

Energie Plus Quartier Vellmar-Nord



Gefördert vom Land Hessen im Rahmen der Richtlinie zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes (HEG))

Energie Plus Quartier Vellmar-Nord

20.09.2019

IMPRESSUM

AUFTRAGGEBER

Zweckverband Raum Kassel (ZRK)

Ständeplatz 13

34117 Kassel

Bearbeiter

Katja Kluge

Linda Brinner

AUFTRAGNEHMER



KEEA

Klima und Energieeffizienz Agentur GmbH

Heckerstr. 6

34121 Kassel

Tel.: 0561 2577 0

E-Mail: info@keea.de

www.keea.de

Bearbeiter

Armin Raatz

Matthias Wangelin

Ines Wagner

IN KOOPERATION MIT

Fraunhofer IEE

Königstor 59

34119 Kassel

Bearbeiter

Dr.-Ing. Anna Marie Kallert

Robert Egelkamp

Annika Pieper

Eine Vorbemerkung zum Sprachgebrauch

Mit Rücksicht auf die gute Lesbarkeit des Textes wird auf die gleichberechtigte Nennung der männlichen und weiblichen Form verzichtet. In der Regel wird das männliche Genus verwendet, gemeint sind beide Geschlechter

Insofern nicht anders angegeben gilt für alle im vorliegenden Dokument verwendeten Abbildungen als Quelle: Klima und Energieeffizienz Agentur 2009–2019.

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	3
2	EINFÜHRUNG	5
3	BESTANDSANALYSE	10
4	PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BERECHNUNG	13
4.1	Einfamilienhaus	14
4.1.1	Rahmenbedingungen	15
4.1.2	Ergebnisse	22
4.2	Mehrfamilienhaus	32
4.2.1	Rahmenbedingungen	32
4.2.2	Ergebnisse	39
5	GEMEINSAMER QUARTIERSSPEICHER	49
6	WIE SETZEN WIR EIN ENERGIE PLUS QUARTIER UM?	50
6.1	Wärmewende	51
6.1.1	Kosten und Wirtschaftlichkeit energieeffizienter Gebäude	54
6.2	Erneuerbare Energien im Quartier nutzen	56
6.2.1	Passive Solarenergienutzung	57
6.2.2	Aktive Solarenergienutzung	58
6.2.3	Umweltwärme nutzen mit Wärmepumpen	60
6.2.4	Wasserhygiene bei niedrigen Temperaturen	65
6.3	Stromwende durch geringsten Haushaltsstromverbrauch	67
6.4	Mobilitätswende	68
6.4.1	Verbesserungen bei der Verkehrsinfrastruktur	69
6.5	Sektorkopplung und Speichermanagement	74
6.6	realisierte Beispiele	75
6.7	Die soziokulturellen Aspekte eines Neubauquartiers	78
6.7.1	Einführung	78
6.7.2	Eine gemeinsame Haltung finden: das inclusive Quartier	80
6.8	Fazit	82
7	BAULEITPLANUNG UND STÄDTEBAULICHER VERTRAG	85
7.1	Möglichkeiten Textliche Festsetzungen im B-Plan	85
7.2	Begründung zum B-Plan	87
7.3	Städtebaulicher Vertrag für den Wohnungsbau	89
8	BETREIBERMODELLE	92
8.1	Gemeinsame Nutzung von Gütern des periodischen Bedarfs	93

8.2 Betrieb der Versorgungsanlagen	94
9 KOMMUNIKATIONSKONZEPT	95
10 MAßNAHMEN ZUR BEGLEITUNG DER UMSETZUNG	96
11 FINANZIERUNG DER UMSETZUNGSBEGLEITUNG UND DER ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	96
12 LITERATURVERZEICHNIS	99
13 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	101

1 ZUSAMMENFASSUNG

ZIEL

Entwicklung von Rahmenbedingungen und Maßnahmen für die nachhaltige Neuanlage eines Wohnquartiers unter den Gesichtspunkten Energieeinsparung, Klimaneutralität und Mobilitätsverhalten mit dem Ziel eines Energie Plus Quartiers.

MOTIVATION

Zukunftsorientiertes und innovatives Bauen bedeutet unter den aktuellen globalen Auswirkungen des Klimawandels, dass zukünftig nur noch Siedlungen und Gebäude errichtet werden sollten, welche die Reduktion von Treibhausgasen und die nachhaltige Nutzung von Energie mit dem Ziel "Klimaneutralität" haben. Die Stadt Vellmar folgt mit der Erarbeitung und Berücksichtigung des vorliegenden Energiekonzepts einem Auftrag aus der Verbandsversammlung des Zweckverbandes Raum Kassel (ZRK), um nachhaltige Umsetzungsstrategien für Vellmar-Nord zu entwickeln. Diese sollen auch auf zukünftige Wohnbauprojekte im Verbandsgebiet übertragbar sein. Mit der Entwicklung des Konzepts soll erreicht werden, dass

- die Stadt Vellmar Verantwortung für eine umweltgerechte, klimaneutrale Wohnbauentwicklung nachfolgender Generationen übernimmt,
- die zukünftigen Baufamilien Gebäude errichten können, die innovativ und werterhaltend sind, da sie den künftig geltenden Anforderungen zur Energieeinsparung entsprechen,
- die innovativsten Techniken zur Energie- und Wärmeversorgung zur Ausführung kommen, welche auch noch zukünftigen Ansprüchen an nachhaltiges Bauen und Energieeffizienz insbesondere im Hinblick auf die für das Jahr 2050 angestrebten Ziele der Energiewende gerecht werden,
- Wege aufgezeigt werden, wie die Finanzierung der zeitgemäßen technischen Umsetzung über Fördermittel von Bund und Land Hessen erleichtert werden kann.

RAHMENBEDINGUNGEN (HANDLUNGSANSATZ ZRK)

Die Einbindung des Quartiers Vellmar-Nord in die regionale Energieversorgungsebene (Mittelspannungsnetz) soll derart gestaltet werden, dass durch den Einsatz von Quartiersspeichern der regional erzeugte Strom aus regenerativen Energiequellen (vorrangig Windstrom aus Nordhessen) die im Quartier erzeugte elektrische Energiemenge (vorrangig durch Photovoltaik) bedarfsabhängig puffern und ergänzen kann. Hierbei wird sektorübergreifend die Nutzung der regenerativ erzeugten elektrischen Energie auch für die Sektoren Mobilität (E-Fahrzeuge) und Wärme (z. B. Strombedarf der Wärmepumpen) sichergestellt.

Die zukünftigen Gebäude sollen sich auszeichnen durch:

- hohe Werterhaltung aufgrund zukünftiger energetischer Anforderungen,
- Unabhängigkeit von Turbulenzen des Weltenergiemarktes,
- langfristig niedrige Energiekosten,
- sichere Energie- und Wärmeversorgung durch die Nutzung lokaler Ressourcen.

Mit einem KfW 40-/ Passivhaus der Gebäude sowie einem deutlich reduzierten Haushaltsstrom- und Mobilitätsbedarf könnten die Ziele eines Energie Plus Quartiers erreicht werden. Wichtigster Faktor - neben den technischen Rahmenbedingungen – ist die Einstellung und das Bewusstsein der zukünftigen Bewohner. Ihre Überzeugung zur Sinnhaftigkeit eines Energie Plus Quartier ist ein wichtiges Fundament für die städtebauliche Entwicklung. Der Erfolg dieser Umsetzung hängt wesentlich mit einer intensiven Bürgerbeteiligung und Bürgerberatung zusammen, die ebenfalls durch eine projektbegleitende Förderung durch Landesmittel sichergestellt wird.

WIE SOLL DIE ENERGIE- UND WÄRMEVERSORGUNG IM QUARTIER SICHERGESTELLT WERDEN?

Die detaillierte Energieversorgungsplanung wird durch die zuständigen Energieversorger, die bereits bei der Erstellung des vorliegenden Konzepts eng eingebunden wurden, im Zuge der Erschließungsplanung erarbeitet. Das Energiekonzept und die oben genannten Handlungsempfehlungen stellen dazu den verbindlichen Rahmen dar. Beispielhaft kommen folgende Elemente in Betracht:

- Passivhaus-Standard (KfW40plus als Finanzierungsmöglichkeit),
- Wärmepumpen und privater Stromspeicher im Gebäude,
- leistungsfähiges elektrisches Verteilnetz im Quartier zur Sicherstellung von Ladeinfrastruktur (z. B. „Wallboxen“ in jedem Haus / Stellplatz bei mehrgeschossigen Wohneinheiten),
- Photovoltaik-Anlagen (Kombination mit Gründach möglich),
- Elektrischer Quartierspeicher,
- Regenwasserrückhaltung/ -nutzung, Minimierung Umgebungswärme (Hausbegrünung),
- Erhalt von Grünzügen zur Klimafunktion im Quartier.

WEGE ZUR UMSETZUNG

Diese vorgenannten Rahmenbedingungen gilt es in rechtswirksames Baurecht zu überführen. Auf der Ebene des Bebauungsplanes werden die Ziele des Konzepts durch die Stadt Vellmar durch textliche Festsetzungen und zeichnerische Darstellungen (Standorte für die Energie- und Wärmeversorgung, grünordnerische Maßnahmen (Fassaden- und Dachbegrünung,

Freiflächenversiegelung, Bepflanzung) umgesetzt. In der Begründung zum Bebauungsplan werden durch die Stadt Vellmar die wesentlichen Ziele dieser Quartiersentwicklung schriftlich als bedeutsam festgehalten, sodass diese nicht im Rahmen von Ausnahmen und Befreiungen vom Bebauungsplan umgangen werden können.

In städtebaulichen Verträgen wird die Stadt Vellmar die Details zur Umsetzung im Zuge des Grundstückkaufvertrags mit jeder Baufamilie regeln. Bei der Erstellung des städtebaulichen Vertrags wird sich die Geschäftsstelle des ZRK unterstützend einbringen, um als Multiplikator die Erkenntnisse aus dem Baugebiet Vellmar-Nord in Projekte anderer Verbandsmitglieder übertragen zu können.

Zielsetzungen zum Mobilitätsverhalten sind stark von privatem Verhalten und Einstellungen geprägt. Eine Beeinflussung des Mobilitätsverhaltens lässt sich nur durch ein sehr gutes Angebot (Mix aus ÖPNV, Radverkehr, Carsharing etc.), finanzielle Anreize (z. B. Jahreskarte ÖPNV) und eine Verknappung des öffentlichen Verkehrsraumes für den motorisierten Individualverkehr (MIV) (z. B. Verringerung der Anzahl von Stellplätzen) erreichen.

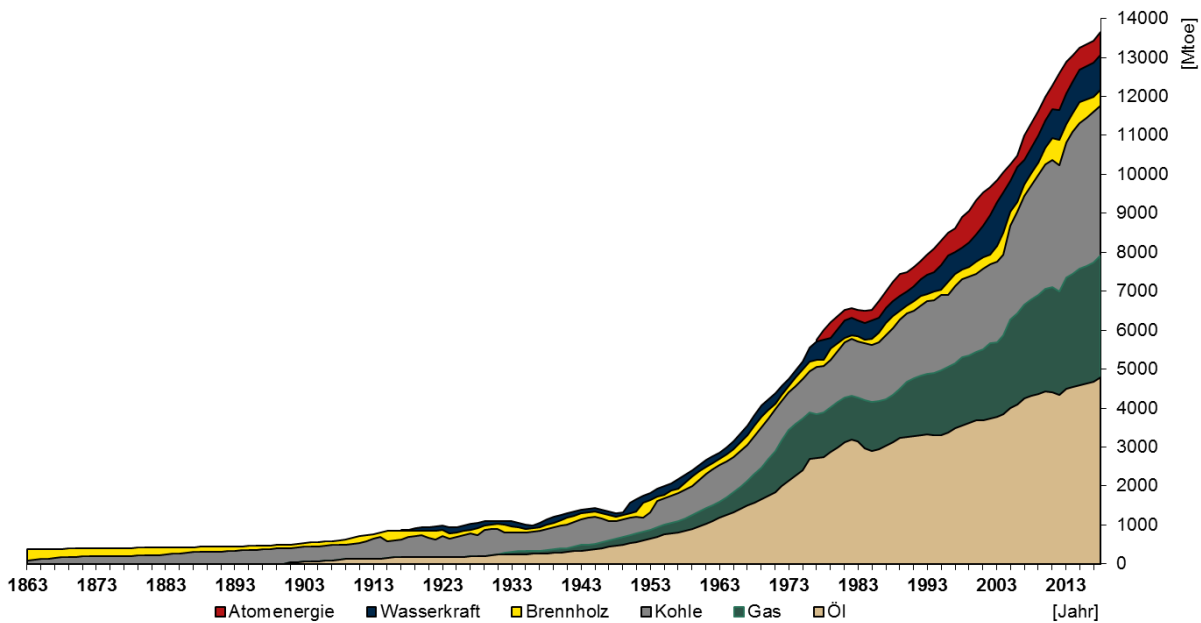
Weiterhin ist beabsichtigt, bei der Entwicklung des Quartiers auch die zunehmenden Möglichkeiten der Digitalisierung auszuloten und zu nutzen (z. B. für Energiemanagement, Sicherheit, Mobilitätsangebote).

2 EINFÜHRUNG

DER GLOBALE ENERGIEVERBRAUCH STEIGT KONTINUIERLICH AN

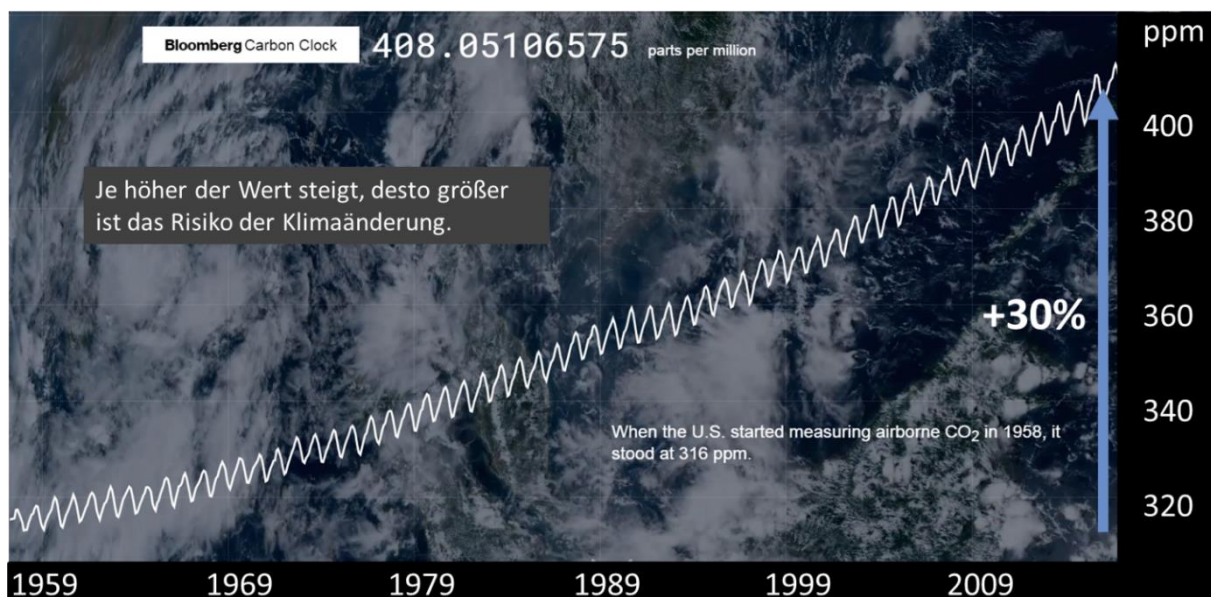
Die Weltgemeinschaft steht in Bezug auf die Entwicklung des Weltklimas vor bisher noch nie da gewesenen Herausforderungen. Um 1900 begann die Nutzung von Energiereserven, die über Millionen Jahre als Kohlenstoff tief in der Erde abgelagert wurden. Mit der Verbrennung von Kohlenstoff in Form von erdölbasierten Produkten aber auch von Stein- und Braunkohle hat sich der Anteil von Kohlenstoffdioxid (CO₂) in der Erdatmosphäre in den letzten Jahrzehnten sehr stark erhöht. Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung des Energiebedarfs der Welt in den vergangenen 150 Jahren.

Abbildung 1: Weltenergiebedarf (IEA, Eigene Darstellung)



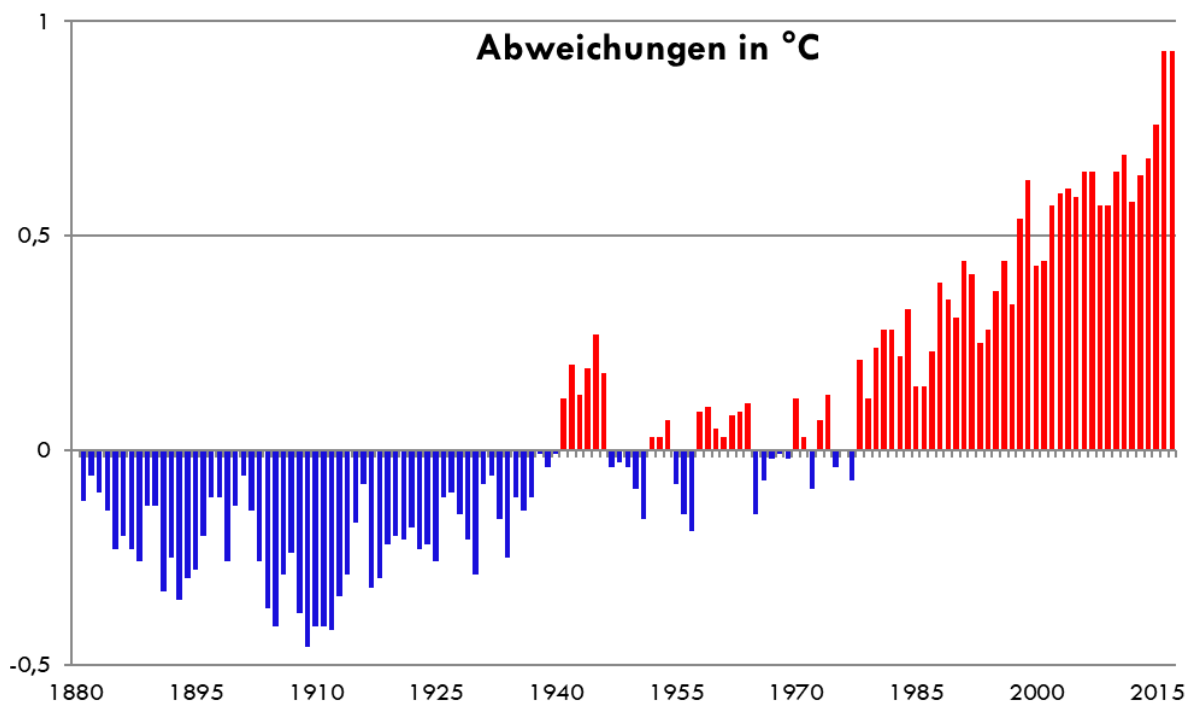
DIE CO₂-KONZENTRATION IN DER ATMOSPHÄRE STEIGT KONTINUIERLICH AN

Anhand von langjährigen Messungen ist zu erkennen, dass es einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Anstieg der CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre und den zu beobachteten weltweitem Anstieg der Durchschnittstemperatur der Erde gibt. Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der CO₂ Konzentration an der Erdatmosphäre seit 1963.

Abbildung 2: CO₂ Konzentration (Eric Roston, 2019)

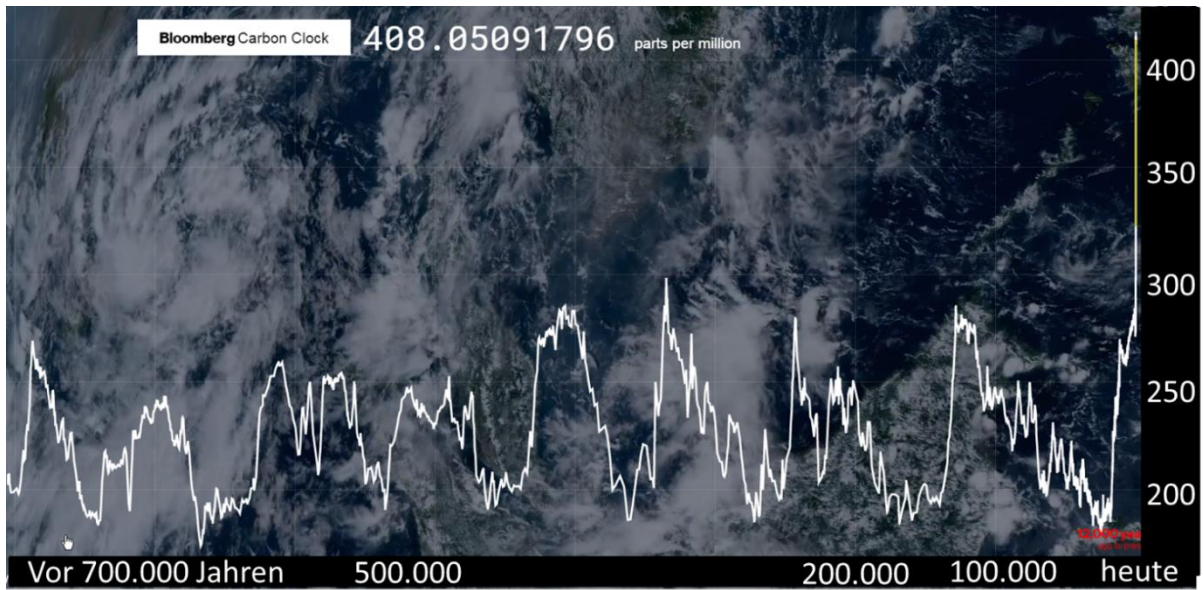
Dies hat dazu geführt, dass sich die mittlere Erdtemperatur in den letzten Jahrzehnten sehr deutlich erhöht hat.

Abbildung 3: Mittlere Erdtemperatur (National Centers for Environmental Information (2017), Eigene Darstellung KEEA)



Von einigen Menschen wird behauptet, dass diese Schwankungen natürlichen Ursprung sind und dass es diese bereits in den vergangenen Jahrtausenden gegeben hat. In der Tat lässt sich aus Eisproben nachweisen, dass es in der Erdgeschichte Eis- und Heißzeiten gab. Wie allerdings auf der nachstehenden Abbildung zu sehen ist, haben wir den Schwankungsbereich der zurückliegenden Erdperioden bereits weit überschritten.

Abbildung 4: CO₂ Konzentration der letzten 700.000 Jahren (Eric Roston, 2019)

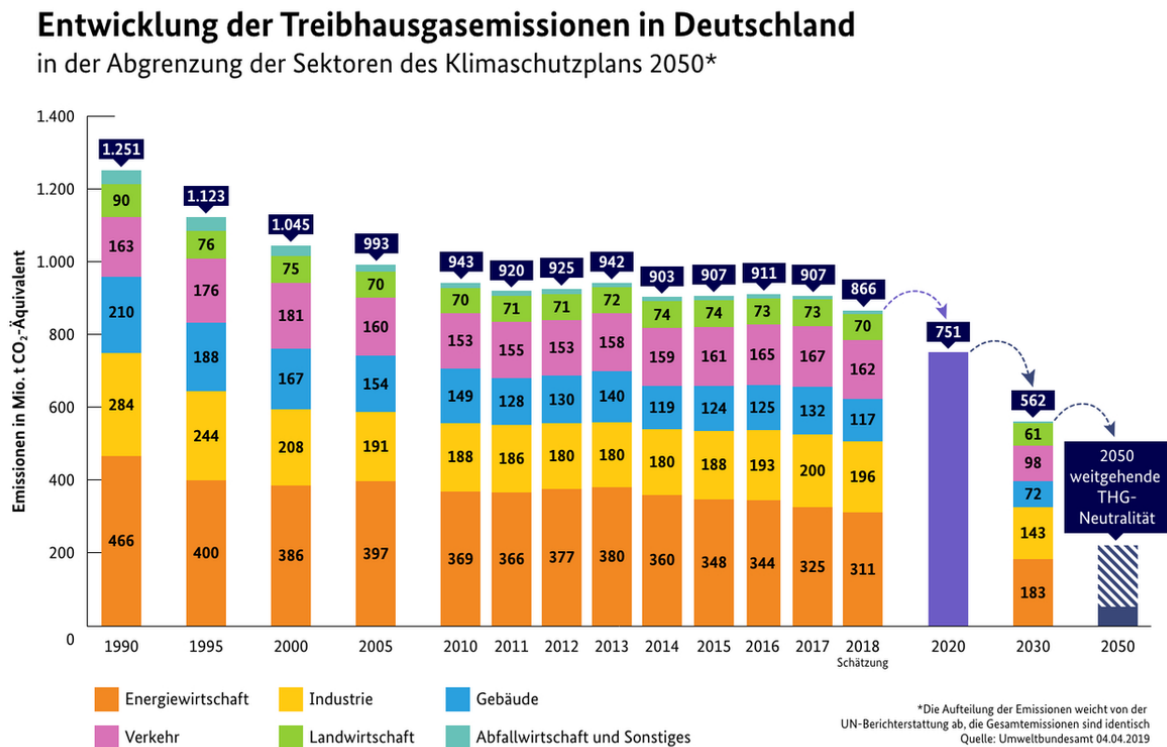


WAS IST ZU TUN?

Alle Rechenmodelle zeigen, dass es ab einer Temperaturerhöhung um mehr als 1,5° über dem langjährigen Mittel der Temperatur zu einer immensen Verschiebung des Weltklimas kommen wird. Daher hat sich neben vielen Staaten der Welt auch Deutschland dazu verpflichtet, den Ausstoß von Kohlendioxid bis zum Jahr 2050 drastisch zu reduzieren.

Die folgende Abbildung zeigt das angestrebte Ziel im Jahr 2050 und die Entwicklung seit 1990.

Abbildung 5: THG Emissionen in Deutschland (Umweltbundesamt, 2019)



Dieses Ziel ergibt sich daraus, dass davon ausgegangen wird, dass jedes Land nur ein endliches absolutes CO₂-Budget zur Verfügung hat. Dieses ist in Deutschland weitgehend aufgebraucht, sodass in den verbleibenden Jahren bis 2050 nur noch wenig „CO₂-Budget“ zur Verfügung steht und der Ausstoß daher radikal reduziert werden muss. Zukunftsorientiertes Bauen bedeutet unter diesen globalen Rahmenbedingungen, dass schon heute Siedlungen und Gebäude errichtet werden sollten, die die Anforderungen im Jahr 2050 möglichst erfüllen. Diese Strategie ermöglicht den Bau von Gebäuden, die sich durch folgende Eigenschaften auszeichnen:

- Hohe Werthaltigkeit durch die Erfüllung zukünftiger energetischer Anforderungen,
- Unabhängigkeit von Turbulenzen des Weltenergiemarktes,
- Langfristig niedrige Energiekosten,
- Sichere und unabhängige Energieversorgung durch die Nutzung lokaler Ressourcen.

Dafür sind im nächsten Kapitel bau- und anlagentechnische Varianten der Gebäude, des Haushaltsstroms und der Mobilität berechnet worden, um das Ziel eines Energie Plus Quartiers zu erreichen.

3 BESTANDSANALYSE

Das Gebiet befindet sich nördlich von Vellmar und schließt an der bestehenden Bebauung an. Westlich wird das Gebiet von der L3386 „Frommershäuser Straße“ begrenzt. Die südliche Begrenzung bildet die Bebauung der Immenhäuser Straße. Nördlich und östlich geht das Neubaugebiet in die Landschaft über.

Abbildung 6: Lage des Neubaugebiets¹



Die aktuelle Nutzung ist landwirtschaftlich geprägt.

Abbildung 7: Aktuelle Nutzung des Neubaugebiets



¹ HVBG DTK, eigene Darstellung

WOHNFOLGEEINRICHTUNGEN

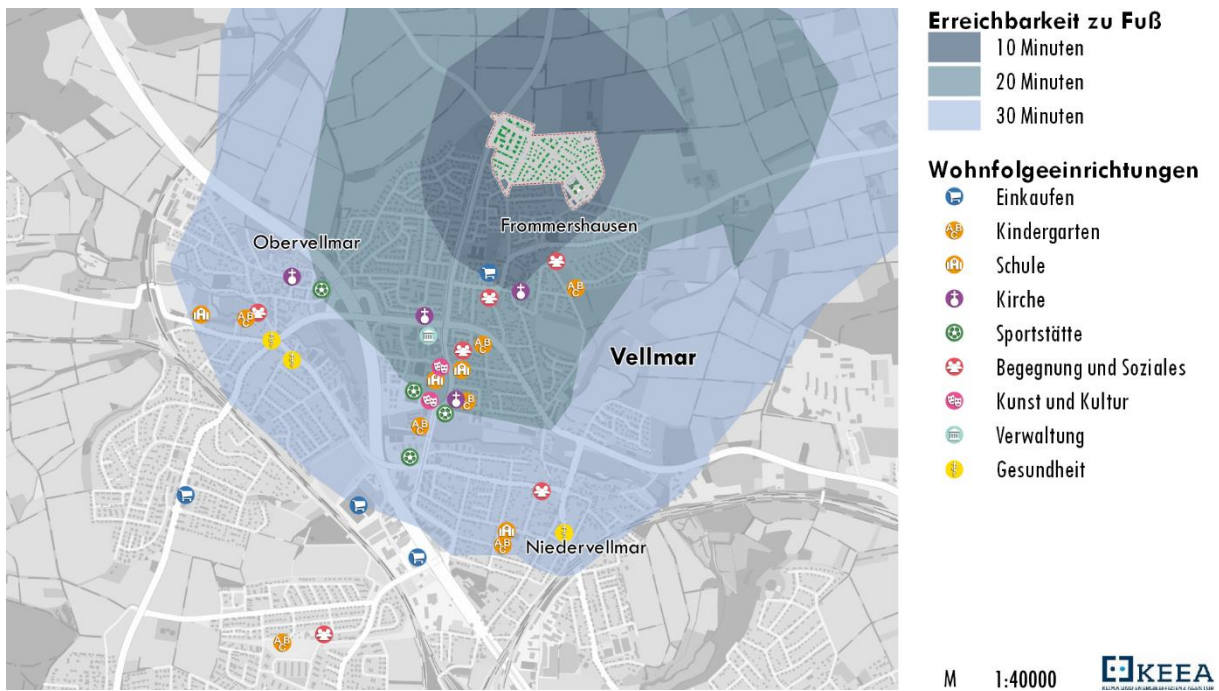
Südlich vom Neubaugebiet befinden sich die Wohnfolgeeinrichtungen wie Schulen, Kindergärten und Einkaufsmöglichkeiten. Die nächste Einkaufsmöglichkeit ist rund 650 m entfernt. Der Zugang zum ÖPNV befindet sich direkt am westlichen Rand des Neubaugebiets mit der der Straßenbahnwendeschleife „Vellmar-Nord“ (Abbildung 8).

Abbildung 8: Wohnfolgeeinrichtungen des täglichen Bedarfs²



Über die Isochronen ist zu erkennen, dass ein Teil der Wohnfolgeeinrichtungen innerhalb von 20 Minuten zu Fuß und innerhalb von 10 Minuten mit dem Rad zu erreichen ist (Abbildung 9 Abbildung 10).

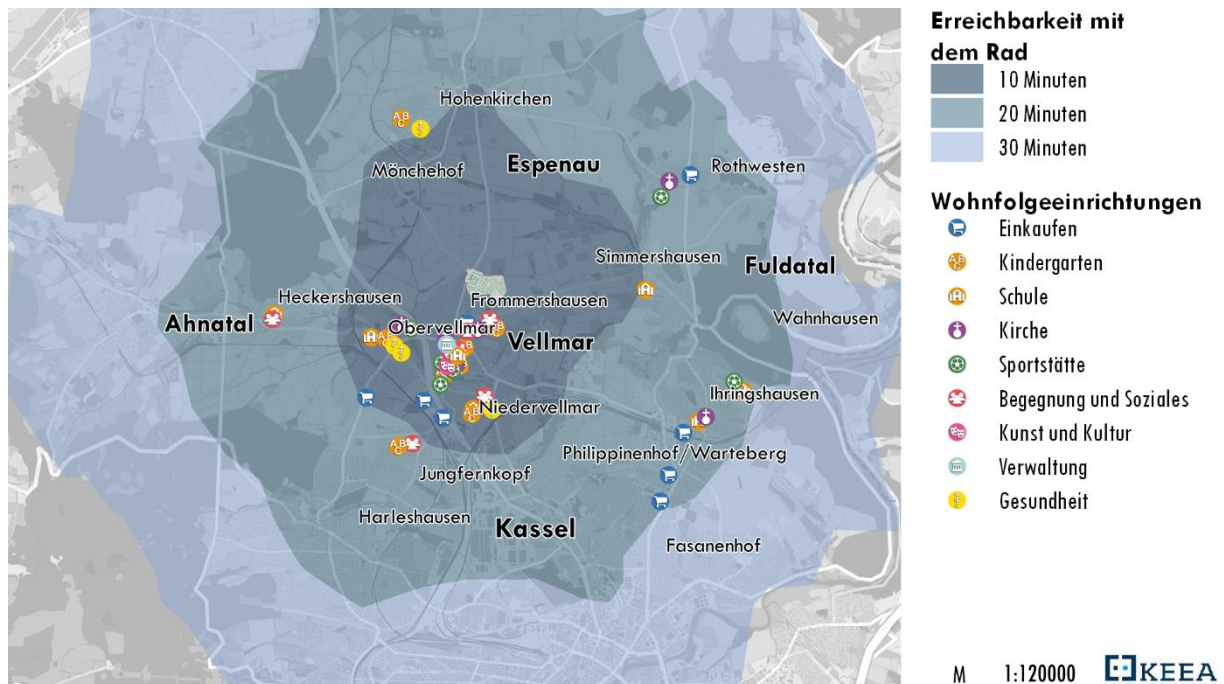
² DLR Earth Observation Service Basemap, eigene Erhebung, eigene Darstellung

Abbildung 9: Isochronen zu Fuß gehen³

Der 30-Minuten-Radius mit dem Rad geht dabei bis zur Kasseler Innenstadt. Der nördliche Teil von Kassel inkl. der Arbeitsstätten ist aus dem Gebiet heraus also gut zu erreichen. Die abfallende Topographie unterstützt dabei die morgendliche Anfahrt der Arbeitsstätten mit dem Rad. Eine gut ausgebaute Radwegeverbindung würde die Erreichbarkeit unterstützen (Abbildung 10).

³ Openroutservice (Isochronen), DLR Earth Observation Service Basemap, eigene Erhebung, eigene Darstellung

Abbildung 10: Isochronen Rad fahren⁴



Weitere Entfernungen könnten über den ÖPNV zurückgelegt werden. Der Bahnhof Wilhelmshöhe ist über die Linie 1 direkt in 35 min zu erreichen.

4 PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BERECHNUNG

Für den Findungsprozess der optimalen Bau- und Anlagentechnischen Kombination sind 36 Gebäudevarianten, zwei Varianten für den Haushaltsstrom und zwei Varianten für die Mobilität berechnet worden.

PHYSIK UND TECHNIK VON QUARTIEREN

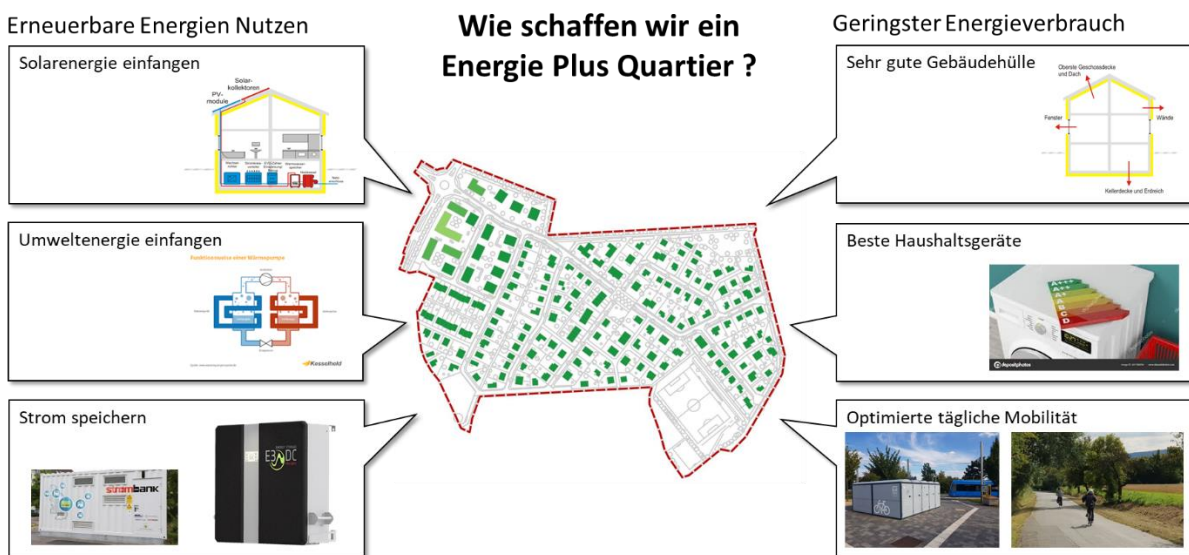
Werden Quartiere physikalisch betrachtet, können schon bei der städtebaulichen Ausformulierung wichtige Weichenstellungen geschaffen werden:

- **Geringster Energieverbrauch**
 - Die Festlegung des energetischen Gebäudestandards und die Art der Energieversorgung bestimmen den Rahmen der Energienachfrage.
 - Die Entscheidung über Größe und Bauart des Gebäudes hat Einfluss auf den Aufwand für die Herstellung der Baustoffe und Transportintensitäten.
 - Beste Haushaltsgeräte reduzieren die Stromnachfrage

⁴ Openroutservice (Isochronen), DLR Earth Observation Service Basemap, eigene Erhebung, eigene Darstellung

- Die Ausformulierung der quartiersweisen Mobilität beeinflusst den Energieverbrauch und die eingesetzten Energieträger (Fuß, Rad, ÖPNV, MIV, Elektrizität, Güterverkehr usw.).
- Durch die Lage der Siedlung in der Stadt und durch die Nähe zu Infrastruktur- und Wohnfolgeeinrichtungen kann der induzierte Personen- und Güterverkehr beeinflusst werden.
- **Erneuerbare Energien** im Quartier nutzen
 - Die Kubatur, Dachform, Orientierung und Verschattung hat Einfluss auf die Möglichkeiten zur passiven und aktiven Solarenergienutzung der Gebäude.
 - Über Wärmepumpen kann die Umweltenergie aus der Luft und dem Boden als Wärmequelle genutzt werden.
- **Zeitlich** versetzte Energiegewinne und Energienachfragen
 - Speicher in den Gebäuden
 - Speicher für das Quartier

Abbildung 11: Wie schaffen wir ein Energie Plus Quartier?



4.1 EINFAMILIENHAUS

Die 36 Varianten sind als Beispiel für ein freistehendes Einfamilienhaus mit Satteldach berechnet worden.

- 100 m² Grundfläche
- 142 m² Nutzfläche
- Ausgebautes Dachgeschoss

Für das Gebäude sind drei Gebäudestandards und 12 Versorgungsvarianten gerechnet.

- Energetischer Standard: EnEV, KfW55, KfW40 / Passivhaus
- Energieträger: Erdgas, Heizöl, Sole-Wärmepumpe, Luft-Wärmepumpe, Pellets, Erdgas-KWK, Biogas-KWK, Biomasseheizkraftwerk

4.1.1 RAHMENBEDINGUNGEN

GEBÄUDE NACH ENEV / KfW

Für die Berechnung nach EnEV 2016 müssen zwei zulässige Höchstwerte erfüllt sein:

- Jahres-Primärenergiebedarf q_p
- Transmissionswärmeverlust H_t

Je nach Energieträger wird die Gebäudeauslegung von einem der beiden Werte begrenzt.

- Bei Öl und Gas über den Jahres- Primärenergiebedarf
- Bei Pellets, Wärmepumpen und Wärmenetzen mit KWK über den Transmissionswärmeverlust.

Der im Quartier anfallende Energiestrom ist der Endenergiebedarf q_e . Dieser wird für die Berechnung genommen.

Abbildung 12: Beispiel Darstellung für EnEV Gebäude mit Erdgaskessel und Solarthermie. Die Mindestanforderung wird über den Jahres-Primärenergiebedarf erfüllt.

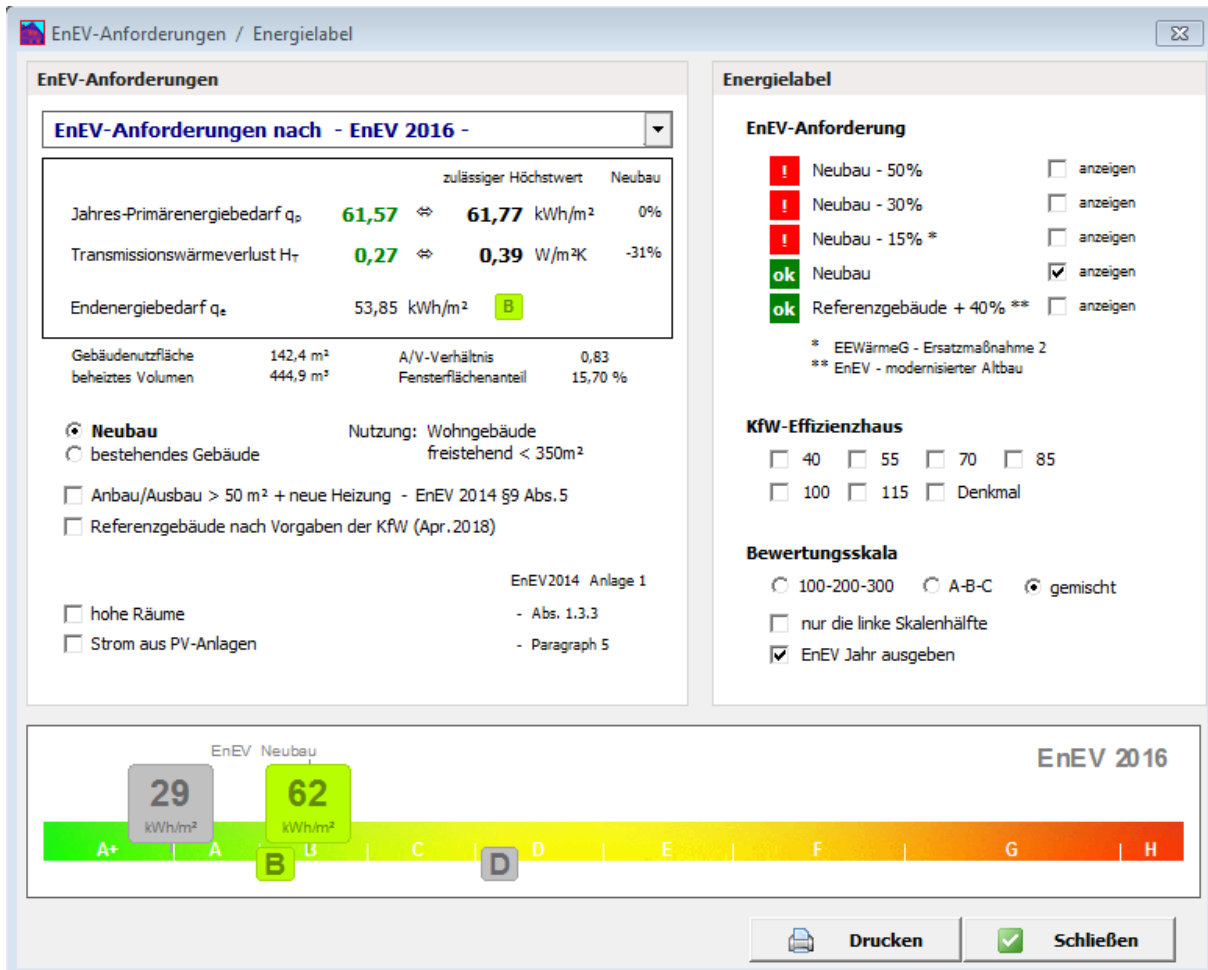
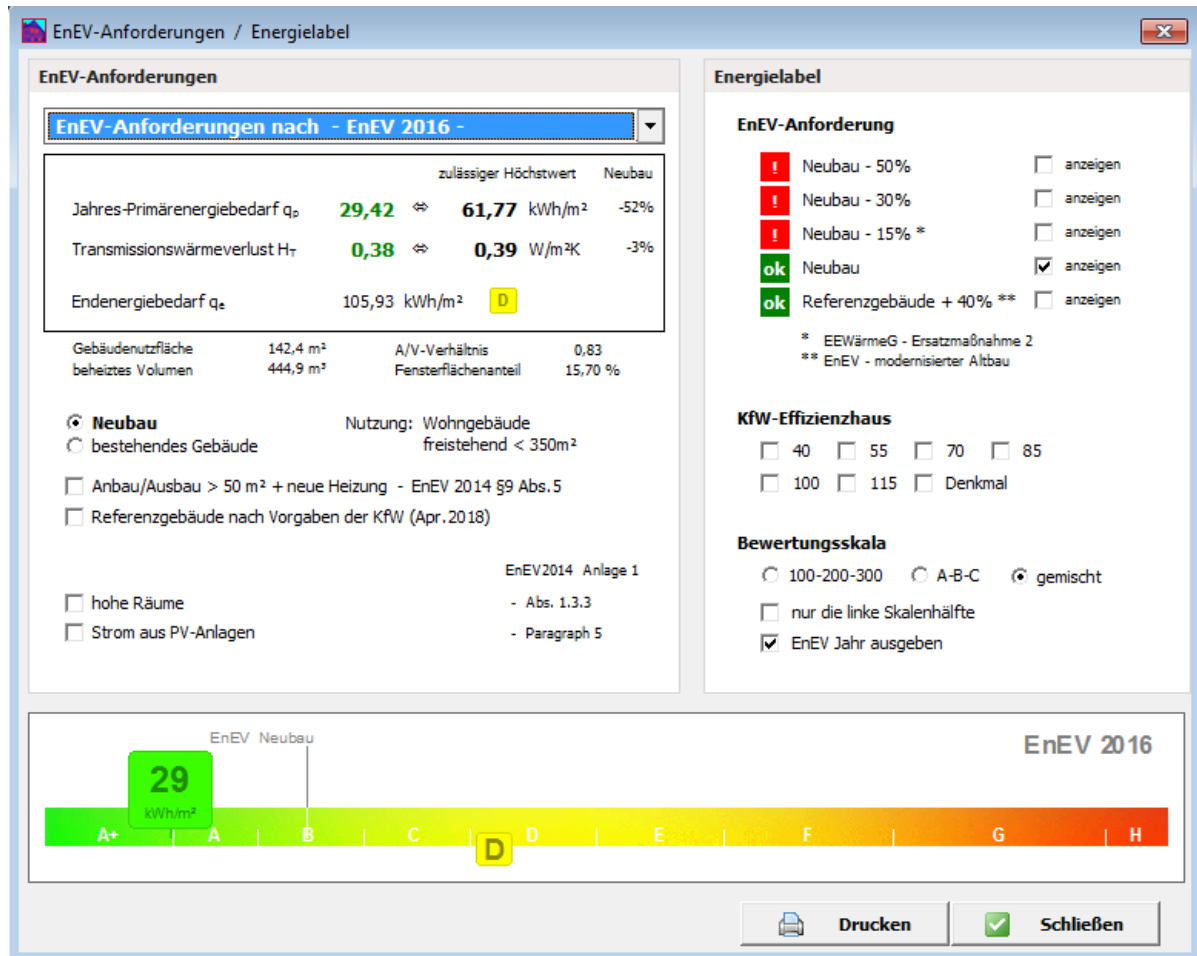


Abbildung 13: Beispiel Darstellung für EnEV mit Pelletskessel und Solarthermie. Die Mindestanforderung wird über den Transmissionswärmeverlust erfüllt.



STANDARDS DER KfW

Die Anforderungen der KfW sind indirekt abhängig vom Energieträger

- Bei Öl und Gas als Energieträger mit Primärenergiefaktoren von 1,2 begrenzt der Jahres-Primärenergiebedarf die Gebäudedimensionierung. Nach einem KfW40 Gebäude darf der Wert nur 40 % dem eines EnEV Gebäudes betragen.
- Bei den weiteren Energieträgern mit einem niedrigen Primärenergiefaktor Q_p (Pellets 0,2, Wärmenetz 0,5) wird die Gebäudegestaltung durch den Transmissionswärmeverlust H_t begrenzt. Die Anforderungen an H_t sind bei den KfW Standards geringer als beim Q_p . Bei einem KfW40 Haus darf der H_t 55 % betragen.

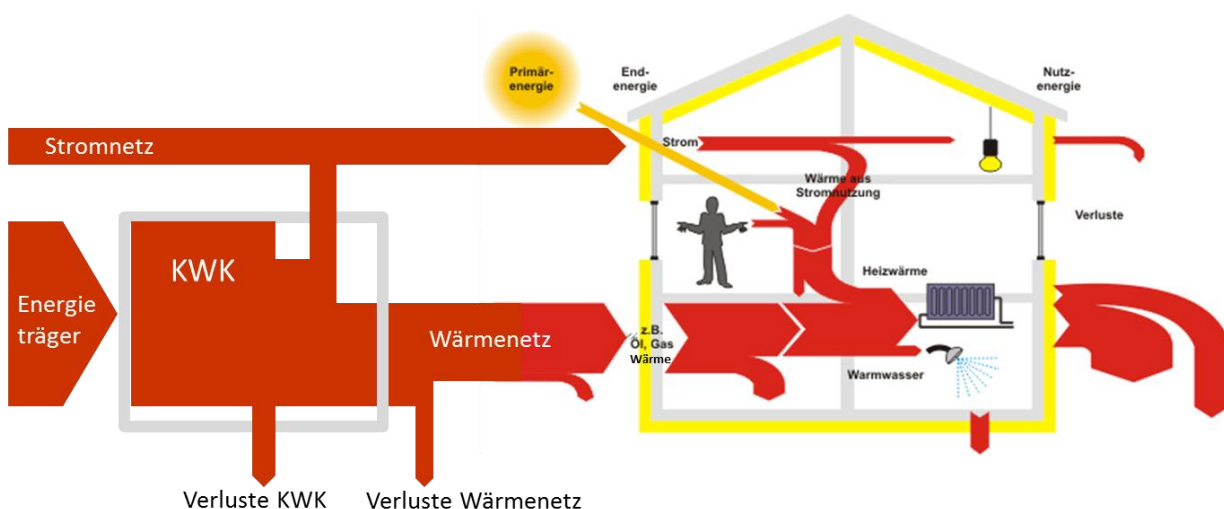
Tabelle 1: Mindestanforderungen der KfW Förderungen (KfW, 2018)

KfW-Effizienzhaus	40 Plus	40	55	55 Ref.-Werte
Q_P in % $Q_{P\text{ REF}}$	40	40	55	-
H'_T in % $H'_{T\text{ REF}}$	55	55	70	-
Zusätzliche Anforderungen	Plus Paket	-	-	Ref.-Werte

GEKOPPELTE ENERGIESTRÖME MIT WÄRMENETZ

Bei einer gemeinsamen Wärmeversorgung mit einem Gas-Blockheizkraftwerk (BHKW) wird aus dem Energieträger Erdgas / Biomethan über einen Gasmotor Strom und Wärme produziert. Die Wärme wird in ein Wärmenetz eingespeist und an die Gebäude verteilt. Der Strom wird in das Stromnetz eingespeist, geht bei Bedarf zu den Gebäuden und in das übergeordnete Verteilnetz. Das BHKW liefert die Grundversorgung, ein Spitzenlastkessel liefert weitere Wärme an sehr kalten Tagen.

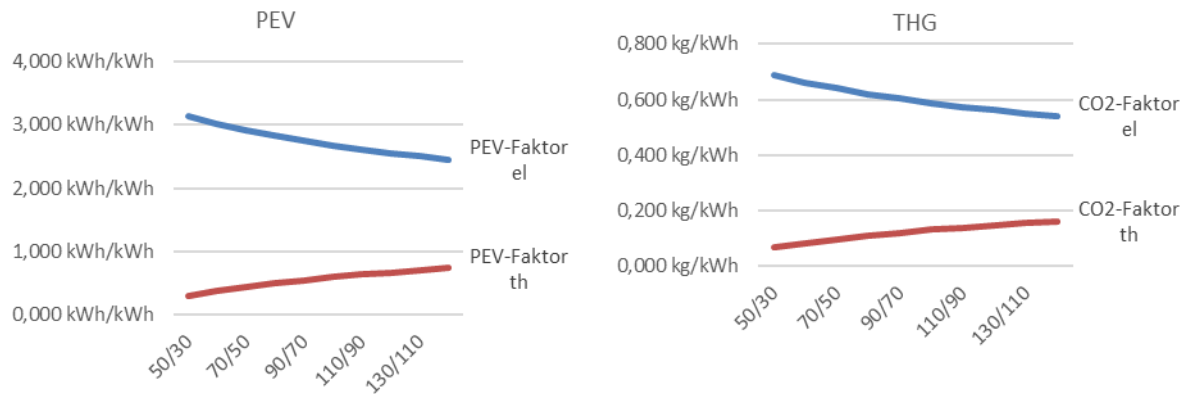
Ein Blockheizkraftwerk hat einen Jahresnutzungsgrad von rund 85 %, davon rund 35 % Strom. Ein modernes Wärmenetz hat je nach Länge und Ausführung einen mittleren Wirkungsgrad von 85 %. In der Summe wird davon ausgegangen, dass vom Energieträger Gas über das BHKW und den Kessel rund 75% in Strom und Wärme umgewandelt wird. Die Verluste betragen also 25 %.

Abbildung 14: KWK Versorgung von Gebäuden (Baunetz_Wissen, o.J.)

Der Endenergieverbrauch bei dieser Versorgungstechnik ist der Energieträger Erdgas / Biomethan. Für die Berechnung der Primärenergie und der Treibhausgase für das Quartier wird der Energieträger mit den entsprechenden Faktoren multipliziert.

Schwieriger gestaltet sich die Aufteilung der Primärenergie und der Treibhausgase auf die Energieprodukte Strom und Wärme. Hierfür sind verschiedene Allokationsmethoden⁵ entwickelt worden, die den Primärenergiefaktor und die Treibhausgasemissionen ausweisen.

Abbildung 15: Verhältnis von der Faktoren von Strom (el) und Wärme (th) bei Primärenergie (PEV) und Treibhausgasen (THG) (eigene Berechnungen)



In den Grafiken ist das Verhältnis der Faktoren nach der exergetischen Allokation nach BSKO dargestellt. Bei dieser Allokationsmethode ist das Verhältnis von Strom und Wärme von der Vor- und Rücklauftemperatur des Wärmenetzes abhängig. Je niedriger die Temperatur des Wärmenetzes ist, umso niedriger ist der Primärenergie- und CO₂-Faktor der Wärme, umso höher ist der Primärenergie- und CO₂-Faktor vom Strom.

Andere Allokationsmethoden betrachten zum Beispiel die Stromverdrängung von Kohlekraftwerken. Alle Allokationsmethoden kommen bei dem Verhältnis von Strom und Wärme zu unterschiedlichen Ergebnissen. Da nach der EnEV nur der Wärmefaktor betrachtet wird, werden gerne Allokationsmethoden genommen, die hohe Faktoren beim Strom und niedrige Faktoren bei der Wärme haben. Da für die Bilanzierung von Quartieren auch die Stromseite mit bilanziert wird, hat die Allokationsmethode nur eine geringe Bedeutung. Empfohlen wird die exergetische Allokation, da diese die Physik des Quartiers am besten abbildet.

ELEKTRIZITÄT – STROMVERBRAUCH DES HAUSHALTS

Bei Haushaltsstromverbrauch sind zwei Varianten gewählt:

- 25 kWh/m² für normale Nutzung
- 15 kWh/m² für innovative Nutzung

Der erste Wert ist den Standards EnEV und KfW55 zugewiesen, der zweite Wert mit 15kWh/m²a dem Standard KfW40.

⁵ Allokation (lateinisch locare, mittellateinisch allocare ‚platzieren‘, im weiteren Sinne ‚zuteilen‘)

MOBILITÄT

Angenommen wird nur die tägliche nähere Mobilität wie Fuß, Rad, ÖPNV und motorisierter Individualverkehr (MIV) als täglicher Pendler-, Einkaufs-, und Freizeitverkehr. Die Fernmobilität mit Bahn, Flug und MIV für Urlaubsreisen usw. wird in der Bilanz nicht berücksichtigt. Jedem Gebäude wird die Mobilität von zwei Personen zugewiesen. Rahmenbedingungen sind:

Tabelle 2: Modal Split (Stadt Kassel, 2015)

Modal Split	100%
Fuß	22%
Rad	4%
MIV Fahrer	64%
ÖPNV	11%

Von den beiden Varianten wird bei der innovativen Variante 2 von einem deutlichen Vermeidungs- und Verlagerungspotenzial ausgegangen.

Tabelle 3: Vermeidungs- und Verlagerungspotenzial (Vermeidung: eigene Annahme, Verlagerung: Stadt Kassel, 2015)

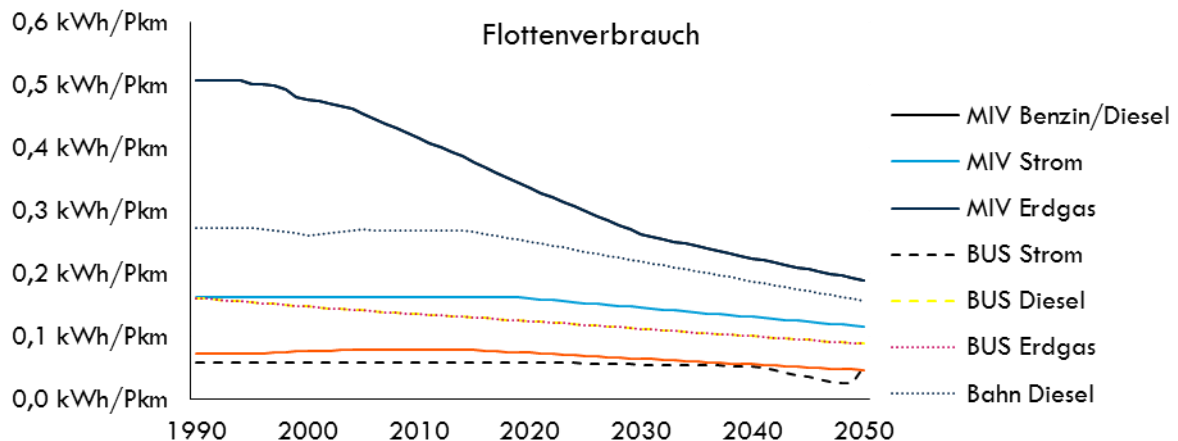
Pkm	Potenzial
Vermeidung PKW	30%
Verlagerung PKW	13%
Auf Fußverkehr	2%
Auf Radverkehr	7%
Auf ÖPNV	4%

Der Energiemix der Variante 2 für die genutzten PKWs basiert auf dem Masterplänen Klimaschutz der Bundesregierung für 2050.

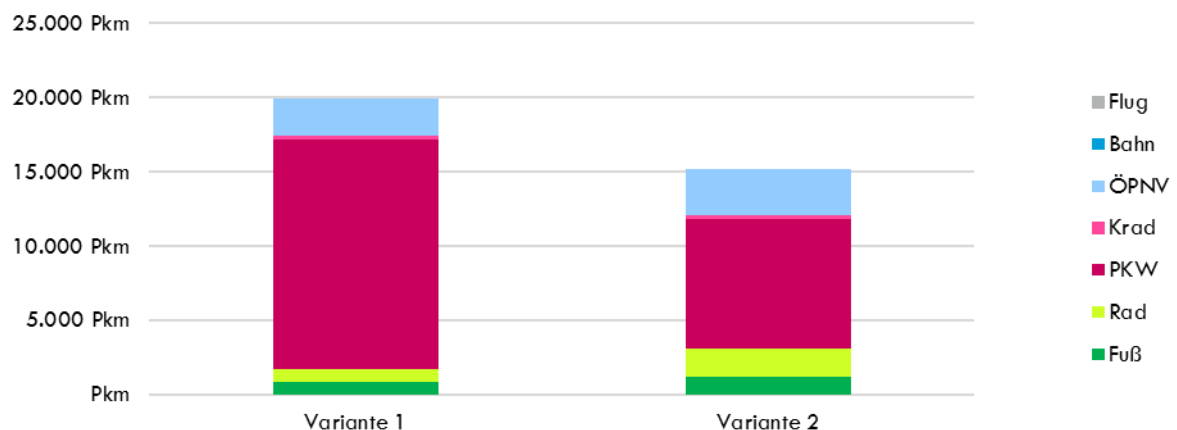
Tabelle 4: Energiemix der PKW

PKW	Energiemix
Strom	88%
Benzin	5%
Diesel	1%
Erdgas	6%

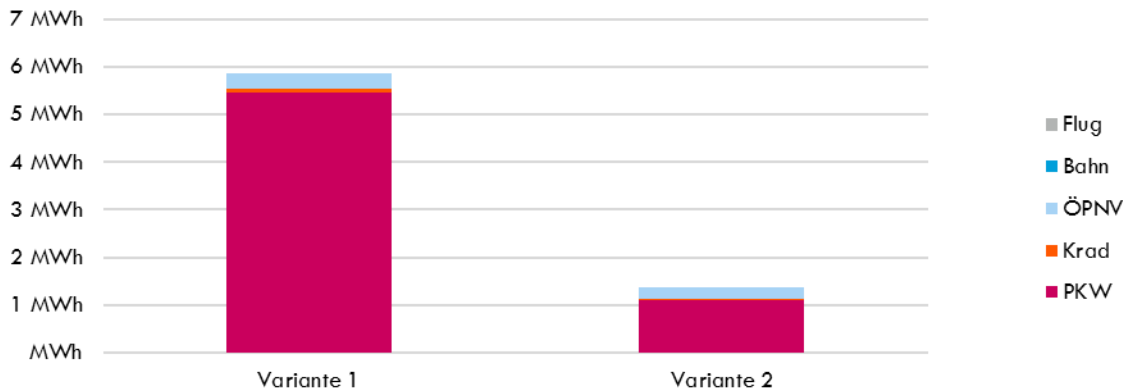
Auch der Flottenverbrauch basiert auf den Reduktionsszenarien der Bundesregierung, u. a. TREMOD.

Tabelle 5: Flottenverbrauch bis 2050 (MID, TREMOD, eigene Annahmen)

In der Basisvariante 1 beträgt die Verkehrsleistung pro Haushalt rund 20.000 Pkm. Durch Vermeidung und Verlagerung reduziert sich die Menge in Variante 2 auf rund 15.000 Pkm. Am deutlichsten nimmt der Radverkehr und der ÖPNV zu.

Tabelle 6: Personenverkehrsmengen (eigene Berechnungen)

In der Basisvariante 1 beträgt die Energienachfrage der täglichen Mobilität knapp 6 MWh. Über die Reduktion der Verkehrsleistung, dem veränderten Energiemix der Fahrzeuge und dem reduzierten Flottenverbrauch verringert sich der Endenergieverbrauch auf rund 1,2 MWh (1.169 kWh) in der Variante 2.

Tabelle 7: Energiemengen für beide Varianten (eigene Berechnungen)

Die Werte zeigen, dass dies eine sehr deutliche Reduktion der Energienachfrage über die Instrumente der Verkehrswende darstellt. Diese ist notwendig, wenn der Energiebedarf der Mobilität von der Energie Plus Siedlung mit gedeckt werden soll.

4.1.2 ERGEBNISSE

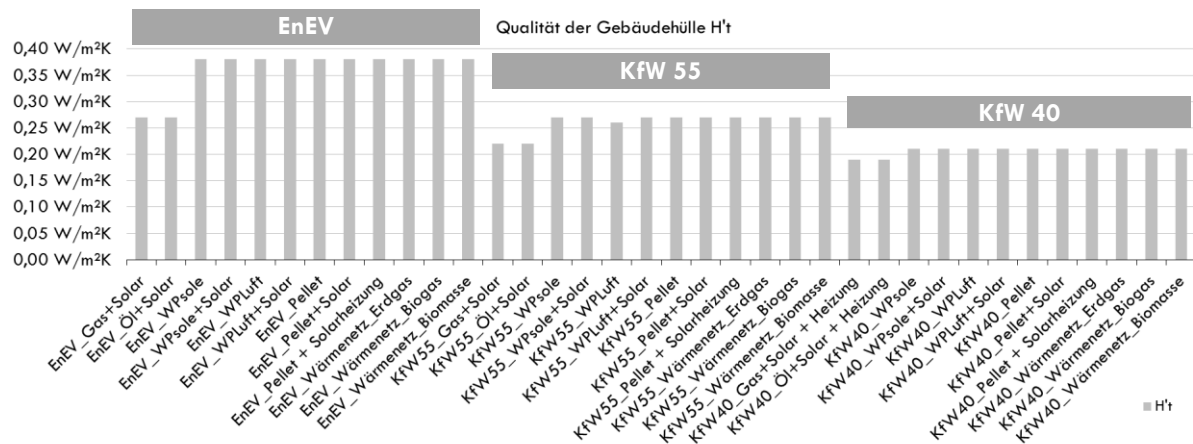
TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUST H'T - QUALITÄT DER GEBÄUDEHÜLLE

Die Qualität der Gebäudehülle wird bei der EnEV über den Transmissionswärmeverlust H't mit der Einheit W/m^2K ausgedrückt. Werden die 36 Varianten miteinander verglichen, ergibt sich folgendes Bild:

- Gebäudestandard nach EnEV mit Öl / Gas als Energieträger entspricht ungefähr KfW55 mit Wärmepumpe, Pellets oder Wärmenetz als Energieträger
- Gebäudestandard nach KfW55 mit Öl / Gas als Energieträger entspricht ungefähr KfW40 mit Wärmepumpe, Pellets oder Wärmenetz als Energieträger
- Bester Gebäudestandard KfW40 mit Öl / Gas und Solarthermie als Energieträger

In der nachstehenden Abbildung ist die Qualität der Gebäudehülle aller Varianten übersichtlich dargestellt.

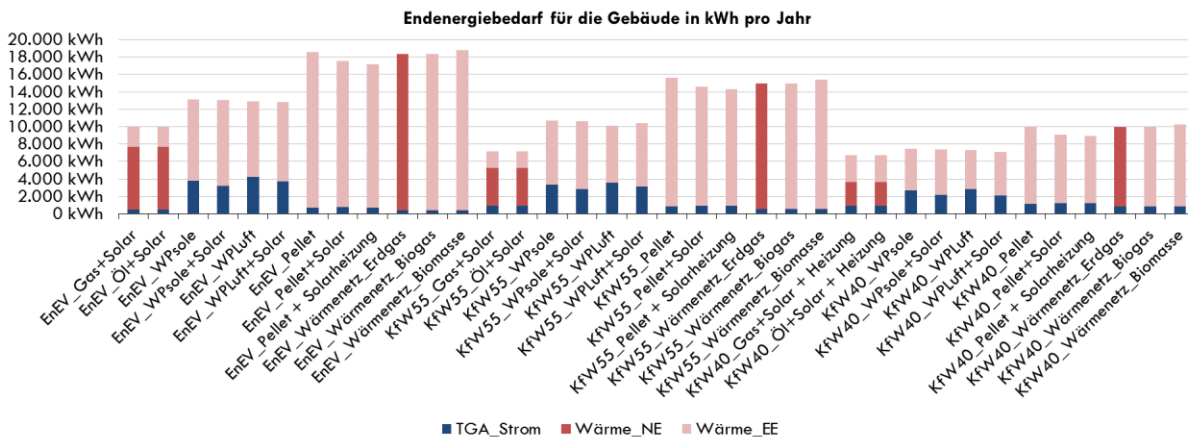
Abbildung 16: Qualität der Gebäudehülle bei den 36 Varianten (eigene Berechnungen)



ENDENERGIEBEDARF

Für die 36 Varianten ist der jeweilige Energiebedarf berechnet worden, welcher in Abbildung 17 genauer dargestellt ist. Dabei wird der **Wärmeenergiebedarf** für die Gebäude nach dem Bedarf für die technischen Gebäudeausrüstung (TGA_Strom), für die Wärme aus fossilen Energien (Wärme_NE) und für die Wärme aus Erneuerbaren Energien (Wärme_EE) aufgeschlüsselt.

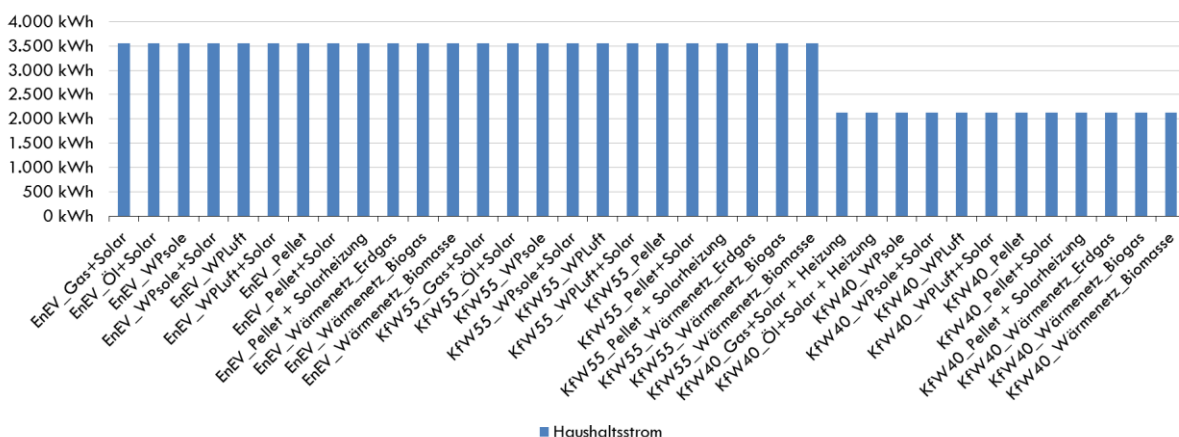
- Höchsten Endenergieverbrauch haben die Varianten nach EnEV mit
 - Pellets-Kessel
 - Wärmenetz
- Der Gebäudestandard nach EnEV mit Öl / Gas als Energieträger entspricht ungefähr KfW40 mit Pellets.
- Der Gebäudestandard nach KfW55 mit Pellets / Wärmenetz hat einen höheren Endenergieverbrauch als EnEV mit Öl/Gas / Wärmepumpe.
- Der Gebäudestandard nach KfW40 mit Pellets / Wärmenetz entspricht als KfW55 mit Wärmepumpe.
- Die geringste Endenergienachfrage hat die Kombination KfW 40 mit Öl + Solar / Gas + Solar / Wärmepumpe.



Als durchschnittlicher **Haushaltsstromverbrauch** als Basisvariante 1 sind pro Gebäude rund 3.500 kWh angenommen worden.

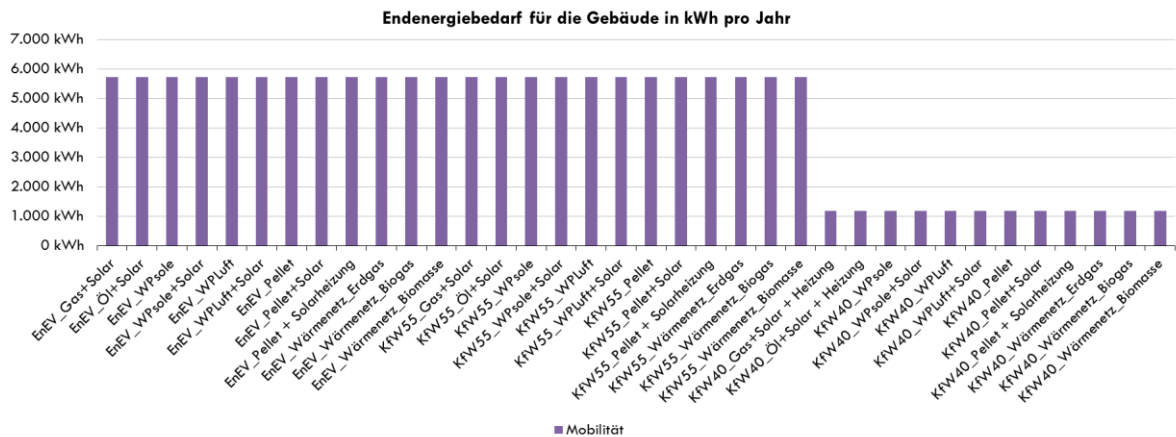
Dieser könnte über die Reduktion der Anzahl der Haushaltsgeräte, hohen Effizienzklassen und einem bewussten Umgang auf rund 15 kWh/m²a als Variante 2 reduziert werden. Bei einer Fläche von 142 m² ergeben sich 2.136 kWh. Wie in der folgenden Abbildung zu sehen ist dieser Wert den KfW40 Häusern zugewiesen.

Abbildung 18: Haushaltsstromnachfrage (eigene Berechnungen)



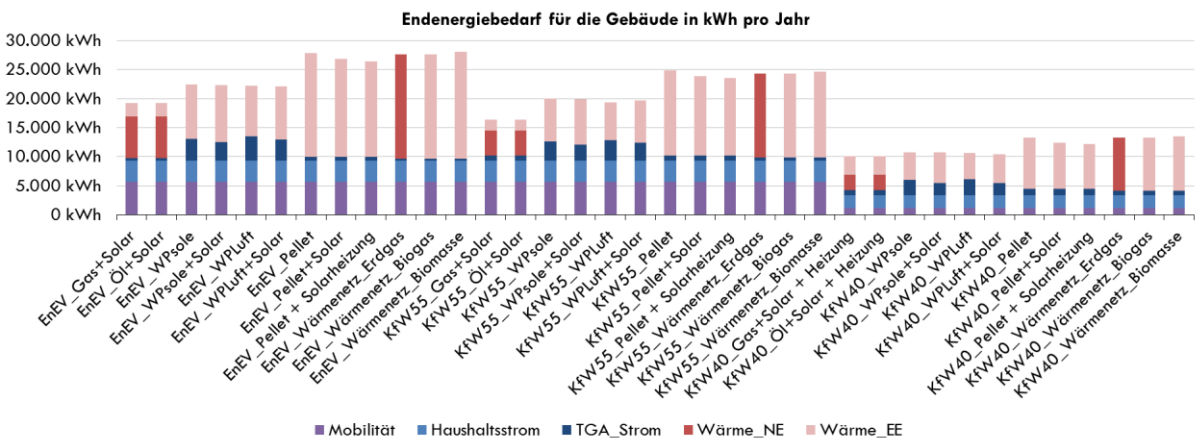
Wie im Kapitel Rahmenbedingungen beschrieben, wird für eine durchschnittliche **Mobilität** knapp 6.000 kWh pro Gebäude an Endenergie pro Jahr benötigt. Die für ein Energie Plus Quartier notwendige Reduktion des Energieverbrauchs könnte über Verkehrsvermeidung, -verlagerung und bessere Antriebstechnik rechnerisch bei 1.169 kWh liegen. Dieser Wert ist den KfW40 Varianten zugewiesen. Abbildung 19 zeigt übersichtlich für die einzelnen Varianten die Energienachfrage für Mobilität.

Abbildung 19: Energienachfrage der Mobilität (eigene Berechnungen)



Wird die Energienachfrage von Wärme, Elektrizität und Mobilität summiert, ergibt sich für die 36 Varianten ein unterschiedlicher Energiebedarf je Gebäude wie in Abbildung 20 zu sehen ist.

Abbildung 20: Induzierte Endenergienachfrage pro Gebäude (eigene Berechnungen)



Die günstigste Kombination für ein Energie Plus Quartier ist ein KfW40 / Passivhaus mit Wärmepumpe. Bei erneuerbarem Strom würden keine fossilen Energieträger mehr eingesetzt werden. Die Varianten mit Pelletsheizung hätten einen höheren Endenergiebedarf. Außerdem müsste über den hohen Energieimport in das Quartier eine höhere Energiemenge nach dem „Energie Plus Quartier“ Prinzip kompensiert werden.

Wird die Endenergienachfragen der Versorgungsvarianten EnEV und KfW 40 auf alle Gebäude übertragen, ergeben sich Gesamtnachfragen von 3,5 GWh bei EnEV und 0,9 GWh bei KfW 40 (siehe Tabelle 8). Dabei können die Gebäude nochmal untergliedert werden in Einfamilien- (EFH), Doppel- (DH), Reihen- (RH) und Mehrfamilienhäuser (MFH). Die ersten drei Unterkategorien können auch unter Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH) zusammengefasst werden.

Tabelle 8: Endenergieverbräuche des Quartiers (eigene Berechnungen)

Gebäude	BGF [m²]	EnEV [kWh]	KfW40 [kWh]
EFH	16.906	1.288.106	318.687

DH	4.726	360.112	89.094
RH	4.898	373.178	92.327
MFH	20.271	1.544.447	382.108
	46.802	3.565.844	882.217

EZFH	26.531	2.021.396	500.109
MFH	20.271	1.544.447	382.108
	46.802	3.565.844	882.217

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Wärmenachfrage in kWh im Quartier nach EnEV und KfW40.

Abbildung 21: Räumliche Darstellung der Wärmenachfrage für EnEV (eigene Darstellung)

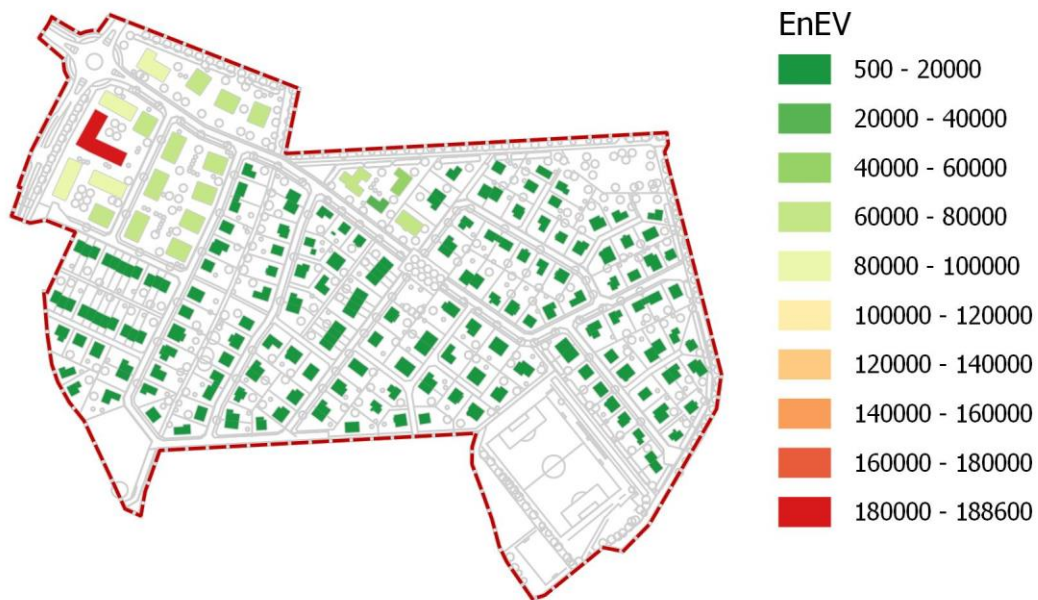
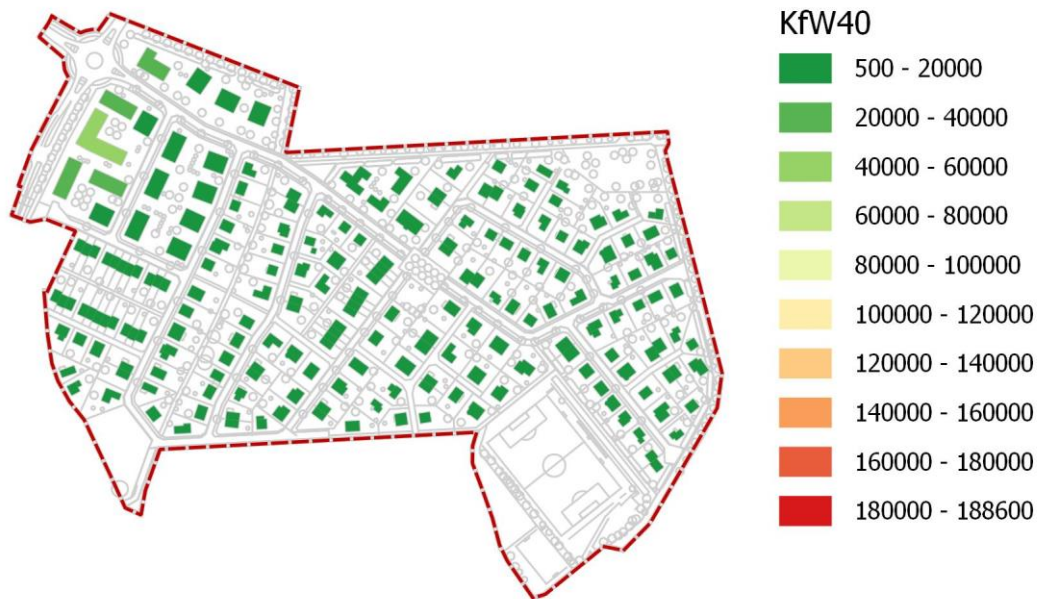


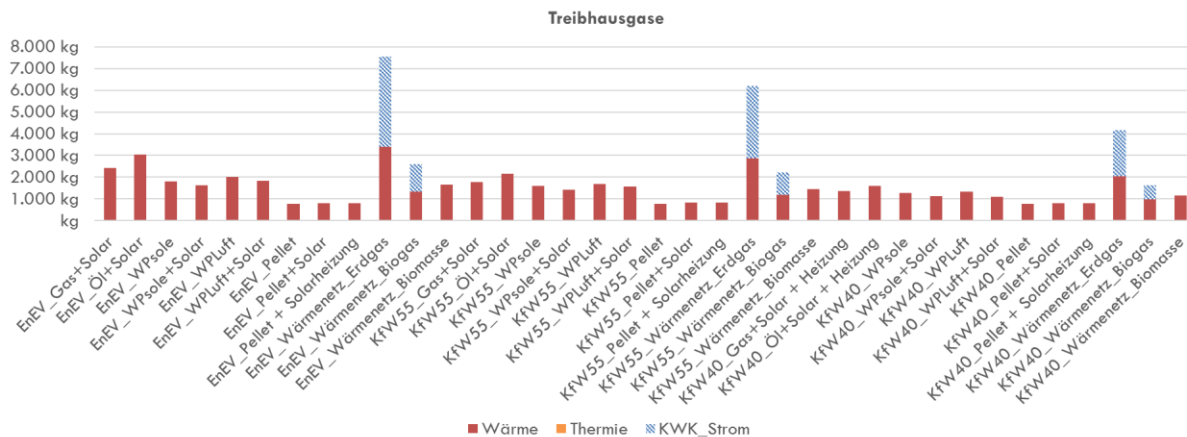
Abbildung 22: Räumliche Darstellung der Wärmenachfrage für KfW40 (eigene Darstellung)



TREIBHAUSGASE

Für die Wärme ergibt sich rechnerisch

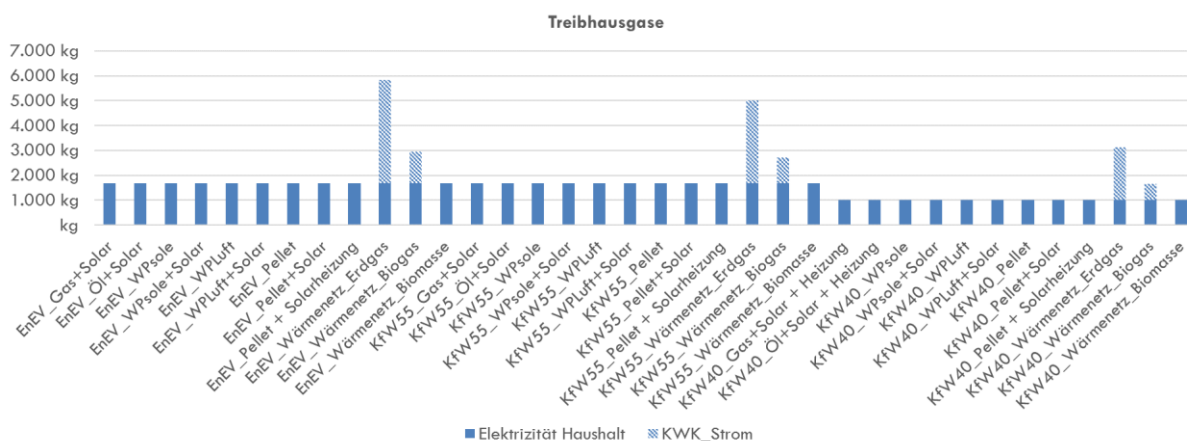
- Öl und Gas erzeugen insbesondere nach EnEV hohe Treibhausgase.
- Bei Einsatz von Pellets sind die THG Emissionen niedrig.
- Bei Wärmepumpen sind die THG Emissionen moderat, wenn der aktuelle bundesweite THG-Faktor für Strom angesetzt wird. Bei erneuerbarem Strom entsprechend niedriger.
- Bei der Kraft-Wärme-Kopplung mit Erdgas wären über die exergetische Allokationsmethode und den niedrigen Gesamtwirkungsgrad des BHKW/Wärmenetz die Emissionen ebenfalls hoch. Über die Stromproduktion entstehen zusätzliche THG Emissionen, die in der Abbildung 23 mit dargestellt sind.

Abbildung 23: THG Emissionen der Wärme (eigene Berechnungen)

Für die Elektrizität ergibt sich rechnerisch:

- Haushaltsstrom Basisvariante 1 bei EnEV und KfW55 Gebäuden 1,7 t/a. Berechnet mit bundesweitem THG-Faktor von 474 g/kWh.
- Variante 2 bei KfW40 Gebäuden mit 0,6 t/a. Berechnet mit bundesweitem THG-Faktor von 474 g/kWh.
- KWK Stromproduktion exergetisch nach IFEU/BISKO berechnet, THG-Faktor 691 g/kWh. Dieser würde den Stromimport in das Quartier mit 474 g/kWh reduzieren.

Der Abbildung 19 sind die THG-Emissionen für jede Variante zu entnehmen.

Abbildung 24: THG Emissionen von Strom (eigene Berechnungen)

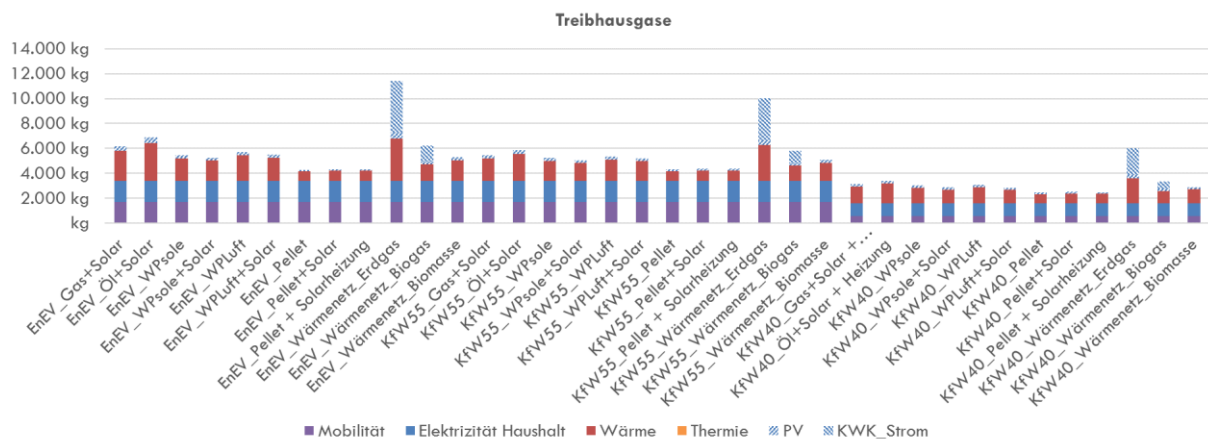
Durch die Mobilität werden emittiert:

- EnEV und KfW 55 = 1.968 kg / Gebäude
- KfW 40 = 422 kg / Gebäude

Zusammengefasst ergibt sich folgendes Bild:

- THG bei Pelletsheizung am geringsten (aber Energieimport in das Quartier notwendig).
- THG bei Öl und Gas (auch KWK) am höchsten.
- KWK Anlagen erzeugen zusätzliche Treibhausgase über die Stromproduktion im Quartier, insbesondere das Erdgas-BHKW (exportieren aber auch Elektrizität).
- Wärmepumpen mit bundesweitem Strommix im Mittelfeld, mit Ökostrom oder über die eigene PV-Anlage sehr gute Treibhausgasbilanz.
- Am besten wäre KfW40 / Passivhaus mit Wärmepumpe, eigener PV-Anlage und Speicher. Dazu Ökostrom für den Lastausgleich. Wenn Entzugssysteme installierbar sind eine Sole-WP, ansonsten eine Luft-WP.

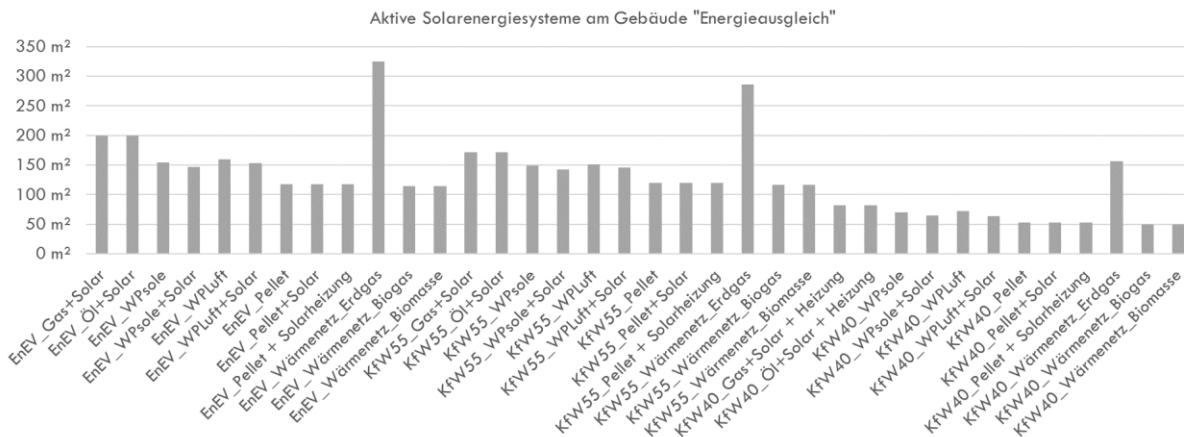
Abbildung 25: Treibhausgase aus Wärme, Elektrizität und Mobilität (eigene Berechnungen)



PHOTOVOLTAIK FÜR DIE SELBSTVERSORGUNG

Bei der Selbstversorgung wird die für Wärme, Elektrizität und Mobilität benötigte nichtregenerative Endenergie ausgeglichen, indem die gleiche Menge mit Photovoltaik produziert wird. Dabei variiert die benötigte PV-Fläche bei den 36 Varianten (siehe Abbildung 26).

- Bei EnEV und KfW55 liegen die benötigten Flächen zwischen 120 m² und 320 m² pro Gebäude.
- Bei KfW 40 liegen die Flächen zwischen 50 m² und 150 m² pro Gebäude.

Abbildung 26: benötigte PV-Fläche (eigene Berechnungen)

Wenn nach dem Prinzip der Energie Plus Quartiere die Energieautarkie eine hohe Bedeutung hat, dann ist die günstigste Kombination weiterhin das KfW40 / Passivhaus mit der Wärmepumpe. Der im Quartier über Photovoltaik produzierte Strom würde für die Wärmepumpen, den Haushaltsstrom und die Elektromobilität zur Verfügung stehen. Für die Jahresbilanz würden unter 100 m² ausreichen. Eine günstige Rahmenbedingung wäre die Begrenzung auf 9,9 kWp einzuhalten, um keine EEG Umlage zu zahlen. Ein Batteriespeicher in der Größenordnung von 10 kWh würde den Lastausgleich optimieren.

Mit dem Gebäudestandard KfW40 / Passivhaus und einem deutlich reduzierten Haushaltsstrom und Mobilitätsbedarf könnten die Ziele eines Energie Plus Quartiers erreicht werden.

Wichtigster Faktor neben den technischen Rahmenbedingungen ist die Haltung der Bewohner zu dem Ziel. Ihre Überzeugung zur Sinnhaftigkeit eines Energie Plus Quartiers ist der kulturelle Kern der Quartiersentwicklung.

KLIMANEUTRALITÄT DES QUARTIERS – PHOTOVOLTAIK FÜR DIE KOMPENSATION DER TREIBHAUSGASE

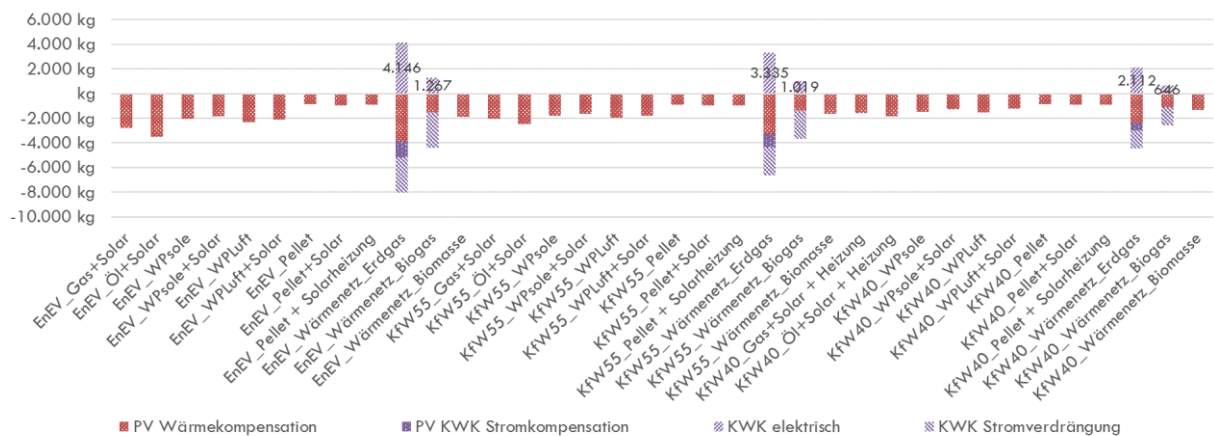
Die rechnerische Klimaneutralität des Quartiers ist als weitere Anforderung auch bei Energie Plus Quartieren möglich. Die Kompensationsmöglichkeiten sind für die Wärme in der Abbildung 27:

- Die Kompensation der Wärme über PV Anlagen ist in der Abbildung 27 als „PV Wärmekompensation“ dargestellt.
- Bei KWK werden über die Stromproduktion zusätzliche Emissionen erzeugt. Diese sind als „KWK elektrisch“ dargestellt.

- Der KWK Strom ersetzt den bundesweiten Strom. Daher sinkt der Emissionsfaktor von 691 g/kWh auf 217 g/kWh. Dies ist als „KWK Stromverdrängung“ dargestellt.
- Die zusätzlichen Emissionen aus dem KWK Strom wird über weitere Photovoltaik kompensiert. Dies ist in der Abbildung 27 als „PV KWK Stromkompensation“ dargestellt.

Bei den 36 Varianten ist in Abbildung 20 zu erkennen, dass die Kombinationen von KfW40 / Passivhaus mit Wärmepumpen oder Pellets die günstigsten Varianten sind. Die Erdgas-KWK Variante benötigt zusätzliche PV-Flächen, um die hohen Emissionen des KWK-Stroms auszugleichen.

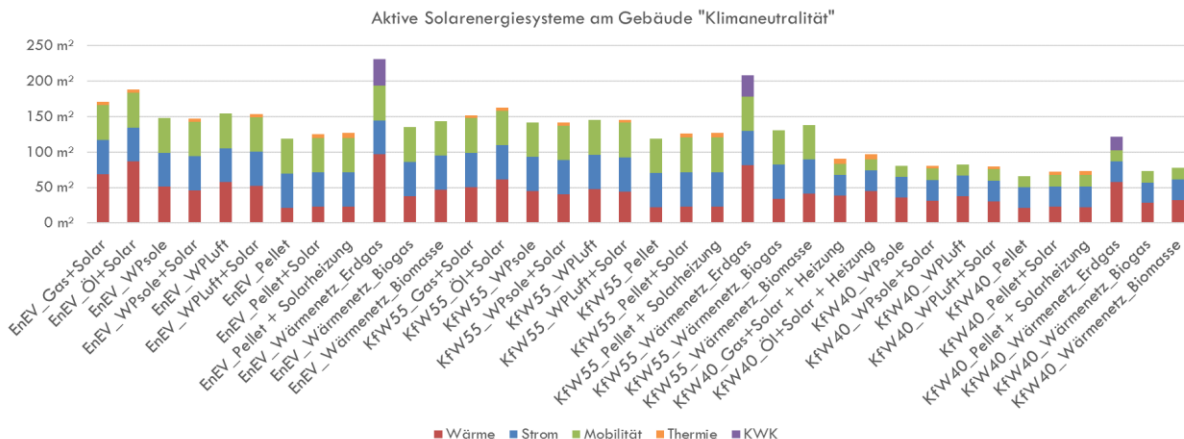
Abbildung 27: Wärme- und KWK Kompensation (eigene Berechnungen)



WELCHE FLÄCHEN FÜR PHOTOVOLTAIK WERDEN BENÖTIGT

Über die THG Kompensation von Wärme, Strom, Mobilität und KWK wird am Gebäude eine Fläche für Photovoltaik benötigt, Abbildung 21 zeigt für alle Varianten die benötigte PV-Fläche.

- Beim EnEV Standard und KfW 55 liegt die Fläche bei allen Versorgungsvarianten über 100 m².
 - Die kleinsten Flächen haben die erneuerbaren Energien (Pellets, Biogas), gefolgt von den Wärmepumpenvarianten.
 - Die größte Fläche benötigt die Erdgas KWK.

Abbildung 28: PV Flächen für die Klimaneutralität (eigene Berechnungen)

Bei KfW40 / Passivhaus liegen die Flächen zwischen knapp über 60 m² für die Pelletsheizung und rund 120 m² für die Erdgas KWK.

Eine günstige Variante wäre die Kombination von niedrigsten Verbräuchen bei allen Verbrauchssektoren, eine Wärmepumpe und Photovoltaik. Die „Klimaneutralität“ im Bilanzraum Wärme, Elektrizität und tägliche Mobilität könnte unter den Rahmenbedingungen eingehalten werden.

Eine Erweiterung des Bilanzraums in den Sektoren Fernmobilität, induzierter Güterverkehr, Ernährung, Konsum und Graue Energie der Baustoffe würde weitere Maßnahmen erfordern, um einen als Klimaschutzziel formuliertes nahezu „Klimaneutrales Leben“ gestalten zu können.

4.2 MEHRFAMILIENHAUS

Die Einschätzung der lokalen Energiebedarfe erfolgt durch die Simulation eines exemplarischen Mehrfamilienhauses (MFH) im nordwestlichen Teil des Neubaugebiets. Das Ziel der Simulation bestand dabei in der Ermittlung des Jahresbedarfs für Nutz-, End- und Primärenergiebedarf sowie in der zeitlichen Erfassung des thermischen und elektrischen Energiebedarfs bei einer plusenergetischen Energieversorgung des Gebäudes.

4.2.1 RAHMENBEDINGUNGEN

Im Rahmen der vorliegenden Simulationsstudie wird für das Neubaugebiet Vellmar-Nord ein exemplarisches Mehrfamilienhaus inklusive Anlagentechnik in einem Simulationsmodell abgebildet und bezüglich seines Energiebedarfs untersucht. Da die Gebäudekubatur des MFH noch nicht feststeht, ist das Gebäude im Vorfeld der Simulationen in Absprache mit dem Auftraggeber

vordimensioniert. Für die Modellierung des Gebäudes und der Anlagentechnik gelten dabei folgende Randbedingungen:

- Zweispänniges Mehrfamilienhaus mit acht Wohneinheiten und Flachdach
- Auslegung nach Passivhaus-Standard mit plusenergetischer Jahresbilanz
- TWW- und Raumwärme-Versorgung durch gebäudezentrale Wärmepumpe
- Versorgung des Gebäude-Strombedarfs durch Photovoltaik-Anlage unter Berücksichtigung einer Interaktion mit dem Stromnetz

Das Gebäude wurde hinsichtlich bauphysikalischer und geometrischer Größen in Verbindung mit der spezifizierten Anlagentechnik in der Simulationsumgebung TRNSYS abgebildet. Nachfolgend werden die dabei gewählten Parameter beschrieben.

BAUPHYSIKALISCHE PARAMETER

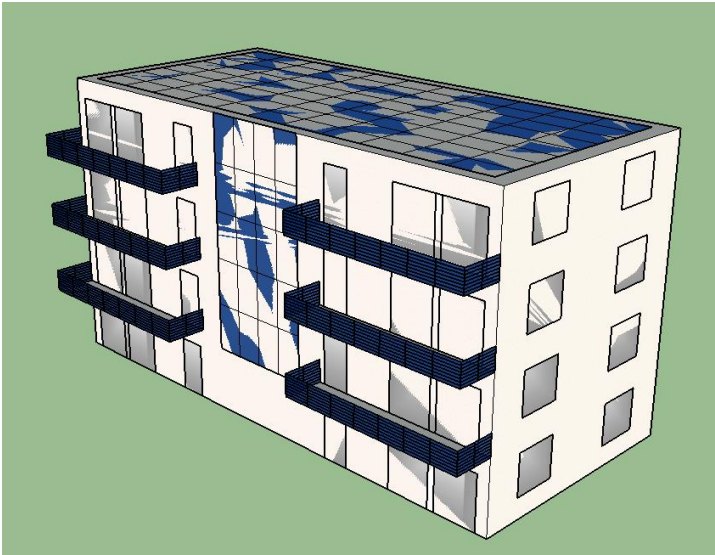
Auslegung der geometrischen Größen

Die Gebäudekubatur wird im Sinne eines typischen, modernen, zweispännigen MFH dimensioniert. Es werden dabei insgesamt acht Wohneinheiten mit einer Fläche von jeweils 81 m² (9 m x 9 m) und einer Geschosshöhe von 2,7 m angenommen. Die über vier Geschosse verteilten Wohneinheiten werden von einem Treppenhaus in der Mitte des Gebäudes getrennt. Die angenommenen Fensterflächen orientieren sich an typischen Werten für moderne Gebäude. Aufgrund des hohen Südfächen-Anteils wird dabei ein optimaler solarer Wärmeeintrag gewährleistet. Die nachfolgend aufgeführten Fensterflächenanteile beziehen sich für jede Orientierung auf die Fassadenfläche des Gebäudes.

Fensterflächenanteile	
Nord:	24 m ² / 15 %
Süd:	72 m ² / 33 %
Ost:	20 m ² / 21 %
West:	20 m ² / 21 %

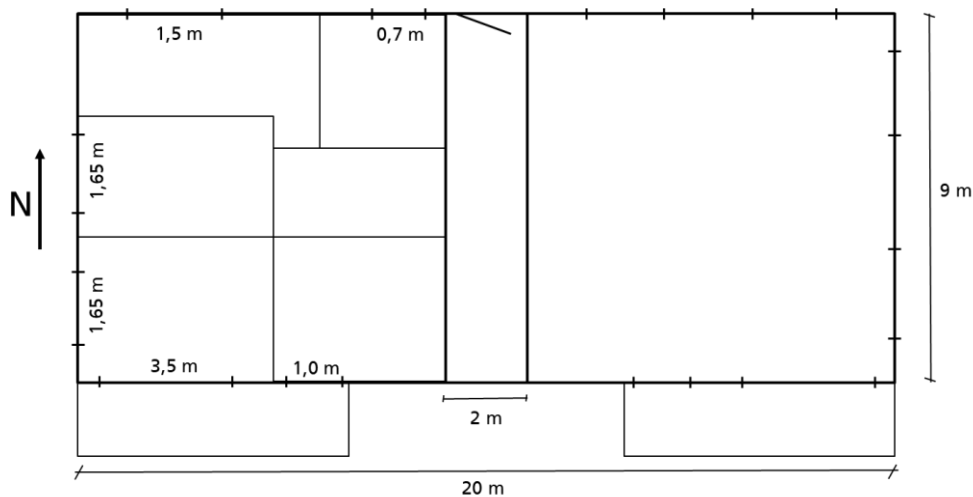
Basierend auf den geometrischen Annahmen für die Gebäudekubatur ergibt sich die nachfolgende Darstellung des MFH. In der Abbildung werden zudem PV-Module auf dem Dach, an der Süd-Fassade und an den Balkonen berücksichtigt.

Abbildung 29: Graphische Darstellung des Mehrfamilienhauses in der Süd-Ost-Ansicht



Weiterhin wird in Abbildung 30 der Grundriss des MFH mit einer exemplarischen Zimmeraufteilung für eine Wohneinheit dargestellt. Das mittig liegende Treppenhaus trennt die Wohneinheiten vollständig. Für die Simulation wird sowohl das Treppenhaus als auch ein Keller als unbeheizt angenommen.

Abbildung 30: Grundriss des MFH mit Fensterflächen-Aufteilung



Aus den Annahmen zur Gebäudeabmessungen resultiert unter Berücksichtigung des Berechnungsverfahrens des Passivhaus-Instituts eine Energiebezugsfläche von 678,8 m².

Auslegung der bauphysikalischen Größen

Der Passivhaus-Standard ist ein vom Passivhaus Institut vorgegebener Energiestandard für Gebäude, der gegenüber den gesetzlichen Vorgaben nach EnEV 75 % weniger Energie benötigt. Das Passivhaus Institut hat folgende Kriterien für ein Passivhaus festgelegt (Passivhaus-Institut 2016):

- Der Heizwärmebedarf liegt im Passivhaus unter $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ oder die Heizlast liegt unter $10 \text{ W}/\text{m}^2$ (bezogen auf die Wohnfläche).
- Der Primärenergiebedarf überschreitet $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ nicht.
- Die Luftdichtheit erreicht mindestens $n_{50} = 0,6/\text{h}$.
- Die Übertemperaturhäufigkeit im Sommer sollte unter 10 % liegen.

Auf Basis dieser Vorgaben erfolgte eine energetische Bilanzierung des Gebäudes mit den spezifizierten Abmessungen, um so die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) für die Bauteile der wärmeübertragenden Hüllfläche zur Parametrisierung des Gebäudemodells zu ermitteln.

U-Werte	
Außenwand:	$0,10 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Fenster:	$0,54 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ($g = 0,60$)
Kellerdecke:	$0,10 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Flachdach:	$0,08 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Innenwand:	$0,23 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

Zur Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes sind strahlungsgesteuerte Jalousien für alle Fenster des MFH berücksichtigt. Die Außenjalousien werden ab einer solaren Einstrahlung von $70 \text{ W}/\text{m}^2$ aktiviert. Als Abminderungsfaktor für die solaren Einträge gilt $F_c=0,20$ (DIN 4108-2).

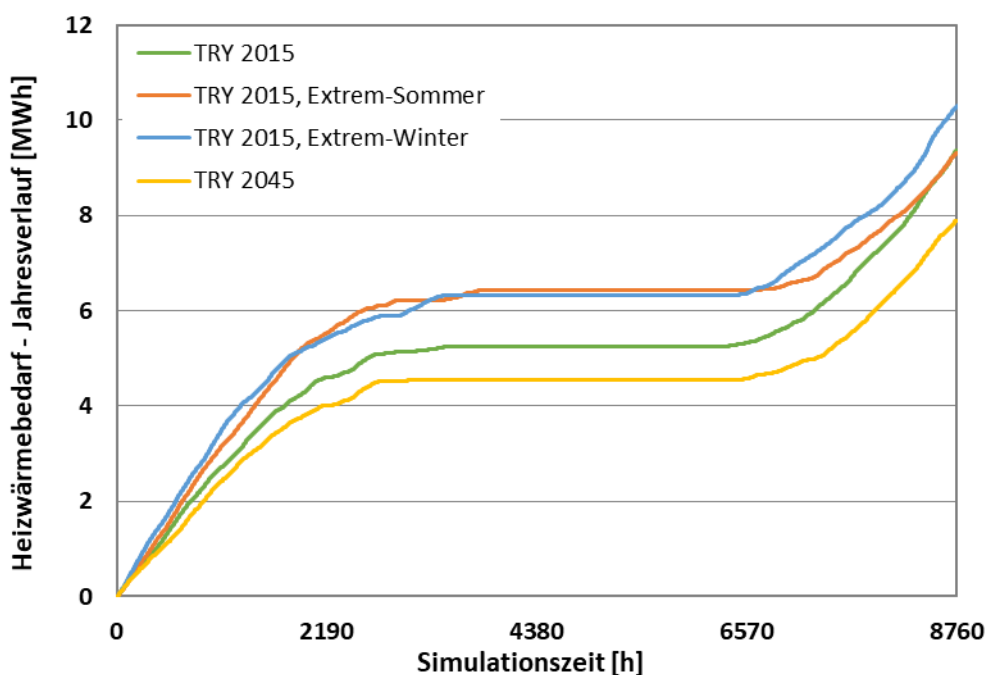
Sommerlicher Wärmeschutz	
Art der Verschattung:	Jalousie
Abminderungsfaktor:	0,20
Steuerung:	strahlungsabhängig
Regelung:	Aktivierung bei $q > 70 \text{ W}/\text{m}^2$

Für den Luftwechsel und die Feuchteabfuhr wird eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung mit folgenden Parametern betrachtet (DIN EN 12831).

Lüftung	
Luftwechselrate:	$0,5 \text{ l}/\text{h}$
Wärmerückgewinnungsgrad:	90 %

Durch die Abbildung der spezifizierten, bauphysikalischen Parameter in einem Gebäudemodell kann der Heizwärmebedarf des Mehrfamilienhauses simuliert werden. Als wesentlicher Einflussfaktor des Heizwärmebedarfs gehen die Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes (Testreferenzjahre - TRY) für den Standort Vellmar als Eingangsgröße in die Simulation ein. Zur Abschätzung und Beschreibung des Einflusses klimatischer Randbedingungen wird in Abbildung 31 die Entwicklung des Heizwärmebedarfs für verschiedene Wetterszenarien dargestellt. Die Wetterszenarien umfassen dabei die Wetterbedingungen im Jahr 2015, unterteilt nach regulärem Wetter sowie Extrem-Sommer- bzw. -Winter-Ereignis, und eine Wetterprognose für 2045. Die weiteren Ergebnisse der Simulationsstudie beziehen sich auf die regulären Wetterdaten für 2015 (TRY2015), für die sich ein flächenspezifischer Heizwärmebedarf von 13,8 kWh/(m²a) ergibt.

Abbildung 31: Entwicklung des Heizwärmebedarfs des MFH über ein Jahr für verschiedene Wetterszenarien



NUTZUNGSSPEZIFISCHE PARAMETER

Zur Berücksichtigung von Gleichzeitigkeitseffekten bei der Berechnung des Nutzenergiebedarfs für Trinkwarmwasser (TWW) und Haushaltsstrom sind im Simulationsmodell validierte Nutzerprofile hinterlegt, die unter Verwendung eines stochastischen Ansatzes eine realistische, zeitlich aufgelöste Abbildung des Nutzerverhaltens ermöglichen (Kallert et al. 2018). Diese Nutzerprofile stellen Zeitreihen dar, die in Abhängigkeit von Anwesenheit und Aktivität den TWW- und Strom-Bedarf eines Bewohners angeben.

Bei der Simulation in TRNSYS wurden variierende Belegungsdichten für die Wohneinheiten berücksichtigt. In Abhängigkeit der Personenbelegung werden die personenspezifischen Nutzerprofile für jede Wohneinheit verrechnet, sodass unterschiedliche Nutzenergiebedarfe für

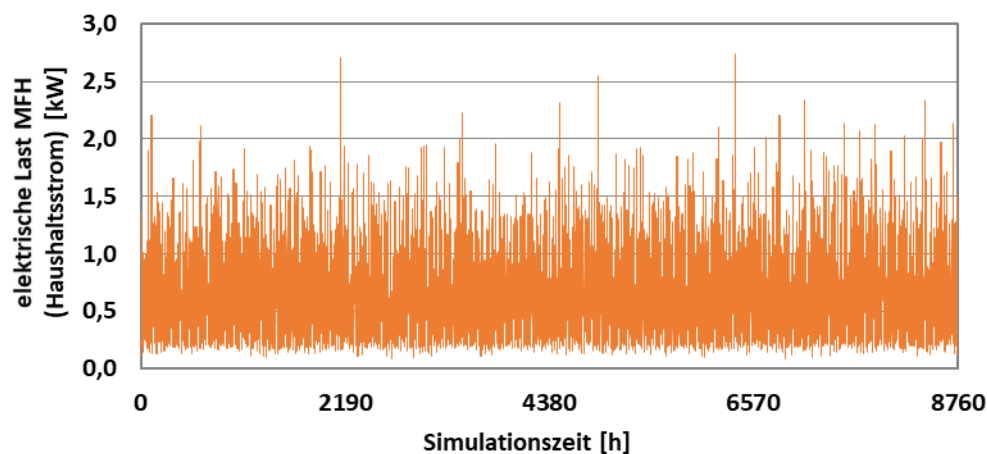
TWW und Haushaltstrom resultieren. In der nachfolgenden Grafik werden die angenommene Personenbelegung und der daraus resultierende Jahresbedarf des Haushaltsstroms für jede Wohneinheit dargestellt. Für das gesamte MFH ergibt sich dabei ein Energiebedarf für den Haushaltstrom von 21 MWh pro Jahr.

Abbildung 32: Personenbelegung und Jahresenergiebedarf für Haushaltstrom pro Wohneinheit

WE7	Belegung: 3 Personen el. Bedarf: 3000 kWh/a	TH	WE8	Belegung: 2 Personen el. Bedarf: 2250 kWh/a
WE5	Belegung: 2 Personen el. Bedarf: 2250 kWh/a		WE6	Belegung: 1 Personen el. Bedarf: 1500 kWh/a
WE3	Belegung: 4 Personen el. Bedarf: 3750 kWh/a		WE4	Belegung: 2 Personen el. Bedarf: 2250 kWh/a
WE1	Belegung: 2 Personen el. Bedarf: 2250 kWh/a		WE2	Belegung: 4 Personen el. Bedarf: 3750 kWh/a

Zur Veranschaulichung des Lastverhaltens wird nachfolgend der Energiebedarf des Haushaltsstroms des gesamten MFH zeitlich aufgelöst dargestellt.

Abbildung 33: Lastverlauf des elektrischen Nutzenergiebedarfs für den Haushaltstrom (gesamtes MFH)



ANLAGENTECHNISCHE PARAMETER

Die plusenergetische Energieversorgung des Mehrfamilienhauses soll durch eine gebäudezentrale Wärmepumpe und eine PV-Anlage erfolgen. Vor diesem Hintergrund werden zur Auslegung der Anlagentechnik verschiedene Simulationsvarianten definiert, die sich hinsichtlich der gebäudeseitigen Temperaturniveaus sowie der Wärmepumpenquelle unterscheiden. Als Quelle der Wärmepumpe werden dabei sowohl die Außenluft als auch die Nutzbarmachung geothermischer

Quellen durch Erdkollektoren oder Erdsonden betrachtet. Die Effizienz der Wärmepumpe wird zudem durch die zu erbringenden Temperaturen für die Bereitstellung von Raumwärme und TWW bedingt. Zur Untersuchung der Anlagentechnik werden dabei für die Wärmeübergabe der Heizung Niedertemperatur-Radiatoren mit 45 °C und Flächenheizkörper mit 35 °C Vorlauf-Temperatur berücksichtigt. Weiterhin wird für die TWW-Bereitung zwischen einer elektrischen Nacherwärmung des bereits durch die Wärmepumpe vorerwärmten TWW und einer reinen Versorgung durch die Wärmepumpe unterschieden. Bei einer Nacherwärmung, beispielsweise durch einen elektrischen Heizstab im TWW-Speicher, wird das TWW von der Wärmepumpe auf 50 °C und durch die elektrische Nachheizung auf 60 °C erwärmt. Die alleinig durch die Wärmepumpe realisierte TWW-Erwärmung setzt die Installation einer Ultrafiltrationsanlage zur Vermeidung der Legionellenproblematik voraus und erlaubt somit ein reduziertes TWW-Temperaturniveau von 47 °C. Die Temperatur des eingehenden Kaltwassers wird konstant mit 10 °C angenommen.

Abbildung 34: Untersuchungsmatrix zur Festlegung der Erzeugerkonfiguration

ID	Quelle Wärmepumpe	Übergabestation Heizung	VL-Temperatur Heizung [°C]	Trinkwasser-erwärmung	Temperatur Austritt TWE [°C]
1	Außenluft	NT-Radiator	45	TWW-Speicher (nachbeheizt)	60
2	Außenluft	Flächen-heizkörper	35	TWW-Speicher (nachbeheizt)	60
3	Außenluft	NT-Radiator	45	TWW-Speicher (Ultrafiltration)	47
4	Außenluft	Flächen-heizkörper	35	TWW-Speicher (Ultrafiltration)	47
5	Erdsonde	NT-Radiator	45	TWW-Speicher (nachbeheizt)	60
6	Erdsonde	Flächen-heizkörper	35	TWW-Speicher (Ultrafiltration)	47
7	Erdkollektor	NT-Radiator	45	TWW-Speicher (nachbeheizt)	60
8	Erdkollektor	Flächen-heizkörper	35	TWW-Speicher (Ultrafiltration)	47

Neben der Wärmepumpe wird eine PV-Anlage als weitere Erzeugereinheit abgebildet. Die Dimensionierung der PV-Anlage beruht auf der Vorgabe eines plusenergetischen Betriebs des MFH. Der Ertrag der PV-Anlage muss somit in der Jahresbilanz größer sein als der Energiebedarf für Raumwärme, Trinkwarmwasser und Haushaltsstrom. Vor diesem Hintergrund ist eine hohe Ausnutzung der Dach- und Fassadenflächen notwendig. Auf Basis von Voruntersuchungen wurden liegend montierte PV-Module auf dem Flachdach sowie vertikal orientierte PV-Module auf der Süd-Fassade und den Balkongeländern (vgl. Abbildung 29) als optimale Lösung für einen ausreichenden Energieertrag identifiziert. Für die Parametrisierung der PV-Module dient ein exemplarisches, monokristallines PV-Modul des Anlagenherstellers aleo als Vorlage (aleo solar GmbH 2019).

Stromerzeugung und -speicherung	
Modulhersteller:	aleo
Modulgröße:	1,65 m ²
Modulleistung:	320 Wp
PV-Speicher:	30 kWh

Basierend auf der angenommenen Flächennutzung der PV-Anlage und den spezifischen Werten des PV-Moduls ergeben sich folgende Leistungen und Erträge der PV-Anlage.

Jahresertrag	
Dachmodule:	88
Fläche	145,2 m ²
Leistung:	28,2 kWp
Ertrag:	27,1 MWh/a
Fassadenmodule:	20
Fläche	33 m ²
Leistung:	6,4 kWp
Ertrag:	5,1 MWh/a
Balkonmodule:	24
Fläche	39,6 m ²
Leistung:	7,7 kWp
Ertrag:	6,1 MWh/a

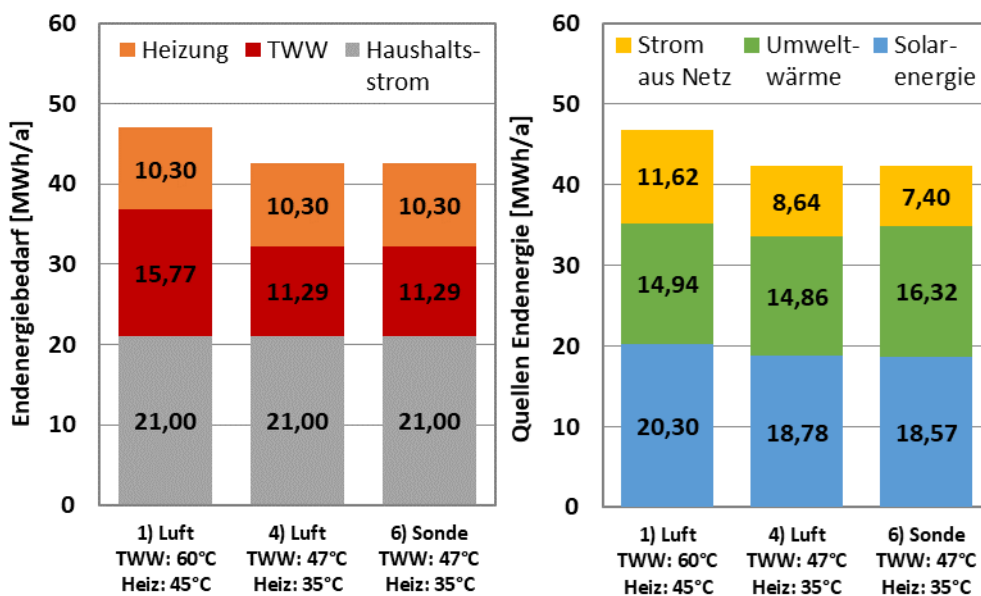
4.2.2 ERGEBNISSE

Im Rahmen dieser Simulationsstudie sollen die energetischen Bedarfe eines MFH über mehrere Bilanzgrenzen und unter Berücksichtigung einer Interaktion zwischen solarer Energieerzeugung und Stromnetz bestimmt werden. Die nachfolgenden Ergebnisdarstellungen beschreiben somit den Verlauf und insbesondere die Jahresbilanz des Gebäudeenergiebedarfs in Abhängigkeit der zuvor definierten Erzeugerkonfigurationen (vgl. Abbildung 34).

ENDENERGIE

Zur Veranschaulichung des jeweiligen Anteils der verschiedenen, ein- und ausgehenden Energieströme wird die Endenergie, also die an der Gebäudegrenze bilanzierte Energie, für ausgewählte Varianten untersucht. Zunächst werden in Abbildung 35 die Jahresbilanzen für die Varianten 1, 4 und 6 dargestellt, da basierend auf der Anlagenkonfiguration zu erwarten ist, dass Variante 1 die schlechteste, Variante 6 die beste und Variante 4 eine mittlere Energieeffizienz aufweist.

Abbildung 35: Bedarf und Bezugsquellen der Endenergie des MFH für ausgewählte Varianten



Anhand des Endenergiebedarfs (links) wird deutlich, dass aufgrund des hohen Dämmstandards und einer vergleichsweise hohen Personenbelegungsdichte des Gebäudes der Anteil für Haushaltsstrom und TWW gegenüber dem Raumwärme-Bedarf deutlich überwiegt. Dies steht im klaren Gegensatz zu der Energiebilanz eines typischen Bestandsgebäudes. Weiterhin ist zu erkennen, dass der Endenergiebedarf bei dieser vereinfachten Rechnung nur von den gebäudeseitigen Temperaturniveaus und nicht von der Quelle der Wärmepumpe abhängig ist.

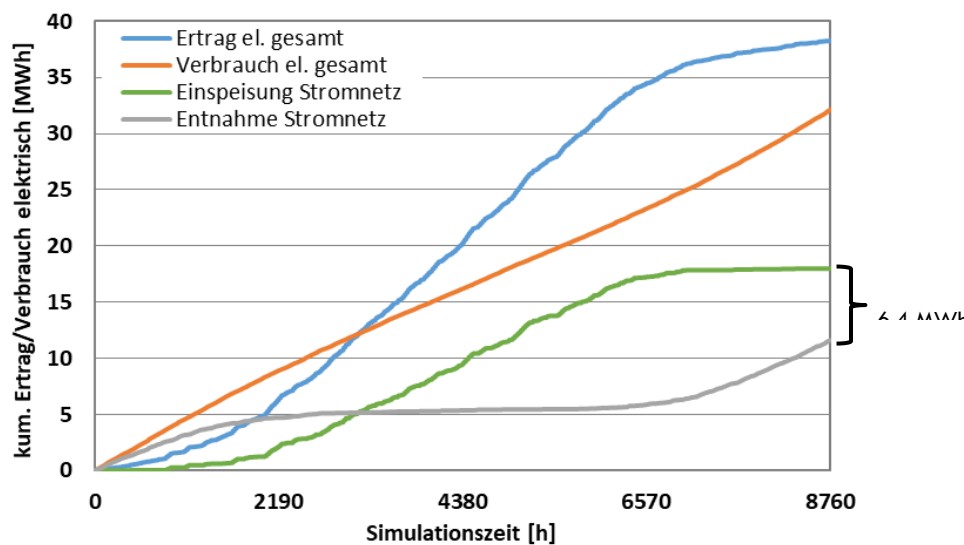
Dem gegenüber zeigt die Betrachtung der energetischen Quellen (rechts), dass die günstigeren Betriebspunkte der Wärmepumpe zu einer erhöhten Nutzung von Umweltwärme führen. Mit dem effizienteren Betrieb der Wärmepumpe sinkt die aus dem Stromnetz zu entnehmende Energie, die aufgrund ihres hohen fossilen Anteils maßgeblich die CO₂-Emission des Gebäudes beeinflusst.

Wird darüber hinaus der von der PV-Anlage eingespeiste Energieertrag berücksichtigt, ergibt sich eine plusenergetische Jahresbilanz. In Abbildung 36 und Abbildung 37 wird hierzu der elektrische Energieverbrauch (Haushaltsstrom, TWW und Wärmepumpe) dem Energieertrag der PV-Anlage als kumulierter Jahresverlauf gegenübergestellt. Zudem wird die Interaktion mit dem Stromnetz, das heißt die Einspeisung und Entnahme von elektrischer Energie, dargestellt. Bei der Simulation des Interaktionsverhaltens wird ein PV-Speicher mit einer Kapazität von 30 kWh ent- bzw.

beladen. Zur Analyse des Einflusses der Erzeugerkonfiguration auf die endenergetische Jahresbilanz werden Variante 1 (Abbildung 36) und Variante 6 (Abbildung 37) miteinander verglichen.

Der Jahresverlauf der betrachteten Energieströme zeigt erwartungsgemäß einen hohen Ertrag bzw. eine hohe Einspeisung im Sommer sowie einen hohen Verbrauch bzw. eine hohe Entnahme im Winter. Da der kumulierte Energieertrag am Jahresende größer ist als der Verbrauch, gilt das Gebäude als plusenergetisch, auch wenn zu anderen Zeitpunkten im Jahresverlauf der Verbrauch den Ertrag überwiegt.

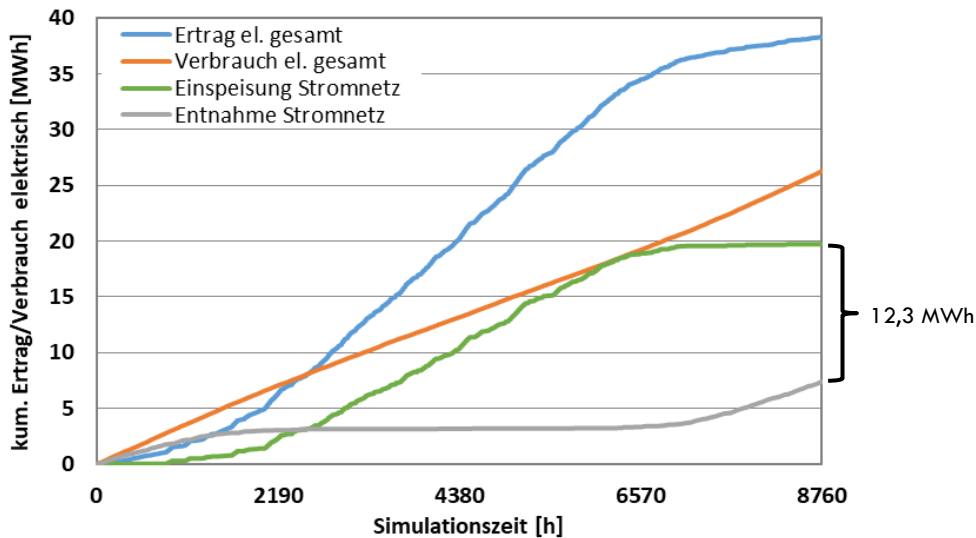
Abbildung 36: Jahresverlauf des elektrischen Energieverbrauchs /-ertrags für Variante 1



Im Vergleich der Varianten wird ein signifikanter Einfluss der gebäudeseitigen Temperaturniveaus und der Wärmepumpeneffizienz auf den Energieüberschuss in der Jahresbilanz deutlich. Mit 12,3 MWh ist die ins Stromnetz eingespeiste Energie in Variante 6 gegenüber Variante 1 (6,4 MWh) näherungsweise doppelt so hoch. Dies resultiert sowohl aus einer niedrigeren Entnahme aus dem Stromnetz als auch aus einer höheren Einspeisung in das Stromnetz. Beide Effekte sind insbesondere auf den niedrigeren Energiebedarf des Gebäudes und den effizienteren Betrieb der Wärmepumpe zurückzuführen (vgl. Abbildung 35).

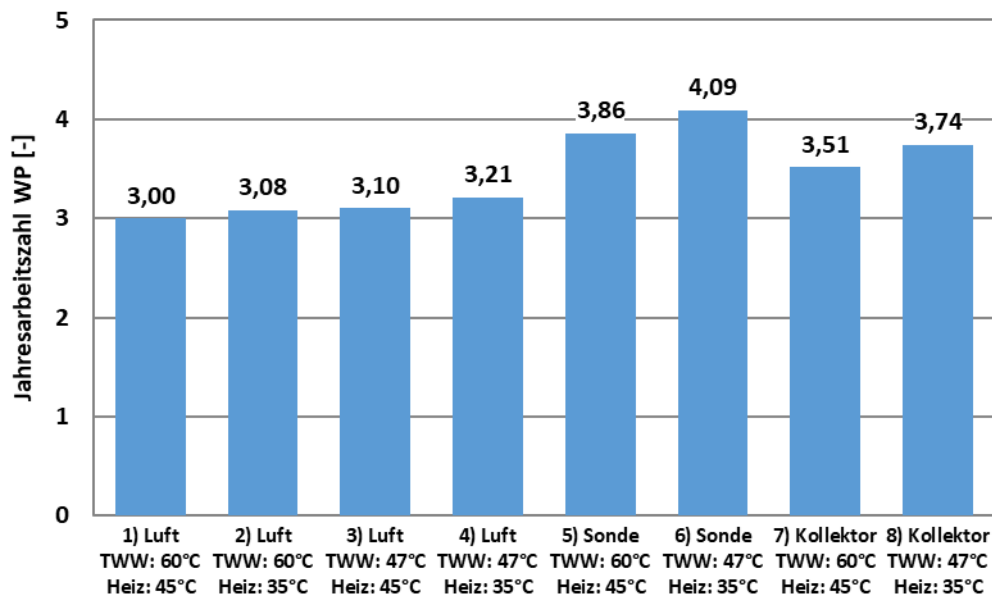
Zur netzdienlichen Integration von PV-Strom gilt eine hohe Eigenstromnutzung als entscheidendes Kriterium. Für die Eigenstromnutzung des hier untersuchten Gebäudes besteht aufgrund der groß dimensionierten PV-Anlage Optimierungspotenzial. So führt beispielsweise ein größerer elektrischer Speicher oder ein zentraler Quartiersspeicher zu einem verbesserten Lastmanagement. Weiterhin kann der Energieüberschuss des Gebäudes für weitere Anwendungen wie beispielsweise den Strombedarf von E-Mobilität zu Teilen reduziert werden.

Abbildung 37: Jahresverlauf des elektrischen Energieverbrauchs /-ertrags für Variante 6



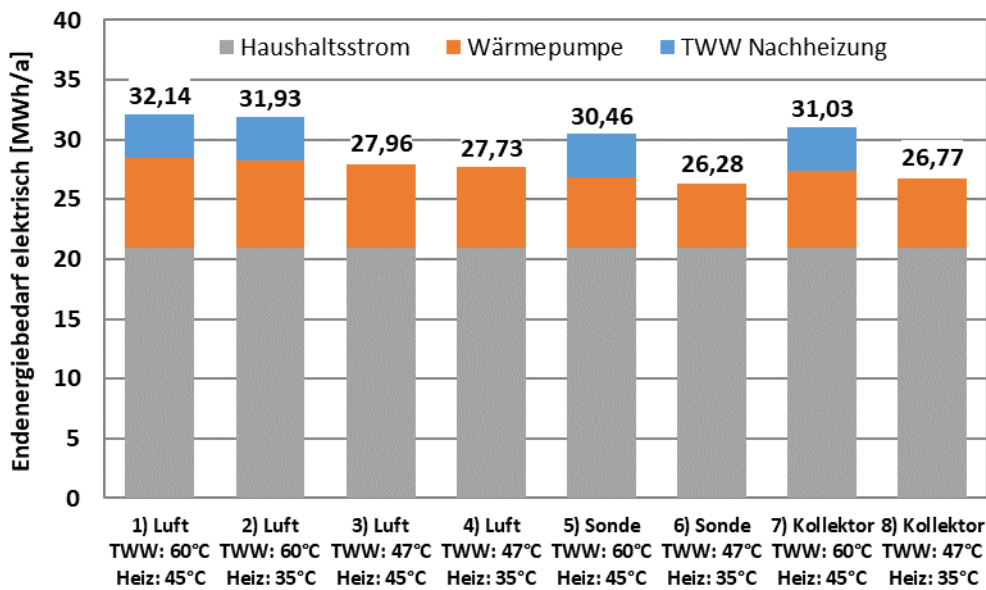
In Abbildung 38 werden die Jahresarbeitszahlen als entscheidende Kennzahl für die Bewertung von Wärmepumpen für die verschiedenen Simulationsvarianten dargestellt. Anhand der Daten wird der entscheidende Einfluss der Quelle deutlich. So führen Erdsonden aufgrund der im Jahresverlauf konstant hohen Quelltemperaturen zu einem signifikanten Anstieg der Effizienz gegenüber der Außenluft. Durch Erdkollektoren unterliegen die Quelltemperaturen höheren Schwankungen als bei Erdsonden und weisen somit eine etwas geringere Effizienz auf. Eine Absenkung der Temperaturniveaus auf der Bedarfsseite (TWW und Heizung) führen zu einer Effizienzsteigerung der Wärmepumpe, jedoch ist deren Einfluss geringer als der Effekt der Quelltemperaturen.

Abbildung 38: Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe in Abhängigkeit der Simulationsvariante



Der aus der Wärmepumpeneffizienz und dem Energiebedarf des Gebäudes resultierende elektrische Endenergiebedarf wird in Abbildung 39 für alle Varianten in Abhängigkeit der Anwendung (Haushaltsstrom, Wärmepumpe oder TWW-Nacherwärmung) zusammengefasst. Im Gegensatz zum konstanten Bedarf für Haushaltsstrom variiert der elektrische Bedarf der Wärmepumpe und der TWW-Nachheizung in Abhängigkeit der Erzeugerkonfiguration. Dabei führt die Ultrafiltration des TWW und der einhergehende Verzicht auf eine Nacherwärmung des TWW zu einer deutlichen Reduktion des Endenergiebedarfs im Vergleich der Simulationsvarianten. Darüber führt ein effizienterer Betrieb der Wärmepumpe (vgl. Abbildung 38) zu einer weiteren Reduktion des Energiebedarfs, sodass sich Variante 6 als energieeffizientestes Szenario bestätigt.

Abbildung 39: elektrischer Endenergiebedarf der strombasierten Anwendungen im MFH



Im Rahmen der endenergetischen Bilanzierung wird insbesondere deutlich, dass die optimierte Wärmedämmung und der folglich niedrige Wärmebedarf einem anteilig hohen Energiebedarf für Haushaltsstrom gegenüberstehen, der sich durch bauseitige Effizienzmaßnahmen nicht signifikant reduzieren lässt. Vor diesem Hintergrund ist die effiziente Nutzbarmachung von Solarenergie durch flächig verlegte PV-Module und groß dimensionierte PV-Speicher für die plusenergetische Versorgung des MFH von hoher Relevanz.

PRIMÄRENERGIE UND TREIBHAUSGAS-EMISSION

Zur ganzheitlichen energetischen Bewertung des untersuchten Gebäudes unter Berücksichtigung einer nachhaltigen und umweltschonenden Energieversorgung, erfolgt die Bilanzierung des Primärenergiebedarfs und der Treibhausgas-Emission für die spezifizierten Simulationsvarianten. In diesem Kontext wird zur Veranschaulichung des primärenergetischen Einflusses verschiedener Energiequellen eine weitere Variante als Referenz eingeführt. Diese Variante bildet unter Beibehaltung der definierten Randbedingungen die Wärmeversorgung des Gebäudes durch einen Erdgas-Kessel mit Brennwerttechnologie ab.

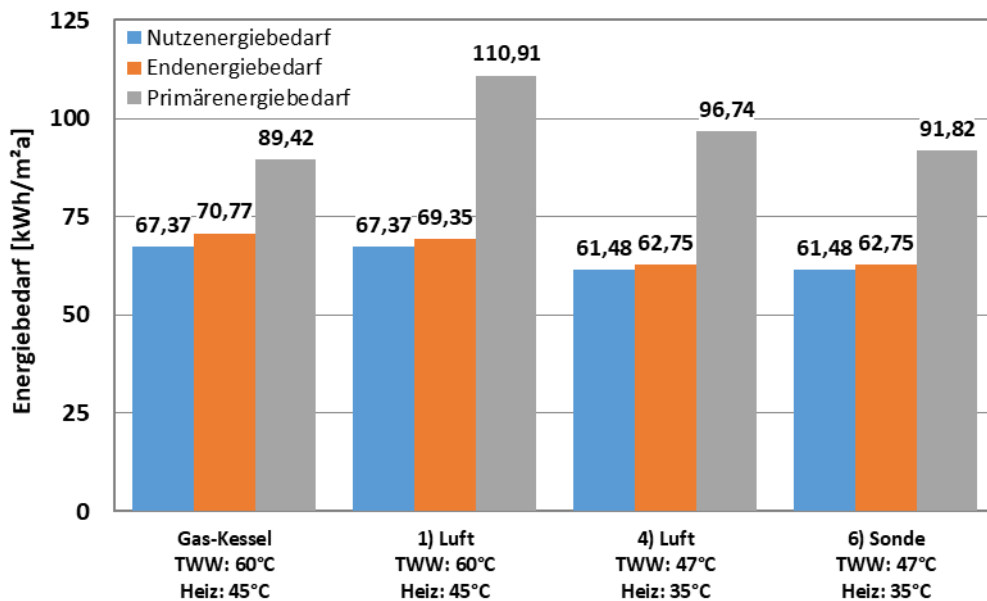
Die Berechnung des Primärenergiebedarfs beruht zunächst auf den Primärenergiefaktoren nach GEMIS (IINAS 2017). Eine gegenüberstellende Einflussanalyse der Primärenergiefaktoren nach GEMIS sowie nach EnEV erfolgt in Abbildung 41. Den Berechnungsverfahren liegen die nachfolgenden Primärenergiefaktoren zugrunde. Die Faktoren beziehen sich dabei auf den gesamten, das heißt den erneuerbaren und nicht-erneuerbaren, Primärenergiebedarf.

Primärenergiefaktoren				
	gesamt		nicht-erneuerbarer Anteil	
	GEMIS	EnEV2016	GEMIS	EnEV2016
PV (Solarstrom)	1,24	1	0,21	0
Erdgas	1,16	1,1	1,15	1,1
Strommix	2,28	2,8	1,6	1,8
Umweltwärme	1	1	0	0

Es ist weiterhin zu beachten, dass für die nachfolgenden Bilanzierungen die Einspeisung von Solarenergie und die einhergehende Verdrängung fossiler Energiequellen aus dem Strommix nicht berücksichtigt werden. Es wird folglich nur der Anteil des generierten Solarstroms erfasst, der zur Eigennutzung verwendet wird, da sich andernfalls rechnerisch negative Werte ergeben. Zudem werden die nachfolgenden Primärenergiebedarfe als flächenspezifische Werte angegeben, damit eine Vergleichbarkeit gewährleistet wird. Im Gegensatz zur konventionellen Angabe von Primärenergiebedarfen, wie beispielsweise auf dem Gebäudeenergieausweis, wird hier jedoch sowohl der Bedarf für Haushaltsstrom als auch der erneuerbare Anteil der Primärenergie mitberücksichtigt.

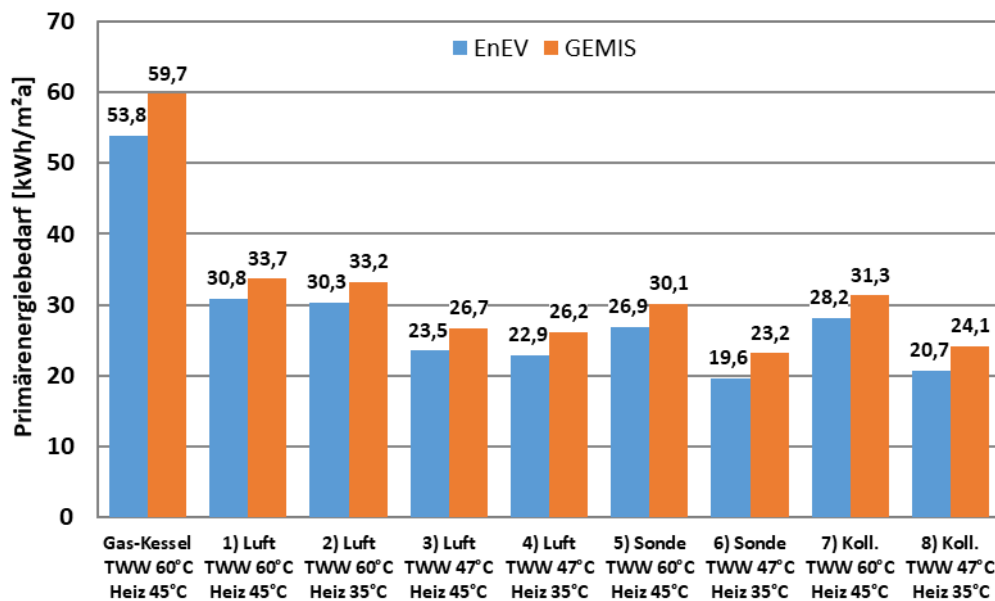
Für die Bewertung der primärenergetischen Effizienz eines Gebäudes ist insbesondere das Verhältnis von Primärenergiebedarf zu Endenergiebedarf von Interesse. Vor diesem Hintergrund erfolgt in Abbildung 41 die Bilanzierung von Nutz-, End- und Primärenergiebedarf für ausgewählte Varianten. Es zeigt sich zunächst, dass der Nutz- und Endenergiebedarf in Variante 4 und 6 insbesondere aufgrund des reduzierten TWW-Temperaturniveaus geringer ist. Darüber hinaus wird eine signifikante Verringerung des primärenergetischen Anteils infolge der erhöhten Wärmepumpeneffizienz in Variante 4 und 6 gegenüber Variante 1 deutlich.

Abbildung 40: Nutz-, End- und Primärenergiebedarf für ausgewählte Varianten ohne Berücksichtigung der Stromeinspeisung (Primärenergiebedarf nach GEMIS mit erneuerbarem und nicht-erneuerbarem Anteil)



Da der erneuerbare Anteil der Primärenergie in die Bilanzierung mit einfließt, erzeugt der hohe Primärenergiefaktor für den Strommix eine signifikante Differenz zwischen der Wärmeversorgung durch Wärmepumpe (Variante 1) und durch Erdgas. Werden hingegen nur die nicht-erneuerbaren Anteile berücksichtigt, weist die Wärmeversorgung durch Erdgas einen im Vergleich zur Wärmepumpenversorgung deutlich höheren Primärenergiebedarf auf, wie Abbildung 41 zu entnehmen ist. Hier werden sowohl die nach EnEV als auch nach GEMIS berechneten Primärenergiebedarfe für alle Varianten gegenübergestellt. Auch in dieser Bilanzierung stellt Variante 6 die günstigste Versorgungslösung dar. Insbesondere die Varianten mit elektrischer Nacherwärmung des TWW weisen einen vergleichsweise hohen Primärenergiebedarf auf. Basierend auf einer gegenüber den EnEV-Primärenergiefaktoren detaillierteren Bilanzierungsmethodik werden durch die Primärenergiefaktoren nach GEMIS geringfügig höhere Primärenergiebedarfe erzielt.

Abbildung 41: Primärenergiebedarf (nur nicht-erneuerbarer Anteil) aller Varianten, berechnet nach EnEV und GEMIS und ohne Berücksichtigung der Stromeinspeisung



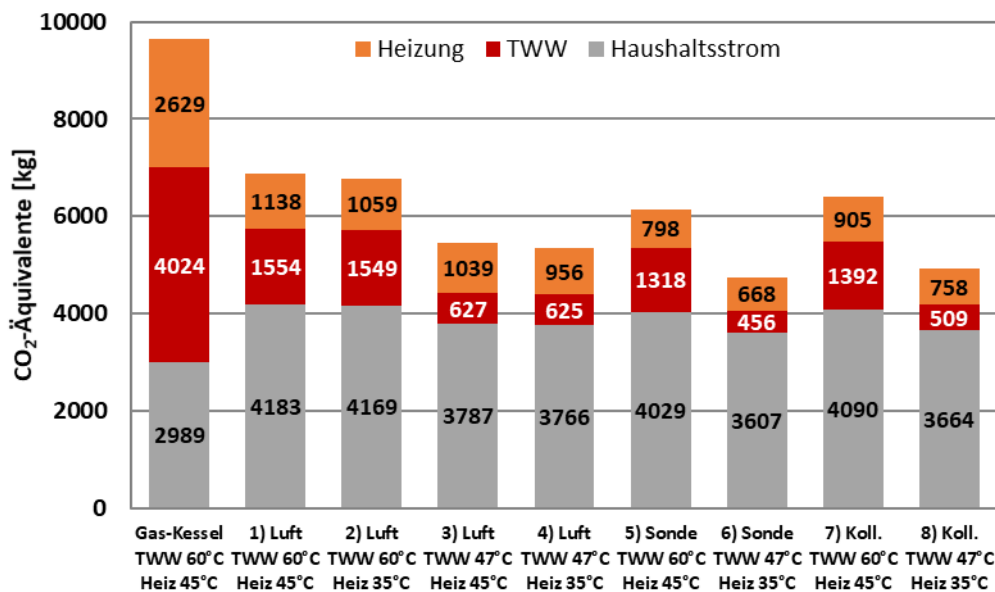
Als entscheidende Bewertungsgröße für die ökologische Nachhaltigkeit von Versorgungslösungen wird die Treibhausgas-Emission in Form von CO₂-Äquivalenten für alle Erzeugerkonfigurationen in Abbildung 42 dargestellt. Zur Veranschaulichung der Emissionen der verschiedenen Energieanwendungen wird in der Abbildung zwischen Raumwärme, TWW und Haushaltsstrom unterschieden. Der Kalkulation der Emissionen liegen die CO₂-Äquivalente der verschiedenen Energiequellen nach GEMIS zugrunde (IINAS 2017).

CO ₂ -Äquivalente	
PV (Solarstrom)	0,061 kg/kWh
Erdgas	0,061 kg/kWh
Strommix	0,484 kg/kWh
Umweltwärme	0,000 kg/kWh

Hierbei zeigt sich erwartungsgemäß, dass die Emissionen bei einer Versorgung mit Erdgas signifikant höher sind als bei dem Einsatz von Wärmepumpen. Insbesondere bei der Wärmeerzeugung für TWW und Raumwärme weist der Brennwert-Kessel einen drei- bis viermal so hohen CO₂-Ausstoß als die Wärmepumpen auf, die die CO₂-neutrale Umweltwärme nutzbar machen. Die Versorgung des Haushaltsstroms erfolgt bei der Erdgas-Variante mit niedrigerer Treibhausgas-Emission, da der generierte Solarstrom hier nicht mit den Wärmeanwendungen konkurrieren muss.

Insgesamt sind die Emissionen aufgrund des hohen Dämmstandards im Vergleich zu Bestandsgebäuden niedrig. Weiterhin ähnelt das Verhältnis der Varianten untereinander dem der Primärenergiebedarfe (vgl. Abbildung 41). Die wesentlichen Faktoren für die Treibhausgas-Emissionen eines Gebäudes sind dabei die gebäudeseitige Energieeffizienz, die maßgeblich durch den Dämmstandard beeinflusst wird, der Erzeuger-Wirkungsgrad, der bei Wärmepumpen in Abhängigkeit der Temperaturniveaus variiert, sowie die eingesetzten Energiequellen, denen verschiedene CO₂-Äquivalente zugrunde liegen.

Abbildung 42: Treibhausgas-Emission der Energieversorgung für alle Varianten, berechnet mittels CO₂-Äquivalente (GEMIS) und ohne Berücksichtigung der Stromeinspeisung



Zusammenfassend zeigt die Simulationsstudie die Eignung der untersuchten Erzeugerkonfigurationen für eine plusenergetische Strom- und Wärmeversorgung des hier betrachteten Mehrfamilienhauses. Im Vergleich der Erzeugerkonfigurationen konnte eine signifikante Reduzierung des Nutzenergiebedarfs durch die Ultrafiltration des TWW nachgewiesen werden. Für den Betrieb der Wärmepumpe und die Bilanzierung des elektrischen Energiebedarfs wurde der Einfluss verschiedener Quellen quantifiziert. In Kombination mit weiteren Energieanwendungen, wie zum Beispiel E-Mobilität, und in Interaktion mit einem plusenergetischen Quartier ergeben sich darüber hinaus Potenziale zur Optimierung des Lastmanagements und der einhergehenden Nutzung des generierten Solarstroms. Durch eine mögliche Erweiterung der simulativen Untersuchungen können diese Potenziale quantifiziert und das Gesamtsystem „Quartier“ besser verstanden werden.

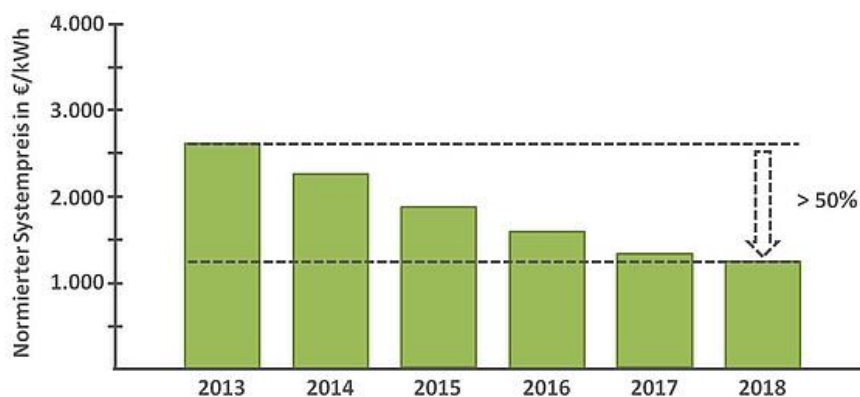
5 GEMEINSAMER QUARTIERSPEICHER

Für die Realisierung eines Energie-Plus-Quartiers kann ein gemeinsamer elektrischer Speicher ein wichtiges Bindeglied und Baustein zur Erreichung der energetischen Ziele sein. Der Speicher sorgt dabei sowohl für einen Ausgleich zwischen Energieerzeugung und Verbrauch innerhalb des Quartiers, kann aber auch Dienstleistungen für das vorgelagerte Netz übernehmen. Er kann dazu genutzt werden, um überschüssige Energie aus dem Netz außerhalb des Quartiers aufzunehmen, oder auch um Versorgungsengpässe im übergeordneten Netz auszugleichen.

Weiterhin kann der Speicher dazu genutzt werden, um eine Notstromversorgung bei Ausfall des übergeordneten Netzes im Quartier zu übernehmen.

Solche Speicher wurden bisher in wenigen Projekten eingesetzt, was auch der Tatsache geschuldet ist, dass die spezifischen Kosten für Batteriespeicher erst in den letzten Jahren deutlich gefallen sind und somit diese Anwendungen wirtschaftlich möglich sind. Mit den gesteigerten Aktivitäten vieler Autohersteller zum Thema Elektromobilität werden sich die Fertigungstückzahlen von Speichern stark erhöhen, was sehr wahrscheinlich zu weiter sinkenden Preisen führen wird.

Abbildung 43: Entwicklung der Lithium-Ionen-Speichersystempreise: (Quelle: Markt- und Technologieentwicklung von PV-Heimspeichern in Deutschland 2019/ RWTH Aachen)



Wie der Abbildung zu entnehmen ist, sind die Speicherkosten im Zeitraum 2013 bis 2018 um mehr als 50% gesunken.

Neben der ausgleichenden Funktion für die Energieversorgung kann der Speicher auch als Basis für eine Notstromversorgung des Quartiers genutzt werden. Hierzu sind im nächsten Schritt entsprechende Angebote seitens des Speicherbetreibers für die Gebäudeeigentümer zu entwickeln.

Für den Betrieb des Speichers ist eine Organisation zu finden, die die im Quartier gewünschten Energiedienstleistungen anbietet und organisiert. Hierzu wurden bereits erste Gespräche geführt, aber hier werden sich in den nächsten Jahren mit großer Wahrscheinlichkeit noch einige rechtliche Rahmenbedingungen ändern, auf die flexibel reagiert werden muss, um die Möglichkeiten eines Quartiersspeichers umfassend zu nutzen.

Zu den sich ändernden Rahmenbedingungen zählt u.a. die anstehende Umsetzung des „EU-Winterpakets“ bis zum Jahr 2021. Dazu folgender Hintergrund:

Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union haben am 11. Dezember 2018 die Richtlinie (EU) 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus Erneuerbaren Quellen (Erneuerbare-Energien-Richtlinie - EERL⁶) erlassen, die am 21. Dezember 2018 im Amtsblatt der Europäischen Union verkündet wurde und drei Tage später in Kraft getreten ist. Die Bestimmungen der Richtlinie müssen bis 30. Juni 2021 von allen EU-Staaten in nationales Recht umgesetzt werden.

Die EERL beschreibt den Rahmen, um die Eigenversorgung von Bürgerinnen und Bürgern durch Erneuerbare Energien zu erleichtern. Unter anderem sieht sie vor:

- diskriminierungsfreie Nutzung von Strom aus Erneuerbaren Energien bis zu einer Erzeugungsleistung von 30kW
- Förderung von Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften

Hier ist kontinuierlich zu beobachten, ob sich bei der Umsetzung dieser Richtlinie in nationales Recht neue Handlungsmöglichkeiten für das Quartier „Vellmar-Nord“ ergeben.

Die aktuellen rechtlichen und organisatorischen Möglichkeiten zur Installation und zum Betrieb von Quartiersspeichern werden in dem laufenden Forschungsvorhaben „Energiespeicherdienste für smarte Quartiere (ESQUIRE)“ erforscht (Projektende 2020). Mit Förderung des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) erforscht ein Konsortium bestehend aus dem Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) und anderen Partnern die Möglichkeiten, Rahmenbedingungen und auch Grenzen die die gemeinsame Nutzung eines Batteriespeichers bietet. Dabei wird auch der Frage nachgegangen, wie diese Systeme von Nutzern akzeptiert werden und wie zentrale Speicher zur Stabilisierung des Stromsystems beitragen können. Weiterhin werden Dienstleistungen und Geschäftsmodelle entwickelt, mit denen die Umsetzung von Quartiersspeichern möglich wird.

Aktuelle Informationen zu diesem Projekt sind unter: www.esquire-projekt.de abrufbar.

6 WIE SETZEN WIR EIN ENERGIE PLUS QUARTIER UM?

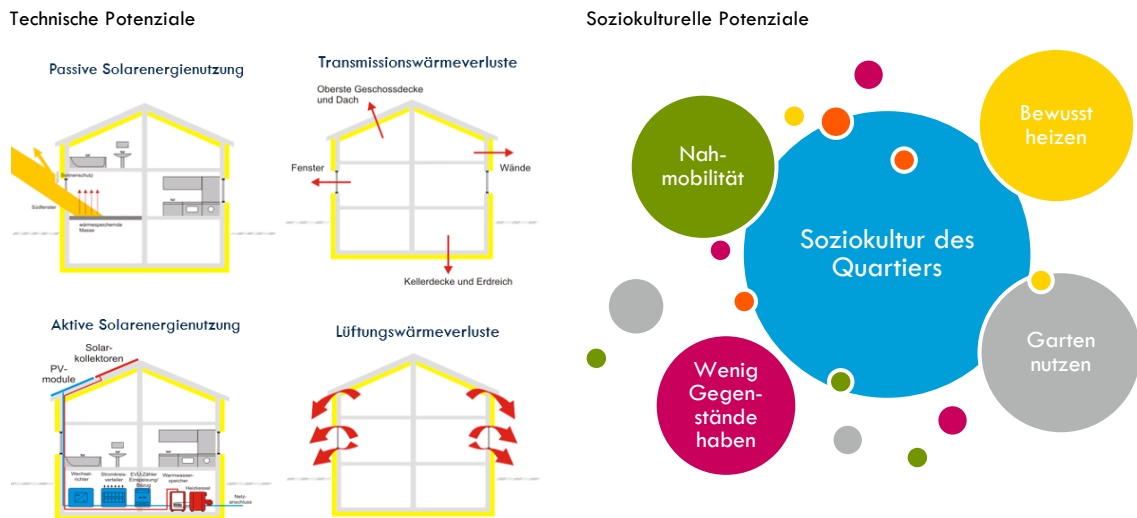
VON DER IDEE ZU DEN MÖGLICHKEITEN

Die Möglichkeiten eines Energie Plus Quartiers bewegen sich in der Spanne rein technischer Art wie „Gebäudedämmung“ bis hin zu Möglichkeiten im soziokulturellen Bereich. Die technisch-physikalischste Form des Klimaschutzes ist die gute Dämmung der Gebäudehülle. Geht wenig Energie durch die Gebäudehülle verloren, muss nur wenig beschafft und bezahlt werden. Ein energiesparsames Verhalten bedeutet zum Beispiel die Dachräume gezielt zu beheizen. Durch die

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>

im Mittel der Heizperiode deutlich geringeren Raumtemperaturen wird der Energieverlust über das Dach ebenfalls reduziert.

Abbildung 44: Für die energetische Transformation des Quartiers ist es wichtig die technischen und soziokulturellen Potenziale zu nutzen (Baunetz Wissen, o.J. und KEEA)



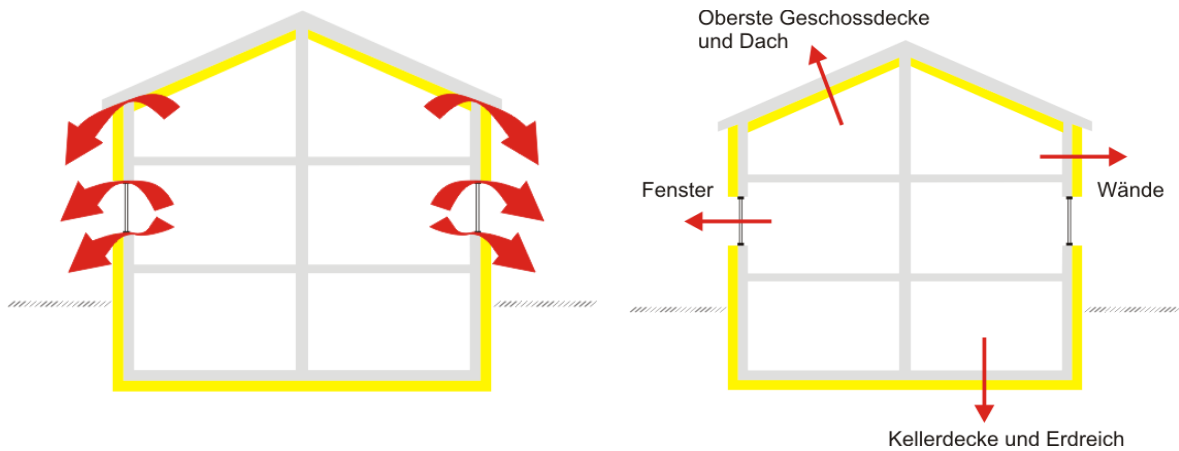
Sinnvoll ist es im Neubaugebiet eine gute Kombination aus technischen und soziokulturellen Aktivitäten zu gestalten und über die Planung und Begleitung des Baugebiets zu aktivieren. Beim Beispiel Mobilität wäre es beim nächsten Kauf das kraftstoffsparende Kraftfahrzeug, die nahen Wege zu Fuß oder mit dem Rad kombiniert. Die Gewohnheit der PKW-Fahrt „zum Briefkasten“ wird über einen persönlichen soziokulturellen Wandel transformiert, der mit dem Einzug in das neue Passivhaus aktiviert wird.

6.1 WÄRMEWENDE

GERINGSTE ENERGIEANFORDERUNG DURCH DÄMMEN UND DICHTEN DER GEBÄUDEHÜLLE

Über das Dämmen und Dichten der Gebäudehülle werden die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste reduziert, wie in der folgenden Abbildung zu sehen ist. Über die Dämmung der Hülle kann deshalb die Energienachfrage am effektivsten reduziert werden. Dies wird als Grundsatz für das Quartier angestrebt, indem das Passivhaus als Mindeststandard gesetzt wird.

Abbildung 45: Transmissions- und Lüftungswärmeverluste der Gebäude haben den größten Einfluss (Baunetz Wissen, o.J.)



THG-ARME BAUSTOFFE

Aus der Sicht der Baustoffkunde kann das gesamte Quartier in eine Ansammlung von Baustoffen zerlegt und neu sortiert werden. Sämtliche Materialien für Hoch- und Tiefbauten könnten anhand ihrer Materialität neu sortiert und hinsichtlich ihrer Masse bewertet werden. Nach dem Cradle2Cradle Prinzip werden die Baustoffe der Natur entnommen, für ihren Zweck aufbereitet, transportiert und eingebaut, genutzt und wieder entsorgt. Für diese Prozesskette wird Material und Energie benötigt. Die Abbildung 46 und Abbildung 47 zeigen am Beispiel Dämmstoffe die graue Energie (die für die Produktion der Dämmstoffe aufgewendete Energie) und das THG-Potenzial.

Abbildung 46 „Graue Energie“ von Baustoffen (IBO, eigene Darstellung)

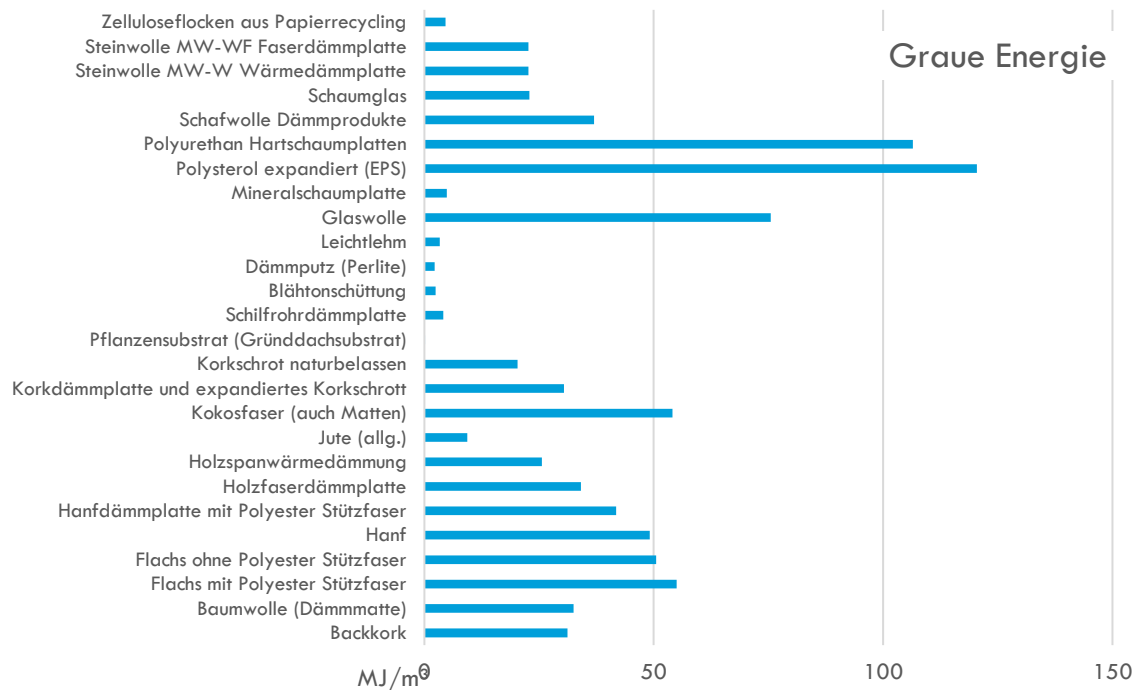
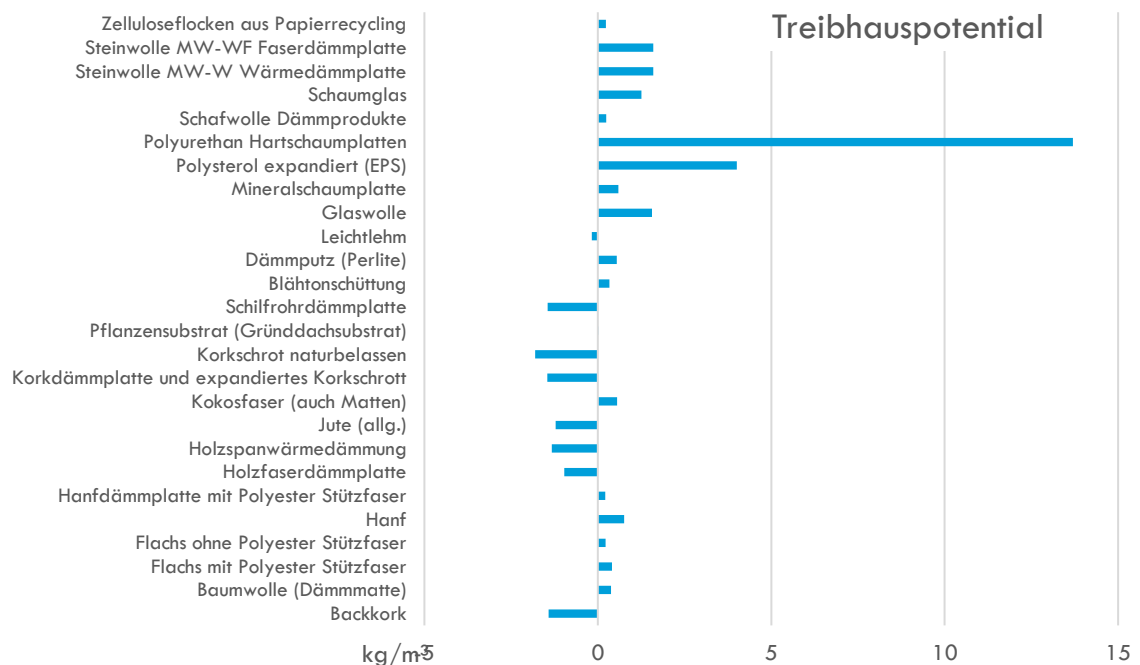


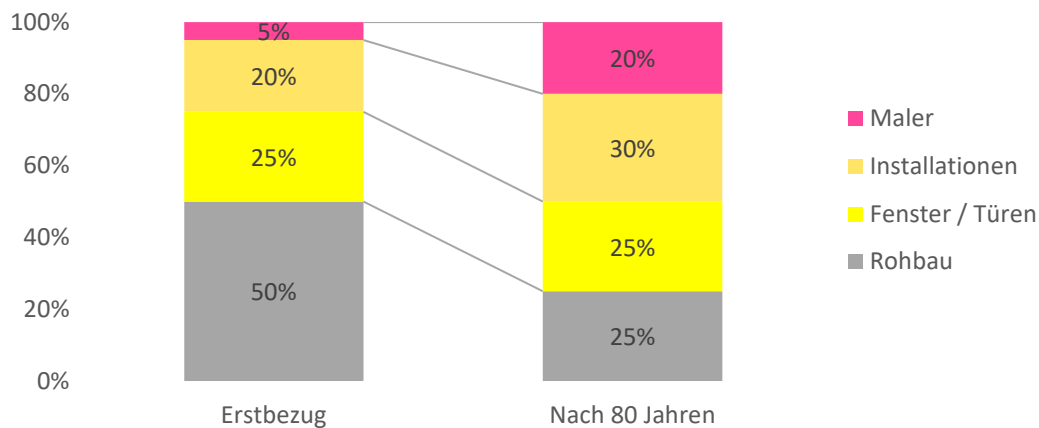
Abbildung 47: THG-Emissionen über die Herstellung von Baustoffen (IBO, eigene Darstellung)



Ebenso wie die grauen Energien bilden die verbauten Stoffmengen bis zum Erstbezug einen Grundstock, der zusammen mit dem Energie- und Sanierungsbedarf während der Nutzungszeit und dem Aufwand für den Rückbau den lebenszyklusweiten stofflichen Aufwand für die Dienstleistung

„Wohnen“ darstellen. Werden die akkumulierte Materialintensität von Gebäuden vom Erstbezug und nach 80 Jahren miteinander verglichen, steigen die Bereiche mit niedrigen Lebenszyklen wie Malerarbeiten, Installationen und der Austausch von Bauelementen wie Fenster und Türen in der Gesamtbilanz von der Hälfte beim Erstbezug auf etwa Dreiviertel nach 80 Jahren an. Der Anteil des Rohbaus verringert sich entsprechend auf ein Viertel (Abbildung 48).

Abbildung 48: Kumulierte abiotische Materialintensität (MI) von Gebäuden über ihren Lebenszyklus (KEEA)

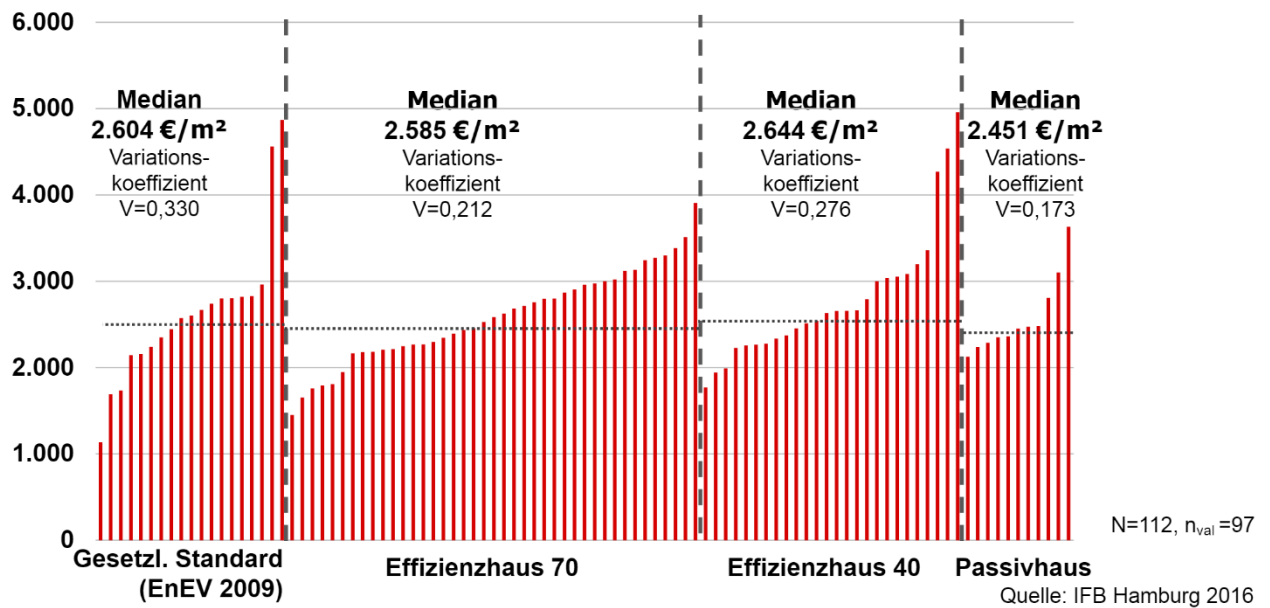


Grundprinzip eines nachhaltigen Bauens wäre die **baummassenminimierte Bauweise**. Holzbauten bieten sich in der Region dafür an.

6.1.1 KOSTEN UND WIRTSCHAFTLICHKEIT ENERGIEEFFIZIENTER GEBÄUDE

IFB STUDIE ZU DEN BAUKOSTEN NACH GEBÄUDEENERGETISCHEN STANDARD

Die Abbildung 49 zeigt die Auswertung von gebauten Gebäuden unterschiedlicher energetischer Standards. Im Median liegen das KfW40 und das Passivhaus auf dem Kostenniveau des EnEV Hauses.

Abbildung 49: Baukosten nach gebäudeenergetischen Standard in €/m² Wohnfläche (IFB Hamburg, 2016)

Nach dieser Auswertung sind KfW40 / Passivhäuser grundsätzlich nicht teurer als Gebäude nach EnEV. Grundvoraussetzung ist eine gute Planung über die ausführenden Unternehmen.

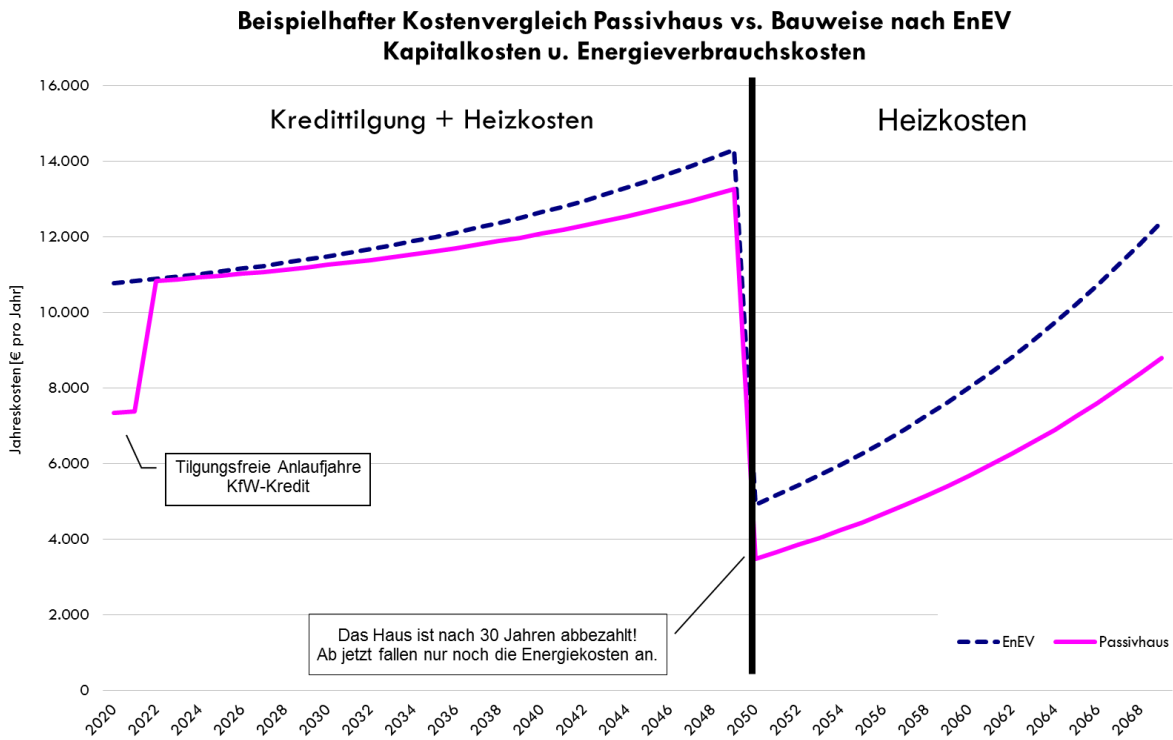
KOSTENVERGLEICH ENEV UND KFW40 / PASSIVHAUS

Die Abbildung 30 zeigt den Kostenvergleich zwischen einem Gebäude nach EnEV und einem nach KfW 40/ Passivhaus. Beide Gebäude haben eine Wärmepumpe. Die realen monatlichen / jährlichen Kosten ergeben sich durch die Tilgung der Kredite und die Energiekosten.

Beide Gebäude werden mit einem Bankkredit und Eigenkapital finanziert. Das KfW40 Gebäude wird zusätzlich mit einem KfW Kredit finanziert. Der KfW Kredit unterstützt hauptsächlich der Tilgungszuschuss und die tilgungsfreien ersten Jahre bei der Finanzierung.

Die Rahmenbedingungen können noch angepasst werden. Sie zeigen, dass bei einer guten Planung ein KfW40 / Passivhaus nicht teurer sein muss.

Abbildung 50: Jährliche Kosten (eigene Berechnungen)



In der nachstehenden Tabelle sind die Parameter der Energiekostenberechnung nochmal nachvollziehbar aufgelistet.

Tabelle 9: Parameter der Energiekostenberechnung (eigene Berechnungen)

Baukosten		EnEV	Passivhaus
Fläche	[m ²]	142	142
Baukosten /m ²	[€/m ²]	2500	2625
Baukosten	[€]	355.950	373.748
Eigenkapital	[€]	100.000	115.000
KfW Kredit	[€]	0	85.000
KfW Zins (Stand 06/19)	[%]	-	0,80%
KfW Laufzeit	[Jahre]	-	30
Tilgung (anfängl.)	[%]		2,27%
Hypothekenkredit 1	[€]	255.950	173.748
Zinssatz	[%]	0,80%	0,80%
Betrachtungszeitraum	[Jahre]	30	30
Endenergie	[kWh/a]	3.786	2.684
Energiepreis heute (brutto)	[€]	0,3	0,3
Preissteigerung p. a.	[%]	5%	5%

6.2 ERNEUERBARE ENERGIEN IM QUARTIER NUTZEN

Die Gewinnung von Energie aus Erneuerbaren Energiequellen im Quartier kann maßgeblich zu einer Reduktion der THG-Emissionen beitragen.

- **Passive Nutzung:** Die wesentliche Nutzung über die Gebäudehülle entsteht durch Solarenergie, die durch die Fenster gelangt und die Innenräume und Speichermassen erwärmt (Glashauseffekt).
- **Aktive Nutzung:** Eine weitere Möglichkeit entsteht durch die aktive Nutzung der Solarenergie, die durch thermische Solaranlagen eingefangen wird oder über Erzeugung elektrischer Energie durch photovoltaische Anlagen.
- **Umweltwärme nutzen:** Über Wärmepumpen wird die Energie von Luft und Boden auf ein höheres nutzbares Temperaturniveau gebracht.

Grundvoraussetzung zur Nutzung von Solarenergie ist die weitgehend verschattungsfrei gestaltete Siedlungsstruktur und die optimale Gebäudeausrichtung und Gestaltung.

6.2.1 PASSIVE SOLARENERGIENUTZUNG

Bei der passiven Solarenergienutzung wird die Sonnenenergie über die Fenster im Innenraum gespeichert, wie auch in Abbildung 29 deutlich wird. Je höher die Speicherfähigkeit der umschließenden Bauteile eines besonnten Raumes ist, desto größer ist der nutzbare Anteil der solaren Strahlung. Wesentliche Eigenschaften speicherfähiger Bauteile sind eine große Oberfläche, eine hohe Wärmespeicherkapazität, eine geringe Wärmeleitfähigkeit des Materials und möglichst direkte Besonnung in Verbindung mit dunkler Farbe. Ein zeitgemäßer Städtebau nimmt die passive Solarenergienutzung weiterhin als einen Aspekt mit auf, orientiert den Städtebau aber nicht mehr ausschließlich daran. Aspekte wie eine geringe Wärmetransmission und die aktive Solarenergietechnik haben eine größere Bedeutung, weil deren energetischen Potenziale größer sind als bei der passiven Solarenergienutzung.

Abbildung 51: Über die passive Solarenergienutzung kann die Solarenergie genutzt werden (Baunetz Wissen, o.J.)

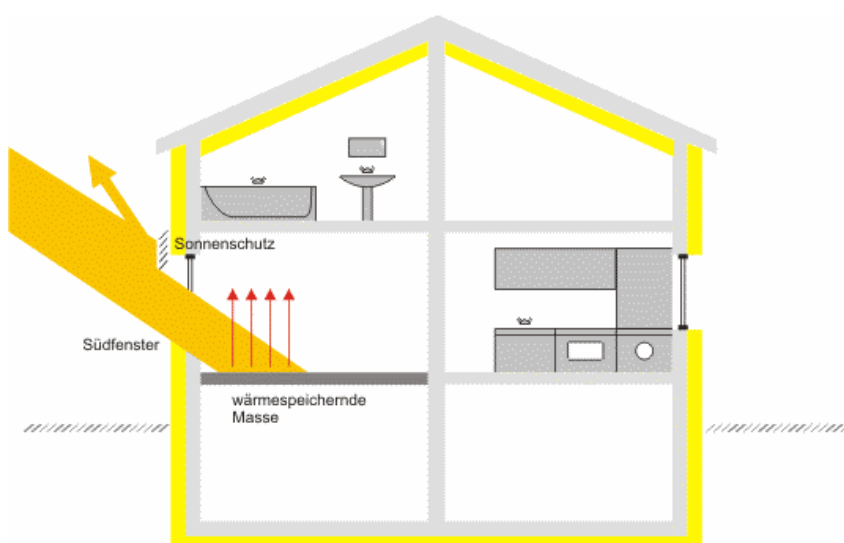
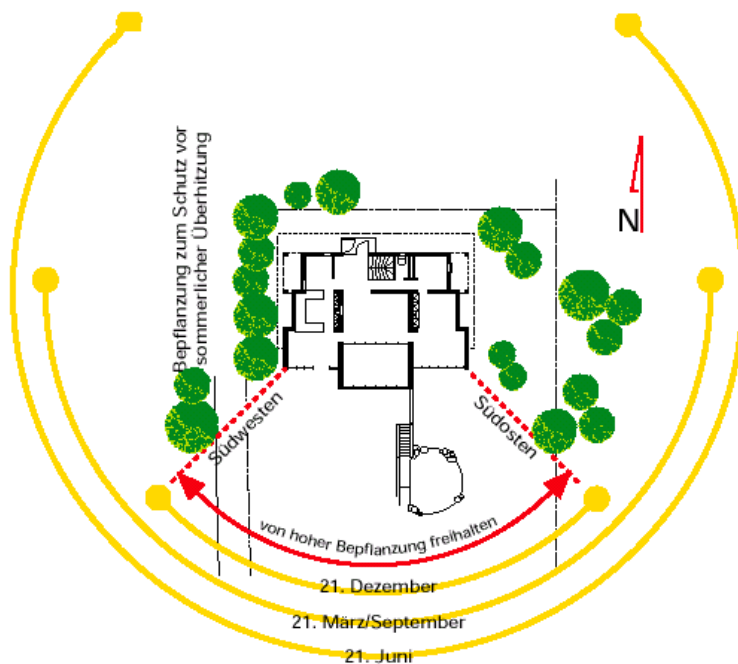


Abbildung 52: Bepflanzung bei passiver Solarenergienutzung (Bild: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH)



6.2.2 AKTIVE SOLARENERGIENUTZUNG

Die aktive Solarenergienutzung ist sowohl durch Solarthermie als auch durch Photovoltaikanlagen möglich. Dabei sollte die Siedlungsplanung bereits frühzeitig Erfordernisse der aktiven Solarenergienutzung wie beispielsweise eine Optimierung der Orientierung von Dach- und Fassadenflächen einbeziehen, um bestmögliche Bedingungen zu schaffen und vorhandene Potenziale effizient zu nutzen.

Abbildung 53: Haus in der Nähe von Zürich; PV-Anlagen: 20 kWp (Solar Agentur Schweiz, o.J.)



Abbildung 54: Haus in Kassel-Auefeld; PV-Anlage 9 kWp (KEEA)



Abbildung 55: Foliensolarmodule für geringe Dachlasten (alwitra GmbH & Co. Klaus Göbel, 2017)



Abbildung 56: Anwendung: KVG-Betriebshof Kassel (alwitra GmbH & Co. KG, o.J.)



Eine weitere technische Innovation ist die Kombination von Solarthermie und Photovoltaik durch Hybridkollektoren (PVT), die Funktionsweise ist in Abbildung 57 näher dargestellt. Dadurch wird die Solarenergie noch besser genutzt. Vorteile:

- Kühlung des PV-Moduls im Sommer: bis zu 10 % höherer Ertrag
- Als Quelle für die Wärmepumpe direkt nutzbar
- Im Sommer kann eine Regeneration des Erdreichs / des Eispeichers erfolgen
- Im Winter Abtauen der Solarmodule möglich

Abbildung 57: Systemkombination Photovoltaik-Thermie (PVT-Kollektor): Funktionsprinzip (ISFH)

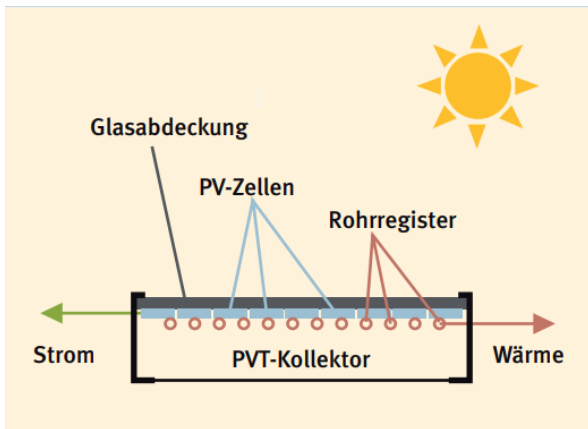
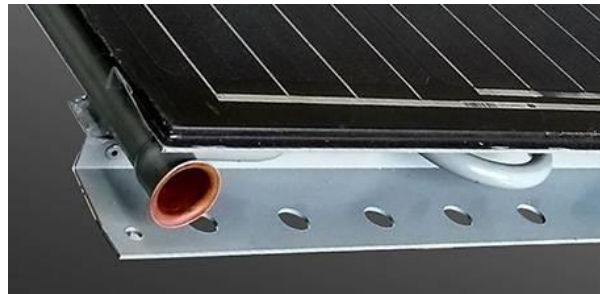
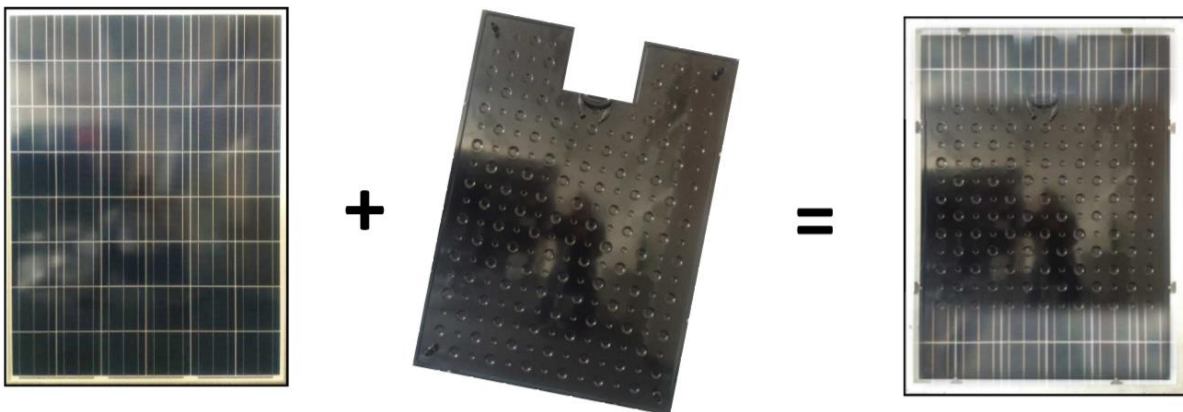


Abbildung 58: PVT-Kollektor (Aufbau) (Consolar GmbH)



Die PVT-Module sind auch zum Nachrüsten erhältlich, wie in der folgenden Abbildung zu sehen ist.

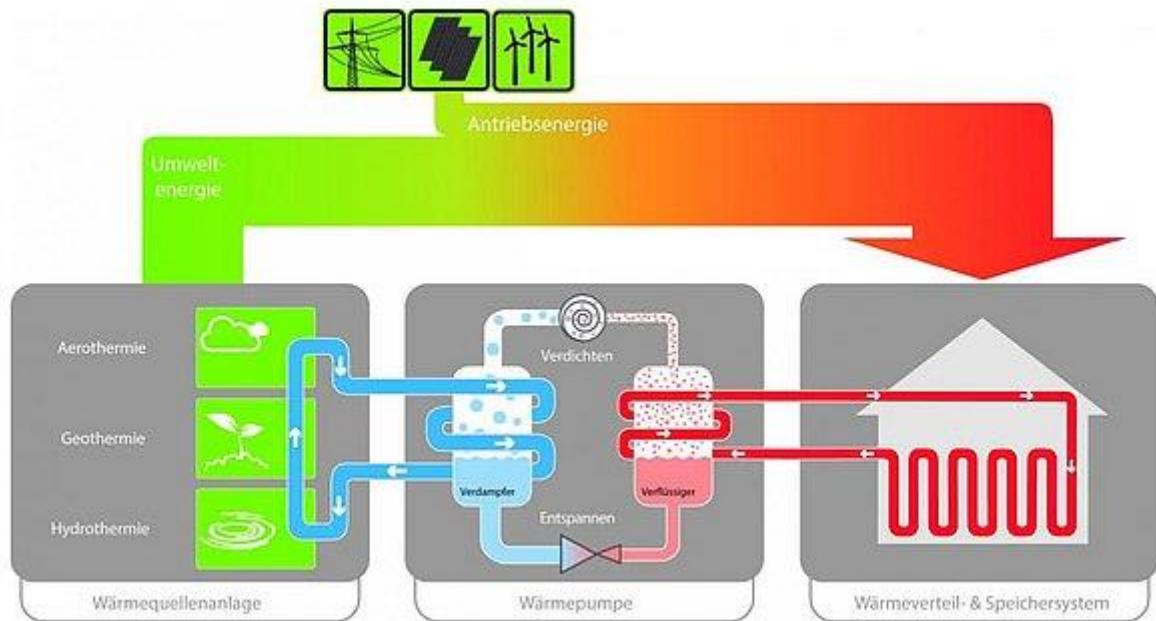
Abbildung 59: Wärmeabsorber zur nachträglichen Montage hinter PV-Modulen mit Standardabmessungen (eVERA GmbH, o.J.)



6.2.3 UMWELTWÄRME NUTZEN MIT WÄRMEPUMPEN

Der Umgebung wird Wärme entzogen und über einen Verdichter auf ein höheres Temperaturniveau angehoben. Das Konzept setzt auf eine seit Jahrzehnten bewährte Technologie (Jeder Kühlschrank enthält eine Wärmepumpe). Das System arbeitet dann besonders effektiv, wenn der Temperaturunterschied zwischen Entzugssystem und Wärmeabgabesystem möglichst gering ist. Das ist zum Beispiel dann der Fall, wenn als Bezugssystem das Erdreich genutzt wird und die Wärmeabgabe über Flächenheizsysteme erfolgt.

Abbildung 60: Prinzip der Wärmepumpe (co2online, o.J.)



Der Antrieb des Verdichters erfolgt idealerweise mit Strom aus Erneuerbaren Energien, so dass das System ohne die Verbrennung von fossilen Energieträgern auskommt. Effiziente Systeme erreichen eine Effektivität (Jahresarbeitszahl) von 4 und besser. Diese Zahl drückt das Verhältnis zwischen eingesetztem Strom und produzierter Wärme aus. Je größer die Arbeitszahl desto effizienter arbeitet das System. Abbildung 37 zeigt das Funktionsprinzip einer Wärmepumpe nochmal schematisch.

NUTZUNG DES ERDREICHS

Das Gebiet ist als wasserwirtschaftlich ungünstig ausgewiesen. Anfragen beim Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) und bei der Unteren Naturschutzbehörde des Landkreises Kassel ergaben, dass bei der Installation von Erdsonden wahrscheinlich mit einigen Auflagen zu rechnen ist (z.B.: Begrenzung der Bohrtiefe, besondere Anforderungen an die Abdichtung der Erdsonden). Die konkreten Anforderungen an das Einbringen von Erdsonden in dem Gebiet werden im Rahmen einer konkreten Antragstellung ermittelt.

Abbildung 61: Eignung des Gebiets für Erdwärmesonden (HLNUG, 2017)

Da durch den sehr geringen Wärmebedarf der Gebäude nur geringe Entzugsleistungen benötigt werden, werden im Folgenden Systeme gezeigt, die eine Nutzung des Erdreichs auch ohne die Installation von Erdwärmesonden ermöglichen.

Erdreichabsorber/Kollektoren

Für die Nutzung des Erdreichs als kompakte Quelle zum Wärmeentzug sind mittlerweile verschiedene Systeme am Markt verfügbar. Die Regeneration des Erdreichabsorbers kann durch Abwärme oder Umweltwärme wie zum Beispiel Solarthermie erfolgen.

Abbildung 62: Erdkollektoren (Roth Werke GmbH, 2019)

Abbildung 63: Erdkörbe (Rehau AG+Co, o.J.)

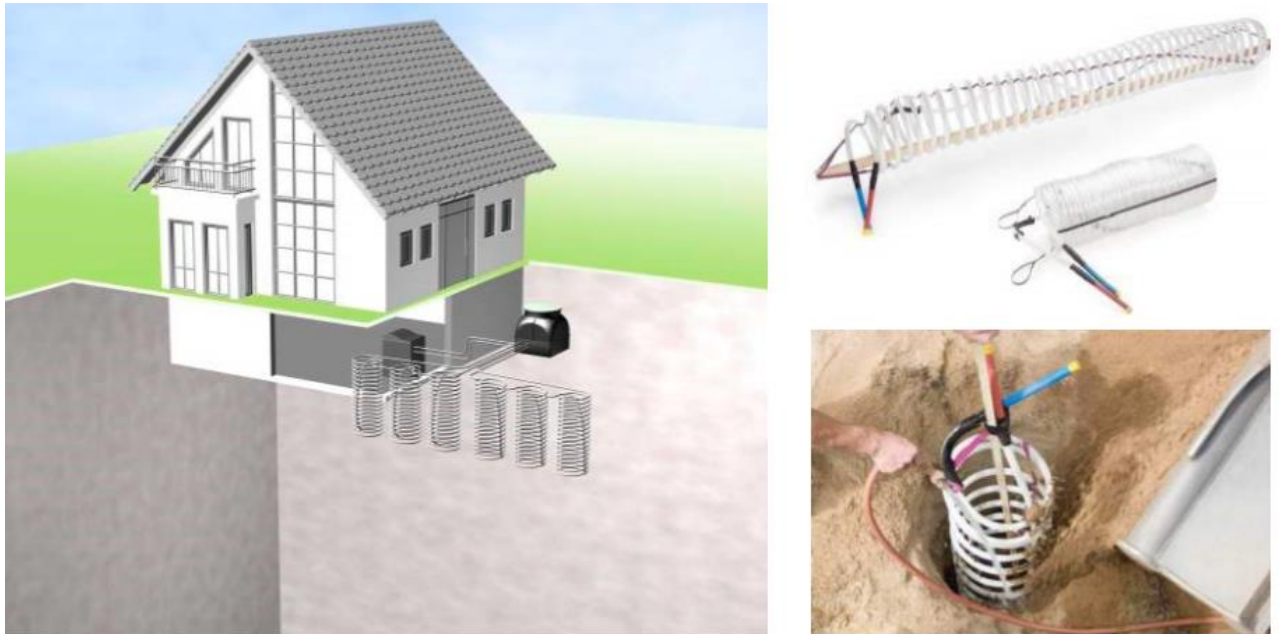


Abbildung 64: Erdzäune (GeoCollect GmbH, o.J.)





WASSER-/EISSPEICHER

Eine weitere Möglichkeit zur Bereitstellung von Energie für die Wärmepumpe sind Wasserbehälter, in denen das Wasser durch Wärmeentzug bis zur Vereisung abgekühlt wird (siehe Abbildung 41). Dabei wird die Eigenschaft des Wassers genutzt, dass beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand eine Energiemenge entzogen werden kann, die einer Temperaturdifferenz von ca. 80°Celsius entspricht. Die Regeneration des Speichers erfolgt über Umweltwärme (Außenluft, Regen, Solarthermie).

Abbildung 65: Eisspeicher Prinzipskizze (Viessmann Werke GmbH & Co. KG, o.J.)

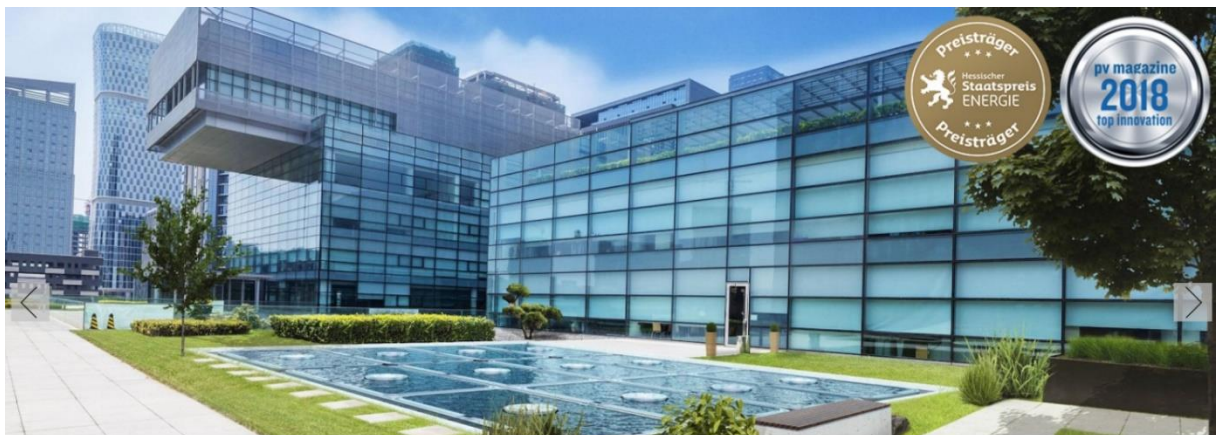


Auf das gleiche Prinzip setzt das System Naturspeicher. Das System wurde im Jahr 2018 mit dem Hessischen Staatspreis für Energie ausgezeichnet. Der Speicher wird als offenes System ausgeführt (siehe Abbildung 42 und 43). Die Regeneration erfolgt über die Außenluft, mit der das Wasser mittels eines Ventilators durchströmt wird.

Abbildung 66: Naturspeicher für Einfamilienhaus (Naturspeicher GmbH, o.J.)



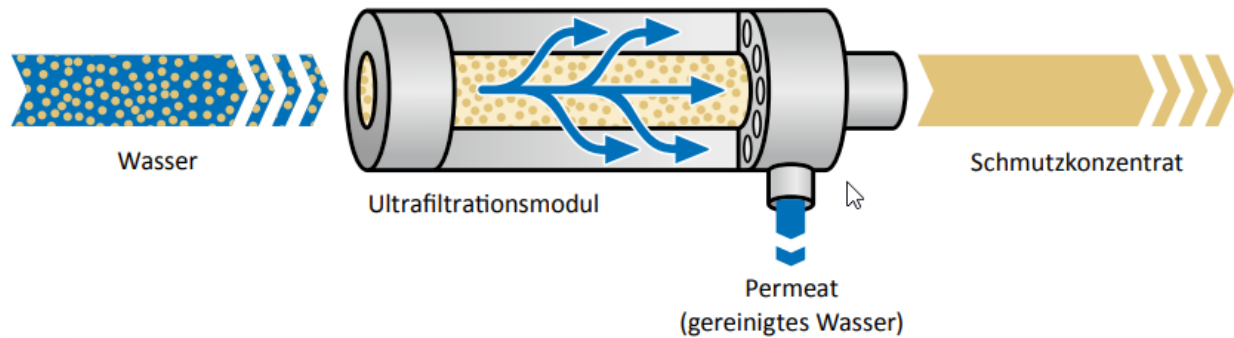
Abbildung 67: Naturspeicher für Geschosswohnungsbau (Naturspeicher GmbH, o.J.)



6.2.4 WASSERHYGIENE BEI NIEDRIGEN TEMPERATUREN

Bei größeren Wohneinheiten muss zur Sicherstellung einer hygienisch einwandfreien Wasserqualität das Wasser regelmäßig auf 65°C erwärmt werden, um mögliche Keime und evtl. vorhandene Legionellen abzutöten. Alternativ kann das Verfahren der Ultrafiltration eingesetzt werden, bei dem eine unzulässige Vermehrung von Keimen auf rein mechanische Weise dauerhaft und sicher verhindert wird. Dies hat den Vorteil, dass niedrigerer Temperaturen bei der Warmwasserbereitung ausreichen. Dadurch können Energieverluste reduziert werden, Wärmepumpen und Solarthermie laufen mit einem besseren Wirkungsgrad.

Abbildung 68: Prinzip Ultrafiltration (SOLVIS GmbH, 2017)



Das System wird u.a. im Alten- und Pflegeheim im Gertrudenstift in Baunatal eingesetzt, wo im Zeitraum 2016 bis 2017 eine Pflegeeinrichtung für junge Menschen (Phase F) im Standard KfW40Plus errichtet wurde. Die Temperatur des Warmwassers beträgt dauerhaft 45°C. Die Wasserqualität wird kontinuierlich überwacht. Das energetische Gesamtkonzept der Einrichtung wurde im Jahr 2018 mit dem Hessischen Staatspreis für Energie ausgezeichnet.

Abbildung 69: Areal des Evang.-Luth. Gertrudenstift e.V. (Pflegeeinrichtung Phase F im Vordergrund) (Gertrudenstift e.V.)



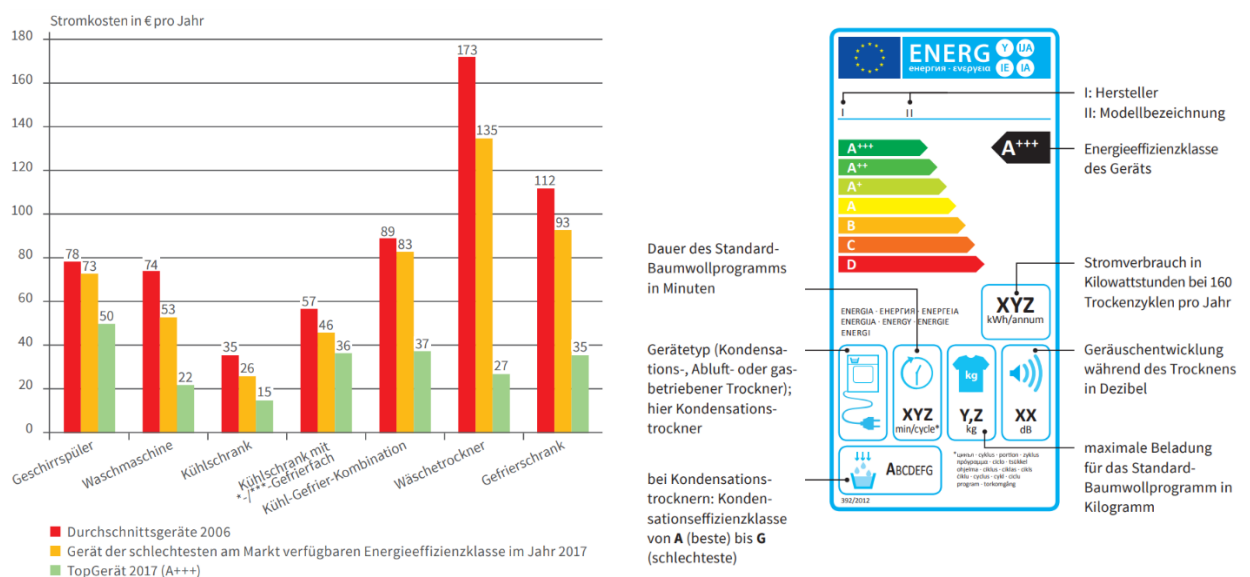
Abbildung 70: Ultrafiltrationsanlage Solvis-Clean (SOLVIS GmbH, 2017)



6.3 STROMWENDE DURCH GERINGSTEN HAUSHALTSTROMVERBRAUCH

Bei dem Einzug in das neue Passivhaus stellt sich für die einziehende Familie die Frage wie die Räume möbliert und mit Haushaltsgeräten ausgestattet werden. Bei der Ausstattung der Küche und der Beleuchtung besteht schon mit dem Einzug die Chance gleich auf die energiesparsamste Technik zu setzen. Bei der Auswahl hilft zum Beispiel das EU-Energielabel, mit dem viele Haushaltsgeräte gekennzeichnet sind. Neben dem „Effizienz“-Ansatz ist bei einem Umzug der „Suffizienz“-Ansatz von Bedeutung. Ein Beispiel für eine Überlegung wäre der Verzicht auf „die alte Kühltruhe“ und der Kauf einer neuen Kühl-Gefrier-Kombination. Mögliche jährliche Stromkosteneinsparungen der einzelnen Haushaltsgeräte werden in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

Abbildung 71: Einsparpotenzial von Haushaltsgeräten und EU-Energielabel (Quelle: dena)



6.4 MOBILITÄTSWENDE

Im Sinne der Verkehrsplanung kann das Quartier als eine Verkehrszelle betrachtet werden mit Quell-, Ziel-, Durchgangs- und Binnenverkehr. Um die Mobilität bestmöglich und unter Berücksichtigung des Schutzes von Umwelt und Klima zu gewährleisten, sind Maßnahmen zur Vermeidung des motorisierten Verkehrsaufkommens, seine Verlagerung hin zu klimafreundlicheren Fortbewegungsmitteln (Steigerung des Anteils am Umweltverbund) und die technische Fortentwicklung im Bereich der Fahrzeuge (THG-arme Antriebstechnik) notwendig.

- **Vermeidung:** Wird der Personenverkehr aus der Sicht des Quartiers betrachtet, wird über das Aufsuchen von Einrichtungen des täglichen Bedarfs (Arbeit, Einkauf, Bildung usw.) Personenverkehr induziert. Über die täglichen Wegeketten werden verschiedene Verkehrsarten genutzt. Der erste Schritt wäre die Verkürzung der Wegeketten zu den Einrichtungen des täglichen Bedarfs.
- **Verlagerung:** Zweiter Aspekt ist das Potenzial für die Verkehrsverlagerung über kurze Entfernungen zu den Wohnfolgeeinrichtungen und den ÖPNV-Haltepunkten. Kurze Wege bis 5 km haben im Modal-Split einen höheren Anteil an Fußgängern und Radfahrern. Eine dichte Stadtstruktur und eine funktionale Mischung unterstützen den Trend und das Ziel, dass zunehmend mehr Fahrrad gefahren wird. Die Verlagerung von Wegen auf den Fuß- und Radverkehr über die Förderung der Nahmobilität sowie eine Optimierung des ÖPNV tragen dazu bei, die Energienachfrage und THG-Emissionen zu reduzieren.
- **Technik:** Dritter Aspekt ist die Verbesserung bzw. Änderung der Fahrzeug- und Verkehrstechnik. Über THG-arme Antriebe würden die Emissionen reduziert werden.

Dies kann über Quartiere unterstützt werden, indem gute Rahmenbedingungen für treibhausgasarme Verkehrsmittel geschaffen werden. Dazu zählen:

- Ein gutes Fuß- und Radwegenetz.
- Eine gute Zugänglichkeit zum ÖPNV mit einer hohen Bedienungs- und Erschließungsqualität. Die Nähe des Quartiers zu der Straßenbahnhaltestelle ermöglicht die räumliche Voraussetzung für eine hohe ÖPNV Nutzung.
- Die Förderung der Elektromobilität. Diese sollte über gute Rahmenbedingungen für die Lademöglichkeit von Elektrofahrzeugen erfolgen.
- „Flächengerechte“ Ausgestaltung des Straßenraums mit Aufenthaltsqualität und gutem infrastrukturellem Angebot für den nicht-motorisierten Verkehr.

Zusammengefasst betrachtet, fördern die städtebaulichen Grundprinzipien Dichte, funktionelle Mischung und Polyzentralität eine klimagerechte Mobilität. Nahmobilität ist dann möglich, wenn die täglichen Ziele sich in der Nähe der Wohnung befinden. Die infrastrukturelle Ausstattung der Quartiere mit einer hohen, kleinräumigen Aufenthaltsqualität und Elektro-Lademöglichkeiten reduzieren die THG-Emissionen im Sektor Mobilität.

6.4.1 VERBESSERUNGEN BEI DER VERKEHRSINFRASTRUKTUR

Grundprinzip bei der Planung der Verkehrsinfrastruktur sollte das Prinzip der gleichwertigen Planung sein. Das bedeutet: Die zu Fuß und mit dem Rad teilnehmenden Verkehrsteilnehmer sollten die gleiche Wegequalität erhalten wie der KFZ-Verkehr. Dazu gehören angemessene Breiten für Fuß- und Radwege, wenn eine getrennte Führung sinnvoll oder erforderlich ist. Die Rahmenbedingungen der barrierefreien Ausgestaltung sind ebenfalls zu beachten. Kreuzungen und Querungen sind so zu gestalten, dass Fußgänger, Radfahrer und Mobilitätseingeschränkte so weit wie möglich entfährt werden.

ZUGÄNGLICHKEIT ZU FUß / MIT DEM RAD

Die Landesstraße L3386 bildet als westlicher Abschluss des Baugebiets auch eine Barriere für die fuß- und radläufige Querung. Die Verkehrsmengenkarte weist einen durchschnittlichen täglichen Verkehr von 5281 KfZ/24 Std. aus (Abbildung 72).

Abbildung 72: Verkehrsmengenkarte (Quelle: <https://mobil.hessen.de/sites/mobil.hessen.de/files/content-downloads/Verkehrsmengenkarte%20Ausschnitt%20Kassel.pdf> 23.09.2019)



Über die neue Wohnbebauung ist ein zusätzlich induzierter querender Fußverkehr über die L3386 zu erwarten. Hier wäre es sinnvoll eine gute Querungsmöglichkeit zur Erreichbarkeit der Haltestelle zu schaffen (Abbildung 73).

Abbildung 73: Fehlende Querungsmöglichkeit der L3386

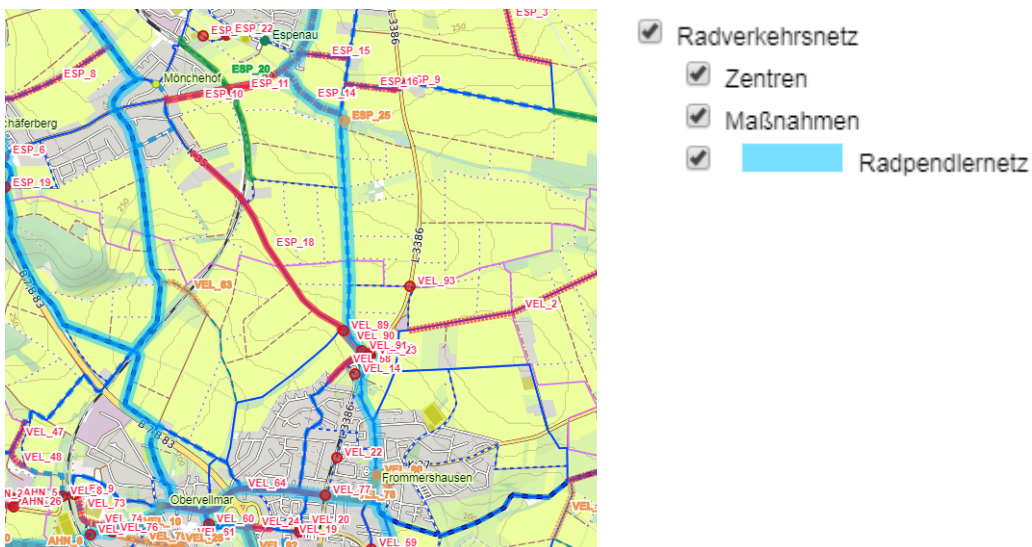


Aus den weiteren geografischen Quadranten ist eine Zugänglichkeit über die Anliegerstraßen und Agrarwege gegeben.

RADSCHNELLWEG

Das bisherige Radpendlernetz wird auf der Höhe des Baugebiets parallel zur L3386 geführt. Nördlich der Tramwendeschleife quert der Radweg die Landesstraße Richtung Hohenkirchen.

Abbildung 74: Bestehende Radwege im Neubaugebiet (Quelle: <http://www.rvk.lk-kassel.radinformation.de/karte.html> 23.09.2019)





Im Zuge des Neubaugebiets kann bei der Anlage eines Radschnellwegs Richtung Grebenstein über eine neue Wegeführung nachgedacht werden. Eine jetzt schon bestehende und genutzte Verbindung ist der Agrarweg, der bei der Neubauentwicklung als Grünzone umgenutzt werden soll (Abbildung 75).

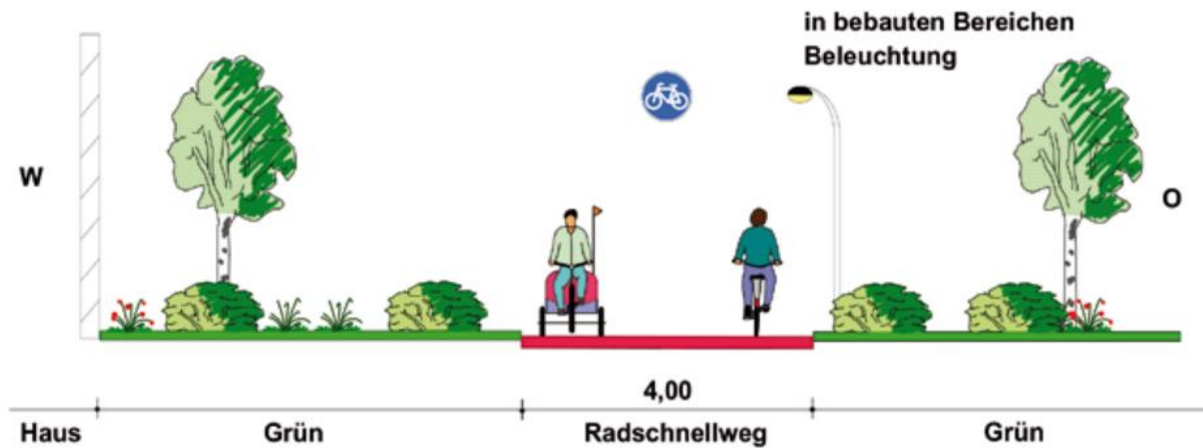
Abbildung 75: Jetzt schon genutzter Agrarweg als Radweg



Dieser könnte als eigenständig geführter Radschnellweg umgenutzt werden, wobei die Mindestbreite von Radschnellwegen von 4 m zu berücksichtigen ist (Abbildung 76).

Abbildung 76: Beispielhafter Querschnitt von einem eigenständig geführten Radschnellweg (Quelle: https://www.radschnellwege.nrw/fileadmin/user_upload/downloads/RSW_Planungshilfe_RZ_web.pdf)

Planung



Die Anschlüsse im Norden und im Süden wären nach den Kriterien von Radschnellwegen (FGSV-Definition) anzulegen.

RUHENDER RADVERKEHR

Die Fahrräder gut und sicher Abstellen zu können, trägt zum Nutzerkomfort bei. Eine mögliche Idee wären einzelne oder gemeinsame „Fahrradgaragen“ beim Geschosswohnungsbau. Mit einer Steckdose versehen, könnten diese das Laden von E-Bikes ermöglichen.

Für das Abstellen im Freien haben sich Anlehnbügel bewährt. Diese sollten einen Mindestabstand von 1,30 m haben (mind. 1 m) damit ein beidseitiges anstellen gut möglich ist. Bei einer langen Aufenthaltsdauer der Räder sollten die Abstellmöglichkeiten überdacht sein.

Abbildung 77: Gute Abstellmöglichkeiten bei der Straßenbahnhaltestelle. Die Installation einer Überdachung würde die Lösung verbessern.



SCHNELLADEMÖGLICHKEITEN FÜR ELEKTROKRAFTFAHRZEUGE

Neben den „normalen“ Lademöglichkeiten per Wall-Box in der eigenen Garage wäre eine Schnelllademöglichkeit im Quartier sinnvoll. Diese könnte mit dem elektrischen Quartierspeicher kombiniert werden. Über den Mittelspannungsanschluss sollte mit dem technischen Blick in die Zukunft mit Ladeleistungen von 150 kW und mehr umgegangen werden können.

Abbildung 78: High-Power-Charging-Ladestecker (Quelle:

https://www.phoenixcontact.com/online/portal/de?1dmy&urile=wcm:path:/dede/web/main/products/technology_pages/subcategory_pages/High_power_charging/b1c8a245-f088-4fad-b144-cea31e7f9a82)



6.5 SEKTORKOPPLUNG UND SPEICHERMANAGEMENT

Von Sektorkopplung im Rahmen der Energiewende wird gesprochen, wenn Erneuerbare Energien in verschiedenen Anwendungsfeldern (Sektoren) eingesetzt werden. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn Strom aus Photovoltaik oder Windenergieanlagen für Mobilität oder zur Wärmeversorgung genutzt wird, um in diesen Sektoren den Einsatz von fossilen Energieträgern zu ersetzen. Da Erzeugung und Nutzung des Stroms aus Erneuerbaren Energien nicht immer zeitgleich möglich sind, können durch den Einsatz von elektrischen Speichern diese Möglichkeiten wesentlich besser genutzt werden. So kann zum Beispiel die während der Tageszeit gewonnene elektrische Energie gespeichert werden, um in den Nachtstunden die Wärmepumpe zur Beheizung des Gebäudes zu versorgen.

QUARTIERSPEICHER FÜR ELEKTRISCHE ENERGIE

Die Speicherung von elektrischer Energie kann sowohl dezentral in den einzelnen Gebäuden (Voraussetzung für die Förderung nach KfW40Plus-Standard) als auch in einer zentralen Speichereinheit im Quartier erfolgen. Dieser zentrale Speicher kann mehrere Funktionen erfüllen:

- Ausgleich von Schwankungen auf der Last- und Erzeugungsseite im Quartier
- Bereitstellung von Netzdienstleistungen (Stabilisierung des Stromnetzes in der Umgebung)
- Schnellladefunktion für Elektrofahrzeuge (kurze Versorgungswege)
- Notstromfunktion im Quartier (Erhöhung der Versorgungssicherheit)

Abbildung 79 zeigt einen geplanten Großspeicher mit SolarCarport und Ladestationen. Der Speicher hat eine Kapazität von 1,37 MWh und eine Leistung von 1,0 MW. Der mit PV-Modulen überdachte Carport hat eine Leistung von ca. 40 kWp. Bei einem angenommenen Energiebedarf eines Elektroautos von 15 kWh/100km produziert die Solarstromanlage elektrische Energie für eine Fahrleistung von ca. 240.000 km pro Jahr.

Abbildung 79: Geplanter Großspeicher mit SolarCarport und Ladestationen in Lohfelden (Regionale Versorgungswerke Kassel e.G.)



6.6 REALISIERTE BEISPIELE

DOPPELHAUS IN KASSEL-HARLESHAUSEN (BAUJAHR 2002), BAUHERR: ARCH. KRUHM (KEEA)



Technische Lösungen:

- Komplettdach mit Photovoltaik bestückt
- Sole (Erdreich)-Wärmepumpe
- Absorbermatten
- Passivhausstandard



WOHNHAUS KASSEL-AUEFELD (BAUJAHR 1999); BAUHERR: FAM. RAATZ (KEEA)



Technische Lösungen:

- thermischer Kollektor (24 m²)
- Erdreich als „Speicher“
- Bodenplatte (Flächenkollektor); Garten (Spiralkollektoren)
- Sole (Erdreich)-Wärmepumpe
- Flächen- und Wandheizung
- Standard KfW70 (aktuelle ENEC)



KASSEL-LOHFELDEN, DYNAHAUS (BAUJAHR 2015) FIRMA KRIEGER UND SCHRAMM

- Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Bodenplatte und Wände als thermischer Speicher
- PV-Anlage
- Energiemanagementsystem, auch für E-Mobilität
- Passivhausstandard

Hausbewohner gesucht

SMA startet Casting-Aufruf für Energie-Speicher-Haus

■ Niestetal/Lohfelden. Bis zum Jahresende entsteht in Lohfelden ein ganz besonderes Gebäude: Die Dynahaus GmbH & Co. KG baut dort ein EnergieSpeicherPlus-Haus mit SMA Smart Home-Technologie. Dessen Bewohner werden sich weitgehend unabhängig mit eigenem Solarstrom versorgen können – ein wichtiger Beitrag zur dezentralen und regenerativen Energieversorgung der Zukunft. Mit einem Casting suchen SMA und Dynahaus nun eine Familie, die ab Dezember 2014 für ein Jahr mietfrei in dem neuartigen Haus wohnt und ihre Erfahrungen mit anderen Interessierten teilt. Das EnergieSpeicherPlus-Haus von Dynahaus setzt neue Standards in Sachen Nachhaltigkeit und Unabhängigkeit. Die Idee dahinter: Es erzeugt mehr Energie, als die Bewohner verbrauchen, bietet höchsten Wohnkomfort und ist dabei auch noch bezahlbar. Einen Großteil der Energie liefert die Photovol-



Schöner wohnen: Dynahaus und SMA suchen eine Familie, die das Haus für ein Jahr mietfrei beziehen möchte. Fotos: Dynahaus



taikanlage auf dem Dach des Gebäudes. Die selbst erzeug-

te Energie kann sowohl direkt im Haus verbraucht, als auch in einem Batteriespeicher bzw. thermischen Speicher zwischengespeichert werden. So kann die Energie auch dann genutzt werden, wenn die Sonne mal nicht scheint. Durch das intelligente Energiemanagement mit dem SMA Smart Home-System werden die Stromerzeugung und der Verbrauch steuerbarer Elektrogeräte optimal aufeinander abgestimmt. Auch Elektro-Autos und Elektrobikes können in das ganzheitliche Konzept integriert werden. Für das Haus in Lohfelden su-

chen SMA und Dynahaus gemeinsam nach einer Familie, die nach Fertigstellung im Dezember für ein Jahr mietfrei dort einzieht und ihre Erfahrungen im Haus der Zukunft mit anderen Interessierten teilt.

Bewerben bis 31. Oktober

Bewerbungsschluss für das Familien-Casting ist der 31. Oktober 2014. Weitere Informationen zum Familien-Casting sowie einen Link zum Bewerbungsformular gibt es auf dem SMA Unternehmensblog www.SMA-Sunny.com sowie unter www.Dynahaus.de

ExtraTip vom 15.03.2014

6.7 DIE SOZIOKULTURELLEN ASPEKTE EINES NEUBAUQUARTIERS

Das Besondere an einem Neubaugebiet ist der Neubaubau eines sozialen Gefüges. Neue Nachbarschaften entstehen, mit dem Umzug können alte Gewohnheiten abgelegt werden. So wie die Chance auf eine neue Einbauküche besteht auch die soziale Chance die alten Mobilitätsgewohnheiten zu transformieren, indem die Angebote des Neubauquartiers angenommen werden. Daher ist es wichtig, dass die „Hardware“ eines Neubaugebiets (StraBa usw.) von Anfang an vorhanden sind, damit die neurobiologische „Software“ die alten Gewohnheiten überschreiben kann. Im Folgenden führt eine Einführung in die soziale Grundstruktur eines Neubaugebiets ein, gefolgt von den Möglichkeiten eines Neubaugebiets wie gemeinsamer Betreibermodelle.

6.7.1 EINFÜHRUNG

Nach dem theoretisch integriert holistischen Ansatz hat ein zukünftiger Bewohner des Neubauquartiers einen individuellen und einen kollektiven Bezug. Als in einem sozialen Kontext aufgewachsene Person nimmt jede Person eine Haltung ein, die durch ihre individuelle Lebensbiografie im gesellschaftlichen Kollektiv geprägt ist. Jede individuelle Haltung ist also als einmalig zu betrachten. Dies trifft auf die zukünftigen Bewohner im Quartier ebenso zu, wie auf die Planer, Unternehmer und sonstigen ‚Stakeholder‘ im Umgang mit dem Quartier.

Abbildung 80: Differenzierung des Soziograms



Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass die Bewohner Gemeinschaften bilden werden. Sie bauen und bewohnen Häuser, bilden Nachbarschaften, sind eine Familie, gehen im Quartier gemeinsamen Interessen nach. Es ist davon auszugehen, dass in jedem Quartier gemeinschaftliche Interessen bestehen, also in Zukunft ein Gemeinschaftssinn ausgeprägt sein wird. Dieser kann auf unterschiedlichsten Arten ausgeprägt sein, das Wohnhaus pflegen, sich gegenseitig im Alter oder

bei der Kinderpflege unterstützen, gemeinsamen Hobbys nachgehen oder ein Straßenfest organisieren. Bei dem Neubauquartier besteht also auch ein sozialer Gestaltungsraum, der ausdifferenziert betrachtet werden kann:

- Die individuellen Haltungen der Bewohner, Unternehmer, aber auch politischer Entscheidungsträger können über den städtebaulichen Prozess gewandelt werden.
- Die gemeinschaftlichen Organisationsformen können über den städtebaulichen Prozess neu gestaltet werden.

INNERLICH - INDIVIDUELL: DIE EINZELPERSONEN IM QUARTIER

Die grundsätzliche soziale Fragestellung für ein Energieplusquartier ist, welche Haltung die Personen zu Themen wie Klimaschutz, Energiekosten und Lebensqualität einnehmen. Ist zum Beispiel der Zusammenhang zwischen Klimawandel und zu erwartenden lokalen Extremwetterereignissen bekannt? Wie ist die Bereitschaft, sich auf die Auswirkungen des Klimawandels vorzubereiten, oder besser einen Beitrag zu Klimaschutz zu leisten? Oder werden mit den eigenen Aktivitäten nur individuelle Interessen verfolgt, z.B. die

Wohnkomfortsteigerung durch Dämmung der Gebäude? Das Soziogramm der Bauinteressierten (und Unternehmer) bildet die Gesamtschau der individuellen Haltungen ab. Wie auf der physikalisch-technischen Ebene wäre für eine Quartiersentwicklung ein Verständnis der subjektiv-individuellen Haltungen und Meinungen zu ermitteln und über ein Kommunikationskonzept zu gestalten.

INNERLICH – KOLLEKTIV: GEMEINSCHAFTEN INNERHALB DES QUARTIERS

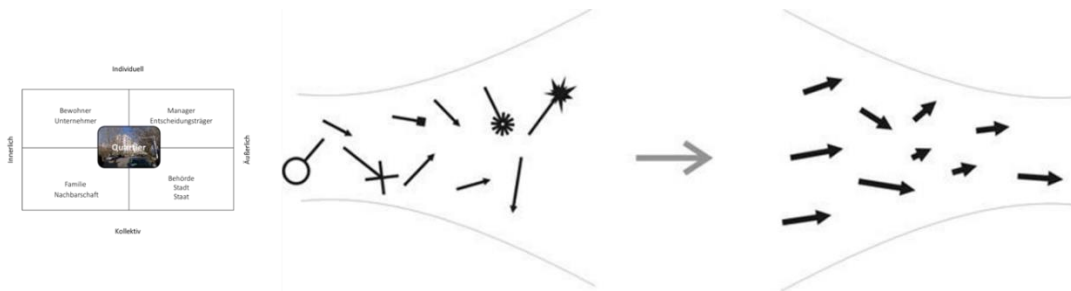
Die individuellen Bewohner und Unternehmer in Quartier bilden in Zukunft über gemeinsame Interessen und Tätigkeiten Gemeinschaften in Form von Familien, Hauseigentümergeinschaften, Freundschaften und gemeinsame Unternehmungen. Bei einer Gemeinschaft wird von gemeinsamen Interessen ausgegangen, beispielsweise eine Familie bewohnt ein Haus, eine Hauseigentümergeinschaft verfolgt das Interesse, ihr Haus zu pflegen, ein Unternehmen als Gemeinschaft verfolgt eine Gewinnerzielungsabsicht.

Es ist also davon auszugehen, dass es im Neubauquartier Gemeinschaften geben wird, die einen Sinn und Zweck verfolgen. An diese können die Themen Energieeinsparung und Klimaschutz angeknüpft werden. Die Heterogenität der Gemeinschaften bildet das „Mindset“, dass die individuelle, subjektive Ausprägung des Quartiers darstellen wird.

Über die kommunikative Begleitung des Neubauquartiers könnte dann über eine geeignete Kommunikation mit den Bürgern, Unternehmern und Gemeinschaften das Thema Klimaschutz und Energieeinsparung weiter verankert werden. Die Instrumente gehen von sensibilisierenden Einzelgesprächen über Veranstaltungen bis zu Fördermechanismen wie finanzielle Unterstützung.

Abbildung 81 zeigt als Skizze die Entwicklung gemeinsamer Interessen im Quartier. Aus einem heterogenen Meinungsbild unterschiedlichster zum Teil gegenläufiger Interessen wächst idealerweise über das Quartiersmanagement eine Gemeinschaft, die grundsätzlich den Zielen des Klimaschutzes und der Energieeinsparung zustimmt, und dafür eine gemeinsame Strategie entwickelt und umsetzt. Geeignete äußere Rahmenbedingungen wie eine monetäre Unterstützung fördern den inneren Entwicklungsprozess.

Abbildung 81: Gemeinschaftsgeist entwickeln



6.7.2 EINE GEMEINSAME HALTUNG FINDEN: DAS INCLUSIVE QUARTIER

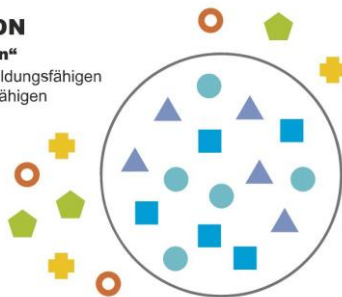
Eine zukunftsorientierte Quartiersentwicklungsstrategie könnte als inklusives Quartier bezeichnet werden. Weder Segregation noch Integration, sondern Inklusion beschreibt das vollständige, differenzierte Einschließen von technischen Quartiersfunktionen und einer sozialen Quartiersgesellschaft.

Abbildung 82: Inklusion als vollständiges Einschließen urbaner Gesellschaften (Quelle: Von Robert Aehnelt - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26858944>)

EXKLUSION

„Ausschließen“

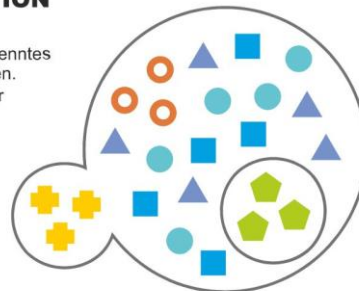
Trennung von Bildungsfähigen und Bildungsunfähigen



INTEGRATION

„Eingliedern“

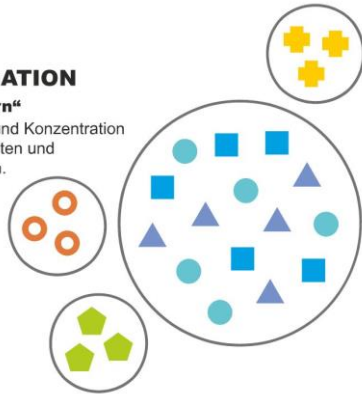
Fügt vorher Getrenntes wieder zusammen. Gemeinsam aber nebeneinander.



SEGREGATION

„Aussondern“

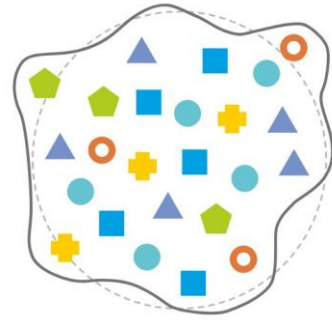
Separierung und Konzentration nach Fähigkeiten und Eigenschaften.



INKLUSION

„Einschließen“

Alle gemeinsam.
Die Struktur passt sich den individuellen Bedürfnissen an.



Der Begriff Inklusion wird heute hauptsächlich in der Schulpädagogik verwendet. In den Schulen werden Kinder mit und ohne Behinderung ganz natürlich zusammen unterrichtet. Dies erfordert vorrangig auf der subjektiven Ebene eine Haltung der Schüler und Lehrer alle Menschen als Person wahrzunehmen, unabhängig von einer Hochintelligenz oder einer körperlichen oder geistigen Beeinträchtigung. Auf der objektiven Ebene sind für inklusive Schulgebäude über Umbauten eine Barrierefreiheit herzustellen. Inklusive Schulen erfordern also einen subjektiven und objektiven Wandlungsprozess. Der bautechnische Umbau von Gebäuden schafft Rahmenbedingungen, damit eine natürliche Begegnung im Schulalltag ermöglicht wird. Wie ist Inklusion in einer neuen Quartiersgesellschaft zu sehen? Wie bei den Schulen geht es um die Haltung der Personen zueinander (und um die technische Grundausstattung).

Im Idealbild einer inklusiven urbanen Gesellschaft sind alle Menschen offen für die Ideen anderer. Das Unbekannte ist nicht besser oder schlechter, es ist eben unbekannt, ohne gleich bewertet zu werden. Jede Person wird so akzeptiert wie sie ist. Eine Näherung an dieses Idealbild schafft Möglichkeiten die Energie- und Klimaschutzziele zu erreichen. Warum? Die Klimaschutzziele bis 2050 würden über einen Wertewandel deutlich unterstützt werden. Dieses Ziel würde unterstützt werden, indem die urbanen Gesellschaften „inklusiver“ denken.

Die Neugründung von Vellmar-Nord bietet die Möglichkeit über eine Inklusion auf urbane Infrastrukturen zurückzugreifen, um z. B. über die Nahmobilität die Wege des täglichen Bedarfs zurückzulegen und den öffentlichen Raum als Teil seiner Lebenswirklichkeit anzunehmen. Die Stadt hat wiederum die Möglichkeit über ihre Gestaltungsvielfalt ein nachhaltiges, klimaschonendes Leben in Vellmar-Nord zu begünstigen.

GRUNDVORAUSSETZUNG: DIE WAHRNEHMUNG OBJEKTIVER REALITÄTEN

Eine Grundvoraussetzung ist die Wahrnehmung der objektiven Realitäten. Hierbei unterstützt inklusives Denken und Handeln. Wird die Inklusion nicht nur als stadtsoziologischer Begriff betrachtet, sondern als Einschluss aller Aspekte urbanen Lebens, dann ist der Klimawandel ein Aspekt, der zu inkludieren ist. Ziel der Klimawandel-Inklusion ist ein ganz selbstverständlicher Umgang mit dem Thema. So wie der Rollstuhlfahrer bei einer inkludierten Schule keine Ängste bei

den Mitschülern mehr hervorruft, so erzeugt der inkludierte Klimaschutz keine Ängste mehr in der Gesellschaft. Der Klimaschutz ist eine ganz selbstverständliche Aufgabe eines Stadtentwicklungsprozesses, der als offenes Potenzial zur Gestaltung der Zukunft gesehen wird. Dieses Potenzial kann geschöpft werden.

Grundvoraussetzung ist ein Verständnis des Klimawandels. Es geht um die physikalische Reduktion von Treibhausgasen in der Atmosphäre. Wo finden die Emissionen statt? Wie können diese konkret und direkt vermieden werden. Diese objektiven Informationen sind die Grundvoraussetzung um als Einzelperson oder als urbane Gesellschaft richtig handeln zu können. Ein inklusiver Prozess versucht also Unwahrheiten und Ängste abzubauen, indem die physikalische Realität richtig verstanden wird.

INKLUSION ALS WECHSELWIRKUNG ZWISCHEN DEN OBJEKTIVEN UND SUBJEKTIVEN ASPEKTEN EINER URBANEN GESELLSCHAFT VERSTEHEN

Ein weiterer Aspekt ist die Akzeptanz der eigenen Teilhabe am Klimawandel. Nach Umfragen⁷ ist der Klimawandel einer der größten Sorgen der Deutschen. Die sofortige Umsetzung als natürliche Folge der Sorge Klimawandel erfolgt nur sehr zögerlich, wie aus den THG-Monitorings von Bund und Ländern sichtbar wird. Die logische Schlussfolgerung aus der Umfrage und dem Monitoring wäre, dass die Wahrnehmung als Sorge und die unmittelbare Handlung als Lösung getrennt gesehen werden. Sorge und Lösungsstrategie werden bisher nicht inklusiv betrachtet. Hier würde eine inklusive urbane Gesellschaft den Transformationsprozess unterstützen, jetzt den Klimawandel prioritär wahrzunehmen, aktiv zu handeln und in Vellmar-Nord umsetzen.

6.8 FAZIT

Grundprinzip:

Die Energienachfrage soweit wie möglich reduzieren, damit die im Quartier mögliche Energieproduktion möglichst viel abdeckt. Denn: Fernmobilität, Ernährung, Konsum, Graue Energie in den Baustoffen und deren Treibhausgase sind nicht berücksichtigt.

PHYSIKALISCH-TECHNISCHE ASPEKTE

Die **beste** bau- und anlagentechnische Kombination ist

- **Passivhaus** als zertifizierter Gebäudestandard. Die lokalen Architekturbüros und ausführenden Unternehmen können sich auf das zu erwartende Bauvolumen des Quartiers einstellen. Über den Skaleneffekt wäre eine Kostenreduktion vom Baustandard möglich.

⁷ Z.B. des Instituts Kantar Emnid im Juli 2017

- Finanzierung über **KfW40 Plus**. Zusammen mit einer Einliegerwohnung 200.000 € als Kreditrahmen, 0,8% Zins, bis zu 5 tilgungsfreie Anlaufjahre, bis zu 30.000 € Tilgungszuschuss.
- **Wärmepumpe** als Wärmeerzeuger. Wenn die Bodenplatte und die Freiflächen als Entzugssystem es zulassen eine Sole-Wärmepumpe. Ansonsten eine Luft-Wärmepumpe. Bei zu geringen Entzugsflächen im Geschosswohnungsbau evtl. ein „kaltes Nahwärmenetz“ als gemeinsames Entzugssystem.
- Die Erzeugung der benötigten elektrischen Energie für die „Energie Plus Siedlung“ über Solarenergie mit **Photovoltaik** und **Umweltenergie** über Wärmepumpen. Für den Bereich der mehrgeschossigen Baufenster im Nordwesten des Gebiets kann auch ein Niedertemperatur-Wärmenetz, das zum Beispiel einen zentralen Eisspeicher als Wärmequelle nutzt, sinnvoll sein.
- Eine **Kompensation** der THG Emissionen für Wärme, Elektrizität und Mobilität wäre bei einer PV-Anlage am eigenen Gebäude unter Berücksichtigung der verbrauchsmindernden Maßnahmen möglich.
- Zum **Lastausgleich** möglichst einen elektrischen Speicher pro Gebäude. Diese können zusätzlich durch einen „Quartiersspeicher“ auf Mittelspannungsebene ergänzt werden, der in Bezug auf das Energiemanagement eher einen regionalen Charakter hätte. Er könnte aber über eine Stromversorgung bei Netzausfall und dem Laden von Elektrofahrzeugen mit hoher Leistung einen Vorteil für das Quartier generieren.

Die Umsetzung dieser „physikalisch-technischen“ Rahmenbedingungen erfolgt im Bauplanungsprozess über Städtebauliche Verträge:

- Passivhaus als Mindest-Baustandard
- Mehr Energie gewinnen als über Wärme, Elektrizität und täglicher Mobilität verbraucht wird
- Klimaneutralität: Kompensation der induzierten Treibhausgasemissionen auf dem eigenen Flurstück.
- Gemeinsame Versorgungslösungen beim Geschosswohnungsbau sollten über angepasste Verträge möglich sein.
- Ein Quartiersspeicher für die Optimierung des Lastmanagements im Quartier und in der Wechselwirkung mit der Region.

Weitere städtebauliche Anforderungen an:

- Nahmobilität
- Gute Erschließungs- und Bedienungsqualität für den ÖPNV.
- Car-Sharing, sofern sich ein Anbieter findet.

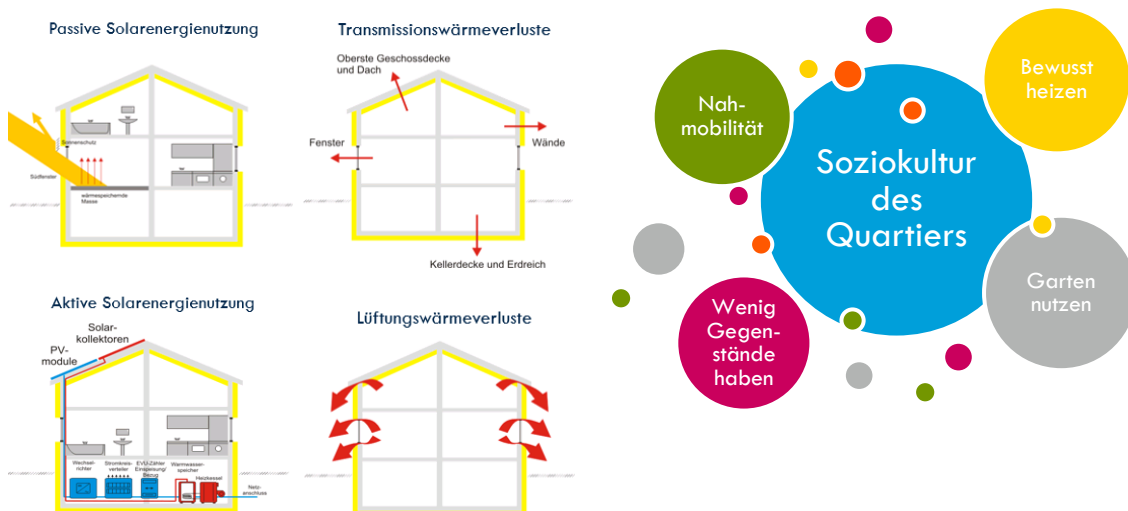
- Befindlichkeiten des Klimawandels berücksichtigen (Starkregen, Trockenheit, Überhitzung, Kaltluftentstehung).
- Platz für den Quartierspeicher mit Lademöglichkeit für Elektrofahrzeuge.
- Eine Architektur, die eine PV Anlage mit rund 10 kWp / rund 100 m² in günstiger Ausrichtung zur Sonne ermöglicht.

SOZIOKULTURELLE ASPEKTE

Die physikalisch-technischen Aspekte bilden die Grundlage, ob ein Energie Plus Quartier im Sinne der hessischen Definition realisierbar ist. Dies ist in den vorherigen Kapiteln aufgezeigt worden. Der zweite wichtige Aspekt ist die Akzeptanz der am Prozess beteiligten.

Die Spanne der Möglichkeiten zwischen Technik und Kultur bewegt sich von rein technischen, wie „Gebäudedämmung“, bis hin zu Möglichkeiten im soziokulturellen Bereich über die Suffizienz. Die technisch-physikalischste Form des Klimaschutzes ist zum Beispiel ein möglichst geringer Transmissionswärmeverlust über die Gebäudehülle. Ein suffizientes Verhalten bedeutet das Gebäude sehr sparsam und gezielt zu beheizen. Durch die im Mittel der Heizperiode deutlich geringeren Raumtemperaturen wird der Transmissionswärmeverlust ebenfalls reduziert.

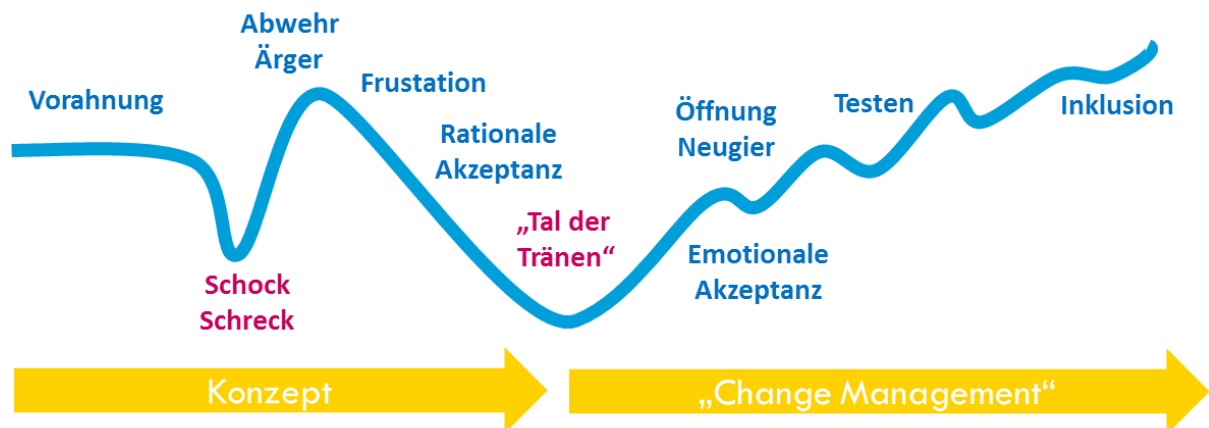
Abbildung 83: Für die energetische Transformation des Quartiers ist es wichtig die technischen und soziokulturellen Potenziale zu nutzen



Sinnvoll ist es bei der Gebietsentwicklung eine gute Kombination aus technischen und soziokulturellen Aktivitäten zu finden und zu aktivieren. Beim Beispiel Pkw wäre es beim nächsten Kauf die kraftstoffsparende Variante, die tägliche Mobilität wird mit gut machbaren Wegen zu Fuß oder mit dem Rad kombiniert. Die Gewohnheit der Pkw-Fahrt „zum Briefkasten“ wird über einen persönlichen soziokulturellen Wandel in einen Spaziergang umgewandelt.

Dieser Transformationsprozess ist über den Dialog und die Bauleitplanung schon aktiv und geht über die Erschließung, den Bau, Einzug und die Nutzung weiter. Die Abbildung 84 zeigt graphisch einen typischen Verlauf eines „Change-Management“ Prozesses. Auch bei Vellmar-Nord ist davon auszugehen, dass nicht jeder das Neubaugebiet sofort mit Begeisterung begrüßen wird. Deshalb sollte es das Anliegen sein, die lokalen Akteure weiter zu begleiten, also die Begeisterten zu unterstützen, die Bedenken mit guten Argumenten zu klären und die passiven Bürger zu aktivieren.

Abbildung 84: Vom Konzept zum „Change Management“



Vorgeschlagen wird daher:

- Weitere Begleitung des Bauprozesses
 - Begleitung der „Baufamilien“ beim Bau ihres Einfamilienhauses
 - Begleitung der Wohnungsbaugesellschaften bei der Einhaltung des Energie-Plus Standards
- Begleitung der Gebäudeeigentümer der südlich angrenzenden Bestandssiedlung
- Kommunikation über Medien und Veranstaltungen
- Begleitung der Bewohner in Vellmar-Nord nach dem Einzug für die Optimierung des Nutzerverhaltens

7 BAULEITPLANUNG UND STÄDTEBAULICHER VERTRAG

7.1 MÖGLICHKEITEN TEXTLICHE FESTSETZUNGEN IM B-PAN

Um das Energiekonzept umsetzen zu können, sind entsprechende textliche Festsetzungen im B-Plan notwendig, die im Städtebaulichen Vertrag dann genauer ausformuliert werden. Im Folgenden werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie Regelungen zum Klimaschutz in der Bauleitplanung vertraglich gefasst werden könnten. Bevor diese in das Verfahren aufgenommen werden, ist entsprechende juristische Fachkompetenz hinzuzuziehen.

ENERGETISCHER MINDESTSTANDARD DER GEBÄUDE

Möglichkeiten zur Festlegung von Regelungen in der Bauleitplanung zum allgemeinen Klimaschutz ergeben sich durch die Zielvorgaben nach § 1 Abs. 5 BauGB, nach dem „Bauleitpläne ... dazu beitragen ...*die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln sowie den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern*“. Im § 1 Abs. 7 BauGB sind die Belange weiter ausformuliert:

- „a) *die Auswirkungen auf Tiere, Pflanzen, Fläche, Boden, Wasser, Luft, Klima und das Wirkungsgefüge zwischen ihnen sowie die Landschaft und die biologische Vielfalt,*
- c) *umweltbezogene Auswirkungen auf den Menschen und seine Gesundheit sowie die Bevölkerung insgesamt,*
- d) *umweltbezogene Auswirkungen auf Kulturgüter und sonstige Sachgüter,*
- e) *die Vermeidung von Emissionen sowie der sachgerechte Umgang mit Abfällen und Abwässern,*
- f) *die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie,*
- h) *die Erhaltung der bestmöglichen Luftqualität in Gebieten, in denen die durch Rechtsverordnung zur Erfüllung von Rechtsakten der Europäischen Union festgelegten Immissionsgrenzwerte nicht überschritten werden.“*

Im § 9 BauGB „Inhalt des Bebauungsplans“ sind die Festsetzungsmöglichkeiten aufgeführt. Generell lässt sich daraus eine Festlegung des energetischen Mindeststandards / Energie Plus nicht ableiten. Daher wird vorgeschlagen die energetischen Festsetzungen im Städtebaulichen Vertrag festzulegen und in den textlichen Festsetzungen des B-Plans den Hinweis auf den Vertrag zu hinterlegen.

NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIE

Weitere wichtige Aspekte neben der Reduktion des Gebäudeenergiebedarfs und der Wärmeverluste ist die aktive Nutzung von Erneuerbarer Energie. Dieses sollte für ein Energie Plus Quartier für jedes Gebäude verbindlich vorgeschrieben werden. Begründung für eine textliche Festsetzung zur Nutzung von Anlagentechniken für Solarenergie oder zur effizienten Energienutzung befindet sich im BauGB § 9 „Im Bebauungsplan können aus städtebaulichen Gründen festgesetzt werden: ... Abs 23: Gebiete, in denen... b) *bei der Errichtung von Gebäuden oder bestimmten sonstigen baulichen Anlagen bestimmte bauliche und sonstige technische Maßnahmen für die Erzeugung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus Erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung getroffen werden müssen*“. Für den Bebauungsplan wird daher folgende textliche Festsetzung vorgeschlagen:

Zur Versorgung der Gebäude mit Energie sind Anlagen zur Nutzung der Solarenergie oder anderer erneuerbarer Energien (z. B. Umweltenergie über Wärmepumpen) zu installieren. In einem

städtebaulichen Vertrag zwischen der Stadt Vellmar und dem Grundstückskäufer wird die Umsetzung geregelt.

7.2 BEGRÜNDUNG ZUM B-PLAN

Mit ihrer Nachfrage nach Wärme, Elektrizität und Mobilität tragen Neubaugebiete zum zusätzlichen Energieverbrauch bei. Die Verbrennungsprozesse von fossilen Energieträgern für Raumwärme, Warmwasser, Elektrizität und Mobilität führen zum Eintrag von klimarelevanten Gasen in die Atmosphäre. Deren Auswirkungen auf das globale Klima und die Zielrichtung der Anpassungsstrategien physikalischer und biologischer Systeme sind heute weitgehend anerkannt.

VERPFLICHTUNG DEUTSCHLAND

Die BRD hat sich als Mitgliedsland der EU zu einer gemeinsamen deutlichen Senkung von klimarelevanten Gasen verpflichtet. Dadurch ergibt sich ein erheblicher Handlungsbedarf für alle Energieverbrauchssektoren. Außerdem besteht politischer und wissenschaftlicher Konsens, dass die beschlossenen Reduktionsziele nur eine Zwischenetappe auf dem Weg zu weiteren anspruchsvolleren Reduktionszielen ab 2021 sind. In Szenariorechnungen zur Umsetzung der Klimaschutzziele der BRD bilden eine deutliche Verminderung des Energieverbrauchs und eine Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien die Eckpunkte zur Zielerreichung.

INDUZIERTER ENERGIEBEDARF VON NEUBAUTEN

Der induzierte Energiebedarf von Gebäuden lässt sich am effizientesten direkt beim Neubau reduzieren. Auch kann davon ausgegangen werden, dass ein aktuelles Neubaugebiet in den nächsten 30 Jahren bis 2050 nicht energetisch saniert wird. Deshalb sollte schon heute die Erstbebauung so ausgeführt werden, dass die Klimaschutzziele für 2050 schon heute erreicht werden. Daher ist es gerechtfertigt, bei der Errichtung von Gebäuden grundsätzlich Maßnahmen zu forcieren, die eine energieeffiziente und nahezu klimaneutrale Nutzung realisiert. Um über die Bauleitplanung einen Beitrag leisten zu können, wird der Energieverbrauch über den städtebaulichen Vertrag stärker eingeschränkt als durch die Energieeinsparverordnung (EnEV). Dafür werden im Städtebaulichen Vertrag folgende Festsetzungen konkretisiert:

- Festsetzungen von Gebäudekubaturen und Mindestabständen, um Verschattungen der Süddächer zu vermeiden. Auch bei der Bepflanzung muss die Vermeidung von Verschattungen der Süddächer berücksichtigt werden.
- Damit durch den Wärmeverbrauch der Gebäude ein geringerer Energiebedarf entsteht, sind die Mindestanforderungen für den Wärmebedarf an den Kriterien für ein Passivhaus entsprechend dem Standard des Passivhausinstituts (PHI) einzuhalten.

- Für ein Energie Plus Quartier wird durch stromerzeugende Solaranlagen die Energienachfrage für Wärme, Elektrizität und Mobilität rechnerisch kompensiert.
 - Der Wärmebedarf an Endenergie für Heizwärme und Warmwasser sind dem EnEV-Nachweis zu entnehmen. Der fossile und Erneuerbare (Biomasse, Umweltenergie usw.) Anteil der Endenergie ist dabei zu berücksichtigen.
 - Wird das Gebäude klimatisiert / gekühlt ist der dafür notwendige Endenergiebedarf zu berücksichtigen.
 - Für den Haushaltsstrom sind 15 kWh/m²a der Gebäudenutzfläche A_n nach EnEV anzusetzen.
 - Für die Mobilität sind 1.000 kWh pro Jahr anzusetzen.
 - Die Gesamtsumme an Endenergie pro Jahr ist auf dem Grundstück über erneuerbare Energieanlagen pro Jahr mindestens zu erzeugen, um die Kriterien eines Energie Plus Quartiers zu erfüllen. Empfohlen wird eine Erzeugung mit Photovoltaik.
- Die Energienachfrage für Wärme, Elektrizität und Mobilität und die Energieerzeugung ist über einen zertifizierten Energieberater nachzuweisen und mit dem Bauantrag einzureichen.
- Für ein Monitoring und als Nachweis sind die Energieverbräuche für Wärme und Elektrizität für einen Zeitraum von 3 Jahren nach Bezug des Gebäudes jährlich an das Bauamt der Stadt Vellmar zu melden.

Diese Festsetzungen tragen nach Art und Umfang zur Erfüllung der im Allgemeinwohl gebotenen Verminderung des Energiebedarfs und Schadstoffemissionen bei. Ohne diese Festsetzungen würde diesen Erfordernissen nicht genügend Rechnung getragen werden. Sie sind daher geboten. Die sich aus den Festsetzungen ergebenden baulichen und technischen Maßnahmen sind für die geplanten Gebäude geeignet. Die energetischen Auflagen für die Grundstückseigentümer und Bauherren sind in ihrem Umfang notwendig, um die THG-Emissionen zu vermindern und ein Energie Plus Quartier zu gestalten.

SPEICHERMANAGEMENT

Eine weitere zu lösende Aufgabe ist der zeitliche Abgleich der Energienachfrage und der Energieproduktion. Deshalb sind elektrische Speicher notwendig und vorzusehen. Die Kapazität der gebäudeintegrierten Speicher ist über eine Simulation auf das Lastprofil und die Photovoltaikanlage auszulegen.

Das elektrische Speichermanagement im Quartier erfolgt durch den Betreiber des Quartiersspeichers. Zur Optimierung des Energiemanagements darf der Betreiber des Quartiersspeichers über ein Steuerungszugriff auf die Batteriespeicher in den Gebäuden

zugreifen. Weiterhin sind intelligente Zähler einzubauen, um über den ausgelesenen Jahreslastverlauf der Gebäude das Speichermanagement zu optimieren.

Die damit verbundenen zusätzlichen Kosten (nach MsbG § 31 Abs. 3) für die Steuereinheit und die intelligenten Zähler übernimmt der Betreiber des Quartiersspeichers. Weitere Details (z. B. Entgelt für die Nutzung des eigenen Speichers, Lade-/Entladegrenzen) werden in einem separaten Vertrag zwischen Gebäudeeigentümer und dem Betreiber des Quartiersspeichers geregelt.

NOTSTROMFUNKTION

Der Quartierspeicher ermöglicht auch eine Erhöhung der Versorgungssicherheit für die Quartiersbewohner, da die gespeicherte elektrische Energie beim Ausfall des übergeordneten elektrischen Versorgungsnetzes eine vorübergehende Versorgung des Quartiers übernehmen kann. Damit diese Energie die Versorgung von notwendigen Verbrauchern über einen möglichst langen Zeitraum sicherstellen kann, wird die maximale Leistung der Verbraucher, die im Falle eines Netzausfalls pro Wohneinheit versorgt werden, begrenzt.

Für die **Notstromfunktion** ist pro Wohneinheit ein separater Stromkreis aufzubauen, an den elementar wichtige Versorgungseinrichtungen angeschlossen werden (z. B. Notbeleuchtung, Telekommunikation, Heizungsumwälzpumpe, Sicherheitssysteme). Die Leistungsaufnahme aller angeschlossenen Verbraucher pro Wohneinheit wird auf maximal 1kW begrenzt. Höhere Leistungen (z. B. zum Betrieb der Wärmepumpe zur Wärmeversorgung) können aus lokalen Batteriespeichern in den Gebäuden abgedeckt werden.

7.3 STÄDTEBAULICHER VERTRAG FÜR DEN WOHNUNGSBAU

In Verbindung mit den Festsetzungen des Bebauungsplans dient der städtebauliche Vertrag zur Sicherung der Vorgabe eines Energie Plus Quartiers Vellmar-Nord. Der städtebauliche Vertrag wird zwischen dem Magistrat der Stadt Vellmar und den künftigen Grundstückseigentümern vereinbart. Er wird vor Abschluss des notariellen Grundstückskaufvertrages abgeschlossen. Für das Verfahren zur Realisierung eines Energie Plus Quartiers schlagen wir folgende vertragliche Regelung vor:

§ 1

Zur Reduktion des Heizwärmebedarfs muss das zu errichtende Gebäude als „**Passivhaus**“ nach dem Standard des Passivhausinstituts in Darmstadt errichtet werden. Der maximale Heizwärmebedarf für die Gebäude ist damit auf 15 kWh/m²a beschränkt. Der Nachweis ist mit dem Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) in der aktuellsten Version zu führen.

§ 2

Für ein **Energie Plus Quartier** wird durch eine erneuerbare Energieerzeugung auf dem Grundstück die Energienachfrage für Wärme, Elektrizität und Mobilität rechnerisch kompensiert.

- Der Wärmebedarf an Endenergie für Heizwärme und Warmwasser sind dem EnEV oder PHPP-Nachweis zu entnehmen. Der fossile und erneuerbare (Biomasse, Umweltenergie usw.) Anteil an **Endenergie** aus dem Nachweis ist dabei zu berücksichtigen.
- Wird das Gebäude **klimatisiert** / gekühlt, ist der dafür notwendige Endenergiebedarf zu berücksichtigen.
- Für den **Haushaltsstrom** sind 15 kWh/m²a der Gebäudenutzfläche A_n nach EnEV anzusetzen.
- Für die **Mobilität** sind 1.000 kWh pro Jahr anzusetzen.
- Die Gesamtsumme an Endenergieimport des Grundstücks pro Jahr ist auf dem Grundstück über erneuerbare Energieanlagen pro Jahr mindestens zu erzeugen, um die Kriterien eines Energie Plus Quartiers zu erfüllen. Empfohlen wird eine Erzeugung mit Photovoltaik.

§3

Ein **elektrischer Speicher** von mind. 5 kWh ist für das gebäudeweise Speichermanagement vorzusehen. Die Kapazität des Speichers ist über eine Simulation auf das Lastprofil und die Photovoltaikanlage auszulegen.

§4

Für die **Notstromfunktion** ist im Gebäude ein separater Stromkreis aufzubauen, an den elementar wichtige Versorgungseinrichtungen angeschlossen werden (z. B. Notbeleuchtung, Telekommunikation, Heizungspumpe, Wärmeversorgung). Die Leistungsaufnahme aller angeschlossenen Verbraucher pro Wohneinheit wird auf maximal 1kW begrenzt.

§5

Zur Optimierung des **Energiemanagements** ist dem Betreiber des Quartiersspeichers grundsätzlich ein Steuerungszugriff auf das Batteriespeichersystem und ein Abruf der Verbrauchs- und Erzeugungsdaten von den Stromzählern (smart-meter) im Gebäude zu gewähren. Die damit verbundenen zusätzlichen Kosten übernimmt der Betreiber des Quartiersspeichers. Weitere Details (z. B. Entgelt für die Nutzung eines Speichers, Lade-/Entladegrenzen) werden in einem separaten Vertrag zwischen Gebäudeeigentümern und Betreiber des Quartiersspeichers geregelt.

§6

Die Energienachfrage des Gebäudes und die erwartete Energieerzeugung ist über einen zertifizierten **Energieberater**⁸ nachzuweisen und mit dem Bauantrag einzureichen.

§7

Für ein **Monitoring** und als Nachweis sind die Energieverbräuche für Wärme und Elektrizität über einen Zeitraum von 3 Jahren nach Bezug des Gebäudes jährlich an das Bauamt der Stadt Vellmar zu melden.

BEISPIELRECHNUNG

Die Beispielrechnung zeigt, dass mit einem Passivhaus, einer effizienten Ausstattung mit Haushaltsgeräten und einem bewussten Umgang mit der täglichen Mobilität der Endenergieverbrauch eines Einfamilienhauses deutlich reduziert werden kann. Die Photovoltaikanlage für die Kompensation der Endenergienachfrage ist vom Flächenanspruch gut zu realisieren.

Tabelle 10: Beispielrechnung für ein Einfamilienhaus

Sektor	Energie
Wärme: Ein Einfamilienhaus als KfW40 / Passivhaus ausgeführt benötigt rechnerisch 7.284 kWh/a Endenergie. Davon sind 1.925 kWh für die Wärmepumpe, 867 kWh Hilfsenergie und 4.492 kWh Umweltenergie. Da die Umweltenergie als erneuerbare Energie dem Grundstück entzogen werden, werden für die Wärmeerzeugung 2.792 kWh angesetzt.	2.792 kWh
Kühlung: Wird das Gebäude klimatisiert, ist der dafür notwendige Endenergiebedarf zu ermitteln und anzusetzen. Hier wird das Gebäude nicht klimatisiert.	0 kWh
Haushaltsstrom: Für den Haushaltsstrom werden 15 kWh/m ² angesetzt. Die Gebäudenutzfläche A _N nach EnEV beträgt 142,38 m ² . Es werden 2.136 kWh/a angesetzt.	2.136 kWh
Mobilität: Dazu kommt die Pauschale für die nachhaltige tägliche Mobilität von 1.000 kWh pro Jahr.	1.000 kWh
Summe	5.928 kWh
PV bei 850 kWh/kWp	6,97 kWp

⁸ Dieser sollte nach Möglichkeit auch die Passivhausprojektierung und den KfW40 plus Antrag erstellen.

Dachfläche bei 10 m²/kWpca. 70 m²

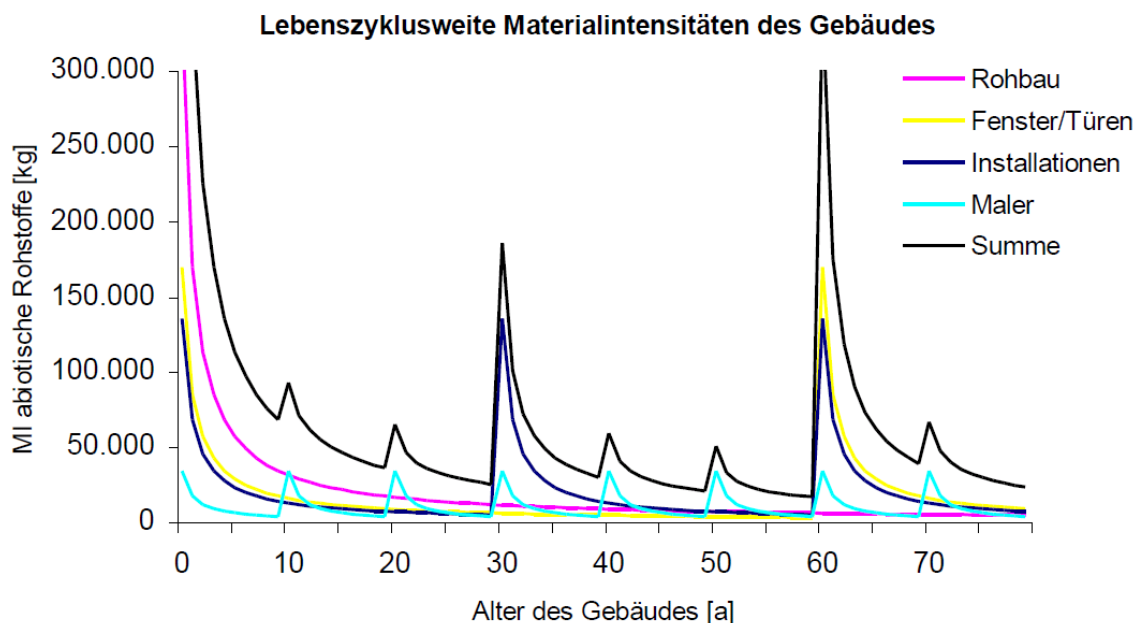
8 BETREIBERMODELLE

EINFÜHRUNG MINIMALISMUS: MIT WENIGEN DINGEN EIN GUTES LEBEN FÜHREN

Abgesehen von Thoreau (Walden) und Nietzsche entwickelt sich der Minimalismus als Lebensstil über die „100 Thing Challenge“ von David Bruno als globaler Trend. In Deutschland hat sich Minimalismus als Lebensstil u.a. über die Literatur von Werner Tiki Küstenmacher (Simplify) verbreitet. Minimalismus bezieht sich dabei nur am Anfang auf eine Dematerialisierung des Lebens. Mit zunehmenden Entwicklungsfortschritt wird der minimalistische Lebensstil auch auf andere Lebensbereiche übertragen, wie Gesundheit, Finanzen und Zeit.

Wird davon ausgegangen, dass jeder Deutsche im Durchschnitt mit 10.000 Dingen ausgestattet ist, dann ist das Ziel von 100 Dingen sicherlich extrem. Nur: jeder Bergwanderer hat auch nicht vor auf den Mount Everest zu steigen. Wird der Minimalismus als ein Prozess verstanden, kann ein Aspekt der materiellen Reduktion die Reduktion der THG-Emissionen sein, die mit den Dingen verbunden sind. Nach dem „cradle to cradle“ Prinzip werden die Stoff- und Energieströme lebenszyklusweit betrachtet, beinhalten also zusätzlich die Herstellungs- und Rückbauphase. Die zur Produktherstellung aufgewandte Energie wird als Graue Energie bezeichnet. Dazu kommen noch die Materialintensitäten zur Herstellung und Wartung des Produkts.

Abbildung 85: Progressive Abschreibung der Materialintensität des Gebäudes über den Zeitraum von 80 Jahren (Quelle: KEEA, eigene Darstellung)



Ein Beispiel: Für den Neubau eines Wohngebäudes wird Energie und Material bis zum Erstbezug benötigt. Über die Nutzung des Gebäudes wird dieser Stoff- und Energieeinsatz „abgewohnt“. Dazu kommen noch Inputs für die Renovation und Sanierung. Dieser Aufwand kann progressiv abgeschrieben werden. Nach 10 Jahren beträgt der jährliche Aufwand also ein Zehntel der Gesamtmenge. Die Abbildung 85 zeigt die progressive Abschreibung inkl. der Renovierungen nach 10 Jahren und grundsätzliche Sanierungen nach 30 Jahren. Das Gebäude bekommt über die Nutzungszeit von 80 Jahren einen kontinuierlichen Material- und grauen Energieinput, die bei einer lebenszyklusweiten Betrachtung mitberücksichtigt werden müssten. Was am Beispiel Gebäude kurz dargestellt ist, gilt grundsätzlich für alle Produkte. Der sogenannte „ökologische Rucksack oder Fußabdruck“ begleitet alle Dinge, mit denen wir uns umgeben. Das minimalistische Ziel lässt sich auch auf den Städtebau übertragen. Ein minimalistisches Quartier würde dann die Anzahl der Dinge, die das Quartier ausmachen, auf ein verträgliches Maß einer inklusiven Gesellschaft reduzieren. Dies gilt für die Gebäude, wie auch für den Tiefbau und die Ver- und Entsorgungsinfrastruktur. In einer urbanen Gesellschaft könnte die Reduktion von Produkten auch durch eine gemeinsame Nutzung erfolgen.

VIELE GÜTER TEILEN -> BIBLIOTHEKEN, WASCH- & BOHRMASCHINE

Die Waschmaschine ist defekt. Was machen? Der Elektrofachbetrieb ist überlastet, kommt erst nächsten Monat. Ah, neulich hat ja ein cooles Waschcenter neu eröffnet, mit Café und Spielecke. Wenn ich möchte auch mit Bügelservice. Das wäre doch eine Möglichkeit (Ob ich die Baumwollwindeln dort auch waschen darf?).

Sharing Economy ist der neuzeitliche Begriff für die gemeinsame Nutzung von Produkten. In vielen Wirtschaftszweigen ist Sharing Economy heutzutage Alltag, beispielsweise die Teilung von landwirtschaftlichen Geräten über Maschinenringe. Unser fast unbewusste Sharing Economy im Alltag zeigt sich im Teilen von Straßen und Wegen, von Bussen und Bahnen und beim Fliegen. Warum diese selbstverständliche Haltung der täglichen Teilung öffentlicher Infrastruktur nicht auf periodisch genutzte Güter übertragen? Nachhaltige Neubaugebiete würden sich dadurch auszeichnen, dass mit möglichst wenig Dingen ein gutes Leben möglich ist. Würden diese Quartiere durch ihre Rahmenbedingungen einen kulturellen Wandel zu einem minimalistischen Lebensstil begünstigen, würde faktisch über die Reduktion der städtebaulichen Masse (Beton, Eisen, Kunststoff usw.) die THG-Emissionen gesenkt werden.

8.1 GEMEINSAME NUTZUNG VON GÜTERN DES PERIODISCHEN BEDARFS

Ob in einem Neubaugebiet am nördlichen Stadtrand vom Agglomerationsraum Kassel eine gemeinsame Nutzung von Gütern einstellt, ist von vielen Faktoren abhängig. Der wichtigste

kulturelle Faktor wäre eine gemeinsame Haltung, auf den persönlichen Besitz von bestimmten Gütern zu verzichten und eine gemeinsame Nutzung zu vereinbaren. Güter könnten sein:

- Mobilität: KFZ, Lastenrad
- Gartenpflege: Rasenmäher, Schredder, Heckenschere
- Baumaschinen: Bohrhammer

Die Nachfrage nach gemeinsam bewirtschafteten Gütern wird auch durch die Bewohner bestimmt. Gleichzeitig könnten auch Dienstleistungen wie Kinderbetreuung, Rasenmäherservice, solidarische Lebensmittel aus der Region usw. mit organisiert werden.

ORGANISATIONSFORM

Die klassische Form der Selbstorganisation ist die Gründung einer Genossenschaft durch die Bewohner. Darüber würde der erwirtschaftete Gewinn bei den Bewohnern bleiben. Die Genossenschaft könnte die zu erbringenden Dienstleistungen selbst organisieren oder auch vollständig an einen professionellen Dienstleister vergeben. Eine andere Form ist das Beauftragen von externen Dienstleistern, z.B. ein Car-Sharing Unternehmen, ein Energieversorger usw.

BUCHUNGSSOFTWARE

Einen Komfortgewinn wäre eine „Quartiersapp“ für Vellmar-Nord. Diese könnte zusätzlich zum Verleih auch das Energiemanagement visualisieren, den Zugang zu den KfZ-Lademöglichkeiten am Quartierspeicher, eine Routingfunktion für das Mobilitätsmanagement bieten, eine solidarische Landwirtschaft organisieren usw.

8.2 BETRIEB DER VERSORGUNGSANLAGEN

Nach dem bisherigen Stand der Erkenntnisse ist der Aufbau einer gemeinsamen Energieversorgung mit der Verpflichtung zum Anschluss für das gesamte Quartier weder ökonomisch noch ökologisch sinnvoll. Sowohl für den Bereich der Einfamilien- und Reihenhäuser als auch für die Geschossbauten kann der Energiebedarf mit dem auf dem Grundstück vorhandenen Ressourcen gedeckt werden. Mittels Wärmepumpen kann sowohl das Erdreich aber auch die Luft als Energielieferant genutzt werden. Für den Betrieb dieser dezentralen Anlagen bieten sowohl Hersteller von Heizungstechnik, Hersteller von Batteriespeichern, als auch Energieversorger verschiedene Möglichkeiten an, um die Anlagen zu finanzieren und zu betreiben. Neben den klassischen Contracting-Angeboten (Der Contractor finanziert und erstellt die Anlage, der Kunde bezahlt für die Endenergie in Form von Wärme und/oder Kälte) sind auch andere Betreiber/Finanzierungsmodelle am Markt verfügbar. Als Beispiel sei hier ein Produkt des Unternehmens Viessmann genannt. Mit dem Angebot Vishare⁹

⁹ <https://vishare.viessmann.de>

wird im Rahmen der Installation von PV-Anlagen und anderen Wärmeerzeugern des Herstellers eine Flatrate bezüglich des Strombezugs angeboten. Die Höhe der Flatrate richtet sich nach der Anzahl und Größe der installierten Anlagen und dem jährlichen Stromverbrauch. Ähnliche Produkte bieten auch andere Hersteller von Speicherbatterien und einige Energieversorgungsunternehmen an.

9 KOMMUNIKATIONSKONZEPT

Um auch für zukünftige Neugebiete ähnliche Rahmenbedingungen zu realisieren, sollte die Entwicklung des Neubaugebietes Vellmar-Nord durch eine kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit begleitet werden. Der Kern der Botschaft sollte sein, das mit Unterstützung des Zweckverbands Raum Kassel (ZRK) und der Stadt Vellmar hier Gebäude entstehen, die den energetischen Anforderungen der nächsten Jahrzehnte gerecht werden. Neben der dadurch zu realisierenden Reduktion von CO₂-Emissionen im Vergleich zu Baugebieten, in denen die Gebäude dem aktuellen Stand der Energieeinsparverordnung genügen, werden hier Baufamilien unterstützt, werthaltige Gebäude zu erstellen, die auch in den nächsten Jahrzehnten einen guten Wiederverkaufswert haben, da sie heute schon den absehbaren energetischen Anforderungen der Zukunft genügen.

Wir schlagen vor, zu diesem Leitbild eine kompakte Informationsschrift zu erstellen, die mit emotionalen Bildern die Vorteile des Baugebiets Vellmar-Nord vermittelt und die konkreten Rahmenbedingungen darstellt.

Mit Beginn der Vermarktung sollte in Informationsveranstaltungen die Leitlinien des besonderen Baugebiets interessierten Baufamilien und Investoren vermittelt werden. Wichtig sind nach unserer Erfahrung persönliche Gespräche, in denen Bedenken und Vorbehalte aufgenommen und ausgeräumt werden können.

Im Rahmen der Entwicklung des Gebietes schlagen wir die Einrichtung einer aktiven Web-Plattform vor, auf der regelmäßig über die konkrete Entwicklung, Geschichten rund um das Bauen in Vellmar-Nord berichtet wird. Hier können auch überregionale Informationen Platz finden, die für die Entwicklung des Baugebiets von Bedeutung sind.

Hierbei sollte es auch um die Vermittlung des EnergiePlus-Prinzips gehen, aber der Schwerpunkt sollte nach unserer Meinung auf der Darstellung von interessanten Erlebnissen und persönlichen Geschichten rund um das Baugebiet liegen. „Wir in Vellmar-Nord“: wenn es gelingt, dieses „Quartiersgefühl“ zu entwickeln, dann können viele weitere gemeinsame Projekte im Quartier gelingen. Wichtig sind dabei gute Bilder und persönliche Aussagen von Baufamilien, Planern und anderen Beteiligten.

Um andere Kommunen auch zur Umsetzung ähnlicher Projekte zu ermutigen, schlagen wir vor, jährlich eine regionale Veranstaltung in Nordhessen zu organisieren, bei der der Erfahrungsaustausch bei der Umsetzung solcher Neubauprojekte im Mittelpunkt steht.

Durch eine aktive Presse- und Öffentlichkeitsarbeit sollte es gelingen, sowohl die lokale Presse als auch überregionale Medien für das Vorhaben zu begeistern.

10 MAßNAHMEN ZUR BEGLEITUNG DER UMSETZUNG

Zur gemeinsamen Entwicklung des Quartiers empfehlen wir eine kontinuierliche Begleitung des Bauprozesses zur Unterstützung der Baufamilien mit verschiedenen Informationsangeboten. Dazu gehören:

- Individuelle Beratungsangebote für Baufamilien
- Begleitende Workshops für Planer und Baufamilien
- Gemeinsame Exkursionen, Informationsangebote an Baustellen (offene Baustellen)
- Fachausstellung mit Anbietern von PlusEnergie Technologien
- Regelmäßiger Austausch im Quartier (Stammtisch)
- Ansprache weiterer Themen der Quartiersentwicklung in Form von Informationsmaterialien, Veranstaltungen und im Rahmen von individuellen Beratungen:
 - Barrierefreies Bauen
 - Variables Bauen (Möglichkeiten zur Anpassung des Gebäudes an verschiedene Lebenssituationen)
 - Nachhaltigkeit der Baustoffe
 - Ressourcen gemeinsam nutzen
 - Lebensstil

11 FINANZIERUNG DER UMSETZUNGSBEGLEITUNG UND DER ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Für einige Veranstaltungen können Angebote der Landesenergieagentur Hessen (LEA) genutzt werden. Aktuell führt die LEA gemeinsam mit der HessenEnergie Informationsveranstaltungen über Passivhaussiedlungen durch, bei der ähnliche Fragestellungen wie bei EnergiePlus-Siedlungen beachtet werden müssen. Aber auch Dienstleistungen der Fördermittelberatung und des Bürgerforums Energieland Hessen (BFEH) können bei der Landesenergieagentur angefragt werden.

Die Begleitung der Baufamilien und die Öffentlichkeitsarbeit vor Ort kann durch ein Programm der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) zu großen Teilen finanziert werden. Das Programm 432¹⁰ -

¹⁰ www.kfw.de/432

Energetische Stadtsanierung – ist ein Angebot an Kommunen, die Entwicklung von Quartieren durch einen Zuschuss zu unterstützen. Im Kern richtet sich das Programm an Bestandsquartiere, wurde aber Mitte 2018 auch für Neubauquartiere unter bestimmten Bedingungen geöffnet.

Es besteht aus einer Konzeptphase, in der eine Bestandsaufnahme des Quartiers erfolgt und Maßnahmen entwickelt werden. In der anschließenden Umsetzungsphase über einen Zeitraum von 3 Jahren, der um 2 weitere Jahre verlängert werden kann, werden Personal- und Sachmittel für Beratung und Öffentlichkeitsarbeit bereitgestellt. Der Fördersatz der KfW beträgt 65%, das Land Hessen hat angekündigt, für dieses Programm aus Landesmitteln eine zusätzliche Kofinanzierung von 20% für alle Kommunen und von 30% für finanzschwache Kommunen zu gewähren. Damit bleibt für die jeweilige Kommune ein Eigenanteil von 15% bzw. von 5% (finanzschwacher Status). Dieser Fördersatz gibt sowohl für die Konzeptphase als auch für die Umsetzungsphase.

Eine Nutzung dieses Förderprogramms für das Neubaugebiet Vellmar-Nord ist möglich, da ein Quartier förderfähig ist, dass bis zu 80% Neubauten umfasst (Bezug: Bebaute Grundfläche).

Auszug aus den „Häufigen Fragen“ (FAQ) an die KfW zum Programm 432:

Frage:

Ist eine Förderung auch für neu geplante Quartiere möglich?

Antwort:

Die Förderung richtet sich in der Regel auf die Steigerung der Energieeffizienz in bestehenden Quartieren und Gebäuden. Sie ist auch in Quartieren möglich, in denen der energieeffiziente Neubau und die Förderung energieeffizienter Bestandsgebäude kombiniert werden. Bei einer Kombination ist eine Förderung aber nur dann möglich, wenn das Quartier zu mindestens 20% aus Bestandsgebäuden besteht. Maßgeblich ist hierbei die bebaute Grundfläche. Für den Neubauanteil gilt, dass nur Maßnahmen der energetischen Ausgestaltung einschließlich angrenzender altersgerechter, baukultureller und sozialer Fragestellungen Gegenstand der Förderung sein können. Darüberhinausgehende Entwicklungs- und Planungsmaßnahmen sind in diesem Programm ausgeschlossen.

Wir schlagen daher vor, parallel zur Entwicklung des Neubaugebiets, eine Förderung über das KfW-Programm 432 für das Neubaugebiet Vellmar-Nord und die angrenzende Bebauung zu beantragen. Das Quartier sollte so definiert werden, dass die angrenzende Bebauung mindestens 20% des Quartiers beträgt.

Zur Konzepterstellung entstehen die wesentlichen Kosten durch die Erfassung des Gebäudebestands und die Entwicklung von Maßnahmen für diesen Bereich. Für den Neubaubereich kann dieses Konzept als Handlungsgrundlage verwendet werden.

Mit dem Gesamtkonzept als Grundlage kann die Umsetzungsphase beantragt werden (Sanierungsmanagement nach KfW-Merkblatt). Die hier zur Verfügung gestellten Mittel können sowohl für Personal der Kommune als auch für externe Dienstleister verwandt werden. Möglich ist auch eine Kombination.

Durch die durch das KfW-Programm zur Verfügung gestellten Mittel ist nicht nur eine Begleitung der Baufamilien im Neubaugebiet möglich, sondern Bewohnerinnen und Bewohner des angrenzenden Bestandsgebiets können Unterstützungs- und Beratungsleistungen bei der Modernisierung ihrer Bestandsgebäude (energetische Sanierung, altersgerechter Umbau, etc.) kostenfrei angeboten werden.

12 LITERATURVERZEICHNIS

- alwitra GmbH & Co. Klaus Göbel. (2017). *Weltpremiere: EVALON® Solar cSi von alwitra*. Von <https://alwitra.de/2017/01/23/weltpremiere-evalon-solar-csi/> abgerufen
- alwitra GmbH & Co. KG. (o.J.). *Verkehrsbetriebe Kassel*. Von <https://alwitra.de/referenz/verkehrsbetriebe-kassel/> abgerufen
- Baunetz Wissen. (o.J.). Von <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/einfuehrung/energiebilanz-662799> abgerufen
- Baunetz Wissen. (o.J.). *Fensterflächenanteil*. Von <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/konstruktionen-elemente/fensterflaechenanteil-662895> abgerufen
- co2online. (o.J.). Von <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/waermepumpe/wie-funktioniert-eine-waermepumpe/> abgerufen
- Eric Roston, B. M. (2019). *Bloomberg*. Von <https://www.bloomberg.com/graphics/carbon-clock/> abgerufen
- eVERA GmbH. (o.J.). Von <https://www.evera-energy.eu/> abgerufen
- GeoCollect GmbH. (o.J.). *GeoCollect Erdwärme-Absorber-System*. Von https://www.geocollect.de/UP1/wp-content/uploads/2019/01/Beschreibung_Erdwaerme_Absorber_System_1802_web.pdf abgerufen
- HLNUG. (2017). Von <https://www.hlnug.de/themen/geologie/erdwaerme-geothermie/oberflaechennahe-geothermie/karten-standortbeurteilung.html> abgerufen
- Hoffmann, E., Mohaupt, F., & Ortmanns, M. (2019). *Akzeptanz von Speicherdienstleistungen und weiteren Energiedienstleistungen: Stand der Forschung aus sozialwissenschaftlicher Perspektive*. Projekt ESQUIRE, Arbeitspapier, Berlin.
- IFB Hamburg. (2016). Hamburg.
- KfW. (2018). *Anlage zum Merkblatt Energieeffizient Bauen*. Von https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-%28Inlandsf%C3%B6rderung%29/PDF-Dokumente/6000003465_M_153_EEB_TMA_2018_04.pdf abgerufen
- KfW. (2019). *Merkblatt KfW-Programm 432*. Von [https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000002110-M-Energetische-Stadtsanierung-432.pdf](https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000002110-M-Energetische-Stadtsanierung-432.pdf) abgerufen
- Naturspeicher GmbH. (o.J.). Von <https://www.naturspeicher.de/de/index.php> abgerufen
- Rehau AG+Co. (o.J.). *RAUGEO HELIX® PROBE PE-Xa*. Von <https://www.rehau.com/download/790542/raugeo-helix-sales-brochure.pdf> abgerufen

Roth Werke GmbH. (2019). *Roth Solargeo*. Von <https://www.roth-werke.de/de/roth-solargeo.htm> abgerufen

Schnabel, F., & Kreidel, K. (2018). *Ökonomische Rahmenbedingungen für Quartierspeicher – Analyse der ökonomisch relevanten Kenngrößen für Energiedienstleistungen*. Projekt Esquire, Arbeitspapier, Stuttgart.

Solar Agentur Schweiz. (o.J.). *Schweizer Solarpreis 2018: Die Gewinner*. Von <https://www.solaragentur.ch/node/891> abgerufen

SOLVIS GmbH. (2017). Von <https://www.solvis.de/solvisclean/> abgerufen

Stadt Kassel. (2015). *Verkehrsentwicklungsplan Stadt Kassel 2030*. Von https://www.kassel.de/verkehr-und-mobilitaet/verkehrsentwicklungsplan/vep_abschlussbericht.pdf. abgerufen

Umweltbundesamt. (09 2019). Von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/de_indikator_klim-01_emission-treibhausgase_2019-04-25.pdf abgerufen

Viessmann Werke GmbH & Co. KG. (o.J.). *Eisspeicher-innovative Energiequelle*. Von <https://www.viessmann.de/de/wohngebaeude/waermepumpe/eis-energiespeicher.html> abgerufen

13 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BHKW	Block-Heizkraftwerk
BISKO	Bilanzierungs-Systematik Kommunal
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
Cradle2cradle	von der Wiege in die Wiege – Materialnutzung nach dem Kreislaufprinzip
DH	Doppelhaus
EE	Erneuerbare Energien
EFH	Einfamilienhaus
EnEV	Energieeinsparverordnung
EZFH	Ein-Zweifamilienhaus
IFB	Investitions- und Förderbank Hamburg
IFEU	Institut für Energie und Umweltforschung/Heidelberg
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MFH	Mehrfamilienhaus
MI	Materialintensität
MIV	motorisierter Individualverkehr
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
PEV	Primärenergieverbrauch
PHI	Passivhausinstitut
PHPP	Passivhaus-Projektierungspaket
Pkm	Personenkilometer
PVT	Solarfläche, die Strom und Wärme gleichzeitig nutzt (Hybridkollektor: (PV [Photovoltaik] und T [thermischer Kollektor]))
RH	Reihenhaus
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
THG	Treibhausgase
TREMOD	Transport Emission Model