

Stadt Gelsenkirchen

ENERGIEKONZEPT WALDQUARTIER



Endbericht Oktober 2015

Auftragnehmer

Gertec GmbH Ingenieurgesellschaft
Martin-Kremmer-Str. 12
45327 Essen
Telefon: +49 [0]2 01 24 564-0

in Zusammenarbeit mit

Jung Stadtkonzepte
Stadtplaner und Ingenieure Partnerschaftsgesellschaft
Venloer Straße 151, 50672 Köln
www.jung-stadtkonzepte.de

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Zusammenfassung | 6 |
| 1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung | 8 |
| 2 Energetische Bewertung der städtebaulichen Ausgangssituation (Jung Stadtkonzepte) | 8 |
| 2.1 Kompaktheit der Siedlung | 10 |
| 2.2 Stellung der Baukörper und Orientierung der Fassaden zur Sonne | 11 |
| 2.3 Anordnung der Baukörper und Vermeidung gegenseitiger Verschattung | 12 |
| 3 Einschätzung der Lagequalitäten (Jung Stadtkonzepte) | 13 |
| 4 Energetische Gebäudestandards | 15 |
| 4.1 Grundlagen und Definition der Standards | 15 |
| 4.2 Konstruktive Ausführung | 17 |
| 4.2.1 EnEV 2016 und 1. Stufe KfW-Förderung 2016 | 17 |
| 4.2.2 EnEV 2020 | 21 |
| 4.2.3 Gegenüberstellung der U-Werte | 23 |
| 4.3 Bauliche Mehrkosten | 24 |
| 4.3.1 EnEV 2016 und 1. Stufe KfW-Förderung 2016 | 24 |
| 4.3.2 EnEV 2020 | 24 |
| 4.4 Energiebedarf der Haustypen | 27 |
| 4.4.1 Norm- und Planwerte | 27 |
| 4.4.2 Energiebedarf für Heizung und Warmwasser | 27 |
| 4.4.3 Strombedarf für übrige Anwendungen | 29 |
| 5 Heizsystem-Varianten | 30 |
| 5.1 Referenzsystem Gasheizung | 30 |
| 5.2 Erdsonden-Wärmepumpen | 30 |
| 5.3 Luft-Wärmepumpen | 32 |
| 5.4 Nahwärmelösung mit BHKW-Zentrale | 33 |
| 5.5 Nahwärmelösung mit Holzpellet-Zentrale | 36 |
| 6 Stromerzeugung mit PV-Anlagen | 36 |
| 6.1 Vorbemerkung | 36 |
| 6.2 PV und Dachformen | 37 |
| 6.3 Wirtschaftlichkeit | 40 |

| | | |
|------|---|----|
| 7 | Systemvergleich Gebäude und Heizung | 40 |
| 7.1 | Berechnungsmethodik Wirtschaftlichkeit | 40 |
| 7.2 | Energiepreise | 41 |
| 7.3 | Ergebnisse Wirtschaftlichkeit | 41 |
| 7.4 | CO ₂ -Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren | 43 |
| 7.5 | CO ₂ -Emissionen | 44 |
| 8 | CO ₂ -Bilanz Waldquartier gesamt | 46 |
| 8.1 | Bilanzierung nach Bauphasen und Standards | 46 |
| 8.2 | Voraussetzungen für eine Null-Emissionssiedlung | 47 |
| 8.3 | Exkurs: Erfahrungen aus dem Baugebiet Graf Bismarck | 49 |
| 9 | Empfehlungen | 50 |
| 9.1 | Anforderungen an den Energiestandard | 50 |
| 9.2 | PV-Pflicht | 50 |
| 9.3 | Beratung Stromsparen und Ökostrom | 51 |
| 9.4 | Umsetzungsbegleitung | 51 |
| 10 | Sicherung der Qualitäten des Energiekonzepts in der Umsetzungsphase (Jung Stadtkonzepte) | 51 |
| 10.1 | Siedlungsberatung: Das Energiekonzept im Umsetzungsprozess | 52 |
| 10.2 | Energienahe Angebote und Dienstleistungen | 52 |
| 11 | Smart-Grid | 54 |
| 11.1 | Einführung | 54 |
| 11.2 | Relevanz für das Waldquartier | 57 |

Dieser Bericht darf nur unverkürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung, auch auszugsweise, bedarf der Genehmigung durch die Verfasserin.

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|---------------|---|----|
| Abbildung 1: | Gebäudetypen des Massenmodells - Variante Pult- und Flachdach | 9 |
| Abbildung 2: | Plan Gebäudetypen Variante 1 | 10 |
| Abbildung 3: | Plan Gebäudetypen Variante 2 | 10 |
| Abbildung 4: | Plan Kompaktheit und A/V-Verhältnis | 11 |
| Abbildung 5: | Gebäudestellung und Endenergiebedarf | 12 |
| Abbildung 6: | Verschattung Mitte Oktober, 16.00 Uhr | 13 |
| Abbildung 7: | Verschattung Mitte Oktober, 12.00 Uhr | 13 |
| Abbildung 8: | Einschätzung der Lagequalitäten aus Nutzersicht | 15 |
| Abbildung 9: | Monatsmitteltemperaturen im Vergleich | 27 |
| Abbildung 10: | Lärmpegel Waldquartier | 32 |
| Abbildung 11: | übliche Schalleistungspegel von Luftwärmepumpe Stand 2011 | 33 |
| Abbildung 12: | Nahwärmeversorgung des Beispiel-Cluster | 35 |
| Abbildung 13: | mögliche Anordnung von PV-Modulen auf einem Pultdach | 37 |
| Abbildung 14: | relative Erträge von PV-Modulen | 39 |
| Abbildung 15: | Vollkostenvergleich EFH für EnEV 2016 | 42 |
| Abbildung 16: | Vollkostenvergleich EFH für 1. Stufe KfW | 42 |
| Abbildung 17: | Vollkostenvergleich EFH für EnEV 2020 | 43 |
| Abbildung 18: | Emissionsvergleich EFH für EnEV 2016 | 45 |
| Abbildung 19: | Emissionsvergleich EFH für 1. Stufe KfW | 45 |
| Abbildung 20: | Emissionsvergleich EFH für EnEV 2020 | 46 |
| Abbildung 21: | Primärenergieverbrauch Graf Bismarck (Anzahl je Klasse) | 49 |
| Abbildung 22: | Transmissionswärmeverlust Graf Bismarck (Anzahl je Klasse) | 49 |
| Abbildung 23: | Schema Verteilnetzebene ohne Smart Grid | 55 |
| Abbildung 24: | Schema Verteilnetzebene mit Smart Grid | 56 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabelle 1: | U-Werte der Varianten | 23 |
| Tabelle 2: | Flächen der Gebäudetypen | 24 |
| Tabelle 3: | Bauliche Mehrkosten EnEV 2020 zu 1. Stufe KfW – Einfamilienhaus | 25 |
| Tabelle 4: | Bauliche Mehrkosten EnEV 2020 zu 1. Stufe KfW – Doppelhaushälfte | 25 |
| Tabelle 5: | Bauliche Mehrkosten EnEV 2020 zu 1. Stufe KfW – Reihenmittelhaus | 26 |
| Tabelle 6: | Bauliche Mehrkosten EnEV 2020 zu 1. Stufe KfW – Reihenendhaus | 26 |
| Tabelle 7: | Wärmebedarfskennwerte der Haustypen | 28 |
| Tabelle 8: | Wärmebedarf der Wohnbebauung | 29 |
| Tabelle 9: | Stromverbrauchsanteile nach Anwendungsart und Haushaltsgröße | 29 |
| Tabelle 10: | Wärmepreis Nahwärmeversorgung mit BHKW | 35 |
| Tabelle 11: | Wärmepreis Nahwärmeversorgung mit Holzpellettheizung | 36 |
| Tabelle 12: | Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage | 40 |
| Tabelle 13: | Energiepreise Stand 2014 | 41 |
| Tabelle 14: | Primärenergiefaktoren Strom | 43 |
| Tabelle 15: | verwendete CO ₂ -Faktoren | 44 |
| Tabelle 16: | CO ₂ -Bilanz Waldquartier in drei Varianten | 47 |
| Tabelle 17: | CO ₂ -Bilanz Waldquartier in der Kombination von Gebäudestandards und PV-Erzeugung | 48 |

Zusammenfassung

Die Erarbeitung des Energiekonzepts orientierte sich an der Ausgangsfragestellung:

- Kann für das neue Waldquartier das Ziel einer „Nullemissionssiedlung“ wärmeseitig erreicht werden und
- wenn ja, mit welchen Maßnahmen kann dies erreicht werden?

Die Bearbeitung hat gezeigt, dass es möglich ist, eine Nullemissionssiedlung zu realisieren.

Das Modell ruht dabei auf vier Säulen:



1. Säule: Reduzierung Energiebedarf

Die energetische Qualität der Gebäude zum Zeitpunkt des Bauantrags muss immer der ersten Förderstufe der KfW bezogen auf die zum Zeitpunkt des Bauantrags geltende Energieeinsparverordnung entsprechen.

Erläuterung

Die baukonstruktive Umsetzung ist sowohl im Massivbau als auch im Holzrahmenbau mit akzeptablen Wandstärken möglich. Die Orientierung an der ersten Förderstufe der KfW stellt sicher, dass die Mehraufwendungen bei der Errichtung der Gebäude finanzierbar sind.

Bei der Untersuchung der Heizsysteme hat sich keines der Systeme als so eindeutig besser als die übrigen dargestellt, so dass keine Vorgaben hinsichtlich möglicher Heizsysteme vorgesehen sind.

Die Anforderung gilt bis zu einer erneuten Novellierung und Verschärfung der Energieeinsparverordnung 2014/2016 (angekündigt für 2020).

2. Säule: Lokale erneuerbare Energieerzeugung

Auf jedem Gebäude muss eine PV-Anlage mit mindestens 23 W_P/qm Wohnfläche errichtet werden.

Erläuterung

Auch bei reduziertem Energiebedarf fallen CO₂-Emissionen in einem Umfang an, der eine deutliche lokale erneuerbare Energieerzeugung erfordert, wenn das Ziel der Nullemissionssiedlung erreicht werden soll.

Dies ist im Waldquartier nur mit Photovoltaik-Anlagen in relevantem Umfang möglich.

Die Forderung nach den 23 W_P/qm Wohnfläche, die im Mittel einer Leistung von 3,4 kW_P je Gebäude entspricht, gilt grundsätzlich für alle Häuser im Waldquartier.

Nur Häuser, die nachweislich durch Baumbestand verschattet sind, können im Einzelfall von der PV-Pflicht befreit werden.

3. Säule: Sensibilisierung für Stromverbrauch

Jeder Bauherr ist verpflichtet, ein Energieberatungsgespräch wahrzunehmen, welches im Zuge des Umsetzungsmanagements kostenlos angeboten wird.

Inhalt ist u.a. eine genaue Betrachtung der verschiedenen Angebote von Energielieferanten und den Strom-Tarifen sowie eine Beratung zu Stromverbräuchen und Einsparpotenzialen bei Haushaltsgeräten

Erläuterung

Die Nullemissionssiedlung ist nur definiert mit Bezug auf den Wärmeverbrauch für Heizung und Warmwasser. Der Stromverbrauch für die übrigen Anwendungen kommt aber ebenfalls eine erhebliche Bedeutung für die Emissionsbilanz des Gebietes zu. Eine direkte Einflussnahme z.B. über vertragliche Regelungen ist aber nicht gegeben, daher soll über ein kostenloses Beratungsangebot zum Thema Ökostrom und Stromsparpotenziale zumindest eine Sensibilisierung der neuen Bewohner erreicht werden.

4. Säule: Gestaltung der Umsetzung

Es wird ein Energieentwicklungsmanagement eingesetzt mit den Aufgaben Projektsteuerung, Qualitätssicherung, Marketing.

Zusätzlich werden seitens der Stadt Gelsenkirchen ein begleitendes Energieberatungsangebot sowie weitere Unterstützungsangebote in Form von Dienstleistungsangeboten (z.B. PV-/Wärme-Contracting, Einkaufsgemeinschaften) organisiert.

In 2018 erfolgt ein Monitoring zur Zielerreichung und ggf. eine Anpassung der Anforderungen.

1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Der Bereich der ehemaligen Kinderklinik an der Westerholter Straße in Gelsenkirchen-Buer, ca. 1 km vom Zentrum Buer entfernt, soll einer neuen Wohnnutzung zugeführt werden. Dabei sollen Wohnangebote für unterschiedlichen Wohnformen an verschiedenen Standorten des Quartiers in aufgelockerter Form und mit repräsentativen Grundstücksgrößen entstehen.

Im Rahmen eines städtebaulichen Wettbewerbs wurden entsprechende konzeptionelle Grundlagen für das spätere Bebauungsplanverfahren gelegt und unterschiedliche Typen von Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern sowie eine Quartiersstruktur entwickelt.

Im Rahmen des Wettbewerbs wurden auch die möglichen Eckpunkte für ein Energiekonzept entwickelt, welches in ein wirtschaftlich tragbares und ökologisch optimiertes Energiekonzept überführt werden soll. Dieses integrierte Energiekonzept soll mit der Zielsetzung eines rechnerischen Null-Energie-Standards für das Gesamtquartier erstellt werden.

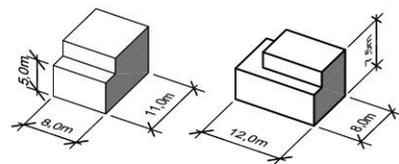
2 Energetische Bewertung der städtebaulichen Ausgangssituation (Jung Stadtkonzepte)

Der städtebauliche Entwurf, dessen Einbindung in die räumlichen Gegebenheiten des Quartiers und die geplanten Gebäudetypologien werden bewertet. Der städtebauliche Entwurf beeinflusst den Energiebedarf und die Möglichkeiten der Energieversorgung durch sein räumlich gestalterisches Konzept. Das städtebauliche Konzept wurde durch Jung Stadtkonzepte mit Hilfe eines städtebaulichen Massenmodells bewertet. Das Massenmodell erlaubt die energetische Bewertung des Städtebaus anhand folgender Kriterien:

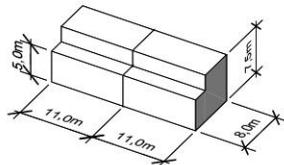
- **Kompaktheit:** Die städtebauliche Kompaktheit ergibt sich aus der beabsichtigten städtebaulichen Dichte und der Kompaktheit des Baukörpers. Das Maß für die Kompaktheit des Baukörpers ist das A/V - Verhältnis, also das Verhältnis zwischen Außenhülle und Gebäudevolumen. Es wird bestimmt durch die Geometrie des Gebäudes mit Grundfläche, Tiefe, Höhe und Dachform.
- **Stellung der Baukörper und Orientierung der Fassaden zur Sonne:** Die Stellung der Baukörper und deren Orientierung zur Sonne ist ausschlaggebend für die passive Solarenergienutzung. Im Rahmen der Analyse wird hierzu die Abweichung der Gebäude von der optimalen Südorientierung ermittelt.
- **Anordnung der Baukörper und Vermeidung gegenseitiger Verschattung:** Neben der Orientierung der Gebäude ist die Verschattungsfreiheit wichtiges Kriterium für die Ausnutzung solarer Potenziale. Im Rahmen der Analyse wurde unter Verwendung eines städtebaulichen dreidimensionalen Massenmodells eine Verschattungssimulation durchgeführt und die jeweiligen Verschattungen der einzelnen Siedlungscluster simuliert.

Das dreidimensionale Massenmodell der Siedlung Waldquartier dient zur energetisch-räumlichen Einschätzung der Siedlung Waldquartier und ihrer Attribute in Bezug auf Fläche und Volumina. Bisher wurden zwei Varianten des städtebaulichen Entwurfs in das Massenmodell eingearbeitet. Das Massenmodell ist dynamisch und fortschreibbar angelegt und kann im weiteren Projektverlauf verfeinert und an weitere planerische Varianten angepasst werden. Die folgende Abbildung 1 gibt die vereinfachten dreidimensionalen Gebäudetypen des Massenmodells wieder. Im weiteren Projektverlauf werden diese noch um eine Variante mit Satteldächern erweitert.

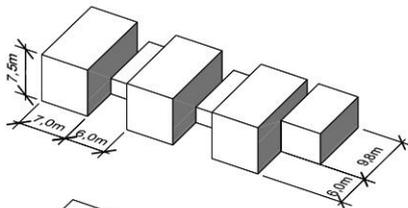
Zur Methodik des Massenmodells: Das Massenmodell ist unterteilt in die Bauabschnitte I bis VI und jeweils untergliedert in die Nummer der Wohneinheit, den Gebäudetyp, die Bruttogrundstücksfläche (m²), die Grundfläche der Wohneinheit (m²), die Grundfläche des Gebäudes, das Volumen des Gebäudes und in das Verhältnis der beiden letztgenannten Komponenten (A/V-Verhältnis). Die Bruttogrundstücksfläche gibt die Grundfläche des Grundstücks in Quadratmetern ohne Abzüge an. Die Grundfläche der Wohneinheit gibt die Fläche des Gebäudes an, welche es auf der Bruttogrundstücksfläche einnimmt. Die Hüllfläche stellt die Außenhülle des Gebäudes dar, wobei die Kellerdecke nicht berücksichtigt wird.



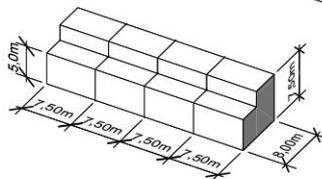
Volumenkörper Einzelhaus
2 Vollgeschosse mit
Staffelgeschoss (EFH)



Volumenkörper Doppelhaus
2 Vollgeschosse mit
Staffelgeschoss (DHH)



Volumenkörper Kettenhaus (KH)
3 Vollgeschosse



Volumenkörper Reihenhaus
2 Vollgeschosse mit
Staffelgeschoss (RH)

Abbildung 1: Gebäudetypen des Massenmodells - Variante Pult- und Flachdach

Die folgenden Pläne zeigen die Verteilung der Gebäudetypen in der Siedlung in zwei Varianten sowie die Bauabschnitte I bis VI und geben die Ergebnisse der räumlichen Auswertung für die im weiteren Projektverlauf maßgebliche städtebauliche Variante 2 wieder.



Abbildung 2: Plan Gebäudetypen Variante 1



Abbildung 3: Plan Gebäudetypen Variante 2

2.1 Kompaktheit der Siedlung

Der folgende Plan gibt das A/V-Verhältnis des Städtebaus der Variante 2 wieder. Das A/V-Verhältnis ist der Quotient aus der Hüllfläche und dem Volumen der Gebäude des Massenmodells. Dieses Verhältnis ist von Bedeutung für die Abkühlungsgeschwindigkeit eines Körpers. Bei wachsendem Volumen nimmt das A/V-Verhältnis ab. Das heißt, umso geringer das A/V-Verhältnis ist, desto besser ist der Energiehaushalt des Gebäudes. Es muss z.B. weniger geheizt werden, da das Gebäude die Wärme langsamer

abgibt. Die Abbildung zeigt, dass das A/V-Verhältnis der Siedlung je nach Gebäudetyp differiert, jedoch grundsätzlich für die gewählte Gebäudetypologie als noch günstig einzustufen ist. Im gesamten Bestand bleibt der Wert unter 0,8. Die Einfamilienhäuser weisen größtenteils einen Wert $>0,75$ auf, vereinzelt jedoch auch niedrigere Werte. Ketten- und Reihenhäuser weisen hierbei die niedrigsten Werte von $<0,6$ auf. Insbesondere bei den Einfamilienhäusern sollte das A/V-Verhältnis weiterer Planungsvarianten im Massenmodell geprüft werden. Das Massenmodell lässt auch hier eine schrittweise Prüfung für die gesamte Siedlung zu. Die Vorgaben des Planungsleitfadens "100 Klimaschutzsiedlungen in NRW" von einem A/V-Verhältnis kleiner $< 0,65$ wird jedoch nur im Bauabschnitt Ib (Kettenhaustypen) erfüllt.



Abbildung 4: Plan Kompaktheit und A/V-Verhältnis

2.2 Stellung der Baukörper und Orientierung der Fassaden zur Sonne

Auf dem folgenden Plan wird auf Grundlage der Nord-Süd Ausrichtung der Gebäude der daraus resultierende (erhöhte) Endenergiebedarf einzelner Gebäude dargestellt. Es wird davon ausgegangen, dass eine optimale Südausrichtung den Endenergiebedarf reduziert. Bei der Ausrichtung der Gebäude ist die graduelle Abweichung der Hauptfassade von der Südausrichtung relevant. Je nach Abweichung erhöht sich der Endenergiebedarf. 100% stellen in diesem Fall also einen verminderten Energieaufwand dar. Auf dem Plan sind dies die grün gekennzeichneten Häuser, die nahezu ganztägig frontale Sonneneinstrahlung auf die Längsseite des Hauses erhalten. Diese Gebäude kommen mit 8%, 5,4%, 5,1% oder 2,3% verringertem Endenergieverbrauch im Vergleich zu den anderen Gebäuden aus. Der Wert der Gebäude, die einen um 8% erhöhten Endenergieverbrauch haben, relativiert angesichts der voraussichtlich gewählten hohen Energiestandards jedoch.



Abbildung 5: Gebäudestellung und Endenergiebedarf

Die allgemeine energetische Situation ist günstig, da ein Großteil der Gebäude nur einen um 2,3% erhöhten Endenergiebedarf hat. Zum Erhalt der städtebaulichen Qualität müssen teilweise kleinere Einbußen bei der energetischen Situation gemacht werden.

2.3 Anordnung der Baukörper und Vermeidung gegenseitiger Verschattung

Bei der Simulation von Verschattung der Gebäude in verschiedenen Varianten ergibt sich eine günstige Situation der Bauabschnitte II-VI. Lediglich im Bauabschnitt I entsteht durch den erhaltenswerten Baumbestand und die Gebäudestellung eine vergleichsweise hohe Verschattung der Fassaden und teilweise auch Dachflächen. Hier wird eine Prüfung im Einzelfall empfohlen.

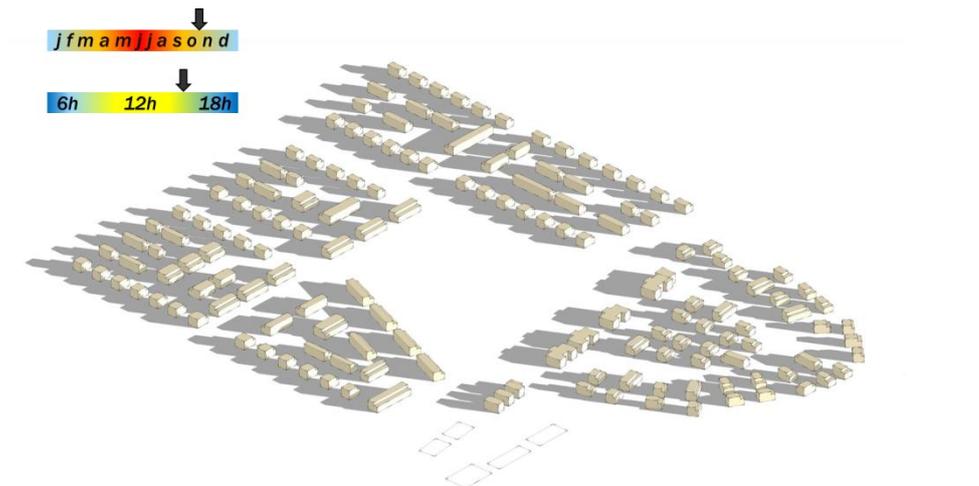


Abbildung 6: Verschattung Mitte Oktober, 16.00 Uhr



Abbildung 7: Verschattung Mitte Oktober, 12.00 Uhr

3 Einschätzung der Lagequalitäten (Jung Stadtkonzepte)

Die Attraktivität der unterschiedlichen Grundstücke und ihrer Bebauung ist stark abhängig von der jeweiligen Nutzergruppe mit ihrem entsprechenden Lebensstil und ihrer individuellen Vorstellung vom Wohnen. Den Nutzer als solchen und damit die Nutzersicht gibt es also genau genommen nicht, es können aber allgemeine Tendenzen und Präferenzen für die Belichtung, die Wohnorientierung, die Orientierung der Freiräume zur Beurteilung der Grundstücksqualität heran gezogen werden. Im Folgenden soll also eine allgemeine Einschätzung der Lagequalität für die Grundstücke im "Waldquartier Gelsenkirchen" vorgenommen werden, wohl wissend, dass die individuelle Einschätzung durchaus eine andere sein kann.

Für die Beurteilung der Lagequalität wurden im Wesentlichen fünf Parameter untersucht und bewertet:

- Die Ausrichtung des Grundstücks
- Der Zuschnitt des Grundstücks
- Das angrenzende Umfeld
- Die Lage und Orientierung der Bebauung
- Die Lage der Erschließung

Die Grundstücke mit ihrer Bebauung wurden in vier Kategorien eingeteilt. Die Kategorien reichen von sehr günstiger und attraktiver Lagequalität über günstige, günstige bis weniger günstige hin zu weniger günstige Lage. Es handelt es sich hierbei um eine allgemeine Einschätzung, die als Grundlage zur Preisgestaltung bei der Veräußerung von Grundstücken dienen kann, die individuellen Bedürfnisse für unterschiedliche Nutzergruppen werden dabei nicht differenziert betrachtet.

Sehr günstig: Das Grundstück hat im Wesentlichen eine Südorientierung. Der überwiegende Teil des Grundstücks liegt in Richtung Süden, der Garten kann optimal genutzt werden. Der Blick ins Grüne ist unverstellt, gewohnt wird in der "ersten Reihe". Die Erschließung erfolgt von Norden und ermöglicht eine Orientierung der Wohnbereiche zum Garten in Richtung Süden.

Günstig: Das Grundstück hat im Wesentlichen eine Süd- oder Südwestorientierung. Der überwiegende Teil des Grundstücks liegt in Richtung Süden oder Südwesten, der Garten kann optimal genutzt werden. Die Erschließung erfolgt von Norden oder Nordosten und ermöglicht eine Orientierung der Wohnbereiche zum Garten in Richtung Süden und Südwesten.

Günstig bis weniger günstig: Das Grundstück hat im Wesentlichen eine Süd-, Südwest- oder Südostorientierung. Der überwiegende Teil des Grundstücks liegt in Richtung Süden, Südwesten oder Südosten. Die Erschließung erfolgt von Osten oder von Westen, was die Südorientierung des Wohnbereichs nicht begünstigt.

Weniger günstig: Das Grundstück hat eine Nord- oder Nordostorientierung. Der überwiegende Teil des Grundstücks liegt in Richtung Norden oder Nordosten. Die Erschließung erfolgt von Süden oder Südwesten. Die Wohnräume orientieren sich entweder in Richtung der Erschließungsseite oder aber in Richtung Norden.

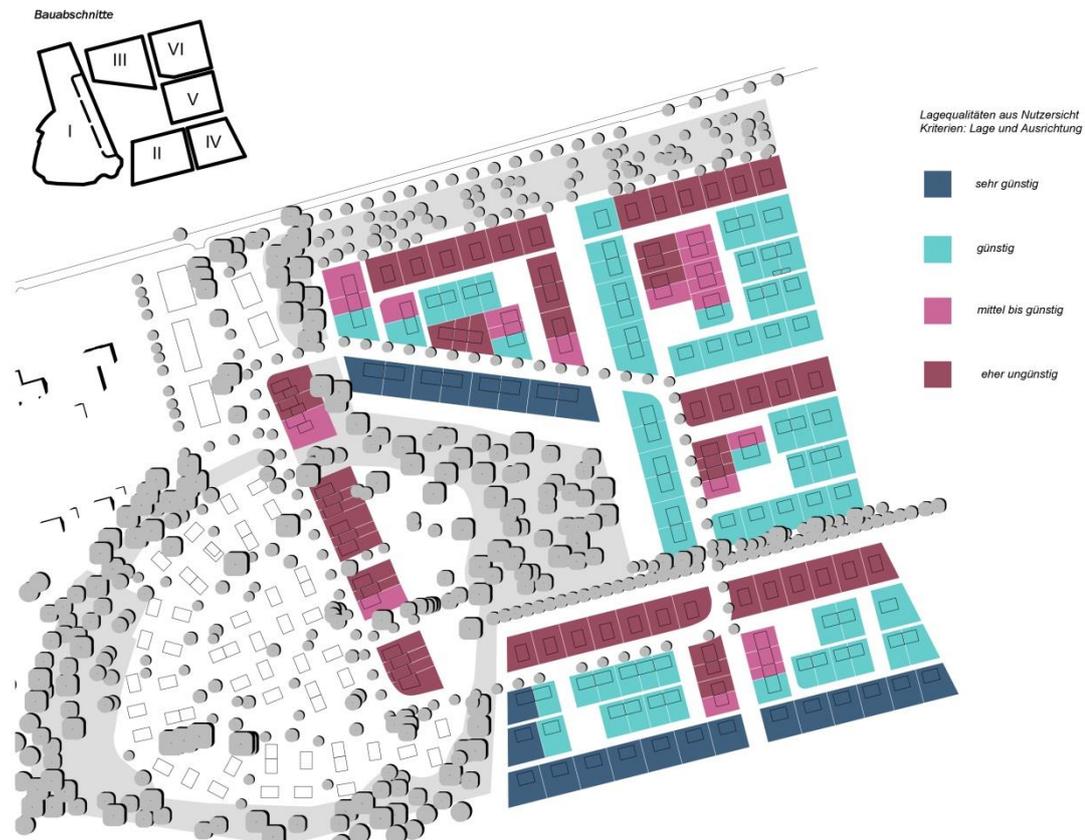


Abbildung 8: Einschätzung der Lagequalitäten aus Nutzersicht

4 Energetische Gebäudestandards

4.1 Grundlagen und Definition der Standards

Die novellierte EnEV wurde am 21.11.2013 im Bundesgesetzblatt veröffentlicht und trat am 01.05.2014 in Kraft. Ab Mai 2014 treten lediglich bestimmte Regelungen bezüglich Energieausweis und Kennzeichnung nach Effizienzklassen in Kraft. Die wichtigsten Änderungen werden erst ab Januar 2016 wirksam. Bis zum 31.12.2015 muss der Kennwert des geplanten Gebäudes nur den Wert des Referenzgebäudes einhalten, ab dem 01.01.2016 gilt der 0,75-fache Wert als Grenzwert. Grundlage für die weitere Bearbeitung der baulichen Standards ist dieser um 25% verschärfte Grenzwert. Dieser ab 2016 geltende Standard, der die EnEV 2009 ablöst, wird im Folgenden als EnEV 2016 bezeichnet.

Für den Neubau im Waldquartier bedeutet dies eine Verschärfung der Anforderungen der EnEV 2009 ab 2016 um 25% bezogen auf den Primärenergiebedarf. Wenn man diese 25%-ige Minderung ohne grundlegende Änderungen bei der Anlagentechnik erreichen will, sind ca. 20% Verbesserungen bei den U-Werten der Bauteile erforderlich. Mit steigender Qualität der Hüllflächen wird der Anteil der Lüftungswärmeverluste am Heizwärmebedarf höher. Während die Ausführung des Referenzgebäudes nur eine einfache Abluftanlage vorsieht, die den rechnerischen Luftwechsel von 0,5 auf 0,4

absenkt, kann über eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) der energetisch wirksame Luftwechsel um 80% reduziert werden.

Es werden drei Gebäudestandards betrachtet, die bei Ausstattung mit dem Referenzheizsystem „Gasbrennwertheizung + Solarkollektor“ die gesetzlichen Anforderungen bzw. die Anforderungen der KfW zur Gewährung von Fördermitteln erfüllen. Die drei Gebäudestandards werden anschließend mit alternativen Heizsystemen kombiniert.

Die verwendeten Standards und Begriffe sind im Folgenden erläutert und zur Klarstellung in der Tabelle nochmals aufgeführt.

EnEV 2016

Dies ist der gesetzliche Mindeststandard ab 2016. Der überwiegende Teil des Baugebietes wird ab 2016 baureif sein, so dass die EnEV 2016 anzuwenden sein wird. Es wird eine Gebäudequalität konzipiert, die in Verbindung mit einer Gasheizung und einer solarthermischen Anlage die EnEV 2016 erfüllt. Nach heutigen Maßstäben (EnEV 2009 bzw. EnEV 2014 vor 2016) entspricht dieser Standard in etwa dem KfW-Effizienzhaus 70.

1. Stufe KfW-Förderung 2016

Als zweiter Gebäude-Energiestandard wird ein Gebäude betrachtet, dass bei sonst gleicher Bauweise mit einer Zu- und Abluftanlage und WRG ausgestattet ist. Aufgrund eines deutlich reduzierten Heizenergieverbrauchs wird dieser Standard voraussichtlich von der KfW in einer ersten Förderstufe ab 2016 gefördert werden. Nach heutigen Maßstäben entspricht dieser Standard dem KfW-Effizienzhaus 55.

EnEV 2020

Am Ende des Zeitraums ab 2020 wird voraussichtlich schon ein weiter verschärfter Standard gelten. Wann diese „EnEV 2020“ kommen wird, steht heute noch nicht fest. Die EU-Gebäuderichtlinie fordert den Standard „Niedrigstenergiegebäude“ ab Dezember 2020. Derartige Gebäude müssen nicht mehr über Heizkörper, Fußbodenheizungen oder andere Flächenheizungen beheizt werden. Für die Beheizung ist eine Erwärmung der Zuluft ausreichend. Nach heutigen Maßstäben entspricht dieser Standard dem KfW-Effizienzhaus 40.

| Kurztitel im folgenden Text verwendet | KfW-Standard in Bezug auf EnEV 2009 und EnEV 2014 bis 2015 | voraussichtliche Bezeichnung ab 2016, ist noch nicht bekannt |
|---------------------------------------|--|--|
| EnEV 2016 | ~ KfW EH 70 | ?? KfW EH 100 Referenzgebäude |
| 1. Stufe KfW | KfW EH 55 | ?? KfW EH 70 |
| EnEV 2020 | KfW EH 40 | ?? KfW EH 55 |

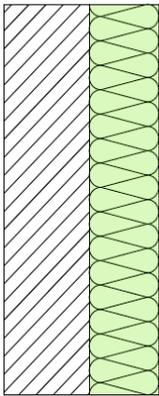
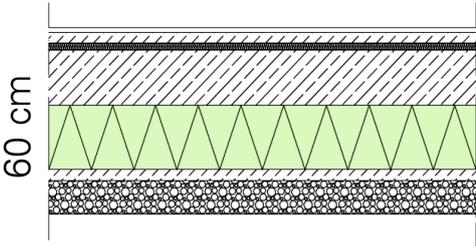
Im Folgenden interessieren diesbezüglich die Folgen auf die Konstruktion der Außenbauteile (Abschnitt 4.2) sowie die damit verbundenen Mehrkosten (Abschnitt 4.3).

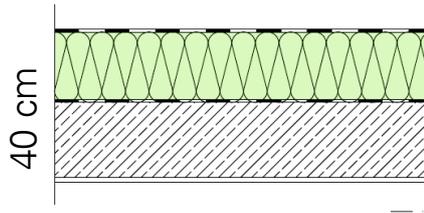
4.2 Konstruktive Ausführung

4.2.1 EnEV 2016 und 1. Stufe KfW-Förderung 2016

Massivbau:

Die EnEV 2016 bildet mit ihrem Standard die Grundlage für die weiteren Ergebnisse. Ihr Standard ist maßgebend und alle weiteren Varianten bauen darauf auf. Um die Ergebnisse leichter vergleichbar zu machen, sind alle Außenbauteile mit dem Wärmedämmstoff Mineralwolle in der Wärmeleitgruppe 035 gedämmt. Zur Erfüllung der Anforderungen an die Außenbauteile der EnEV 2016 werden im Massivbau 160 mm Mineralwolle auf 240 mm Kalksandsteinmauerwerk benötigt. Der einzuhaltende Grenzwert liegt bei $U=0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$, dieser ist mit einem erreichten Wert von $U=0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ erfüllt. Für die Dämmung des Daches sind 200 mm Mineralwolle 035 vorgesehen, um die Anforderungen an das Dach im Standard EnEV 2016 mit $U=0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ zu erfüllen. Die Bauteile gegen Erdreich werden mit 160 mm Perimeterdämmung (WLG 035) gedämmt, erreichen so einen U-Wert von $U=0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ und erfüllen somit ebenfalls die Forderung der EnEV 2016.

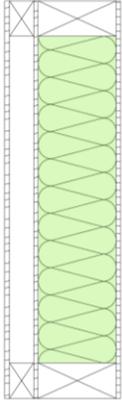
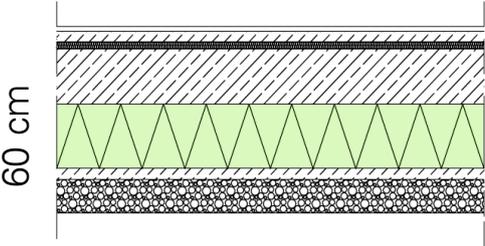
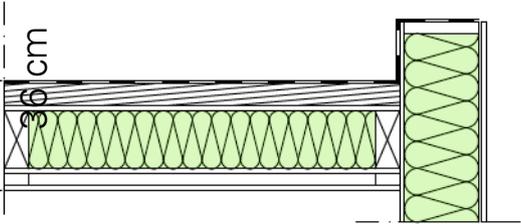
| Bauteilzeichnung | Anforderung |
|--|---|
|  <p style="text-align: center;">40 cm</p> | <p>Mindestanforderung an die Außenwand: $U\text{-Wert} < 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$</p> |
|  <p style="text-align: center;">60 cm</p> | <p>Mindestanforderung gegen Erdreich: $U\text{-Wert} < 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$</p> |



Mindestanforderung an das Dach:
U-Wert < 0,16 W/(m²K)

Holzbau:

Auch für den Holzbau gilt die Anforderung der EnEV 2016 mit einem Grenzwert von $U=0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ für die Außenwand. Dieser wird mit einem Wert von $U=0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ unterschritten durch eine Holzständerkonstruktion mit 240 mm Mineralwolle 035 als Zwischenraumdämmung sowie innenliegender Konstruktionsebene. Für das Dach gilt ebenfalls die Anforderung $U=0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Bei der Decke gegen Erdreich wird der gleiche Aufbau wie beim Massivbau gewählt.

| Bauteilzeichnung | Anforderung |
|--|---|
|  <p style="text-align: center;">28 cm</p> | <p>Mindestanforderung an die Außenwand: $U\text{-Wert} < 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$</p> |
|  <p style="text-align: center;">60 cm</p> | <p>Mindestanforderung gegen Erdreich: $U\text{-Wert} < 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$</p> |
|  <p style="text-align: center;">36 cm</p> | <p>Mindestanforderung an das Dach: $U\text{-Wert} < 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$</p> |

Fenster:

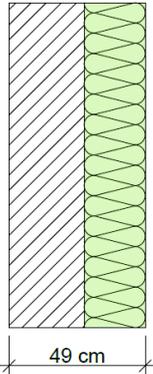
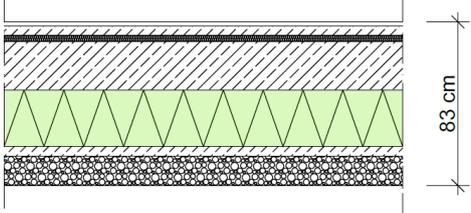
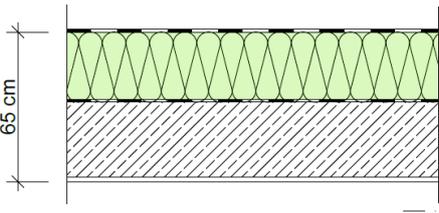
Die Fenster dieses Standards haben einen Wert von $U=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, den es als Grenzwert einzuhalten gilt.

| Bauteilzeichnung | Anforderung |
|--|--|
|  <p>Quelle: Unilux</p> | <p>Mindestanforderung an die Außenfenster: $U\text{-Wert} < 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$</p> |

4.2.2 EnEV 2020

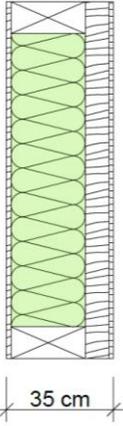
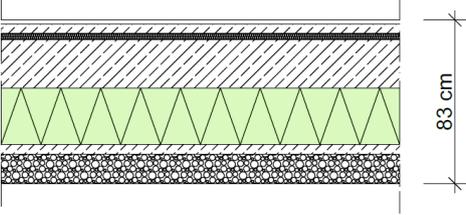
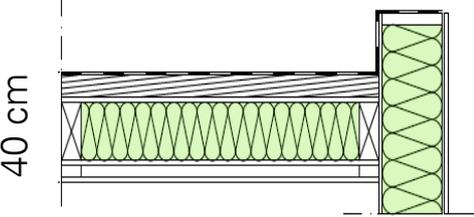
Massivbau:

Dieser Standard geht von einer erneuten Verschärfung der Anforderungen auf Passivhausniveau aus. Der Grenzwert für die Anforderung an die Gebäudehülle beträgt nun $U=0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$, dies hat einen dickeren Wandaufbau durch höhere Dämmstärke zur Folge. Auch hier wird mit Mineralwolle der Wärmeleitgruppe 035 gedämmt. Auf 240 mm Mauerwerk werden zur Erlangung des Grenzwertes 250 mm Wärmedämmung benötigt. Die Anforderungen an die Dachfläche beträgt $U=0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Das Dach wird idealerweise mit 300 mm Mineralwolle 035 ausgestattet, um auch diesen Grenzwert zu erreichen. Die Bauteile gegen Erdreich werden mit 250 mm Perimeterdämmung gleicher Wärmeleitgruppe (035) gedämmt. Bei Einhaltung aller Grenzwerte sind mit Bezug auf die Anforderung der EnEV 2009 (und erste Phase EnEV 2014) diese Aufbauten KfW EH 40 tauglich.

| Bauteilzeichnung | Anforderung |
|---|---|
|  | <p>Mindestanforderung an die Außenwand: $U\text{-Wert} < 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$</p> |
|  | <p>Mindestanforderung gegen Erdreich: $U\text{-Wert} < 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$</p> |
|  | <p>Mindestanforderung an das Dach: $U\text{-Wert} < 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$</p> |

Holzbau:

Um die geforderten Bedingungen auch für den Holzbau zu erfüllen, werden hier 240 mm Mineralwolle der Wärmeleitgruppe 035 in der Außenwand verbaut. Zusätzlich werden 80 mm Holzfaserdämmplatte auf der Außenseite verbaut. Dadurch wird ein Wert erreicht, welcher dem geforderten Grenzwert entspricht. Der Aufbau des Fußbodens gleicht in seiner Materialität dem des Massivbaus. Er wird mit 250 mm Perimeterdämmung der Wärmeleitgruppe 035 den geforderten Mindestwert erreichen. Die hohen Anforderungen haben ebenfalls eine steigende Bauteildicke für das Dach zur Folge. Es wird häufig in Massivbauweise errichtet und mit mindestens 300 mm Mineralwolle der Wärmeleitgruppe 035 ausgestattet. Das Dach kann ebenso in Holzbauweise ausgeführt werden. Dort würden, um den Standard zu erreichen, 240 mm Mineralwolle 035 und 80 mm Holzfaserdämmplatte verbaut.

| Bauteilzeichnung | Anforderung |
|---|--|
|  | <p>Mindestanforderung an die Außenwand: U-Wert < 0,14 W/(m²K)</p> |
|  | <p>Mindestanforderung gegen Erdreich: U-Wert < 0,12 W/(m²K)</p> |
|  | <p>Mindestanforderung an das Dach: U-Wert < 0,10 W/(m²K)</p> |

Fenster:

Der Standard EnEV 2020 hat ebenfalls erhöhte Anforderungen an die Außenfenster zur Folge.

Die Fenster dieses Standards haben einen Grenzwert von $U=0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ und sind mit einer 3-fach Wärmeschutzverglasung versehen.

| Bauteilzeichnung | Anforderung |
|---|--|
| <p>Beispiel für ein geeignetes Fenster von UNILUX</p> | <p>Mindestanforderung an die Außenfenster: $U\text{-Wert} < 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$</p> |

4.2.3 Gegenüberstellung der U-Werte

| | U-Werte EnEV 2016 und 1. Stufe KfW | Verbesserung [%] | U-Werte EnEV 2020 |
|---------|--|---------------------|-----------------------------|
| Wand | 0,22 [W/(m ² K)] | 36 | 0,14 [W/(m ² K)] |
| Boden | 0,28 [W/(m ² K)] | 57 | 0,12 [W/(m ² K)] |
| Dach | 0,16 [W/(m ² K)] | 37 | 0,10 [W/(m ² K)] |
| Fenster | 1,0 [W/(m ² K)] | 20 | 0,8 [W/(m ² K)] |

Tabelle 1: U-Werte der Varianten

4.3 Bauliche Mehrkosten

4.3.1 EnEV 2016 und 1. Stufe KfW-Förderung 2016

Die baulichen Mehrkosten beziehen sich auf den Standard EnEV 2016, da dies die Anforderung ist, welche durch die Energieeinsparverordnung 2016 als Mindestanforderung auf jeden Fall gesetzlich verpflichtend einzuhalten ist. Erst durch erhöhte Grenzwerte entstehen Mehrkosten, welche für die verschiedenen Gebäudetypen relevant werden. Diese Aufstellung der Kosten dient dem Überblick sowie der Veranschaulichung der Relation zwischen Investition und Ertrag.

Bauliche Mehrkosten entstehen auch beim Standard 1. Stufe KfW nicht, dieser wird durch den Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erreicht (siehe Abschnitt 7.3).

4.3.2 EnEV 2020

In der Variante EnEV 2020 entstehen Mehrkosten auf baulicher Seite. Diese kommen durch zusätzlich benötigtes Material zustande, wie z.B. der Schritt von 160 mm Mineralwolle auf 250 mm Mineralwolle hat einen Mehraufwand von 90 mm Material, diese werden in der folgenden Tabelle angegeben. Der dickere Aufbau der Dämmung kann zur Folge haben, dass diese doppelt verlegt werden muss. Dadurch und durch das Einsetzen längerer Dübel steigen auch die Arbeitskosten. Diese sind in den Kosten bereits mit berücksichtigt.

Bei der Betrachtung der Mehrkosten ist es wichtig, dass nur Mineralwolle für die Dämmung der Außenwände verwendet wurde. Sollen geringere Dämmstärken für einen dünneren Aufbau eingesetzt werden, wird hierzu ein Dämmstoff mit besserer Wärmeleitgruppe benötigt. Dieser kann bis zu 20€/m² mehr kosten und spart bis zu 5 cm Aufbau der Konstruktion.

Die Kosten sind abhängig von den Hüllflächen der unterschiedlichen Gebäudetypen. Somit unterscheiden sich die Mehrkosten für das Einfamilienhaus von den Mehrkosten für das Reihenhaus.

| | Einfamilienhaus | Doppelhaus- hälfte | Reihenmittelhaus | Reihenendhaus |
|---------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Wandfläche | 249 m ² | 179 m ² | 110 m ² | 172 m ² |
| Bodenfläche | 88 m ² | 88 m ² | 60 m ² | 60 m ² |
| Dachfläche | 88 m ² | 88 m ² | 60 m ² | 60 m ² |
| Fensterfläche | 50 m ² | 35 m ² | 22 m ² | 30 m ² |

Tabelle 2: Flächen der Gebäudetypen

| Mehrkosten eines Einfamilienhauses EnEV 2020 | | | |
|--|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Bauteil | Zusätzliche Dämmstärke | Fläche m ² | Kosten €/m ² |
| Wand | 9 cm | 249 | 9 € |
| Boden | 9 cm | 88 | 10 € |
| Dach | 10 cm | 88 | 30 € |
| Fenster | 3-fach verglast | 50 | 200 € |
| Eingangstüre | - | - | 600 € |
| Summe | | | 16.400 € |

Tabelle 3: Bauliche Mehrkosten EnEV 2020 zu 1. Stufe KfW – Einfamilienhaus

| Mehrkosten einer Doppelhaushälfte EnEV 2020 | | | |
|---|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Bauteil | Zusätzliche Dämmstärke | Fläche m ² | Kosten €/m ² |
| Wand | 9 cm | 179 | 9 € |
| Boden | 9 cm | 88 | 10 € |
| Dach | 10 cm | 88 | 30 € |
| Fenster | 3-fach verglast | 35 | 200 € |
| Eingangstüre | - | - | 600 € |
| Summe | | | 12.700 € |

Tabelle 4: Bauliche Mehrkosten EnEV 2020 zu 1. Stufe KfW – Doppelhaushälfte

| Mehrkosten eines Reihenmittelhauses EnEV 2020 | | | |
|---|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Bauteil | Zusätzliche Dämmstärke | Fläche m ² | Kosten €/m ² |
| Wand | 9 cm | 110 | 9 € |
| Boden | 9 cm | 60 | 10 € |
| Dach | 10 cm | 60 | 30 € |
| Fenster | 3-fach verglast | 22 | 200 € |
| Eingangstüre | - | - | 600 € |
| Summe | | | 8.400 € |

Tabelle 5: Bauliche Mehrkosten EnEV 2020 zu 1. Stufe KfW – Reihenmittelhaus

| Mehrkosten eines Reihenendhauses EnEV 2020 | | | |
|--|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Bauteil | Zusätzliche Dämmstärke | Fläche m ² | Kosten €/m ² |
| Wand | 9 cm | 172 | 9 € |
| Boden | 9 cm | 60 | 10 € |
| Dach | 10 cm | 60 | 30 € |
| Fenster | 3-fach verglast | 30 | 200 € |
| Eingangstüre | - | - | 600 € |
| Summe | | | 10.600 € |

Tabelle 6: Bauliche Mehrkosten EnEV 2020 zu 1. Stufe KfW – Reihenendhaus

Die baulichen Mehrkosten für den Standard EnEV 2020 zu 1. Stufe KfW belaufen sich im Mittel auf 12.000 €. Diese steigen bei besonderen Anforderungen wie schlankere Außenwände. Diese sind durch einen erneuten Mehrkostenaufwand von bis zu ca. 30 €/m² für Wärmedämmung mit besserer Wärmeleitgruppe zu erreichen.

4.4 Energiebedarf der Haustypen

Aus dem städtebaulichen Rahmenplan (Entwurf von rha Stand 14.1.2014) sind die folgenden vier Haustypen mit ihren vorgesehenen Abmessungen übernommen worden:

- EFH mit 156 m² Wohnfläche
- DHH mit 158 m² Wohnfläche
- RH mit 106 m² Wohnfläche
- MFH mit 156 m² Wohnfläche

4.4.1 Norm- und Planwerte

Für die öffentlich-rechtlichen Nachweise (EnEV, KfW) werden normierte Energiebedarfswerte errechnet, die für standardisierte Randbedingungen der Nutzung und des Klimas Gültigkeit haben.

Die EnEV 2009 bezieht sich auf den Referenzklimastandort Würzburg. In der neuen EnEV 2014/2016 wird von Würzburg auf Potsdam gewechselt.

Während die Nutzungscharakteristik mit Raumtemperaturen und Warmwasserverbrauch übernommen werden kann, muss für die Kalkulation der Wirtschaftlichkeit das örtliche Klima in Gelsenkirchen berücksichtigt werden. Für den nahegelegenen Referenzort Bochum liegen die Temperaturen im Winter 3 bis 4 °C höher als in Würzburg oder Potsdam. Der Heizwärmebedarf liegt aufgrund dessen um 15% bis 25% niedriger.

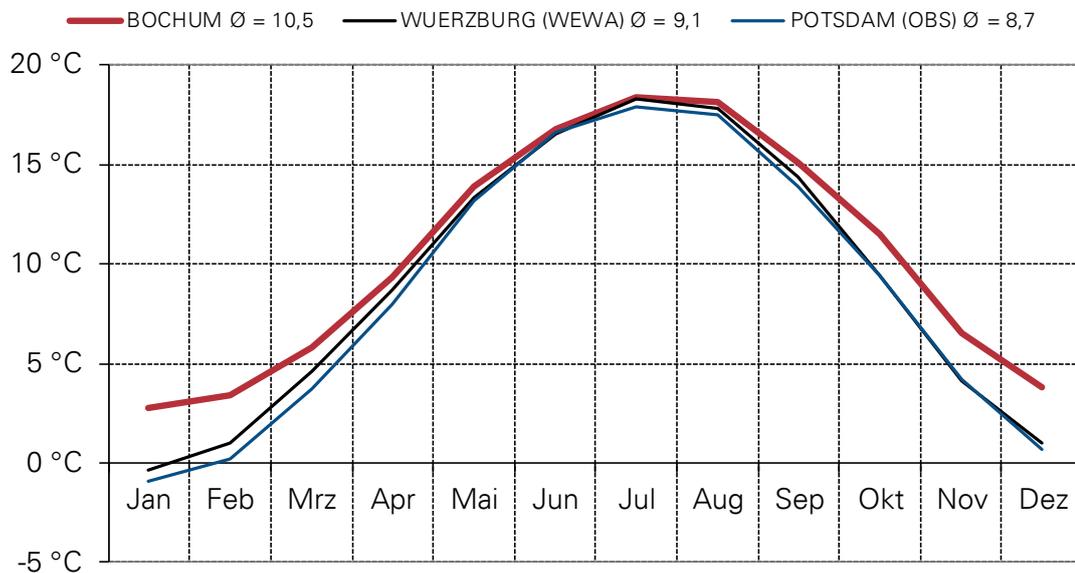


Abbildung 9: Monatsmitteltemperaturen im Vergleich

4.4.2 Energiebedarf für Heizung und Warmwasser

Die folgende Tabelle fasst die Berechnungsergebnisse zusammen. Dargestellt sind jeweils die absoluten Bedarfswerte sowie die flächenspezifischen Kennwerte mit Bezug auf die Wohnfläche. Die Plan-Kennwerte mit Bezug zur größeren EnEV-Nutzfläche A_N liegen entsprechend niedriger.

Die gesamte zur Vermarktung anstehende Wohnbaufläche liegt bei 114.301 m², ohne die Fläche der Gemeinschaftsschiene, d.h. in der Begrenzung auf die hier betrachteten Flächen, liegt sie bei 98.504 m².

Die mittlere Grundstückgröße je Haus beträgt bei insgesamt 226 Häusern somit 436 m². Unterstellt man, dass die Fläche AN der EnEV in etwa der Bruttogrundfläche entspricht, liegt die realisierte mittlere Geschossflächenzahl GFZ bei 0,43.

| | AN EnEV | Wohnfläche | Anzahl | AN EnEV | Wohnfläche | |
|---|----------------|----------------|-----------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | m ² | m ² | | m ² /Geb | m ² /Geb | |
| EFH | 19.325 | 15.460 | 99 | 195 | 156 | |
| DHH | 17.424 | 13.939 | 88 | 198 | 158 | |
| REH | 3.240 | 2.592 | 24 | 135 | 108 | |
| RMH | 1.980 | 1.584 | 15 | 132 | 106 | |
| Summe | 41.969 | 33.575 | 226 | 186 | 149 | |
| | | | | bezogen auf Wohnfläche | | |
| | EnEV 2016 | 1. Stufe KfW | EnEV 2020 | EnEV 2016 | 1. Stufe KfW | EnEV 2020 |
| | kWh/Geb.a | kWh/Geb.a | kWh/Geb.a | kWh/m ² a | kWh/m ² a | kWh/m ² a |
| Heizwärmebedarf | | | | | | |
| EFH | 6.656 | 3.436 | 2.030 | 43 | 22 | 13 |
| DHH | 5.742 | 2.515 | 1.445 | 36 | 16 | 9 |
| REH | 5.211 | 2.916 | 1.769 | 48 | 27 | 16 |
| RMH | 3.802 | 1.624 | 898 | 36 | 15 | 9 |
| Warmwasserbedarf | | | | | | |
| EFH | 2.440 | 2.440 | 2.440 | 16 | 16 | 16 |
| DHH | 2.475 | 2.475 | 2.475 | 16 | 16 | 16 |
| REH | 1.688 | 1.688 | 1.688 | 16 | 16 | 16 |
| RMH | 1.650 | 1.650 | 1.650 | 16 | 16 | 16 |
| Wärmebedarf Heizung und Warmwasser gesamt | | | | | | |
| EFH | 9.096 | 5.876 | 4.470 | 58 | 38 | 29 |
| DHH | 8.217 | 4.990 | 3.920 | 52 | 32 | 25 |
| REH | 6.899 | 4.604 | 3.456 | 64 | 43 | 32 |
| RMH | 5.452 | 3.274 | 2.548 | 52 | 31 | 24 |

Tabelle 7: Wärmebedarfskennwerte der Haustypen

Für die gesamte Wohnbebauung des Waldquartiers stellt sich der Bedarf in der Summe wie folgt dar. Nicht berücksichtigt ist dabei der Energiebedarf der Gemeinschaftsschiene mit anderer noch nicht feststehender Bebauungs- und Nutzungsstruktur.

| | Waldquartier Summe | | |
|---|--------------------|--------------|-----------|
| | EnEV 2016 | 1. Stufe KfW | EnEV 2020 |
| | MWh/a | MWh/a | MWh/a |
| Heizwärmebedarf | | | |
| EFH | 659 | 340 | 201 |
| DHH | 505 | 221 | 127 |
| REH | 125 | 70 | 42 |
| RMH | 57 | 24 | 13 |
| Summe | 1.346 | 656 | 384 |
| Warmwasserbedarf | | | |
| EFH | 242 | 242 | 242 |
| DHH | 218 | 218 | 218 |
| REH | 41 | 41 | 41 |
| RMH | 25 | 25 | 25 |
| Summe | 525 | 525 | 525 |
| Wärmebedarf Heizung und Warmwasser gesamt | | | |
| EFH | 901 | 582 | 443 |
| DHH | 723 | 439 | 345 |
| REH | 166 | 110 | 83 |
| RMH | 82 | 49 | 38 |
| Summe | 1.871 | 1.180 | 909 |

Tabelle 8: Wärmebedarf der Wohnbebauung

4.4.3 Strombedarf für übrige Anwendungen

Der Strombedarf für die normalen Haushaltsstromanwendungen, ohne Warmwasser, Umwälzpumpe und Lüftungsanlage, ist eine wesentliche zusätzliche Komponente des Energieverbrauchs eines Gebäudes. Für die Abschätzung des Stromverbrauchs wird eine Erhebung der Energieagentur NRW¹ herangezogen.

| Rang | Verbrauchsbereich | Verbrauchswerte verschiedener Haushaltsgrößen ohne elektrische WWB [kWh/a] | | | | | |
|----------------------------|-------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 1-Pers. | 2-Pers. | 3-Pers. | 4-Pers. | 5-Pers. | 6-Pers. |
| 1 | Büro | 317,4 | 414,8 | 522,6 | 596,2 | 702,6 | 833,7 |
| 2 | TV / Audio | 283,9 | 399,7 | 528,8 | 551,6 | 613,2 | 685,3 |
| 3 | Kühlen | 333,1 | 394,1 | 430,7 | 454,3 | 474,1 | 519,7 |
| 4 | Licht | 198,0 | 301,3 | 387,2 | 482,6 | 673,8 | 651,4 |
| 5 | Kochen | 173,0 | 329,1 | 386,9 | 462,6 | 503,3 | 546,2 |
| 6 | Trocknen | 47,5 | 155,0 | 287,1 | 415,9 | 534,2 | 602,5 |
| 7 | Diverses | 133,3 | 212,7 | 274,4 | 325,7 | 407,9 | 420,9 |
| 8 | Umwälzpumpe | 127,3 | 203,8 | 276,5 | 367,2 | 386,7 | 420,2 |
| 9 | Spülen | 51,0 | 145,9 | 227,9 | 311,5 | 380,4 | 418,2 |
| 10 | Waschen | 78,0 | 136,8 | 200,3 | 256,9 | 335,5 | 370,8 |
| 11 | Gefrieren | 56,1 | 157,3 | 210,8 | 255,7 | 298,9 | 346,6 |
| Summe (gerundet) | | 1.798 | 2.850 | 3.733 | 4.480 | 5.311 | 5.816 |
| Anzahl Datensätze: 235.860 | | 40.083 | 86.056 | 46.060 | 46.670 | 13.257 | 3.734 |

Tabelle 9: Stromverbrauchsanteile nach Anwendungsart und Haushaltsgröße

¹ Energieagentur NRW: Erhebung „Wo im Haushalt bleibt der Strom?“ Anteile, Verbrauchswerte und Kosten von 12 Verbrauchsbereichen in Ein- bis Sechs-Personen-Haushalten. 2011

Diese Daten sind unter der Annahme von Haushaltsgrößenverteilung und Personenzahl in einen spezifischen Verbrauch je m² Wohnfläche umgerechnet worden. Der spezifische Stromverbrauchswert liegt für den Bestand mit einer Mischung aus alten und neuen Geräten bei 29 kWh/m²a.

Beim Bezug eines neuen Hauses ist davon auszugehen, dass auch viele neue Elektrogeräte angeschafft werden, die einen geringeren Verbrauch aufweisen. Diese Verbesserung wird mit einem Abschlag von 20% in Ansatz gebracht, so dass der kalkulatorische Ansatz für den Stromverbrauch bei 23,2 kWh/m²a liegt. Bezogen auf die gesamte Wohnfläche von 33.575 m² fällt so ein Stromverbrauch von 779 MWh/a an.

Unter der Zielsetzung einer Null-Emissionssiedlung wird in der Regel nur die Versorgung mit Heizenergie und Warmwasser als Bezugsbasis genommen. In der abschließenden Einschätzung wird diese Sichtweise zunächst übernommen. Es wird daran anschließend geprüft, in welchem Umfang auch Anteile des Haushaltsstromverbrauchs durch Eigenerzeugung emissions- und primärenergieseitig kompensiert werden können.

5 Heizsystem-Varianten

5.1 Referenzsystem Gasheizung

Das Gebiet müsste von nahegelegenen Stadtteilen aus ganz neu angeschlossen werden. Bei dem zu erwartenden hohen Dämmstandard in Verbindung mit einer größeren Anzahl gas-unabhängiger Heiz-Systeme ist das Waldquartier für einen Erdgasversorger wenig attraktiv. Das System Erdgasbrennwertheizung wird hier nur in der recht ähnlichen Variante Flüssiggasheizung umsetzbar sein, da es im Waldquartier vor dem Hintergrund der geringen Wärme- und Anschlussdichte voraussichtlich keine Erdgasversorgung geben wird.

Die Brennstoffversorgung muss in diesem Fall über einen Flüssiggastank erfolgen, der im Erdreich unauffällig einzubringen ist und mit einer Gasleitung an das Haus angebunden wird. Auch im einfachen Dämmstandard EnEV 2016 reicht ein Tank von 1500 bis 2000 l für mehr als einen Jahresbedarf aus. Bei höheren Standards reichen auch 1000 l, in Projekten von Bauträger kann auch über eine gemeinsame Nutzung eines großen Tanks für eine Hausgruppe nachgedacht werden.

Der Vorteil der Brennwertnutzung fällt bei Flüssiggas etwas geringer als bei der Erdgasheizung aus. Der Brennwert von Erdgas (Methan CH₄) liegt 11% über dem Heizwert, während sich bei Flüssiggas (Propan C₃H₈) nur ein Vorteil von 9% ergibt.

5.2 Erdsonden-Wärmepumpen

Es gab bis Ende 2014 nur eine Studie zu den Möglichkeiten und Risiken der Erdwärmenutzung im Plangebiet Waldquartier².

Die in dieser Studie zugrunde gelegten Energiebedarfswerte von ca. 6 kW Heizleistung je Einfamilienhaus entsprechen dem Basis-Standard EnEV 2016. In diesem Standard

² CDM Consult GmbH, Bochum: Machbarkeitsstudie und Risikoabschätzung. Beurteilung der geologischen und verfahrenstechnischen Möglichkeiten der Erdwärmenutzung. Februar 2013.

liegt die Heizleistung für den Haustyp EFH bei 6,2 kW und für den Haustyp DHH bei 5,6 kW.

Die geothermische Ergiebigkeit im Bereich Waldquartier liegt für eine Bohrtiefe von 100 m bei 100 - 110 kWh/m.a. Bei dem ab 50 m Tiefe anstehenden Tonmergelstein handelt es sich hier um einen Grundwassernichtleiter.

Ausgehend von den Daten des Geologischen Dienstes NRW sind für das Gutachten Berechnungen für ein Erdwärmesondenfeld mit dem Simulationsprogramm EED durchgeführt worden. Die allmähliche Auskühlung des Untergrundes in Laufe der Jahrzehnte kann mit diesem Programm abgebildet werden. Die Dimensionierung der Erdsonden muss so vorgenommen werden, dass auch nach 50 Jahren Betriebszeit noch eine Mindestsoletemperatur bereitgestellt werden kann.

Eines der Risiken, die beim Erstellen der Bohrungen zu beachten sind, liegt im Vorhandensein mehrere Grundwasserstockwerke, die bei der Bohrung miteinander verbunden werden. Dies muss durch sorgfältige Verpressung ausgeschlossen werden.

Weiterhin gibt es ein Risiko beim Bohren in stark geklüfteten Gesteinsformationen. Hier kann es zu Spülverlusten und Problemen bei der Verpressung kommen.

Zur Risikominimierung empfiehlt die CDM-Studie eine Probebohrung im Plangebiet sowie eine genaue, firmenunabhängige Überwachung der Bohrarbeiten.

Die Studie geht im übrigen davon aus, dass ein ausreichendes Potenzial vorhanden ist und dass die Wärme mit 198 Bohrungen von je 125 m Tiefe gewonnen werden kann. Bei spezifischen Bohr- und Sondenkosten in Höhe von 40 €/m ergeben sich zusammen mit den Zuschlägen für Anbindung Gesamtkosten je Bohrung von 6.000 € netto bzw. 7.140 € brutto. Dieser Wert wird für eine Erdsonden-Wärmepumpe mit 6 kW Heizleistung zugrunde gelegt. Für abweichende Heizleistungen werden diese Kosten proportional angepasst.

Die Studie lässt sich aus Sicht von Gertec hinsichtlich der hier einbezogenen Energiestandards wie folgt zusammenfassen: es ist auch im einfachsten Dämmstandard EnEV 2016 möglich, alle Gebäude mit Wärme aus Erdsonden zu versorgen. Die Soletemperaturen werden bei Vollversorgung dieses Standards über Erdsonden voraussichtlich um ca. 5 °C in den nächsten 30 Jahren absinken, womit eine Reduzierung der Jahresarbeitszahlen verbunden sein wird.

Nach eigenen Berechnungen von Gertec würde eine anfängliche Arbeitszahl von 3,8 auf 3,2 absinken und der Stromverbrauch läge knapp 20% höher.

Bei höheren Standards, die deutlich weniger Wärme benötigen, sind Bohrungen geringerer Tiefe oder Anzahl erforderlich, so dass die Auskühlung der nächsten Jahrzehnte geringer ausfallen wird und die Arbeitszahlen der Wärmepumpen weniger stark abfallen werden. Für den Fall, dass über die Erdsonden eine freie Kühlung der Gebäude erfolgt, ist dies ebenfalls von Vorteil für die Erdwärmennutzung, da auf diese Weise die sommerliche Wärme ins Erdreich eingespeichert wird.

Zu Beginn des Jahres 2015 wurde eine weitere geologische Studie mit negativer Einschätzung vorgelegt. Demnach sind Bohrungen für Erdsonden-Wärmepumpen aufgrund der schwierigen geologischen Verhältnisse nicht genehmigungsfähig.

Die oben beschriebene Variante kann daher nur mit einem flachverlegten Erdkollektor als Wärmequelle betrieben werden. Die Umsetzung dieser Lösung ist auf kleinen Grundstücken u.U. schwierig. Die Erdkollektor-Wärmepumpe weicht bei Kosten und erzielbarer Arbeitszahl leicht von der Erdsonden-Wärmepumpe ab, ist aber noch annä-

hernd vergleichbar. Das Systemvergleich ist in diesem Aspekt nicht nachträglich geändert worden und gibt hier nur näherungsweise noch zutreffende Angaben.

5.3 Luft-Wärmepumpen

Wenn in neuen Baugebieten keine Erdgas- oder Fernwärmeversorgung vorhanden ist, kommt als Heizsystem häufig die Luft-Wärmepumpe zum Einsatz. Die gegenüber der Erdsonden-Wärmepumpe niedrigere Arbeitszahl wird in Kauf genommen, da die hohe Investition für die Bohrung entfällt. Die Erschließung der Wärmequelle Umgebungsluft erfordert ein Außengerät mit Ventilator. Dies bringt Probleme hinsichtlich der Lärmemissionen mit sich.

Das Waldquartier ist ein Gebiet, das bisher von Straßenlärm nicht betroffen ist, wie die Lärmkarten des Landes NRW³ zeigen.

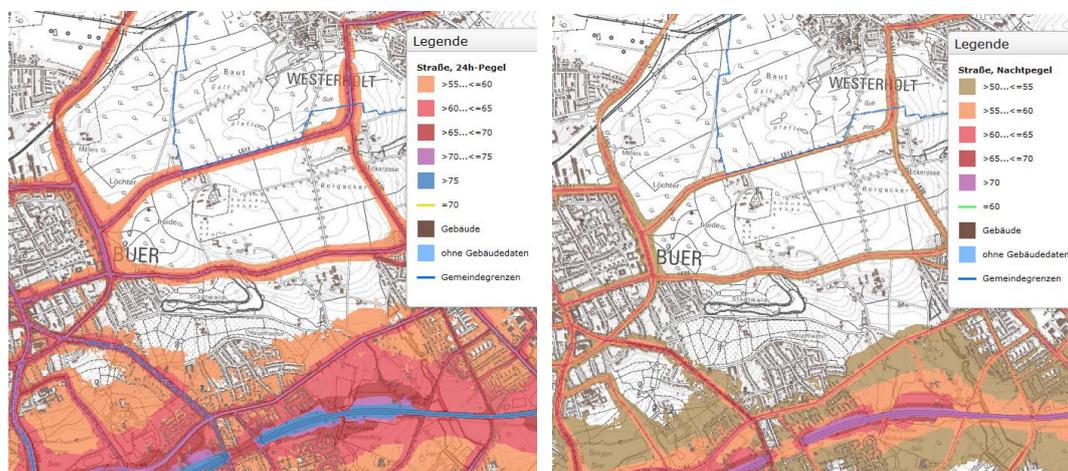


Abbildung 10: Lärmpegel Waldquartier

Es ist davon auszugehen, dass hier - unabhängig von Grenzwertüberschreitungen - eine besondere Sensibilität in Bezug auf das Thema Lärm vorliegen wird.

Luftwärmepumpen haben nach einer Veröffentlichung des Bayerischen Landesamtes für Umwelt⁴ einen Schalleistungspegel in der folgenden Bandbreite.

³ <http://www.uvo.nrw.de/uvo.html>, Abruf am 22.10.2014

⁴ Bayerisches Landesamt für Umwelt: Tieffrequente Geräusche bei Biogasanlagen und Luftwärmepumpen - Ein Leitfaden. 2011.

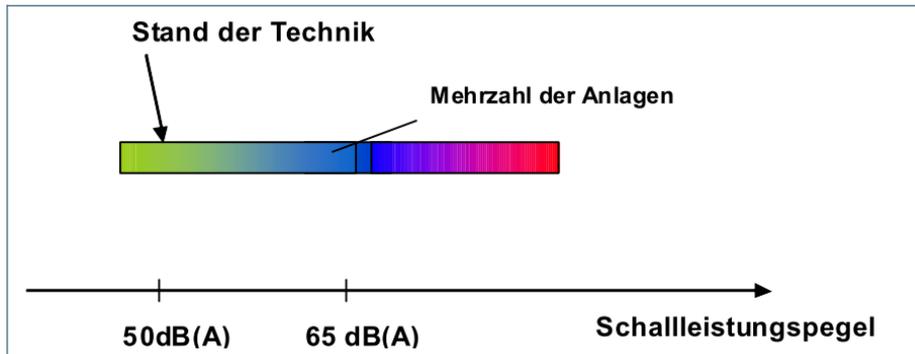


Abbildung 11: übliche Schalleistungspegel von Luftwärmepumpe Stand 2011

Bei der Auswahl der Luftwärmepumpen sollte daher darauf geachtet werden, dass nur leise Anlagen mit niedrigen Schallpegeln installiert werden und dass der Abstand zum Nachbargrundstück nicht zu gering ist.

Wenn in größerem Umfang Anlagen mit wahrnehmbaren Lärmemissionen errichtet werden und Kaufinteressenten sich das Gebiet und die Nachbarschaft genauer ansehen, besteht die Gefahr, dass sich Lärmemissionen der zuerst bebauten Grundstücke als ein Vermarktungshemmnis für die nachfolgend zu verkaufenden Nachbargrundstücke darstellen.

Die exakte Festlegung von dB(A)-Werte, Abständen und Anbringungsangaben kann im Rahmen dieses Gutachtens nicht erfolgen. Es wird empfohlen, zur Schallausbreitung eine Beurteilung von Lärmschutzspezialisten einzuholen.

Der Leitfaden Schall des bwp⁵ gibt Hinweise zur Installation von Luftwärmepumpen unter Schallschutzaspekten. Zu beachten wäre, dass sich in einem Reihenmittelhaus die Pegel von drei Anlagen addieren können. Für Reihenhäuser kann die Wahl eines anderen Systems mit gemeinschaftlicher Heizzentrale und Nahwärmeleitung eine Variante ohne derartige Lärmemissionsprobleme darstellen.

5.4 Nahwärmelösung mit BHKW-Zentrale

Versorgungsaufgabe/Wärmenetz

In der Nahwärmewärmelösung wird die Wärme für das Warmwasser und die Heizung zentral erzeugt und über ein kleines Nahwärmenetz an die Haushalte verteilt. Anstelle einer Heizung befindet sich in jedem Haus eine Übergabestation. Aufgrund der weitläufigen Verteilung der Wohnhäuser ist im Hinblick auf die Reduzierung der Netzverluste die Energieerzeugung und -verteilung auf die Cluster des Waldquartiers aufgeteilt.

Bei der Nahwärmelösung findet die zentrale Energieerzeugung in der sogenannten „Heizzentrale“ statt. In dem Fall der BHKW-Zentrale wird die Energie mit einem Blockheizkraftwerk (BHKW) bereitgestellt. Dabei werden gleichzeitig Wärme und Strom erzeugt. Die Wärme wird über das Nahwärmenetz verteilt und vor Ort verbraucht. Der erzeugte Strom wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist und in Höhe der KWK-Vergütung (KWKG) vergütet. Eine ausschließliche Wärmebereitstellung über das BHKW ist aus auslegungstechnischen Gründen (Vollbenutzungsstunden), Anfahr-, Abfahr- und Teillastverhalten des BHKW nicht von Vorteil. Um das BHKW mit

⁵ http://www.waermepumpe.de/uploads/tx_bwppublication/2012-08-23_MK_Leitfaden_Schall.pdf

hohen Jahresnutzungsstunden betreiben zu können, werden vornehmlich Grundlasten gedeckt und Spitzenlasten mit einem konventionellen Heizkessel gedeckt. Aufgrund des nicht vorhandenen Anschlusses an das Erdgasnetz, dient im Fall des Waldquartiers für das BHKW als auch für den Heizkessel Flüssiggas als Brennstoff.

Die Förderung von KWK-Anlagen mit fossilen Energieträgern (hier Erdgas-BHKW) ist in dem Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWKG) festgeschrieben. Zum einen wird der eingesetzte Brennstoff in voller Höhe von der Energiesteuer befreit. Bei Erdgas sind dies 0,55 ct/kWh_{H_s}. Zum anderen besteht nach KWKG ein Anspruch auf eine Zuschlagszahlung des Netzbetreibers für den durch Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Strom.

Kleine KWK-Anlagen bis 50 kW elektrischer Leistung sind hinsichtlich der Förderung besser gestellt als größere Anlagen. Sie haben einen Anspruch auf Zahlung eines Zuschlags in Höhe von 5,41 ct je kWh für einen Zeitraum von zehn Jahren ab Aufnahme des Dauerbetriebes der Anlage. Bei Anlagen zwischen 50 kW_{el} bis zu 2 MW_{el} sinkt die Anspruchsdauer auf 30.000 Vollbenutzungsstunden. Die Zuschlagshöhe ist gestaffelt und liegt bei einem Leistungsanteil bis 50 kW_{el} ebenfalls bei 5,41 ct je kWh und zwischen 50 und 250 kW_{el} bei 4,00 ct je kWh

Für eine effiziente und emissionsarme Art der Energieerzeugung sollte der KWK-Anteil an der gesamten, über das Nahwärmenetz bereitgestellten Wärme möglichst hoch sein. Dies wird zudem durch das KWKG gefördert, indem der Netzausbau über den § 7a Absatz 1 des KWKG subventioniert wird. So heißt es: „Der Zuschlag beträgt für neu verlegte Wärmeleitungen mit einem mittleren Nenndurchmesser bis zu 100 Millimeter (DN 100) 100 € je laufenden Meter Trassenlänge, höchstens aber 40% der ansatzfähigen Investitionskosten“. Diese Zuschlagsberechtigung besteht nur dann, wenn im Endausbau des Netzes ein KWK-Anteil an der Wärmenetzeinspeisung von mindestens 60% erreicht wird.

In dem exemplarisch untersuchten Cluster des Waldquartiers befinden sich 8 Einfamilienhäuser, 22 Doppelhauswohneinheiten und 3 Reihenhauswohneinheiten.

Der Aufbau und die Streckenführung des Nahwärmenetzes werden für den betrachteten Beispiel-Cluster in folgender Abbildung dargestellt. Die hier dargestellte Lösung kann in einer konkreten Feinplanung noch optimiert werden. Falls die vorgesehene Nutzung nicht beeinträchtigt wird, könnte das Lager auch unter dem Quartiersplatz platziert oder die Heizzentrale an ein Gebäude angegliedert werden.

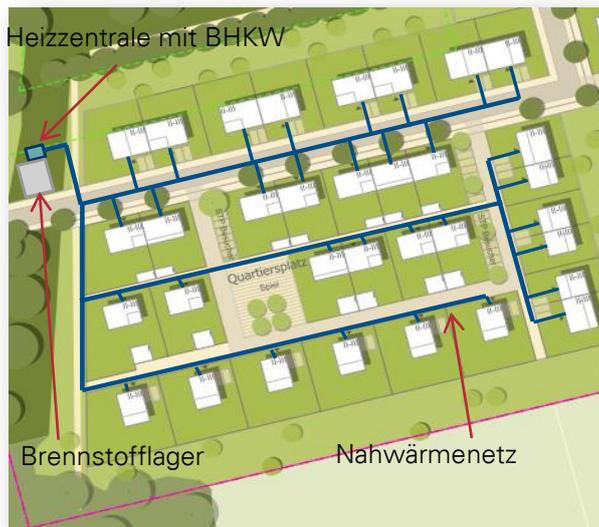


Abbildung 12: Nahwärmeversorgung des Beispiel-Cluster

In der Berechnung der spezifischen Wärmekosten sind die verschiedenen Verbräuche der unterschiedlichen Gebäudedämmstandards berücksichtigt. Dementsprechend wird die Größe des BHKW an die mit dem steigenden Gebäudedämmstandard sinkenden Energieverbräuche angepasst. Dabei wird die thermische und die damit verbundene elektrische Leistung mit den sinkenden Verbräuchen soweit reduziert, dass die Jahresnutzungsstunden des BHKW in einen optimalen Bereich fallen und zugleich der Bau des Wärmenetzes gefördert wird (60% KWK-Wärme-Anteil). Da in dem speziellen Fall des Waldquartiers kein Gasnetz vorhanden ist, wird neben der Heizzentrale ein Brennstofflager eingerichtet. In diesem Fall stellt das Brennstofflager ein Flüssiggastank dar, der vom Fassungsvermögen so ausgelegt ist, dass er zweimal pro Jahr befüllt wird.

Die Ermittlung der Gesamtkosten und die Umrechnung auf einen Wärmelieferpreis erfolgt nach der in Abschnitt 7.1 dargestellten Methodik. Es werden für die Wärmelieferung nur kostendeckende Preise ohne Gewinnmarge ermittelt. Die berechneten Energiekosten pro Cluster, der Wärmemischpreis und die Jahreskosten für ein Haus stellen sich wie folgt dar:

| | | BHKW | |
|-----------------------------|----------|--------------|-----------------|
| | | EnEV 2016 | 1. Stufe KfW |
| Jährliche Kosten im Cluster | | | |
| Kapitalkosten | T€/a | 10,5 | 6,9 |
| Betriebskosten | T€/a | 9,9 | 9,4 |
| Verbrauchskosten | T€/a | 28,6 | 17,8 |
| Stromvergütung | T€/a | 8,7 | 5,4 |
| Jährliche Kosten Netto | T€/a | 40,3 | 28,7 |
| Jährliche Kosten Brutto | T€/a | 48,0 | 34,2 |
| Wärmepreis Brutto | ct/kWh | 17,6 | 20,2 |
| Jahreskosten Wärme je Haus | €/a.Haus | 1.453 | 1.036 |

Tabelle 10: Wärmepreis Nahwärmeversorgung mit BHKW

5.5 Nahwärmelösung mit Holzpellet-Zentrale

Für die Nahwärmelösung mit Holzpellet-Heizzentrale wird der Energiepreis für denselben Beispiel-Cluster (siehe 5.4) berechnet. Als Datenbasis dienen die selben Energieverbräuche für die verschiedenen Dämmstandards des Beispiel-Clusters. Der Verlauf des Nahwärmenetzes ist identisch mit dem, wie er in Abbildung 12 dargestellt ist. Das einzige Unterscheidungsmerkmal ist die Art der Wärmebereitstellung in der Heizzentrale.

In dem Fall der Holzpellet-Zentrale wird die Wärme mit einer Holzpelletheizung bereitgestellt. Es wird ausschließlich Wärme für Heißwasser und Heizzwecke bereitgestellt und nicht, wie im Falle des BHKW, gleichzeitig Strom erzeugt.

Da die Holzpellet-Zentrale eine große, dezentrale Heizung darstellt, wird nach dem Beispiel der kleinen, dezentralen Holzpelletheizung im Keller, eine Vollversorgung realisiert. Dadurch werden ausschließlich Holzpellets als Brennstoff verwendet. Aufgrund der geringeren Energiedichte von Holz werden ein vergrößertes Brennstofflager oder vermehrte Füllungen des Holzpelletlagers pro Jahr benötigt.

Weiterhin förderfähig durch das KfW-Programm ist die Errichtung oder Erweiterung eines Wärmenetzes, das zu mindestens 50% mit Wärme aus Erneuerbaren Energien gespeist wird. Der Tilgungszuschuss beträgt im Rahmen einer erstmaligen Erschließung 60 € je neu errichteten Meter Trassenlänge.

Die für den Beispiel-Cluster berechneten Energiekosten beziffern sich für die Holzpellet-Nahwärme wie folgt:

| | | Holzpellet | |
|-----------------------------|----------|--------------|-----------------|
| | | EnEV 2016 | 1. Stufe KfW |
| Jährliche Kosten im Cluster | | | |
| Kapitalkosten | T€/a | 8,4 | 7,0 |
| Betriebskosten | T€/a | 4,9 | 4,5 |
| Verbrauchskosten | T€/a | 19,5 | 12,7 |
| Stromvergütung | T€/a | - | - |
| Jährliche Kosten Netto | T€/a | 32,9 | 24,2 |
| Jährliche Kosten Brutto | T€/a | 39,1 | 28,8 |
| Wärmepreis Brutto | ct/kWh | 14,3 | 17,0 |
| Jahreskosten Wärme je Haus | €/a.Haus | 1.185 | 874 |

Tabelle 11: Wärmepreis Nahwärmeversorgung mit Holzpelletheizung

6 Stromerzeugung mit PV-Anlagen

6.1 Vorbemerkung

Die Zielvorgabe Nullenergie- bzw. Nullemissionssiedlung lässt sich nur mit lokaler Stromerzeugung aus Photovoltaik-Anlagen umsetzen. Die Zielsetzung wird hier so verstanden, dass der räumliche Bezugsrahmen das Plangebiet Waldquartier umfasst und dass keine Beteiligungsmodelle z.B. an Windparks in der Nordsee berücksichtigt werden. Der zeitliche Bezugsrahmen ist jedoch mit der Bilanzierung für ein Jahr weicher gefasst. Dies bedeutet, dass Verbrauch und Erzeugung nicht zeitgleich in jeder Stunde

eines Jahres erfolgen müssen. Vielmehr können die Erzeugungsüberschüsse des Sommers bilanziell in den Winter mit hohem Verbrauch transferiert werden. Das öffentliche Stromnetz übernimmt hierbei in der Jahresbilanz eine Speicher- bzw. Pufferfunktion.

6.2 PV und Dachformen

Seit dem Jahr 2000, in dem das EEG mit anfänglichen Vergütungssätzen von über 50 ct/kWh in Kraft trat, war der wirtschaftliche Betrieb für optimal nach Süden ausgerichtete Anlagen sicher gestellt. Eine starke Abweichung von der optimalen Ausrichtung führte zu geringeren Erträgen, da die Vergütungssätze feststanden und im Laufe der Degression und Novellierungen nur an die sinkenden Investitionskosten angepasst wurden.

Die Eignung von Pultdächern, die nach Norden abfallen, ist in der Vergangenheit vor diesem Hintergrund skeptisch beurteilt worden.

Seitdem der Eigenverbrauch höhere monetäre Erträge erbringt als die Einspeisung, ist diese Einschätzung nicht mehr ganz zutreffend. Die Anbringung von PV-Modulen mit Ost-West-Ausrichtung auf einem Pultdach bringt hinsichtlich des im Haus selbst zu verbrauchenden PV-Stroms sehr geringe Einbußen mit sich. Die Ertragseinbußen konzentrieren sich auf die Tagesmitte, in der ohnehin der Hauptanteil zu relativ geringem Wert in das öffentliche Netz eingespeist werden muss.

Die Anbringung der Module auf einem Haus mit Pultdach, das nach Norden geneigt ist, kann sich entsprechend der folgenden Skizze darstellen.

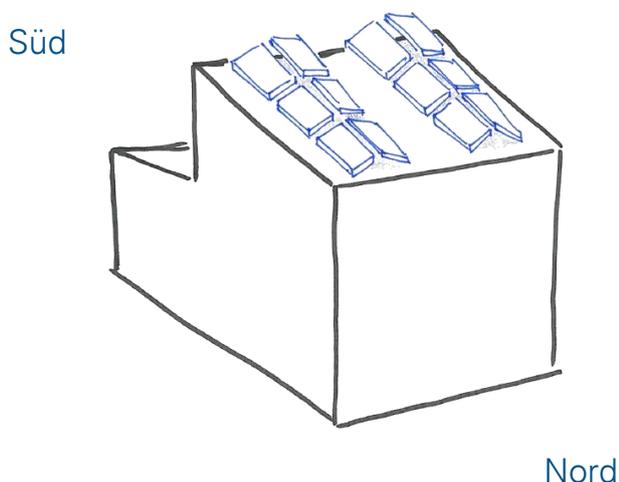


Abbildung 13: mögliche Anordnung von PV-Modulen auf einem Pultdach

Die Gestaltung eines Gebäudes für die Nutzung passiver Solarenergiegewinne, einer guten Belichtung der Räume, aber auch für sommerlichen Wärmeschutz sollte Vorrang haben vor der optimalen Ausrichtung einer PV-Anlage. Die Auswirkungen einer suboptimalen Ausrichtung von PV-Anlagen sind nicht extrem groß, die Ertragseinbußen halten sich in Grenzen.

Typische Situationen von Ausrichtung und Dachform sind im Folgenden dargestellt. Die Neigungswinkel und Richtung der Dächer ist hier nur beispielhaft dargestellt, eine endgültige Festlegung ist noch nicht erfolgt.

Die Gebäudeausrichtung nach Himmelsrichtungen (Azimut, Horizontalwinkel) entspricht den realen Verhältnissen des Plans.

Auf Flachdächern kann die Ausrichtung der PV-Anlage unabhängig von der Gebäudeausrichtung erfolgen, bei den übrigen ist eine dachparallele oder dachintegrierte Anordnung vorgesehen.

Soweit Häuser mit Pultdächer in der Hauptfassade nach Osten oder Westen orientiert sind die PV-Anlagen entgegengesetzt orientiert. Wenn die Hauptfassade nach Süden gerichtet ist, sind Sonderbauformen wie in der obigen Abbildung denkbar. Ob sogar Ausrichtungen nach Nordost oder Nordwest mit dachparalleler Ausrichtung noch zu akzeptablen Ergebnissen führen, ist im Einzelfall mit geeigneter Simulationssoftware zu prüfen.

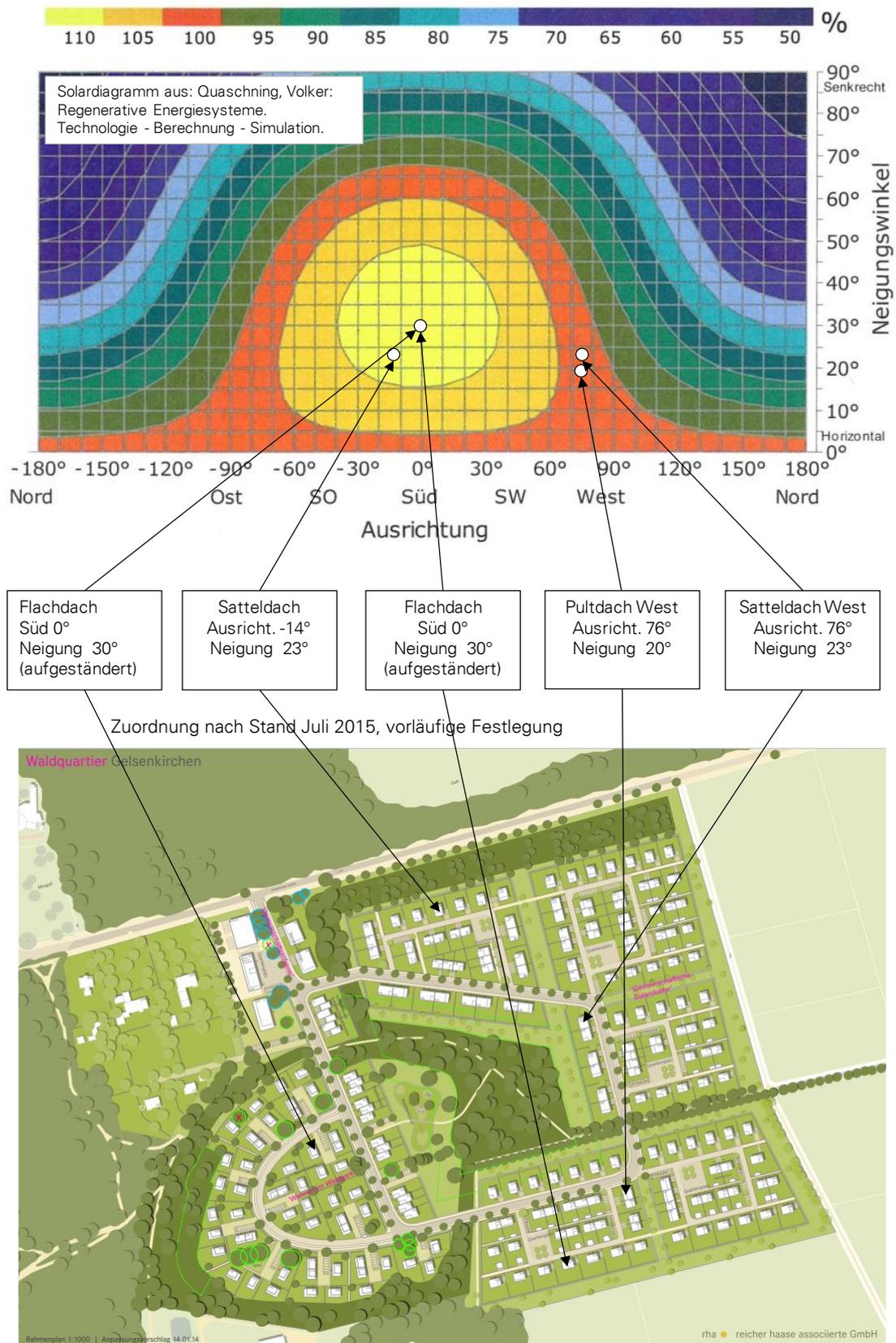


Abbildung 14: relative Erträge von PV-Modulen

6.3 Wirtschaftlichkeit

Für eine Anlage von 3,5 kW_p ist eine einfache Wirtschaftlichkeitsberechnung erstellt worden, die beiden Ausrichtungsoptionen berücksichtigt, einmal die Ost-Ausrichtung entsprechend Abbildung 13 und auch die Südausrichtung, wie sie auf einem Satteldach üblich ist. Es handelt sich um eine vereinfachte Betrachtung der Kapitalrückflusszeit ohne Berücksichtigung von Zinsen und weiteren Betriebskosten.

| | | | |
|-----------------------------|--------|----------|-------|
| Leistung | kW | 3,5 | 3,5 |
| Investition | € | 7.000 | 7.000 |
| Ausrichtung | - | Ost/West | Süd |
| Ertrag | kWh/a | 2.716 | 3.235 |
| Einspeisung | kWh/a | 1.420 | 1.939 |
| bezogen auf Ertrag | % | 52% | 60% |
| Eigenverbrauch | kWh/a | 1.296 | 1.296 |
| bezogen auf Ertrag | % | 48% | 40% |
| Vergütung Einspeisung netto | ct/kWh | 13,28 | 13,28 |
| Wert Eigenverbrauch | ct/kWh | 26,61 | 26,61 |
| Ertrag monetär | €/a | 533 | 602 |
| Kapitalrückflusszeit | | 13 | 12 |

Tabelle 12: Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage

Die Kapitalrückflusszeit liegt weit unter der technischen Nutzungsdauer der Anlage, die mit 20 und mehr Jahren angesetzt wird. Die spezifischen Investitionen geben den aktuellen Stand 2014 wieder. Für die Bauphase kann noch mit Kostensenkungen bei der Investition gerechnet werden - die werden aber nicht mehr so stark ausfallen wie in der Vergangenheit.

7 Systemvergleich Gebäude und Heizung

7.1 Berechnungsmethodik Wirtschaftlichkeit

Die Berechnungen weisen als Ergebnis die sogenannten Vollkosten bzw. Jahreskosten der Wärmeerzeugung auf, die in Anlehnung an die VDI 2067 ermittelt werden. Die Vollkosten setzen sich aus folgenden Bestandteilen zusammen:

- Kapitalkosten (Zins und Tilgung)
- Betriebskosten (Wartung und Instandsetzung) und
- Verbrauchskosten (Energiekosten).

Die Umrechnung der einmaligen investiven Kosten in laufende jährliche Kosten erfolgt mittels des sogenannten Annuitätenverfahrens. Bei diesem Verfahren wird davon ausgegangen, dass das für die Investition benötigte Geld fremdfinanziert wird und mit Zins und Tilgung innerhalb der Nutzungsdauer der Investition in gleichen jährlichen Raten („Annuitäten“) zurückgezahlt wird. Für alle Systeme wird als Zinssatz einheitlich 4,0 % pro Jahr zugrunde gelegt. Der Annuitätenfaktor liegt dann bei einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren bei 7,4 % pro Jahr.

Die Kapitalkosten ergeben sich dann aus den Investitionen für die Anlagentechnik und baulichen Mehrkosten für höhere Gebäudestandards, in Verbindung mit diesem Annuitätenfaktor. Die Förderung bestimmter Maßnahmen baulicher und anlagentechnischer Art wird von den Investitionen abgezogen und reduziert so die Kapitalkosten.

7.2 Energiepreise

Alle Preise für leitungsgebundene Energien sind Ende April von der ele-Internetseite⁶ abgerufen worden. Es wurde jeweils die günstigste Preisregelung ohne Sonderleistungen und verlängerte Preisbindung ausgewählt. Die Flüssiggaspreise basieren auf einer Internet-Recherche und Abfrage bei verschiedenen Anbietern im Oktober 2014.

| | |
|---------------------------|---|
| Flüssiggas | Preis je liter 57,42 ct/l brutto |
| | Arbeitspreis 8,70 ct/kWh _{HI} brutto (bei einem Heizwert von 6,6 kWh/l) |
| Heizstrom | ELE Wärmepumpenstrom |
| | Arbeitspreis NT 20,19 ct/kWh brutto |
| | Arbeitspreis HT 23,91 ct/kWh brutto |
| | Grundpreis 65,45 €/Jahr brutto |
| Strom | ELE stromPur |
| | Arbeitspreis 26,61 ct/kWh brutto |
| | Grundpreis 9,31 €/Monat brutto |
| Holz-Pellets für Nahwärme | Preis je tonne 275 €/t netto |
| | Arbeitspreis 5,50 ct/kWh netto |

Tabelle 13: Energiepreise Stand 2014

7.3 Ergebnisse Wirtschaftlichkeit

Das Ergebnis der Vollkostenrechnung wird hier am Beispiel des Haustyps EFH wiedergegeben. Es gibt für die Varianten 0 bis 3 jeweils eine a-Variante mit PV und eine b-Variante mit Solarthermie. Da die Erträge der Solarthermie-Anlage in die Energiebilanz eingerechnet sind, werden die Erträge der PV-Anlagen zur besseren Vergleichbarkeit und für eine systematisch einheitliche Betrachtung auch mit eingerechnet.

Die Ergebnisse stellen sich für die anderen Haustypen recht ähnlich dar. Die Darstellung aller Haustypen würde den Rahmen der Darstellung an dieser Stelle sprengen. Die Berechnungen sind für alle Hausgrößentypen und Energiestandards durchgeführt worden.

Die Ergebnisse werden hier für die drei Dämmstandards EnEV 2016, 1. Stufe KfW und EnEV 2020 dargestellt.

Varianten, die in ihrem Primärenergieverbrauch die gesetzlichen Anforderungen nicht erfüllen, sind in den Diagrammen entsprechend gekennzeichnet. In Variante 0a wird das EEWärmeG nicht erfüllt, in den Stromheizungsvarianten 3a und 3b liegt der Primärenergiekennwert zu hoch.

⁶ <http://www.ele.de/Privatkunden/default.asp>

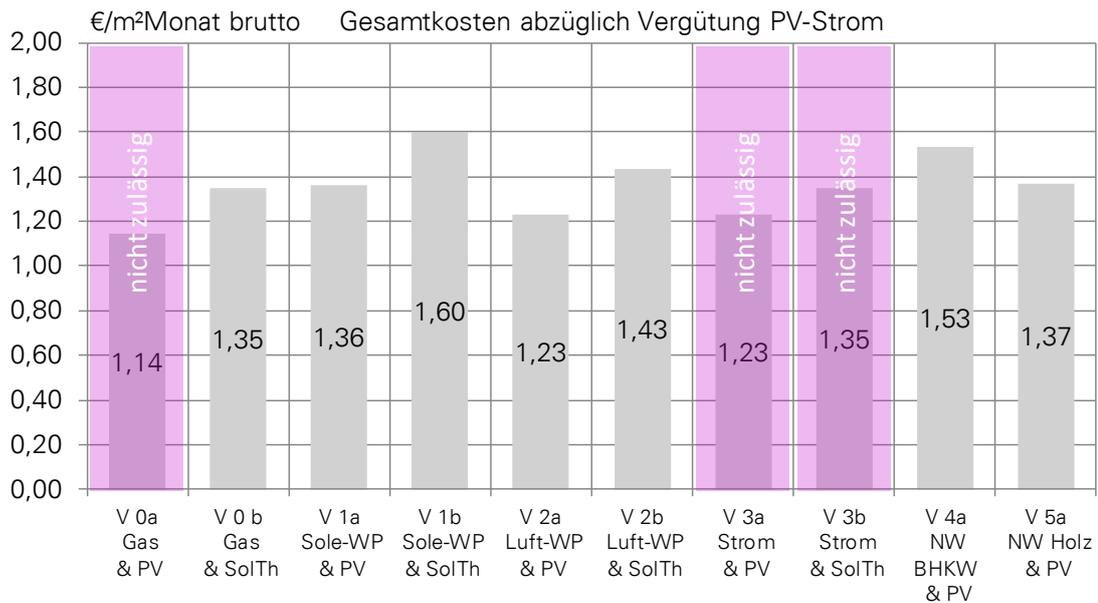


Abbildung 15: Vollkostenvergleich EFH für EnEV 2016

Der in Abbildung 16 gezeigte Standard „1. Stufe KfW“ unterscheidet sich baulich bei den Hüllflächenqualitäten von der Ausführung „EnEV 2016“ nicht. Der Unterschied liegt in einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, die den qualitativen Sprung hinsichtlich der Senkung des Energieverbrauchs bewirkt. Die investiven Mehrkosten für diese Anlage liegen bei ca. 8.500 € für die größeren Haustypen EFH und DHH sowie bei ca. 7.600 € für die etwas kleineren Reihenhäuser REH und RMH.

Wie die folgende Abbildung zeigt, werden diese investiven Mehrkosten zum überwiegenden Teil wieder durch die Energieeinsparung wieder erwirtschaftet. So kommt es in fast allen Fällen zu leichten Steigerungen der Vollkosten.

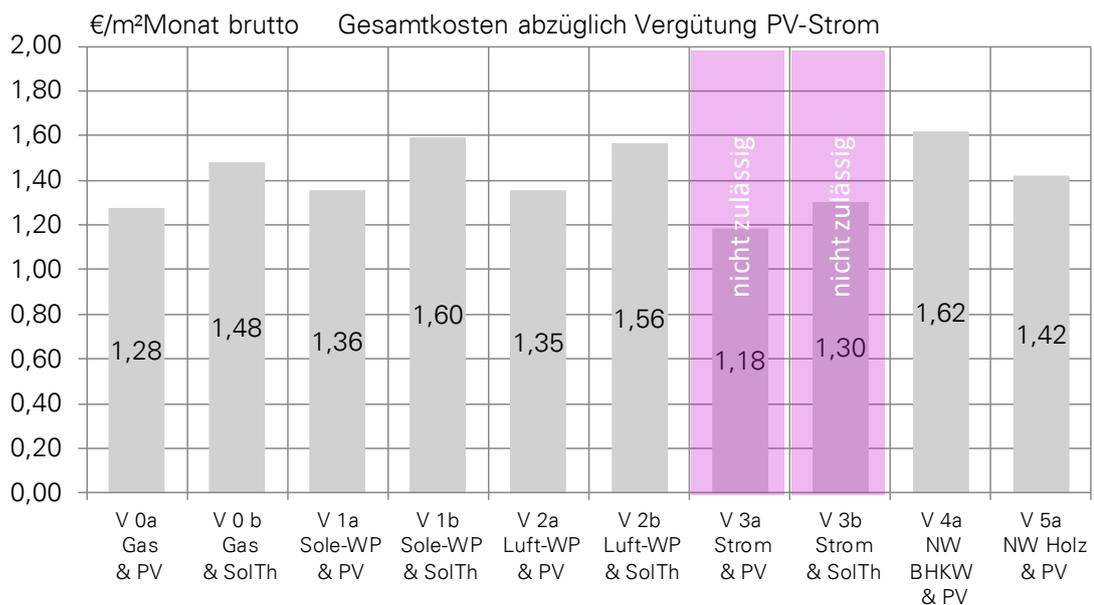


Abbildung 16: Vollkostenvergleich EFH für 1. Stufe KfW

Der Anstieg der Vollkosten bei EnEV 2020 gegen 1.Stufe KfW resultiert hier aus den baukonstruktiv bedingten Mehraufwendungen, wie sie in Abschnitt 4.3 dargestellt sind. Die Einsparungen an Heizenergie können dies nicht vollständig ausgleichen.

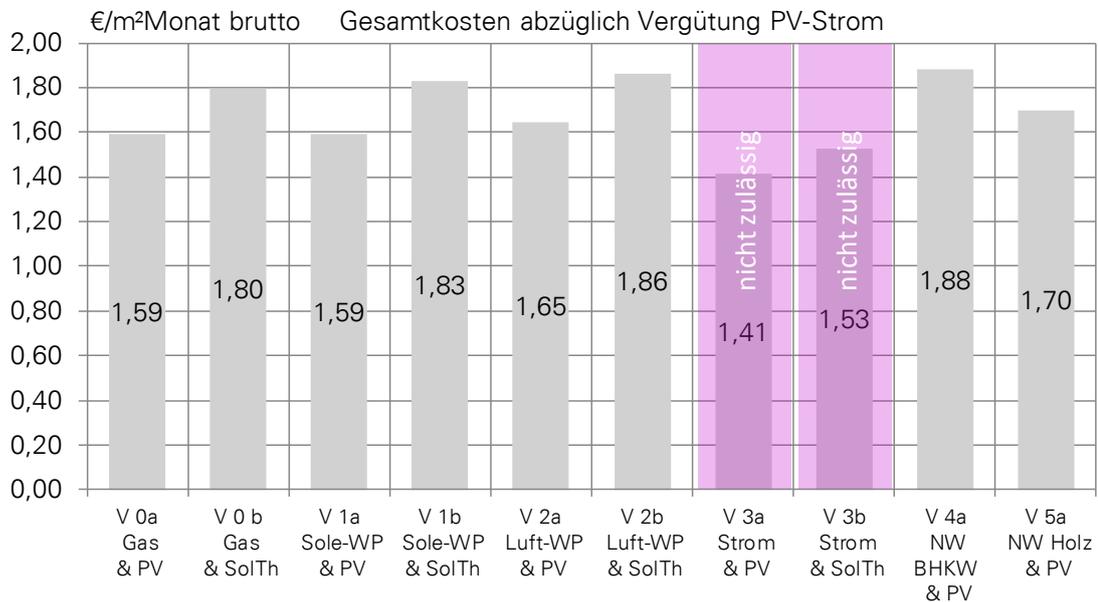


Abbildung 17: Vollkostenvergleich EFH für EnEV 2020

7.4 CO₂-Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren

Die Bewertung von Gebäudestandards und Heizsystemen erfolgt in der Regel über Faktoren, die über den Betrachtungszeitraum konstant sind. Dies trifft auf Erdgas, Heizöl und Holzbrennstoffe zu, nicht jedoch auf den hier besonders wichtigen Energieträger Strom.

Die EnEV hat in den zugehörigen Normwerken DIN V 18599 und DIN 4710 die allmähliche Absenkung des Primärenergiefaktors für Strom nachvollzogen und gibt auch schon Werte für das Jahr 2016 an. Von Bedeutung ist hier auch die Differenzierung nach dem Gesamtfaktor und den Faktor für den nicht erneuerbaren Anteil. Spalte A gibt den steigenden Anteil erneuerbarer Energie im Strommix wieder, während Spalte B den Gesamtwirkungsgrad der fossilen Stromerzeugung kennzeichnet, der von bisher 33% auf 36% ansteigen wird. Spalte B ist auch anzuwenden für die Bewertung von eigenerzeugtem KWK-Strom.

| Primärenergiefaktor Strom | gesamt | nicht erneuerbar |
|----------------------------------|--------|------------------|
| | A | B |
| EnEV 2004 | 3,0 | 3,0 |
| EnEV 2009 | 2,6 | 3,0 |
| EnEV 2014 ab 1.1.2016 anzuwenden | 1,8 | 2,8 |

Tabelle 14: Primärenergiefaktoren Strom

Luftwärmepumpen werden ab 2016 stark durch den niedrigen Faktor begünstigt werden. Es ist noch nicht absehbar, ob das EEWärmeG, das zur Zeit noch hohe Anforderungen an die Arbeitszahl von Wärmepumpen stellt, vor diesem Hintergrund angepasst wird und geringere Arbeitszahlen fordert. Im Folgenden wird der Faktor 2,8 für die Bewertung von Heizstrom und KWK-Strom herangezogen. Alle übrigen Stromanwendungen werden mit dem Mix-Faktor 1,8 bewertet.

Die Faktoren für CO₂ sind übernommen aus der Studie⁷, die der Regionalverband Ruhr für die Metropole Ruhr zur Zeit erarbeiten lässt. Betrachtet werden hier vorrangig die Äquivalente (CO_{2e}), die neben dem Hauptklimagas CO₂ auch die übrigen Gase mit dem gewichteten klimaveränderndem Potential berücksichtigen. Die Emissionsfaktoren für Nahwärme basieren auf eigenen Berechnungen unter Verwendung der Faktoren für die Eingangsenergieträger.

| Emissionsfaktoren CO ₂ und CO ₂ -Äquiv. | | CO _{2e} | CO ₂ |
|---|-------|------------------|-----------------|
| Erdgas (Heizwert Hi) | g/kWh | 254 | 228 |
| Flüssiggas | g/kWh | 285 | 241 |
| Holz-Pellets | g/kWh | 30 | 24 |
| Heizstrom Wärmepumpe und Direkt und KWK | g/kWh | 681 | 642 |
| Hilfsstrom Wärmeverteilung/Lüftung | g/kWh | 590 | 556 |
| Solarthermie | g/kWh | 29 | 25 |
| Photovoltaik | g/kWh | 129 | 116 |
| Nahwärme BHKW 16 | g/kWh | 234 | 172 |
| Nahwärme BHKW 16w | g/kWh | 234 | 172 |
| Nahwärme BHKW 20w | g/kWh | 233 | 172 |
| Nahwärme Holz | g/kWh | 134 | 95 |

Tabelle 15: verwendete CO₂-Faktoren

7.5 CO₂-Emissionen

Das Ergebnis der Emissionsberechnung wird wiederum am Beispiel des Haustyps EFH und für die drei Dämmstandards EnEV 2016, 1. Stufe KfW und EnEV 2020 wiedergegeben.

Ergänzend sind die Emissionen angegeben, die aufgrund des normalen Haushaltsstromverbrauchs anfallen. Diese sind auf Basis eines mittleren Verbrauchs in Höhe von 23,2 kWh/m²a abgeschätzt worden (vgl. Abschnitt 4.4.3).

⁷ RVR (Auftrag.): Regionales Klimaschutzkonzept Erschließung der Erneuerbaren-Energien-Potentiale in der Metropole Ruhr, in Bearbeitung, noch nicht veröffentlicht

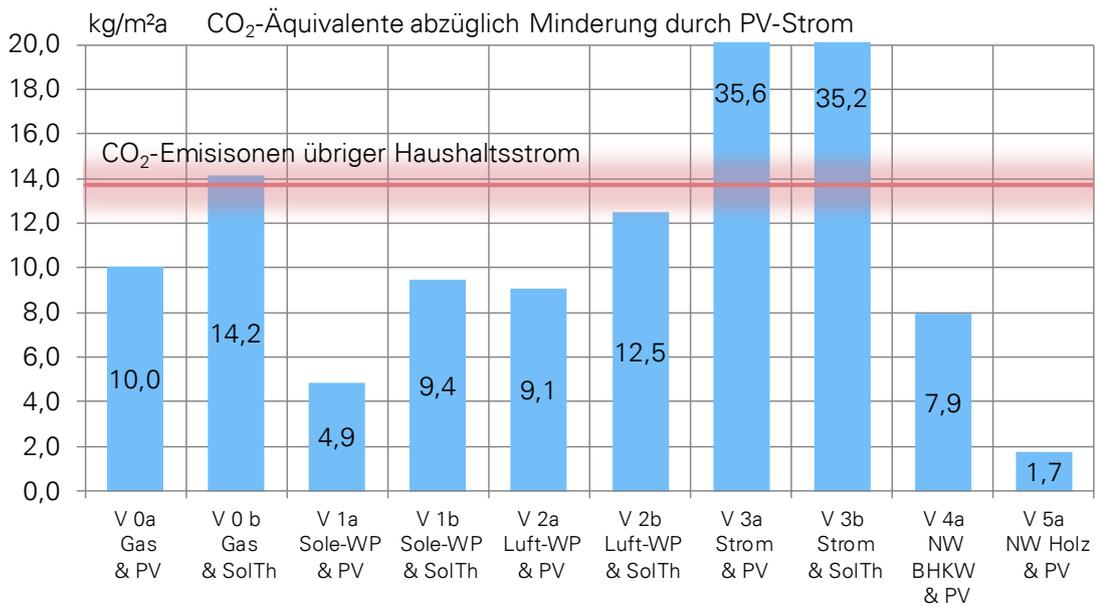


Abbildung 18: Emissionsvergleich EFH für EnEV 2016

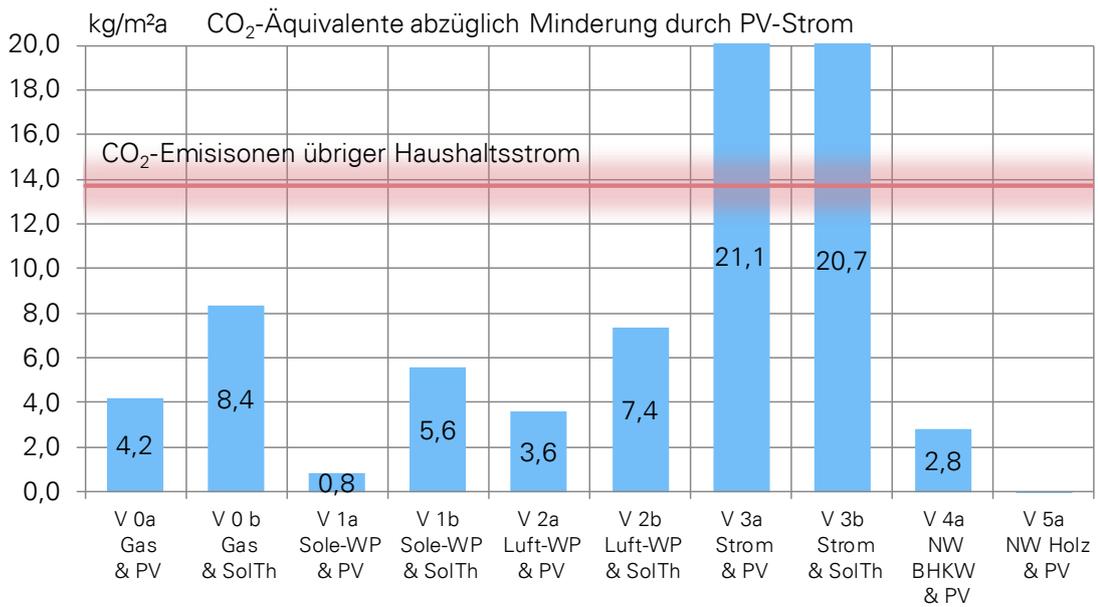


Abbildung 19: Emissionsvergleich EFH für 1. Stufe KfW

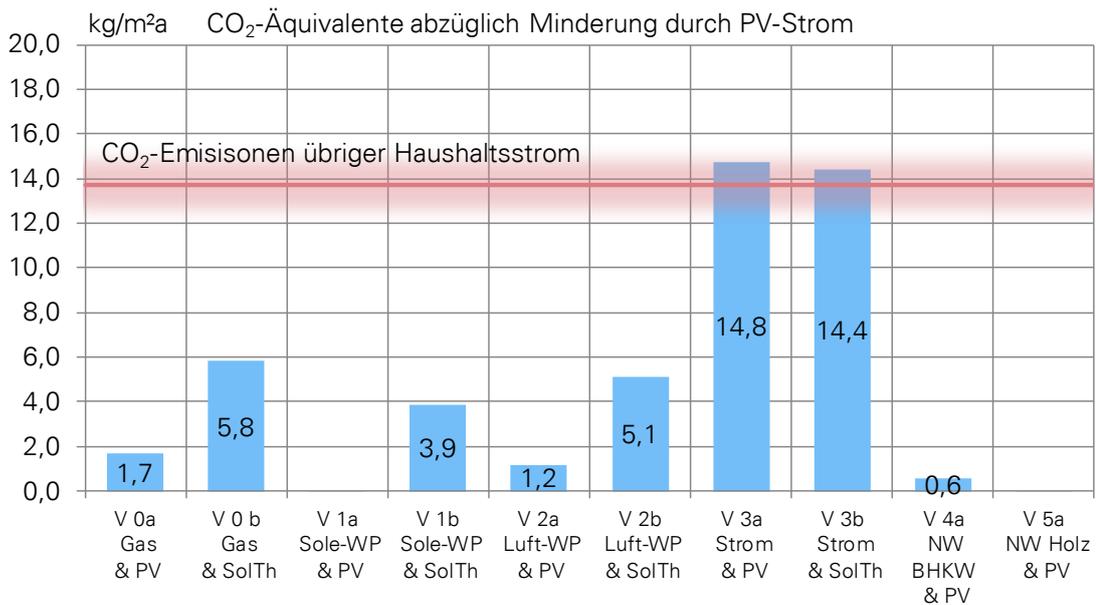


Abbildung 20: Emissionsvergleich EFH für EnEV 2020

8 CO₂-Bilanz Waldquartier gesamt

8.1 Bilanzierung nach Bauphasen und Standards

In 2014 und 2015 gelten nach EnEV 2014 noch die alten Anforderungen der EnEV 2009. Dieser Zeitraum ist nur dann relevant, wenn einige Grundstücke sehr früh vermarktet werden können und Bauanträge für diese Häuser schon in 2015 gestellt werden. Zum überwiegenden Teil wird das Baugebiet erst ab 2016 baureif sein.

Die EnEV 2014 gibt ab 2016 dann eine Unterschreitung des Primärenergiebedarfs von 25% gegenüber dem heutigen Standard der EnEV 2009 vor. Ab 2020 ist mit einer weiteren Verschärfung zu rechnen. Die Bilanzierung erfolgt für drei denkbare Varianten.

- Option 1: Einhaltung der gesetzlichen Mindestanforderung
- Option 2: bis 2019 eine Stufe besser als die gesetzliche Mindestanforderung
ab 2020 Einhaltung der gesetzlichen Mindestanforderung
- Option 3: immer eine Stufe besser als die gesetzliche Mindestanforderung

Überführt man die geplanten Anteile der Gebäudegrößen und die voraussichtliche Realisierung in verschiedenen Bauphasen in eine Gesamtbilanz, stellen sich die CO₂-Emissionen entsprechend der folgenden Tabelle dar. Differenziert wird dabei nach den Gebäudestandards, die je nach Bauphase den gesetzlichen Standard der Bauphase erfüllen oder auch übererfüllen.

Als Heizsystem wird eine Mischung von 75% Luft-Wärmepumpen mit und ohne Solarthermieanlage zu gleichen Anteilen sowie 25% Holzpellet-Nahwärme angenommen.

| Ausgangsdaten Fläche | Anteile | Wohnfläche | Häuser |
|---------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------|
| | | m ² | |
| Bauphase 2016 - 2019 | 30% | 10.073 | |
| Bauphase 2020 - | 70% | 23.503 | |
| gesamt | 100% | 33.575 | 226 |
| | Option 1 | Option 2 | Option 3 |
| CO ₂ -Emission | nach geltender EnEV | nur in Phase 1 besser | in Phase 1 und Phase 2 besser |
| | kg/m ² a | kg/m ² a | kg/m ² a |
| Bauphase 2016 - 2019 | 12,4 | 7,7 | 7,7 |
| Bauphase 2020 - | 7,7 | 7,7 | 5,8 |
| im Mittel gewichtet | 9,1 | 7,7 | 6,4 |
| | t/a | t/a | t/a |
| Bauphase 2016 - 2019 | 125 | 77 | 77 |
| Bauphase 2020 - | 180 | 180 | 136 |
| gesamt | 304 | 257 | 213 |
| relativ in Prozent | 100% | 84% | 70% |

Tabelle 16: CO₂-Bilanz Waldquartier in drei Varianten

Es ist davon auszugehen, dass das Gebiet durch den Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser jährlich CO₂-Emissionen in Höhe von 200 bis 300 t verursachen wird.

8.2 Voraussetzungen für eine Null-Emissionssiedlung

Die Realisierung einer Nullemissions-Siedlung ist ohne lokale Energieerzeugung mit PV nicht möglich. Für die Solarsiedlungen in NRW gab es für die zu installierende Leistung⁸ eine Anforderung Wert von 15 W_P/m² Wohnfläche. Dies wäre je Haus eine Leistung von 2,2 kW_P. Im Waldquartier können bestimmte Bereiche verschattet sein und in diesen begründeten Fällen von der PV-Pflicht befreit werden. Zur Zielerreichung müssen die übrigen entsprechend größere Anlagen installieren, so dass für die Produktion der gleichen PV-Strommenge dann 2,7 kW_P je Haus zu installieren sind.

Mit dieser mittleren Leistung lassen sich CO₂-Emissionen in einer Größenordnung von jährlich 222 t vermeiden. Dies würde zu Umsetzung einer Null-Emissionssiedlung ausreichen, wenn hinsichtlich des Baustandards die Option 3 - „immer eine Stufe besser als aktuell geltende EnEV“ gewählt würde.

Geht man dagegen von Option 2 - „eine Stufe besser als EnEV 2016“ mit jährlich 246 t CO₂ aus, reicht diese Emissionsminderung zur Kompensation nicht aus. Um mit hinreichender Sicherheit eine volle Kompensation sicher zu stellen, sollte die zu installierende PV-Leistung auf 3,4 kW erhöht werden.

Im Vergleich von Standards und Umfang der PV-Stromerzeugung stellen sich die Verhältnisse entsprechend Tabelle 17 dar.

⁸ indirekt, abgeleitet aus der geforderten Stromerzeugung

| | | Standard | erhöhte | |
|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------------|------|
| | | Solarsiedlung | Ausnutzung der Dachfläche | |
| | | min | Ø | max |
| Anzahl Häuser | - | 186 | | |
| Wohnfläche | m ² | 27.295 | | |
| mittlere Größe | m ² /Haus | 147 | | |
| Leistung | Watt p /m ² Wfl. | 18 | 23 | 37 |
| Leistung Anlage | kW p /Haus | 2,7 | 3,4 | 5,4 |
| PV-Fläche | m ² /Haus | 20 | 25 | 40 |
| Volllaststunden | h/a | 800 | | |
| mittlerer Ertrag | kWh/m ² Wfl.a | 14,7 | 18,4 | 29,4 |
| CO ₂ -Minderungsfaktor | g/kWh | 552 | | |
| CO ₂ -Minderung | kg/m ² Wfl.a | 8,1 | 10,2 | 16,2 |
| CO ₂ -Minderung | t/a | 222 | 277 | 443 |
| CO ₂ -Bilanz EnEV 2016 | t/a | 83 | 27 | -139 |
| CO ₂ -Bilanz Option 2 | t/a | 35 | -20 | -186 |
| CO ₂ -Bilanz Option 3 | t/a | -8 | -64 | -230 |

Tabelle 17: CO₂-Bilanz Waldquartier in der Kombination von Gebäudestandards und PV-Erzeugung

Für den Fall, dass in einer Frühphase der Bebauung die 2016er Verschärfung der EnEV noch nicht greift, kann unter Umständen mit einer Bebauung gerechnet werden, die nur dem heutigen KfW EH 70 Standard entspricht. Wenn 10% der Wohnfläche mit etwas geringerem Standard gebaut würde, entspräche dies einer Mehr-Emission von 16 t/a. Dies bedeutet, dass die Emissionsbilanz von -20 t/a, die sich aus den Empfehlungen im folgenden Abschnitt unter 9.1 und 9.2 ergibt (in der Tabelle gelb markiert) auf -4 t/a reduziert. Die Realisierung einer Nullemissionssiedlung ist auch unter dieser Voraussetzung weiterhin möglich.

8.3 Exkurs: Erfahrungen aus dem Baugebiet Graf Bismarck

Aus der Erfassung der Baugenehmigungen lag zum Zeitpunkt der Untersuchung (Ende September 2014) eine begrenzte Anzahl von Energieausweisen vor, die hinsichtlich Heizsystem und Gebäudestandard auswertbar waren. Die Gesamtanzahl von Bauanträgen liegt deutlich höher.

Im Baugebiet Graf Bismarck mit der Verpflichtung auf EH 70 zeichnet sich eine starke Verbreitung des Systems Luft-Wärmepumpe ab. Es sollte darauf geachtet werden, dass die potenzielle Lärmbelastung durch Vorgabe eines maximal zulässigen Schallpegels und Abstände zum Nachbarn begrenzt wird (siehe auch Abschnitt 5.3).

Wie sich in Graf Bismarck zeigt, ist die Forderung, eine Stufe besser zu bauen, als es die jeweils geltende EnEV vorgibt, kein Hemmnis für eine zügige Vermarktung. Die Auswertung der Neubauten in Graf Bismarck zeigt weiterhin, dass in relevanter Anzahl auch freiwillig mit noch höheren Standards gebaut wird.

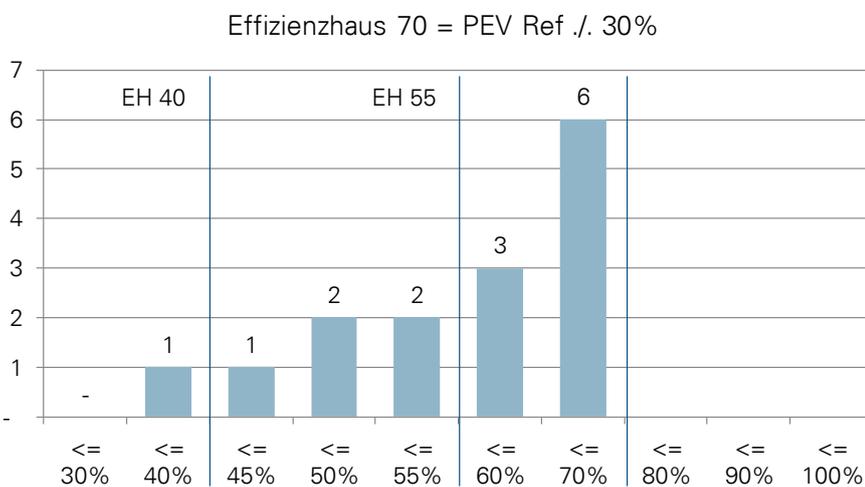


Abbildung 21: Primärenergieverbrauch Graf Bismarck (Anzahl je Klasse)

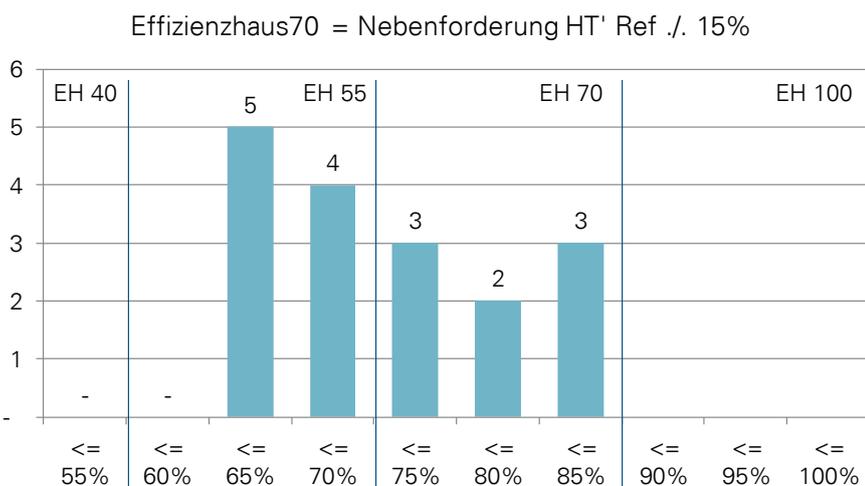


Abbildung 22: Transmissionswärmeverlust Graf Bismarck (Anzahl je Klasse)

9 Empfehlungen

9.1 Anforderungen an den Energiestandard

Die Festlegung der Anforderungen erfolgt unter Zielsetzung, eine Nullemissions-Siedlung bezogen auf den Wärmeverbrauch im Waldquartier zu errichten. Die Berechnungen unter Abschnitt 8.2 haben gezeigt, dass dies in Verbindung mit der PV-Pflicht machbar ist.

| Bauphase | Kommentar |
|---|--|
| 2014 - 2015 | 1. Stufe KfW-Förderung in der Bauantrags-/Bauphase |
| 2016 bis zur Novellierung und Verschärfung der EnEV | 1. Stufe KfW-Förderung in der Bauantrags-/Bauphase |

Eine Festlegung auf Heizsysteme erfolgt nicht. Es gibt eine ausreichende Zahl von Systemen, die in Verbindung mit der Qualität der Hüllflächen und Lüftungsanlage diese Anforderungen erfüllen.

9.2 PV-Pflicht

| Anforderung | Kommentar |
|---|---|
| 3,4 kW _p /Haus Ø 23 W _p /m ² Wohnfläche | PV-Pflicht gilt im gesamten Waldquartier, eine Befreiung ist nur im Einzelfall bei nachweislicher Verschattung möglich. Berücksichtigung der Gebäudegröße über den flächenspezifischen Wert. |

Die Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit zeigen, dass der Betrieb von PV-Anlage für den Hauseigentümer vorteilhaft ist, insbesondere dann, wenn Elektro-Wärmepumpen hohe Anteile der Erzeugung als Eigenverbrauch verwerten und auf diese Weise mehr monetären Ertrag einbringen als die Einspeisung ins öffentliche Stromnetz.

Verschattungen durch Baumbestand können in besonderen Fällen im Baufeld „Wohnen im Waldpark“ und entlang der „Gemeinschaftsschiene“ auftreten. Die Verschattung sollte im Einzelfall geprüft und daraufhin eine Befreiung erteilt werden. Die Ausnahmen von der PV-Pflicht gelten nur für einen kleinen Anteil der Wohngebäude, da die tatsächliche Verschattung durch die verbleibenden Bäume sehr gering ist. Eine Ausweitung der Anzahl der Befreiungen gefährdet die Realisierung des Ziels Nullemissions-Siedlung.

9.3 Beratung Stromsparen und Ökostrom

Die Nullemissions-Siedlung ist bisher nur über den Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser die PV-Stromerzeugung definiert. Der gesamte Energieverbrauch für die sonstigen Haushaltsstromanwendungen ist nicht berücksichtigt, liegt aber in einer Größenordnung von 23 kWh/m²a oder 14 kg CO_{2e}/m²a.

| | Kommentar |
|-----------------------------------|---|
| Beratung Stromsparen und Ökostrom | Jeder Bauherr ist verpflichtet, ein Energieberatungsgespräch wahrzunehmen, welches im Zuge des Umsetzungsmanagements kostenlos angeboten wird.. |

Eine direkte Einflussnahme auf den Stromverbrauch der Haushalte z.B. über vertragliche Regelungen ist nicht gegeben, daher soll über ein kostenloses Beratungsangebot insbesondere zum Thema Stromsparen und Ökostrom zumindest eine Sensibilisierung der neuen Bewohner erreicht werden.

9.4 Umsetzungsbegleitung

| | Kommentar |
|----------------------|--|
| Umsetzungsbegleitung | Es wird ein Energieentwicklungsmanagement eingesetzt mit den Aufgaben Projektsteuerung, Qualitätssicherung, Marketing. |

Zusätzlich werden seitens der Stadt Gelsenkirchen ein begleitendes Energieberatungsangebot sowie weitere Unterstützungsangebote in Form von Dienstleistungsangeboten (z.B. PV-/Wärme-Contracting, Einkaufsgemeinschaften) organisiert.

In 2018 erfolgt ein Monitoring zur Zielerreichung und ggf. eine Anpassung der Anforderungen.

10 Sicherung der Qualitäten des Energiekonzepts in der Umsetzungsphase (Jung Stadtkonzepte)

Wie lassen sich die energischen Standards und Qualitäten der Siedlung Waldquartier im Umsetzungsprozess sichern? Grundsätzlich sollen die jeweiligen Anforderungen – ein Beispiel ist die PV-Pflicht in vielen Siedlungsbereichen – privatrechtlich per Grundstückskaufvertrag gesichert werden.

Es empfiehlt sich jedoch darüber hinaus, die energetischen Standards bereits frühzeitig im Vermarktungs- und Beratungsprozess rund um die Siedlung zu vermitteln und dabei möglichst nicht als Zwang, sondern als positive Vermarktungsargumente zu formulieren. Die energetische Beratung sollte daher eng mit dem Beratungs- und Vermarktungsprozess verzahnt und abgestimmt werden – vom Erstkontakt über die Bewertung des Konzepts bis hin zu Baubegleitung und Monitoring.

10.1 Siedlungsberatung: Das Energiekonzept im Umsetzungsprozess

Das Prinzip ist ein gebündeltes Beratungsangebot im Rahmen einer „Siedlungsberatung“: Geschulte Ansprechpartner vermarkten die Grundstücke und beraten gleichzeitig zu den energetischen Anforderungen und Möglichkeiten des Energiekonzepts. Die Aufgaben und Schritte im Überblick:

1. Die Siedlungsberatung berät zu energierelevanten Lagequalitäten innerhalb der Siedlung, gibt einen Überblick über Fördermöglichkeiten und vermittelt Kontakte zu ausgewählten Partnern für die energienahen Dienstleistungen des Waldquartiers (siehe Kapitel 10.2).
2. Im Bedarfsfall wird je nach individueller Anforderung der Baufamilie ein geeigneter Energieberater durch die Siedlungsberatung für die Entwurfs- und Baubegleitung vermittelt. Geeignet heißt in diesem Kontext auch, dass der Energieberater das Energiekonzept des Waldquartiers und dessen Anforderungen kennt und in der individuellen Beratung berücksichtigt.
3. Der Gestaltungsbeirat und das Gestaltungshandbuch der Siedlung sollen als zentrale Werkzeuge der Qualitätssicherung im Prozess etabliert werden. Es ist bislang geplant, dass alle Baufamilien ihr jeweiliges Gebäudekonzept dem Gestaltungsbeirat zur Beurteilung vorlegen. Es wird daher empfohlen, auch einen Energieberater in den Gestaltungsbeirat aufzunehmen – möglichst einen Architekten mit Zulassung für das Bundesprogramm BAFA „Vor-Ort-Beratung“ oder einer vergleichbaren Qualifikation. Im Idealfall führt der Energieberater des Gestaltungsbeirats selbst die entwurfs- und baubegleitende Beratungen der Baufamilien durch.
4. Im Rahmen eines Monitorings erfasst die Siedlungsberatung die jeweiligen Gebäudeenergiestandards und Energieversorgungsvarianten der geplanten Neubauten auf Grundlage der eingereichten Konzepte. Jährlich wird auf dieser Datenbasis ein Soll-Ist-Abgleich zwischen Stand der Umsetzung und Energiekonzept durchgeführt. Das Projektmanagement berät im Fall größerer Abweichung gemeinsam mit dem Gestaltungsbeirat über geeignete Steuerungsmaßnahmen.

10.2 Energienaher Angebote und Dienstleistungen

Dienstleistungen und Angebote rund um eine effiziente Energieversorgung runden das Grundstückangebot ab und unterstützen die Baufamilien, die gehobenen Energiestandards zu erfüllen. Es wird empfohlen, im Vorfeld der Vermarktung geeignete gewerbliche Partner zu gewinnen, die entsprechende Dienstleistungen anbieten können.

Folgende Angebote sind sinnvolle Ergänzungen zum verpflichtenden Beratungsangebot, die den Käufern als Dienstleistungsangebote einen konkreten Mehrwert bei Ihrer Planung und Finanzierung bieten können:

PV-Contracting

Modelle des PV-Contracting ermöglichen es privaten Bauherren, ohne finanziellen Mehraufwand eine Photovoltaikanlage im Einklang mit den Gestaltungsvorgaben des Waldquartiers auf seinem Gebäude installieren zu lassen. Der Contractor errichtet die Anlage, übernimmt die Investitionskosten und kümmert sich um den laufenden Betrieb.

Der Bauherr im Waldquartier pachtet die Anlage vom Contractor und nutzt den erzeugten Strom für seinen Eigenverbrauch. Der Bauherr zahlt einen Grundpreis als Pacht für die Photovoltaikanlage, für den selbsterzeugten Strom zahlt er nach derzeitiger Gesetz-

zeslage keine Abgaben. Den nicht verbrauchten Strom liefert der Bauherr an den Contractor. Das PV-Contracting kann je nach Bedarf und Wunsch neben den Photovoltaikmodulen auch die notwendige Speichertechnik umfassen.

Alternativ zum PV-Contracting besteht für jeden Bauherren auch die Möglichkeit, im Rahmen der Vorgaben für das Waldquartier eine Photovoltaikanlage privat zu installieren und zu betreiben.

Wärmecontracting

In ähnlicher Weise wie das PV-Contracting kann auch die Errichtung von kleinen Nahwärme-Lösungen für Baugruppen über Contracting erleichtert werden. Diese Umsetzungsvariante bietet sowohl Chancen für private Bauherren als auch für Bauträger mit Kompetenz im Bereich gemeinschaftlicher Wärmeversorgungslösungen. Die Siedlungsberatung informiert über die grundsätzlichen Möglichkeiten zum Wärmecontracting für private Bauherren, aber auch Bauträger und Investoren, und vermittelt im Bedarfsfall die entsprechenden Kontakte.

Einkaufsgemeinschaft Waldquartier

Eine Alternative zum Contracting ist die Organisierung von Einkaufsgemeinschaften mit dem Ziel einer kostengünstigen Beschaffung und Absicherung eines guten Qualitätsstandards – sowohl bei Photovoltaikanlagen, bei der individuellen Heizungstechnik im Gebäude als auch bei energieeffizienten Haushalts-Elektrogeräten.

Das Modell Einkaufsgemeinschaft bietet sowohl Vorteile für individuelle Bauherren als auch örtliche Anbieter und Handwerker: Erstere profitieren von günstigen Preisen durch Mengeneffekte bei Sammelbestellungen, letztere können sich als qualitätsorientierte Anbieter und gewerbliche Partner für das Waldquartier positionieren.

Die Einkaufsgemeinschaft erleichtert es zudem, die gestalterischen Qualitätsvorgaben des Gestaltungshandbuchs für sichtbare Bauteile wie beispielsweise Photovoltaikanlagen einzuhalten. Die Einkaufsgemeinschaft kann im Vorfeld durch das Projektmanagement der Siedlung organisiert werden. Informationen über die Vorteile und Möglichkeiten der Einkaufsgemeinschaft für private Bauherren und gewerbliche Partner bietet die Siedlungsberatung des Waldquartiers.

Sensibilisierung für den Stromverbrauch

Der Umzug in ein neues Haus ist auch mit der Neuanschaffung von Elektrogeräten und dem Abschluss eines Stromlieferungsvertrags verbunden. Eine genaue Betrachtung der verschiedenen Angebote von Energielieferanten und den Strom Tarifen sowie eine Beratung zu Stromverbräuchen und Einsparpotenzialen bei Haushaltsgeräten ist ein wichtiger Punkt zur Verwirklichung der Umsetzungsziele des Quartiers.

Klimaschutzsiedlung

Die nordrhein-westfälische Landesregierung engagiert sich im Klimaschutz mit einer eigenen Energie- und Klimaschutzstrategie. Dazu gehören die Klimaschutzsiedlungen. Für die Auszeichnung als Klimaschutzsiedlung müssen einige Vorgaben eingehalten werden, die vom Gesetzgeber in einem Leitfaden⁹ definiert wurden.

⁹ http://www.energieagentur.nrw.de/_database/_data/datainfopool/100_KSS_Planungsleitfaden_2011.pdf

Der Schritt zu der Umsetzung der Vorgaben ist durch den bereits hohen Energiestandard und der PV-Vorgabe im Waldquartier vergleichsweise gering. Die energetischen Anforderungen und der CO₂-Anforderungswert, die im Planungsleitfaden 2009 definiert wurden, werden in der Regel bereits erfüllt. Eine Verschärfung dieser Werte ist nicht in Planung. Bei der Abgrenzung des Bereichs für die Klimaschutzsiedlung ist darauf zu achten, dass nicht nur Einzelhäuser einbezogen sind, da sonst die geforderte Kompaktheit der Bebauung (A/V nicht höher als 0,65) verfehlt werden kann. Die städtebaulichen Anforderungen hinsichtlich ÖPNV-Anbindung und Infrastruktur könnten sich im Waldquartier noch als problematisch darstellen.

Die Klimaschutzsiedlungen werden als Multiplikatoren aus dem Programm *progres.nrw* des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert. Daher sollte im Rahmen der Siedlungsberatung auf die Möglichkeit einer Realisierung als Klimaschutzsiedlung hingewiesen werden. Dieses ist vor allem für Bauträger interessant, da die für eine Bewilligung auch immer eine gewisse Anzahl von Gebäuden oder Wohneinheiten errichtet werden muss. Die Umsetzung mit Einzeleigentümern bedeutet einen höheren Betreuungsaufwand sowie eine strategische Vorplanung bei den Verkaufsgesprächen, ist in der Umsetzung aber grundsätzlich möglich.

11 Smart-Grid

Das Thema „Smart-Grid“ sollte auftragsgemäß im Rahmen des Energiekonzept behandelt werden. Die Relevanz dieses Themas ist auf der Ebene eines kleinen Baugebietes wie Waldquartier nicht so hoch wie anfangs erwartet. Der Markt für Regelenergie ist in 2015 durch ein Überangebot gekennzeichnet, das von großen zu- und abschaltbaren Lasten bestimmt ist. Zur Zeit gibt es keinen großen Bedarf zur massenhaften Erschließung kleiner dezentraler Potenziale. Insbesondere kann das Ziel einer Nullmissionssiedlung nicht über smart-grid-Konzepte erreicht werden.

Das Thema wird langfristig jedoch an Bedeutung zunehmen. Die erarbeiteten Basisinformationen und die Einschätzung der Relevanz sind somit im Folgenden dargestellt.

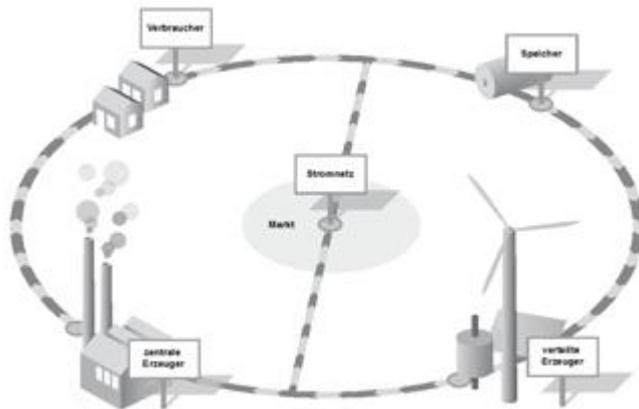
11.1 Einführung

Die Elektrizitätsversorgung erfährt aktuell einen Umbruch, der sich in erster Linie durch den steigenden Energiebedarf, die zunehmende Integration erneuerbarer Energien sowie die Einbindung vieler Stromerzeugungsanlagen in das bestehende Stromnetz auszeichnet. Aufgrund dessen wird es notwendig sein, dass sich die Strominfrastruktur in naher Zukunft von einer zentral gesteuerten zu einer intelligenten dezentralen Stromversorgung weiterentwickelt.

Die derzeitige Stromversorgung basiert auf einer überwiegend zentral ausgerichteten Struktur. Die Stromerzeugung erfolgt hauptsächlich in großen Kraftwerken, von denen aus die elektrische Energie über die Stromnetze an die Verbraucher geliefert wird. Ein wichtiger Vorteil der zentralen Struktur besteht darin, dass mithilfe weniger großer Kraftwerke relativ einfach die notwendige Balance zwischen Energieerzeugung und Energieverbrauch hergestellt werden kann. Diese Balance ist für ein stabiles und sicheres Versorgungsnetz zu gewährleisten.

Sollte die Balance jedoch durch volatile Stromerzeugung oder Lasten nicht mehr gegeben sein, werden Maßnahmen wie die Regelung der Kraftwerksleistung ergriffen. Die

für die Steuerung notwendige Kommunikationsinfrastruktur ist im Hochspannungsnetz auf Übertragungsnetzebene zwingend notwendig und deswegen schon seit Jahrzehnten vorhanden. Auf Verteilnetzebene, vor allen Dingen im Niederspannungsnetz, ist bisher keine Kommunikationsinfrastruktur zwischen den Netzbetriebsmitteln, dezentralen Erzeugern und Verbrauchern vorhanden. Dadurch ist nicht bekannt, wie genau sich Lastflüsse und dezentrale Erzeuger auf diesen Netzebenen verhalten. Aus diesem Grund wird hier oft von einem „Blindflug auf den unteren Netzebenen“ gesprochen (siehe Abbildung 23, Informationen und Abbildungen übernommen aus der Studie „Smart Grids Austria. Der Weg in die Zukunft der elektrischen Stromnetze!“).



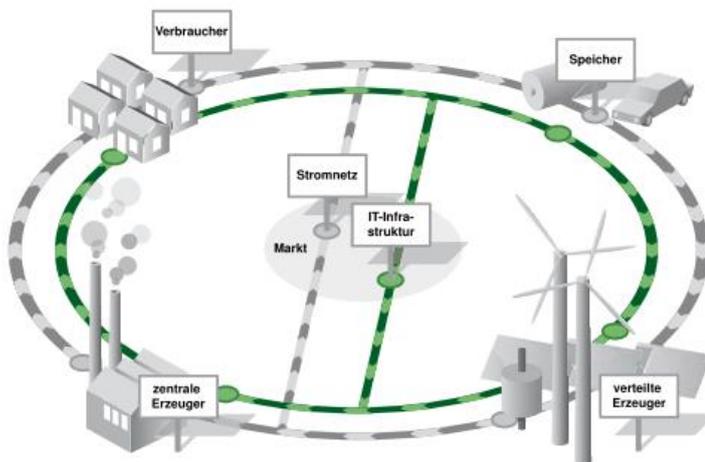
Quelle¹⁰

Abbildung 23: Schema Verteilnetzebene ohne Smart Grid

Um einen sicheren Netzbetrieb gewährleisten zu können, sind die Mittelspannungs- und Niederspannungsnetze bisher mit einem gewissen Sicherheitsfaktor entsprechend groß ausgelegt worden.

Smart Grid ist die kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Speichern, elektrischen Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln in Energieübertragungs- und -verteilnetzen der Elektrizitätsversorgung (siehe Abbildung 24). Ziel ist die Sicherstellung der Energieversorgung auf Basis eines effizienten und zuverlässigen Systembetriebs. Die vorhandenen Netze sollen durch einen effizienteren Betrieb besser genutzt werden, sodass einerseits durch das Smart Grid ein zusätzlicher, wirtschaftlicher Nutzen entsteht und andererseits der Bedarf des weiteren Netzausbaus reduziert werden kann.

¹⁰ FEEI – Fachverband der Elektro- und Elektronikindustrie, Wien (Hrsg.), Österreichs E-Wirtschaft, Wien (Hrsg.): Smart Grids Austria. Der Weg in die Zukunft der elektrischen Stromnetze! Abruf unter https://www.stadt-salzburg.at/pdf/2010_roadmap_smart_grids_austria.pdf



Quelle¹¹

Abbildung 24: Schema Verteilnetzebene mit Smart Grid

Durch die teilweise stark volatile Einspeisung erneuerbarer Energiequellen, wie Photovoltaik, Windkraft und Biomasse oder kleiner dezentraler KWK-Anlagen, wird die Lastregelung und Spannungshaltung in den Verteilnetzen komplexer. Der Gedanke des Smart Grid ist es, durch die gezielte Steuerung von Lastflüssen und gegebenenfalls durch den Einsatz von Speichertechnologien, die vorhandenen Mittel- und Niederspannungsnetzebenen besser und effizienter auszunutzen. Dies wird durch eine bessere regionale Verteilung von dezentral erzeugtem Strom, aber auch durch die zeitliche Verschiebung von Lasten erreicht. Lasten können dabei durch eine zentrale Steuerung von Endverbrauchern zeitlich verschoben oder durch den Einsatz vieler vernetzter, dezentraler Speicher kompensiert werden. Als Speicher können zentrale elektrochemische Stromspeicher auf Mittelspannungsebene, dezentrale kleine Stromspeicher in Ein- u. Mehrfamilienhäusern oder aber auch die Batterien von Elektrofahrzeugen genutzt werden.

Der Nutzen des Smart Grid steigt demzufolge mit der Anzahl der vernetzten dezentralen Erzeuger, Verbraucher, Netzbetriebsmittel und Speicher.

Für die Umsetzung von Smart Grids sind umfassende Veränderungen im Netzsystem notwendig. Je genauer die aktuelle Erzeugung, der Verbrauch, die Speicherbeladung und die aktuellen Belastungen im Stromsystem bekannt sind, desto effizienter und besser lassen sich Steuerungs- und Regelungsmaßnahmen ergreifen. Eine Grundvoraussetzung für Smart Grids sind also geeignete Sensoren sowie die zur Übertragung erforderliche Informations- und Kommunikationstechnologie. Die Regelung einzelner Kraftwerke ist vergleichsweise einfach. Eine Vielzahl von dezentral agierenden Kleinkraftwerken, Verbrauchern und Speichern hingegen nicht mehr. Eine aus dem Smart Grid resultierende Idee ist es, viele kleine Stromerzeuger zu sogenannten „virtuellen Kraftwerken“ zu bündeln und diese gemeinsam mit Verbrauchern und Speichern zu betreiben. So können die individuellen und dezentralen Einflüsse technisch beherrschbar gemacht werden.

Auf Verbraucherseite sind zur Erfassung des Stromverbrauchs intelligente Stromzähler, sogenannte „Smart Meters“, notwendig, um das intelligente Stromnetz auch auf der untersten Netzebene zu integrieren. Zusätzlich können in Zukunft weitere Entwicklungen auf der Verbraucherseite zu einem intelligenten Netz beitragen. Durch intelli-

¹¹ Smart Grids Austria, a.a.O.

gentes Wohnen ist es möglich, durch aktive Bauteile und intelligente Managementkonzepte in Haushalts- und Elektrogeräten die Verbrauchssteuerung und Energieeffizienz wesentlich zu beeinflussen.

Ähnlich kann zukünftig durch eine erhöhte Anzahl von Elektrofahrzeugen die Speicherung aus erneuerbaren Energieträgern in den Fahrzeugbatterien erfolgen, um so die Zeitdifferenz zwischen Energieerzeugung und Energiebedarf auszugleichen. Aktuell sind am Strommarkt vor allem Akteure vertreten, die im Bereich der Stromproduktion hohe Volumina handeln können. Ein durch die Automatisierungstechnik erweiterter Strommarkt kann neue Geschäftsmodelle eröffnen, so dass auch Ein- und Verkäufer mit geringerem Stromvolumen selbstständig oder kooperativ am Markt kommunizieren und agieren können.

11.2 Relevanz für das Waldquartier

Soll für das Waldquartier in Gelsenkirchen ein Smart Grid umgesetzt werden, sollten einige Erfolgsfaktoren berücksichtigt werden. Wie zuvor beschrieben steigt der Nutzen des Smart Grid mit der Anzahl der vernetzten Verbraucher, dezentralen Erzeuger, Netzbetriebsmittel und Speicher. Durch die begrenzte Anzahl an geplanten Wohneinheiten wird zugleich der direkte Nutzen des Smart Grid im Waldquartier selber eingeschränkt.

Der Aufwand für die technische Umsetzung eines Smart Grid auf Ebene der Netzbetriebsmittel wird, durch den Einsatz eines kommunikationsfähigen, regelbaren Ortsnetztransformators, vergleichsweise gering eingeschätzt. Um dezentrale Erzeugungsanlagen (PV-Anlagen) und Verbraucher zeitlich aufeinander abzustimmen oder den Verbrauch zu Zeiten großen Stromangebots zu verschieben, ist eine Vernetzung der Erzeuger und Verbraucher notwendig. Verbraucher sind in dem Fall des Waldquartiers Endverbraucher wie Wärmepumpen, Waschmaschinen und sonstige Elektrogeräte in den Haushalten der Eigentümer. An dieser Stelle ist es Sache der Eigentümer ihre Endverbraucher entsprechend zu vernetzen oder zumindest Smart-Meeter zu installieren. Durch das Nutzerverhalten der Bewohner/Eigentümer und der Tatsache, dass die Endverbraucher im Privatbesitz sind, ergibt sich nur ein begrenzter Spielraum in der Steuerung und Verschiebung bestimmter Verbraucher und Lasten.

Eine weitere Möglichkeit für die intelligente Anpassung von Erzeugung und Verbrauch ist die Speicherung überschüssiger Energie in Stromspeichern. Dazu könnten Elektrofahrzeuge der Hauseigentümer genutzt werden. Diese erzeugen eine verbesserte Klimabilanz und die Akkus der Fahrzeuge können als Speicher für elektrische Energie genutzt werden. Hierbei ist jedoch zu hinterfragen, wann diese Speicherung im Tagesverlauf sinnvoll ist und zu welchen Zeiten die Fahrzeuge/Speicher im Quartier vertreten sind. Eine Speicherung tagsüber würde sich anbieten, da im Quartier relativ wenig Strom verbraucht, aber durch die PV-Anlagen gleichzeitig mittags der meiste Strom erzeugt wird. Da jedoch viele Bewohner aus beruflichen Gründen zu genau diesen Zeiten das Waldquartier mit dem Fahrzeug verlassen, stehen diese Speicher zumindest nicht an diesem Ort zur Verfügung.

Insgesamt kann das Waldquartier in Gelsenkirchen aufgrund der Größe und Einwohnerzahl als Testgebiet genutzt werden. Die Ergebnisse aus der Forschung in diesem Gebiet könnten der Stadt Gelsenkirchen und dem Stromversorger ELE als Grundlage für weitere Überlegungen dienen. Eine umfassende Umsetzung eines intelligenten Stromnetzes in diesem Quartier ist aus Sicht der entstehenden Kosten für neue Technologien und dem zu erwartenden Erfolg weniger sinnvoll. Insbesondere die fehlende Vernetzung mit anderen Gebieten der Stadt oder der Region erschweren den Erfolg einer solch kostenintensiven Maßnahme.

Für einen realen Nutzen gibt es nicht genug steuerbare Lasten im Gebiet. Aufgrund seiner isolierten Lage mit wenigen Verbindungspunkten zum vorgelagerten Stromnetz wäre es für Testzwecke in einem Pilotprojekt eher geeignet.

