

Stadt Hilden
Planungs- und Vermessungsamt
Am Rathaus 1, 40721 Hilden

ENERGIEKONZEPT FÜR DEN BEBAUUNGSPLAN NR. 254 „ALBERT-
SCHWEITZER-SCHULE“ IM STADTTTEIL HILDEN-SÜD

DEZEMBER 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung und Vorgehensweise	6
2	Beschreibung des Baugebietes	7
2.1	Flächen und Akteure	7
2.2	Städtebauliche Planung / Gebäudestruktur	7
3	Stromversorgung aus erneuerbarer Energien	9
3.1	Kleinwindenergieanlagen	9
3.2	Photovoltaik	11
4	Methodische Vorbemerkungen zum Wärmekonzept	13
4.1	Flächenkategorien	13
4.2	Kosten	13
4.3	Begriffsdefinitionen	13
5	Gebäudestandards und Energieversorgung	16
5.1	Energetische Gebäudestandards	16
5.1.1	EnEV 2009 und EEWärmeG	16
5.1.2	EnEV 2016	17
5.1.3	Passivhaus	18
5.2	Heizwärmebedarfe	18
5.3	Heizsysteme	19
6	Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnung	21
6.1	Kostenansätze der Gebäudestandards	21
6.2	Preise der Energieträger	22
6.3	Förderprogramme	23
6.3.1	Solarthermie	23
6.3.2	Holzpellet-Anlagen	23
6.3.3	Kraft-Wärme-Kopplung	23
6.4	Berechnungsverfahren Vollkostenvergleich	24
7	Wirtschaftlichkeitsvergleich	25
7.1	Mindeststandard nach EnEV 2009	25
7.2	Gebäudestandard nach EnEV 2016	25
7.3	Passivhaus-Standard	26
7.4	Gebäudestandards im Vergleich	27
8	Energiebilanz	29
8.1	Berechnungsfaktoren	29

8.2	Ergebnisse	31
9	Gesamtbewertung und Empfehlung	33
9.1	Wirtschaftlichkeit	33
9.2	CO ₂ -Emissionen	33
9.2.1	Holzpellet-Heizung, monovalent	33
9.2.2	Nahwärme mittels BHKW	33
9.2.3	Erdgasheizung mit Solaranlage für Passivhaus	34
9.3	Fazit	34
9.4	Weiteres Vorgehen	36
10	Anlagen	37
10.1	Haustyp 01- Patiohaus Typ A	37
10.2	Haustyp 02 – Stadthaus Typ A I und A II	38
10.3	Haustyp 03 – Geschosswohnen (Wohnungen A, B und D)	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Plangebietsabgrenzung	7
Abbildung 2: Städtebaulicher Entwurf	8
Abbildung 3: Windgeschwindigkeit in 10 m über Grund	10
Abbildung 4: Solaranalyse Stadtwerke Hilden	12
Abbildung 5: Heizwärmebedarf Q_H bezogen auf die Wohnfläche	18
Abbildung 6: Vollkosten für EnEV 2009	25
Abbildung 7: Vollkosten für EnEV 2016	26
Abbildung 8: Vollkosten für Passivhaus-Standard	26
Abbildung 9: Jahreskosten für Gebäudestandards im Vergleich	27
Abbildung 10: Vollkosten für Gebäudestandards im Vergleich	28
Abbildung 11: CO ₂ -Emissionen (Äquiv.) für Gebäudestandards im Vergleich	31
Abbildung 12: Primärenergiebilanz für Gebäudestandards im Vergleich	32
Abbildung 13: Patiohaus A - Auszug Gestaltungsplan und Straßenansicht	37
Abbildung 14: Patiohaus - Transmissionswärmeverluste	37
Abbildung 15: Stadthaus A - Auszug Gestaltungsplan und Straßenansicht	38
Abbildung 16: Stadthaus A I - Transmissionswärmeverluste	38
Abbildung 17: Stadthaus A II - Transmissionswärmeverluste	38
Abbildung 18: Geschosswohnen - Auszug Gestaltungsplan und Straßenansicht	39
Abbildung 19: Geschosswohnen - Transmissionswärmeverluste	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Begriffsdefinitionen	14
Tabelle 2: Beschreibung der Heizsysteme	19
Tabelle 3: Mehrkosten je Gebäude	21
Tabelle 4: Mehrkosten bezogen auf Wohnfläche	22
Tabelle 5: Energiepreise (brutto)	22
Tabelle 6: CO ₂ -Emissions- und Primärenergiefaktoren	30
Tabelle 7: Gegenüberstellung der Empfehlungen gegenüber Referenzvariante	35

1 Aufgabenstellung und Vorgehensweise

In dem städtebaulichen Entwurf für die Nachfolgenutzung der aufgegebenen Albert-Schweitzer-Schule steht für die Stadt Hilden die Schaffung von Wohnraum im Mittelpunkt. Dabei soll die städtebauliche Planung unter anderem durch Anwendung der Prinzipien des energetisch optimierten Bauens und den Einsatz von effizienten Energieversorgungssystemen einen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Vor diesem Hintergrund soll für die städtischen Fläche zwischen den Straßen Am Wiedenhof, Kunibertstraße, Lindenstraße und dem Garather Mühlenbach ein Energiekonzept erarbeitet werden, welches die Varianten aufzeigt, mit denen der Anspruch der Stadt Hilden an eine hohe energetische Qualität des Gebietes erfüllt werden kann. Diese energetische Qualität betrifft insbesondere den Gebäudewärmebedarf sowie die Anforderungen an die Energieversorgung und den Einsatz regenerativer Energien.

Neben einer kurzen einleitenden Beschreibung des Baugebietes werden vorab zwei mögliche Systeme zur Stromversorgung aus erneuerbaren Energien auf dem Plangebiet beschrieben. Anschließend erfolgt die Betrachtung der Wärmeversorgung des Gebietes. Es werden zum Verständnis und zur Klärung wesentlicher Begriffe zunächst methodische Vorbemerkungen vorangestellt. Sodann werden die möglichen Gebäudestandards in Anlehnung an Förderprogramme der KfW definiert und hinsichtlich ihres Energieverbrauchs quantifiziert. Anschließend werden die Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnung dargestellt. Dazu zählen:

- bauliche Mehrkosten, die durch höhere Standards verursacht werden;
- aktuelle Energiepreise der verschiedenen Energieträger sowie als Hochpreisszenario zur Durchführung einer einfachen Sensitivitätsanalyse;
- Förderung durch Zuschüsse unter Berücksichtigung der aktuellen Verfügbarkeit dieser Mittel;
- das Berechnungsverfahren der Vollkostenrechnung mit Erläuterung des Annuitätenverfahrens zur Umrechnung von einmaligen Investitionen in jährliche kapitalgebundene Kosten.

Abschließend erfolgt eine Aufstellung der Primärenergie- und CO₂-Emissionsbilanz.

2 Beschreibung des Baugebietes

2.1 Flächen und Akteure

Das Plangebiet umfasst insgesamt eine Fläche von 2,98 ha südlich des Hildener Stadtzentrums im Stadtteil Hilden-Süd. Der Bebauungsplan wurde im Auftrag der Stadt Hilden vom Planungsbüro MEURER Architekten, Stadtplaner, Ingenieure PG erarbeitet.

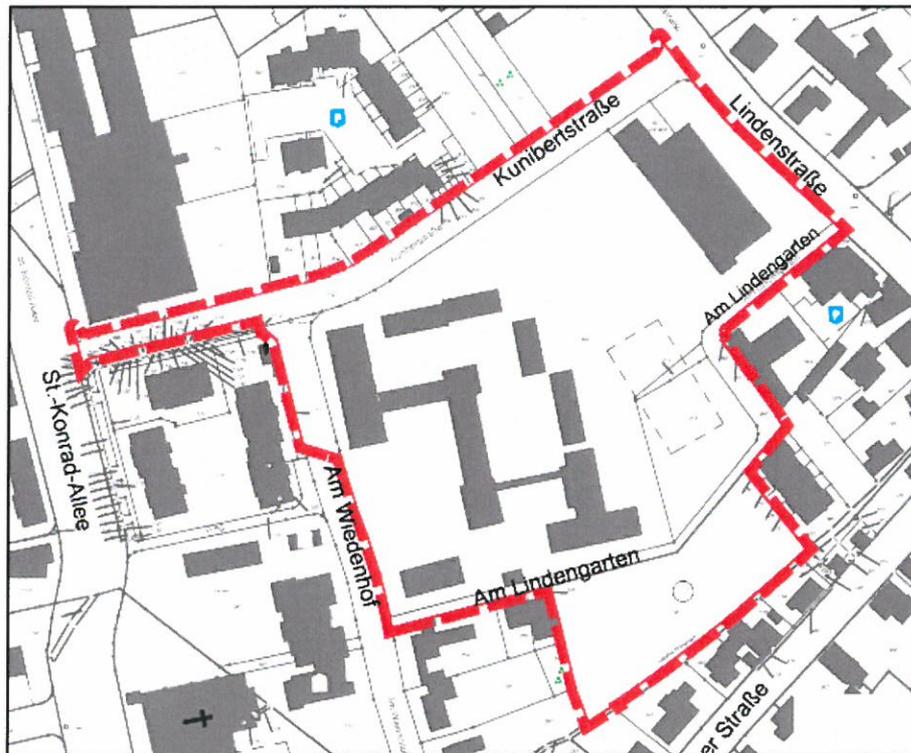


Abbildung 1: Plangebietsabgrenzung

Das Gebiet umfasst das ehemalige Schulgelände der Albert-Schweitzer-Schule sowie die angrenzende Grünanlage und Kunibertstraße. Das gesamte Plangebiet befindet sich im Eigentum der Stadt Hilden, jedoch ist das Grundstück Kunibertstraße 8 mit einem Vereinsheim im Erbbaurecht an den betreibenden Sportverein verpachtet.

Die Grundstücke werden von der Stadt Hilden vermarktet. Es ist eine Einzelvermarktung vorgesehen, so dass eine Realisierung der Bebauung innerhalb von 2 bis 4 Jahren anzunehmen ist.

2.2 Städtebauliche Planung / Gebäudestruktur

Der städtebauliche Entwurf sieht eine an die Umgebung angepasste 2- bis 3-geschossige Bebauung vor. Diese soll aus unterschiedlichen Gebäudetypen bestehen, die sich in fünf verschiedenen Baufeldern um jeweils einen grünen Hof erschließen. Eine weitere zentrale und für das gesamte Quartier wirksame Grünanlage, welche die Bestandsgrünfläche am Garather Mühlbach integriert und diese in Richtung Norden zur Quartiersmitte hin entwickelt, ist vorgesehen.

Insgesamt sind neun Mehrfamilienhäuser vorgesehen, die als Geschosswohnungsbauten realisiert werden sollen. Von den Geschosswohnungsbauten können jedoch zwei

Gebäude erst später errichtet werden, da ein Grundstück verpachtet ist und sich auf dem anderen Grundstück ein schutzwürdiger und erhaltenswerter Baum befindet. Sie werden in der weiteren Betrachtung dennoch mit berücksichtigt, da der Konzeption der Wärmeversorgung der Vollausbau zugrunde gelegt werden muss. Die Wohnfläche wird in der Summe bei rund 6.000 m² für die Geschossbauten liegen. Die Geschossbauten werden mit einer mittleren Wohnfläche von 77 m² je Wohneinheit kalkuliert, auch wenn ein Teil der Häuser unter Umständen aus Vermarktungsgründen mit geringerer Wohnfläche angeboten werden wird.

Die Bebauungsstruktur beinhaltet weitere 15 Patio-Häuser, die als reihungsfähige Einzelhäuser mit einem kleinen Innenhof (Patio) ausgeführt werden sollen. Auch hier gilt es einen schutzwürdigen Baum zu erhalten, wonach zwei Patio-Häuser erst später vermarktet werden können. Diese werden im Folgenden dennoch mit berücksichtigt. Insgesamt wird dadurch eine Wohnfläche von rund 2.000 m² entstehen.

Der Gebäudetyp des Reihenhauses (Stadthaus) soll ebenfalls realisiert werden. Es werden verschiedenen Typen und Größen vorgeschlagen, aus denen zur Vereinfachung 37 Reihenhäuser mit einer mittleren Wohnfläche von 93 m² je Wohneinheit näher betrachtet werden.

Der hier verwendete Begriff der Wohnfläche entspricht dem üblichen Sprachgebrauch und Verständnis. Abweichend davon wird im Zusammenhang mit den Kennwerten der EnEV auch der Begriff der Gebäudenutzfläche (A_N) verwendet werden. Diese ist ca. 25% höher, wobei je nach Gebäudetyp auch höhere Abweichungen möglich sind.



Abbildung 2: Städtebaulicher Entwurf

3 Stromversorgung aus erneuerbarer Energien

Auf dem Plangebiet selbst können, für die Stromversorgung aus erneuerbaren Energien, Kleinwindenergieanlagen (KWEA) bzw. Photovoltaik (PV) zum Einsatz kommen, die im Folgenden näher erläutert werden.

3.1 Kleinwindenergieanlagen

Als Kleinwindenergieanlagen werden Anlagen mit einer Gesamthöhe von weniger als 50 m bezeichnet, wobei je nach Leistung noch einmal in Mikro-WEA (1,5 bis 5 kW), Mini-WEA (5 bis 30 kW) und Mittel-WEA (30 bis 100 kW) unterschieden werden kann. Die Anschaffungskosten bewegen sich zwischen 1.000 bis über 5.000 €/kW Nennleistung.

Da KWEA als bauliche Anlagen gelten, ist unter anderem die Landesbauordnung NRW einzuhalten. Demnach müssen z. B. Abstandflächen zur Nachbarbebauung eingehalten werden (§ 6). Die Tiefe der Abstandfläche bemisst sich nach der Hälfte ihrer größten Höhe und ist als Kreis um den geometrischen Mittelpunkt des Mastes gekennzeichnet. Bei einer Anlage von 50 oder 10 m Gesamthöhe müsste also ein Abstand von 25 bzw. 5 m eingehalten werden. Des Weiteren können jedoch Anlagen bis 10 m Höhe ohne Baugenehmigung errichtet werden, außer in reinen, allgemeinen und besonderen Wohngebieten sowie in Mischgebieten (§ 65). Zusätzlich sind Grenzwerte zu den Schallemissionen zu beachten, die z. B. bei allgemeinen Wohngebieten bei 55 db tagsüber und nachts bei 40 db liegen (§ 6, TA Lärm).

Die oben genannten genehmigungsrechtlichen Aspekte stellen nur einen Auszug dar und müssen einzelfallspezifisch untersucht werden.

Neben den rechtlichen Rahmenbedingungen, müssen bei der Standortwahl von KWEA auch die technischen und meteorologischen Faktoren berücksichtigt werden. Wichtigstes Kriterium für den Energieertrag und damit über die Wirtschaftlichkeit einer KWEA ist, dass der Wind ungehindert, gleichmäßig und mit einer hohen Geschwindigkeit auf die Anlage treffen kann. Aufgrund der Bebauungsstruktur des städtisch geprägten Umfelds des Baugebietes (Innenstadtlage), treten hohe Geländerauigkeiten auf. Diese haben einen großen Einfluss auf den Energieertrag der KWEA. Um diesen Nachteil gegenüber den Windverhältnissen auf dem freien Land auszugleichen, ist ein höherer Mast, i.d.R. durch die Montage der Anlage auf einem Gebäudedach, das geeignete Mittel. Grundsätzlich gilt: Je höher das Gebäude bzw. die Anlage die Umgebung überragt, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit für gute Windverhältnisse. Zusätzlich begünstigt ein großer Abstand des Gebäudes zu den Nachbargebäuden hohe Windgeschwindigkeiten, vor allem in Hauptwindrichtung.

Entscheidend für den Ertrag der KWEA sind die Bauart der Rotorblätter (vertikal oder horizontal) und die Windgeschwindigkeit. Bereits bei Windgeschwindigkeiten von 2,5 bis 3 m/s kann die Anlage anfangen Strom zu produzieren, allerdings sollte die mittlere Geschwindigkeit im Durchschnitt 4 m/s betragen. Dies ist der untere Wert, der zu einem rentablen Betrieb einer KWE vorhanden sein muss.

Die mittlere Geschwindigkeit eignet sich für eine grobe Abschätzung hinsichtlich der Eignung des Standortes, nicht jedoch für eine Ertragsprognose. Dafür muss zusätzlich die genaue Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten bekannt sein.

Als erste Abschätzung dient die Windkarte aus dem Klimaatlas Nordrhein-Westfalen des LANUV¹ (siehe Abbildung 3). Darin ist die mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über Grund dargestellt.

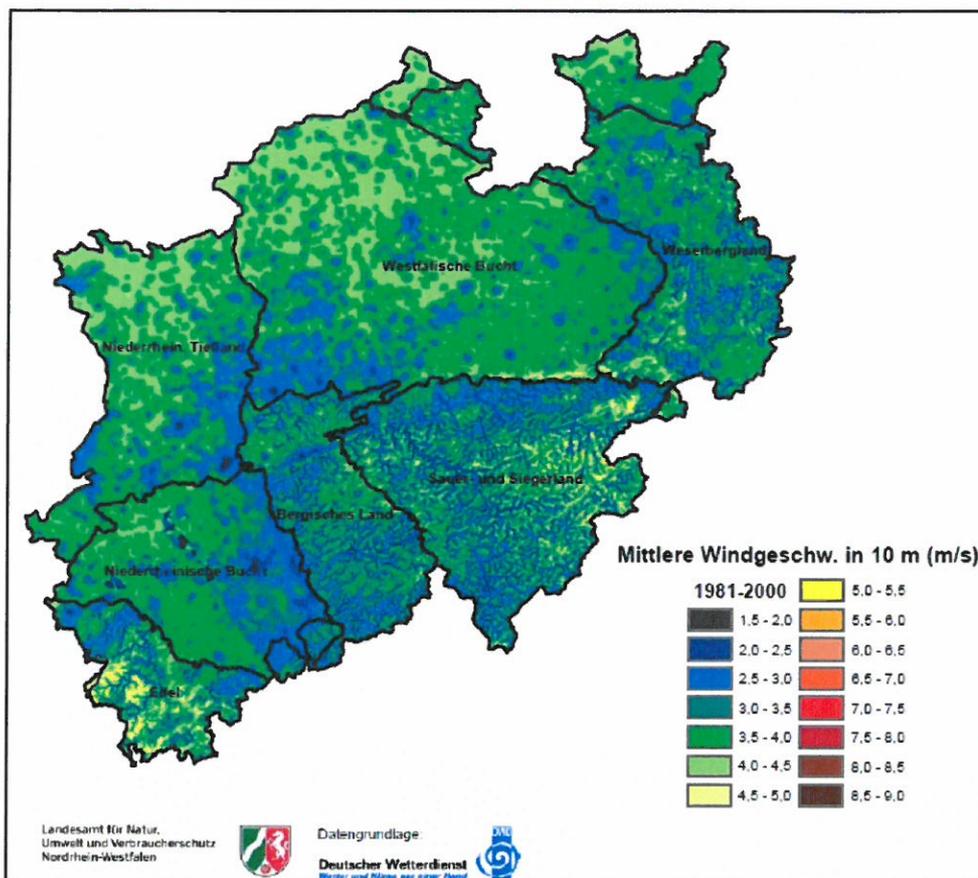


Abbildung 3: Windgeschwindigkeit in 10 m über Grund

Für die Städte Duisburg, Krefeld, Mönchengladbach und Düsseldorf im Niederrheinischen Tiefland, wird ein Wert von 2,5 m/s ausgewiesen. Da sich die Stadt Hilden in unmittelbarer Nähe dazu befindet, kann davon ausgegangen werden, dass sich die mittlere Geschwindigkeit übertragen lässt.

Auch in dem Klimagutachten, welches die Stadt Hilden 2009 in Auftrag gegeben hat, werden Flächen mit mittleren Windgeschwindigkeiten von mehr als 4 m/s ausschließlich außerhalb des Stadtgebietes ausgewiesen.

Unter Berücksichtigung der oben genannten Aspekte, stellen Kleinwindenergieanlagen keine wirtschaftliche Alternative zur Stromversorgung aus erneuerbaren Energien dar. Aufgrund der geringen mittleren Windgeschwindigkeit ist von keinem wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen auszugehen. Zudem stellen die rechtlichen Rahmenbedingungen sowie die eingeschränkte Nutzung des Grundstücks vermeintlich weitere Hemmnisse dar. Des Weiteren kann die Qualität von einer Vielzahl von am Markt befindlichen Anlagen derzeit nur schwer bewertet werden, da die wenigsten über Kennwerte verfügen, die von unabhängigen Stellen bestätigt wurden. Weiterhin stellen die niedrigen Einspeisevergütungen durch das EEG bei vergleichsweise hohen Investitionskosten ein weiteres Hindernis dar.

¹ Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

3.2 Photovoltaik

Die Nutzung von Solarstrom mittels einer Photovoltaikanlage ist mittlerweile eine gängige Art Strom aus erneuerbaren Energien dezentral zu generieren und auch direkt am Ort der Erzeugung zu nutzen. Im Neubau kann die Photovoltaik (PV) gut baulich eingebunden werden, auf Dachflächen muss bauseits eine zusätzliche Dachlast von rund 15 kg/m² vorgehalten werden.

PV wird überwiegend auf horizontalen Flächen, vorwiegend in aufgeständerter Form, eingesetzt, das heißt die PV-Module werden in einem Winkel von rund 30° zur Sonne hin ausgerichtet. Eine Abweichung in Ost- und Westrichtung ergibt nur geringe Ertragseinbußen im Vergleich zu einer optimalen Südausrichtung.

Neben der aufgeständerten Bauform auf z. B. Gebäudedächern, kann die PV auch in Gebäudefassaden, als Verschattungselement in Fensterbereichen oder als Überdachungen (z.B. PKW-Stellplätze) eingesetzt werden. Kleinteilige Modulsegmentierungen und das Anbringen in der Vertikalen verteuern den Anlagenpreis jedoch erheblich und führen in den meisten Fällen dazu, dass sich der Betrieb einer solchen Anlage als unwirtschaftlich darstellt. Insgesamt liegen die Kosten für eine reine Photovoltaik-Anlage auf einem Einfamilienhaus inklusive Dokumentations-, Planungs- und Montagekosten bei rund 10.000 €.

Der erzeugte Solarstrom kann direkt vor Ort, anteilig zur Eigen-Bedarfsdeckung der Hausbesitzer genutzt werden, ansonsten erfolgt die Netzeinspeisung nach EEG. In geringem Maße können Überschüsse jedoch auch z. B. in die Batterien von Elektroautos oder in Netzersatzanlagen / Notstromsysteme (z.B. für Aufzüge in Mehrfamilienhäusern) gespeichert und somit ggf. zeitversetzt genutzt werden.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) regelt die Höhe der Vergütung für Solarstrom. Je nach Anlagengröße und Bauart werden zwischen 9,88 und 14,27 ct/kWh für die nächsten 20 Jahre vergütet (ab Beginn des Anlagenbetriebs im Oktober 2013). Direkt vor Ort genutzter, von einem Anlagenbetreiber selbst genutzter Solarstrom wird nicht nach dem EEG vergütet.

Stromkunden müssen derzeit eine EEG-Umlage von 5,27 ct/kWh (ab 2014 6,24 ct/kWh) zahlen. Die Umlage wird zur Deckung der Kosten für die EEG-Stromvergütung aus erneuerbaren Energien genutzt. Anlagenbetreiber, die Solarstrom direkt am Ort der Erzeugung selbst nutzen (Letztverbraucher) sind derzeit für die Strommenge aus erneuerbaren Energien von der Zahlung der EEG-Umlage an den Übertragungsnetzbetreiber befreit.

Die Einspeisevergütung für PV-Strom sinkt schneller als bei jeder anderen erneuerbaren Stromquelle. Sank die Vergütung bei Neuinstallationen über mehrere Jahre moderat um 5 %/a, beschleunigte sich der Abwärtstrend auf 30 bis 34 %/a im Jahr 2012. Seit Anfang 2012 liegt die Vergütung bei neu installierten, kleinen Aufdächanlagen niedriger als der Bruttopreis von Haushaltsstrom (ca. 28 ct/kWh bei 3.500 kWh/a).

Diese oben genannten Regelungen und Entwicklungen führen dazu, dass die Eigenstromnutzung immer attraktiver wird. Ein durchschnittlicher 3-Personen-Haushalt verbraucht rund 3.500 kWh/a. Bei einer maximal möglichen Strahlungsleistung im Stadtgebiet von rund 900 kWh/m² und Jahr² sowie unter Berücksichtigung eines Perfor-

² Vgl. GEO-NET Umweltconsulting GmbH „Klima- und immissionsökologische Funktionen im Stadtgebiet Hilden“ (2009)

mance-Ratio-Wertes³ von 80 bis 90%, ergibt sich ein spezifischer Ertrag von rund 130 kWh/m². Demnach müssten für eine theoretische und bilanzielle vollständige Eigenversorgung durch PV rund 27 m² Modulfläche auf dem Dach errichtet werden. Problematisch ist hier jedoch, dass die Stromerzeugung und der Stromverbrauch nicht zeitgleich erfolgen. Für eine reale vollständige Eigenversorgung müsste die PV-Anlage zum einen deutlich größer konzipiert sowie zum anderen ausreichende Speichermöglichkeiten geschaffen werden.

Im Neubaubereich führt die Betrachtung von PV-Dachinstallationen zu einem Konflikt, da nach dem Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz (EEWärmeG) ein Teil der Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden muss. Das bedeutet, dass zur Erfüllung dieses Gesetzes mit der einfachsten üblichen Anlagentechnik, ein konventioneller Erdgas-Brennwertkessel mit Solarthermie zum Einsatz kommt. Die Entscheidung zwischen Solarstrom und / oder Solarwärme muss demnach einzelfall-spezifisch abgewogen werden und hängt zuletzt vom Eigenheimbesitzer selbst ab.

Für die Stadt Hilden ist von den Stadtwerken Hilden ein Onlinetool zur Prüfung der Nutzung von Sonnenenergie bereitgestellt worden. In der folgenden Abbildung ist die Nachbarschaft des geplanten Wohngebietes dargestellt. Demnach sind die Dachflächen nur bedingt bis gut geeignet. Inwieweit die Flächen jedoch wirklich nutzbar sind, hängt von Faktoren, wie beispielsweise der Statik, Dachneigung und den Dachaufbauten, ab.



Abbildung 4: Solaranalyse Stadtwerke Hilden

³ Die Performance-Ratio fasst den Effekt zusammen, dass PV-Anlagen nicht mit den nominellen Modulwirkungsgraden arbeiten, da im Betrieb zusätzlich Verluste auftreten.

4 Methodische Vorbemerkungen zum Wärmekonzept

4.1 Flächenkategorien

Wenn spezifische Energieverbrauchskennwerte zur Kennzeichnung eines Gebäudestandards verwendet werden, ist der Flächenbezug dieser Kennwerte eindeutig zu definieren.

In der EnEV wird als Energiebezugsfläche die Gebäudenutzfläche A_N verwendet. Diese Fläche wird aus dem Gebäudevolumen, welches von den Außenbauteilen umschlossen wird, errechnet. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf diese Gebäudenutzfläche. Sie ist eine rechnerisch ermittelte Größe, die das Mauerwerk nicht mit einschließt. Die Gebäudenutzfläche nach EnEV ist größer als die Wohnfläche nach Wohnflächenverordnung, die Wohnfläche nach den lichten Maßen ohne Mauerwerk ermittelt wird.

Die EnEV gibt für die Erstellung von Verbrauchsausweisen die Umrechnungsfaktoren mit folgenden Werten an: „Die Gebäudenutzfläche kann bei Wohngebäuden mit bis zu zwei Wohneinheiten mit beheiztem Keller pauschal mit dem 1,35-fachen Wert der Wohnfläche, bei sonstigen Wohngebäuden mit dem 1,2-fachen Wert der Wohnfläche angesetzt werden“. Das Verhältnis von Gebäudenutzfläche zu Wohnfläche ist je nach Gebäudetyp unterschiedlich.

Im Gegensatz zur EnEV wird im Planungsleitfaden „100 Klimaschutzsiedlungen in Nordrhein-Westfalen“ nicht die Gebäudenutzfläche, sondern die Wohnfläche als Energiebezugsfläche verwendet. Dies ist darin begründet, dass die sehr hohen Standards wie z.B. das 3-Liter-Haus nach Planungsleitfaden über andere Verfahren zu berechnen sind.

Um eine Vergleichbarkeit der verschiedenen Standards sicher zu stellen, wird im Folgenden die Wohnfläche als Bezugsgröße verwendet.

4.2 Kosten

Für vergleichende Betrachtungen ist es im Ergebnis unerheblich, ob die Netto- oder Bruttokosten verglichen werden. Da allerdings vorrangig die Gesamtkosten aus Sicht der Nutzer betrachtet werden, sind im Folgenden alle Kosten inklusive der Mehrwertsteuer (brutto) angegeben.

Für den Brennstoff Holzpellets ist ein reduzierter Mehrwertsteuersatz in Höhe von 7% anzuwenden, da es sich hierbei um ein begünstigtes landwirtschaftliches Produkt handelt. Bei einer Darstellung in Nettokosten wäre in diesem Fall eine Bereinigung für diesen Steuervorteil nötig gewesen. Da grundsätzlich Bruttokosten verwendet werden, erübrigt sich diese. Auch die Fördermittel, die für bestimmte Maßnahmen in Anspruch genommen werden können, werden dann mit ihrem Nominalbetrag in die Berechnungen eingestellt.

4.3 Begriffsdefinitionen

Die wichtigsten Begriffe aus der EnEV und zugehörigen Normen sowie aus weiteren relevanten Gesetzen werden in der folgenden Tabelle mit ihren Formelzeichen und Dimensionen aufgelistet und erläutert.

Tabelle 1: Begriffsdefinitionen

Begriff	Erläuterung
Anlagenaufwandszahl e_P [-]	- Verhältnis von Primärenergiebedarf zum Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser
EEG	- Erneuerbare-Energien-Gesetz (Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien)
EEWärmeG	- Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz (Gesetz zur Förderung Erneuerbare Energien im Wärmebereich) - relevant für alle Neubauten
Gebäudenutzfläche A_N [m ²]	- Energiebezugsfläche der EnEV - größer als die Wohnfläche
Jahres-Heizenergiebedarf [kWh/a]	- Endenergie, die für die Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser eingesetzt werden muss - beinhaltet die Verluste der Anlagentechnik im Haus, aber nicht die Umwandlungs- und Transportverluste der Vorkette - als Erdgas-, Holz-, Strom- und Fernwärmeverbrauch Grundlage für die Verbrauchskosten in Wirtschaftlichkeitsberechnungen
Jahres-Primärenergiebedarf [kWh/a]	- Jahres-Heizenergiebedarf zzgl. der Hilfsenergieverbräuche im Gebäude und der Umwandlungs- und Transportverluste der Vorkette - identisch mit (Heizwärmebedarf + Trinkwasserwärmebedarf) x Anlagenaufwandszahl
Lüftungswärmebedarf Q_L auch Q_V [kWh/a]	- Wärme, die zur Aufheizung zuströmender, kalter Außenluft eingesetzt werden muss - Abhängig von Luftdichtigkeit des Gebäudes und Luftwechselrate – sinkt, wenn ggf. eine Wärmerückgewinnung aus der Abluft erfolgt
Primärenergiefaktor f_P [-]	- Verhältnis von Primärenergiebedarf zu Endenergie - bezieht die Umwandlungs- und Transportverluste der Endenergiebereitstellung mit ein - z.B. 1,1 für Öl und Gas (wenn Fernwärme in KWK erzeugt wird, liegt der Faktor aufgrund der Stromgutschrift unter 1)

<p>spezifischer Heizwärmebedarf Q'_H [kWh/m²a]</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Wärme die dem Gebäude aus einem Heizsystem zugeführt werden muss, um die gewünschte Innenraumtemperatur zu erhalten - Summe von Transmissions- und Lüftungswärmebedarf, abzgl. der internen Gewinne (von Geräten und Personen) und der passiv-solaren Gewinne
<p>spezifischer Transmissionswärmeverlust H'_T [W/m²K]</p>	<ul style="list-style-type: none"> - spezifischer, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust - er bezeichnet die energetische Qualität der Gebäudehülle
<p>spezifischer Trinkwasserwärmebedarf Q'_{TW} [kWh/m²a]</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Wärme die dem Trinkwasser zugeführt werden muss (ohne Verluste der Erzeugung, Verteilung und Speicherung) - vorgegeben mit 12,5 kWh/m²a laut EnEV (bezogen auf die Gebäudenutzfläche) - vorgegeben mit 14,9 kWh/m²a laut Leitfaden Klimaschutzsiedlungen (bezogen auf die Wohnfläche)
<p>Transmissionswärmebedarf Q_T [kWh/a]</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Wärme, die ein Gebäude über die Gebäudehülle an die Umgebung abgibt

5 Gebäudestandards und Energieversorgung

5.1 Energetische Gebäudestandards

Seit der Energieeinsparverordnung von 2002 und ihren diversen Verschärfungen bis zur jetzigen EnEV 2009, ist ein Gebäude nicht mehr nur nach der Qualität der Hüllflächen und dem daraus resultierenden Transmissionswärmeverlust zu beurteilen, sondern es ist auch immer die Haustechnik der Verteilung, die Lüftung (frei oder kontrolliert, mit oder ohne Wärmerückgewinnung) und das Heizsystem, in die Bewertung mit einzubeziehen. Die einschlägigen, in diesem Energiekonzept zu betrachtenden energetischen Standards sind in der folgenden Zusammenstellung beschrieben.

EnEV 2009	Bauweise bei Einhaltung der gesetzlichen Mindeststandards gemäß Energieeinsparverordnung 2009. Die EnEV ist seit dem 1. Oktober 2009 in Kraft und wird voraussichtlich 2014 weiter verschärft werden.
EnEV 2016	Bauweise bei Einhaltung der künftigen gesetzlichen Mindeststandards gemäß Energieeinsparverordnung 2016. Im Allgemeinen werden die energetischen Anforderungen der EnEV 2009 bei Neubauten um etwa 20 bis 25 % verschärft.
Passivhaus	Ein Passivhaus hat einen spezifischen Heizwärmebedarf von unter 15 kWh/m ² a. Dieser höchste Standard erfüllt damit immer auch die energetischen Anforderungen des Planungsleitfadens „100 Klimaschutzsiedlungen in NRW“.

Das Baugebiet wird verschiedene Gebäudetypen ausweisen, bei denen die Anforderungen an die Dämmqualität der Bauteile unterschiedlich ausfallen können, da mindestens die Standards der EnEV 2009 eingehalten werden müssen. Bei der Anwendung des Referenzgebäudeverfahrens würden sich in einer Reihenhauserzeile für die mittleren Gebäude geringere Dämmstoffstärken ergeben als für die Reihenhendhäuser.

Es ist in der Praxis der Umsetzung kaum vorstellbar, dass in einem einheitlichen Baukörper je Einzelhaus unterschiedliche Baustandards zur Anwendung kommen. Vielmehr wird diese Reihenhausergruppe so gebaut werden, dass ein Gebäudetyp für die Wahl des Standards ausschlaggebend ist. Für das Einfamilienhaus wird das Patiohaus A mit 167 m² Wohnfläche und für das Reihenhaus das Stadthaus A I bzw. A II mit 101 bzw. 86 m² gewählt. Bei den Geschosswohnungsbauten werden die Wohnungen vom Typ A, B und D mit einer mittleren Wohnfläche von 443 m² zugrunde gelegt. Die jeweilige größere Gebäudevariante sowie die entsprechenden Mittelhäuser werden die EnEV-Anforderungen dann auch in stärkerem Maße übererfüllen. In den Anlagen befinden sich zu den gewählten Gebäudetypen weitere Angaben, wie z. B. Angaben zu den Transmissionswärmeverlusten.

5.1.1 EnEV 2009 und EEWärmeG

Als Referenz- bzw. Normalausführung nach EnEV 2009 wird die Bauweise mit den Referenzwerten für die U-Werte der Bauteile zugrunde gelegt, auch wenn eine schlechtere Bauweise in Verbindung mit einem primärenergiesparendem Heizsystem zulässig wäre. Diese Gebäudeausführung wird mit „EnEV 09“ bezeichnet.

Neben der EnEV ist zusätzlich das Erneuerbare Energien Wärmegesetz (EEWärmeG) zu beachten. Das EEWärmeG gibt für Neubauten vor, dass bestimmte Anteile der

Wärme für Heizen und Warmwasser aus Erneuerbaren Energien bereitgestellt werden müssen. Als Ersatzmaßnahmen sind aber eine verbesserte Dämmung oder Effizienztechniken wie Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zugelassen. Als einfachste übliche Anlagentechnik zur Erfüllung des EEWärmeG wird ein Erdgas-Brennwertkessel mit einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung eingesetzt. Die Gebäude werden in der Dämmung der Außenbauteile so kalkuliert, dass die EnEV-Anforderungen mit dieser Anlagentechnik erfüllt werden.

Die Nebenanforderung der EnEV 2009 hinsichtlich der Einhaltung maximal zulässiger Transmissionswärmeverluste (H_T) ist in dieser Anlagenkonstellation nicht relevant, da die Einhaltung des spezifischen Primärenergieverbrauchs hier als schärfste Anforderung ausschlaggebend für die Dämmqualität ist. Auf diese Weise werden ohnehin H_T -Werte erreicht, die unter dem Grenzwert liegen.

5.1.2 EnEV 2016

Da die EnEV 2009 künftig von der EnEV 2014 abgelöst wird, deren Anforderungen im Vergleich jedoch nur etwa 10 % schärfer als die der EnEV 2009 sind, wird in diesem Energiekonzept als nächst höherer Gebäudestandard die EnEV 2016 gewählt.⁴ Dieser Standard verschärft die Anforderungen der EnEV 2009 um 20 bis 25 %.

Das EEWärmeG wird in einem Gebäude nach EnEV 2016 ohne weitere Maßnahmen erfüllt. Der Einsatz von Erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung ist nicht erforderlich, da ein erhöhter Gebäudestandard als eine mögliche Ersatzmaßnahme anerkannt wird. Der § 7 Absatz 1 Nummer 2 des EEWärmeG lässt Maßnahmen zur Einsparung von Energie ersatzweise zu. Das EEWärmeG fordert konkret eine Unterschreitung des maximal zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfs der aktuell gültigen EnEV um mindestens 15%, während die Anforderungen der EnEV 2016 schon 20 bis 25 % unter denen der EnEV 2009 liegen. Die weitere Anforderung des § 7 Absatz 1 Nummer 2 des EEWärmeG, dass der Transmissionswärmeverlust (H_T) ebenfalls um 15% unterschritten werden muss, wird bei Einhaltung der EnEV 2016 erfüllt. Als Referenz-Anlagentechnik wird ein Erdgas-Brennwertkessel in Verbindung mit einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung eingesetzt. Die Dämmwerte der Gebäude müssen wie folgt verbessert werden: Die Außenwanddämmung wird von 13 cm WLG 035 auf 16 cm erhöht. WLG 035 bezeichnet als „Wärmeleitfähigkeitsgruppe“ die Eigenschaft des Dämmstoffes, der eine bessere Dämmwirkung hat als die früher üblichen Stoffe der WLG 040. Weiterhin werden bessere Fenster mit einem U-Wert von 1,1 anstelle von 1,3 W/m²*K eingesetzt. Der U-Wert beschreibt die Dämmqualität eines Bauteils. Herkömmliche einfache Isolierverglasungen im Bestand haben noch einen U-Wert von 2,6.

Die Begrenzung des Transmissionswärmeverlustes H_T ist nur dann relevant, wenn ein Heizsystem mit sehr niedrigem Primärenergiefaktor eingesetzt wird. Da jedoch die Dämmwerte so kalkuliert sind, dass mit dem primärenergetisch ungünstigen Energieträger Erdgas als Hauptheizenergie der zulässige Primärenergieverbrauch eingehalten wird, liegen alle Haustypen hinsichtlich des Transmissionswärmeverlustes H_T mindestens 20% unter den Anforderungen der EnEV 2009.

⁴ Im Gesetzgebungsverfahren der aktuellen EnEV, wird der Zwischenschritt der geringen Verschärfung ebenfalls nicht berücksichtigt. Demnach gelten bis Ende 2015 die Anforderungen der EnEV 2009 weiter. Erst ab 2016 gilt die neue EnEV, die hier EnEV 2016 genannt wird.

5.1.3 Passivhaus

Der dritte Gebäudestandard „Passivhaus“ weist in der Definition des Passivhausinstitutes und des Planungsleitfadens „100 Klimaschutzsiedlungen in Nordrhein-Westfalen“⁵ einen Jahresheizwärmebedarf von maximal 15 kWh/m²*a auf. Die Bezugsfläche ist hier jedoch nicht als Gebäudenutzfläche (A_N), sondern als Wohnfläche angegeben.

Die Dämmung muss gegenüber dem Standard der EnEV 2016 weiter verbessert werden. Bei der Außenwanddämmung wird anstelle von 16 cm WLG 035 nunmehr 28 cm WLG 030 eingesetzt, d. h. es wird sowohl die Stärke als auch die Dämmqualität des Dämmstoffs erhöht. Weiterhin werden bessere Fenster mit einem U-Wert von 0,8 anstelle von 1,1 W/m²*K eingesetzt. Die zur Beheizung der Räume erforderliche Wärmeleistung ist so gering, dass auf ein konventionelles Heizungssystem mit Radiatoren oder Fußbodenheizung verzichtet werden kann. Die Verteilung erfolgt über ein Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung.

Die Anzahl geeigneter Heizsysteme ist beim Passivhaus stark begrenzt, so dass hier nicht die gesamte Bandbreite zu betrachten ist. So sind beim Passivhaus Nahwärme-Heizsysteme kaum noch sinnvoll einsetzbar, da die Netzverluste in der gleichen Größenordnung liegen, wie die an die Häuser abgegebene Nutzwärme. Auch mit effizient erzeugter Nahwärme, deren Primärenergiefaktor bei 0,5 bis 0,7 liegt, kann dann letztendlich keine positive Primärenergiebilanz mit zentralen Wärmeversorgungen erzielt werden.

5.2 Heizwärmebedarfe

Für die vier betrachteten Standards stellt sich der spezifische Heizwärmebedarf Q'_H differenziert nach Haustypen wie in Abbildung 5 ersichtlich dar.

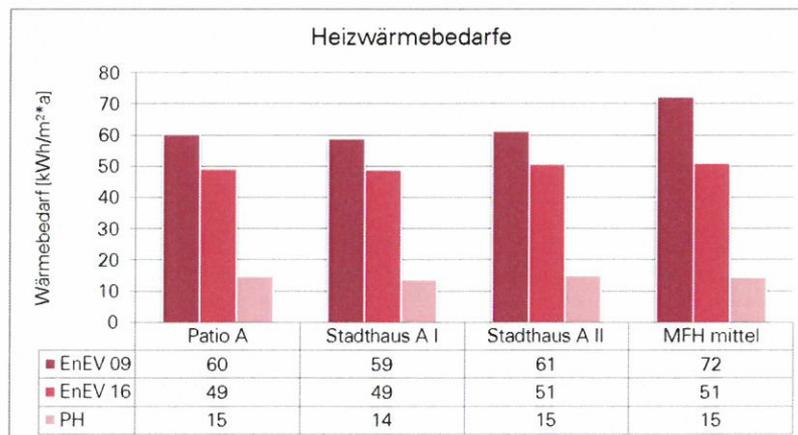


Abbildung 5: Heizwärmebedarf Q'_H bezogen auf die Wohnfläche

Die Bandbreite möglicher Lösungen stellt sich hier in ihren Abstufungen dar. Der Unterschied von EnEV 2009 zu EnEV 2016 fällt relativ gering aus. Der quantitativ und qualitativ größte Sprung findet vom EnEV 2009- zum Passivhaus-Standard mit einem Unterschied von 45 bis 57 kWh je m² und Jahr statt. Alle Standards sind wesentlich besser als der mittlere Heizwärmebedarf von Bestandsgebäuden, welcher für Einfamilienhäuser und kleine Mehrfamilienhäuser über 120 kWh je m² und Jahr liegt.

⁵ http://www.energieagentur.nrw.de/_database/_data/datainfopool/100_KSS_Planungsleitfaden_2011.pdf, Juli 2011

5.3 Heizsysteme

In dem vorliegenden Energiekonzept werden die in Tabelle 2 aufgeführten Systeme betrachtet. Davon sind drei Systeme so konzipiert, dass sie dezentral jedes Gebäude einzeln versorgen und die anderen drei als Nahwärmesystem mit einer Heizzentrale.

Die betrachteten Heizsysteme und deren Auslegung bzw. Dimensionierung halten die geltenden Anforderungen der EnEV ein bzw. liefern die geforderten Wärmeanteile aus erneuerbaren Energien oder KWK des EEG bzw. KWKG.

Tabelle 2: Beschreibung der Heizsysteme

Kurztitel	Beschreibung
Erdgas & Solar	Erdgasheizung dezentral (ein System je Haus), ergänzt mit einer Solaranlage
Elektro-WP	Elektro-Wärmepumpe dezentral (eine WP je Haus); Wärmequellen sind in allen Standards Erdsonden ⁶ , Ausnahme ist der Passivhaus-Standard, dort ist die Wärmequelle Luft mit Vorerwärmung über einen Erdwärmetauscher
Holzpellet	Holzpellettheizung dezentral (ein Kessel je Haus)
NW-Holzpellet (monov)	Nahwärme mit Übergabestation je Haus, die Wärmeerzeugung erfolgt in einer Heizzentrale für das gesamte Gebiet; als Energieträger kommen nur Holzpellets zum Einsatz, es gibt keine zusätzlichen Reserve- oder Spitzenlastkessel mit Erdgas oder Öl
NW-Holzpellet (biv.)	Nahwärme mit Übergabestation je Haus, die Wärmeerzeugung erfolgt in einer Heizzentrale für das gesamte Gebiet; als Energieträger kommen Holzpellets für die Grundlast zum Einsatz, für die Spitzenlast wird ein Gaskessel eingesetzt, die Wärmeerzeugung erfolgt zu 70% aus Holz und zu 30% aus Erdgas
NW-BHKW (70%)	Nahwärme mit Übergabestation je Haus, die Wärmeerzeugung erfolgt in einer Heizzentrale mit einem BHKW für das gesamte Gebiet; als Energieträger kommt Erdgas zum Einsatz, die Wärmeerzeugung erfolgt zu 70% in Kraft-Wärme-Kopplung und zu 30% über einen Spitzenkessel

⁶ Laut Geothermie-Atlas NRW (2002) liegt das Plangebiet in direkter Nähe zu einem Wasserschutzgebiet. Dies könnte die geothermische Nutzung einschränken.

Die Heizsysteme werden für alle Gebäude-Standards gerechnet, nur der Passivhaus-Standard ist in den Heizvarianten eingegrenzt auf die zwei Systeme „Erdgas & Solar“ sowie „Elektro-WP“ als Luftwärmepumpe. Die Variante „Holzpellets“ ist aufgrund des sehr niedrigen Heizwärmebedarfes wirtschaftlich nicht tragfähig.

Da sich auf dem Hildener Stadtgebiet kein Fernwärmenetz befindet, welches das Plangebiet versorgen könnte, wird in dem vorliegenden Konzept eine eigene Nahwärmelösung betrachtet.

Für das Nahwärmesystem ist zur vollständigen Erschließung ein Nahwärmenetz zu errichten. Die räumlichen Verhältnisse sprechen dafür, nur eine Heizzentrale im mittleren Gebiet zu betreiben. Das Netz wird in der Weise konzipiert, dass jedes Haus seinen eigenen Hausanschluss bekommt. Einsparungen bei der Netzlänge wären zwar durch Doppelanschlüsse und Kellerverlegung möglich, bringen aber bei Eigenheimen Probleme mit sich, da z. B. Zutrittsrechte beim Nachbarn zu regeln sind.

6 Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

6.1 Kostenansätze der Gebäudestandards

Die Gesamtkosten der Gebäude im Referenz-Gebäudestandard nach EnEV 2009 werden nicht quantifiziert. In diesem Zusammenhang werden nur die Mehrkosten betrachtet, die sich aus den erhöhten Anforderungen an die energetischen Standards ergeben. Als bauliche Mehrkosten sind Aufwendungen für höhere Dämmstoffstärken, bessere Fenster und Türen sowie ggfs. Lüftungsanlagen zu berücksichtigen. Ebenfalls einzubeziehen sind die höheren Aufwände für Luftdichtigkeit und die Vermeidung von Wärmebrücken. Alle übrigen Anlagenkomponenten werden der Wärmeerzeugung zugeordnet.

Als Wärmeverteilung im Gebäude wird für alle Systeme eine Fußbodenheizung unterstellt, die dann auch für das System Wärmepumpe geeignet ist. Kostendifferenzen in der Wärmeverteilung sind innerhalb der hier betrachteten Varianten dann unerheblich. Erst beim Wechsel zum Passivhaus-Standard kann mit Einsparungen im Wärmeverteilungssystem gerechnet werden, da im Passivhaus die Lüftungsanlage diese Funktion voll übernimmt.

Die Mehraufwendungen ergeben sich aus den Materialkosten, die zunächst mit einem Aufschlag für die Verarbeitung und Montage versehen werden, um die Auswirkungen auf den Nettokaufpreis zu errechnen. Auch die Qualität der Planung hat Einfluss auf die Mehrkosten. Der für die EnEV-Gebäude verwendete Ansatz der Planungskosten von 8% wird für den Passivhaus-Standard auf 12% angehoben. Dieser Kaufpreis erhöht sich für den Erwerber zusätzlich um zurzeit 19% Mehrwertsteuer.

Datengrundlage für die Materialkosten ist die vom BMVBS⁷ veröffentlichte Studie „Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden“. Die spezifischen Kostenansätze je m² Hüllfläche werden abhängig von Material und Stärke auf die Hüllflächen aller Gebäude des Plangebietes angewandt und aufsummiert. Ein Aufwand für Luftdichtigkeitsprüfungen, für die Vermeidung von Wärmebrücken und für die Lüftungsanlage ist zusätzlich aufgeschlagen.

Die Mehraufwendungen (brutto inklusive aller Nebenkosten) für alle Standards sind im Folgenden zusammengestellt. Sie liegen im Ergebnis aller Berechnungen bei den baulichen Komponenten ohne die Wärmeerzeugung und Einsparungen bei der Verteilung in folgender Größenordnung:

Tabelle 3: Mehrkosten je Gebäude

	Patio A [€/Geb.]	Stadt A I [€/Geb.]	Stadt All [€/Geb.]	MFH [€/Geb.]
EnEV 09	-	-	-	-
EnEV 16	7.700	3.400	3.100	8.700
PH	34.200	19.000	16.900	47.200

⁷ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Tabelle 4: Mehrkosten bezogen auf Wohnfläche

	Patio A [€/m ²]	Stadt A I [€/m ²]	Stadt All [€/m ²]	MFH [€/m ²]
EnEV 09	-	-	-	-
EnEV 16	46	34	36	20
PH	204	189	198	107

Die Kostendifferenzen fallen im Vergleich zu anderen Studien für den Gebäudestandard EnEV 2016 relativ gering aus, da für den Standard EnEV 2009 nicht das schlechteste mögliche Gebäude, sondern eine praktisch zu erwartende Bauweise zugrunde gelegt wurde. Dies ergibt sich aus z. B. der einheitlichen Dämmqualität in einer Reihenhauszeile. Des Weiteren ist eine Abluftanlage nicht zwingend erforderlich, um die energetischen Anforderungen einzuhalten.

Der nochmals höhere Gebäudestandard Passivhaus hebt sich auf der Kostenseite sehr deutlich ab, wobei hier die Lüftungsanlage mit der Wärmerückgewinnung starken Einfluss hat.

6.2 Preise der Energieträger

Die Energiepreise werden in zwei Varianten zugrunde gelegt: zum einen die heutigen Verhältnisse der Stadtwerke Hilden als Basisvariante und zusätzlich ein Hochpreisszenario, welches zur Abschätzung der Risiken bei weiteren Steigerungen dient.

Tabelle 5: Energiepreise (brutto)

	Basisvariante [€/MWh]	Hochpreisszenario [€/MWh]
Erdgas Haushalte	62	84
Erdgas Heizzentrale	55	74
Holzpellets Haushalte	56	68
Holzpellets Heizzentrale	50	61
Strom Wärmepumpe	223	274
Strom Tarif Haushalte	274	321
Strom Tarif Heizzentrale	241	282

6.3 Förderprogramme

Da die Förderprogramme einem ständigen Wandel in Konditionen und Verfügbarkeit der Mittel unterliegen, kann in diesem Konzept nur der aktuelle Stand (August 2013) wiedergegeben werden. Es wird auf die Zuschüsse der KfW und auf das Marktanzreizprogramms (MAP) sowie auf das KWKG Bezug genommen.

6.3.1 Solarthermie

Die mögliche Förderung von Solarkollektoranlagen im Rahmen des Marktanzreizprogramms (MAP) über die BAFA⁸ gilt nur für Bestandsgebäude. Da im Neubau ohnehin Erneuerbare Energien nach EEWärmeG verpflichtend einzusetzen sind, entfällt hier aus Sicht des Fördergebers die Notwendigkeit der Förderung.

Die Solarkollektoranlagen der Mehrfamilienhäuser könnten im Rahmen der Innovationsförderung des MAPs bezuschusst werden, wenn eine Bruttokollektorfläche von 20 bis 100 m² erreicht wird. Für das KfW-Programm „Erneuerbare Energien Premium“, muss eine Bruttokollektorfläche von 40 m² überschritten werden. Diese Förderungen zielen auf große Anlagen ab, die noch nicht stark verbreitet sind und von daher innovativen Charakter haben. Die gewählte Auslegung eines hocheffizienten Vakuum-Röhrenkollektors mit 1,0 m² je Person führt bei einem gewählten Mehrfamilienhaus mit drei Wohneinheiten á zwei Personen, mit zwei Wohneinheiten á einer Person und mit einer Wohneinheit á drei Personen zu einer Kollektorfläche von 11 m². Auch eine maximal vertretbare Fläche von 1,5 m² Flachkollektorfläche führt nicht dazu, dass die Mindestgröße des MAPs oder der KfW erreicht wird, so dass diese Konzeption nicht förderfähig ist.

6.3.2 Holzpellet-Anlagen

Für kleine dezentrale Holzpellet-Anlagen ist die Förderung bei Neubauten aufgrund der Ohnehin-Verpflichtung durch das EEWärmeG nicht mehr notwendig und entfällt daher. Große Erzeugungsanlagen und Netze werden jedoch über das KfW-Programm „Erneuerbare Energien Premium“ gefördert.

Für die Errichtung automatisch beschickter Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse zur Wärmeerzeugung kann ein Tilgungszuschuss beantragt werden. Dieser beläuft sich auf 20 € je kW installierter thermischer Nennleistung, höchstens jedoch 50.000 € je Einzelanlage.

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.

6.3.3 Kraft-Wärme-Kopplung

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_{HS}. Zum anderen besteht nach KWKG ein Anspruch auf eine Zuschlagszahlung des Netzbetreibers für den in KWK erzeugten Strom.

⁸ Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

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.

Zusätzlich erfolgt eine Förderung des Netzausbaus über den § 7a Absatz 1 des KWKG. 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. Das ist hier der Fall.

6.4 Berechnungsverfahren Vollkostenvergleich

Die Berechnungen weisen als Ergebnis die sogenannten Vollkosten je m² Wohnfläche und Jahr aus. Der Bezug auf die Wohnfläche ist erforderlich, weil verschiedene Dämmstandards untereinander vergleichbar sein müssen. Die Ausweisung von Wärmepreisen in Euro je MWh hätte in derartigen Vergleichen keinen Sinn. Da alle Berechnungen aus Sicht des privaten Endkunden vorgenommen werden, werden alle Kosten inklusive der Mehrwertsteuer angegeben.

Die Vollkosten setzen sich aus den Kapitalkosten, den Betriebskosten und den Verbrauchskosten zusammen.

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. Als Zinssatz wird einheitlich 5% pro Jahr zugrunde gelegt. Der Annuitätenfaktor liegt dann bei einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren bei 8,02% pro Jahr.

Die Kapitalkosten ergeben sich dann aus den Investitionen für Anlagentechnik und bauliche Mehrkosten für höhere Gebäudestandards, in Verbindung mit diesem Annuitätenfaktor. Die Förderung bestimmter Maßnahmen baulicher und anlagentechnischer Art (vgl. Abschnitt 6.3) wird von den Investitionen abgezogen und reduziert so die Kapitalkosten.

Soweit Anlaufverluste für ein Nahwärmenetz und die Heizzentrale anfallen, sind die zu addieren. Als Anlaufverluste wird die fehlende Kostendeckung für zentrale Anlagenkomponenten, die von Anfang an vorgehalten werden müssen, bezeichnet. Es wird davon ausgegangen, dass das Gebiet im fünften Jahr vollständig bebaut ist. Die zentral vorzuhaltenden Anlagenkomponenten sind zur Kompensation der Verluste dann mit einem Aufschlag von 17% zu versehen. Bei dezentralen Systemen gibt es keine Anlaufverluste, da diese nach Fertigstellung ohne Verzögerung in Betrieb genommen werden.

7 Wirtschaftlichkeitsvergleich

Auf der Grundlage der in den vorherigen Abschnitten genannten Kosten, Energiepreise und Fördermöglichkeiten wird der Wirtschaftlichkeitsvergleich als Vollkostenrechnung durchgeführt.

In den folgenden Diagrammen ist die aktuelle Energiepreissituation, die Basisvariante aus Tabelle 5, als blaue Säule dargestellt. Das Risiko von Energiepreissteigerungen wird hingegen von durch den oberen hellblauen Teilabschnitt dargestellt.

7.1 Mindeststandard nach EnEV 2009

Die günstigsten Lösungen bei den dezentralen Varianten im Basisszenario sind die Erdgasheizung mit Solarkollektoranlage sowie die Holzpellettheizung. Die Kosten belaufen sich hier auf rund 13,59 bzw. 13,69 Euro je m² Wohnfläche. Bei den zentralen Varianten ist mit 13,71 Euro je m² Wohnfläche die Nahwärmelösung mittels eines BHKWs die günstigste Versorgung.

Im Hochpreisszenario zeichnet sich jedoch ab, dass mit 14,86 Euro je m² die Holzpelletlösung bei der dezentralen Versorgung und mit 15,43 Euro je m² die Nahwärmelösung mit einer bivalenten Pellettheizung die günstigsten Varianten sind.

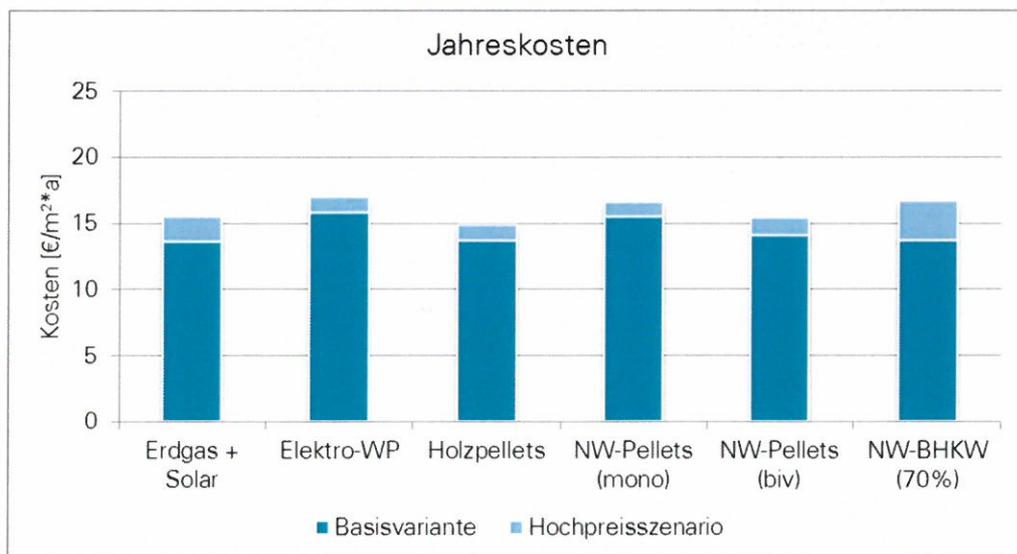


Abbildung 6: Vollkosten für EnEV 2009

7.2 Gebäudestandard nach EnEV 2016

Die Kostenrelationen zwischen den Varianten bleiben bei diesem Gebäudestandard in etwa erhalten.

Die Erdgasheizung mit Solarkollektoranlage und die Holzpellettheizung sowie die BHKW-Variante sind auch hier im Basisszenario die günstigeren Alternativen. Im Hochpreisszenario kippt dieses Ergebnis jedoch zugunsten der dezentralen Holzpellettheizung und der bivalenten Pelletvariante.

Die baulichen Mehraufwendungen bei diesem Gebäudestandard werden zum Teil durch den verminderten Energieverbrauch kompensiert. Insgesamt liegen die Kosten jedoch etwas höher als bei den EnEV-2009-Standards. Die Empfindlichkeit gegenüber Energiepreissteigerungen fällt aufgrund des niedrigeren Energieverbrauchs allerdings etwas geringer aus.

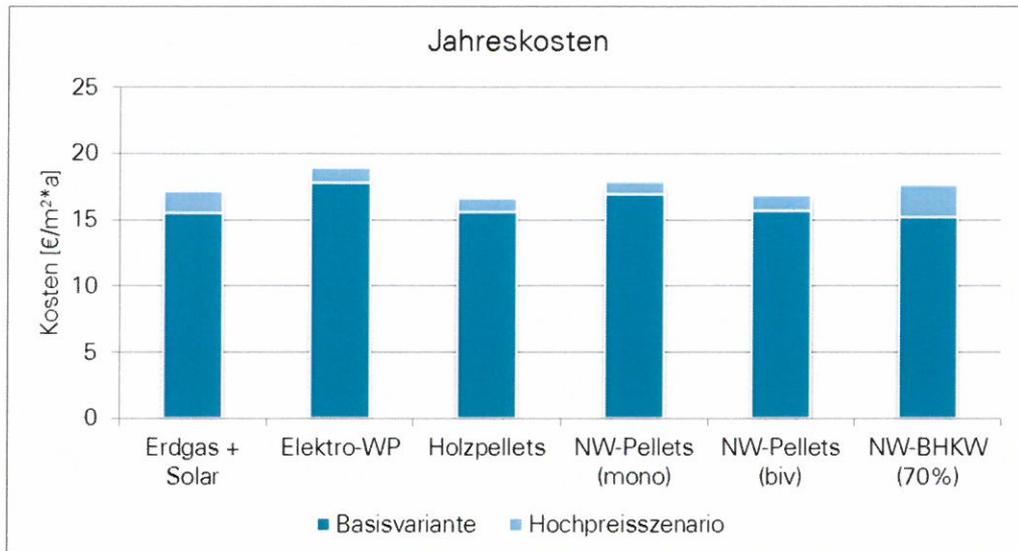


Abbildung 7: Vollkosten für EnEV 2016

7.3 Passivhaus-Standard

In diesem Gebäudestandard sind die meisten Systeme nicht mehr sinnvoll einsetzbar. Der Aufbau und Betrieb einer eigenen Heizzentrale bzw. eines eigenen Nahwärmenetzes ist aufgrund der hohen prozentualen Netzverluste wirtschaftlich kaum möglich. Die folgende Darstellung der Vollkosten begrenzt die Betrachtung auf zwei sinnvolle Systeme.

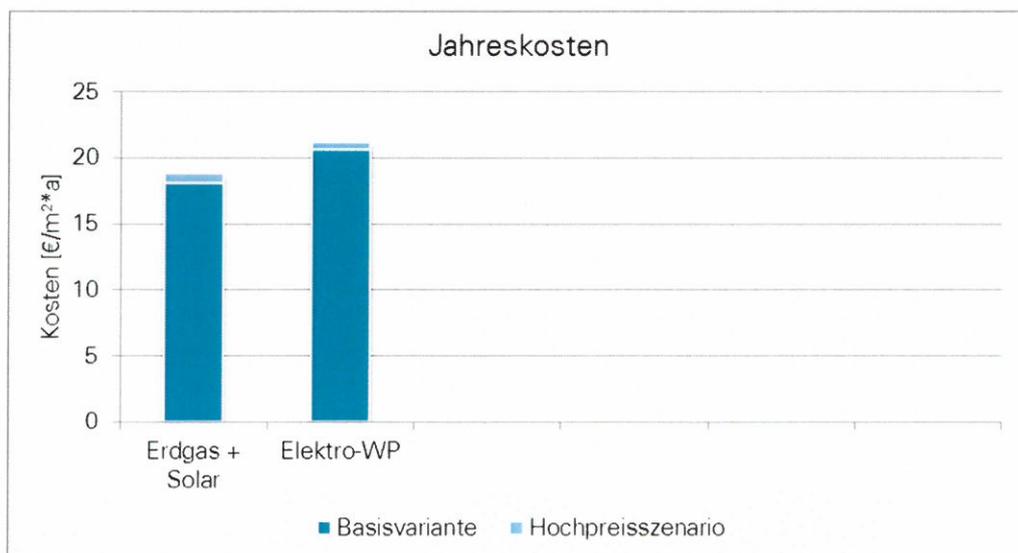


Abbildung 8: Vollkosten für Passivhaus-Standard

Die Kosten liegen auch hier in der gleichen Größenordnung wie diejenigen des schlechteren Gebäudestandards. Ein sehr wichtiger Aspekt der Kosteneinsparung ist hier der Wegfall der konventionellen Wärmeverteilung mittels Flächenheizung. Diese Einsparung kompensiert die baulichen Mehraufwände im sehr starken Maße. Die Energiepreissteigerungen fallen hier aufgrund des sehr niedrigeren Energieverbrauchs auch entsprechend gering aus.

7.4 Gebäudestandards im Vergleich

Die Streubreite der Kosten ist nicht sehr groß. Alle Werte liegen im Mittel um 15,70 Euro je m² und Jahr. Die Abweichungen liegen maximal bei + 4,95 € und – 2,08 € bzw. bei + 32% und - 13%.

Für ein Einfamilienhaus mit 145 m² Wohnfläche liegen die jährlichen Vollkosten somit bei etwa 1.990 € pro Jahr im günstigsten und bei rund 2.990 € pro Jahr im ungünstigsten Fall. Die maximale Kostendifferenz liegt demnach bei 1.000 € im Jahr. Jedoch kann sich eine Relativierung der Kostenunterschiede ergeben, wenn zusätzlich z. B. zinsgünstige Kredite für energieeffizientes Bauen, insbesondere für den Passivhaus-Standard, berücksichtigt würden.

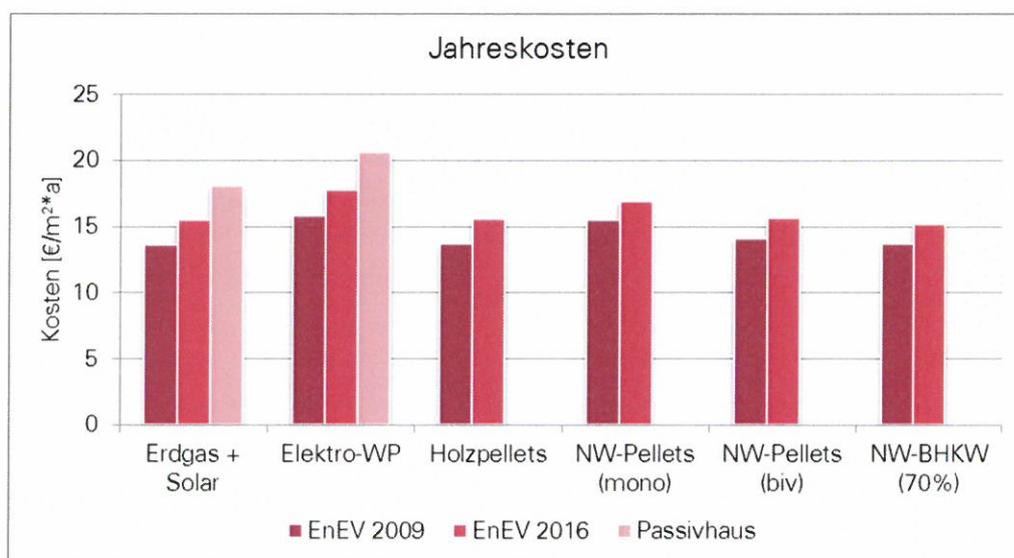


Abbildung 9: Jahreskosten für Gebäudestandards im Vergleich

Für das Basisszenario ergibt sich die Versorgungsvariante „Erdgas & Solar“ mit 13,59 Euro je m² und Jahr für den EnEV-Standard 2009 und mit 18,09 Euro je m² und Jahr für das Passivhaus als kostengünstigste Alternative. Für den Gebäudestandard EnEV 2016 ist die Variante „NW-BHKW“ mit 15,19 Euro je m² und Jahr die günstigste Lösung. Die Elektro-WP ist mit einer Steigerung von bis zu 14% für alle Standards die teuerste Variante.

Die Jahreskosten sind in Abbildung 10 als Kapitalkosten, Betriebs- und Verbrauchskosten dargestellt. Die Vollkosten verteilen sich beim Standard EnEV 2009 etwa zu 50% auf Kapitalkosten und zu 50% auf Betriebs- und Verbrauchskosten. Beim Gebäudestandard EnEV 2016 beträgt der Anteil für die Kapitalkosten schon rund 60% und beim Passivhaus ca. 80%. Die Betriebs- und Verbrauchskosten verteilen sich entsprechend zu 40% bzw. 20%.

Insgesamt weist der Passivhaus-Standard die höchsten Kosten auf. Jedoch kann sich eine Relativierung der Kostenunterschiede ergeben, wenn zusätzlich z. B. zinsgünstige Kredite für energieeffizientes Bauen, insbesondere für den Passivhaus-Standard, berücksichtigt würden.

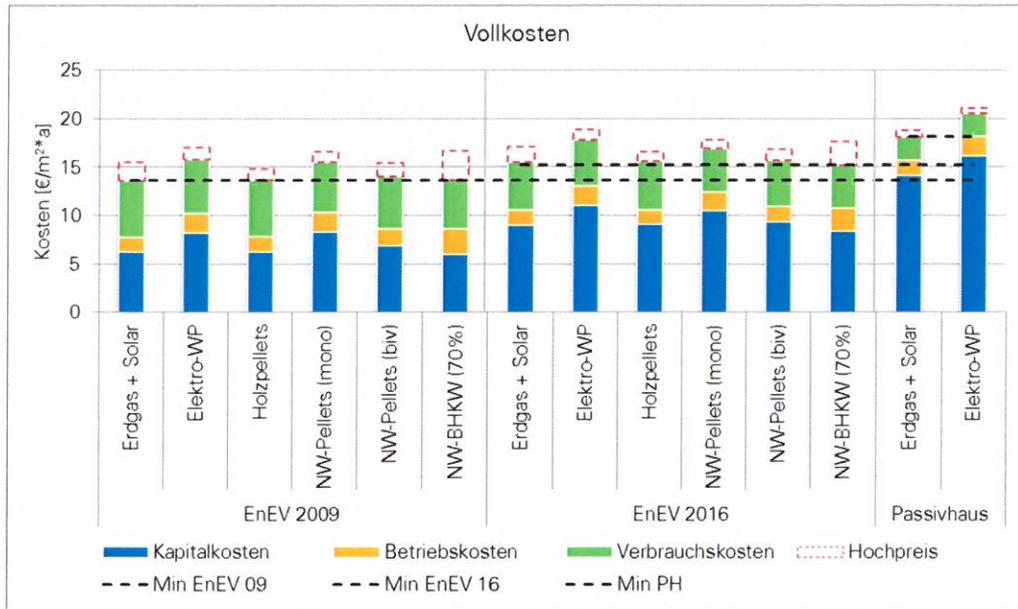


Abbildung 10: Vollkosten für Gebäudestandards im Vergleich

8 Energiebilanz

8.1 Berechnungsfaktoren

Die CO₂-Emissionen werden mit den Faktoren aus der GEMIS⁹ -Datenbank (Version 4.8) des Internationalen Instituts für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS) berechnet. Es handelt sich dabei um CO₂-Äquivalente, die neben sämtlichen Vorketten wie z. B. Förderung, Aufbereitung und Transport auch weitere Treibhausgase beinhalten (siehe Tabelle 6).

Beispielsweise ist der Ausgangsstoff bei den hier betrachteten Holzpellets Biomasse aus der europäischen Waldwirtschaft. Das Holz wird von der Holzindustrie erschlossen und in z. B. einem Sägewerk aufbereitet. Die Biomasse wird über den Landverkehr per LkW transportiert. Der LkW wird mit normalem Diesel betankt. Hierin sind ebenfalls die Emissionen der LkW-Herstellung enthalten (z. B. Stahl, Aluminium, Blei usw.). Der Brennstoff wird in einem dieselbetriebenen Grobhacker zu groben Holzhackschnitzeln weiter verarbeitet. Auch hier werden die Emissionen zur Herstellung des Hackers sowie für Hilfsprozesse wie z. B. den Dieselmotor als Antrieb in landwirtschaftlichen Zugmaschinen berücksichtigt. Die Holzhackschnitzeln werden wieder per LkW (inkl. Emissionen der LkW-Herstellung) zur Aufbereitung zu Holzpellets (inkl. Emissionen zur Herstellung des Holzhackers) weitertransportiert. Schlussendlich werden die Holzpellets zum Abnehmer, ebenfalls per LkW (Emissionen der Herstellung, Betankung, usw.), transportiert. Als weiterer Hilfsprozess werden die Emissionen von Elektrizität, inkl. des Stromnetzes zur Bereitstellung von Strom aus einem Mix mit regenerativen Energien sowie 5% Verteilverlusten, mit eingerechnet.

Die Prozesskette von Erdgas beginnt bei den in Tabelle 6 verwendeten Emissionen mit Erdgas als Primärenergieressource. Dieses wird in der Nordsee über eine Turbine für Offshore-Gas-Plattformen (inkl. Berücksichtigung von z. B. Stahl als metallischer Baustoff) gefördert. Bei der zu leistenden Kompressionsarbeit der elektrisch betriebenen Pumpen, wird ein Bedarf von 0,1% (bezogen auf den Heizwert) angenommen. Hierbei ist berücksichtigt, dass die Fördertiefen stetig steigen und die Reservoirdrücke sinken. Weiterhin wird als direkte Emission Methan aus Leckagen, oder aus Abblasen und Entlüftung berücksichtigt. Als Ergebnis entsteht H-Erdgas¹⁰. Die nachfolgende Gasaufbereitung (Entschwefelung, Trocknung, CnHm-Abscheidung) erfordert überwiegend Prozesswärme in der Größenordnung von 1 bis 5% des Energiegehalts des Gasinputs. Hierbei ist auch der Erdgas-Kessel für die Prozesswärmeerzeugung mit berücksichtigt. Zur CnHm¹¹-Absorption wird ein Strombedarf von rund 0,5 % (bezogen auf den Gasheizwert) angenommen. Als direkte Emissionen werden auch hierbei Methanverluste, die durch diffuse Leckagen und Abblasen entstehen, mit einbezogen. Die ungefähre Zusammensetzung des Erdgas-Mixes in Deutschland besteht zu etwa 10% aus dem oben beschriebenen deutschen Nordsee-Erdgas, zu rund 50% aus Gasexporten der GUS (Russland), zu 30% aus Norwegen und zu circa 10% aus Algerien (flüssiges Erdgas). Der Transport aus den jeweiligen Ländern erfolgt überwiegend über HD-Pipelines, wird aber auch von Überseeschiffen durchgeführt. Für den Transport wer-

⁹ Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme

¹⁰ H-Gas (vom engl. High (calorific) gas) ist Erdgas mit einem hohen Energie- bzw. Methangehalt.

¹¹ Kohlenwasserstoffe

den je nachdem Emissionen für z. B. Leckagen, Kompressorstationen, Materialaufwendungen der Pipelines oder aber für das Übersee-Schiff oder die Verflüssigungsanlage in Algerien angesetzt. Der sogenannte Erdgas-Mix wird ebenfalls über HD-Pipelines in Deutschland an Großkunden und lokale Unterverteiler geliefert. Dieses wiederum, wird in das lokale Erdgas-Netz an kleinere Kunden unterverteilt, welche das Erdgas dann an private Haushalte und Kleinverbraucher weiterverteilen. Auch hier fallen Emissionen für z. B. Leckagen, den Materialaufwand und die Kompressorstationen an.

Die Faktoren zur Berechnung der Primärenergie werden entsprechend der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) verwendet (Tabelle 6).

Die Berechnung der Emissionen bzw. Primärenergiebilanz erfolgt über die Multiplikation des Endenergieverbrauchs mit dem entsprechenden Faktor. Die Stromerzeugung in KWK wird als Gutschrift mit negativem Faktor von den Emissionen bzw. des Primärenergieeinsatzes abgezogen. Der hohe Faktor für die Stromerzeugung bezieht sich auf den sogenannten Verdrängungsmix der Kraft-Wärme-Kopplung. Dies geht konform mit den methodischen Ansätzen der AGFW¹², die für die Berechnungen von Primärenergiefaktoren eine Verdrängung von fossilerzeugtem und nicht von erneuerbarem Strom vorgibt.

Tabelle 6: CO₂-Emissions- und Primärenergiefaktoren

	CO ₂ -Äquivalente [kg/MWh]	Primärenergiefaktoren [-]
Erdgas Haushalte	246	1,1
Erdgas Heizzentrale	246	1,1
Holzpellets	28	0,2
Stromnetz lokal	580	2,6
Stromerzeugung	-760	3,0

¹² Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., früher Arbeitsgemeinschaft Fernwärme

8.2 Ergebnisse

Die Emissionen bzw. die Primärenergiebilanz werden im Vergleich der Gebäudestandards und Heizsysteme dargestellt. Um eine Vergleichbarkeit herzustellen, sind alle Ergebniswerte spezifisch je m² Wohnfläche angegeben.

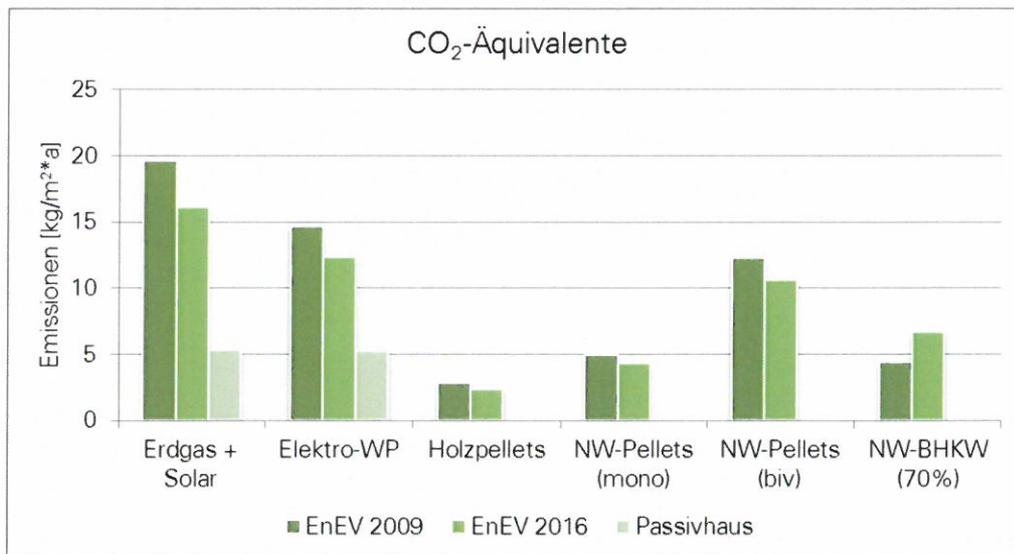


Abbildung 11: CO₂-Emissionen (Äquiv.) für Gebäudestandards im Vergleich

Die Unterschiede in der CO₂-Emissionsbilanz sind sehr hoch. Sehr gut stellen sich die dezentrale Variante mit Holzpellettheizung sowie die Nahwärme aus Holzpellets (monovalent) mit rund 2,6 bzw. 4,7 kg je m² und Jahr dar. Hier muss allerdings der Aspekt der zusätzlichen Feinstaubbelastung berücksichtigt werden. Die bivalent betriebene Nahwärme aus Holzpellets liegt mit 12,3 und 10,6 kg je m² aufgrund des mit Erdgas betriebenen Spitzenkessels im Mittelfeld.

Ebenfalls sehr niedrige Emissionen werden durch Nahwärme mittels BHKW verursacht. Hier resultieren die niedrigen Emissionen in Höhe von 4,5 und 6,8 kg je m² Wohnfläche und Jahr daraus, dass hauptsächlich der fossile Strom (vorwiegend aus Stein- und Braunkohle) verdrängt wird.

Die dezentrale Variante des mit Erdgas betriebenen Brennwertkessels mit solarer Warmwasserbereitung weist für die Standards EnEV 2009 und EnEV 2016 die höchsten spezifischen Emissionen auf. Ebenfalls auffallend hoch, stellt sich die Elektro-Wärmepumpe dar. Hier macht sich der hohe Emissionsfaktor des Energieträgers Strom in Verbindung mit der mäßigen Effizienz ungünstig bemerkbar. Für den Passivhausstandard liegen die Emissionen dieser beiden Versorgungsvarianten allerdings bei niedrigen 5,3 kg je m² Wohnfläche und Jahr.

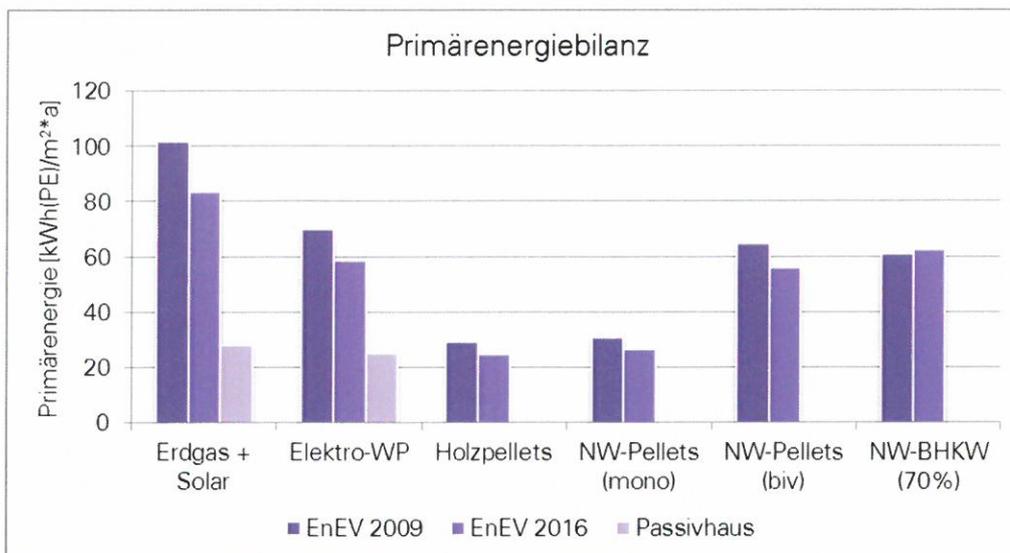


Abbildung 12: Primärenergiebilanz für Gebäudestandards im Vergleich

Die Primärenergiebilanz stellt sich ähnlich dar, wie die CO₂-Emissionsbilanz. Neben den Versorgungsvarianten des Passivhauses, weisen auch hier die monovalent betriebenen Holzpelletvarianten (dezentral und zentral) die geringste Primärenergiebelastung auf (um 30 kWh(PE) je m² Wohnfläche im Jahr). Die zentrale Versorgung mittels Holzpellets bzw. BHKW, jeweils in Verbindung mit einem Spitzenkessel, liegt mit etwa 60 kWh(PE) je m² Wohnfläche und Jahr im Mittel. In dieser Größenordnung liegt auch die Elektro-Wärmepumpe für die EnEV-Dämmstandards. Der höchste primärenergetische Verbrauch (90 kWh(PE) je m² und Jahr) wird durch die Erdgasheizung in Kombination mit einer Solarkollektoranlage für die EnEV-Gebäudestandards verursacht.

9 Gesamtbewertung und Empfehlung

9.1 Wirtschaftlichkeit

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit nach dem Kriterium der Vollkosten gibt keine klare Präferenz. Unter den untersuchten Kombinationen von Gebäudestandards und Heizsystemen gibt es keine Variante, die aufgrund extremer Kosten für den Bauträger oder Käufer unzumutbar wären und die Vermarktung der Grundstücke grundsätzlich in Frage stellen.

Die Mehrkosten für bessere bauliche Standards und aufwändigere Heizsysteme werden insbesondere durch Energieeinsparungen soweit kompensiert, dass die Kosten im Vergleich nicht allzu weit auseinander liegen. Dennoch weist das Passivhaus im Vergleich zu den Gebäudestandards EnEV 2009 und 2016 rund 33% bzw. 19% mehr Kosten auf.

9.2 CO₂-Emissionen

Bei der Betrachtung der CO₂-Emissionen liegen die Varianten wesentlich weiter auseinander als in der wirtschaftlichen Analyse. Die Varianten mit den niedrigsten Emissionswerten sind im Folgenden mit weiteren zu beachtenden Aspekten beschrieben.

9.2.1 Holzpellet-Heizung, monovalent

Wenn in dezentralen oder zentralen Systemen ausschließlich Holzpellets zum Einsatz kommen, hat der Gebäudedämmstandard für die Höhe der CO₂-Emissionen keine große Bedeutung mehr. In großen Städten mit vorbelasteten Straßenzügen und Stadtteilen ist die Feinstaubproblematik ein wichtiges Thema. Auch wenn die Ursache von häufigen Grenzwertüberschreitungen der Straßenverkehr ist, sollte eine Erhöhung der Grundbelastung aus Heizungsanlagen nur in minimalem Umfang zugelassen werden oder besser ganz vermieden werden.

Dezentrale Holzpellettheizung erfordern mehr Platz im Keller für Anlage und Brennstofflagerung und benötigen einen höheren Bedienungsaufwand als z. B. Gas. Jede Art von Feststoffheizung ist anfälliger gegenüber Störungen, auch wenn Pellettheizungen bei heutigem Stand der Technik ausgereift und ausreichend verlässlich sind.

Die zentrale Holzpellettheizung braucht ein Heizwerk. Das Konzept sieht die Unterbringung im Keller eines Mehrfamilienhauses vor. Von außen ist die Anlage nicht zu erkennen, lediglich ein Kamin an der Giebelseite würde auf diese Anlage hinweisen. Sollten bei verschiedenen Bauträgern von Mehrfamilienhäusern und übriger Bebauung Schwierigkeiten über die Kostenaufteilung oder Wärmeliefermodelle auftreten, oder sollten die Mehrfamilienhäuser erst später gebaut werden, so müsste ein separates Gebäude errichtet bzw. ein Fertigmodul aufgestellt werden.

9.2.2 Nahwärme mittels BHKW

Im Gegensatz zu den anderen Versorgungsvarianten, ist der Zusammenhang zwischen einem schlechtem Gebäudestandard und hohen CO₂-Emissionen, bei der Versorgung mittels BHKW scheinbar paradox: je schlechter der Standard umso niedriger sind die CO₂-Emissionen. Dies ist darin begründet, dass aufgrund des höheren Energiebedarfs,

dass BHKW größer konzipiert ist. Bei ähnlicher Laufzeit wird so mehr Strom produziert, welcher dann den fossilen Strom aus Kohlekraftwerken verdrängt.

Die zentrale Wärmeerzeugung mittels BHKW erfordert eine Heizzentrale. Diese soll in diesem Konzept in einem Keller eines Mehrfamilienhauses untergebracht werden. Dort ist ausreichend Platz vorhanden, um die Grundlastanlage (BHKW) und den Spitzenkessel vorzuhalten. Besondere Beachtung ist bei dieser Aufstellung den Schallemissionen zu widmen, die laut TA-Lärm¹³ in Wohn- und Schlafräumen zwischen 22 und 6 Uhr unter 25 dB(A) liegen müssen.

9.2.3 Erdgasheizung mit Solaranlage für Passivhaus

Hierbei handelt es sich um ein technisch einfaches und ausgereiftes System in einem Gebäude mit dem besten Dämmstandard.

Zu beachten ist hierbei lediglich, dass durch den Platzbedarf der Solarkollektoren auf dem Dach das Potenzial zur PV-Stromerzeugung sinkt. So reduziert eine Kollektorfläche von 8 m² für die thermische Solarenergienutzung die potenzielle Stromerzeugung um 600 kWh im Jahr. Wird diese Stromerzeugung mit dem Emissions-Faktor von 760 g je kWh bewertet, so sinkt die potenzielle Emissionsminderung um 456 kg im Jahr. Bezogen auf eine Wohnfläche von 156 m² sind dies 2,9 kg je m² und Jahr. Das Heizsystem hätte unter Einrechnung dieses Nachteils dann eine spezifische CO₂-Emission von rund 8,2 statt 5,3 kg je m² und Jahr. Diese Betrachtung ist aber nur dann relevant, wenn eine umfassende Belegung der Dachflächen mit PV-Modulen umgesetzt werden sollte.

9.3 Fazit

Unter Berücksichtigung der beiden Kriterien Wirtschaftlichkeit und CO₂-Reduktion sind hier die stark unterschiedlichen CO₂-Emissionen der Versorgungsvarianten maßgeblich für die Entscheidungsfindung. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass die Vermarktung der Grundstücke auf dem Plangebiet Anfang 2015 erfolgt und die Bebauung ebenfalls in diesem Jahr zum größten Teil abgeschlossen sein wird. Der energetische Gebäudestandard, der als Mindestanforderung einzuhalten ist, wird der EnEV 2009 entsprechen.

Unter diesen Aspekten müsste in erster Priorität die Umsetzung der Holzpellettheizung oder aber der monovalent betriebenen Holzpellet-Nahwärme empfohlen werden. Jedoch geht mit der Verbrennung von Biomasse auch immer die Problematik der zusätzlichen Feinstaubbelastung einher. Da die Stadt Hilden unmittelbar von drei Autobahnen (A3, A46 und A59) umgeben ist (insgesamt ca. 270.000 Kfz pro Tag)¹⁴ und sich in direkter Nähe zum Plangebiet die stark befahrene Richrather Straße (ca. 20.500 Kfz am Tag) sowie die B228 (ca. 17.000 bis 27.500 Kfz pro Tag) befinden, kann aufgrund dieser Belastungsschwerpunkte die Holzpelletfeuerung nicht empfohlen werden.

Als geeignetes emissionsarmes Heizsystem steht unter CO₂-Gesichtspunkten somit die zentrale BHKW-Nahwärmeversorgung im Fokus. Die bei der Erdgasverbrennung auftretenden Feinstäube können hierbei vernachlässigt werden. Da für den Passivhausstandard eine Nahwärmelösung i.d.R. nicht wirtschaftlich ist, stellt sich hierfür

¹³ Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm

¹⁴ Angaben zu den Verkehrsdichten der einzelnen Straßen sind dem Klimagutachten „Klima- und immissionsökologische Funktionen im Stadtgebiet Hilden“ (2009) der GEO-NET Umweltconsulting GmbH entnommen.

die Versorgung mittels Erdgasheizung und Solarkollektoren als positiv dar. Insgesamt liegen alle drei Varianten mit ihren Emissionen deutlich unter 9 kg je m² Wohnfläche und Jahr.

Die zu empfehlende Maßnahme „NW-BHKW“ für den Standard EnEV 2009 und 2016 sowie „Erdgas & Solar“ für das Passivhaus sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Die Unterschiede der Kosten- und CO₂-Emissionen beziehen sich in beiden Fällen auf ein Einfamilienhaus (145 m²) mit einem Erdgas-Brennwertkessel und solarthermischer Unterstützung jeweils für den baulichen Standard nach EnEV 2009 und 2016 (Referenzvariante).

Tabelle 7: Gegenüberstellung der Empfehlungen gegenüber Referenzvariante

	Differenz ¹⁵		Anmerkungen
	Mehrkosten [€/Monat]	Emissions- einsparung [kg/a]	
Nahwärme mittels BHKW für EnEV 2009/16 im Vergleich mit Referenz:			
EnEV 2009	14	-2.200	- Vermeidung der Investitionen für Heizungsanlage (nur Übergabestation)
EnEV 2016	6	-1.400	- Verpflichtung zur NW-Nutzung im Kaufvertrag vereinbaren
Erdgas & Solarthermie für Passivhaus im Vergleich mit Referenz:			
EnEV 2009	40	-2.100	- anfangs höhere Investitionen aber dauerhaft weniger Verbrauchskosten (> 80 a)
EnEV 2016	20	-1.600	- Gebäudestandard noch unüblich bei Bauherren und Ausführenden

Da der voraussichtliche bauliche Standard auf dem Plangebiet der EnEV 2009 entspricht, beziehen sich die folgenden Auswertungen auf diesen Standard.

Aus der Gegenüberstellung wird ersichtlich, dass die Referenzvariante in beiden Fällen die kostengünstigere Alternative darstellt. Der jährliche Mehrkostenunterschied zwischen der Referenzvariante und der Nahwärmelösung beträgt rund 8% bzw. 21% zum Passivhaus. Das entspricht etwa 170 bzw. 480 Euro im Jahr mehr. Die CO₂-Emissionen der Referenzvariante liegen jedoch mit 77% bzw. 73% deutlich über den Vergleichsvarianten. Es werden demnach rund 2.200 bzw. 2.100 kg im Jahr weniger CO₂-Emissionen erzeugt.

Im Vergleich untereinander weist die Nahwärmelösung einen Kostenvorteil und einen ökologischen Vorteil gegenüber dem Passivhaus auf. Der jährliche Kostenvorteil liegt bei rund 310 Euro und der ökologische Vorteil bei etwa 135 kg CO₂ im Jahr. Bei der Betrachtung des baulichen Standards nach EnEV 2016 kippt der ökologische Vorteil zugunsten des Passivhauses.

¹⁵ Die Differenzen beziehen sich auf die jeweiligen Kosten im Hochpreisszenario und die CO₂-Äquivalente, für die baulichen Standards EnEV 2009 und Passivhaus für ein Einfamilienhaus (145 m²). Es liegen gerundete Werte vor.

9.4 Weiteres Vorgehen

Soll für die Wärmeversorgung der künftigen Wohngebäude auf dem Plangebiet eine Heizzentrale mit einem Nahwärmenetz errichtet werden, so sind folgende Anmerkungen im weiteren Abstimmungsprozess zu berücksichtigen:

- Sicherstellung einer gleichbleibend hohen Anschlussquote (nahezu 100%) im Plangebiet über eine privatrechtliche Vereinbarung im Grundstückkaufvertrag. Weniger gut geeignet ist die Festsetzung eines Anschluss- und Benutzungszwangs nach Gemeindeordnung NRW.
- Gute Kommunikation der Nahwärmelösung, Verbote von Kaminen oder Solar Kollektoren sind in der Regel nicht von Vorteil.
- Nahwärmeleitungen sollten im öffentlichen Straßengrund verlegt werden, um eine ständige Verfügbarkeit sicherzustellen.
- Prüfung der vergaberechtlichen Anforderungen bzgl. der Sicherstellung der Wärmeversorgung auf dem Plangebiet durch einen Konzessionsnehmer (Contractor, z. B. Stadtwerke Hilden).
- Erstellung einer zeitlichen Abfolge unter Berücksichtigung der Vermarktung und Bebauung des Plangebietes, der Ausschreibung und Vergabe der Konzession sowie der Errichtung und Inbetriebnahme der Nahwärmeversorgung.

10 Anlagen

10.1 Haustyp 01- Patiohaus Typ A

Der Haustyp 01 (Patiohaus) ist mit den Typen A und B an verschiedenen Standorten im Baugebiet 15-mal vorgesehen.

In vorliegendem Bericht wurde der Haustyp 01 an folgender Stelle im Plangebiet ausgewählt (Abbildung 13) und untersucht. Einen Vorentwurf der Straßenansicht des Typs A ist ebenfalls abgebildet.

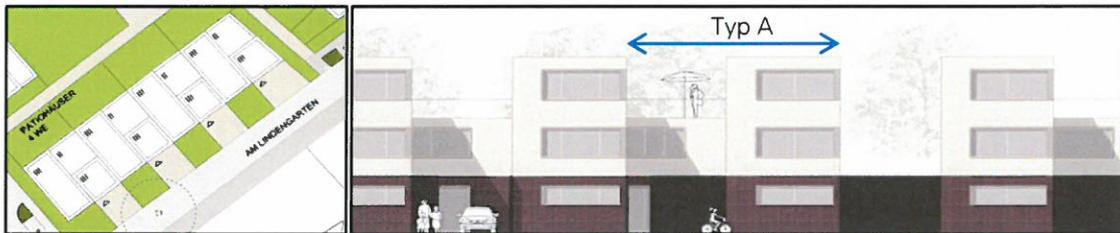


Abbildung 13: Patiohaus A - Auszug Gestaltungsplan und Straßenansicht

Die Transmissionswärmeverluste H_T des Typs A zeigt folgende Abbildung:

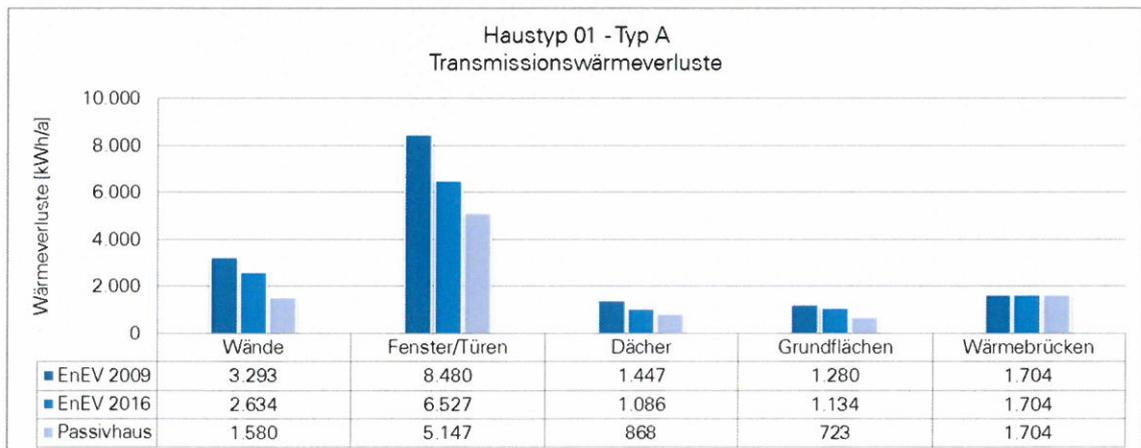


Abbildung 14: Patiohaus - Transmissionswärmeverluste

10.2 Haustyp 02 – Stadthaus Typ A I und A II

Der Haustyp 02 – Stadthaus ist mit den Typen A I und A II an verschiedenen Standorten im Baugebiet 11-mal vorgesehen.

In vorliegendem Bericht wurde der Haustyp 02 an folgender Stelle im Plangebiet ausgewählt (Abbildung 15) und untersucht. Einen Vorentwurf der Straßenansicht der Typen A I und A II ist ebenfalls abgebildet.



Abbildung 15: Stadthaus A - Auszug Gestaltungsplan und Straßenansicht

Die Transmissionswärmeverluste H_T der Typen Stadthaus A I und A II zeigen folgende Abbildungen:

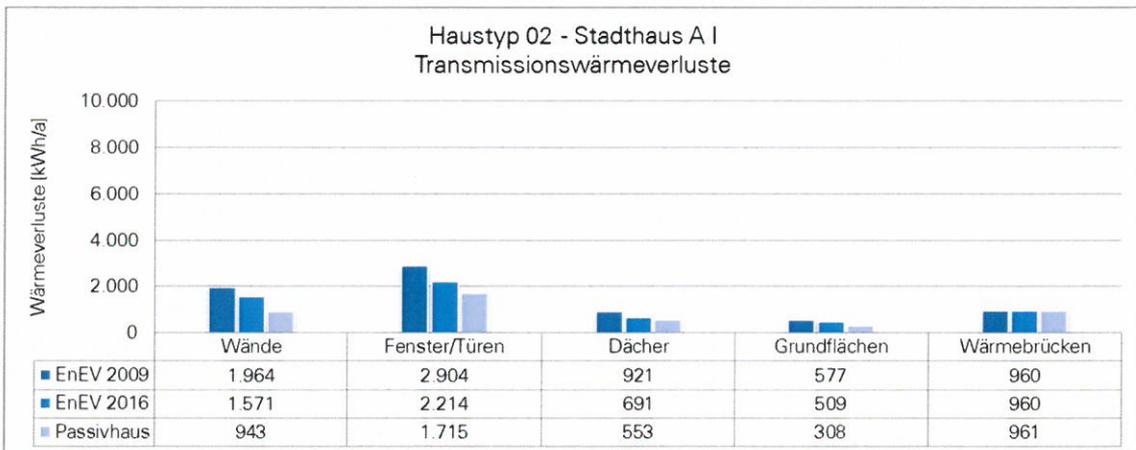


Abbildung 16: Stadthaus A I - Transmissionswärmeverluste

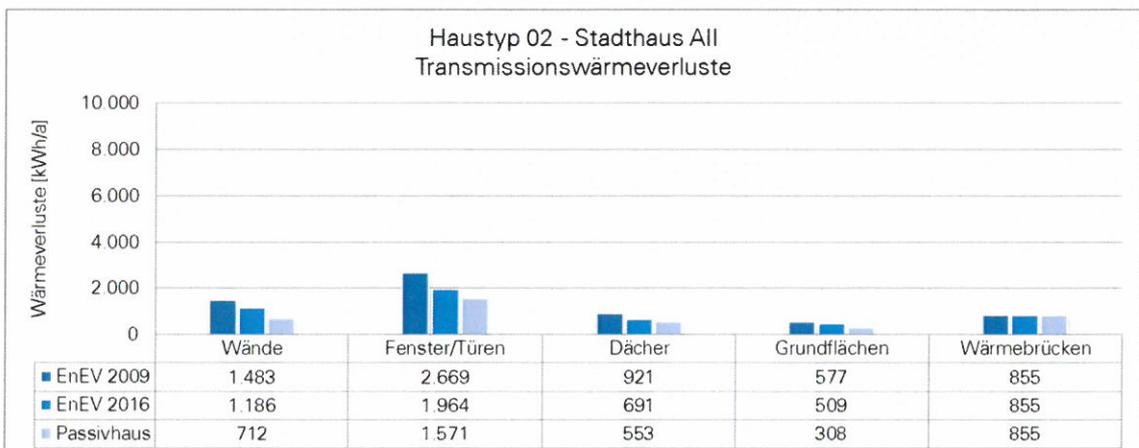


Abbildung 17: Stadthaus A II - Transmissionswärmeverluste

10.3 Haustyp 03 – Geschosswohnen (Wohnungen A, B und D)

Der Haustyp 03 – Geschosswohnen ist an verschiedenen Standorten im Baugebiet 9-mal vorgesehen.

In vorliegendem Bericht wurde der Haustyp 03 an folgender Stelle im Plangebiet ausgewählt (Abbildung 18) und untersucht. Einen Vorentwurf der Straßenansicht des Geschosswohnungsbaus ist ebenfalls abgebildet.

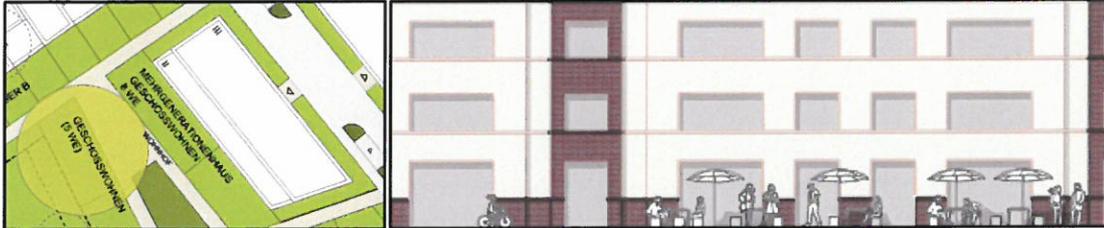


Abbildung 18: Geschosswohnen - Auszug Gestaltungsplan und Straßenansicht

Die Transmissionswärmeverluste H_T der Typen Stadthaus A I und A II zeigen folgende Abbildungen:

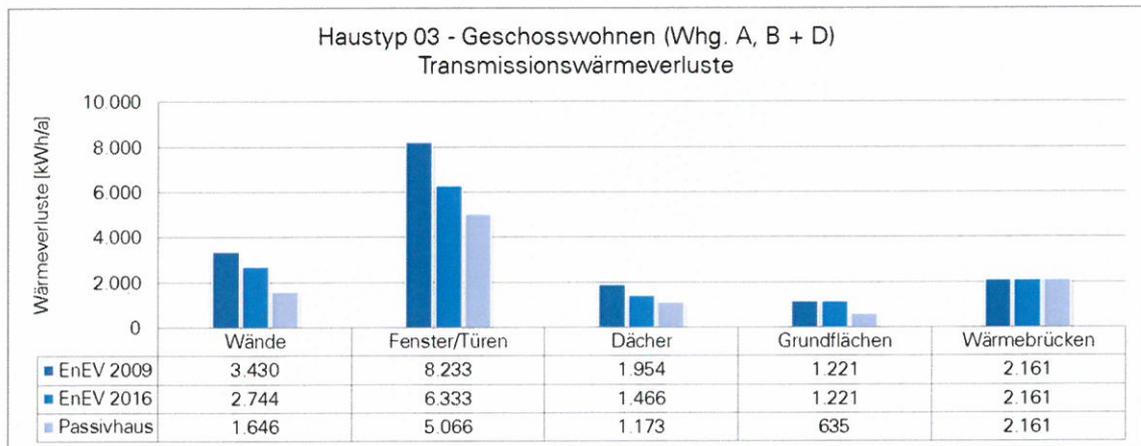


Abbildung 19: Geschosswohnen - Transmissionswärmeverluste

Verfasserin:
Gerotec GmbH Ingenieurgesellschaft

Essen, den 06. Januar 2014

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'A. Hübner', with a stylized flourish at the end.

ppa. Dipl.-Ing. Andreas Hübner
Prokurist

Essen, den 06. Januar 2014

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'i.V. J. Lehmann', with a long horizontal flourish.

i. V. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jette Lehmann
Projektleitung