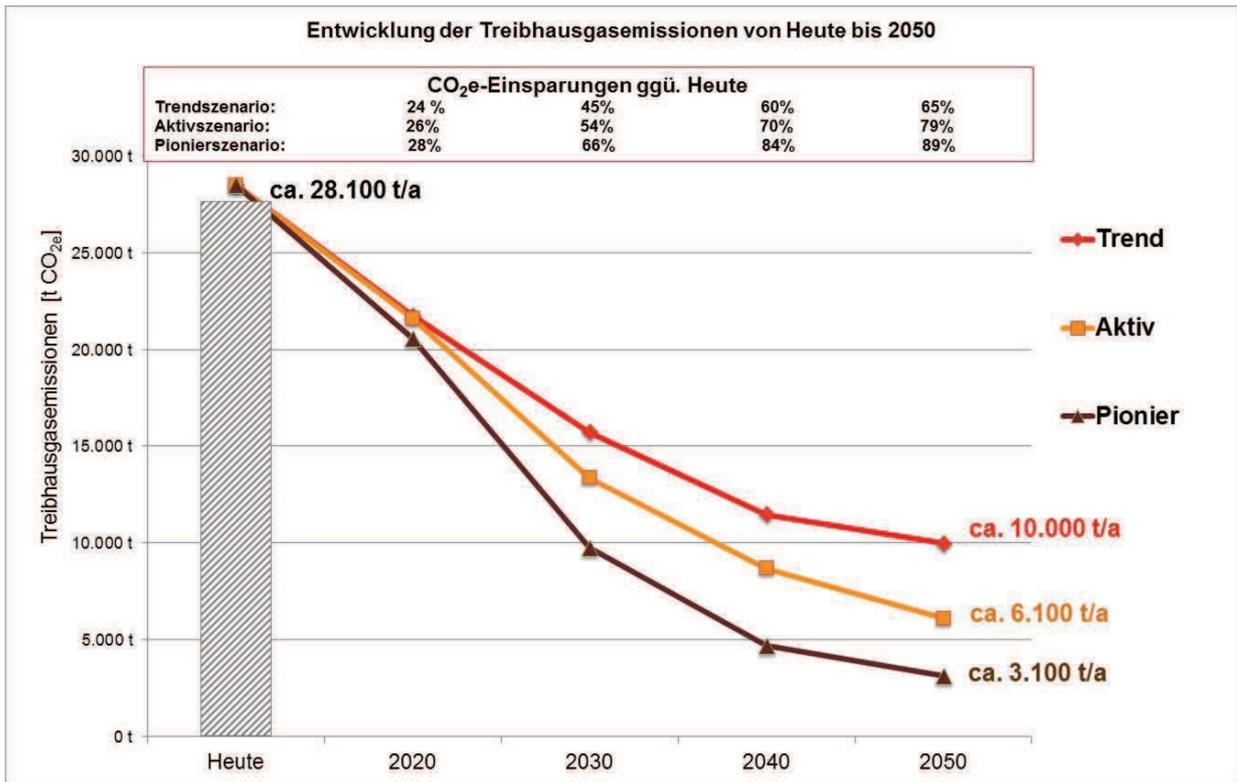


Abbildung 4-21: Entwicklungsszenarien der Treibhausgasemissionen bis 2050

Wie die obenstehende Abbildung zeigt, können in allen drei Szenarien die Emissionen stark abgesenkt, jedoch nicht vollständig vermieden werden.

Das vorliegende Konzept zeigt den möglichen Anteil, welchen die Nordstadt zu den städtischen Klimaschutzzielen beitragen kann. Die Treibhausgasemissionen der gesamten Universitätsstadt sollen bis 2030 um 50% gegenüber 2009 reduziert werden. Dies entspricht einer Reduktion um 237.000 t im Jahr 2030. Die reduzierbare Menge in der Nordstadt beträgt bis zu 19.000 t im Jahr 2030 im Pionierszenario, was einem Beitrag zu den Reduktionszielen von 8% entspricht. Im Trendzenario würde sich der Beitrag auf 5% belaufen.

5 Handlungsempfehlungen

Die Handlungsempfehlungen zeigen zunächst ausführlicher die wesentlichen Ansätze zur energetischen Optimierung des Quartiers auf. Darüber hinaus wurde ein Katalog mit Einzelmaßnahmen entwickelt, welcher als separates Dokument zu diesem Abschlussbericht verfügbar ist.

5.1 Spezifische Herausforderungen des Quartiers

Die Nordstadt ist geprägt durch eine diversifizierte Eigentums- und Nutzungsstruktur. Die Gebäude in der Nordstadt befinden sich in Eigentum von⁶⁰

- Einzelpersonen
- Eigentümergemeinschaften
- Wohnungsbaugesellschaften (GeWoBau)
- Deutsche Bahn
- Kirchen
- Philipps-Universität Marburg
- Universitätsstadt Marburg
- Land Hessen

Für die Nordstadt ist im Speziellen festzuhalten, dass sich ein hoher Anteil von Wohngebäuden in kleinteiligem Privateigentum befindet. Ein bedeutender Anteil dieser Gebäude wiederum wird vermietet oder befindet sich im Eigentum von Eigentümergemeinschaften.

Die Nutzung von Gebäuden in der Nordstadt erstreckt sich vorrangig über die Bereiche:⁶¹

- Wohnen (Privatnutzung und Vermietung)
- Bildung (u. a. Gebäude der Philipps-Universität Marburg sowie Umbauten zum „Campus Firmani“; Schulen; Volkshochschule)
- Dienstleistung und Büronutzung
- Verwaltung (u. a. Amt für Bodenmanagement, Staatliches Schulamt, Finanzamt, hessisches Baumanagement)
- Gewerbe (Handel, Bäckereien, Beherbergung, Gaststätten, büroähnliche Betriebe)
- Industrie (Firma Seidel)
- Kirchliche Einrichtungen (Elisabethkirche, St. Peter und Paul Kirche)
- Hauptbahnhof
- Tagungszentrum

Die energetische Sanierung spielt eine entscheidende Rolle bei der klimafreundlichen Gestaltung der Nordstadt. Die heterogene Eigentums- und Nutzungsstruktur stellt allerdings besondere Herausforderungen an das Agieren vor Ort, um die energetische Sanierung in der Nordstadt voranzutreiben. Dabei bietet die energetische Sanierung mittel- und langfristig Vorteile für alle Akteurinnen und Akteure, welche Wohnraum privat besitzen und nutzen, den

Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung 2013, S.74.
Vgl. Universitätsstadt Marburg 2011, S.93.

Wohnraum vermieten (privat und gewerblich) oder Eigentümergemeinschaften – die Vorteile gilt es durch entsprechende Maßnahmen den jeweiligen Akteurinnen und Akteuren anschaulich darzustellen, um sie zu überzeugen, selbst aktiv zu werden. Denn nur wenn die Bürgerschaft der Nordstadt sich insgesamt beteiligt, wird das Quartier den beschriebenen Entwicklungspfad (vgl. Kapitel 4.3) realisieren können.

Vorteile, die es gegenüber den Eigentümerinnen und Eigentümern vermieteten Wohnraums und Mitgliedern von Eigentümergemeinschaften zu betonen gilt, betreffen im Besonderen die langfristige Werterhaltung der Immobilie und die energetische Sanierung als solides und rentables Investment. Weitere Vorteile, nicht nur für diese Akteursgruppen, betreffen die Inanspruchnahme von speziellen Förderprogrammen und sonstigen Zuschüssen, die Steigerung des Wohnkomforts, die langfristige Senkung der Energiekosten („Zweite Miete“), den Beitrag zum Klimaschutz und die Stärkung der Region sowie Image-Aspekte.

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Auswahl positiver Effekte der energetischen Sanierung für die verschiedenen Akteursgruppen.

Tabelle 5-1: Positive Effekte energetischer Sanierung nach Akteursgruppen

	Vermieter	Mieter: Studenten	Mieter: GHD	Eigentümer- gemeinschaften	Privateigentümer
Langfristige Werterhaltung der Immobilie	•			•	•
Energetische Sanierung als solide und rentable Geldanlage	•			•	•
Nutzung von Förderprogrammen und sonstigen geldwerten Vorteilen (Steuervorteile)	•			•	•
Nutzung von Synergien bei Sanierung/ Umbau/ Renovierung durch z. B. Bildung von Einkaufsgemeinschaften	•			•	•
Steigerung des Wohn-/Nutzenkomforts		•	•	•	•
Langfristige Stabilisierung der Energiekosten		•	•	•	•
Beitrag zum Klimaschutz, Vorreiterrolle und positives Image	•	•	•	•	•
Stärkung der regionalen Wertschöpfung (lokale Energieerzeugung, Aufträge für regionales Handwerk)	•	•	•	•	•

Um die energetische Sanierung in der Nordstadt voranzutreiben, muss die Bürgerschaft angesprochen und für das Thema sensibilisiert werden und der Zugang zu neutralen und fachlich verlässlichen Informationen muss unkompliziert gegeben sein. Aufgrund der bedeutenden Anzahl von kleinteiligem Privateigentum in der Nordstadt ist neben der allgemeinen Information der Bürgerschaft einer der zentralen Punkte, auch gezielt diejenigen Personen anzusprechen, welche ihre Gebäude vermieten oder Mitglieder von Eigentümergemeinschaften sind bzw. entsprechende Gebäude verwalten, um sie von den Vorteilen der energetischen Sanierung zu überzeugen.

Die Ansprache der Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer wurde auch im Integrierten Klimaschutzkonzept für die Universitätsstadt Marburg als besonders relevant herausgestellt.⁶²

Die Arbeit mit den Akteursgruppen der Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer vermieteten Wohnraums und Mitgliedern von Eigentümergemeinschaften ist allerdings geprägt durch besondere Herausforderungen, so unterliegen Eigentümergemeinschaften beispielsweise bestimmten Ordnungen und Regularien zur Abstimmung über Sanierungsmaßnahmen, so-

Vgl. Magistrat der Universitätsstadt Marburg (2013): Innovatives Klimaschutz-Teilkonzept der Universitätsstadt Marburg, S.166 (Zugriff: 16.02.2016)

dass im Vorfeld der energetischen Sanierungsmaßnahmen oft ein längerer und zum Teil aufwendiger Prozess nötig ist; Eigentümerinnen und Eigentümer von vermieteten Häusern wohnen zum Teil weit entfernt, was die Erreichbarkeit und Beteiligung an einem Quartierskonzept erschwert.

Nach einer anonymisierten Auswertung von 62 Eigentümerinnen und Eigentümern von Gebäuden in der Nordstadt stammt die Mehrheit der betreffenden Personen aus der Universitätsstadt Marburg und der direkten Umgebung der Stadt (bis 30 km) (73%). Mehrheitlich handelt es sich laut Adressliste darüber hinaus um Privatpersonen (68%). Dies ist positiv zu bewerten, da so von einer besseren Erreichbarkeit und Möglichkeit der Einbindung ausgegangen werden kann.

Die Einbindung der Eigentümergemeinschaften und Eigentümerinnen und Eigentümer vermieteten Wohnraums soll durch Maßnahmen erreicht werden, die möglichst viele der betroffenen Akteursgruppen – falls noch nicht geschehen – für das Thema „energetische Sanierung“ sensibilisiert und bei der Planung und Umsetzung konkreter Maßnahmen unterstützt. Dazu wird empfohlen, diese Akteursgruppen zum einen direkt anzusprechen und zum anderen bei der Gruppe der Eigentümerinnen und Eigentümer vermieteten Wohnraums indirekt über ihre Mieterinnen und Mieter wie etwa die Studierenden oder die Hausverwaltungen für energetische Sanierungsmaßnahmen zu werben.

Entsprechende Maßnahmenvorschläge finden sich im Maßnahmenkatalog.

Neben dem Handeln der einzelnen Akteurinnen und Akteure spielt auch gemeinsames Handeln eine entscheidende Rolle bei der Verwirklichung einer klimafreundlichen Nordstadt. Die Quartiersebene bietet dabei eine gute Größenordnung, um die Bevölkerung an der klimafreundlichen Umgestaltung der Nordstadt teilhaben zu lassen. Teilhabe in Bezug auf die energetische Quartiersgestaltung bedeutet, dass die Bürgerschaft mitentscheiden kann, was in ihrem Quartier geschehen wird, dass sie beim (Aus-)Bau von Anlagen (mit-)investieren und -betreiben kann und dass sie sich ökonomisch am Erfolg und Risiko eines Projekts beteiligen kann. Jede Person kann so aktiv teilhaben und die Energiewende mitgestalten, was viele Vorteile für die Region mit sich bringt: Neben einer gesteigerten Identifikation der Bevölkerung mit der eigenen Region lässt sich eine Akzeptanzsteigerung für die Energiewende und der damit einhergehenden Installation entsprechender Anlagen auch in direkter Nachbarschaft der Bürgerschaft feststellen.⁶³ Die Wertschöpfung lokaler Energieprojekte, die unter anderem aus Betriebserlösen, Arbeitnehmerentgelten und daraus resultierenden Steuereinnahmen für die Region generiert wird, führen zu geschlossenen Kreisläufen – regional investiertes Geld verbleibt in der Region und schafft so dauerhaft lokalen Mehrwert.⁶⁴

⁶³ Vgl. IZES gGmbH Institut für ZukunftsEnergieSysteme (2015): Nutzeneffekte von Bürgerenergie. (Zugriff: 16.02.2016)

⁶⁴ Vgl. Ebenda

Die Bürgerschaft kann auf unterschiedliche Weise ökonomisch an Energieprojekten teilhaben, etwa durch die Gründung einer (Bürger-)Energiegenossenschaft, einer Bürger-Energieanlage wie etwa einer Bürger-Solaranlage oder einem Bürger-Wärmenetz oder über kommunale Land-/Stadtwerke.

Gemein ist den unterschiedlichen Modellen das Ziel der Förderung von dezentralen, unabhängigen und umweltfreundlichen Energielösungen. Durch die Partizipation und Teilhabe der Bürgerinnen und Bürger wird das aktive Bürgerengagement stark gefördert.

Einer der besonderen Vorteile eines Quartierskonzepts liegt darin, dass die Maßnahmen speziell auf die Besonderheiten und Merkmale des jeweiligen Quartiers ausgerichtet werden können.

Die zentralen **Besonderheiten in der Nordstadt**, die es zu berücksichtigen gilt, sind zum einen, wie oben dargestellt,

- der hohe Anteil von Gebäuden in kleinteiligem Privateigentum mit
 - einem hohen Anteil von Gebäuden im Eigentum von Eigentümergemeinschaften und
 - einem hohen Anteil von Gebäuden, die vermietet werden

sowie zum anderen

- der hohe Anteil denkmalgeschützter Gebäude.

Für den zweiten Punkt – den **hohen Anteil denkmalgeschützter Gebäude** in der Nordstadt – lässt sich auf Grundlage der Ergebnisse der Befragung im Rahmen des „Innovativen Klimaschutz-Teilkonzept der Universitätsstadt Marburg“ feststellen, dass Denkmalschutz und energetische Sanierung mehrheitlich als vereinbar angesehen werden: Mehr als 50% der befragten Personen, welche denkmalgeschützte Gebäude bewohnen oder vermieten, stimmten in dieser Befragung der Aussage „voll“ bzw. „eher“ zu, dass „energetische Sanierung und Denkmalschutz vereinbar sind“.⁶⁵

Dies ist eine wichtige Aussage für die Nordstadt, in welcher 40% der Bestandsgebäude unter Denkmalschutz stehen. Dies bedeutet, dass sich das Angebot der Beratungs- und Handwerksdienstleistungen in der Nordstadt auf diese spezielle Gegebenheit einrichten muss – häufiger als in anderen Städten und Stadtteilen sind bei der energetischen Sanierung Themen des Denkmalschutzes zu berücksichtigen.

Für den ersten Punkt – den **hohen Anteil von Gebäuden in kleinteiligem Privateigentum** mit einem hohen Anteil von Gebäuden im Eigentum von **Eigentümergemeinschaften** und einem **hohen Anteil von Gebäuden, die vermietet werden** – lässt sich festhalten, dass

⁶⁵ Vgl. Magistrat der Universitätsstadt Marburg (2013): Innovatives Klimaschutz-Teilkonzept der Universitätsstadt Marburg, S.11. (Zugriff: 16.02.2016)

hier Maßnahmen, die diese komplexe Eigentumsstruktur und damit einhergehende Herausforderungen bei der Ansprache dieser Eigentumsgruppen berücksichtigen eine zentrale Stellung einnehmen müssen. Vorschläge hierzu finden sich im Maßnahmenkatalog.

Generell beinhaltet das „Innovative Klimaschutz-Teilkonzept der Universitätsstadt Marburg“ wichtige Hinweise für eine gelungene und zielführende Maßnahmengestaltung, die auch für die Maßnahmengestaltung in der Nordstadt von Interesse sind. Eine zentrale Information betrifft das bevorzugte **Veranstaltungsformat**: Aus den Angaben der befragten Personen ergibt sich, dass die **bevorzugten Veranstaltungsformate zum einen Führungen und zum anderen Informationsveranstaltungen** sind.⁶⁶ Weit weniger gefragt sind laut den Ergebnissen der Befragung Diskussionsveranstaltungen, Ausstellungen, Workshops und Onlineforen.⁶⁷ Die Erfahrungen aus dem Stadtteil Richtsberg, in welchem über den Zeitraum 2013 - 2014 das „Integrierte Energetische Quartierskonzept Richtsberg“ erarbeitet wurde, scheinen diese Aussage zu unterstützen: Hier wurden zur Einbindung der Quartiersbevölkerung Energietage veranstaltet, welche den Fokus auf Workshops (1. Energietag) und Diskussionsveranstaltungen (2. Energietag und Abschlussveranstaltung) legten. Im Resümee zur Akteursbeteiligung heißt es, dass „die Einbindung der Quartiersbewohnerinnen und Quartiersbewohner durch die Mitwirkungsmöglichkeit beim 1. Energietag nicht gelungen ist“ und am 2. Energietag „die Besucherzahl nicht erhöht werden konnte“⁶⁸. Erfahrungswerte wie diese sind überaus wichtig, um zukünftig Veranstaltungsformate wählen zu können, die die Chance bieten, von der Quartiersbevölkerung besser angenommen werden. Für die **Nordstadt wird das Hauptaugenmerk daher in den Maßnahmen-Vorschlägen im Bereich Veranstaltungsformate auf Führungen und Informationsveranstaltungen** gelegt.

Weitere wichtige Informationen lassen sich aus den Angaben der befragten Personen zu den hauptsächlich durchgeführten bzw. geplanten Sanierungsmaßnahmen, den mehrheitlich genutzten Informationsquellen sowie den Anreizfaktoren bezüglich der energetischen Sanierung gewinnen.

Bei den durchgeführten bzw. geplanten Sanierungsmaßnahmen fällt auf, dass die Dämmung der obersten Geschosdecke mit 31% und die Dämmung der Kellerdecke mit 19% laut den Angaben der Befragten bisher sehr gering ausfallen. Diese sehr kosteneffizienten Sanierungsmaßnahmen fallen weit zurück hinter den Maßnahmen Sanierung der Heizungsanlage, Sanierung von Fenstern und Türen sowie Sanierung des Dachs. Hier bestehen demzufolge anscheinend große bisher ungenutzte Potenziale, die es zu mobilisieren gilt. Die Sanierung der Außenwände wird mit 23% angegeben, diese Sanierungsmaßnahme resultiert zwar in sehr guten Ergebnissen in Bezug auf die Energieeffizienz des Gebäudes, ist aber – insbe-

⁶⁶ Vgl. Ebenda, S.12

⁶⁷ Vgl. Ebenda

⁶⁸ Vgl. Universitätsstadt Marburg (2014): Abschlussbericht Integriertes Energetisches Quartierskonzept Richtsberg, S.127. (Zugriff: 16.02.2016)

sondere bei unter denkmalschutzstehenden Gebäuden – zumeist nur mit erheblichem Aufwand und Kosten realisierbar. Die durchgeführten bzw. geplanten Sanierungsmaßnahmen zeigen, dass der **Zugang zu einer professionellen und unabhängigen Energieberatung** – und deren Inanspruchnahme – für die Bürgerschaft **unabdingbar** ist, um bei energetischen Sanierungen die entscheidenden Maßnahmen für ihr Gebäude identifizieren zu können.

Die Notwendigkeit von unabhängiger und verlässlicher Beratung zeigt sich auch in den Antworten zu genutzten Informationsquellen und Hindernissen für die energetische Sanierung. Hier wird deutlich, dass – neben der Hauptinformationsquelle Internet – vor allem Handwerksunternehmen, Bekannte sowie Angebote freier Energieberatungen kontaktiert bzw. genutzt werden, um Informationen zu energetischer Sanierung zu erhalten. Allerdings sind laut den Angaben der Befragten die gravierendsten Hindernisse bei der energetischen Sanierung – neben dem Haupthemmfaktor Kosten – vor allem „die Unkenntnis der Architektur- und Handwerksunternehmen über Fördermöglichkeiten“, die eigene „Unsicherheit bei der Unternehmensauswahl“ sowie „widersprüchliche Informationen“⁶⁹. Hieraus wird ersichtlich, dass ein gutes und neutrales Beratungsangebot mit ausschlaggebend ist bzw. auf dieses aufmerksam gemacht werden muss, um die Realisierung energetisch sinnvoller Sanierungsmaßnahmen im Quartier zu erreichen. Außerdem ist zu prüfen, ob bei Handwerksunternehmen der Wunsch nach qualifizierter Weiterbildung auf Gebieten der energetischen Sanierung und deren Fördermöglichkeiten besteht. Entsprechende Vorschläge finden sich in dem Maßnahmenkatalog.

5.2 Energetische Sanierung der Wohngebäude

Der Gesamtenergieverbrauch der Wohngebäudenutzung stellt mit ~24.800 MWh/a einen erheblichen Verbrauchsfaktor (26%) im Quartier Nordstadt dar. Um die Energie- und CO₂-Einsparziele des Quartiers bis 2030 und darüber hinaus zu erreichen, spielt die Einsparung des Heizwärmebedarfs für das Gesamtkonzept eine entscheidende Rolle. Um die Größenordnung der Einsparmöglichkeiten durch Gebäudesanierung zu ermitteln, wurden die Gebäude in typische Baualtersklassen unterteilt und eine mögliche Einsparung durch Sanierungsvarianten berechnet (vgl. auch Kapitel 4.1.3.1).

Bei der Einteilung der Altersklassen wurde sich an die „Deutsche Gebäudetypologie“ des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) angelehnt. Für die Nordstadt der Universitätsstadt Marburg wurden nur die Gebäudetypen Mehrfamilienhaus (MFH) und großes Mehrfamilienhaus (GMH) verwendet.

Vgl. Magistrat der Universitätsstadt Marburg (2013): Innovatives Klimaschutz-Teilkonzept der Universitätsstadt Marburg, S.8. (Zugriff: 16.02.2016)

Für die Marburger Nordstadt wurden folgende Gebäudetypen gewählt:

- Großes Mehrfamilienreihenhaus vor 1918 - Denkmalgeschützt
- Mehrfamilienreihenhaus 1919 - 1948
- Freistehendes Mehrfamilienhaus 1949 - 1957
- Freistehendes Mehrfamilienhaus 1958 - 1968
- Freistehendes Mehrfamilienhaus 1969 - 1978
- Freistehendes Mehrfamilienhaus 1979 - 1983

Die sechs betrachteten Altersklassen wurden jeweils nochmals unterteilt. Es wurde zwischen Gebäuden, in denen das Dachgeschoß zu Wohnzwecken ausgebaut wurde und Gebäuden, in denen ein unbeheizter Dachspeicher vorhanden ist, unterschieden. Um die Anzahl der Grafiken und Tabellen zu begrenzen, wurde für die Energieeinsparungen ein Mittelwert gebildet, da sich die prozentualen Einsparungen nur geringfügig unterscheiden. Die unterschiedliche Betrachtung wirkt sich jedoch bei den Investitionen und der Wirtschaftlichkeit einer Sanierung aus, daher findet in diesem Bereich eine Unterscheidung statt. Ein Dach zu dämmen verursacht erheblich höhere finanzielle Aufwendungen, als die oberste Geschoßdecke zu dämmen.

Die Anzahl der jüngeren Gebäude ab 1984 ist für das Quartier nicht relevant und wurde daher nicht betrachtet. Zudem werden die Energieeinsparung vor allem bei den Gebäuden ab 1995 so gering, dass sich eine Investition in die energetische Optimierung der thermischen Gebäudehülle wirtschaftlich nicht rechnet und daher davon ausgegangen wird, dass diese Gebäudehüllen in den kommenden Jahren energetisch nicht verbessert werden.

Der Gebäudebestand vor 1918 ist überwiegend denkmalgeschützt. Die einzelnen Sanierungsstufen in Tabelle 5-2 sind dem Denkmalschutz angepasst.

Tabelle 5-2: Sanierungsstufen bei denkmalgeschützten Gebäuden vor 1918

Sanierungsstufe	Maßnahmenintensität
1	Dämmung oberste Geschoß- u Kellerdecke; hydraulischer Abgleich, Dämmung Heizungsleitung, Hocheffizienzpumpe
2	KfW Effizienzhaus-160 mit Gas-Brennwertheizung
3a	KfW Effizienzhaus-115 mit Gas-Brennwertheizung
3b	KfW Effizienzhaus-115 mit Fernwärme
3c	KfW Effizienzhaus-115 mit Pellet

- In Stufe 1 wurden geringinvestive Maßnahmen berechnet: Dämmung von 80 m Verteilungen im unbeheizten Keller und 60 m Anbindeleitungen in den Wohnungen von „Dämmniveau 1980“ auf EnEV-Niveau. Die Steigleitungen wurden nicht betrachtet, da diese i.d.R. in der Wand verlegt sind. Die Heizungspumpen wurden durch Hocheffizienzpumpen ersetzt. Ein hydraulischer Abgleich des Wärmeverteilnetzes wurde durchgeführt und in diesem Zuge auch die Thermostatventile der Heizkörper durch PI-Regler ersetzt. Des Weiteren wurden die Kellerdecke (KD) gedämmt und bei Wohngebäuden mit nicht ausgebautem Speicher, zusätzlich die oberste Geschoßdecke (OGD).
- Bei der Stufe 2 erfolgt zusätzlich zur Sanierungsstufe 1 eine energetische Sanierung der thermischen Gebäudehülle auf das Niveau eines KfW Effizienzhauses-160 (KfW EH-160). Zudem wird eine verbesserte Gas-Brennwertheizung eingebaut. Es wird davon ausgegangen, dass bedingt durch die komplette Sanierung der Umfassungsfläche, die Heizkörper überdimensioniert sind und somit die Heizwassertemperatur von Vorlauf/Rücklauf (VL/RL) = 70/55 °C auf VL/RL = 55/45 °C verringert werden kann. Dies verringert die Wärmeverluste der Verteilungen und zudem wird die Nutzung der Brennwerttechnik durch die niedrigere Rücklauftemperatur erst möglich. Wenn die Rücklauftemperatur zu hoch ist, investiert der Kunde nur in eine teure Brennwerttechnik ohne diese nutzen zu können.
- Die Stufe 3 erfüllt die Anforderungen des KfW EH-115. Hierfür ist die Dämmung der thermischen Gebäudehülle verbessert worden. Die Varianten 3a bis 3c unterscheiden sich lediglich in der Heizungstechnik und der Nutzung unterschiedlicher Brennstoffe.

Für alle Baualtersklassen ab 1919 wurden die gleichen Sanierungsstufen mit denselben Maßnahmen berechnet (in Tabelle 5-3 aufgeführt).

Tabelle 5-3: Sanierungsstufen für alle Baualtersklassen ab 1919

Sanierungsstufe	Maßnahmenintensität
1	Dämmung oberste Geschoß- u Kellerdecke; hydraulischer Abgleich, Dämmung Heizungsleitung, Hocheffizienzpumpe
2	EnEV-Niveau mit Gas-Brennwertheizung
3a	KfW Effizienzhaus-100 mit Gas-Brennwertheizung
3b	KfW Effizienzhaus-100 mit Fernwärme
3c	KfW Effizienzhaus-100 mit Pellet
4b	KfW Effizienzhaus-70 mit Fernwärme

- In Stufe 1 wurden dieselben Maßnahmen berechnet wie bei den denkmalgeschützten Gebäuden.

- Die Stufen 2 und Stufe 3 unterscheiden sich nur geringfügig. Bei Sanierungen der thermischen Hülle muss mindestens die EnEV 2014 eingehalten werden. Viele Investoren werden nur diesen gesetzlich vorgeschriebenen Mindeststandard einhalten. Das KfW Effizienzhaus-100 erreicht energetisch ein ca. 15% besseres Niveau (als EnEV 2014). In dieser Stufe wurden die Auswirkungen verschiedener Heizungstechniken und Brennstoffe auf den Primär- und Endenergiebedarf aufgezeigt.
- Die Gebäudehülle und der Primärenergiebedarf des KfW EH-70 in Stufe 4 ist nochmals 30% verbessert gegenüber dem KfW EH-100.

Die Ergebnisse der folgenden Maßnahmen-Berechnungen gelten für Durchschnittsgebäude der entsprechenden Baualtersklasse und sind als Anschauungsbeispiel zu verstehen. Sie dienen vorwiegend der Hochrechnung von Primärenergie-, Endenergiebedarf und CO₂-Emissionen für das Quartier. Die folgende genauere Auswertung kann nur als Anhaltspunkt dienen und nicht auf jedes Gebäude der Baualtersklasse übertragen werden. Sie ersetzt die Berechnung eines jeden individuellen Gebäudes nicht. Sowohl die Flächenangaben, wie auch die Sanierungspreise können von diesen Berechnungen abweichen. Je nachdem wie die Gebäudehülle, die Größe der Fensterfläche und z. B. die Komplexität der Dachform von den getroffenen Annahmen abweichen.

5.2.1 Energetische Sanierung denkmalgeschützter Gebäude

Im Folgenden sind Sanierungsmaßnahmen mit den jeweiligen Effekten auf die bauphysikalischen Eigenschaften der Bauteile aufgezeigt.

Tabelle 5-4: Sanierungsmaßnahmen bei denkmalgeschützten Gebäuden - U-Werte und Dämmstoffstärken

Maßnahme	alter U-Wert [W/m ² K]	KfW-160 (Denkmal)		KfW-115 (Denkmal)	
		U-Wert [W/m ² K]	Dämmschichtdicke [cm]	U-Wert [W/m ² K]	Dämmschichtdicke [cm]
Dämmung der obersten Geschossdecke durch Dämmplatten oder Schüttung	0,80	0,14	21	0,14	21
Raumseitige Erneuerung des Steildachs durch Zwischensparrendämmung	0,80	0,50	4 + (6 Bestand)	0,25	8 + (6 Bestand)
unterseitige Dämmung der Kellerdecke mit Dämmplatten	1,40	0,25	12	0,25	12
Innendämmung der AW mit Dämmplatten	1,60	0,65	4	0,40	8
Austausch der Fenster durch zweifach Wärmeschutzverglasung	2,60	1,4 - 1,6	-	1,10	
Austausch der Außentür	3,50	1,30	-	1,30	

Die Bauteil-U-Werte des betrachteten Bestandsgebäudes wurden nach den typischen U-Werten der Baualtersklasse (Gebäude vor 1918) gewählt. Die U-Werte für die Sanierungsvarianten KfW-160 und KfW-115 wurden aus häufig verwendeten Dämmstoffdicken und der Wärmeleitzahl (WLZ) des Dämmstoffes errechnet.

Die Wärmeleitfähigkeitsgruppe (WLG) für die Dämmstoffe wurde mit 045 angenommen. Hierdurch besteht die Möglichkeit eine große Auswahl auch an ökologischen Dämmstoffen für die Sanierung zu verwenden. Dies kommt der Sanierung von denkmalgeschützten Gebäuden sehr entgegen. Für das Förderprogramm KfW-160 liegt der einzuhaltende U_w -Wert von Sprossenfenstern bei $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und von Fenstern ohne Sprossen bei $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Für die oberste Geschoss- und Kellerdecke kann i. d. R. die Dämmstoffdicke frei gewählt werden, daher wurden direkt Dämmstoffdicken angenommen, die auch bei der Durchführung als Einzelmaßnahme durch die KfW gefördert werden. Für die Dämmung des Daches wurden nur 4 cm Dämmstärke berechnet. Die Annahme des U-Wertes von $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für das Bestandsgebäude setzt eine bestehende Dämmstoffdicke von 6 cm voraus. Da die Sparren bei alten Dachkonstruktionen häufig nur 10 cm stark sind, wurde eine maximale Dämmstoffdicke von 10 cm berechnet. Bei denkmalgeschützten Gebäuden kann häufig keine Aufsparrendämmung angebracht werden, da außen angebracht sich die Optik des Gebäudes ändert und innen der Raum häufig sehr begrenzt ist. Die Innenwände werden mit 4 cm gedämmt, da bei diesen Gebäuden häufig kleinere Räume vorherrschen und der Raumverlust bemerkbar ist. Auch geringe Dämmstoffdicken verringern die Wärmeverluste über die Außenwand erheblich, wie die Abbildung 5-1 zeigt. Des Weiteren ist es bei den im Quartier häufig vorkommenden Fachwerkhäusern teilweise notwendig, dass ein Mindest-Wärmetransport von innen nach außen durch die Außenwandkonstruktion stattfindet. Durch diesen Wärmetransport kann durch Schlagregen oder Dampfdiffusion eingedrungene Feuchtigkeit ausgetrocknet werden. Dies ist notwendig, um ein Aufkonzentrieren von Feuchtigkeit in der Konstruktion und dadurch ausgelöste Bauschäden an den Fachwerkbalken und der Ausfachung zu vermeiden.

In der folgenden Abbildung ist die Verbesserung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) durch die Erhöhung der Dämmstoffstärke dargestellt. Die unterschiedlichen Kurven bedeuten verschiedene Ausgangs-U-Werte der Außenwand. In der Darstellung wird deutlich, dass unabhängig vom Dämmstandard vor der Sanierung, die größten Effekte durch eine Dämmstärkenerhöhung um 6 - 10 cm zu erreichen sind.

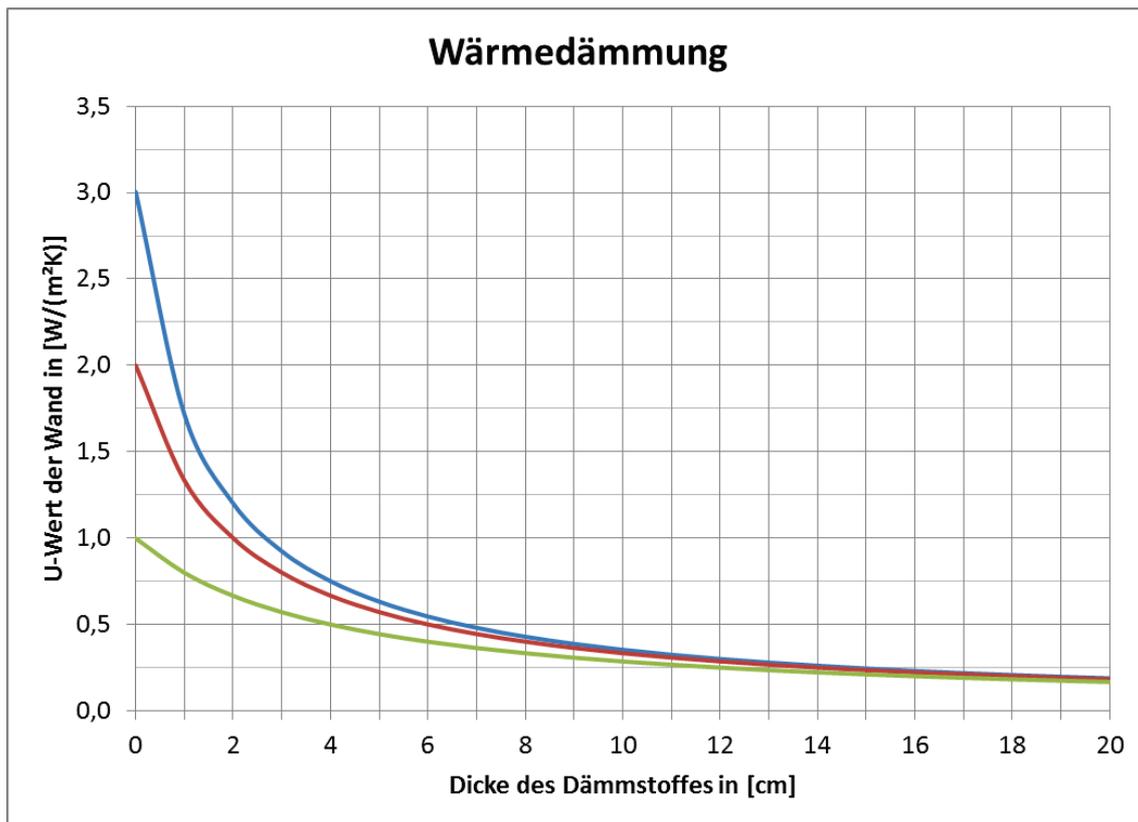


Abbildung 5-1: Verbesserung des U-Wertes je cm Dämmdicke

In der Grafik hinterlegt ist die U-Wert Formel: $U_{IST} = 1 / (R_{si} + \Sigma R + R_{se})$

Die Primärenergieeinsparung der einzelnen Sanierungsvarianten wird in Abbildung 5-2 abgebildet. Es ist gut zu erkennen, dass schon die Sanierungsstufe 1 (Dämmung oberste Geschosdecke und Kellerdecke, Optimierung Wärmeverteilung und -übergabe) erhebliche Einsparungen erzielt. Diese Sanierung ist fast immer ohne Denkmalschutz-Auflagen durchzuführen. Zwischen den Sanierungsstufen 3a bis 3c ist eine Primärenergieeinsparung bedingt durch den Brennstoffwechsel zu erkennen.

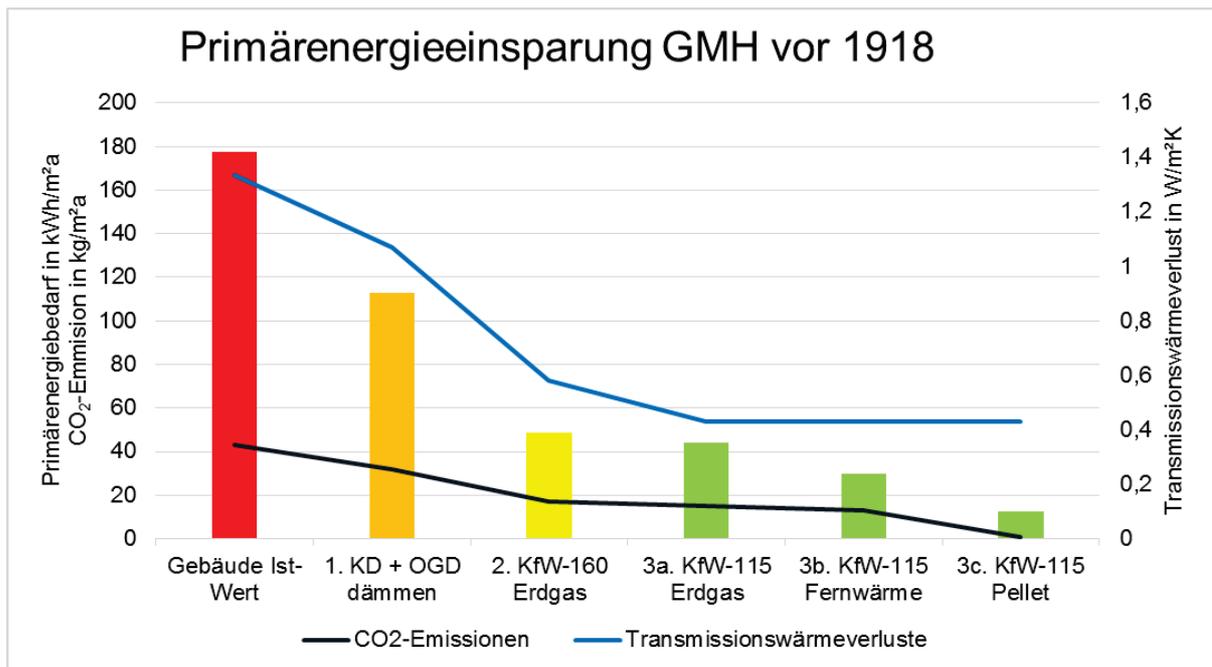


Abbildung 5-2: Primärenergieeinsparung großes Mehrfamilienhaus vor 1918

In Tabelle 5-5 erkennt man diese Einsparung in Zahlenform.

Tabelle 5-5: Einsparungen der Sanierungsstufen denkmalgeschützter Gebäude

	Primärenergiebedarf [kWh/m²a]		Endenergiebedarf [kWh/m²a]		Nutzenergiebedarf		Transmissionswärmeverluste [W/m²K]		CO ₂ -Emissionen [kg/m²a]		Förderung
Gebäude Ist-Wert	180		179		98		1,34		43		-
1. Sanierungsstufe	125	31%	124	31%	83	15%	1,07	20%	32	27%	-
2. Sanierungsstufe a	56	69%	56	69%	45	54%	0,58	56%	17	60%	KfW 160
3. Sanierungsstufe a	45	75%	45	75%	36	63%	0,43	68%	15	65%	KfW 115
3. Sanierungsstufe b	30	83%	43	76%	36	63%	0,43	68%	13	70%	KfW 115
3. Sanierungsstufe c	13	93%	61	66%	36	63%	0,43	68%	1	99%	KfW 115

Beim Endenergiebedarf ist jedoch ein Anstieg bei der Variante 3c (Pelletkessel) zu erkennen. Dies hängt mit dem schlechteren Wirkungsgrad dieser Heiztechnik zusammen. Der Brennstoff ist jedoch annähernd CO₂-neutral, daher die enorme Einsparung von 99% bei den CO₂-Emissionen. Bei den Transmissionswärmeverlusten handelt es sich um die thermische (wärmeumfassende) Gebäudehülle, die bei den Sanierungsstufen 1 bis 3 stetig verbessert wird. Der Nutzenergiebedarf gibt die Verluste über die Gebäudehülle an. Der Endenergiebedarf setzt sich aus den Verlusten der Gebäudehülle und der gesamten Heiztechnik (inkl. Verteilung und Übergabe) zusammen. Die reinen Verluste der Heiztechnik (inkl. Wärmeverteilung und -übergabe) kann aus der Differenz der End- zur Nutzenergie ermittelt werden.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden folgende Preise angenommen:

Tabelle 5-6: Sanierungspreise Denkmalgeschützte Gebäude

Denkmalgeschützte Gebäude		
Bauteil	KfW-160	KfW-115
	[€/m ²]	[€/m ²]
Außenwand (AW) - Innendämmung	80	88
Außenfenster (AF)	450	450
Außentür (AT)	1.200	1.200
Kellerdecke (KD)	51	51
oberste Geschoßdecke (OGD)	65	65
Dach (DA)	110	118

Das Dämmen der Verteil- und Anbindeleitungen, der hydraulische Abgleich und der Austausch der Heizkörperventile wurde pauschal mit Kosten von 5.000 € berechnet.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird die Unterteilung in Gebäude mit ausgebautem Dachgeschoß und Gebäude mit unbeheiztem Speicher aufgezeigt.

Bei den Energieeinsparungen handelt es sich um Endenergie**bedarfs**-Einsparungen der betrachteten Gebäude. Diese weichen in Einzelfällen von den Energie**verbrauchswerten** der Gebäude ab. Da jedoch nur der tatsächlich reduzierte Energieträger**verbrauch** auch Energiekosten einspart, handelt es sich bei den Wirtschaftlichkeitsberechnungen nur um Annäherungswerte.

Die Sanierungsstufe 1 unterscheidet sich in zwei Varianten. In der Variante „ausgebautes Dachgeschoß“ wird außer der Optimierung der Heizwärmeverteilung nur die Kellerdecke gedämmt. Das Dach zu dämmen verursacht so hohe Kosten, dass es bei dieser geringinvestiven Sanierungsmaßnahme nicht betrachtet wird. Wenn das Dachgeschoß nicht ausgebaut ist, wird zusätzlich die Dämmung der obersten Geschoßdecke (OGD) betrachtet. Die Dämmung der OGD und Kellerdecke (KD) wird mit relativ hohen Kosten angenommen. Hier wird der angedachten Verwendung von Öko-Dämmstoffen Rechnung getragen. Zudem wird bei den denkmalgeschützten Gebäuden von einer Holzbalkendecke im Dachgeschoß ausgegangen. Bei diesen Decken muss i. d. R. zunächst eine Dampfbremse eingebaut werden, was im Nachhinein recht aufwändig ist.

Die Außenfenster wurden mit 100 €/m² teurerer angesetzt als üblich, da Denkmalschutzaufgaben zu höheren Kosten führen können.

Tabelle 5-7: Sanierungsmaßnahmen denkmalgeschütztes Gebäude – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei ausgebautem Dachgeschoss

	Investitionen [€]	Energiekosten- einsparung [€/kWh]	Einsparung Nutzenergie [kWh/a]	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Amortisation ca. [a]
1	16.000	2.500	10.000	43.300	7
2	120.000	6.600	46.900	112.600	18
3a	125.000	7.500	59.100	128.700	16
3b	121.000	10.400	59.100	130.300	12
3c	133.000	5.700	59.100	113.500	23

Tabelle 5-8: Sanierungsmaßnahmen denkmalgeschütztes Gebäude – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei nicht ausgebautem Dachgeschoss

	Investitionen [€]	Energiekosten- einsparung [€/kWh]	Einsparung Nutzenergie [kWh/a]	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Amortisation ca. [a]
1	32.000	3.079	15.900	52.900	10
2	99.000	6.210	45.800	106.700	15
3a	101.000	6.454	50.100	110.900	15
3b	97.000	8.981	50.100	112.400	11
3c	109.000	4.870	50.100	97.400	22

5.2.2 Energetische Sanierung der Baualtersklassen 1919 bis 1978

Die vier Altersklassen zwischen 1919 und 1978 weichen in den prozentualen Einsparergebnissen so geringfügig voneinander ab, dass stellvertretend die Altersstufe 1958 - 1968 näher erläutert wird.

Tabelle 5-9: U-Werte und Dämmstoffdicken der Bauteile und deren Sanierungsstufen 1958 - 1968

Maßnahme	alter U- Wert in W/m ² K	ENEV		KFW 100		KFW 70	
		U-Wert in W/m ² K	Dämmschicht- dicke [cm]	U-Wert in W/m ² K	Dämmschicht- dicke [cm]	U-Wert in W/m ² K	Dämmschicht- dicke [cm]
Dämmung der obersten Geschossdecke durch Aufblasen von Dämmflocken oder Anbringen von Dämmplatten	1,10	0,24	12	0,14	22	0,14	22
Raumseitige Erneuerung des Steildachs durch Zwischensparrendämmung in	1,10	0,24	12	0,14	21	0,14	21
Oberseitige / unterseitige Dämmung der Bodenplatte mit Dämmplatten	0,85	0,30	8	0,25	10	0,25	10
Außenwanddämmung mit WDVS	1,40	0,24	12	0,20	15	0,14	20
Austausch der Fenster durch dreifach Wärmeschutzverglasung	2,60	-	-	0,95	-	0,70	-
Austausch der Außentür	3,50	-	-	1,30	-	1,30	-

Sämtliche U-Werte und Materialdicken wurden mit Dämmstoffen der Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/(mK) (WLG 035) berechnet.

Bei den angegebenen Dämmstoffdicken handelt es sich beim Dach und der OGD um zusätzlich aufzubringende Dämmstärken. Diese beiden Bauteile sind meist schon geringfügig gedämmt, daher die Annahme des U-Wertes mit $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ im Bestand. Um diesen Bestands-U-Wert zu erreichen sind bei den Holzbalkenkonstruktionen 6 cm Dämmung nötig.

Die Primärenergieeinsparung der einzelnen Sanierungsvarianten wird in Abbildung 5-3 abgebildet. Es ist gut zu erkennen, dass schon die Maßnahme 1 (Dämmung oberste Geschosdecke und Kellerdecke, Optimierung Wärmeverteilung und -übergabe) eine Einsparung von 25% erzielt.

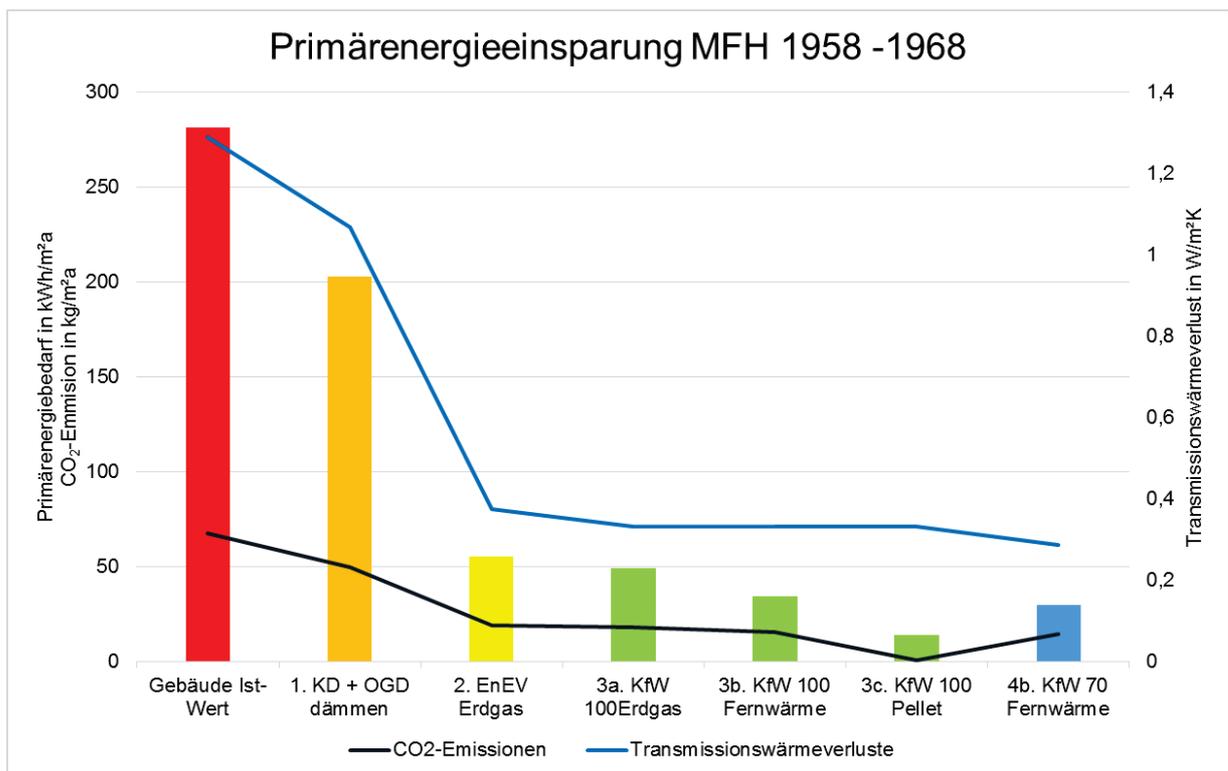


Abbildung 5-3: Primärenergieeinsparung Mehrfamilienhaus 1958 - 1968

Endenergieeinsparungen von 80% werden schon bei einer Durchführung der EnEV Sanierung erreicht. Nur weitere 3% Endenergieeinsparung erreicht man durch das Sanieren auf KfW-100-Niveau, betrachtet vom aktuell unsanierten Wert. Das KfW-100 Haus ist jedoch um 13,4% besser als das EnEV Haus, wenn die Einsparung im Verhältnis zum EnEV Haus betrachtet wird.

Tabelle 5-10: Einsparungen der Sanierungsstufen der Gebäude zwischen 1958 und 1968

	Primärenergiebedarf [kWh/m²a]		Endenergiebedarf [kWh/m²a]		Nutzenergiebedarf [kWh/(m²a)]		Transmissionswärmeverluste [W/m²K]		CO ₂ -Emissionen [kg/m²a]		Förderung
Gebäude Ist-Wert	267		267		135		1,31		64		-
1. Sanierungsstufe	201	25%	201	24%	122	10%	1,17	11%	49	24%	-
2. Sanierungsstufe	52	80%	52	80%	35	74%	0,39	70%	18	71%	EnEV 2014
3. Sanierungsstufe a	44	83%	45	83%	31	77%	0,33	75%	17	74%	KFW 100
3. Sanierungsstufe b	31	88%	44	84%	27	80%	0,33	75%	15	77%	KFW 100
3. Sanierungsstufe c	13	95%	65	76%	31	77%	0,33	75%	1	99%	KFW 100
4. Sanierungsstufe b	27	90%	38	86%	23	83%	0,28	78%	14	79%	KFW 70

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden folgende Preise angenommen:

Tabelle 5-11: Sanierungspreise nicht denkmalgeschützter Gebäude

Gebäude ohne Denkmalschutz			
Bauteil	EnEV-2014	KfW-100	KfW-70
	[€/m²]	[€/m²]	[€/m²]
Außenwand (AW) - Außendämmung	120	126	136
Außenfenster (AF)	350	450	450
Außentür (AT)	1.000	1.200	1.200
Kellerdecke (KD)	45	51	51
oberste Geschößdecke (OGD)	35	65	65
Dach (DA)	110	142	142

Das Dämmen der Verteil- und Anbindeleitungen, der hydraulische Abgleich und der Austausch der Heizkörperventile wurde pauschal mit Kosten von 5.000 € berechnet.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird die Unterteilung in Gebäude mit ausgebautem Dachgeschoß und Gebäude mit unbeheiztem Speicher aufgezeigt. In der ersten Sanierungsstufe unterscheiden sich diese folgendermaßen: Beim ausgebauten Dachgeschoß wird außer der Optimierung der Heizwärmeverteilung nur die Kellerdecke gedämmt. Das Dach zu dämmen verursacht so hohe Kosten, dass es bei diesen geringinvestiven Maßnahmenvariante nicht betrachtet wird. Wenn das Dachgeschoß nicht ausgebaut ist, wird zusätzlich die Dämmung der obersten Geschößdecke betrachtet.

Die Amortisation der Sanierungsstufe 3c benötigt mit 23 bzw. 24 Jahren am längsten. Dies hängt mit der hohen Investition und dem schlechteren Wirkungsgrad der Pelletheizung zusammen. Zudem wirkt sich der geringere Brennstoffpreis auf die Wirtschaftlichkeit aus. Die Brennstoffeinsparungen durch energetische Sanierung generieren eine geringere Energiekosteneinsparung als bei den teureren Brennstoffen Erdgas und Fernwärme. Der große Vorteil des Brennstoffes liegt in seinem niedrigen CO₂-Faktor und den wesentlich kürzeren Transportwegen sowie der umweltfreundlichen Produktion aus Abfällen der Holzindustrie (Späne und Sägemehl). Allerdings ist auf die Herkunft (DIN PLUS-Pellets) streng zu achten.

Tabelle 5-12: Sanierungsmaßnahmen Baualtersklasse 1958 - 1968 – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei ausgebautem Dachgeschoss

	Investitionen [€]	Energiekosten- einsparung [€/kWh]	Einsparung Nutzenergie [kWh/a]	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Amortisation ca. [a]
1	12.000	1.700	1.700	30.000	7
2	114.000	6.800	56.600	116.000	16
3a	129.000	7.100	60.200	121.600	18
3b	125.000	9.800	60.200	122.200	13
3c	137.000	5.500	60.200	110.200	24
4b	129.000	10.000	62.900	125.300	13

Tabelle 5-13: Sanierungsmaßnahmen Baualtersklasse 1958 -1968 – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei nicht ausgebautem Dachgeschoss

	Investitionen [€]	Energiekosten- einsparung [€/kWh]	Einsparung Nutzenergie [kWh/a]	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Amortisation ca. [a]
1	19.000	2.200	10.900	37.100	8
2	97.000	6.200	48.400	107.100	15
3a	112.000	6.400	49.400	109.900	17
3b	108.000	8.800	52.500	110.200	12
3c	120.000	5.000	49.400	100.400	23
4b	112.000	9.100	54.600	113.300	12

5.2.3 Energetische Sanierung der Baualtersklassen 1979 bis 1983

Die Gebäude zwischen 1979 und 1983 weichen in den prozentualen Einsparergebnissen und auch in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sehr stark von älteren Altersklassen ab.

Tabelle 5-14: U-Werte und Dämmstoffdicken der Bauteile und deren Sanierungsstufen 1979 - 1983

Maßnahme	alter U-Wert in W/m^2K	ENEV		KfW		KfW 70	
		U-Wert in W/m^2K	Dämmschichtdicke [cm]	U-Wert $[W/m^2K]$	Dämmschichtdicke [cm]	U-Wert $[W/m^2K]$	Dämmschichtdicke [cm]
Dämmung der obersten Geschossdecke durch Aufblasen von Dämmflocken oder Anbringen von Dämmplatten	0,45	0,24	12	0,14	22	0,14	22
Raumseitige Erneuerung des Steildachs durch Zwischensparrendämmung in Kombination mit Aufsparrendämmung	0,45	0,24	6	0,14	17	0,14	21
Oberseitige / unterseitige Dämmung der Bodenplatte mit Dämmplatten	0,80	0,30	9	0,25	11	0,25	10
Außenwanddämmung mit WDVS	1,40	0,24	12	0,20	15	0,14	20
Austausch der Fenster durch dreifach Wärmeschutzverglasung	2,60	-	-	0,95	-	0,70	-
Austausch der Außentür	3,50	-	-	1,30	-	1,30	-

Sämtliche U-Werte und Materialdicken wurden mit Dämmstoffen der Wärmeleitfähigkeit 035 (WLZ 035) berechnet.

Die Primärenergieeinsparung der einzelnen Sanierungsvarianten wird in Abbildung 5-3 abgebildet. Die Sanierungsstufe 1 (Dämmung oberste Geschoßdecke (OGD) und Kellerdecke, Optimierung Wärmeverteilung und -übergabe) spart hier noch 9% ein. Die OGD wurde bei der Erstellung des Gebäudes mit einem U-Wert von 0,45 W/(m²K) errichtet. Die Einsparungen der Sanierung auf U-Werte von 0,24 W/(m²K) und 0,14 W/(m²K) sind dann nicht mehr hoch.

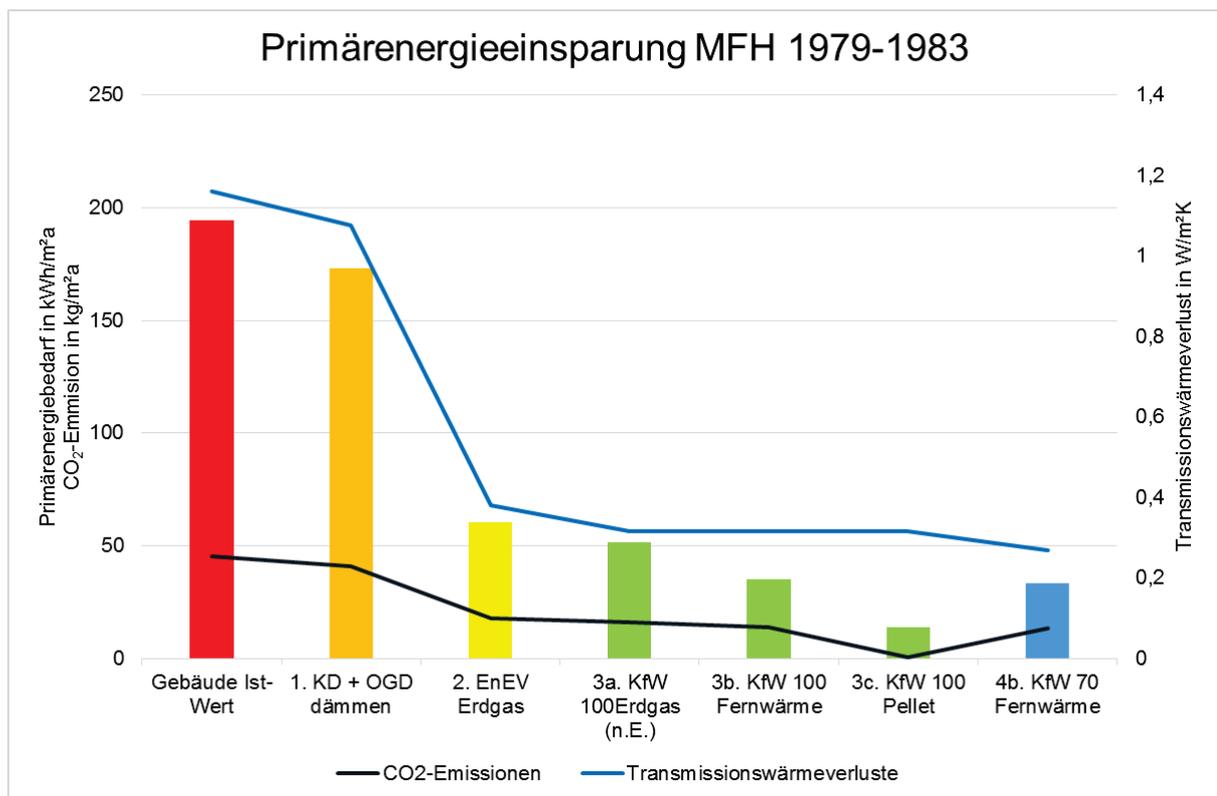


Abbildung 5-4: Primärenergieeinsparung Mehrfamilienhaus 1979 - 1983

Endenergieeinsparungen von 69% werden schon bei einer Durchführung der EnEV Sanierung erreicht. Weitere 5 - 6% Endenergieeinsparung erreicht man durch das Sanieren auf KfW-100 Niveau (Sanierungsstufe 3a-b), betrachtet vom aktuell unsanierten Wert. Zur Sanierungsstufe 3c erhöht sich der Endenergiebedarf um 4%, da die Pelletheizung einen schlechteren Wirkungsgrad hat. Der Primärenergiebedarf sinkt jedoch um weitere 11%, da der Holz-Brennstoff annähernd CO₂-neutral verbrennt. Der Nutzenergiebedarf und die Transmissionswärmeverluste sind in den Sanierungsvarianten 3a-c konstant, da an der thermischen Gebäudehülle nichts verändert wird.

Tabelle 5-15: Einsparungen der Sanierungsstufen der Gebäude 1979 – 1983

	Primärenergie- bedarf [kWh/(m²a)]		Endenergie- bedarf [kWh/(m²a)]		Nutzenergie- bedarf [kWh/(m²a)]		Transmissions- wärmeverluste [W/m²K]		CO2- Emissionen [kg/(m²a)]		Förderung
Gebäude Ist-Wert	187		187		123		1,17		44		-
1. Sanierungsstufe	170	9%	170	9%	118	5%	1,11	6%	40	9%	-
2. Sanierungsstufe	58	69%	58	69%	46	63%	0,38	67%	17	61%	EnEV 2014
3. Sanierungsstufe a	50	74%	50	74%	40	67%	0,32	73%	16	64%	KfW 100
3. Sanierungsstufe b	34	82%	48	75%	40	67%	0,32	73%	14	69%	KfW 100
3. Sanierungsstufe c	13	93%	66	65%	40	67%	0,32	73%	1	99%	KfW 100
4. Sanierungsstufe b	32	83%	45	76%	38	69%	0,27	77%	13	70%	KfW 70

Die Randbedingungen für die Wirtschaftlichkeitsabschätzungen sind dem vorangehenden Kapitel zu entnehmen (siehe Tabelle 5-11).

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterscheidet sich vor allem die Sanierungsstufe 1 von den Gebäuden der Altersklassen bis 1978. Insbesondere die Einsparungen bei der OGD ist in dieser Altersklasse nur gering, da diese im Bestandsgebäude schon einen U-Wert von $0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ aufweist und somit nur eine geringe Verbesserung auf das EnEV Niveau von $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erfährt. Will man dieses Bauteil jedoch angehen, sollte möglichst gleich auf einen KfW-Standard von mind. $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gedämmt werden.

Die Investitionen der Sanierungsstufe 3c sind innerhalb des Betrachtungszeitraums nicht mehr zu refinanzieren. Dies hängt mit der hohen Investition und dem schlechteren Wirkungsgrad der Pelletheizung sowie dem geringen Preisunterschied gegenüber Erdgas zusammen.

Tabelle 5-16: Sanierungsmaßnahmen Baualtersklasse 1979 - 1983 – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei ausgebautem Dachgeschoss

	Investitionen [€]	Energiekosten- einsparung [€/(kWh)]	Einsparung Nutzenergie [kWh/a]	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Amortisation ca. [a]
1	16.000	800	3.800	14.200	19
2	166.000	7.500	77.600	129.100	21
3a	188.000	8.000	83.400	137.700	22
3b	184.000	11.200	83.400	139.700	16
3c	196.000	6.000	83.400	120.500	>30
4b	191.000	11.400	85.800	142.300	16

Tabelle 5-17: Sanierungsmaßnahmen Baualtersklasse 1979 - 1983 – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei nicht ausgebautem Dachgeschoss

	Investitionen [€]	Energiekosten- einsparung [€/(kWh)]	Einsparung Nutzenergie [kWh/a]	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Amortisation ca. [a]
1	25.000	1.100	7.300	18.800	20
2	141.000	7.200	74.500	124.300	19
3a	162.000	7.700	79.600	132.300	20
3b	158.000	10.700	79.600	134.300	14
3c	170.000	5.800	79.600	116.600	28
4b	164.000	10.900	82.000	136.800	15

5.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die großen Unterschiede bei den Gebäude-IST-Werten liegen an den unterschiedlichen Baualtersklassen. Bei den betrachteten Gebäuden der Altersstufen „vor 1918“ und „1919 - 1949“ handelt es sich um Reihenhäuser, die nur zwei Außenwände und wesentlich weniger Fensterflächen aufweisen. Bei allen anderen Altersstufen wurden freistehende Mehrfamilienhäuser berechnet. Bei der Altersstufe „1979 - 1983“ sind die U-Werte der Außenbauteile schon besser, da die 1. Wärmeschutzverordnung von 1978 eine Verbesserung bei den U-Werten der Bauteile bewirkte.

Tabelle 5-18: Prozentuale Primärenergieeinsparung aller Gebäudeklassen

	Vor 1918	1919 - 1948	1949 - 1957	1958 - 1968	1969 - 1978	1979 - 1983
Gebäude Ist-Wert	179 kWh/(m ² a)	167 kWh/(m ² a)	275 kWh/(m ² a)	267 kWh/(m ² a)	260 kWh/(m ² a)	187 kWh/(m ² a)
1. Sanierungsstufe	25 - 36%	25 - 36%	23 - 33%	21 - 28%	21 - 30%	8 - 10%
2. Sanierungsstufe	69%	74%	80%	80%	79%	69%
3. Sanierungsstufe a	75%	78%	84%	83%	83%	74%
3. Sanierungsstufe b	76%	79%	85%	84%	84%	75%
3. Sanierungsstufe c	66%	66%	77%	76%	76%	65%
4. Sanierungsstufe b		82%	87%	86%	86%	76%

Die Spanne der Einsparungen in der 1. Sanierungsstufe hängt mit der Betrachtung Dachgeschosß „ausgebaut“ oder „nicht ausgebaut“ zusammen. In Sanierungsstufe 1 wurden nur geringinvestive Maßnahmen betrachtet.

In den Sanierungsstufen 2 bis 4, wenn die gesamte Gebäudehülle (thermische Umfassungsfläche) energetisch saniert wird, wirken sich die Unterschiede, ob das Dachgeschosß ausgebaut ist oder nicht, nur noch mit einer Spanne von 1 bis 3% aus, sodass die Ergebnisse der Einsparungen gemittelt wurden.

Tabelle 5-19: Prozentuale Endenergieeinsparung aller Gebäudeklassen

	Vor 1918	1919 - 1948	1949 - 1957	1958 - 1968	1969 - 1978	1979 - 1983
Gebäude Ist-Wert	180 kWh/(m ² a)	168 kWh/(m ² a)	275 kWh/(m ² a)	267 kWh/(m ² a)	260 kWh/(m ² a)	187 kWh/(m ² a)
1. Sanierungsstufe	25 - 37%	25 - 37%	23 - 33%	21 - 28%	21 - 30%	8 - 11%
2. Sanierungsstufe	69%	74%	80%	80%	79%	69%
3. Sanierungsstufe a	75%	78%	84%	83%	83%	74%
3. Sanierungsstufe b	83%	85%	89%	88%	89%	82%
3. Sanierungsstufe c	93%	93%	95%	95%	95%	93%
4. Sanierungsstufe b		87%	91%	90%	90%	83%

Tabelle 5-20: Prozentuale Nutzenergieeinsparung aller Gebäudeklassen

	Vor 1918	1919 - 1948	1949 - 1957	1958 - 1968	1969 - 1978	1979 - 1983
Gebäude Ist-Wert	98 kWh/(m ² a)	72 kWh/(m ² a)	149 kWh/(m ² a)	135 kWh/(m ² a)	139 kWh/(m ² a)	123 kWh/(m ² a)
1. Sanierungsstufe	11 - 20%	10 - 28%	6 - 18%	5 - 17%	5 - 14%	3 - 6%
2. Sanierungsstufe	54%	62%	77%	74%	71%	63%
3. Sanierungsstufe a-c	63%	66%	80%	77%	76%	67%
4. Sanierungsstufe b		72%	83%	83%	80%	69%

Bei der Nutzenergieeinsparung werden die Sanierungsmaßnahmen 3a - 3c zusammen dargestellt, da sich an der Gebäudehülle und somit auch der Nutzenergieeinsparung in diesen Sanierungsvarianten nichts ändert.

5.3 Ausbau der Fernwärmeversorgung

In der Nordstadt befindet sich ein Fernwärmenetz, welches ursprünglich für die Versorgung der Universitäts- und Klinikgebäude durch das Land Hessen errichtet wurde. Ende 2015 ging das Fernwärmenetz in das Eigentum der Stadtwerke Marburg über, welche bereits zuvor mit der Betriebsführung betraut waren. Die Universitätsstadt hat sich zum Ziel gesetzt, dass der Nah- und Fernwärmeausbau einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele leisten soll. Ein wesentlicher Baustein des energetischen Quartierskonzeptes Nordstadt ist daher, die Möglichkeiten für einen gezielten Fernwärmeausbau im Stadtgebiet aufzuzeigen. Hierzu wurden während der Projektlaufzeit wiederholt Gespräche in der Lenkungsgruppe, mit den Stadtwerken und potenziellen Fernwärmekundinnen und -kunden geführt. Im Ergebnis haben sich zunächst zwei wesentliche Ausbaustufen herauskristallisiert:

1. Erschließung des Biegenviertels durch Verdichtung und Erweiterung bis 2020
2. Erschließung der Bahnhofstraße durch Erweiterung bis 2030

Die folgende Darstellung zeigt die Wärmetrassen und Gebäude, welche bis 2030 realisiert werden können. Unten rechts das Biegenviertel und oben links die Bahnhofstraße.



Abbildung 5-5: Karte Fernwärmeausbau

Im Folgenden werden die übergreifenden Aspekte behandelt, welche für den Fernwärmeausbau wesentlich sind. Die beiden spezifischen Maßnahmen mit Berechnungsergebnissen befinden sich im Maßnahmenkatalog.

5.3.1 Technische Aspekte

Für den Anschluss der Gebäude von der bestehenden Fernwärme-Trasse bieten sich zwei Möglichkeiten:

Entweder können im Zuge von Instandsetzungsarbeiten an der Verteilteilleitung, Hausanschlüsse hergestellt werden. Dies bietet sich an den Abschnitten an, bei denen ohnehin eine Sanierung ansteht (z. B. Deutschhausstraße). Ansonsten sind bei den alten Hauptleitungen mit Haubenkanal einzelne Anschlüsse nur mit großem Aufwand möglich. Auch weil die Betriebsdaten (130 °C Vorlauftemperatur bei 10 bar Druck) einen gewissen technischen Aufwand für den Anschluss kleinerer Leistungseinheiten erfordern. Als zweite Möglichkeit bietet sich daher eine neue Unterverteilung von der Hauptleitung an. Mit einer Wärmetauscher-Station kann ein separates Verteilnetz für einzelne Straßenzüge (Biegenstraße) geschaffen werden, um dann mit geringeren Vorlauftemperaturen und Drücken kleinere Gebäude anzuschließen. Bei der Neuerschließung von Verteilnetzen sollen Synergismen mit geplanten Sanierungen an den Straßen oder Gehwegen genutzt werden. Mittelfristig ist eine Neugestaltung der Biegenstraße geplant, wobei sich die Verlegung der Wärmeleitungen anbietet. Die Bahnhofstraße kann ebenfalls durch eine neue Unterverteilung erschlossen werden, wobei dort mittelfristig keine Sanierungen mehr anstehen. Dieser Bereich wird daher auch erst als zweiter Bauabschnitt bis 2030 vorgesehen.

Für die Übergabe der Wärmeenergie in die bestehenden Heizungsanlagen der anzuschließenden Gebäude wird eine indirekte Übergabestation mit Wärmetauscher vorgesehen. Dies hat den Vorteil, dass die Wasserkreisläufe des Fernwärmenetzes und des Hausnetzes hydraulisch getrennt und damit unabhängiger bezüglich Druck und Temperatur voneinander sind. Die Stationen sind im bestehenden Heizungskeller oder Technikraum zu installieren. Bei dem Ersatz vorhandener Gas-Etagenheizungen kann zusätzlich auf jeder Etage eine Frischwasserstation für die Warmwasserbereitung und ein Wärmemengenzähler vorgesehen werden. Damit ist die Legionellengefahr ausgeschlossen und es besteht die Möglichkeit, die Energieabrechnung wie bisher etagenweise aufzuschlüsseln.

Die Energielieferung erfolgt in Form von Heißwasser an die Übergabestationen und wird über geeichte Wärmemengenzähler abgerechnet. Dies hat den Vorteil für die Wärmeabnahme, dass nur die tatsächlich benötigte Wärmeenergie und keine Verluste bezahlt werden. Damit hat der Fernwärmenetz-Betreiber auch langfristig einen Anreiz, die Energieverluste bei Erzeugung und Verteilung gering zu halten bzw. zu reduzieren. Anders verhält es sich mit eigenen Gaskesseln, wobei die Person die Gaslieferung bezahlt und die Verluste des Kessels selbst trägt, welcher das Gebäude gehört/ es nutzt. Dabei kommt hinzu, dass bei den alten Wohngebäuden im Biegenviertel, der sogenannte Brennwerteffekt in vielen Fällen nicht realisiert werden kann, da eine Abgaskondensation aufgrund zu hoher Rücklauftemperaturen

im Heizungssystem oder unzureichender Kamine nicht möglich ist. Damit ergibt sich für die Personen, die Wärme am Fernwärmenetz beziehen, auch eine deutliche Energieeinsparung gegenüber der Erdgaslieferung, welche je nach Alter des bestehenden Kessels zwischen 10 und 20% liegen wird.

5.3.2 Ökonomische Aspekte

Das Fernwärmenetz in der Universitätsstadt Marburg besteht aus einer bestehenden Heizzentrale mit Erdgaskesseln und einer Erdgas-Turbine zur gekoppelten Strom- und Wärmezeugung sowie einigen Kilometern Fernwärmenetz. Aus diesem Bestand heraus stellt der Ausbau der Fernwärme durch Verdichtung und Erweiterung eine ökonomisch sinnvolle Option für eine nachhaltige Energieversorgung dar. Die Stadtwerke werden in die Modernisierung der Heizzentrale und des Netzes investieren und in diesem Zuge auch den Kundstamm ausbauen. Das Angebot richtet sich an öffentliche Einrichtungen, Wirtschaftsunternehmen und Wohngebäudeeigentümerinnen und -eigentümer. Für die künftigen Wärmekundinnen und -kunden bietet der Fernwärmeanschluss finanzielle Vorteile, wenn die bestehende Heizungsanlage zum Austausch ansteht. Die über den Fernwärmeanschluss Wärmebeziehenden Personen investieren anstatt in eine neue Heizung in den Fernwärmeanschluss und eine Hausübergabestation. Die Kosten dazu belaufen sich je nach Größe und Besonderheiten zwischen 7.000 und 12.000 €. Dies wird in vielen Fällen günstiger als die Anschaffung einer eigenen Heizung sein. Hinzu kommt, dass Hausanschluss und Übergabestation eine rechnerische Nutzungsdauer von 30 bis 40 Jahren aufweisen und in dieser Zeit praktisch keinem Modernisierungstau unterliegen. Anders bei einer neuen Erdgasheizung, welche nach ca. 20 Jahren technisch überholt ist. Bei der Fernwärme wird der Modernisierungsbedarf auf die Heizzentrale Ortenberg und damit in die Verantwortung und das Eigeninteresse der Stadtwerke verlagert.

Weitere Vorteile ergeben sich für Wärmekundinnen und Wärmekunden bei den laufenden Kosten. Zunächst fallen deutlich geringere Wartungs- und Instandhaltungskosten an. Die Übergabestation ist nahezu wartungsfrei, lediglich der Wärmetauscher muss regelmäßig gereinigt werden. Da keine Energiewandlung im Haus stattfindet, entfallen auch der Kamin und damit der Schornsteinfegerbesuch. Dies spart Kosten und organisatorischen Aufwand, insbesondere bei Mietobjekten. Nur der Wärmemengenzähler wird jährlich vom Netzbetreiber abgelesen bzw. der Zählerstand durch die Hausverwaltung übermittelt.

Die Abrechnung geschieht ähnlich wie bei Erdgaslieferung über einen Grund- und einen Arbeitspreis. Der Grundpreis richtet sich nach der angeschlossenen Leistung und fällt unabhängig vom Verbrauch an. Er sichert den Stadtwerken die Refinanzierung der Investitionsgüter und des Personaleinsatzes für das Fernwärmenetz. Der Arbeitspreis bildet sich hingegen aus dem Brennstoffeinsatz in der Heizzentrale und dem Aufwand für Hilfsenergie und Be-

triebsmittel. Er richtet sich nach dem abgelesenen Wärmeenergieverbrauch. Ein großer Vorteil bei der Fernwärmeversorgung sind die langfristig stabilen Heizkosten. Da sich der Aufwand für die Energiebereitstellung anders als bei einem Erdgaskessel auch aus der bestehenden Infrastruktur ableitet, sind die Heizkosten weitaus unsensibler gegenüber den Preisschwankungen auf dem Energiemarkt. Zudem ist in der „Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme“ (AVBFernwärmeV) festgelegt, dass der Versorger die Preise nur entsprechend seiner Kostenstruktur und keinesfalls willkürlich anpassen darf. Im Rahmen des Fernwärmeliefervertrages wird eine Preisänderungsformel definiert, welcher der künftigen Preisgestaltung einen mathematischen Rahmen setzt. Die Formel beinhaltet Indizes des statistischen Bundesamtes zur allgemeinen Entwicklung der Investitionsgüter, Personalkosten sowie Erdgaskosten und darf ansonsten nicht vom vereinbarten Anfangspreis abweichen. Die Preisänderungsformel gilt für jeden Wärmekunden und ist über die Vertragslaufzeit fix. Die Fernwärmelieferverträge sind langfristiger Natur und gehen üblicherweise über zehn Jahre.

Insgesamt bietet der Fernwärmeanschluss sowohl für selbst genutztes Wohneigentum und insbesondere für vermietete Objekte eine ökonomisch sinnvolle Alternative. Es sind weitaus weniger Investitionen und laufende Kosten zu erwarten, da nach der Anschlussgebühr sämtliche Heizkosten im Fernwärmepreis integriert sind.

5.3.3 Vorteile Fernwärme

Neben den langfristig stabilen Heizkosten bietet ein Fernwärmenetz weitere Vorteile für die Universitätsstadt und die Wärmekundinnen und -kunden. Zunächst bedeutet ein Anschluss an das städtische Netz eine deutliche Primärenergieeinsparung. Primärenergie bezeichnet die Energiemenge, welche als fossile Energie aufgewendet werden muss, um eine bestimmte Menge Nutzenergie, in diesem Fall Heizenergie, bereitzustellen. Die Primärenergieeinsparung der Fernwärme ergibt sich durch die Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK-Anlage) im Heizkraftwerk Ortenberg, wo mittels einer Erdgasturbine simultan Strom und Fernwärme erzeugt wird. Wegen des Einspeisevorrangs für KWK-Strom wird Strom aus großen Kondensationskraftwerken verdrängt, welche häufig keine oder nur geringe Wärmenutzung aufweisen und damit deutlich mehr Primärenergie für die gleiche Menge Nutzenergie aufwenden müssen. Die Primärenergieeinsparung bedeutet eine unmittelbare Reduktion der Treibhausgasemissionen, da weniger fossiles Erdgas verbrannt wird.

Ein weiterer Vorteil betrifft die zunehmenden Verschärfungen bezüglich der gesetzlichen Anforderungen an energieeffiziente Gebäude. Die Energieeinsparverordnung (EnEV) regelt energetische Mindeststandards bei Sanierungen an der Gebäudehülle oder der Heizungstechnik. Das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) beinhaltet eine Nutzungspflicht für erneuerbare Energien oder Ersatzmaßnahmen bei Neubauten und öffentlichen

Gebäuden im Bestand. Fernwärmenetze auf KWK-Basis sind bei den gesetzlichen Anforderungen privilegiert und es ist zu erwarten, dass durch den Fernwärmeanschluss auch künftige Verschärfungen eingehalten werden können.

Ein wesentlicher Vorteil ist der Platzgewinn, da Heizungskessel und Kamine nicht mehr benötigt werden. Der Raum kann anderweitig genutzt werden, z. B. für Lüftungskanäle oder elektrische Leitungen. Zudem müssen sich Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer weit weniger um die Heizungsanlage kümmern, da nur noch die Fernwärme-Übergabestation betreut werden muss.

Auch reduziert sich durch den Wegfall der Gasleitungen und Gasverbrennung im Gebäude eine potenzielle Gefahrenquelle, welche nicht mehr kontrolliert und überwacht werden muss. Gerade bei Gebäuden mit älteren Gasetagenheizungen kann die Gasleitung innerhalb des Hauses abgesperrt oder rückgebaut werden und es müssen keine Ertüchtigungen der Gasleitungen vorgenommen werden.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich für Baudenkmale, welche nur eingeschränkt energetisch modernisiert werden können (vgl. Kapitel 4.1.3.2). Durch den Austausch der Heizung in einen Fernwärmeanschluss kann dennoch erheblich Primärenergie eingespart werden.

5.3.4 Strategische Empfehlungen

Sofern die Übernahme des bestehenden Fernwärmenetzes durch die Stadtwerke Marburg abgeschlossen ist, beginnen die Bestrebungen zur Verdichtung und Erweiterung des Fernwärmenetzes. Dabei sollten die Stadtwerke mit Unterstützung der Energieberatungsangebote der Stadtverwaltung systematisch an potenzielle Wärmekundinnen und -kunden herantreten. Derzeit sind die Erdgaspreise relativ günstig, was die Investitionsbereitschaft in eine alternative Heizungsanlage hemmt. Dennoch sollte bereits heute eine Strategie entwickelt werden, um eine möglichst große Anzahl neuer Fernwärmeanschlüsse zu gewinnen. Denn je mehr teilnehmende Personen das Fernwärmenetz aufweist, desto breiter lassen sich die Fixkosten verteilen, wovon letztlich wieder die gesamte Wärmekundschaft finanziell profitiert.

Transparenz

Zunächst sind die Sanierungspläne am Bestandsnetz sowie die Ausbaupläne transparent zu machen und zu veröffentlichen. Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer sollen einfach anhand von Karten erkennen können, welche Netzabschnitte in welchem Jahr ertüchtigt werden. Dadurch kann diese Personengruppe anstehende Investitionen in neue Heizungskomponenten am Sanierungsplan der Stadtwerke ausrichten und es wird verhindert, dass unwissend neue Kesselanlagen errichtet werden, wo ein Fernwärmeanschluss möglich wäre. Um die Pläne bekannt zu machen, können die Stadtwerke ihre Vertriebskanäle aus der Erdgasversorgung nutzen. Wer also bereits Erdgaskunde bei den Stadtwerken ist und für einen

Fernwärmeanschluss in Frage kommt, sollte über die umweltfreundliche Alternative informiert werden.

Aktive Information

Im Biegenviertel fand bereits eine erste Veranstaltung mit dem Verein „Alles im Biegen e. V.“ statt, um über den Fernwärmeausbau und die damit verbundenen Vorteile zu informieren. Solche Veranstaltungen sollten fortgeführt werden aber auch neue Kommunikationswege gesucht werden. Viele Objekte werden von Hausverwaltungen betreut. Diese könnten bei einem Treffen informiert und die praktischen Aspekte eines Umstiegs von Erdgas auf Fernwärme diskutiert werden.

Individuelle Angebote

Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern mit jüngeren Heizungsanlagen unter 15 Jahren, deren Objekte an einer Ausbaustrecke anliegen, sollten attraktive Angebote gemacht werden. Die Stadtwerke könnten den Hausanschluss vorfinanzieren, wenn sich im Besitz entsprechender Gebäude befindliche Personen per Vorvertrag dazu verpflichten im Falle einer Heizungssanierung auf die Fernwärme umzusteigen.

Auch sollten flexible Preisgestaltungen entsprechend der individuellen Vorlieben angeboten werden. Für Kundinnen und Kunden, die die Anfangsinvestition in den Fernwärmeanschluss scheuen, sollte im Fernwärmeliefervertrag eine entsprechend erhöhte Grundgebühr angeboten werden. So würden die Stadtwerke den Anschluss und ggf. die Hausübergabestationen vorfinanzieren und die Wärmekundinnen und -kunden können die Kosten über einen fünf oder zehn Jahre währenden Aufschlag auf den Grundpreis zurückzahlen.

Finanzielle Beteiligung

Andererseits sollten solvente Eigentümerinnen und Eigentümer die Möglichkeit haben, sich finanziell am Fernwärmeausbau zu beteiligen. Ein erhöhter Baukostenzuschlag für den Fernwärmeausbau könnte langfristig über vergünstigte Wärmebezugspreise zurückfließen. Alternativ sind auch Beteiligungsmodelle mit jährlichen Dividenden denkbar. Dies könnte indirekt über Sparbriefe regionaler Banken oder auch direkt über eine (genossenschaftliche) Beteiligungsgesellschaft zum Netzausbau organisiert werden. Gerade bei der heutigen Ertragslage auf dem Kapitalmarkt könnte es für Immobilienbesitzerinnen und -besitzer eine attraktive Alternative sein, in die lokale Energieinfrastruktur zu investieren.

5.4 Controlling-Konzept

Die Universitätsstadt Marburg hat sich ehrgeizige und quantifizierbare Klimaschutzziele in den Handlungsfeldern Energieeinsparung, Energieeffizienz und Ausbau der erneuerbaren Energien bis 2030 gesetzt, um die Treibhausgasemissionen im Bereich Strom und Wärme gegenüber 2009 um 50% zu reduzieren. Darüber hinaus beinhaltet das vorliegende Quartierskonzept für die Nordstadt weitere ambitionierte Entwicklungsperspektiven.

Es bedarf jedoch einer regelmäßigen Kontrolle und Steuerung, um die personellen und finanziellen Ressourcen für die Zielerreichung effektiv und effizient einzusetzen. Infolgedessen ist die Einführung eines Controlling-Systems erforderlich, in dessen Prozess der Zeitraum der definierten Ziele eingehalten und ggf. Schwierigkeiten bei der Bearbeitung frühzeitig erkannt und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können (Konfliktmanagement).

Die Zuständigkeiten für die Betreuung und Durchführung des Controlling-Systems sollten klar geregelt werden. Die Frage, welche Organisationseinheit und welche Person verantwortlich sein soll, muss folglich definiert werden. Eine Personalstelle für Sanierungs- und/oder Klimaschutzmanagement ist in diesem Zusammenhang von zentraler Bedeutung.

5.4.1 Personalstelle für Sanierungsmanagement

Bei den Einzelgesprächen und durchgeführten Veranstaltungen im Rahmen der Quartierskonzepterstellung hat sich gezeigt, dass die Vernetzung der Akteurinnen und Akteure zentraler Bestandteil einer gezielten Quartiersentwicklung sein muss. Darüber hinaus sind Personalressourcen wesentlicher Bestandteil für die Einführung eines effektiven Controllings.

Für die praktische Umsetzung des vorliegenden Konzeptes sind daher zusätzliche Personalressourcen für das Sanierungsmanagement in der Nordstadt eingerichtet worden. Dazu wurde ein „Sanierungsmanager“ nach den Richtlinien der KfW angestellt. Die Aufgaben des Sanierungsmanagers dienen gezielt der Umsetzung des vorliegenden integrierten Quartierskonzeptes mit dem Fokus auf energetischer Gebäudesanierung. Wesentliche Aufgaben sind nach den Hinweisen der KfW außerdem Vernetzung und Förderung der Zusammenarbeit der Akteursgruppen, Koordination und Kontrolle von Maßnahmen sowie die Finanzierungs- und Fördermittelberatung für die Akteurinnen und Akteure. Alternativ kann auch externes Personal für das Sanierungsmanagement beauftragt und über die KfW gefördert werden. Dies bietet den Vorteil, dass für spezifische Maßnahmen auf eine größere Bandbreite an Fachleuten zurückgegriffen werden kann.

5.4.2 Elemente des Controlling-Systems

Das Controlling-Konzept verfügt über zwei feste Elemente: die Energie- und Treibhausgasbilanz und den Maßnahmenkatalog. Dabei verfolgt die Bilanz einen Top-Down- und der Maßnahmenkatalog einen Bottom-Up-Ansatz. Zusätzlich können weitere Managementsysteme (Konvent der Bürgermeister, European Energy Award, EMAS oder Benchmark kommunaler Klimaschutz) integriert werden, die auf den beiden festen Elementen aufbauen und im Ergebnis einen internationalen Vergleich mit anderen Regionen erlauben.

Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Energie- und Treibhausgasbilanz (Ist/Soll) wurde im Rahmen der Konzepterstellung für die Altstadt auf Excel-Basis entwickelt. Die Bilanz ist fortschreibbar angelegt, sodass durch eine regelmäßige Datenabfrage bei Energieversorgern (Strom/Wärme), staatlichen Fördermittelgebern (Wärme) eine jährliche Bilanz aufgestellt werden kann. Allerdings konnten bisher keine differenzierten Realdaten für den Energieverbrauch in der Nordstadt beschafft werden. Erneute Anfragen beim zuständigen Netzbetreiber können jedoch erfolgreicher sein. Eine weitere Datenquelle, welche bisher nicht genutzt werden konnte, sind die über die KfW geförderten Gebäudesanierungsmaßnahmen im Quartier. Hier wären aggregierte und anonymisierte Daten hilfreich, um den Sanierungsstand zu erfassen und weiter zu verfolgen. Ähnlich verhält es sich mit geförderten Heizanlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, welche vom zuständigen Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) bisher ebenfalls nicht auf Quartiersebene zur Verfügung gestellt wurden.

Die Top-Down-Ebene liefert eine Vielzahl von Informationen, die eine differenzierte Betrachtung zulassen. Es können Aussagen zur Entwicklung der Energieverbräuche und damit einhergehend der CO₂-Emissionen in den einzelnen Sektoren und Verbrauchsgruppen getroffen werden. Darüber hinaus können Ist- und Soll-Vergleiche angestellt sowie im Vorfeld festgelegte Indikatoren (z. B. Anteil erneuerbarer Energien) überprüft werden.

Maßnahmenkatalog

Durch die Untersuchung der Wirkung von Einzelmaßnahmen können Aussagen zu Kosten, Personaleinsatz, Einsparungen (Energie/CO₂) etc. getroffen werden.

Für diese Bottom-Up-Ebene ist es empfehlenswert, Kennzahlen nur überschlägig zu ermitteln, da eine detaillierte Betrachtung unter Umständen mit hohen Kosten verbunden sein kann. So können für „harte“, meist technische, Maßnahmen mit wenig Ressourceneinsatz Kennzahlen gebildet werden. Bei „weichen“ Maßnahmen (z. B. Informationskampagne) können diese Faktoren nur schwer gemessen werden. Hier sollten leicht erfassbare Werte erhoben werden. Die gebildeten Kennzahlen geben schließlich Aufschluss über den Erfolg oder Misserfolg und entscheiden im Anschluss über eine entsprechende Controlling-Strategie.

Die folgende Abbildung zeigt abschließend eine schematische Darstellung des Controlling-Konzeptes.

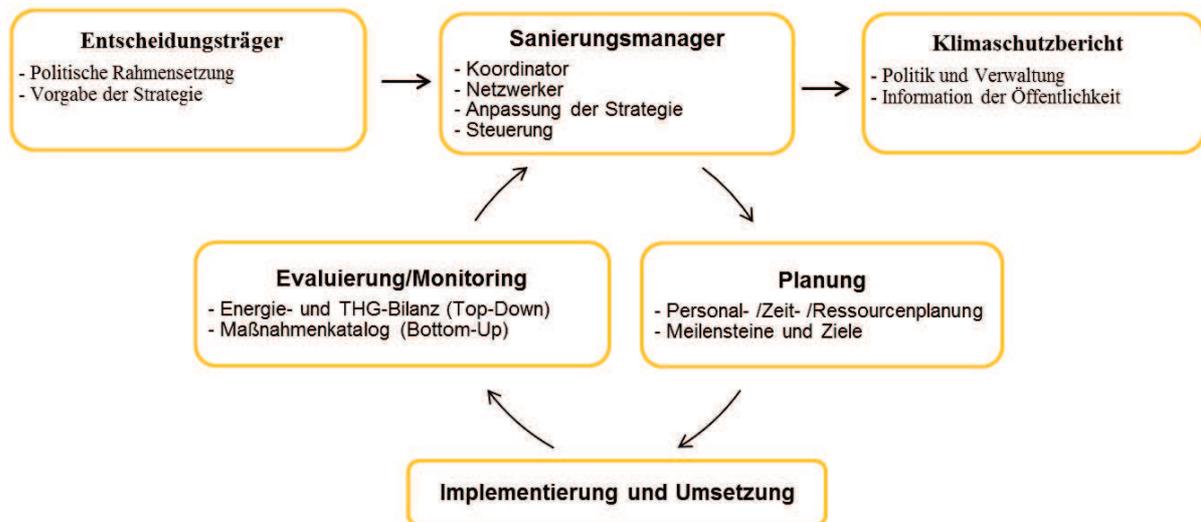


Abbildung 5-6: Übersicht Controlling-System

Das Sanierungsmanagement stellt eine Schlüsselfunktion dar, um einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess im Sinne der Management-Theorie anzustoßen und zu steuern. Darüber hinaus ist es wichtig, dass strategische Weichenstellungen über die politischen Entscheidungsträgerinnen und -träger in angemessenen Abständen überprüft werden. Dazu ist wiederum ein regelmäßiges Berichtswesen notwendig, damit den entscheidungstragenden Personen alle relevanten Informationen in der gebotenen Aktualität vorliegen. Darüber hinaus ist auch die Öffentlichkeit regelmäßig über die Umsetzung des Quartierskonzeptes zu unterrichten.

6 Fazit

Das integrierte Quartierskonzept für die Nordstadt der Universitätsstadt Marburg zeigt auf, dass dieser Stadtteil mit seinen spezifischen Voraussetzungen und Chancen die städtischen Klimaschutzziele mit bis zu 8% unterstützen kann. Das heißt, von den geplanten Treibhausgas-Einsparungen der Universitätsstadt können bis 2030 8% innerhalb der Nordstadt erzielt werden. Dies ist gemessen am Einwohneranteil von gut 2% ein überproportionaler Anteil. Allerdings befinden sich in der Nordstadt auch viele Nicht-Wohngebäude des öffentlichen (Universität, Stadt, Land, Kirchen) und privaten Sektors (produzierendes- und Gasgewerbe, Handel, Dienstleistung), welche einen bedeutenden Anteil der Treibhausgasemissionen verursachen. Aber auch gemessen am Anteil der Emissionen, der bei rund 6% der gesamtstädtischen des stationären Energieverbrauchs liegt, ist das Reduktionspotenzial überproportional.

Sehr große Potenziale zur Energieeinsparung liegen im Wärmebedarf der Gebäude. Über typische Sanierungsmaßnahmen an den analysierten Gebäuden kann der Endenergiebedarf um bis zu 55% reduziert werden. Hierbei sind die Einschränkungen des Denkmalschutzes bereits berücksichtigt. Das Einsparpotenzial im Stromsektor ist hingegen aufgrund der Datentlage schwieriger zu quantifizieren und wird auch als weitaus geringer eingeschätzt.

Die Potenziale zur Energiegewinnung im Quartier liegen insbesondere im Bereich der Photovoltaik auf Dachflächen, welche bis zu 25% des heutigen Strombedarfes decken könnte. Bestehende und geplante Wasserkraftanlagen können zudem einen Beitrag zur Deckung der elektrischen Grundlast leisten. Darüber hinaus liegt ein großes Potenzial im Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung, insbesondere in den größeren Gebäuden, welche sich mittelfristig nicht für einen Anschluss an die Fernwärmeversorgung eignen.

Der Ausbau des bestehenden Fernwärmenetzes bietet einen großen Hebel, um Primärenergie und Treibhausgasemissionen einzusparen. Insbesondere auch für Baudenkmale bietet der Fernwärmeanschluss eine attraktive Möglichkeit. Um den Primärenergiefaktor deutlich auf 0,6 zu senken, sanieren die Stadtwerke Marburg das Leitungsnetz und ergänzen die Heizzentrale mit weiteren Blockheizkraftwerken. Mittelfristig lautet die Empfehlung, auch Biomasse aus Reststoffen und Kurzumtrieb als Energieträger in der Fernwärme einzusetzen.

Die Handlungsempfehlungen spiegeln sich auch in einem Maßnahmenkatalog wieder, welcher diesen Bericht als separates Dokument ergänzt.

Entscheidend für die Umsetzung der Potenziale sind die Akteurinnen und Akteure im Quartier. In der Konzeptphase konnten viele und ergiebige Gespräche geführt werden, wobei nicht alle Aspekte in den Abschlussbericht einfließen konnten. Für die Maßnahmenumset-

zung ist die Fortführung der Akteursbeteiligung entscheidender Hebel, damit sich das Quartier klimafreundlich und unter Aktivierung regionaler Wertschöpfungseffekte weiter entwickelt.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Vorhandene Konzepte und Studien	9
Tabelle 3-1: Eingeladene Mitglieder der Lenkungsgruppe	25
Tabelle 3-2: Durchgeführte Veranstaltungen und Workshops	26
Tabelle 3-3: Gesprächspartner im Rahmen der Akteursbeteiligung	27
Tabelle 4-1: Sanierungsstufen für Wohngebäude	36
Tabelle 4-2: Verteilung der Sanierungsstufen nach Baualtersklassen	39
Tabelle 4-3: Gebäudesanierungsraten nach Szenarien und Dekaden	40
Tabelle 4-4: Energieeinsparung durch Beleuchtungsmittel	48
Tabelle 4-5: Lebensmittel-Einzelhandel: Maßnahmen zur Energieeinsparung bei Kühlmöbeln	56
Tabelle 4-6: Lebensmittel-Einzelhandel: Maßnahmen zur Energieeinsparung bei Kälteanlagen	57
Tabelle 4-7: Einzelhandel (Non-Food): Maßnahmen zur Energieeinsparung bei der Beleuchtung ³⁵	59
Tabelle 4-8: Einzelhandel (Non-Food): Maßnahmen zur Energieeinsparung bei Klima- und Lüftungsanlagen	59
Tabelle 4-9: Einzelhandel (Non-Food): Maßnahmen zur Energieeinsparung bei Büro- und anderen Elektrogeräten	60
Tabelle 4-10: Gastronomie: Maßnahmen zur Energieeinsparung in der Küche	62
Tabelle 4-11: Gastronomie: Maßnahmen zur Energieeinsparung im Restaurant und in der Bar	63
Tabelle 4-12: Gastronomie: Maßnahmen zur Energieeinsparung im Bereich Kälte	64
Tabelle 4-13: Gastronomie: Maßnahmen zur Energieeinsparung bei der Beleuchtung	65
Tabelle 4-14: Beherbergung: Maßnahmen zur Energieeinsparung bei der Beleuchtung	66
Tabelle 4-15: Beherbergung: Maßnahmen zur Energieeinsparung in den Gästezimmern	66
Tabelle 4-16: Beherbergung: Maßnahmen zur Energieeinsparung in der Wäscherei	67
Tabelle 4-17: Beherbergung: Allgemeine Maßnahmen zur Energieeinsparung	67
Tabelle 4-18: Zusammenfassung der Energieeinsparpotenziale	70
Tabelle 4-19: Potenziale im Bereich Photovoltaik	74
Tabelle 4-20: Potenziale im Bereich Solarthermie	76
Tabelle 4-21: Wasserkraftpotenziale Universitätsstadt Marburg-Nordstadt	78
Tabelle 4-22: Ausbau der Potenziale im Strombereich bis zum Jahr 2050	80
Tabelle 4-23: Ausbau der Potenziale im Wärmebereich bis zum Jahr 2050	82

Tabelle 5-1: Positive Effekte energetischer Sanierung nach Akteursgruppen	88
Tabelle 5-2: Sanierungsstufen bei denkmalgeschützten Gebäuden vor 1918	93
Tabelle 5-3: Sanierungsstufen für alle Baualtersklassen ab 1919	94
Tabelle 5-4: Sanierungsmaßnahmen bei denkmalgeschützten Gebäuden - U-Werte und Dämmstoffstärken	95
Tabelle 5-5: Einsparungen der Sanierungsstufen denkmalgeschützter Gebäude	98
Tabelle 5-6: Sanierungspreise Denkmalgeschützte Gebäude	99
Tabelle 5-7: Sanierungsmaßnahmen denkmalgeschütztes Gebäude – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei ausgebautem Dachgeschoss	100
Tabelle 5-8: Sanierungsmaßnahmen denkmalgeschütztes Gebäude – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei nicht ausgebautem Dachgeschoss	100
Tabelle 5-9: U-Werte und Dämmstoffdicken der Bauteile und deren Sanierungsstufen 1958 - 1968	100
Tabelle 5-10: Einsparungen der Sanierungsstufen der Gebäude zwischen 1958 und 1968	102
Tabelle 5-11: Sanierungspreise nicht denkmalgeschützter Gebäude	102
Tabelle 5-12: Sanierungsmaßnahmen Baualtersklasse 1958 - 1968 – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei ausgebautem Dachgeschoss	103
Tabelle 5-13: Sanierungsmaßnahmen Baualtersklasse 1958 -1968 – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei nicht ausgebautem Dachgeschoss	103
Tabelle 5-14: U-Werte und Dämmstoffdicken der Bauteile und deren Sanierungsstufen 1979 - 1983	103
Tabelle 5-15: Einsparungen der Sanierungsstufen der Gebäude 1979 – 1983	105
Tabelle 5-16: Sanierungsmaßnahmen Baualtersklasse 1979 - 1983 – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei ausgebautem Dachgeschoss	105
Tabelle 5-17: Sanierungsmaßnahmen Baualtersklasse 1979 - 1983 – Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei nicht ausgebautem Dachgeschoss	106
Tabelle 5-18: Prozentuale Primärenergieeinsparung aller Gebäudeklassen	106
Tabelle 5-19: Prozentuale Endenergieeinsparung aller Gebäudeklassen	107
Tabelle 5-20: Prozentuale Nutzenergieeinsparung aller Gebäudeklassen	107

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Untersuchungsgebiet des Quartierskonzeptes Nordstadt	5
Abbildung 1-2: Arbeitspakete des integrierten Quartierskonzeptes	6
Abbildung 2-1: Altersstruktur der Wohngebäude im Quartier	11
Abbildung 2-2: Gebäudenutzung und Denkmalschutz im Quartier	12
Abbildung 2-3: Wärmebedarfsverteilung nach Verbrauchergruppe	15
Abbildung 2-4: Gebäudescharfe Darstellung des Wärmebedarfs	16
Abbildung 2-5: Übersicht der Wärmeerzeuger im Quartier Nordstadt	20
Abbildung 2-6: Energiebilanz im IST-Zustand nach Energieträgern und Verbrauchssektoren	21
Abbildung 2-7: Energiebilanz im IST-Zustand nach Endenergie- und Primärenergieverbrauch	22
Abbildung 2-8: Treibhausgasemissionen im Quartier Nordstadt im IST-Zustand	23
Abbildung 3-1: Impressionen der durchgeführten Veranstaltungen	25
Abbildung 4-1: Anteile der Verbrauchergruppen am Gesamtenergieverbrauch	34
Abbildung 4-2: Anteile Nutzenergie am Endenergieverbrauch privater Haushalte	35
Abbildung 4-3: Primärenergieeinsparung bei Wohngebäuden nach Sanierungsstufen	37
Abbildung 4-4: Endenergieeinsparung bei Wohngebäuden nach Sanierungsstufen	38
Abbildung 4-5: Aufteilung der Gebäudesanierungsstufen nach Szenarien	40
Abbildung 4-6: Anzahl sanierter Gebäude bis 2050 nach Szenarien	41
Abbildung 4-7: Entwicklung der Energieverbräuche nach Energieträgern	42
Abbildung 4-8: Anteile Nutzenergie am Stromverbrauch	47
Abbildung 4-9: Anteile Nutzenergie am Energieverbrauch im Bereich GHD; eigene Darstellung nach WWF Modell Deutschland	49
Abbildung 4-10: Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung	51
Abbildung 4-11: Wärmerückgewinnung mit einem Kreislaufverbundsystem	51
Abbildung 4-12: Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs und Auslegung eines BHKW	52
Abbildung 4-13: Anteile am Strombedarf und Einsparpotenzial im Lebensmittel-Einzelhandel	55
Abbildung 4-14: Anteile am Strombedarf und Einsparpotenzial im Einzelhandel (Non-Food)	58
Abbildung 4-15: Anteile am Strombedarf und Einsparpotenzial in der Gastronomie	61
Abbildung 4-16: Anteile am Strombedarf und Einsparpotenzial in Beherbergungsbetrieben	65
Abbildung 4-17: Strom-Wärme-Diagramm städtischer Gebäude	69

Abbildung 4-18: Solardachkataster Universitätsstadt Marburg-Nordstadt.....	73
Abbildung 4-19: Entwicklung der Wärmeversorgung bis 2050 nach Szenarien	82
Abbildung 4-20: Entwicklung des Gesamtenergieverbrauchs bis 2050 nach Szenarien.....	83
Abbildung 4-21: Entwicklungsszenarien der Treibhausgasemissionen bis 2050	85
Abbildung 5-1: Verbesserung des U-Wertes je cm Dämmdicke.....	97
Abbildung 5-2: Primärenergieeinsparung großes Mehrfamilienhaus vor 1918.....	98
Abbildung 5-3: Primärenergieeinsparung Mehrfamilienhaus 1958 - 1968.....	101
Abbildung 5-4: Primärenergieeinsparung Mehrfamilienhaus 1979 - 1983.....	104
Abbildung 5-5: Karte Fernwärmeausbau	108
Abbildung 5-6: Übersicht Controlling-System	116

Abkürzungsverzeichnis

<u>Abkürzung</u>	<u>Bedeutung</u>
%	Prozent
€	Euro
§	Paragraph
°	Grad
a	Jahr
Abb.	Abbildung
AF	Außenfenster
AG	Aktiengesellschaft
AStA	Allgemeiner Studierendenausschuss
AT	Außentür
AVBFernwärmeV	Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme
AW	Außenwand
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (heute BMVI)
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
bspw.	Beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
C	Celsius
ca.	circa
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid

CO ₂ e	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
d. h.	das heißt
DA	Dach
DIN	Deutsches Institut für Normung
DRK	Deutsches Rotes Kreuz
DVAG	Deutsche Vermögensberatung
e. G.	eingetragene Genossenschaft
e. V.	eingetragener Verein
ebd.	ebenda
EE	erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz
eff.	effektiv
EH	Effizienzhaus
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EN	Europäische Norm
EnEV	Energieeinsparverordnung
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
evtl.	eventuell
EW	Einwohner
f.	folgende
ff.	fortfolgende
g	Gramm
GEMIS	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
GeWoBau	Gemeinnützige Wohnungsbau GmbH
ggf.	gegebenenfalls
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	geografisches Informationssystem
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GMH	großes Mehrfamilienhaus
GWh	Gigawattstunden
h	Stunde
ha	Hektar
Hrsg.	Herausgeber
i. d. R.	in der Regel
IfaS	Institut für angewandtes Stoffstrommanagement
IHK	Industrie- und Handelskammer
inkl.	inklusive
insb.	Insbesondere
insg.	insgesamt
ISO	Internationale Organisation für Normung
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
KD	Kellerdecke
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KfW EH-70/-100/-115/-	KfW Effizienzhaus-70/-100/-115/-160

160	
kg	Kilogramm
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
kW	Kilowatt
kW _{el}	Kilowatt elektrisch
kWh	Kilowattstunde
kWh/a	Kilowattstunden pro Jahr
kWh/m*a	Kilowattstunde pro Meter und Jahr
kWh _{el}	Kilowattstunde elektrisch
kWh _{th}	Kilowattstunde thermisch
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
kW _p	Kilowatt peak
l	Liter
l/a	Liter pro Jahr
LED	Light Emitting Diode
m	Meter
m/s	Meter pro Sekunde
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
max.	maximal
MFH	Mehrfamilienhaus
mind.	mindestens
Mio.	Millionen
mm	Millimeter
Mrd.	Milliarden
MW	Megawatt
MW _{el}	Megawatt elektrisch
MWh	Megawattstunde
MWh/a	Megawattstunden pro Jahr
MWh/ha*a	Megawattstunden pro Hektar und Jahr
MW _p	Megawatt peak
MW _{th}	Megawatt thermisch
n	Anzahl
N ₂ O	Distickstoffoxid (Lachgas)
Nr.	Nummer
o. ä.	oder ähnliches
o. g.	oben genannt
OGD	Obere Geschossdecke
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
örE	öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger
p. a.	pro anno (pro Jahr)
PI-Regler	proportional-integral controller
PV	Photovoltaik

s	Sekunde
s.	siehe
S.	Seite
s.o.	siehe oben
SHK	Sanitär Heizung Klima
sog.	so genannt
spez.	spezifisch
SSM	Stoffstrommanagement
ST	Solarthermie
StuPa	Studierendenparlament
SWM	Stadtwerke Marburg
t	Tonne
t CO ₂ /a	Tonnen Kohlenstoffdioxid pro Jahr
t/a	Tonnen pro Jahr
THG	Treibhausgas
u. a.	unter anderem
u. ä.	und ähnliche
usw.	und so weiter
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
U _w -Wert	U _{window} -Wert
v. a.	vor allem
vgl.	vergleiche
VHS	Volkshochschule
VL/RL	Vorlauf/Rücklauf
W	Watt
W/(m ² K)	Watt pro Quadratmeter und Kelvin
W/(mK)	Watt pro Meter und Kelvin
W/m	Watt pro Meter
WLG	Wärmeleitfähigkeitsgruppe
WLZ	Wärmeleitzahl
WWF	World Wide Fund for Nature
www	world wide web
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil
η	Wirkungsgrad
Σ	Summe

Quellenverzeichnis

AVBFernwärmeV, vom 25.07.2013 (20.06.1980): Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme. Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/avbfernw_rmev/gesamt.pdf, zuletzt geprüft am 18.02.2016.

BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (Hg.) (2013): Anforderungen an energieeffiziente und klimaneutrale Quartiere (EQ). Ein Projekt des Forschungsprogramms "Experimenteller Wohnungs- und Städtebau" des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) betreut vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Stand: Juni 2013. Bonn (Werkstatt, 81). Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-2013111379>.

BMWi (2015): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2014 unter Verwendung aktueller Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), 2015.

BNatSchG, vom 31.08.2015 (29.07.2009): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG). Online verfügbar unter http://www.gesetze-im-internet.de/bnatschg_2009/BJNR254210009.html, zuletzt geprüft am 17.02.2016.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (05.03.2015): Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch bei 27,8 Prozent. Online verfügbar unter <http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilungen,did=694106.html>, zuletzt geprüft am 28.02.2016.

Difu - Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Hg.) (2011): Klimaschutz & Denkmalschutz. Schutz für Klima und Denkmal - kommunale Praxisbeispiele zum Klimaschutz bei denkmalgeschützten Gebäuden. Köln. Online verfügbar unter <http://www.difu.de/publikationen/2011/klimaschutz-denkmalschutz.html>, zuletzt geprüft am 18.02.2016.

Difu - Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Hg.) (2011): Klimaschutz in Kommunen. Praxisleitfaden. Loseblattausgabe. Berlin. Online verfügbar unter <http://www.leitfaden.kommunaler-klimaschutz.de/>, zuletzt geprüft am 28.02.2016.

Difu - Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Hg.) (2012): Jahresbericht 2011. Online verfügbar unter <http://www.difu.de/publikationen/2012/jahresbericht-2011.html>, zuletzt geprüft am 26.02.2016.

DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt; Fraunhofer IWES; Ingenieurbüro für neue Energien (IFNE) (Hg.) (2012): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Schlussbericht. BMU - FKZ 03MAP146. Online verfügbar unter http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Politische_Papiere_anderer/12.03.29.BMU_Leitstudie2011/BMU_Leitstudie2011.pdf, zuletzt geprüft am 16.02.2016.

EEG 2014, vom 29.06.2015 (21.07.2014): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2014). Online verfügbar unter <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/G/gesetz-fuer-den-ausbau-erneuerbarer-energien,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>, zuletzt geprüft am 27.02.2016.

EEWärmeG, vom 20.10.2015 (07.08.2008): Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG). Online verfügbar unter http://www.gesetze-im-internet.de/eew_rmeg/BJNR165800008.html, zuletzt geprüft am 16.02.2016.

Energieagentur Regio Freiburg GmbH; Energieberatungszentrum Stuttgart e.V.; Karlsruher Energie- und Klimaschutzagentur gGmbH; Klimaschutzagentur Mannheim gGmbH (2015): Energetisch sanieren. Ein Leitfaden für Wohnungseigentümergeinschaften. Online verfügbar unter http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Politische_Papiere_anderer/12.03.29.BMU_Leitstudie2011/BMU_Leitstudie2011.pdf, zuletzt geprüft am 24.02.2016.

EnergieAgentur.NRW (2010): Energiesparen in Kirchengemeinden. Ein praktischer Leitfaden. EnergieAgentur.NRW. 2., aktualisierte Aufl. München: oekom-Verlag.

EnEV, vom 24.10.2015 (24.07.2007): Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV). Online verfügbar unter http://www.gesetze-im-internet.de/enev_2007/BJNR151900007.html, zuletzt geprüft am 16.02.2016.

Europäische Kommission (08.03.2011): Klimawandel: Kommission legt Fahrplan für die Schaffung eines wettbewerbsfähigen CO₂-armen Europa bis 2050 vor. Brüssel / Straßburg. Online verfügbar unter http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-272_de.htm, zuletzt geprüft am 16.02.2016.

Fritsche, Uwe R.; Rausch, Lothar: GEMIS. Version 4.93: Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS). Online verfügbar unter <http://www.iinas.org/gemis-download-de.html>, zuletzt geprüft am 26.02.2016.

Greenpeace e.V. (Hg.) (2009): Klimaschutz: Plan B 2050. Energiekonzept für Deutschland. Energie. Online verfügbar unter https://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/publikationen/Plan_B_Langfassung.pdf, zuletzt geprüft am 23.02.2016.

Ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg; Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung; Prognos AG; Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (2011): Endbericht Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative. Heidelberg, Karlsruhe, Berlin, Osnabrück, Freiburg. Online verfügbar unter http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/NKI_Endbericht_2011.pdf, zuletzt geprüft am 24.02.2016.

InWIS - Forschung & Beratung GmbH (2013): Wohnungsmarktanalyse. Universitätsstadt Marburg. Bochum. Online verfügbar unter <http://alt.marburg.de/sixcms/media.php/19/Wohnungsmarktanalyse%20Marburg%20InWIS.pdf>, zuletzt geprüft am 16.02.106.

IPCC (2008): Climate Change 2007: Synthesis report. a report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC. Online verfügbar unter http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf, zuletzt geprüft am 20.02.2016.

IWU - Institut Wohnen und Umwelt (2015): Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. Unter Mitarbeit von Tobias Loga, Britta Stein, Nikolaus Diefenbach und Rolf Born. neue Ausg. Darmstadt: Wohnen und Umwelt.

IZES gGmbH - Institut für ZukunftsEnergieSysteme (2015): Nutzeneffekte von Bürgerenergie. Eine wissenschaftliche Qualifizierung und Quantifizierung der Nutzeneffekte der Bürgerenergie und ihrer möglichen Bedeutung für die Energiewende. Unter Mitarbeit von Eva Hauser, Jan Hildebrand, Barbara Dröschel, Uwe Klann und Sascha Heib. Saarbrücken. Online verfügbar unter http://laneg.de/fileadmin/media/dokumente/Aktuelles/Studie_Nutzeneffekte_von_Buergerenergie_20150916.pdf, zuletzt geprüft am 16.02.2016.

Magistrat der Universitätsstadt Marburg (2011): Integriertes Klimaschutzkonzept für die Universitätsstadt Marburg. Online verfügbar unter <https://www.marburg.de/portal/seiten/klimaschutzkonzept-900000629-23001.html>, zuletzt geprüft am 24.02.2016.

Magistrat der Universitätsstadt Marburg (2013): Innovatives Klimaschutz-Teilkonzept der Universitätsstadt Marburg. Marburg. Online verfügbar unter <https://www.marburg.de/portal/seiten/innovatives-klimaschutz-teilkonzept-900000634-23001.html>, zuletzt aktualisiert am Dez. 2013, zuletzt geprüft am 18.02.2016.

Magistrat der Universitätsstadt Marburg (2013): Klimaschutz-Teilkonzept Erneuerbare Energien. Erschließung der verfügbaren Erneuerbaren Energien Potenziale. für die Universitätsstadt Marburg. Marburg. Online verfügbar unter <https://www.marburg.de/leben-in-marburg/umwelt->

klima/klimaschutz/klimaschutzkonzept/teilkonzept-erneuerbare-energien/, zuletzt geprüft am 24.02.2016.

Öko-Institut e.V.; Fraunhofer ISI (2015): Klimaschutzscenario 2050. 2. Endbericht. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Berlin. Online verfügbar unter <http://www.oeko.de/publikationen/p-details/klimaschutzscenario-2050-2/>, zuletzt geprüft am 23.02.2016.

Prognos AG; Öko-Institut e.V. (Hg.) (2009): Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050. Vom Ziel her denken. WWF Deutschland. Basel / Berlin. Online verfügbar unter http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Modell_Deutschland_Endbericht.pdf, zuletzt geprüft am 23.02.2016.

TU Darmstadt Fachbereich Architektur Fachbereich Entwerfen und Energieeffizientes Bauen (2012): Energetische Stadterneuerung, Marburg. Eine Primärenergiereduktion um 50%. Online verfügbar unter http://www.ee.architektur.tu-darmstadt.de/media/architektur/fachgruppe_c/ee/10action/10action_konferenz_wp7/presentationen/05_EU2020_MGreiner_Freigabe2.pdf, zuletzt aktualisiert am 12.09.2012, zuletzt geprüft am 24.02.2016.

Umweltbundesamt (2010): Energieziel 2050. 100% Strom aus erneuerbaren Quellen. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/energieziel_2050.pdf, zuletzt geprüft am 23.02.2016.

Universitätsstadt Marburg (2014): Abschlussbericht Integriertes Energetisches Quartierskonzept Richtsberg. Ein Teilkonzept zum Klimaschutz in der Universitätsstadt Marburg im Rahmen des Förderprogramms 432 der KfW Bankengruppe. Marburg. Online verfügbar unter <https://www.marburg.de/leben-in-marburg/umwelt-klima/klimaschutz/energiekonzept-richtsberg/>, zuletzt geprüft am 16.02.2016.

Universitätsstadt Marburg; Philipps Universität Marburg; Technische Universität Darmstadt (2011): Modellvorhaben Energetische Stadterneuerung Marburg an der Lahn. im Rahmen des "Experimentellen Wohnungs- und Städtebaus (ExWoSt)" des BMVBS/BBSR. Online verfügbar unter http://alt.marburg.de/sixcms/media.php/19/Endbericht_Energetische_Stadterneuerung_Marburg_an_der_Lahn%20PDF.pdf, zuletzt geprüft am 18.02.2016.

Webseite Bayerisches Landesamt für Umwelt: Energie sparen bei Kälteanlagen im Lebensmittelhandel unter, http://www.lfu.bayern.de/energie/co2_minderung/doc/lebensmittel.pdf, letzter Zugriff am 12.04.2016.

Webseite DEHOGA Energiesparen leicht gemacht: unter http://www.dehoga-bundesverband.de/fileadmin/Startseite/05_Themen/Energie/Broschuere_Energiesparen_leicht_gemacht_Okt_2012_final.pdf, letzter Zugriff am 12.04.2016.

Webseite Energie.ch Gastronomie: <http://energie.ch/gastro>, letzter Zugriff am 12.04.2016

Webseite Energie.ch Hotel: <http://energie.ch/hotel>, letzter Zugriff am 12.04.2016

Webseite Energie.ch Lebensmittel Einzelhandel: <http://energie.ch/laden>, letzter Zugriff am 12.04.2016.

Webseite energieeffizienz-im-betrieb.net: www.energieeffizienz-im-betrieb.net/energiekosten-unternehmen/energiesparen-einzelhandel.html, letzter Zugriff am 13.04.2016.

Webseite proklima Hannover: <http://www.proklima-hannover.de/>, letzter Zugriff am 12.04.2016.

Webseite Viessmann:

http://images.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.bhkw.de%2Fcontent%2Fdam%2Finter-net_bhkw%2Fimages%2Fwas-ist-bhkw%2F51644.gif&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.bhkw.de%2Fde%2FWann_ist_ein_BHKW_sinn_voll.html&h=337&w=570&tbnid=4jMumzCnybo0tM%3A&docid=QxfXGB6oibACFM&ei=JewMV8DkPM TfUcKXh-pAE&tbm=isch&iact=rc&uact=3&dur=720&page=1&start=0&ndsp=38&ved=0ahUKEwiAi9vyjonMAhXEbxQKHcKLAUIQMwgdKAAwAA, letzter Zugriff am 12.04.2016.

Wuppertal Institut (2014) für Klima, Umwelt, Energie GmbH (Hrsg.), Achim Hamann: Klimaschutzstrategien für Nichtwohngebäude in Stadtquartieren - Bestandsmodellierung und CO₂-Minderungsszenarien am Beispiel Wuppertal. oekom Verlag: München, 2014.